

L'énigme de l'obscurité du ciel nocturne (3e partie) : Pourquoi la nuit est-elle noire : le paradoxe de Chéseaux-Olbers

Autor(en): **Nitschelm, C.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **49 (1991)**

Heft 247

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-898965>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

L'Énigme de l'Obscurité du Ciel nocturne (3^e partie)

Pourquoi la Nuit est-elle noire ?

C. NITSCHHELM

(Le Paradoxe de Chéseaux-Olbers)

6.3. J. Herschel

J. Herschel, fils de W. Herschel, rejeta la solution de l'absorption proposée par Olbers en explicitant correctement l'argument de la brume émissive et de la conservation de l'énergie (1849). Il reprit les idées de son père et proposa un modèle stoïcien héliocentrique du cosmos.

Selon lui, il n'y avait pas de différence entre les nébuleuses et les amas stellaires, seules leurs distances les rendaient résolubles en étoiles ou pas. Il pensait que la Galaxie était un système sidéral centré sur le Soleil et englobant toute la matière de l'Univers et que l'obscurité de l'espace extragalactique infini se devinait entre les étoiles. Ses idées furent reprises par la plupart des astronomes de la fin du XIX^e siècle.

Suivant les théories de Kant et Lambert, il proposa également l'idée qu'un univers hiérarchique structuré de type fractal pouvait être une solution possible à l'énigme de l'obscurité, montrant qualitativement qu'une ligne de visée ne serait pas systématiquement interceptée par la surface d'une étoile pour peu que la densité moyenne en objets dans chaque niveau de hiérarchie soit suffisamment faible (1869). R. Proctor donna peu de temps après un traitement semi-quantitatif d'une solution hiérarchique (1871).

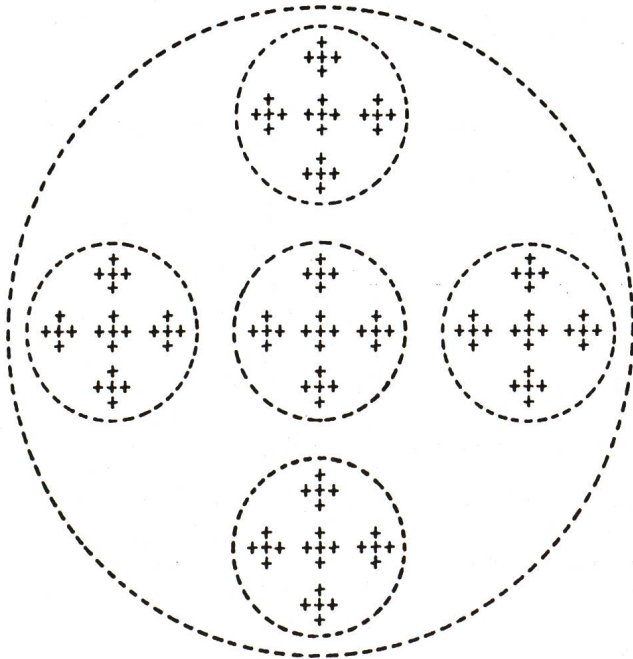


Diagramme d'un Univers hiérarchique, d'après *Two New Worlds* (1907) de Fournier d'Albe. Ce diagramme, écrivait-il, montre « qu'une succession infinie d'Univers similaires peut exister sans engendrer de ciel brillant ». Si le nombre d'étoiles de chaque amas augmente avec le rayon de l'amas, le « ciel apparaîtra tout à fait noir. »

6.4. W. Thomson (Lord Kelvin)

Kelvin résolut qualitativement et quantitativement de manière correcte l'énigme de l'obscurité de la nuit dans le cas d'un univers transparent, uniforme et statique (1901). Postulant un univers rempli uniformément d'étoiles semblables au Soleil et supposant son extension finie (Univers stoïcien), il montra que, même si les étoiles ne s'occultaient pas mutuellement, leur contribution à la lumière totale ne serait que finie et très faible devant celle du Soleil. Il démontra également que l'âge fini des étoiles interdisait la visibilité des étoiles lointaines dans le cas d'un espace épicurien infini ou stoïcien très étendu, ce qui répondait correctement à l'énigme de l'obscurité.

Abandonnant l'hypothèse de l'absorption et clarifiant les traitements de Halley en 1721, de Chéseaux (1744) et Olbers (1823), le traitement de Kelvin montrait que la fraction du ciel recouvert par les étoiles était égale au rapport de la dimension de l'Univers visible par la limite de visibilité, ainsi qu'au rapport de la luminosité du ciel étoilé par la luminosité du disque solaire. Ceci signifiait que si la dimension de l'Univers visible était égale à la limite de visibilité, le ciel nocturne était en tout point aussi brillant que le disque solaire. La luminosité globale du ciel nocturne devait donc donner un aperçu de la taille de l'Univers visible, soit qu'il fût de taille réellement finie, soit que la lumière n'avait pas encore eu le temps de nous parvenir des régions éloignées.

Selon Kelvin, $N = \frac{4\pi}{3} nr^3$ étant le nombre total d'étoiles, la fraction du ciel recouverte par les étoiles était donnée par

$$\alpha = \frac{r}{\lambda} = \frac{3N}{4} \left(\frac{a}{r}\right)^2$$

Le résultat donné par Kelvin n'était cependant qu'une approximation de la fraction du ciel recouverte par les étoiles dans le cas où celle-ci reste faible. Dans le cas contraire, la fraction du ciel recouverte par les étoiles, toutes supposées de luminosité constante L , est donnée par

$$\alpha = 1 - e^{-\frac{L}{\lambda}} = \frac{u}{u^*}$$

en notant u la densité de rayonnement reçu par l'observateur et $u^* = \frac{L}{4\pi r^2 c}$ la densité de rayonnement à la surface d'une étoile. L'énoncé de Kelvin selon lequel « est le rapport de la luminosité apparente de notre ciel étoilé à la luminosité du disque de notre Soleil » était donc exact.

6.5. Autres solutions proposées au XIX^e siècle

La plupart des autres solutions données au XIX^e siècle consistait à admettre que notre Univers était de type stoïcien héliocentrique, entouré d'un vide plus ou moins rempli de particules obscures et plus ou moins rempli d'éther luminifère. W. Huggins, pionnier de la spectroscopie stellaire avec sa

femme M. Huggins, et A. Clerke, vulgarisatrice scientifique, furent avec J. Herschel et R. Proctor parmi les plus zélés défenseurs de cette hypothèse qui donnait une réponse élégante à l'énigme de l'obscurité. Selon eux, le Soleil se trouvait au centre ou presque au centre de la Galaxie unique, composée d'environ un milliard d'étoiles et d'un rayon de mille parsecs approximativement.

S. Newcomb (1878) et J. Gore (1888) donnèrent une solution curieuse à l'énigme de l'obscurité en supposant que la lumière ne pouvait franchir les espaces intergalactiques, s'ils existaient, par manque d'éther, milieu matériel indéfini nécessaire à la propagation de la lumière selon les physiciens des siècles passés. Ce milieu luminifère, l'ancien éther aristotélicien, ne pouvait selon eux être présent que près des galaxies, rendant les autres invisibles depuis l'une d'entre elles qui aurait été entourée de «parois réfléchrices». Chaque galaxie retient sa propre lumière. Aucun des deux auteurs n'a en fait réalisé que cette explication n'en était pas une, les parois réfléchrices ne faisant que déplacer le problème et rendant le fond de ciel uniformément brillant.

7. Solutions proposées au XX^e siècle

Le XX^e siècle a été celui des explications cosmologiques données à l'énigme de l'obscurité. Cependant, d'autres solutions ont également été proposées durant les premières décennies.

7.1. E. Fournier d'Albe

E. Fournier d'Albe proposa en 1907 dans son ouvrage «Two New Worlds» plusieurs solutions originales. Selon lui, l'énigme de l'obscurité pourrait être expliquée en supposant que l'Univers était rempli d'objets sombres et que les étoiles brillantes n'étaient que des astres exceptionnels, souvent occultés par des objets sombres. Dans ce cas, la fraction d'étoiles lumineuses serait égale à la fraction de ciel recouverte par des étoiles lumineuses. Cette solution, bien que logiquement exacte, a été ultérieurement écartée par les observations du milieu interstellaire et de la structure de notre Univers.

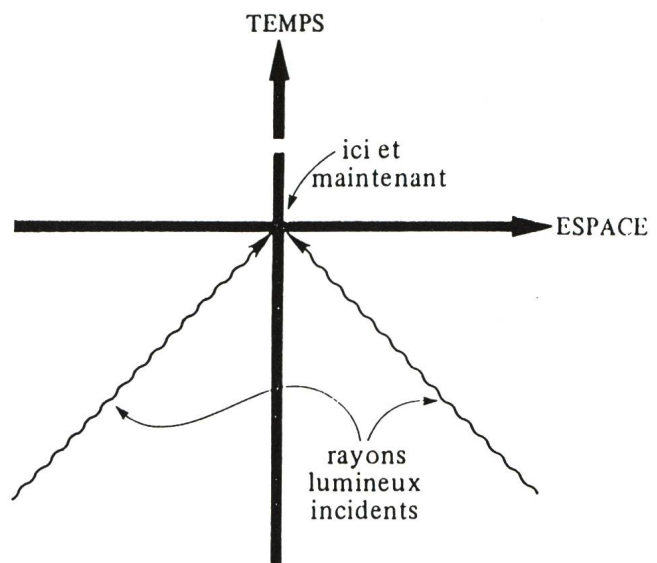
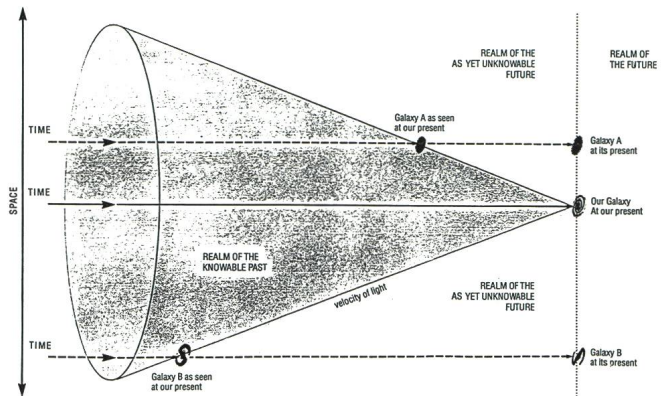
Rejetant l'idée d'un éther luminifère non uniforme dans l'Univers et par là-même la solution de Newcomb-Gore, Fournier d'Albe, reprenant les idées de J. Herschel et de R. Proctor, défendit le concept d'un univers hiérarchique composé de structures semblables aux différentes échelles.

Cette idée fut reprise et approfondie peu de temps après par C. Charlier.

Reprenant la solution de Poe-Kelvin, Fournier d'Albe proposa également l'idée d'un univers jeune comme solution à l'énigme de l'obscurité en remarquant que l'horizon visible serait alors animé d'un mouvement de récession qui induirait une croissance de la taille de l'Univers visible à la vitesse de la lumière. L'Univers, en vieillissant, s'offrirait de plus en plus aux regards des observateurs. L'horizon, qui s'éloignerait de nous à la vitesse de la lumière, se situerait alors à une distance égale au produit de cette vitesse par le temps écoulé depuis l'instant zéro.

Cette solution, bien que s'appliquant au cas d'univers statique, préfigura les solutions cosmologiques ultérieures décrivant un univers en expansion.

La lumière issue de l'horizon nous renseignait sur les conditions régnant à l'époque de l'apparition des premières étoiles. De plus, la durée de vie finie des étoiles ne ferait que limiter le nombre d'étoiles visibles à chaque instant.



L'observateur qui regarde dans l'espace regarde également dans le passé. Ce diagramme d'espace-temps montre des rayons lumineux parvenant à l'observateur (les distances sont mesurées par les temps de parcours de la lumière).

Fournier d'Albe proposa comme plaisanterie une solution assez loufoque consistant en des alignement d'étoiles invisibles derrière les étoiles visibles, ce qui ramènerait à un curieux géocentrisme exotique moins que peu vraisemblable!

Pour Fournier d'Albe, l'argument selon lequel le ciel avait en tout point une luminosité uniforme égale à celle du Soleil dépendait du bien fondé de quatre hypothèses: le non-alignement des étoiles; la durée de vie infinie des étoiles; la très faible influence de l'obscurissement par des corps sombres et l'omniprésence de l'éther luminifère.

7.2. Début du XX^e siècle: solutions diverses

Reprenant les arguments de Fournier d'Albe sur l'Univers hiérarchique, C. Charlier déduisit une solution hiérarchique quantitative à l'énigme de l'obscurité et montra que l'Univers hiérarchique permettait de résoudre l'énigme de la gravitation de Newton-Bentley (Univers en équilibre instable) dans un univers infini contenant une matière uniformément répartie (1908 et 1922). Selon lui, un univers hiérarchique serait transparent lorsque, à tous les niveaux de

hiérarchie, le carré du diamètre de l'amas est supérieur au nombre d'étoiles de l'amas multiplié par le carré du diamètre d'une étoile. Dans un tel univers, la densité moyenne diminuerait à mesure qu'elle serait calculée sur des volumes de plus en plus grands, pour tendre finalement vers zéro dans un univers d'extension infinie possédant une infinité de niveaux hiérarchiques. Il ne remarqua pas que la solution hiérarchique ignorait la vitesse de la lumière et supposait que toutes les parties de l'Univers, quel que soit leur éloignement, étaient accessibles à l'observation.

S. Arrhenius argumenta aussi bien contre le modèle hiérarchique que contre la vision stoïcienne héliocentrique de l'Univers (1911). Selon lui, l'Univers, bien que spatialement infini, possédait un âge fini. Le ciel paraissait sombre par combinaison de cet âge fini et d'un obscurcissement provoqué par des corps non lumineux tels que les poussières cosmiques, les météorites, les planètes et les compagnons invisibles des étoiles.

Il n'a pas alors réalisé qu'un âge fini était une solution suffisante à l'énigme de l'obscurité et la solution de l'absorption n'était pas recevable, du fait de l'équilibre radiatif qui finirait par s'installer en tout point de l'Univers.

Tandis que J. Kapteyn, suivant en cela W. Herschel, élaborait un modèle de la Galaxie de type stoïcien héliocentrique à grande échelle (1922), deux autres astronomes, E. Barnard et R. Trümpler, prirent au sérieux le problème de l'absorption de la lumière par la matière interstellaire.

Utilisant les travaux de H. Leavitt sur la relation période-luminosité des étoiles variables de type céphéide des nuages de Magellan (1908) et de E. Hertzsprung sur la calibration statistique de la distance des céphéides proches, H. Shapley utilisa cette relation période-luminosité comme un étalon de mesure pour les distances des céphéides plus éloignées, qui purent alors servir de repère pour arpenter la Galaxie et pour connaître la distance des «nébuleuses spirales» proches.

Shapley estima la distance des amas globulaires en fonction de leur dimension angulaire, de leurs étoiles les plus brillantes, des périodes et des luminosités apparentes de leurs céphéides et découvrit qu'ils étaient sphériquement distribués autour d'un point éloigné situé dans la constellation du Sagittaire. Il proposa alors ce point comme étant le centre de la Galaxie, donnant sans le vouloir un coup de couteau au cœur de l'hypothèse stoïcienne héliocentrique. J. Oort montra ensuite que le disque de la Galaxie était en rotation autour de ce centre, lui-même situé à environ 30000 années-lumière du Soleil (1927).

Shapley fut l'un des derniers à penser que l'énigme de l'obscurité pouvait se résoudre par un univers stoïcien (1917). Selon lui, soit l'étendue de l'espace stellaire était finie, soit le ciel devait s'embraser d'une lumière resplendissante. Négligeant trop l'action de l'absorption interstellaire, il pensait que notre Univers consistait en une galaxie géante de forme disque bien plus étendue que ce qui était supposé auparavant et entourée d'amas globulaires centrés sur le centre galactique.

7.3. 1920: Le Grand Débat

Bien que pressentie par plusieurs penseurs du XIX^e siècle, la notion d'univers en évolution ne fut admise qu'après 1925, après le rejet définitif de la vision stoïcienne héliocentrique de l'Univers.

Avant cette date, un débat acharné, nommé «le Grand Débat», opposa les tenants d'un univers stoïcien héliocentrique ou galactocentrique, en particulier H. Shapley, aux

tenants d'un univers épicurien d'extension infinie, en particulier H. Curtis (1920). Ce fut le dernier soubresaut de la vision stoïcienne de l'Univers, après plus de deux mille années de rivalité entre les deux systèmes rivaux issus de la philosophie grecque.

La controverse prit définitivement fin lorsque E. Hubble parvint à résoudre en étoiles la «nébuleuse spirale» d'Andromède (1924).

Utilisant les travaux de Leavitt et Shapley sur les céphéides, il put montrer que cet objet était distinct et de même nature que notre Voie Lactée, devenant alors la galaxie d'Andromède. D'autres galaxies furent ultérieurement identifiées comme étant beaucoup plus éloignées du Soleil que les points les plus extrêmes de notre Galaxie. Ces découvertes induirent la connaissance de trois types principaux d'objets non stellaires distincts, les amas d'étoiles, les nuages de gaz et de poussières interstellaires et les galaxies, donnant naissance à la vision actuelle de l'Univers.

7.4. XX^e siècle: solutions cosmologiques

7.4.1. Solutions statiques

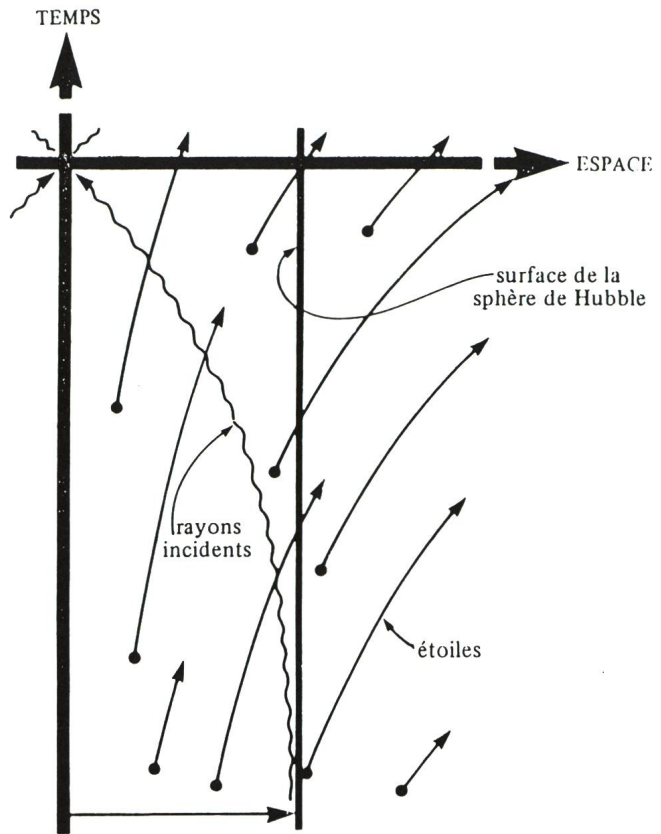
La théorie relativiste de la gravitation établie par A. Einstein changea complètement l'orientation des solutions proposées à l'énigme de l'obscurité (1905 et 1915). La vision d'un univers en expansion avec une vitesse de la lumière constante, démontrée par les expériences de A. Michelson et E. Morley et confirmée par la relativité restreinte, devint universelle après 1925. Les géodésiques de l'espace et la perception du temps perdirent leurs caractéristiques euclidiennes et absolues pour devenir curvilignes et relatives.

Plusieurs solutions curieuses de l'énigme de l'obscurité furent proposées durant tout le XX^e siècle par utilisation de certaines applications de la théorie de la relativité générale. B. Frankland (1913) et W. de Sitter (1917) remarquèrent que, dans un espace courbe, un observateur devrait apercevoir les faces avant et arrière d'une même étoile, en particulier du Soleil, dans des directions diamétralement opposées du ciel, et de même brillance dans le cas où la lumière ne subirait pas d'atténuation dans l'espace interstellaire, toute différence entre les deux images venant de la différence des chemins optiques, un trajet court et un trajet long. Le fait de ne pas observer d'image du Soleil durant la nuit indiquait donc soit la présence d'une absorption, soit que la longueur du trajet long est supérieure au produit de la vitesse de la lumière par l'âge de l'Univers. Cette solution est tout à fait correcte dans la cas de cette variante exotique de l'énigme de l'obscurité.

Une autre solution proposée par J. Zöllner (1883) et reprise par S. Jaki (1969) consistait à affirmer qu'un univers fini, non borné et enfermé à l'intérieur d'un espace sphérique, résolvait l'énigme de l'obscurité dans le cas où la limite de visibilité serait très supérieure au rayon d'un tel univers. Les étoiles diffuseraient leurs rayons qui parcoureraient l'Univers pour revenir à leur point de départ, sans remplir l'espace de divers rayonnements. Cependant, la courbure de l'espace ne pouvait expliquer l'énigme de l'obscurité cosmique, les perturbations gravitationnelles induites par les étoiles sur les rayonnements les déviant légèrement tout au long de leurs parcours et les faisant aboutir finalement à la surface d'une étoile. De plus, comme dans un univers spatialement infini d'âge fini, le ciel serait noir dans un tel univers parce que les étoiles n'ont pas une durée de vie suffisante pour briller durant un temps égal à celui nécessaire à un rayonnement pour atteindre la surface d'une étoile. La solution de Poe-

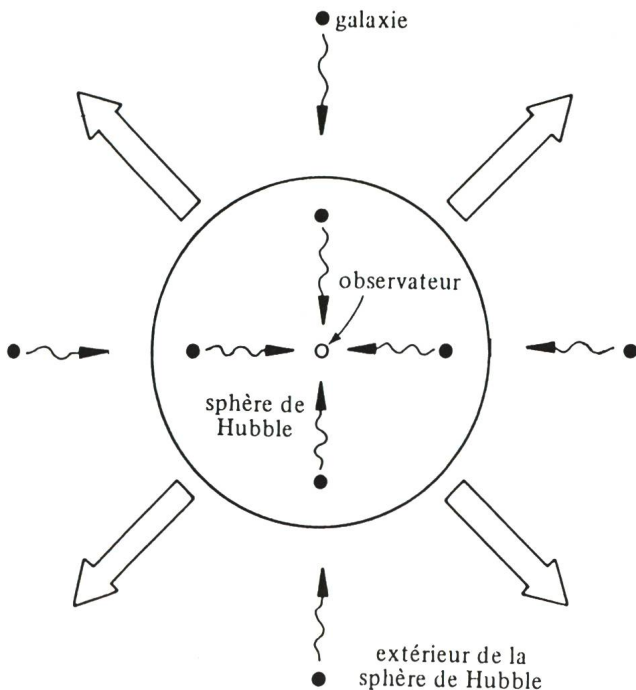
Kelvin s'appliquerait ainsi à tous les espaces non bornés, uniformes, qu'ils soient finis ou infinis. Par contre, le ciel serait brillant aussi bien pour un univers sphérique fermé borné que dans un univers borné non fermé d'extension et d'âge infinis.

Soulignant que le noir du ciel nocturne devait pouvoir être expliqué par une bonne théorie cosmologique et reprenant une idée de W. MacMillan émise en 1925 sur un univers stationnaire où les étoiles se dissolvaient lentement en rayonnements, lesquels se retransformaient en atomes matériels qui pouvaient ensuite se regrouper en étoiles, H. Bondi et T. Gold proposèrent en 1948 un modèle stationnaire de l'Univers en expansion qui raviva l'intérêt pour l'énigme de l'obscurité. Ce modèle postulait la création continue de matière aux dépens du rayonnement afin d'obtenir une conservation de la valeur de la densité moyenne de l'Univers au cours du temps, ce qui donnait une autre solution à l'énigme de l'obscurité, le trop-plein de rayonnement issu du fond de ciel étant soit utilisé pour la synthèse de la matière interstellaire, soit transformé en rayonnement de longueur d'onde très longue par l'action du décalage vers le rouge des raies spectrales au cours du temps. Ce modèle, bien que très ingénieux et vigoureusement défendu par F. Hoyle, fut définitivement abandonné en 1965, lors de la découverte du rayonnement fossile, malgré son explication correcte de l'énigme de l'obscurité.



Dans un Univers stationnaire, l'observateur ne peut voir les événements situés à l'extérieur de la sphère de Hubble, et l'essentiel de la lumière extra-galactique qui lui provient de sources proches de la frontière de la sphère de Hubble. Dans cet Univers, le ciel est recouvert d'étoiles, comme l'a affirmé Bondi, mais la lumière stellaire est décalée dans l'invisible. Toutefois, cette explication échoue dans l'Univers issu du big bang, admis aujourd'hui.

A l'intérieur d'une sphère appelée «sphère de Hubble», les galaxies s'éloignent à une vitesse inférieure à celle de la lumière: même la lumière qu'elles émettent dans notre direction s'éloigne en voyageant vers nous.



7.4.2. Solutions dynamiques

L'expansion de l'Univers, découverte par V. Slipher à partir de mesures effectuées entre 1912 et 1923 sur les galaxies extérieures qui, présentant un décalage vers le rouge de leurs raies spectrales, semblaient s'éloigner d'un observateur d'autant plus vite qu'elles étaient plus lointaines, permit de comprendre que l'Univers n'était pas statique, contrairement à ce qu'avaient postulé A. Einstein et de Sitter. La plupart des univers relativistes possibles n'étaient de fait pas statiques et les quelques cas d'univers statiques étaient instables, comme le démontra A. Eddington ultérieurement, soit pour des raisons géométriques ou dynamiques, soit dès qu'une particule ou un observateur se trouvait à l'intérieur. A. Friedmann, en 1922, et G. Lemaître, en 1927, furent les premiers à étudier le cas des univers non statiques.

M. Humason élargit le champ d'investigation des travaux de Slipher sur le décalage vers le rouge des raies spectrales des objets éloignés, alors que E. Hubble classifia les galaxies et en détermina les distances.

Utilisant les travaux de divers théoriciens, ils établirent la relation entre la vitesse de récession et la distance des galaxies ($V_R = H d$).

Utilisant les modèles d'univers non statiques, G. Gamow, R. Alpher et R. Herman montrèrent que l'Univers avait été

dans un état plus dense et plus chaud dans le passé, ayant débuté dans un état condensé ultérieurement appelé Big Bang. D'autres astronomes soulignèrent que la récession n'était pas en fait composée de vitesses énormes propres aux galaxies, mais que l'expansion représentait une déformation intrinsèque de la texture du continuum espace-temps qui supportait l'Univers.

Une solution évidente de l'énigme de l'obscurité se dégagea alors rapidement de la relation vitesse-distance. Le fond de ciel était sombre parce que les galaxies lointaines situées à l'extérieur d'une sphère appelée sphère de Hubble étaient animées d'une vitesse de fuite supérieure à la vitesse de la lumière: même la lumière qu'elles émettaient en direction de l'observateur s'éloignait en voyant vers lui.

Seules les galaxies situées à l'intérieur de la sphère de Hubble s'éloignaient à une vitesse de fuite inférieure à celle de la lumière et étaient visibles depuis la Terre. La sphère de Hubble définissait un horizon de visibilité au-delà duquel rien n'était observable.

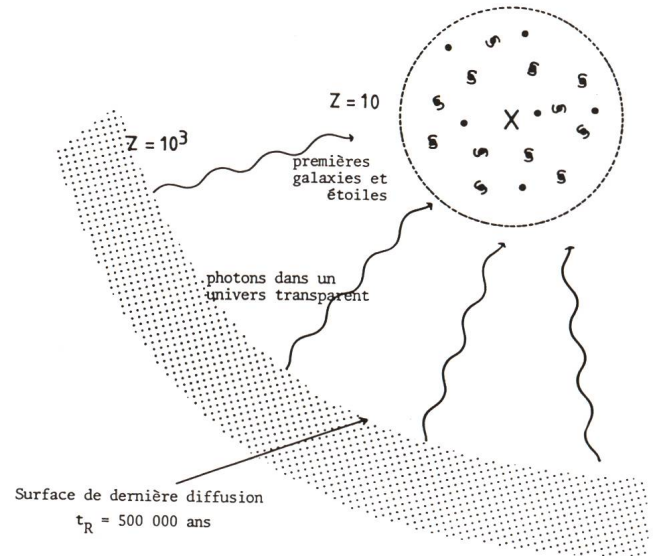
Une autre solution de l'énigme de l'obscurité fut également déduite de l'existence de l'horizon cosmologique et du Big Bang. L'Univers visible devait s'étendre jusqu'à une distance limitée par l'âge de l'Univers, avec quelques corrections dues à l'expansion, par la vitesse de la lumière et par la durée de vie des différents systèmes astronomiques. Les lignes de visées devaient au plus atteindre la frontière de la région observable autour de la Terre, c'est-à-dire l'horizon cosmologique, ou sphère de dernière diffusion, défini par la recombinaison, environ cent mille ans après le Big Bang, à l'époque où le ciel était brillant. Cependant la lumière issue de l'Univers primordial, qui a voyagé sans obstacles depuis l'horizon jusqu'à l'observateur durant environ quinze milliards d'années, a été refroidie, décalée vers le rouge et affaiblie par l'expansion, ce qui induirait un ciel sombre dans le visible. La découverte du rayonnement cosmologique fossile associé à un décalage spectral de 1000 en 1965 par A. Penzias et R. Wilson confirma cette solution.

Une autre solution à l'énigme de l'obscurité fut proposée par E. Harrison en 1977. Il montra qu'en fait l'Univers ne contient pas suffisamment d'énergie par unité de volume pour engendrer un ciel brillant. Selon lui, il faudrait des milliers de milliards de fois plus d'étoiles qu'il en existe actuellement, ou bien des étoiles ayant des durées de vie beaucoup plus longues, pour obtenir les «remparts dorés» de Poe. Cette solution regroupait en une seule plusieurs solutions exactes proposées antérieurement. Manquant de l'énergie nécessaire, notre Univers ne pouvait en aucun cas générer un ciel illuminé par les étoiles, même s'il était d'extension infinie.

Soumises à l'expansion qui augmente le déficit en énergie, les galaxies, et les étoiles qui les composent, sont devenues en fait beaucoup trop éloignées les unes des autres à l'époque actuelle. Cependant, peu après le Big Bang, la densité énergétique était encore suffisamment importante pour que le ciel ait alors été brillant.

Remarquant qu'il n'y a pas une cause unique à la noirceur du ciel nocturne mais qu'il y en a deux principales, A. Maeder, de l'Observatoire de Genève, proposa en 1988 une solution sous forme de synthèse à l'énigme de l'obscurité en calculant les contributions intégrées des étoiles et galaxies d'un côté et de la sphère de dernière diffusion, l'horizon cosmologique, de l'autre côté et en montrant que ces deux intégrales convergeaient vers des valeurs finies. Selon lui, la contribution lointaine de la sphère d'opacité, où qu'elle se

trouve et quelles que soient ses propriétés, est affaiblie par le décalage spectral dû à l'expansion de l'Univers et se retrouve dans le rayonnement thermique cosmologique à 3°K. Les étoiles sont des sources trop éphémères pour que, compte tenu de leur densité dans l'Univers, elles puissent saturer l'espace de leur rayonnement. Pour obtenir un ciel aussi brillant que le Soleil, il aurait fallu, soit que la durée de vie moyenne des étoiles, soit que la densité des étoiles dans l'espace, fût de l'ordre de 10¹⁴ fois plus grande. De plus l'âge fini de notre Univers limite la portion de l'espace accessible, mais cet âge fini n'apparaît pas comme étant la raison principale de l'obscurité du ciel nocturne.



8. Conclusion

Au XIX^e siècle, de nombreux astronomes et autres personnes ont probablement soupçonné la solution correcte de l'énigme de l'obscurité.

Certains, comme Poe, évoquèrent la possibilité que la lumière des étoiles lointaines n'aient pas encore atteint la Terre. Mais seul Lord Kelvin effectua les calculs montrant que, dans un univers tel que le nôtre, le ciel est nécessairement sombre.

L'idée d'un univers visible de taille finie entourant l'observateur comme un étang de lumière au-delà duquel s'étend un univers invisible de taille illimitée vit lentement le jour et fut accepté avec circonspection.

Presque toutes les estimations de la durée de vie lumineuse des étoiles auraient montré que l'Univers visible contenait trop peu d'étoiles pour pouvoir recouvrir le ciel. Toute solution de l'énigme de l'obscurité qui admet l'existence d'un horizon révélant l'instant origine est correcte, en particulier celle utilisant l'âge fini de l'Univers et le décalage vers le rouge du rayonnement fossile.

Confirmées par les approches mathématiques et astrophysiques du problème, les solutions cosmologiques donnent actuellement les meilleures réponses possibles à l'énigme de l'obscurité. Le ciel nocturne est noir parce que l'âge de

l'univers est fini et surtout parce qu'il ne dispose plus d'une énergie suffisante, que ce soit d'origine stellaire ou d'origine cosmologique, pour illuminer le ciel en lumière visible, cette énergie étant affaiblie et décalée vers le rouge et son reliquat se retrouvant actuellement dans le rayonnement cosmologique fossile. Ces analyses englobent maintenant toutes les autres solutions correctes de l'énigme de l'obscurité, mais ni Chéseaux ni Olbers n'ont eu en leur possession les outils nécessaires à l'élaboration de telles analyses...

C. NITSCHHELM
Observatoire de Genève

Bibliographie

Allen, C. W.: 1973, «Astrophysical quantities», 3rd ed., The Athlone Press, University of London, UK.

Duhem, P.: 1965, «Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic», Tomes I à X, Hermann, Paris.

Ferries, T.: 1980, «Galaxies», Thames and Hudson, London, UK.

Harrison, E.: 1987, «Darkness at Night», Harvard University Press, Cambridge, U.S.A. (en Français: «Le noir de la nuit: une énigme du cosmos», 1990, éditions du Seuil, Paris, France).

Koyré, A.: 1961, «La révolution astronomique: Copernic, Kepler, Borelli», Hermann, Paris.

Koyré, A.: 1962, «Du monde clos à l'Univers infini», Presses Universitaires de France, Paris.

Maddox, J.: 1991, «Olbers' Paradox has more to teach», Nature, 349, 363.

Maeder, A.: 1988, «Un regard nouveau sur le paradoxe du ciel nocturne», dans «La cosmologie moderne», 2nd édition, Masson, Paris, pages 191 à 203.

Pecker, J.-C.: 1981, «Le ciel est noir», Pour la Science, 44, 124.

Pecker, J.-C.: 1983, «L'astrologie et la science», La Recherche, 14, 118.

Serres, M. (sous la direction de): 1989, «Éléments d'histoire des Sciences», Cultures, Bordas, Paris.

Pour une bibliographie complète, voir celle de l'ouvrage de E. Harrison.

Der Stern von Bethlehem

WERNER LÜTHI

"Als aber Jesus in den Tagen des König Herodes zu Bethlehem in Judäa geboren war; siehe, da kamen Weise aus dem Morgenland nach Jerusalem, die sagten. Wo ist der neugeborene König der Juden? Wir haben nämlich seinen Stern im Morgenland gesehen und sind gekommen, ihm zu huldigen."

Mit diesen Worten beginnt der Evangelist Matthäus im zweiten Kapitel seine wundersame Schilderung der Geburt Christi.

Die Frage, ob der Stern, der den Weisen aus dem Morgenland den Weg zu Christus zeigte, ein Wunderstern war oder ob er sich astronomisch nachweisen lässt, hat die Menschen immer wieder beschäftigt.

Ignatius von Antiochien (Martertod 117 n. Chr.) beschreibt den Stern geradezu als eine Übersonne, welche alle anderen Sterne überstrahlt haben soll. Der altchristliche Gelehrte Origenes von Alexandria (ca. 185-254 n. Chr.) hielt dagegen fest, dass der Stern weder ein Fixstern noch ein Planet aus den unteren Sphären gewesen sei, sondern einer jener neuen Sterne, "die von den Griechen Haarsterne (Kometen) oder Balken, Bartsterne oder Fässer genannt werden". Tycho de Brahe (1546-1610) vertrat die Auffassung: "Jener Stern war nicht von der Art der Gestirne am Himmel. Er war vielmehr Gottes eigenes und bewundernswürdiges Werk. Von welcher Art und Beschaffenheit aber dieser Stern gewesen ist, das zu erforschen, ist wohl den Menschen nicht gegeben. Denn er stand ausserhalb aller Naturgesetze und war zweifelsohne Gottes alleiniges unmittelbares Werk." Johannes Kepler (1571-1630) schrieb hingegen, der Stern von Bethlehem könne als Konjunktion der Planeten Saturn und Jupiter gedeutet werden, wie sie sich im Jahre 7 v. Chr. dreimal vollzogen habe.

Wie kam der kaiserliche Mathematiker und Hofastronom Johannes Kepler zu dieser Deutung des "Sterns von

Bethlehem"? Am 17. Dezember 1603, kurz vor Weihnachten, beobachtete er in Prag die Annäherung der beiden Planeten Jupiter und Saturn im Sternbild Skorpion. Beim Durchrechnen seiner Aufzeichnungen erinnerte er sich an einen Bericht des Rabbiner-Schriftstellers Abarbanel, wonach jüdische Astrologen prophezeit haben sollen, der Messias werde bei einer Konjunktion von Jupiter und Saturn im Sternbild der Fische erscheinen.

Kepler veröffentlichte seine Entdeckung in einer Reihe von Büchern, verlor sich aber bei seinen Begründungen zu sehr im Reich der Mystik, wodurch seine Hypothese lange Zeit zurückgewiesen und nicht mehr beachtet worden ist.

Bild 1: Konjunktion Merkur-Jupiter-Saturn im Dezember 1603 nach Johannes Kepler.

