

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 49 (1991)
Heft: 246

Artikel: L'énigme de l'obscurité du ciel nocturne (2e partie) : Pourquoi la nuit est-elle noire : le paradoxe de Chéseaux-Olbers
Autor: Nitschelm, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898950>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

L'Énigme de l'Obscurité du Ciel nocturne (2^e partie)

Pourquoi la Nuit est-elle noire?

C. NITSCHHELM

(Le Paradoxe de Chéseaux-Olbers)

4. Johannes Kepler

Ancien disciple de Tycho Brahe et utilisant les observations visuelles de celui-ci, Johannes Kepler, outre d'obscures spéculations métaphysiques, démontra les trois lois du mouvement des corps célestes qui portent son nom (1609 et 1619). Kepler, également copernicien convaincu, utilisa dans ses travaux les idées de William Gilbert sur l'existence de forces magnétiques entre le Soleil et les planètes. Il fut le fondateur de l'optique en distinguant lumière et vision, en expliquant le fonctionnement de l'œil et en élaborant la théorie optique du microscope et de la lunette.

Kepler pensait que la taille de l'Univers était finie. Il affirmait que le Soleil était le centre de l'Univers et que les étoiles étaient à peu près toutes à la même distance du Soleil, les plus faibles en éclat étant tout simplement plus petites. Il s'opposa souvent à l'idée d'infini, en utilisant deux arguments convaincants, le premier étant lié à l'apparence des étoiles qui paraissent toutes avoir la même taille, bien qu'ayant des éclats différents, ce qui, selon lui, est la preuve qu'elles sont toutes à peu près à la même distance avec des luminosités intrinsèques différentes, et le second n'étant autre que l'énigme de l'obscurité. Cependant, la taille apparente des étoiles n'est qu'un effet combiné des actions de l'atmosphère (scintillation) et de l'œil (diffraction en tache d'Airy) sur la lumière, aucune étoile n'ayant un diamètre apparent supérieur à quelques centièmes de seconde d'arc, ce qui invalide le premier argument de Kepler.

Le deuxième argument de Kepler fut formulé en 1610 après que celui-ci ait été informé par Galilée de ses nouvelles découvertes. Kepler ne put admettre que les étoiles faibles observées par myriades par Galilée puissent être plus éloignées que celles visibles à l'œil nu. Il affirma seulement que ces étoiles faibles étaient intrinsèquement moins brillantes que les autres et donc plus petites, leur grand nombre ne prouvant selon lui que le fait que la majorité des étoiles étaient plus petite que notre Soleil, la voûte céleste étant plus lumineuse que le Soleil dans le cas contraire. Il n'a pas réalisé que la taille apparente des étoiles n'a pas d'importance mais il a formulé un argument très important: plus l'Univers étoilé est vaste, plus il doit y avoir d'étoiles recouvrant le ciel. L'énigme de l'obscurité était posée.

Kepler pensait que le ciel nocturne était sombre seulement parce que l'Univers contenait trop peu d'étoiles pour le recouvrir, le caractère fini de l'Univers expliquant pourquoi le nombre restait insuffisant. En repoussant l'idée de l'infini, il rejeta les systèmes épicurien et stoïcien et fut l'un des derniers astronomes partisans du système aristotélicien qui tomba rapidement en désuétude après lui.

5. Solutions proposées aux XVII^e et XVIII^e siècles

5.1. Système cartésien

René Descartes élaborait un système philosophique tout à fait nouveau d'une portée considérable, système qui prônait la mathématisation des sciences physiques et la séparation du corps et de l'esprit (1637 et 1644).

Selon lui, seul Dieu pouvait être infini, les étendues spatiales étant indéfinies. L'Univers s'étendait dans toutes les directions jusqu'à des distances indéfinies et était entièrement rempli d'une matière continue.

Le vide ne pouvait alors exister nulle part («la nature a horreur du vide»), ce qui amenait Descartes à rejeter la théorie atomiste. Les forces ne pouvaient se transmettre que par contact, le mouvement des corps étant rectiligne tant qu'une de ces forces ne le dévie de sa trajectoire.

L'évolution du monde était considérée comme étant purement mécaniste depuis les origines, Dieu ayant uniquement agi pendant ces dernières.

De nombreux physiciens d'Europe continentale joignirent le système cartésien. Selon eux, il était absurde de penser qu'une force pouvait agir à distance, que les atomes et le vide pouvaient exister et que la lumière se propageait à vitesse finie. Ces notions n'avaient pas leur place dans leur organisation rationnelle de la nature. De même, les influences astrales se propageant à travers les grandes étendues de vide entre les astres étaient contraires à la rationalité de l'Univers cartésien.

Evangelista Torricelli étudia cette horreur du vide prêtée à la nature par les cartésiens et montra qu'il était au contraire très facile d'obtenir un vide au-dessus d'une colonne de mercure, ce qui amena une réfutation du système cartésien avant même la mort de son fondateur (1643). Durant tout le XVII^e siècle, de nombreux cartésiens restèrent sceptiques quant à ces expériences, alors que les physiciens anglais, après une période probatoire, rejetèrent en bloc le système cartésien.

Otto von Guericke donna le coup de grâce au système cartésien par ses expériences sur le vide (1672). Il montra que le vide transmet la lumière mais ne propage pas le son et prouva qu'un corps en chute libre dans le vide était animé d'une vitesse finie. Selon lui, seuls Dieu et l'espace pouvaient être infinis et, bien que sa taille fût immense, le cosmos étoilé possédait une dimension finie. Il fut historiquement le premier à suggérer que le cosmos stoïcien résolvait l'énigme de l'obscurité.

Le philosophe anglais Robert Hooke considéra que chaque point lumineux émet un rayonnement lumineux sphérique qui se déplace dans le «milieu diaphane» sur des distances

illimitées (1664). Ainsi, selon lui, l'Univers contenait-il une infinité de points rayonnants qui diffusaient chacun une infinité de rayons. Certains de ces rayons issus d'une infinité de points traversaient la pupille et frappaient le fond de l'œil, faisant de celui-ci un microscope de l'Univers. Comme Digges un siècle avant lui, Hooke pensait que la lumière d'une étoile lointaine était trop faible pour impressionner l'œil. Il n'eut cependant pas l'idée de considérer l'effet cumulé d'un grand nombre de ces faibles rayons.

Bernard de Fontenelle, cartésien convaincu qui possédait une grande habileté de vulgarisateur, a décrit ce que verrait un observateur situé au centre de la Voie Lactée et vivant dans une clarté perpétuelle due à la proximité des étoiles voisines, c'est-à-dire ce qui se passerait dans le cas où l'énigme de l'obscurité ne serait plus un paradoxe, sans toutefois en tirer la conclusion sur l'absence de vie possible (1686).

En 1676, Ole Rømer découvrit à l'Observatoire de Paris la valeur finie de la vitesse de la lumière par l'observation des retards des éclipses des lunes de Jupiter par rapport aux prédictions. Ce résultat, bien que peu utilisé à l'époque, fut l'un des premiers pas vers la naissance de l'astrophysique. Il fut utilisé à partir du XIX^e siècle dans la recherche d'une solution à l'énigme de l'obscurité.

5.2. Système newtonien

Isaac Newton, en opposition totale avec le système cartésien et en relation avec certaines idées médiévales, introduisit le système qui porta ensuite son nom afin d'expliquer rigoureusement les lois du mouvement des corps de l'Univers qui s'influençaient mutuellement par l'intermédiaire de forces gravitationnelles proportionnelles à leurs masses divisées par le carré de la distance les séparant, forces contrôlant le mouvement des corps célestes (1687). Il parvint à expliquer de manière irréfutable les trois lois de Kepler sur les mouvements planétaires, les orbites des planètes, des satellites et des comètes, les marées terrestres semi-diurnes, la précession des équinoxes, le renflement équatorial terrestre et tout ce qui semblait significatif dans un univers dynamique.

Par l'étude des propriétés de la gravitation, Newton passa progressivement d'une vision stoïcienne de l'Univers à une vision épicurienne au cours de sa vie. Selon lui, un cosmos de taille finie ne posséderait pas d'état d'équilibre et devrait forcément subir un effondrement gravitationnel vers son centre, alors qu'un cosmos infini pourrait se trouver en équilibre. Il remarqua toutefois que cet équilibre était instable, lors d'un échange épistolaire avec Richard Bentley durant les années 1680. Tout en ayant assimilé la théorie atomiste, Newton était resté foncièrement convaincu de l'existence d'un Dieu créateur qui dirigeait le monde...

5.3. Edmund Halley

Outre son soutien sans faille à la mécanique newtonienne, Edmund Halley fut le premier à découvrir que les étoiles n'étaient pas fixes les unes par rapport aux autres, ainsi qu'à résoudre un amas globulaire en étoiles. Il explicita brièvement sa vision du problème du noir de la nuit en en donnant la première formulation mathématique. En notant qu'un univers de taille finie de type stoïcien serait instable gravitationnellement et que les perfectionnements des télescopes révélaient des étoiles de plus en plus faibles et donc de plus en plus distantes, il conclut que notre Univers ne pouvait être que de taille infinie pour pouvoir atteindre un état d'équilibre stable (instable selon Newton).

Remarquant comme Kepler qu'une infinité d'étoiles devrait recouvrir la voûte céleste dans son intégralité et la rendre uniformément brillante, Halley, pour expliciter l'énigme de l'obscurité cosmique, introduisit les notions de couches sphériques concentriques et de luminosité apparente des étoiles proportionnelle à l'inverse du carré de la distance pour résoudre ce problème (1721). Il admit avec raison que les étoiles lointaines étaient trop faibles pour être perçues individuellement par un observateur, mais il supposa à tort que la combinaison des lumières émises par de nombreuses étoiles faibles restait trop faible, ce qui donnait alors une solution au problème du ciel saturé.

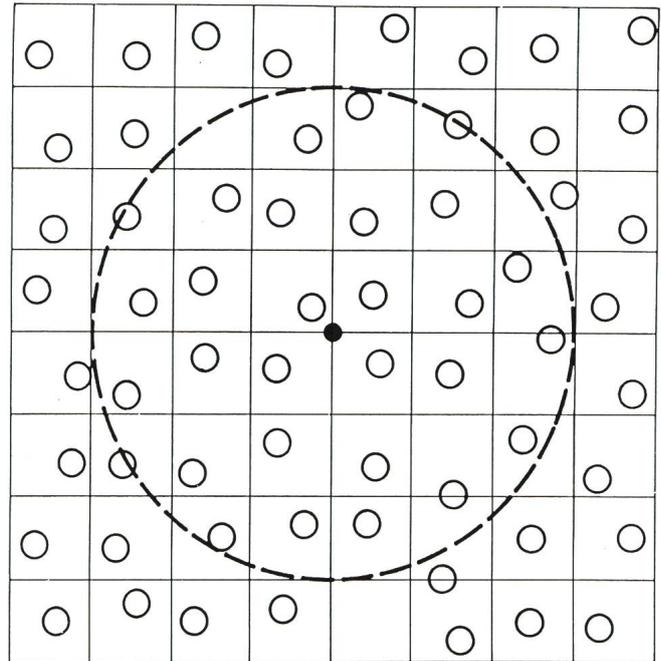


Schéma d'une forêt aux arbres uniformément répartis. La limite de visibilité pour un observateur situé au centre de la figure correspond au cercle en pointillé. La distance de l'observateur à la limite de visibilité est égale à l'aire moyenne occupée par un arbre divisée par le diamètre d'un tronc à hauteur du regard. Sur ce schéma, où la distance moyenne entre les arbres est égale à 3 fois la largeur d'un tronc, la limite de visibilité se situe donc à $3 \times 3 = 9$ fois la largeur d'un tronc, soit 3 fois la distance entre les arbres.

5.4. Jean-Philippe Loys de Chéseaux

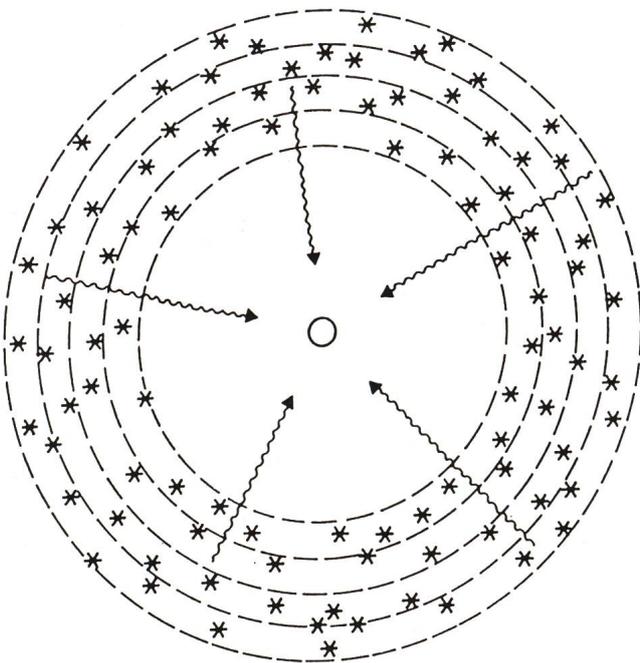
Ne faisant aucune référence aux travaux antérieurs, J.-P. Loys de Chéseaux examina l'énigme de l'obscurité cosmique et lui donna le premier une formulation mathématique correcte (1744). Il évita les erreurs de ses prédécesseurs et reprit les idées de Halley. En supposant que les étoiles étaient semblables au Soleil et en utilisant des sphères concentriques centrées sur celui-ci, il montra que l'accroissement du nombre d'étoiles dans chacune des couches successives compensait la diminution de l'aire apparente des étoiles individuelles. Chaque couche contribuait donc de manière égale à la luminosité de la voûte céleste.

Chéseaux, utilisant une méthode photométrique due à l'astronome James Gregory, estima que les étoiles des plus brillantes devaient être à quatre années-lumière environ. Il calcula qu'un hémisphère entier recouvert d'étoiles serait

90 000 fois plus brillant que le Soleil et qu'il faudrait $76 \cdot 10^{13}$ couches d'une épaisseur de quatre années-lumière chacune pour recouvrir le ciel, les couches plus éloignées ne contribuant plus à la luminosité du fond de ciel, car cachées par les couches internes, ce qui induisait logiquement la notion de limite de visibilité.

Le nombre d'étoiles nécessaire au recouvrement de la sphère céleste était alors de l'ordre de 10^{46} étoiles.

Chéseaux en déduisit qu'une absorption interstellaire de la lumière devait pouvoir expliquer le paradoxe dans un univers infini en masquant les étoiles les plus lointaines et induire l'obscurité du ciel nocturne. Ce faisant, il admettait, comme nombre de cartésiens avant lui, qu'il existait un milieu matériel omniprésent baignant l'Univers et qui absorbait la lumière des objets les plus éloignés. Une brume noyait petit à petit la lumière des astres.



Construisons par la pensée de grandes sphères imaginaires centrées sur nous. Ces sphères délimitent des couches d'épaisseur constante comme les peaux d'un oignon. Si le nombre d'étoiles contenues dans une couche croît avec le rayon, la lumière que nous en recevons décroît avec la distance; ces deux effets (l'accroissement du nombre d'étoiles et la diminution de la lumière qu'elles émettent) se compensent mutuellement, et chaque couche contribue pour d'égales quantités de lumière.

5.5. Autres solutions proposées au XVIII^e siècle

Thomas Wright fut le premier à avancer que la Voie Lactée était une couche d'étoiles, au nombre desquelles se trouvait le Soleil (1750). Cette couche, en forme de disque ou de sphère, était composée d'étoiles en mouvement en orbite autour du centre de la Voie Lactée. Il supposa également que d'autres voies lactées existaient peut-être à d'énormes distances de la nôtre, devenant ainsi le précurseur de la vision moderne du cosmos. La notion d'Univers-île était née.

Le philosophe Emmanuel Kant reprit les idées de Wright en donnant un schéma évolutif à partir du chaos originel par l'action des forces de gravitation, les mondes se formant dans le flux tourbillonnaire des atomes (1755). Il introduisit également la notion de nébuleuse primitive générant le système solaire par contraction gravitationnelle. Il distingua certaines nébuleuses comme étant des Univers-îles, les autres étant des amas d'étoiles ou des nuages de gaz interstellaires. Ses idées furent reprises de manière plus mathématique par Pierre Simon de Laplace (1802).

Suivant une idée émise par Emmanuel Swedenborg en 1734, Kant dota l'Univers newtonien, spatialement infini, d'une éternité vers le futur ainsi que d'une structure hiérarchique sur une échelle jamais imaginée auparavant, donnant par là-même, sans le savoir, une solution implicite à l'énigme de l'obscurité. Selon lui, les étoiles en mouvement s'associaient en galaxies, celles-ci, orbitant les unes autour des autres, pouvant être regroupées en amas de galaxies lesquels pouvaient également se combiner en systèmes plus importants, et ce jusqu'à l'infini... Le mathématicien J. Lambert imagina indépendamment un système de ce type, mais de nature statique et d'extension finie (1761). La vision fractale de l'Univers était née.

Outre la découverte d'Uranus, William Herschel et Caroline Herschel dressèrent, à l'aide d'une instrumentation alors jamais égalée, les premières cartes de la Voie Lactée par comptage des étoiles. Postulant que l'absorption interstellaire était nulle, que les étoiles étaient semblables au Soleil et réparties uniformément, ils découvrirent que la Voie Lactée était un système aplati dont le Soleil était au centre (1785). Les régions obscures internes à la Voie Lactée, connues actuellement pour être des nébuleuses absorbantes, furent assimilées à des trous sans étoiles qui permettaient d'apercevoir le vide stoïcien qui, selon eux, entourait notre Univers-île. W. Herschel abandonna donc sa vision épiciurienne primitive d'un univers infini pour un cosmos stoïcien, influençant ainsi toute la pensée du XIX^e siècle globalement orientée vers un univers héliocentrique d'extension finie.

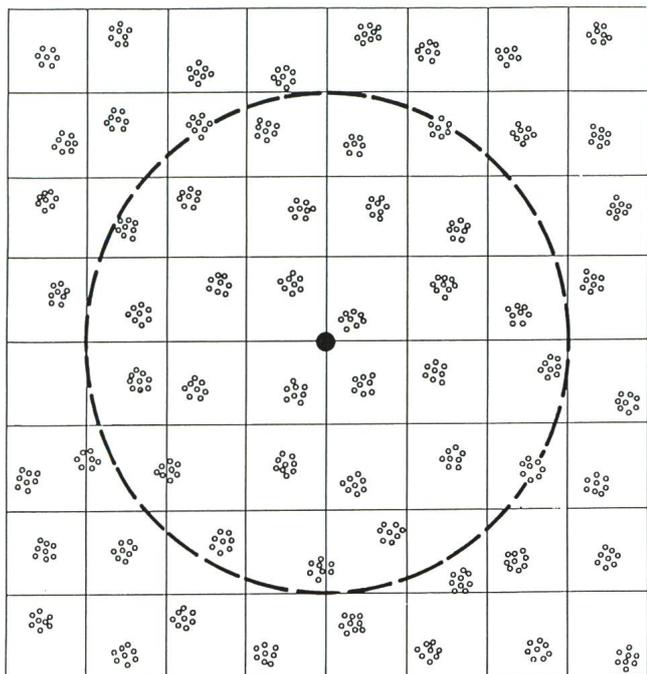
La pensée stoïcienne héliocentrique restait évidemment très entachée d'un pseudo-géocentrisme non déclaré.

6. Solutions proposées au XIX^e siècle

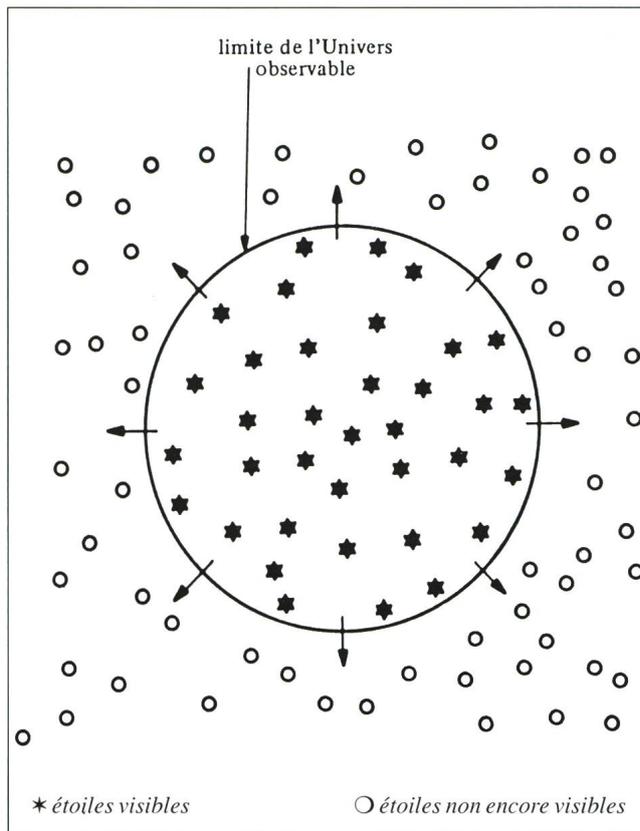
6.1. Wilhelm Olbers

W. Olbers reprit les arguments et la solution de Chéseaux, sans le citer, ce qui fit qu'il donna son nom à l'énigme de l'obscurité (1823). Notant que Halley n'avait pas clairement démontré pourquoi, dans un univers étoilé d'extension infinie, le ciel nocturne était sombre, il fut le premier à utiliser l'argument de la ligne de visée: une droite partant de l'œil dans une direction quelconque finit par atteindre un point situé à la surface d'une étoile. Il remarqua également que la répartition des étoiles en amas ou en galaxies ne modifiait pas cet argument. Comme Chéseaux, il utilisa les sphères concentriques de Halley ainsi que la méthode photométrique de Gregory, estimant que les étoiles de première grandeur se trouvaient à environ 5.5 années-lumière. En 1838, avant la mort de Wilhelm Olbers, son collaborateur Friedrich Bessel fut le premier à mesurer la distance d'une étoile proche à l'aide de la parallaxe.

Olbers pensait, comme Chéseaux, qu'une absorption interstellaire de la lumière expliquait le paradoxe dans un univers infini. Selon lui, un milieu matériel brumeux baignait



C'est à Olbers que l'on doit l'important argument de la ligne de visée. Le fait que les étoiles (les arbres) soient regroupées en amas n'affecte pas sa validité: toute ligne de visée intercepte la surface d'une étoile (d'un arbre). C'est évident si les arbres sont associés en bouquets denses et opaques, comme sur ce schéma. La limite de visibilité est égale à l'aire moyenne occupée par un bouquet divisée par le diamètre d'un bouquet. L'argument est également valide dans le cas d'amas peu denses et transparents: la limite de visibilité est alors égale à l'aire moyenne occupée par un arbre divisée par le diamètre d'un arbre; l'association en amas a dans ce cas peu d'effet sur la limite de visibilité.



Dans un Univers newtonien statique, uniformément étoilé, les étoiles que nous voyons appartiennent à une sphère d'environ 10 milliards d'années-lumière de rayon. Au-delà, nous regardons dans un passé où les étoiles n'étaient pas encore lumineuses. La frontière de la sphère des étoiles visibles – l'horizon ou le bord de l'Univers visible – s'éloigne de nous à la vitesse de la lumière. (E. R. Harrison, *Cosmology*, avec l'autorisation de Cambridge University Press.)

l'Univers et absorbait la lumière des objets les plus éloignés. Il fut toutefois incapable de comprendre qu'une telle brume atteindrait au bout d'un certain laps de temps un état d'équilibre à une température voisine de celles régnant à la surface des étoiles.

Elle deviendrait elle-même émissive et transmettrait l'énergie reçue, transformant le ciel entier en une fournaise ardente.

6.2. Edgar Allan Poe

Bien qu'acceptée par tous, la découverte de Römer ne suscita que peu d'intérêt durant tout le XVIII^e siècle, malgré la découverte de l'aberration des fixes par Bradley (1729). Il fallut attendre le début du XIX^e siècle pour que cet intérêt renaisse. Beaucoup de scientifiques et de philosophes prirent alors conscience des implications physiques et métaphysiques de la valeur finie de la vitesse de la lumière. Une vitesse finie de la lumière impliquait en effet qu'un objet n'était pas tel qu'il paraissait être, s'étant déplacé et ayant changé d'apparence, que la partie observable de l'Univers ne s'étendait pas au-delà de la distance parcourue par la lumière depuis le commencement et que son âge était au moins égal à

l'étendue de l'Univers visible divisée par la vitesse de la lumière, en opposition flagrante avec les théologies dominantes qui donnaient un âge court à l'Univers.

Par utilisation des conséquences implicites de la valeur finie de la vitesse de la lumière, l'écrivain et scientifique amateur E. A. Poe fut le premier à donner qualitativement la solution correcte de l'énigme de l'obscurité (1848). Dans le cas d'un univers d'extension infinie peuplé uniformément d'étoiles, l'arrière-plan céleste aurait dû apparaître, tels des «remparts dorés», avec une luminosité uniforme similaire à celle déployée par la Voie Lactée, puisque qu'il n'y aurait aucun point dans tout cet arrière-plan où n'existât une étoile. La seule manière de rendre compte des vides intersticiels observés était alors de supposer cet arrière-plan invisible placé à une telle distance qu'aucun rayon lumineux n'aurait eu le temps de parvenir jusqu'à nous depuis le commencement.

(à suivre)

C. NITSCHHELM
Observatoire de Genève