



Ali Melki

L'idée du modèle cosmologique chez Albert Einstein

Fondements et Contenu

Introduction :

Pour bien comprendre en quoi le nouveau modèle¹ cosmologique introduit dès 1917 a constitué une révolution scientifique, il est nécessaire de rappeler rapidement le cadre de pensée des physiciens depuis les Grecs jusqu'au début du XXème siècle. Schématiquement, on peut distinguer trois périodes, la première se fonde sur la physique aristotélicienne qui représente un modèle cosmologique qui dominait la science jusqu'à Galilée. La seconde est celle de la physique newtonienne, dont les bases remontent à Galilée, la troisième est celle du modèle einsteinien, dont il est question dans cet article, et qui a été au cœur de la révolution scientifique du début du vingtième siècle, marqué par les travaux d'Einstein.

Pour penser notre monde, les physiciens depuis Aristote ont essayé de repérer les événements dans l'espace et dans le temps². Donc dans ce sens la physique décrit alors les phénomènes naturels par un ensemble de lois physiques et mathématiques. On sait que le terme "cosmos" a posé un problème de connaissance d'ordre ontologique depuis les Grecs, c'est pourquoi il est utilisé dans divers contextes pour exprimer, d'une manière ou d'une autre, une totalité d'appartenance. Comme l'approche grecque et celle de la renaissance, la science

¹ Le concept de « modèle » est utilisé dans l'histoire de la pensée humaine dans plusieurs contextes et en plusieurs domaines scientifiques (modèle en mathématique, modèle physique, modèle linguistique...) et par définition, le modèle est un art d'approximation de ce qui est observé en générale.

² Aristote, *La physique*, Introduction de L. Couloubaritsis, traduction d'A. Stevens, Edit J. Vrin 1999, VI Chapitre, p. 217-247.

moderne de l'Univers, de son côté, a élaboré un appareil conceptuel qui lui a permis de s'attaquer au problème de la structure générale de ce qu'on appelle la réalité physique et plus précisément la cosmologie qui est l'objet de cet article qui doit mettre en lumière, ce qu'on appelle aujourd'hui « le modèle cosmologique d'Einstein ».

En effet, le modèle cosmologique, que nous allons traiter, a fait partie d'une grande question qu'Einstein a osé poser et qui concerne ce problème, c'est-à-dire : comment se fait-il que la mathématique, qui est un produit de la pensée humaine et indépendante de toute expérience, s'adapte d'une si admirable manière à la réalité physique ³?

Ainsi le modèle cosmologique d'Einstein est inclus dans un processus de système de pensée, qui cherche la réponse à la question qui se pose à nous, tous les jours : comment se meuvent les objets dans ce monde où nous vivons ? Pour répondre à cette question énigmatique, qui se rapporte au " mouvement," Einstein écrivait dans ce domaine deux textes fondamentaux⁴, le premier en 1905, le deuxième en 1917. Dans son deuxième texte Einstein a proposé un premier modèle de l'Univers relativiste, qui est une réponse à la question suivante: comment en géométriser l'espace ? Cependant, les Grecs ont déjà soulevé le problème de la géométrisation, qui porte en lui-même sa propre évolution.

I- Fondements du modèle cosmologique einsteinien

1/ Newton fondateur du modèle cosmologique classique

On entend par 'modèle' le fruit de plusieurs idées révolutionnaires, qui est réalisé dans certains systèmes de la pensée. « La notion du modèle, disait Tonnelat, soulève, en effet, la question même de l'objectivité d'une science, soucieuse d'atteindre une "réalité" et des lois indépendantes de toute intervention du sujet... »⁵. Plus précisément, le modèle cosmologique se pose dans cette optique en tant que le problème de la géométrisation de l'espace. Dans ce système on invite essentiellement Newton qui est le père légitime de la cosmologie classique. Ainsi le modèle cosmologique einsteinien est

³A. Einstein, *Comment je vois le monde* ; Paris, Flammarion, 1958, p .147.

⁴ Le premier sous le titre « Sur l'électrodynamique des corps en mouvement » ce texte a été écrit en 1905 ; il a répondu essentiellement à la question concernant la relativité du temps, c'est pourquoi on est dans le domaine cinématique. Le deuxième article sous le titre « Considération cosmologique sur la théorie de la relativité générale » traite le problème de la gravitation, et donc le problème de l'espace.

⁵ M.A. Tonnelat, in *Encyclopédia universalis*, p.531.

inclus dans ce processus, Einstein disait : « En ce sens, l'Univers selon Newton est infini... »⁶. En effet, Newton unifiait la physique : les mêmes lois, les mêmes principes s'appliquaient désormais à la terre comme au soleil. Les lois de Newton ont détruit définitivement le cosmos hiérarchisé aristotélicien. A propos de cette histoire du cosmos, Max Jammer écrivait « l'espace a été considéré par la philosophie grecque de l'âge classique et par la science à ses début, soit comme quelque chose d'inhomogène en raison de différences géométriques locales (Platon), soit comme quelque chose d'anisotrope du fait d'une différentiation, qui de cet échec de la mathématique grecque, et plus particulièrement de la géométrie, qui constitue leur incapacité à traiter l'espace comme un objet d'investigation scientifique (...). Newton prit la décision non seulement d'introduire l'espace comme une chose indépendante, distincte des objets matériels, mais aussi de lui assigner un rôle absolu dans la structure causale de l'ensemble de la théorie. Ce rôle est absolu en ce sens que l'espace (en tant qu'il est un système inertiel) agit sur tous les objets matériels, alors que ceux-ci, à leur tour, n'exercent aucune réaction sur l'espace »⁷. Cela fait de Newton un grand révolutionnaire, qui s'est efforcé d'énoncer en pleine clarté les principes qui gouvernent les développements théoriques de la physique classique. A travers les principes (*Principes mathématiques de la philosophie naturelle*) Newton se présente donc comme le premier fondateur, dans toute son extension, de ce qu'on appelle la mécanique rationnelle⁸ qui a créé un modèle cosmologique classique. Par ses inventions révolutionnaires, il expliquait, par sa théorie, l'aplatissement du globe terrestre et de là, il inventait que « la gravite, appartient à tous les corps, et elle est proportionnelle à la quantité de matière que chaque corps contient »⁹. La gravitation pour Newton ne s'applique pas seulement au système solaire, mais à l'Univers tout entier, il ose donner à sa loi une validité cosmique. Ainsi la conception newtonienne de l'Univers implique une nouvelle définition des critères de totalité. La dynamique, la gravitation et la mécanique céleste permettent de décrire les mouvements dans le système par une action à distance dont Newton ne donne pas de justifications. Dans ce sens, Einstein dit « La théorie de Newton représente certainement le progrès le plus important jamais accompli dans la recherche d'un enchaînement causal des phénomènes

⁶ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, Edit du seuil, Paris 1994, p.89.

⁷ Max Jammer, *Concept of space in physis*, Preface d'Albert Einstein; Harvard University Press, 1954. Cité par F.Balibar et R. Toncelli, in *Einstein, Newton, Poincaré, une histoire de principes*, Edit, Belin, 2008 ; pp.129-130.

⁸ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, Édit, du seuil, Paris ; 1994, p.81.

⁹ Newton, *Principes mathématiques*, tome II, traduction par Chatelet ; p.11.

de la nature »¹⁰. La gravitation universelle de Newton est une découverte importante, ainsi tous les mouvements des systèmes solaires semblent être expliqués par ses lois. Dans ce sens Newton écrivait : « J'ai expliqué jusqu'ici les phénomènes célestes et ceux de la mer par la force de la gravitation, mais je n'ai assigné nulle part la cause de cette gravitation. Cette force vient de quelque cause qui pénètre jusqu'au centre du soleil et des planètes »¹¹.

Or, chose remarquable, la mécanique de Newton restera durant plus de deux siècles le principal outil de recherche scientifique cosmologique. C'est le point le plus délicat et le plus intéressant de sa théorie de la gravitation. La dynamique de Newton décrira parfaitement la dynamique du système solaire.

Il semblerait donc que les considérations de Newton déduisaient de nouvelles conceptions physiques du comportement des planètes. Et, comme on sait, la mécanique de Newton est invariante pour des transformations de translation à vitesse constante. Le mouvement rectiligne et linéaire ne peut donc être décelé que dans l'espace absolu. Cependant, à cette époque, Newton n'arrive pas à trouver une solution au problème de l'espace, c'est pour cela que sa conception concernant la cosmologie, et plus précisément la théorie gravitationnelle, demeure insuffisante.

2/ Les fondements logiques et mathématiques du modèle cosmologique

A- Les fondements logiques

Certes, la théorie de la relativité générale se distingue de la théorie newtonienne, du point de vue de la cosmologie, en ce qu'elle traite, non pas le problème de la distribution matérielle du contenu de l'Univers, mais bien la question proprement cosmologique de la structure géométrique de cet Univers. Ainsi, cette théorie est née d'un problème physique, qu'Einstein a soulevé : il n'était pas difficile d'admettre que le repos et le mouvement uniforme sont relatifs puisqu'il n'existe ni repère fixe ni borne kilométrique dans l'espace. L'absence de repère dans l'espace soulevait cependant une difficulté : suite à cette absence de repère, le repos et le mouvement uniforme sont relatifs. Mais il doit en être de même d'un mouvement uniformément accéléré, et de tout mouvement quel qu'il soit. Or, cette

¹⁰ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5 ; op. cit. p.81.

¹¹ Newton, *principes*, tome 2, op.cit. ; p.178.

conclusion paraît en contradiction flagrante avec la réalité¹². Ce problème est à l'origine de cette nouvelle théorie.

La critique de la notion de la gravitation élaborée par Einstein pose en ce moment la question des limites de ce concept et à partir de laquelle nous croyons à une construction possible d'une science réelle. Par sa démarche, Einstein a éclairé de nouveau le vieux mystère de la gravitation, qui manifeste une grande question : Qu'est ce que l'Univers ? et comment se régisse-t-il ? et qu'est-ce qu'on entend par fondements logiques ?

« La théorie, telle que je la vois aujourd'hui, disait Einstein, est fondée sur trois principaux points de vue qui ne sont, d'ailleurs, nullement indépendants les uns des autres...

a) Principe de relativité...

b) Principe d'équivalence...

c) Principe de Mach... »¹³

Certes, Galilée est arrivé à des découvertes formidables. Il avait découvert que tous les objets tombent vers la Terre avec la même accélération « g »¹⁴. Newton découvrait, que des expériences identiques, effectuées dans le laboratoire céleste et dans le laboratoire terrestre, donnent le même résultat. Cependant, lorsque les laboratoires sont de petite taille, toute expérience mécanique effectuée dans le laboratoire céleste accéléré donnera le même résultat que si on l'effectuait dans le laboratoire terrestre. Les deux laboratoires sont donc équivalents du point de vue des phénomènes mécaniques¹⁵. Einstein, a généralisé cette équivalence partielle : toute expérience, mécanique ou d'une autre nature, donnera les mêmes résultats dans les deux laboratoires. Il appelle cette généralisation le principe d'équivalence¹⁶, qui établit une relation entre accélération uniforme et champ de gravitation uniforme, en ce sens, disait Einstein « Un premier pas sur la voie de la théorie de la relativité générale a été accompli avec ce que l'on appelle "le principe d'équivalence" »¹⁷.

¹² A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p. 45.

¹³ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p. 12.

¹⁴ Dans la théorie de Newton, la loi de Galilée sur la chute des corps découle cependant du fait que la masse inerte et masse grave sont toutes deux mesurées par une même quantité que Newton a simplement appelée masse.

¹⁵ B. Hoffmann, *Histoire d'une grande idée, la relativité*, Edit Belin, 1985. p. 161.

¹⁶ Le principe d'équivalence d'Einstein établit la relation suivante entre accélération et gravitation : un processus mécanique à l'intérieur d'un petit laboratoire soumis à une accélération uniforme se déroulera de la même manière dans un petit laboratoire non accéléré mais soumis à un champ gravitationnel uniforme. Einstein généralisa cette équivalence à tous les phénomènes physiques.

¹⁷ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, p. 45.

Ainsi, cette théorie était logique dans sa construction, « et quelle concorde avec les faits d'expérience solidement établis à ce jour »¹⁸.

La théorie de la relativité générale a permis des progrès considérables. Elle a réconcilié l'accélération et la gravitation. Elle a, pour cette dernière, réduit le nombre des hypothèses logiquement indépendantes. Elle a clarifié les concepts épistémologiques fondamentaux de la physique.

En effet, dans son projet scientifique et philosophique de la nature, Einstein a posé un appareil conceptuel, qui lui a permis de s'attaquer au problème de la structure globale de l'Univers. Ce projet a été réalisé dans le cadre de la relativité générale, et « la question actuelle la plus importante, disait Einstein, est sans doute celle de l'unité de nature du champ de gravitation et du champ électromagnétique »¹⁹. Dans le cadre de la théorie de la gravitation chez Einstein, l'on retient l'idée suivante : pour créer un cadre adéquat d'une théorie satisfaisante de la gravitation, il suppose qu'elle doit répondre aux questions, que la raison pose à la nature. Dans ce cadre Einstein est parvenu à développer un projet de connaissance pour arriver à construire un modèle cosmologique par un apriorisme – métaphysique. Cette hypothèse se présente par l'homogénéité universelle de l'Univers, qui se base sur trois idées fondamentales :

- 1°- la matière est répartie d'une manière uniforme,
- 2°- L'Univers est clos,
- 3°- L'Univers est statique.²⁰

Sur ce plan, la théorie de la relativité générale doit être capable de décrire le champ de gravitation universel et suivre son évolution dans le temps. L'idée fondamentale de la relativité générale est de considérer que le champ de gravitation est déterminé par la structure de l'espace-temps²¹, qui deviendront deux concepts, que la science aura la capacité de les étudier. Ces concepts font partie des théories non euclidiennes. Une théorie généralisée du champ serait donc, véritablement une pensée du monde, en ce sens, qui constituerait une représentation de l'horizon universel qui enveloppe tous les phénomènes physiques possibles. Pour Einstein, l'objectif suprême, de la science, est de fonder des lois élémentaires à partir desquelles le

¹⁸ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, p. 228.

¹⁹ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p.156.

²⁰ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, p.88.

²¹ En fait, Einstein part de deux hypothèses fondamentales, quelles déterminent la structure globale de l'Univers, Il disait « Dans ma recherche originelle, j'ai parti des hypothèses suivantes : 1°- Tous les lieux de l'Univers sont équivalents... 2°-structure spatiale et la densité doivent être constante dans le temps » in *Œuvres choisies*, volume 3, p.107.

cosmos peut être reconstruit par pure déduction. Selon Nils Bohr « Einstein réussit à reconstruire et à généraliser tout l'édifice de la physique, et à donner aussi à notre vision de l'Univers une unité dépassant tout attente »²²

Dans l'espace et le temps ainsi réunis, la nouvelle théorie décrit systématiquement la cinématique (espace-temps), la dynamique (accélération²³, et l'optique. Ces derniers concepts forment matière et rayonnement, qui se propagent selon des lois identiques²⁴. Ainsi la théorie de la relativité réunit matière et rayonnement qui constituent deux formes de l'énergie. La théorie de la relativité généralisée au sujet de laquelle Einstein disait: « on voit par ces considérations que le développement de la théorie de la relativité générale doit, dans le même temps, conduire à une théorie de la gravitation »²⁵. En fait, il a introduit une généralisation dite « pseudo-riemannienne" de la métrique spatio-temporelle de la relativité restreinte et ce fait peut décrire la gravitation comme une manifestation de la courbure d'une métrique « Levi-Civita a montré, disait Einstein, que le tenseur de courbure de Riemann, dont l'importance est fondamentale en théorie du champ de gravitation²⁶ ». Dans ses écrits, le mathématicien Riemann a entamé un travail révolutionnaire²⁷, dans lequel la relativité généralisée présente l'occasion de redéfinir ce qui sépare la géométrie et la physique. C'est à cette époque qu'est née ce qu'on appelle « la géométrisation de la physique »²⁸. En fait, en possession de la relativité générale, Einstein chercha à l'appliquer au champ de gravitation dans tout l'Univers. Ainsi, il proposa en 1917²⁹ sa Théorie

²² Niels Bohr, *Physique atomique et connaissance humaine*, Paris, Edit Gauthier-Villars, 1961 ; p.57.

²³ Le concept « accélération » se trouve implicitement dans les travaux de Galilée. Dans ses « Discours » Galilée, après plusieurs expériences, sur la chute libre des corps, supposa que l'accroissement de la vitesse en fonction du temps et non plus de la distance, était constant. Cette augmentation de la vitesse en fonction du temps, est appelée plus tard avec Newton ce qu'on appelle « l'accélération » qu'était l'idée clé de la théorie gravitationnelle.

²⁴ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit ; p.91.

²⁵ A. Einstein, *Annalen der physik*, volume XLIX, 1916, p.769. Traduction française tirée d'Albert Einstein, in *Œuvres choisies*, textes choisis par Françoise Balibar, O. Darrigol et B. Jech, Edit du Seuil, CNRS, 1989.

²⁶ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p.146.

²⁷ Plus précisément, Riemann s'intéresse seulement à la courbure de l'espace et non pas à l'espace-temps.

²⁸ Riemann dit « On sait que la géométrie pose par avance, comme quelque chose de donné, aussi bien le concept d'espace-temps que les premiers concepts sur lesquels sont fondées les constructions dans l'espace » in *Œuvres*, 1872 ? Réédition Blanchard, traduit par J. Horiol, 1968, p. 272.

²⁹ Einstein écrivait en 1917 un article sous le titre « *Considérations cosmologiques sur la théorie de la relativité générale* ».

d'un Univers statique, en supposant que la géométrie riemannienne s'applique à tout l'Univers³⁰. L'espoir d'Einstein, comme les autres physiciens, consiste dans le fait que la nature n'est pas réelle, elle n'était qu'un rêve collectif, issu d'une multitude d'esprits différents. C'est dans ce sens que Widginstein disait, « que nous sommes devant un monde du fait et non pas d'objet »³¹.

Autrement dit, l'ordre du monde a posé un problème épistémique, c'est-à-dire comment voudrait-on qu'il ya-eu, par exemple, des lois pour unir les perceptions d'un observateur à un autre ? La théorie de la relativité générale répondait à cette question, en donnant une nouvelle conception du monde se rapportant à un changement radicale entre le sujet et l'objet. Einstein disait dans cette optique: « La croyance en un monde extérieur indépendant du sujet qui le perçoit est la base de toute science de la nature »³². La théorie de la relativité perçoit le monde autrement³³, elle n'est pas une théorie valable, seulement, pour un domaine restreint de la description des phénomènes, mais la théorie physique par excellence, universelle en principe, et cela renvoie à l'effort de notre savant, dont « Personne n'ignore qu'Einstein, disait Russel, a étonné le monde (...) On admet volontiers qu'il a bouleversé nos idées sur l'Univers »³⁴.

Ainsi, si nous admettons que l'esprit de cette théorie gravitationnelle moderne diffère de l'esprit classique (Newton) et si nous supposons que cette théorie dépasse tous les problèmes supposés par la science actuelle et de l'avenir, nous devons constater que la physique newtonienne a cédé sa place à la nouvelle théorie de la relativité. On a remplacé donc, le modèle newtonien par un autre modèle einsteinien. Pourtant, la physique moderne de la gravitation ne peut pas différer de celle de Newton, car autrement, elle n'est plus la même science que nous connaissons aujourd'hui.

Ce qui importe dans notre approche, c'est qu'il faudrait admettre que l'apparition de la théorie de la gravitation moderne marque un point important dans l'évolution de l'histoire de la cosmologie à l'échelle scientifique et philosophique.

³⁰ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p.146.

³¹ Cite par Hans-Johann Glock, in *Dictionnaire Widginstein*, Traduit de l'anglais par Helene Roudier de Lara.

³² A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 230.

³³ La théorie de la relativité se libéra des contraintes des concepts d'ordre métaphysiques de l'espace-temps.

³⁴ B. Russell, *ABC de la relativité*, Union générale d'Éditions, 1965, Premier chapitre, p.9.

B- La Géométrisation de l'espace

Einstein, en possession de la théorie de la relativité générale cherche à l'appliquer au champ de la gravitation dans l'Univers entier pour résoudre le problème cosmologique. Mais qu'est ce qui un problème cosmologique ? Einstein répondait « Par problème cosmologique, il faut entendre la question de la nature de l'espace à grande échelle et la façon dont est grossièrement distribuée la matière³⁵ ». Ainsi la relativité générale pose essentiellement le problème de l'espace, dont la solution a été résolue auparavant par ses prédécesseurs. Dans ce sens Reichenbach postule « Le concept du temps a déjà reçu dans la théorie de la relativité restreinte³⁶ une première correction décisive. Le concept de l'espace, au contraire n'a été soumis à la modification que dans la théorie généralisée³⁷. Dans ce contexte, on estime qu'Einstein a dépassé Newton, qui postule l'existence d'une famille de mouvement privilégié, tels que les mouvements libres, ainsi que des systèmes de coordonnées pareils aux mouvements libres satisfassent au principe d'inertie. Pour Newton, supposant l'existence des systèmes d'inertie reviennent à poser l'existence d'un espace absolu. Cet espace absolu représente le garant de la validité du principe d'inertie³⁸. Ceci a poussé Einstein à éliminer la gravitation comme force en la remplaçant par la conception de la métrique de l'espace³⁹. Dans ce nouveau cadre, Einstein fait la distinction entre le concept de potentiel de gravitation et le champ gravitationnel⁴⁰. Reichenbach disait « On ne dira plus : une planète décrit la trajectoire qui lui est assignée parce qu'elle est attirée par la force du soleil, mais

³⁵ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p.107.

³⁶ Dans la théorie de la relativité restreinte l'espace est vide et sans champ électromagnétisme et sans matière.

³⁷ Hans Reichenbach, in *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, Fondée en 1876, par H. Ribot, Dirigée par L. Levy – Brühl XCIV, de Juillet à Décembre 1922, Librairie Félix Alcan, Paris, p.32.

³⁸ Euler, cite par Maurice- Edouard Berthon, in *Comprendre la relativité*, Publication Universitaire, paris 1990, p.12.

³⁹ Le concept métrique désigne le contenu espace-temps à quatre dimensions.

⁴⁰ On sait, qu'Einstein, introduisait l'idée principale suivante : L'équation générale, si on introduit le tenseur d'énergie-impulsion T_{IJ} qui représente l'énergie-matière qui est la source du champ de gravite et une constante cosmologique λ pour contre balancer la gravité et donc obtenir un Univers statique, est :

$$R_{IJ} - \frac{1}{2}g_{IJ}R = -KT_{IJ} - \lambda g_{IJ} \quad \text{Où } K = \frac{8\pi G}{c^4} \text{ G étant la constante de gravitation et C la}$$

vitesse de la lumière ; une des solutions de ces équations est un Univers statique, avec des distances invariantes dans le temps. Ainsi Einstein conclut « Le contenu de la théorie de

la relativité générale est formellement exprimé par l'équation : $R_{Ik} - \frac{1}{2}g_{IK}R =$

T_{IK} Théorie de la gravitation généralisée, Traduit par Maurice Solovine, Edit Jacques Gabay, 1994, p.1.

on dira : la planète se meut sur la ligne la plus courte que l'espace courbe laisse disponible »⁴¹. Cependant, Einstein formulait de nouveau le concept de gravitation, dans le cadre de la théorie de la relativité générale. Dans ce cadre épistémique, Einstein construisait un nouveau modèle cosmologique, qui est homogène et isotrope, plein de matière, de densité constante et sans pression, dans l'espace et dans le temps. En fait, sous l'effet de la gravité, les différents objets de l'Univers s'attirent les uns les autres. Pour contrebalancer cette attraction, Einstein introduisait l'équivalent d'une force répulsive dans l'Univers, appelée « constante cosmologique ». Pour lui et pour qu'un équilibre soit atteint, il est nécessaire que la courbure spatiale de l'Univers soit d'extension finie, mais sans bord⁴². L'Univers est alors statique, si une relation adéquate entre la constante cosmologique, la densité de la matière et la courbure spatiale est donc satisfaisante : le temps-espace, est le cadre dans lequel nous plaçons les événements du monde extérieur. Dans cet Univers on a deux mondes, celui des événements (les mouvements des objets) et celui qui guide ces événements, qui est finalement ce qu'Einstein appelait « l'esprit supérieur » qui est le moteur de tous ce qui se passe.

Dans cette perspective, le problème fondamental posé par Einstein, est d'examiner comment en pratique, les événements extérieurs sont placés dans un cadre spatio-temporel. Einstein choisissait un modèle d'un monde d'ordre métaphysique. Cela nous incite à poser la question suivante et qui a été soulevée par les physiciens et les philosophes : quel rapport peut-il exister entre le monde des idées et le monde des choses ? On sait que l'histoire des sciences se partage en trois grands moments : le monde grec, le monde de la renaissance et le monde moderne. Chacun de ces mondes représente un modèle. Mais le modèle, qu'Einstein a choisi, est plus développé que les autres. Donc, quel rapport existe-t-il entre ce modèle et ce qu'on appelle « la réalité physique ? ».

Je crois que le concept « modèle » est lié directement à ce qu'on désigne, par « réalité »⁴³. Le modèle est le produit de celle-ci. En fait, « un modèle », c'est celui qui comporte des réponses à des questions qu'on pose tous les jours, ou à la manière de Kant, les questions que la raison oblige la nature à y répondre. Donc, ce concept est supposé dans un système d'ordre épistémologique et logique, c'est-à-dire d'un

⁴¹ H. Reichenbach, *Revue* 1922, op, cit, p. 39.

⁴² A. Einstein, *La théorie de la relativité généralisée*, op, cit, p. 2.

⁴³ Einstein définit la réalité « La réalité est elle-même une catégorie hypothétique, si bien qu'en un certain sens la vérité est forcément toujours subjective » Lettre à E. Barrett, le 14 Novembre 1949, in *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 127.

ordre de la recherche de la réalité qui est un terme assez vague et très ambigu. Il faut chercher le sens qu'il convient de leur attribuer. Einstein essayait d'obtenir un emploi logique du mot réalité. Dans son livre « La géométrisation de la physique » George Lochak a décrit la théorie de la relativité générale par « la cohérence logique, la capacité et l'élégance du langage mathématique confèrent à la théorie leur vraisemblance ⁴⁴».

L'important ici tient au rôle spécifique de cette théorie, qui est reposée sur un exposé clair de ses hypothèses de bases et de méthodes de mesure destinées à décrire les phénomènes physiques. C'est pour cela que Louis de Broglie disait « ...tout ce que nous connaissons passe à travers elle et se réfracte en elle »⁴⁵. Ainsi, la théorie de la relativité généralisée, permet de calculer la géométrie de l'espace-temps en fonction de la répartition des masses. De sa part, Einstein se lança dans le calcul, inconcevable jusqu' alors la forme de l'univers qu'il supposa isotrope, c'est-à-dire homogène et identique à lui-même dans toutes les directions. Dans ce cadre logique, dont les parties de la nature sont unies, et dont ses lois s'unifient lentement, Einstein est conduit à un modèle, comme disait Marleau Felden « d'Univers ile ⁴⁶». Tout se passe de façon homogène, et l'idée principale d'Einstein, est que le mouvement d'un corps ne peut être défini que par rapport aux autres corps et que son inertie doit donc être une conséquence de son interaction.

En effet, le génie d'Einstein, nous met devant une scène, qu'on appelle « la géométrisation de l'espace ». C'est pour cela, que l'étude de l'Univers à grande échelle, macroscopique et microscopique, nécessite le recours à la relativité générale, qui permet d'établir un cadre spatio-temporel de référence dans lequel la gravitation rend compte des grandes structures. Derrière ce cadre, il y a un grand Dieu, comme disait Einstein, « qui n'est pas malveillant » et qui est le garant de l'homogénéité dans cet Univers. Dans cette scène construite par des nouveaux concepts, qui sont, comme disait Einstein « de libres créations de l'esprit... »⁴⁷. La théorie de la relativité générale, a fourni les moyens permettant de renouveler toutes les connaissances que nous en avons, qu'il s'agisse de sa constitution ou de la dynamique de ses structures et des propriétés de ses différents constituants, dont les

⁴⁴ G. Lochak, *La Géométrisation de la physique*, Edit, Flammarion, 1994, p. 10.

⁴⁵ L. de Broglie, *Nouvelle perspectives en microphysique*, Paris, 1956, Flammarion, p. 43.

⁴⁶ Marleau Felden, *À la frontière de l'Univers*, Edit, Ellipses, 2005, p. 54.

⁴⁷ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 127.

étranges trous noirs⁴⁸ ainsi que d'autres monstres cosmiques. En revanche, l'un de ses objets principaux était une géométrisation complète du monde physique entier. Dans ce sens, Einstein a postulé que « La conception de la géométrie qui vient d'être esquissée à pour moi une grande importance particulière pour la raison que, sans elle, il n'aurait été impossible de faire la théorie de la relativité générale. Je n'aurais certainement n'avais pu me fonder sur l'interprétation ci-dessus... »⁴⁹.

Ainsi, la théorie de la relativité générale constitue un tournant fondamental dans nos conceptions de l'espace-temps, dans notre compréhension du monde physique et même du monde métaphysique. L'Univers devient plus compréhensible et plus homogène. Einstein a voulu élaborer une modélisation entièrement géométrisée de l'Univers. Il désigne un processus, qui consiste à prendre un événement complexe ou une série d'événements, et à le diviser en élément suffisamment simple, c'est le rôle de la relativité générale. La révolution cosmologique gravitationnelle, est donc, le fruit de la conjonction entre les recherches théoriques fournies par la relativité générale d'Einstein et les résultats observationnels⁵⁰. Einstein proposait un modèle d'Univers qui n'est plus une structure d'espace euclidien immuable, dans laquelle se déroulent des phénomènes sont nus par des forces.

En tant que théorie cosmologique, la théorie de la relativité générale permet de construire des modèles d'Univers, de faire des interprétations et des prévisions. La théorie prend ainsi, une description de l'Univers dans son ensemble, selon des modèles cosmologiques plausibles. Le cheminement est parfaitement tracé, en 1917, Einstein propose un modèle cosmologique de l'Univers relativiste. Sa grande nouveauté est de faire une approche entièrement nouvelle de la question de l'espace fini ou infini⁵¹. Einstein prend nettement parti pour un Univers spatialement fini pour ne pas contredire l'hypothèse de Mach sur l'inertie des corps. Il dit « ...c'est pourquoi, la question de savoir, si le monde est spatialement fini ou ne paraît être aussi une question qui à un sens en géométrie pratique »⁵².

⁴⁸ On sait qu'Einstein a nié l'existence des trous noirs, mais Robert Oppenheimer et son étudiant Hartland Snyder étaient les premiers à démontrer comment l'effondrement d'un cœur stellaire pouvait conduire à la formulation d'un trou noir.

⁴⁹ A. Einstein, cite par Hans Reichenbach, *in revue philosophique de la France*, op, cit, p. 61.

⁵⁰ La théorie de la relativité générale était réalisée expérimentalement par le physicien anglais, qui a observé en 1919 la déviation de la lumière.

⁵¹ Aristote a traité cette question, en proposant des réponses se basant sur des principes métaphysiques.

⁵² A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 75.

En effet, la base de la théorie de la relativité générale, comme modèle cosmologique, est le concept de « géométrisation de l'espace ». Ainsi, l'idée principale dans la pensée einsteinienne, est le concept « fini ». Einstein a imaginé un Univers fini, mais sans limite, cette idée se base sur l'hypothèse suivante : « le caractère courbe de l'espace, disait Einstein, varie dans le temps et dans l'espace en fonction de la distribution de la matière »⁵³. Cependant, pour lui, le concept « Univers fini », est l'idée la plus proche de la réalité, et donc, plus réaliste. C'est pour cela, qu'il disait : « De point de vue de la relativité, la considération de l'Univers fini est beaucoup plus simple que celle correspondant à une structure quasi euclidienne »⁵⁴. Dans ce cadre, Einstein avait construit une idée originale, qui la loi de la gravitation universelle exercée entre deux masses. Cette force est attractive, dirigée suivant des masses proportionnelles au produit de ses masses et inversement proportionnelle au carrée de la distance « d » qui les sépare.

En fait, Einstein est conscient de l'aspect novateur de son projet « le modèle cosmologique ». Il a déclaré, ainsi, qu'il y a des défis envers son projet. Il écrivait à son ami Paul Ehrenfest, qu'il a « de nouveau commis quelque chose sur la théorie de la gravitation qui lui faut quelque peu risquer l'internement à l'asile »⁵⁵. Einstein est obligé de modifier les équations de la relativité générale. Il ajoutait un terme mathématique permis par la théorie, qui permet d'aboutir à un Univers invariable dans le temps. Ce terme, le prix à payer pour un Univers éternel. Ainsi l'artiste et l'architecte Einstein, annonçait plus tard, qu'il a commis une erreur de calcul, il écrivait à la revue « zeitschrift fur physik » « Dans ma note précédente, j'ai critiqué (Friedman sur la courbure de l'espace). Cependant, ma critique, comme j'en ai été convaincu par la lettre de Friedman, qui m'a été communiqué par M. Krutkov, était basée sur une erreur de calcul de ma part. Je considère que les résultats de M. Friedmann sont corrects et apporte une nouvelle vision du problème »⁵⁶.

Ainsi la relativité générale est devenue désormais, la clé pour comprendre le monde. Se basant sur cette théorie, l'astronome Willem De Sitter⁵⁷ donne une autre solution cosmologie aux équations de la

⁵³ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p. 115.

⁵⁴ A. Einstein, *Quatre conférences sur la théorie de la relativité*, Traduit par Maurice Solovine, Edit Gauthier-Villars, 1994, p. 96.

⁵⁵ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p. 156.

⁵⁶ A. Einstein, Bemerkung zur der Arbeit von : « Uber die krummung des Raumes » Zeitschrift. Phys., vol.11 ? 1922, p. 326. Cite par J. Claude Boudenote, in Les livres d'Astronomie qui ont changé la vision de l'Univers, op, cit, p. 410.

⁵⁷ De Sitter (1872-1934)

relativité générale⁵⁸. Il supposait que la densité de la matière est nulle et que la courbure de l'espace-temps est due à la constante cosmologique⁵⁹. Mais, ce qu'a fait n'est pas suffisant, Jean-Claude Boudenot écrivait « De Sitter va même jusqu'à imaginer que les raies spectrales des étoiles éloignées doivent être déclarés vers le rouges, mais il ne franchira pas le pas qu'aurait pu le mener à l'introduction d'un Univers en expansion, car pour lui comme pour Einstein, l'Univers est essentiellement statique »⁶⁰.

Alexandre Friedman⁶¹, qui a franchi un pas décisif⁶², ose imaginer, en 1922, un Univers non statique. Einstein s'oppose d'abord au modèle de Friedman, qui admet qu'il ne comporte pas d'erreur, tout en restant convaincu que l'Univers n'a pas d'origine temporelle. En fait, Friedman résume la cosmologie relativiste, en remarquant qu'il y a trois types d'Univers qui sont les solutions des équations de la relativité générale⁶³ :

- 1° Le type stationnaire pour lequel la courbure de l'espace varie constamment au cours du temps qui fournit deux modèles celui d'Einstein et celui de Sitter.

-2° Le type d'Univers variable pour lequel la courbure de l'espace varie constamment au cours du temps.

-3° Le type d'univers variable pour lequel la courbure de l'espace varie de façon périodique, le rayon de courbure oscillant périodiquement entre zéro et une valeur maximale.

Cependant, en 1922, le mathématicien Alexandre Friedman construisait une version améliorée du modèle d'Einstein⁶⁴. Dans son modèle comme celui d'Einstein, l'Univers a une composante spatiale tridimensionnelle a conçu l'Univers, comme celui d'Einstein, à une composante spatiale tridimensionnelle et une composante temporelle unidimensionnelle, et à chaque instant la composante à la forme de l'espace sphérique de Riemann : une hypersphérique. Et donc, « il a prévu, disait Einstein, l'importance physique de cette généralisation de

⁵⁸ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p. 100.

⁵⁹ J. Chazy, *La théorie de la relativité et la mécanique céleste*, tome II, 2005, Edit Jacques Gabay, p. 229.

⁶⁰ J. C. Boudenot, *Comment Einstein à changé le monde*, Edit, EDP Sciences, 2005, p. 123.

⁶¹ Aleksander Aleksandrovitch Friedman mathématicien russe (1888- 1925)

⁶² A. Einstein écrivait un texte sous le titre « Remarque sur le travail de A. Friedman sur la courbure de l'espace », le 18 septembre 1922, in « Zeitschrift für Physik, vol. XI, 1922, p. 326.

⁶³ J. j. Samuëli et J. C. Boudenot, *Les livres d'Astronomie qui ont changé la vision de l'Univers*, Ellipses Edition SA., 2005, p. 407.

⁶⁴ Ainsi Einstein a affirmé lors du congrès Solvay de 1927, l'importance des travaux de A. Friedmann sur « la courbure de l'espace »

la géométrie euclidienne »⁶⁵. Ainsi Friedman autorise l'idée de l'explosion de l'Univers, est confirmée par la suite par Hubble⁶⁶.

Malgré les difficultés, le modèle einsteinien a fait une révolution dans le domaine physique et plus spécialement dans le domaine astronomique. Einstein resserre plus étroitement les liens entre l'espace et le temps, mettant au jour de la sorte, le plus célèbre mariage des temps modernes. Mais ce qui est certains, est que ce modèle ne s'arrête pas aux approximations physiques, il les dépasse pour des approches philosophiques. Autrement dit, ayant géométrisé le monde, il l'a encore philosophé.

II - Contenu philosophique du modèle cosmologique einsteinien

1 - Le modèle cosmologique et le principe de causalité

On sait que l'Univers, pour Einstein, est bien construit et il est harmonieux, et que Dieu sait absolument toute chose à l'avance, c'est ce qu'Einstein nomme « la création libre de l'esprit » ? Quel est le sens de cette création si en définitive le choix de l'homme de science sera toujours et nécessairement celui prévu par Dieu ?

La théorie de la relativité générale comme modèle cosmologique se base sur des fondements physiques, logiques, mathématiques et encore, plus philosophiques et métaphysiques. Ainsi, Einstein refuse séparer entre les branches de la connaissance⁶⁷ (physique, philosophie, religion...). La satisfaction qu'Einstein cherche est liée à un problème d'ordre métaphysique, qui touche directement à la question de savoir ce qu'il faut exiger d'une théorie pour qu'elle puisse être considérée comme une bonne théorie satisfaisante ? En d'autres temps, comment une réflexion purement abstraite, pourrait t-elle nous donner les clés d'un Univers concret et préconstruit par le bon Dieu ?

Fondamentalement, le problème ontologique et épistémique de la contradiction entre la volonté divine et l'exercice créateur de l'esprit humain peut être considéré comme un dérivé, une transposition religieuse du problème philosophique de la contradiction entre deux modes de perceptions de l'esprit

-D'une part, selon Einstein, nous appréhendons l'Univers et analysons son fonctionnement selon le principe de causalité.

⁶⁵ A. Einstein, *Quatre conférences sur la théorie de la relativité*, Edit Jacques Gabay, 1994, p. 58.

⁶⁶ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p. 167.

⁶⁷ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, p. 156.

- D'autre part, l'homme de science a la capacité de comprendre ce monde, et donc de créer librement les lois de la nature⁶⁸, ceci est un miracle pour Einstein.

Einstein croyait, que ces deux propositions représentent le garant principal, pour formuler une connaissance satisfaisante de notre monde⁶⁹. Ainsi, il sait que la question qui porte sur la réalité, est un tout compliqué, mais compréhensible. Pour lui, la science comme art d'approximation n'a pas pour objet de fournir des images, mais bien de formuler des lois qui régissent les phénomènes et d'appliquer ces lois à la découverte de nouveaux phénomènes qui étaient cachés derrière les apparences. Cependant, Einstein trace le chemin qui nous mène à la vérité de ce monde. Il disait en ce sens « plus l'évolution spirituelle de l'humanité progresse plus il me paraît que le chemin qui conduit à la véritable religiosité ne passe pas à travers la peur de la vie, la peur de la mort et la foi aveugle, mais à travers l'effort pour acquérir la connaissance rationnelle »⁷⁰.

Dans cette perspective, Einstein a formulé une théorie de la connaissance à la manière de Kant⁷¹. Toute notre connaissance commence par l'expérience, et la raison oblige la nature à répondre à ses questions. Voilà donc, l'idée principale dans la philosophie d'Einstein et de Kant⁷². En effet, Kant considère dans son commentaire, qu'il y a trois façons d'expliquer le fait que nos concepts puissent s'appliquer à l'expérience. Trois façons d'expliquer comment la science est possible, c'est-à-dire comment des représentations produites par notre esprit peuvent constituer une connaissance du monde en nous vivons ; ou bien c'est l'expérience qui produit les concepts et c'est la solution empiriste, ou bien ce sont les concepts a priori de l'entendement qui déterminent l'expérience et imposent aux phénomènes de se présenter à nous d'une certaine façon, c'est la solution critique, celle qu'adopte Kant. Une troisième solution est ce qu'il appelle « l'harmonie préalable ». Admettre qu'une correspondance a été établie au départ par un créateur, entre les

⁶⁸ A. Einstein disait « Tout ce que nous disons à propos du monde réel est nécessairement hypothétique et une création de l'esprit humain » in *Œuvres choisies*, volume 5, lettre à D. Holland, le 25 Juin 1948, p. 125.

⁶⁹ Dans cette perspective, Einstein croyait que, la naissance de l'Univers, est un sujet qui dépasse largement les limites de la rationalité.

⁷⁰ A. Einstein, *Conceptions scientifiques, morales et sociales*, Edit Flammarion, Paris, 1952, p. 28.

⁷¹ A. Einstein disait dans ce sens « On pourrait dire : ce que le monde a et aura toujours d'inconcevable, c'est qu'il soit concevable. Si le monde n'était pas concevable, poser un monde extérieur réel n'aurait aucun sens : il s'agit là d'une des grandes idées d'Emmanuel Kant », in *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p.126.

⁷² A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 221.

concepts que nous produisons et la réalité physique, qu'Einstein appelle « l'esprit supérieur »⁷³. Mais, ce qui diffère d'Einstein de Kant, c'est que pour ce dernier, il ne suffit pas qu'un accord soit actuellement réalisé entre les lois de l'esprit et celle de la nature : cet accord doit être nécessaire. Seul le point de vue criticiste lui confère cette nécessité. Mais pour Einstein, dire que le monde physique est réel, n'a donc pas de sens en soi, c'est pourquoi, il refuse ce que Kant appelle « la chose en soi ».

C'est pourquoi, pour Einstein dans ce monde on n'a que des mesures. Ainsi on ne connaît pas l'objet en soi. Il a affirmé ceci dans une lettre à son ami E. Study : « Que veut dire hypothèse dans ce cas là ? Pour moi, une hypothèse est un énoncé dont la vérité est provisoirement supposée (...) En ce sens, on peut dire que le monde de nos impressions sensibles est concevable, et c'est un miracle qu'il le soit »⁷⁴. Donc, dans cette optique systématique d'une théorie de connaissance, qu'Einstein formulait, il a construit, pour lui, un modèle cosmologique possible d'après d'autres modèles possibles, par ce qu'il croyait un monde de caractère homogène et fini. Tout ce que nous concevons d'après ce monde ne sont que de créations libres de notre pensée⁷⁵. En effet, ce récit de l'homogénéité, qui est une idée fondatrice de ce modèle, renvoie son origine à la théorie de la relativité générale qui était logiquement cohérente⁷⁶. Certes, pour Einstein, en face du monde observable, on a des concepts scientifiques, que nous utilisons pour décrire des propriétés structurales du monde, qui ne sont pas, ni vues ni mêmes visibles, mais pour lui ces concepts peuvent comporter des conséquences testables.

C'est en ce sens que, par cette théorie on peut pénétrer le monde des objets, c'est un rêve possible. Ce rêve pour Einstein ne peut se réaliser, que par deux types de connaissances : une connaissance a priori, c'est-à-dire qu'on doit postuler que l'Univers est homogène et fini. La nature dans ce sens est la perfection. Elle possède l'ensemble de toutes les perfections imaginaires possibles. En effet, le modèle einsteinien se situe dans ce cadre épistémique d'ordre métaphysique.

⁷³ Cite par Barnett, in *Einstein et l'Univers*, préface, par A. Einstein, Traduit de l'anglais par Julien Nequaud, Edit Gallimard, 1951, p.164.

⁷⁴ A. Einstein, Lettre du 25 Septembre, 1918 à son ami E. Study, in *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 126- 127.

⁷⁵ *Ibid.*, p.108. « Selon moi, disait Einstein, il vaudrait mieux dire : les concepts qui apparaissent dans notre pensée et notre discours sont tous – du point de vue logique – de libres créations de la pensée qu'on ne peut tirer inductivement des expériences sensorielles »

⁷⁶ *Ibid.*, p. 162.

Si les approches mystiques⁷⁷ n'ont pas d'efficacité scientifique directe, la quête d'une harmonie dans la nature n'a pourtant jamais cessé d'irriguer la recherche. L'harmonie est en quelque sorte pour Einstein, la poésie de l'ordre et de la simplicité. Einstein revendiquait la quête d'un monde harmonieux et caché derrière les apparences, qui fait le reflet de la perfection de Dieu. Dans cette harmonie, Einstein essayait de dévoiler le secret de l'Univers, par une synthèse de mathématique et de l'expérience, et donc, il essayait de construire une œuvre d'art pouvait être un modèle qui doit fournir des réponses à la question fondamentale, qu'est la base du modèle cosmologique einsteinien « y'a-t-il dans la nature, des états de mouvement physique privilégiés ? »⁷⁸. La relativité générale a répondu à cette question, qui devient ce qu'on appelle « le modèle cosmologique ».

Ainsi, par son modèle cosmologique, Einstein essayait de donner une vision plus réaliste à ce monde « L'expérience, disait Einstein, nous enseigne qu'il existe un ordre sublime⁷⁹ dans la nature. On devait d'ailleurs dire, de façon plus exacte : le monde de l'expérience, tel que nous pouvons nous en faire une représentation bien ordonnée à l'aide des concepts et des lois(...) Il s'agit là d'un authentique sentiment religieux »⁸⁰.

Cependant, l'importance du modèle einsteinien, c'est qu'il a énormément influencé toute la recherche scientifique et philosophique. Ce modèle pénètre profondément dans les principes a priori de la science cosmologique, qui ne pouvant pas éviter les résultats auxquels Einstein est arrivé. A ce moment là Einstein a donné aux concepts, de ce qu'on appelle « a priori » deux significations, qui sont les fondements de sa pensée. D'une part, il entend par concept a priori la causalité, d'autre part ce qui a donné sens aux concepts d'homogénéité et donc à l'Univers. Ainsi, ces concepts ont donné à la nature sa vraie essence et donc sa vraie réalité. La théorie de la relativité générale a relevé avec une grande manifestation tous les obstacles, qui ont été posés par la raison et l'expérience. Cette théorie clé est un chef-d'œuvre monumental, scientifique, philosophique et plus encore artistique. George Lochak écrit à propos de cette théorie « la cohérence logique, la capacité et

⁷⁷ En effet, Einstein utilise le concept « mystique », il parle du mystère de mouvement in « l'évolution des idées en physique ».

⁷⁸ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op.cit., p. 125.

⁷⁹ Le concept « sublime » dans ce sens à un aspect métaphysique, il est lié directement à un Dieu ou à un esprit supérieur.

⁸⁰ A. Einstein, Lettre à William Garry, le 23 décembre 1938, in *Œuvres choisies*, volume 5, op.cit., p. 127.

l'élégance du langage mathématique confèrent à la théorie sa première vraisemblance »⁸¹.

La beauté artistique du modèle cosmologique einsteinien, réside donc, dans le fait qu'elle est une description directe des phénomènes physiques observés. Elle n'est pas une construction abstraite de l'esprit plaquée sur le monde physique. De plus, comme l'a exprimé Banach Hoffmann, la structure de la théorie de la relativité générale « est sobre et elle est imprégnée d'une simplicité fondamentale et d'une beauté pas toujours visible à première vue(...) la théorie de la relativité ne pouvait être que l'œuvre d'un homme doué d'une puissance intuition esthétique »⁸².

Avec Einstein, la science cosmologique est devenue d'un point de vue logique, la plus simple des sciences de la nature, car elle n'énonce qu'un petit nombre de lois générales, qui s'appliquent à un grand nombre de phénomènes. Ainsi, pour lui, les événements de la nature sont liés, et plus que ça, disait Einstein « ni la loi de la volonté humaine, ni la loi de la volonté divine, n'existent comme cause indépendantes des événements naturels »⁸³. L'univers fini est ainsi constitué d'une infinité de parties qui se composent et se décomposent à l'infini. C'est donc, l'Univers pour Einstein comme celle de Spinoza, est composé à l'infini, et des lors l'infinité qui revient au fini, est cette infinie composition et recombinaison exprimant la causalité immanente en une série indéfinie de cause efficientes extérieures les unes aux autres. C'est donc un rapport défini de parties infinies qui constitue ce qu'on appelle « modèle fini ». Donc, Dieu pour Einstein et comme pour Spinoza est cause des choses⁸⁴.

2 - Le modèle cosmologique et la rationalité

Pour Einstein, comme philosophe réaliste et rationaliste, tout a été fait préalablement par le bon Dieu. Mais quel-est le rôle de la raison dans ce monde ? En effet, l'Univers comme le conçoit Einstein, pose un problème d'ordre philosophique : est-ce que la rationalité par laquelle nous croyons accéder à ces lois, est –elle véritablement découverte, ou bien simplement construite par nous ? Et donc, dans quel sens, on peut dire que le monde einsteinien est réaliste et rationnel ?

⁸¹ George Lochak, *La géométrisation de la physique*, Edit Flammarion, 1994, p. 10.

⁸² B. Hoffmann, *Histoire d'une grande idée de la relativité*, Edit Belin, 1985, p. 189.

⁸³ A. Einstein, *Conceptions scientifiques, morales et sociales*, Edit Flammarion, Paris, 1952, p.26.

⁸⁴ Spinoza, *Œuvres complètes*, partie éthique II, Propp XLV, scolie ; Edit Gallimard, 1954.

Einstein tout comme Max Planck, croyait qu'on peut construire le monde à travers l'intelligence. La théorie de la relativité générale, qui englobe et étend le champ d'application de la relativité restreinte, se présente comme un ensemble audacieux d'unifications réussies. Il apparaîtra ainsi que « Einstein, comme disait Niels Bohr, réussit à construire et à généraliser tout l'édifice de la physique, et à donner ainsi à notre vision de l'Univers une unité dépassant toute attente »⁸⁵. Malgré, les victoires qui ont été faites par la théorie de la relativité générale, Einstein pose un problème réel, que rencontre sa théorie : c'est l'argumentation expérimentale. Il disait « En théorie de la relativité le rapport de l'espace, comme fini et ferme sur lui-même (...), on est obligé d'introduire les équations du champ un terme qui n'a aucun fondement monde harmonieux et parfait dans sa totalité, on a toujours besoin pour Einstein de l'argument expérimentale, pour donner à notre théorie la légitimité. Il disait « l'expérience reste naturellement le seul critère de l'applicabilité d'une construction mathématique »⁸⁶.

Ce qu'est sur, pour Einstein, est que les lois, qu'on a introduites, existent et qu'elles sont, en principes, accessibles à l'homme de science. Einstein, comme Descartes⁸⁷, croyaient, que l'homme de science athée ne pourra jamais jouir d'une certitude complète, pour lui la pensée religieuse complète la pensée scientifique⁸⁸. En effet la connaissance religieuse fait partie de la connaissance scientifique. Dans ce stade, la réflexion concernant le terme réel a pris sa dimension philosophique. Le réel se cache derrière les apparences, dans ce sens Einstein croyait à la méthode déductive et constructive⁸⁹. Ainsi, il est rationaliste et n'est pas empiriste, c'est pour cela, qu'il défendait la thèse de Meyerson contre celle de Kant. Il disait dans ce sens « A ce point de vue M. Meyerson est un rationaliste et non un empiriste. Toutefois, il se sépare de l'idéalisme critique au sens kantien »⁹⁰.

En effet, la théorie de la relativité générale, en tant que théorie cosmologique, permet de construire des modèles d'Univers, de faire des interprétations et des prévisions. Elle se base donc, sur une rationalité ouverte à la manière de Bachelard, mais elle est contenue,

⁸⁵ N. Bohr, *Physique atomique et connaissance humaine*, Edit Gauthier-Villars, 1961, p. 57.

⁸⁶ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 102.

⁸⁷ Descartes dans ce sens « Dieu peut faire ce que nous pouvons clairement comprendre », Lettre à Reguis, juin 1642, in *Œuvres de Descartes*, Paris, Vrin, 1996, p. 567.

⁸⁸ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 182.

⁸⁹ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 3, op, cit, p. 225.

⁹⁰ *Ibid.*, p. 224.

car Einstein ne fait pas la différence entre le passé, le présent et le futur. Saisir le réel, pour lui, c'est quelque chose qui reste dans le possible. Ainsi, Einstein croyant au déterminisme, celui de l'ordre de l'Univers. L'ordre, pour lui, signifie qu'il y a des lois et des problèmes du déterminisme, ce qui est l'une des questions fondamentales situées à la frontière de physique et de la philosophie. En fait, Einstein croyait comme disait Popper que « la nature détermine tout par avant »⁹¹. Il choisissait un chemin qui consiste à rationaliser la nature ; et donc à introduire, ainsi, une cohérence logique dans les phénomènes. Mais il ne croyait pas pour autant que son modèle soit que la nature rationnellement soutenue et par conséquent les idées sont immanentes. Ainsi le modèle cosmologique einsteinien accepte l'idée du déterminisme sous sa forme classique, dans ce sens disait Kojève « la théorie de la relativité se conforme dans une mesure particulièrement élevée à l'idée classique de l'unité de la connexité causale »⁹². Pour lui, on ne raisonne pas sur des objets, mais on raisonne sur des concepts et donc ce qui nous importe, c'est le monde des idées.

Ainsi, pour Einstein, comme philosophe de la nature, la beauté de l'Univers s'oppose à la beauté des idées. Il démontrait que notre monde habituel n'est qu'une illusion et que la vérité se trouve dans un Univers intelligible qu'on construit dans notre esprit. Malebranche disait dans ce sens que « Nous sommes ici dans un Univers dont la beauté intellectuelle est précepte »⁹³.

Dans ce cadre de réflexion sur le monde, Einstein fondait une philosophie réaliste, qu'est le support de tout son travail intellectuel, et « ces considérations philosophiques, disait Reichenbach, de ce genre sont pour Einstein, le support intellectuel qui seuls, a rendu son travail possible »⁹⁴. Ainsi Einstein choisissait un Univers fini et clos, qui devient l'objet et le centre de sa philosophie réaliste, dont ce monde comporte une esthétique transcendantale, que nous espérons saisir un jour. C'est pourquoi le rêve d'Einstein, d'acquiescer un modèle satisfaisant ne s'arrêtera pas. Il disait « Je crois encore à la possibilité d'un modèle de la réalité, c'est-à-dire une théorie qui représente les choses elles-mêmes et non pas seulement la probabilité de les trouver »⁹⁵.

⁹¹ K. Popper, *L'Univers irrésolu*, Edit Gallimard, 1985, p. 5.

⁹² A. Kojève, *L'idée du déterminisme dans la physique classique et dans la physique moderne*, Paris, Librairie générale française cop, 1990, p.34.

⁹³ Malebranche, cite par M. E. Berthon, in *Comprendre la réalité*, Edit PUF, 1999, p. 56.

⁹⁴ Reichenbach, in *Revue philosophique*, 1922, op, cit, p. 60.

⁹⁵ A. Einstein, *Œuvres choisies*, volume 5, op, cit, p. 106.

Conclusion :

En bref, le modèle cosmologique einsteinien, a provoqué en physique cosmologique la plus grande révolution, depuis Newton. Ainsi le modèle einsteinien traite, non pas le problème de la distinction matérielle du contenu de l'Univers, mais bien la question proprement cosmologique de la structure géométrique de cet Univers.

En effet, pour Einstein le problème, est le choix d'un Univers parmi une infinité d'autres possibles. Par la théorie de la relativité générale, il a repensé la cosmologie et donc, il formulait un nouveau modèle cosmologique diffère de celui de Newton. Il réinvente donc, la cosmologie, lui assignant un nouveau modèle. Ainsi, la théorie de la relativité générale comme modèle cosmologique, est ainsi, l'un des grandes découvertes de la science moderne. Son importance ne s'arrêtera pas à l'ordinaire nouveauté concernant la structure de l'Univers, mais elle impliquait des changements au niveau de notre manière de concevoir le monde. Nous ne pouvons pas les expliquer, immédiatement, en termes clairs, parce qu'il faut d'abord que nous assimilions de nouvelles conceptions, qui n'étaient pas envisagées dans le cadre classique de la physique. En fait, le modèle einsteinien n'est autre que, la réponse à la question suivante : comment, les événements extérieurs sont placés dans un cadre spatio-temporel ? Et donc, ce modèle conduit à une large réflexion philosophique sur la signification ontologique de l'Univers.