

---

## Conférence plénière Où est le centre de l'Univers ?

---

PIERRE CHASTENAY, ASTRONOME,  
PLANÉTARIUM DE MONTRÉAL  
COMPTE RENDU PAR BERNARD COURTEAU,  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Quelle est la taille de l'Univers et où se trouve son centre ? Telle est la question que nous pose le conférencier Pierre Chastenay, une question fondamentale qui s'accorde parfaitement au thème du congrès : *les mathématiques, un univers à découvrir*. En effet, les plus grands esprits de l'humanité ont été fascinés par cette question, depuis les premiers philosophes grecs férus de géométrie jusqu'aux cosmologistes contemporains.

C'est donc une occasion pour le conférencier de nous proposer une tournée historique où ces grands esprits viendront donner leur réponse à la question.

### 1. RÉPONSE DES CIVILISATIONS ANCIENNES

Après nous avoir montré de magnifiques images des grottes de Lascaux, des mégalithes de Stonehenge et des schémas montrant comment les anciens concevaient l'univers et la place qu'ils y occupaient, le conférencier conclut :

*Pour les civilisations anciennes, le centre de l'Univers est dans l'œil de celui qui le regarde.*

### 2. RÉPONSE DE LA CIVILISATION HELLÉNIQUE, PLUS PRÉCISÉMENT D'ARISTARQUE

Le *miracle grec* commence avec Thalès de Milet (c. 624 – c. 547 ANE) qui importe en Grèce les mathématiques et l'astronomie babyloniennes. Il est le premier à prédire une éclipse de Soleil. Ensuite Pythagore de Samos (c.596 – c.475 ANE) invente son célèbre théorème et mesure l'inclinaison de l'orbite de la Lune (5 degrés par rapport à l'équateur terrestre) ; il est convaincu que Vénus étoile du soir est la même que Vénus étoile du matin et que la Terre est ronde !

Puis vient Aristarque de Samos (c.310 – c.230 ANE), l'un des plus grands génies de l'antiquité. Il estime les rapports de distance Terre-Lune et Terre-Soleil en se basant uniquement sur des observations et des relations géométriques.

Au premier quartier de Lune, la distance Terre-Soleil est proportionnelle à l'angle  $\phi$  que fait le segment TS reliant le centre de la Terre au centre du Soleil et le segment TL reliant le centre de

la Terre à celui de la Lune. Aristarque mesure  $\theta = 87^0$ , ce qui place le Soleil 20 fois plus loin de la Terre que la Lune (les valeurs modernes sont  $89.85^0$  et 400 fois). Aristarque estime le diamètre de la Lune en observant une éclipse totale de Lune. Il évalue ce diamètre à une proportion entre le tiers et la moitié du diamètre de la Terre (la valeur moderne est le quart). Il observe aussi que lors d'une éclipse, la Lune et le Soleil ont des diamètres apparents identiques. Utilisant le théorème de Thalès, il en déduit que puisque le Soleil est 20 fois plus loin de la Terre que la Lune, son diamètre doit être 20 fois plus grand que celui de la Lune et donc 7 fois plus grand que celui de la Terre. Puisque le Soleil est beaucoup plus gros que la Terre et la Lune, Aristarque pense qu'il doit être au centre du système solaire. Aristarque est le premier partisan de l'héliocentrisme, c'est le Copernic de l'antiquité.

La réponse d'Aristarque est donc :

*Le Soleil est au centre de l'Univers et il est situé 20 fois plus loin de la Terre que la Lune.*

### **3. RÉPONSE D'ÉRATOSTHÈNE DE CYRÈNE**

Ératosthène de Cyrène (276 – 194 ANE) rejette l'héliocentrisme, mesure l'angle d'inclinaison du plan de l'écliptique par rapport à l'équateur terrestre et mesure le diamètre de la Terre avec une précision remarquable de 5% !

Pour mesurer le diamètre terrestre, Ératosthène procède comme suit : au solstice d'été, à midi, le Soleil brille au fond d'un puits à Syène (Assouan) alors qu'à Alexandrie, au nord de Syène sur le même méridien, un obélisque projette une ombre de 7 degrés. Supposant que les rayons du Soleil sont parallèles et utilisant le théorème des angles alternes internes, il en déduit que l'angle au centre de la Terre entre Syène et Alexandrie est de 7 degrés. Connaissant la distance de Syène à Alexandrie, il la multiplie par  $360 / 7$  pour obtenir la circonférence de la Terre et finalement son rayon !

La réponse d'Ératosthène est donc :

*Le centre de la Terre est au centre de l'Univers et il est situé à environ 6 400 km sous la surface où nous nous trouvons.*

### **4. RÉPONSE D'HIPPARQUE ET DE PTOLÉMÉE**

Le plus grand observateur de l'antiquité est Hipparque de Rhodes (190-120 ANE). Pour lui, les théories doivent se conformer aux observations et non le contraire. Inventeur de la trigonométrie et du système des magnitudes, il mesure la durée de l'année à plus ou moins 6 minutes, découvre et mesure avec précision la précession des équinoxes, et crée un catalogue de plus de 850 étoiles. Il évalue la distance de la Terre à la Lune à 65 fois le rayon terrestre, ce qui éloigne encore davantage le Soleil, mais il demeure géocentriste !

Ptolémée (85 – 165) publie les *Compilations mathématiques*, mieux connues sous le nom d'*Almageste*, où il développe une théorie du mouvement des corps célestes qui demeurera incontestée pendant 14 siècles ! Pour « sauver les phénomènes », pour rendre compte des observations, il propose un système géocentrique où les orbites des astres sont circulaires. Des constructions d'épicycles et de

déférents permettent de prédire la position des astres et d'expliquer leurs mouvements complexes dans les limites de précision des observations de l'époque.

La réponse d'Hipparque et de Ptolémée est la suivante :

*La Terre est au centre de l'Univers, mais l'Univers est plus vaste que ce que l'on croyait jusque là.*

## 5. RÉPONSE DES ASTRONOMES DU 16<sup>e</sup> SIÈCLE

Au 13<sup>e</sup> siècle, la différence entre les tables astronomiques et les positions observées des planètes s'accroît de façon importante et il faut réviser le système de Ptolémée. Les résistances sont toutefois grandes.

En 1543, l'année de sa mort, Nicolas Copernic (1473 – 1543) publie *De revolutionibus orbium coelestium*, dans lequel il place le Soleil au centre de l'Univers pour des raisons de simplicité mathématique ! Le seul défaut du système de Copernic, c'est qu'il conserve les orbites circulaires, une vieille lubie des grecs. Il doit donc, comme Ptolémée, « ajuster » son modèle avec des épicycles et des déférents. Mais d'autres ajustements sont imminents...

Johannes Kepler (1561 – 1630) adopte le modèle héliocentrique, se base sur les observations de la planète Mars les plus précises de son époque, celles de Tycho Brahe (1546 – 1601), et essaie diverses solutions mathématiques jusqu'à découvrir les orbites elliptiques ! Il énonce ses trois fameuses lois : loi des ellipses, loi des aires, loi des périodes. La correspondance entre prédictions et observations est parfaite, c'est le triomphe de l'héliocentrisme !

Galilée (1564 – 1642) et Newton (1642 – 1727) jettent ensuite les bases de la théorie physique qui explique les lois de Képler : la gravitation universelle !

La réponse des astronomes du 16<sup>e</sup> siècle est donc :

*Le Soleil est au centre de l'Univers, mais on ne connaît pas avec précision la distance qui nous en sépare.*

## 6. COMPLÉMENT DE CASSINI

De 1671 à 1673, Jean-Dominique Cassini (1625 – 1712) envoie son assistant Jean Richer en Guyane pour observer le périhélie de Mars de 1672 que lui-même observe à Paris. La comparaison (parallaxe) des deux observations permet d'estimer la distance de la Terre au Soleil à 140 millions de kilomètres.

## 7. RÉPONSE DE HARLOW SHAPLEY

La première tentative sérieuse pour déterminer la forme de la Voie lactée et la place que le Soleil y occupe est due à Williams et Caroline Herchel (1738 – 1822 et 1750 – 1848) qui y consacrent 30 ans de leur vie !

Jacobus Kapteyn (1851 – 1922) estime le diamètre de la Voie lactée à 40 000 années-lumière et place le Soleil au centre.

Harlow Shapley (1885 – 1972) utilise les étoiles céphéides pour mesurer la distance aux amas globulaires entourant la Voie lactée et établit la relation entre la période et la magnitude de ces étoiles variables, ce qui lui permet d'estimer les distances.

La réponse de Harlow Shapley est donc :

*Le centre de l'Univers est au centre de la Voie lactée et il est à 52 000 années-lumière du Soleil.*

## **8. RÉPONSE DE HUBBLE ET DES COSMOLOGISTES MODERNES**

Un débat a lieu en 1920 entre Hebert D. Curtis et Shapley : selon Shapley, les nébuleuses spirales sont des nuages de gaz situés à l'intérieur de la Voie lactée, alors que Curtis est d'avis que ce sont d'autres galaxies lointaines semblables à notre Voie lactée.

Edwin P. Hubble (1889 – 1953) découvre des étoiles céphéides dans la galaxie d'Andromède (M31) et estime à 800 000 années-lumière la distance à M31 (la valeur la plus récente est de 2.4 millions d'années-lumière), ce qui la place bien au-delà des limites de notre galaxie !

Hubble mesure la distance à d'autres galaxies, analyse leurs spectres et découvre que ces spectres sont tous décalés vers le rouge !

L'effet Doppler pour la lumière permet d'interpréter cette observation : quand un objet s'éloigne, la longueur d'onde lumineuse qu'il émet s'allonge (va vers le rouge). Donc toutes les galaxies s'éloignent de nous !

D'où l'idée du Big Bang qui a donné naissance à notre Univers il y a 13.7 milliards d'années et la question : puisque les galaxies s'éloignent de nous, serions-nous le centre de l'Univers ?

Mais non, répondent les cosmologistes, la situation est la même peu importe où nous nous trouvons dans l'Univers, car les galaxies s'éloignent les unes des autres, entraînées par l'expansion de l'espace qui les sépare (un peu comme la surface d'un ballon que l'on gonfle).

Le Big Bang n'est pas une explosion DANS un espace préexistant, c'est l'explosion DE l'espace. Cette explosion a lieu partout à la fois, dans tout l'Univers simultanément. Il n'y a donc pas de centre : le centre de l'Univers est partout !

La réponse des cosmologistes modernes rejoint donc celle des civilisations anciennes mais pour des raisons bien différentes :

*Le centre de l'Univers est dans l'œil de celui qui le regarde !*

**Remerciement** : ce compte rendu est une transcription des textes du diaporama que le conférencier a projeté pour illustrer sa conférence. Nous remercions Pierre Chastenay de nous avoir permis de l'utiliser librement.

**Pour en savoir plus** : lire les articles de Pierre Chastenay *Mesurer l'Univers et L'inaccessible étoile* qui paraîtront dans le volume 4 de la revue *Accromath*.