

VII - Le point actuel* de la question en cosmologie

Que de chemin parcouru depuis cette époque pas tellement lointaine où Einstein publiait ses premières Considérations Cosmologiques ! Que reste-t-il aujourd'hui de l'espoir du génial savant et de ses plus illustres successeurs d'établir le modèle mathématique de notre univers à partir d'un seul concept initial précis du cosmos et de principes physiques suffisamment fondamentaux ? De tout cela, il subsiste les équations einsteiniennes de la relativité générale dont toute l'histoire de la cosmologie a démontré de façon éclatante le remarquable souplesse, l'extraordinaire pouvoir d'adaptation à toutes les découvertes modernes, au point que nul ne songerait plus aujourd'hui à construire une théorie cosmologique autonome, hors du cadre si efficace de la relativité générale.

Seulement, de nos jours, notre méthode générale d'approche de la connaissance s'est déplacée. Dans ses premières années, la cosmologie a connu la bouillonnante impatience de la jeunesse qui refuse d'attendre le fruit de l'expérience. Entre les diverses solutions proposées, les choix étaient alors le plus souvent philosophiques. (On se souviendra par exemple que c'est en généralisant, de l'espace au temps, le principe cosmologique, que Gold et Bondi furent conduits à l'unicité de leur modèle stationnaire.)

Aujourd'hui, les progrès de l'astronomie d'observation imposent d'autres choix plus objectifs. Cela ne diminue en rien la valeur épistémologique de la cosmologie. Parmi la multiplicité infinie des solutions des équations d'Einstein, ce sont les découvertes astronomiques de l'avenir qui orienteront notre choix vers l'unique modèle représentatif de l'univers réel. Alors seulement ce modèle aura valeur de connaissance.

Les recherches observationnelles s'orientent actuellement dans plusieurs voies, celle de l'astronomie optique classique, celle de la radioastronomie, celle récente de l'astronomie des rayons ultraviolets, X et gamma qui utilise nécessairement le technique des satellites.

Depuis plusieurs années déjà, c'est l'une des plus importantes missions dévouées au télescope de 5 mètres du Mont-Palomar que de vérifier les tests observationnels de la cosmologie. Inlassablement, sous la direction de Sandage, les investigations sont portées à des galaxies de plus en plus lointaines. Le taux d'expansion de l'univers (la fameuse constante de Hubble) est précisé. L'écart à la linéarité de la loi d'expansion (décalage spectral proportionnel à la distance) est mesuré avec le plus grand soin. Il est en effet significatif de la courbure de l'espace, de l'accélération ou de la décélération de l'expansion, bref du modèle d'univers. L'approche est lente et sûre. Le modèle stationnaire de Gold, Bondi et Hoyle doit être déjà rejeté comme incompatible avec ces observations.

Les dénombrements des galaxies jusqu'à une magnitude limite donnée, c'est-à-dire en fait jusqu'à une distance donnée, constituent aussi un excellent critère. Dans un espace euclidien où la répartition des éléments est homogène, il est clair qu'en multipliant par deux par exemple la portée des investigations, c'est par huit (deux au cube) que se trouve multiplié le nombre d'éléments dénombrés. Dans l'espace elliptique d'un univers fermé sur lui-même ce nombre sera inférieur à huit. Il serait supérieur à huit dans un espace hyperbolique. Là encore, sans être encore assez lointaines pour décider de la finitude ou de l'infinitude de notre monde, les investigations assurées présentement par ce grand télescope conduisent par éliminer, par ce test du dénombrement, le modèle stationnaire à création continue de Gold, Bondi et Hoyle.

* Note de la rédaction: On se rappellera que ce texte a été écrit il ya plus de dix ans. Le qualificatif "actuel" utilisé ici se rapporte donc à ce qu'était l'actualité de la question vers 1973. Une mise au point plus récente sera prochainement publiée dans les Cahiers.

La portée des radiotélescopes est encore plus grande que celle des télescopes optiques et les dénombrements des radiogalaxies (malheureusement toutes les galaxies ne sont pas des radiogalaxies) confirment les résultats publiés par l'équipe du Palomar.

Mais on sait que l'apport le plus important de la radioastronomie à la cosmologie fut la découverte par Penzias et Wilson du rayonnement de 3K. Ce rayonnement ne provient pas de la direction de telle ou telle source; il arrive avec une égale intensité de toutes les directions de l'espace. Il serait le résidu, actuellement très refroidi, du rayonnement initial très chaud de l'univers lors de l'explosion primordiale. C'est là, bien évidemment, la plus grande découverte cosmologique depuis celle de la récession générale des galaxies, par Hubble.

L'importance d'un tel fait exige une grande convergence de confirmations. L'une d'elle serait le caractère purement thermique d'un tel rayonnement. On comprend dès lors sans peine les efforts de nombreuses équipes, dont plusieurs sont françaises, à réaliser des observations en ballon, ou mieux en satellite pour observer hors de l'atmosphère si ce rayonnement de 3K a bien le caractère thermique.

Pourtant, il n'est plus guère aujourd'hui, en l'attente de ces résultats, d'astronomes pour douter que l'on ait mis en évidence la trace, et partant la preuve, de l'explosion primordiale de l'univers. Cette découverte va dans le même sens que les observations optiques ou radioastronomiques dont nous avons parlé plus haut. Le modèle stationnaire à création continue est incompatible avec ce résultat puisqu'il ne comporte pas d'explosion primordiale. Mais la découverte du rayonnement de 3K va plus loin car, de toutes les solutions des équations de la relativité générale, les modèles à explosion primordiale ne constituent plus qu'une petite famille. Cette découverte est donc un pas important vers l'unicité du modèle.

Certes, la question fondamentale de savoir si l'univers est fini ou infini reste encore en suspens. Sachons attendre encore d'autres découvertes d'observations qui préciseront ce point. Par contre un progrès important est réalisé dans le domaine du temps sur lequel nous reviendrons ultérieurement. L'explosion primordiale est-elle l'origine du temps et de l'espace, la création de l'univers ou seulement un passage par un état hyperdense où toute la matière devient rayonnement à la suite d'une phase de contraction, précédant la phase d'expansion actuelle. Le temps serait alors infini et l'existence de l'univers également. Le point nul de la théorie ne serait que l'image mathématique, jamais atteinte physiquement, de ce passage de l'univers par l'état hyperdense. Pourtant l'idée que la réalité d'un tel point nul puisse avoir un sens commence à se faire jour. C'est toute la question des singularités, véritables frontières de l'espace-temps, où l'espace et le temps s'annulent, où toute la géométrie de l'espace s'écroule dans le néant et avec elle toutes les lois de la physique. Qu'une telle singularité existe dans le passé et que l'univers en ait surgi par l'explosion primordiale est une hypothèse vraiment très consolidée si d'autres singularités doivent exister dans l'avenir. Or c'est un résultat des équations de la relativité générale, qui en ressort encore grandie, que de prédire le devenir inéluctable de la matière-énergie de l'univers par sa disparition dans une telle singularité future, image symétrique de son émergence au réel, au cours de la singularité passée que représente l'explosion primordiale. Mais des édifices matériels moins grands que l'univers tout entier, des étoiles par exemple, devront subir aussi l'inexorable sort de disparaître dans de telles singularités, les fameux trous noirs, terme qui explique bien cette notion de limite des observables pour l'observateur que nous sommes. Que les observations en satellite du rayonnement X de certains systèmes stellaires doubles révèlent pour le compagnon invisible les valeurs mêmes des paramètres que la théorie prévoit pour le trou noir ôte désormais tout caractère spéculatif à ces études.

Leur apport philosophique est considérable. Une fois de plus, à la lumière de ces considérations, le concept d'univers éclate: l'univers des observables, espace-temps de l'observateur que nous sommes, prisonnier des singularités qui le bornent, est-il tout ce qui existe? Ou n'est-il lui-même qu'une singularité parmi d'autres dans un cosmos beaucoup plus général à jamais inobservable pour nous? Horizon des observables, hiérarchie des univers, n'est-ce pas là prestigieuse conquête de la cosmologie le fait qu'appartiennent désormais au domaine de la science de si extraordinaires idées qu'on aurait prises encore naguère pour d'inconsistants fantasmes échappés à quelque délire.

Henri Andriolat