

Les lumières de la nuit Episode 2



Pourquoi fait-il nuit la nuit ?

(Le paradoxe d'Olbers)

Vincent Van Gogh, La nuit étoilée sur le Rhône



Le paradoxe de la nuit noire

Après le coucher du Soleil, le ciel s'assombrit, il devient noir , piqueté d'étoiles qui scintillent.

Nombre infini d'étoiles

Heinrich Olbers, médecin allemand passionné d'astronomie, remet en cause cette évidence.

Ouvrage intitulé « La transparence cosmique » :

« S'il y a réellement des soleils dans tout l'espace infini, leur ensemble est infini et alors le ciel tout entier devrait être aussi brillant que le Soleil. Car toute ligne que j'imagine tirée à partir de nos yeux rencontrera nécessairement une étoile fixe quelconque, et par conséquent tout point du ciel devrait nous envoyer de la lumière stellaire. »

⇒Le paradoxe d'Olbers

mais question se posant depuis des siècles ! (depuis la nuit des temps...)
Intriguant des générations de savants



Au XVIe siècle

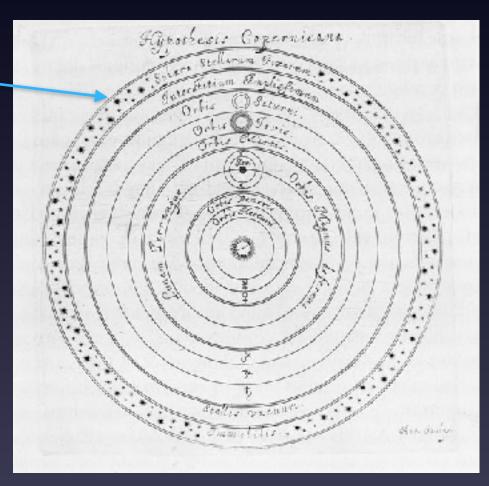
Système héliocentrique Copernicien

Soleil : position centrale Sphère des fixes ————

Thomas Digges en (1576)

mathématicien et astronome défend vigoureusement le système copernicien.

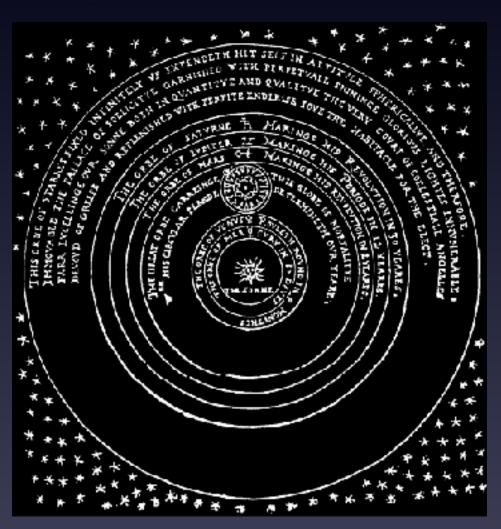
Il « explose » la sphère aristotélicienne des étoiles fixes et éparpille les étoiles au hasard dans l'espace infini.





Au XVIe siècle

Enigme de l'obscurité



Digges : son modèle soulève un problème

espace infini peuplé d'étoiles

- → univers rempli de lumière
- →le ciel nocturne devrait être lumineux

première version de ce qu'on nomme aujourd'hui le paradoxe d'Olbers

Sa réponse: la plupart d'entre elles trop loin pour être visibles! réponse, très sensée pour l'époque reprise ultérieurement par de nombreux astronomes.



Au XVIIe siècle

Le problème reste entier

Chaque étoile lointaine trop faible pour être vue individuellement Mais flux lumineux collectif de toutes ces étoiles devrait faire briller le ciel nocturne.

Johannes Kepler (1571-1630)

univers fini et borné

sinon, dans un univers infini aux étoiles dispersées dans tout l'espace, « la voûte céleste entière serait aussi lumineuse que le Soleil »

= il ferait jour la nuit!



Au XVIIe siècle

Univers infini : idée plus attrayante

- Travaux et observations de Galilée (lunette)
 - observation d'un très grand nombre d'étoiles invisibles à l'oeil nu, plus grand que le nombre total de celles visibles à l'oeil nu.
 - perfectionnement des télescopes : des étoiles de plus en plus faibles et donc de plus en plus distantes

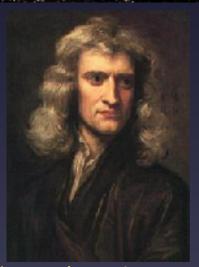
la taille de l'Univers connu augmente fortement!

Lois de gravitation d'Isaac Newton

Univers infini et homogène - sinon, il s'effondre sur lui même!

Modèle de Newton = univers statique, infini, homogène, et temps infini!

- => paradoxe de la nuit noire
- => question prégnante, pendant les 3 siècles suivants





Formalisation du paradoxe

Edmund Halley (1656-1749)

soutien sans faille à la mécanique newtonienne

⇒ Univers forcément de taille infinie!

1721 : Calculs pour formaliser le paradoxe de la nuit noire

Couches concentriques autour du soleil

« On trouvera, par un calcul évident, que lorsque la Lumière

des Étoiles Fixes diminue, leurs distances entre elles diminuent

dans une proportion moindre, l'une comme l'inverse des Distances,

l'autre comme celui de leurs Carrés.» (incorrect)

- 1. Etoiles lointaines trop faibles pour qu'on puisse les percevoir individuellement, même au télescope
- 2. la combinaison des lumières émises par de nombreuses étoiles faibles reste trop faible
 - ⇒ solution au problème du ciel saturé. Mais 2) est incorrect!



Formalisation du paradoxe

Jean-Philippe Loys de Chéseaux (1718-1751)

Mathématicien Suisse analyse mathématique en 1744 Inspiré par les travaux de E. Halley

Couches concentriques e < RNb étoiles $\propto S_{couche} \propto R^2$ Intensité 1 étoile $\propto 1/R^2$ Intensité couche = cte





toutes les coquilles contribuent de la même façon à la lumière que nous recevons des étoiles

proportion du ciel couverte d'étoiles : la même pour chacune des couches. => la lumière stellaire totale tombant sur Terre 180.000 fois +intense que celle du Soleil !!!

Pour contrer le paradoxe : milieu interstellaire absorbant atténuant cet éclat stellaire.



Le raisonnement d'Olbers

Wilhelm Olbers (1758-1840)

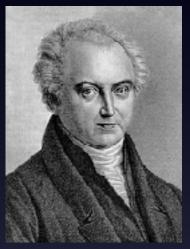
Médecin allemand

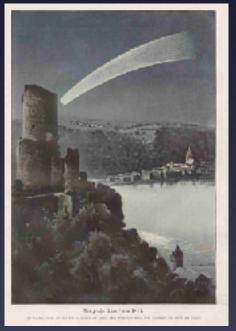
Astronome amateur, observatoire dans sa résidence

En 1802 et 1807, découverte de 2 astéroïdes, Pallas et Vesta

Rédaction d'un traité pour expliquer la queue de la grande comète C/1811 F1 découverte d'une comète en 1815 (13P/ Olbers)

Célèbre pour le paradoxe qui porte son nom (parfois, paradoxe d'Olbers-Chéseaux), formulation plus « moderne »







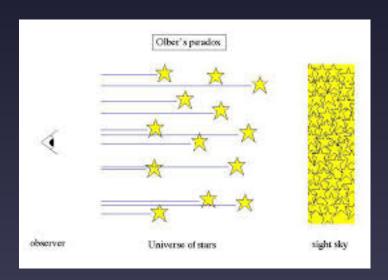
Le raisonnement d'Olbers

Un mur d'étoiles

1823 : reprend les idées de Halley et de De Chéseaux (sans le citer)

Version plus succincte en introduisant l'argument de la ligne de visée : quelque soit la direction où porte notre regard, il doit « buter » sur la surface d'une étoile

Peu importe univers fini ou infini, notre vue est limitée par un mur d'étoiles



⇒ De jour comme de nuit, il devrait faire jour.

Absorption interstellaire de la lumière pour résoudre le paradoxe dans un univers infini : milieu matériel brumeux baignant l'Univers et absorbant la lumière des objets les plus éloignés.

F. Struve propose aussi de faire intervenir des nuages de gaz et de poussière



Le paradoxe tient toujours!

John Herschel (1792 – 1871)

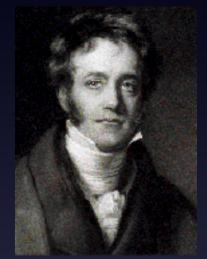
(fils de William)

1831 : invalide la théorie d'un milieu interstellaire absorbant !

Echauffement du milieu

jusqu'à ce qu'il cesse d'absorber le rayonnement,

et se contente de le diffuser



- Avant J. Herschel: question de la lumière stellaire manquante.
- Après Herschel : manque de toute réponse réaliste quant au sort de cette lumière ⇒ question du déficit des étoiles elles-mêmes.

A la fin du XIXe siècle :

espace infini et homogène

modèle d'Univers populaire = une collection d'étoiles immense mais finie — la Voie lactée - au-delà de laquelle s'étend un vide sans fin

On régresse vers un univers aristotélicien : le paradoxe disparait



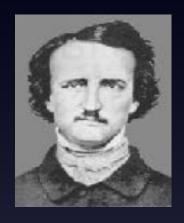
Une réponse de poète

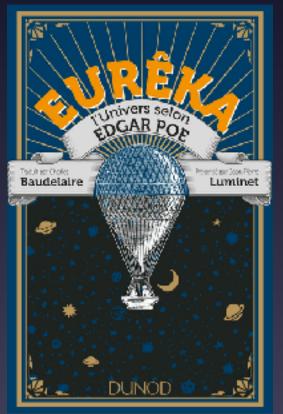
Allan Edgar Poe

Ecrivain et scientifique amateur

le premier à donner qualitativement la solution correcte de l'énigme de l'obscurité

1848 Livre de poésie Eureka (pas scientifique)





Univers d'extension infinie peuplé uniformément d'étoiles => arrière-plan céleste = des " remparts dorés "

vides interstitiels observés : hypothèse arrière plan invisible car placé à une telle distance qu'aucun rayon lumineux n'a eu le temps de parvenir jusqu'à nous

Les étoiles les plus lointaines émettent des « effluves électriques » qui ne nous parviennent pas parce qu'elle n'ont pas eu le temps de nous parvenir



La confirmation par un Lord

Lord Kelvin (1824-1906)

Les étoiles les plus lointaines ne sont pas visibles car

- 1) Les étoiles ont une durée de vie finie
 - S'appuie sur ses travaux antérieurs : durée de vie limitée par leurs ressources énergétiques disponibles.

2) La vitesse de la lumière est finie

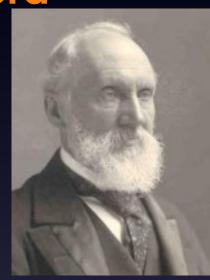
(Ole Römer dès 1676)

personne n'a établi cette connexion plus tôt (à part E.Poe)

distance des étoiles \longleftrightarrow temps de parcours de la lumière qui en parvient.

Où est passé l'essentiel de la lumière stellaire ? Réponse de Kelvin (1901) : elle ne nous est tout simplement pas encore parvenue.

Malheureusement, article de Kelvin: peu d'attention à son époque - ignoré pratiquement jusqu'à sa redécouverte par le cosmologiste E. Harrison en 1985.





Au début du XXeme siècle

Résolution du paradoxe

Les étoiles naissent, vivent, vieillissent, meurent

Cosmologie « classique » : univers infini et statique

- 1) la lumière prend son temps
- 2) les étoiles ont un âge fini



- Découverte des galaxies
- Observation de décalage des raies d'absorption dans les spectres
 - des étoiles
 - des galaxies





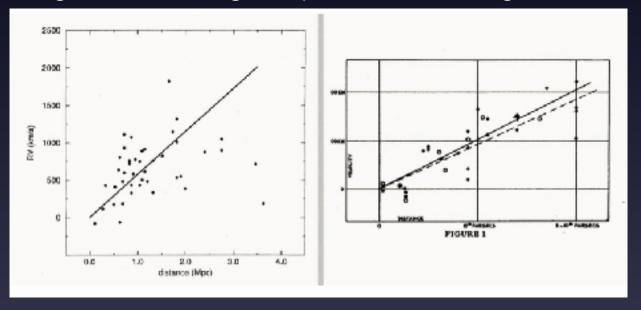


Univers en expansion

Loi de Hubble-Lemaitre

 $V_r = H_0 d$ H_0 : constante de Hubble

-Plus une galaxie est éloignée, plus vite elle s'éloigne



1/H = age de l'univers

Expansion de l'univers n'entre pas trop en compte

Important: l'age de l'univers

L'expansion de l'univers rajoute à la noirceur de la nuit (car décalage des longueurs d'onde)

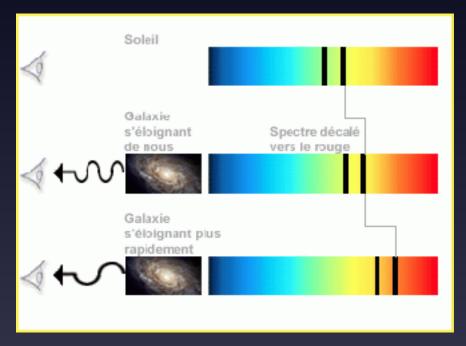


Univers en expansion

Décalage spectral

-examen de raies galactiques sur des objets de plus en plus

lointains.



- -décalage spectral, dû à la vitesse de fuite des galaxies
- -les galaxies s'éloignent les unes des autres (l'univers « gonfle)
- -La longueur des ondes de lumière émise s'accroit



3 raisons pour 1 nuit noire

Age de l'univers fini Vitesse de la lumière finie Univers en expansion

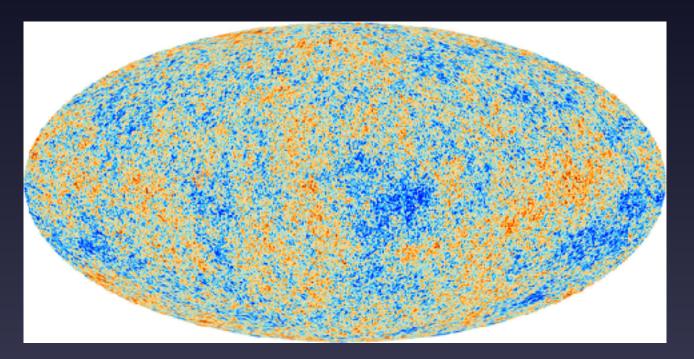




La nuit noire pour NOS yeux!

Pas tout à fait vrai que la nuit est noire!

1964 : CMB rayonnement qui baigne l'univers, à quelque degrés K. Longueur d'onde du mm (domaine micro ondes)

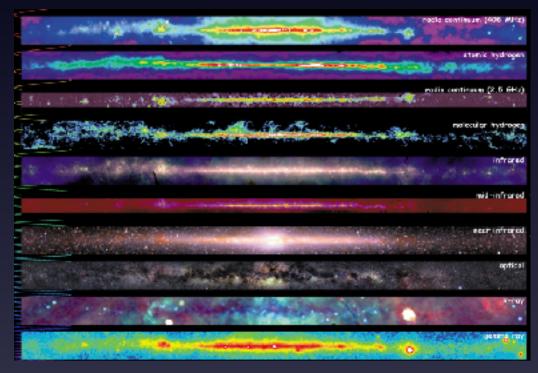


Egalement rayonnement infrarouge, etc



La nuit noire pour NOS yeux!

Nos capteurs sont limités à la lumière « visible »



Le ciel nous apparait noir : nos yeux sont sensibles à une plage de longueur d'onde particulière, dit visible (justement) ou optique qui correspond au maximum d'émission du soleil!

Si ce n'était pas le cas : il ferait nuit de jour !





Merci pour votre attention

Vincent Van Gogh, La nuit étoilée sur le Rhône