



Mesures de distances

Jean Ripert

Nous souhaitons présenter une série d'articles dont le contenu est directement lié au nouveau programme de physique de seconde. Le groupe de travail qui s'est mis en place (cf. compte-rendu de l'AG 99), proposera des articles de base dans les Cahiers et des suggestions de travaux pratiques en vue d'échanges sur le site internet du CLEA qui pourront déboucher sur une publication.

Cet article, qui sera publié en plusieurs fois, traite des mesures de distances en adoptant un ordre chronologique.

Le premier paragraphe est consacré à la mesure du rayon de la Terre.

Ce qui est admirable, ce n'est pas que le champ des étoiles soit si vaste, c'est que l'Homme l'ait mesuré.

Depuis que l'Homme essaie de se faire une idée de l'Univers, celui-ci a subi une extraordinaire "expansion", au moins dans sa représentation intellectuelle.

Il y a 5000 ans, la Terre (quelques milliers de km) était au centre de l'Univers, lequel s'arrêtait à la sphère des fixes (quelques dizaines de milliers de km ; voir la distance du Soleil dans l'hypothèse d'une Terre plate). Aujourd'hui on mesure des distances de l'ordre de la dizaine de milliards d'années de lumière. Cela représente tout de même un accroissement moyen de 10^{12} km chaque seconde.

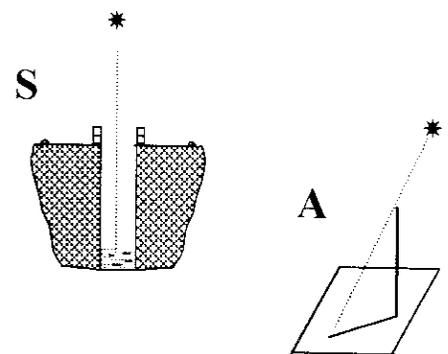
Si l'Homme a pu se faire une idée des dimensions de l'Univers, c'est grâce à la mesure. Mesurer des longueurs, mesurer des durées et des angles pour atteindre par des méthodes directes des distances de plus en plus grandes (celle de la Lune, du Soleil, des étoiles les plus proches), mais aussi par des méthodes indirectes, mesurer des luminosités, des périodes ou des vitesses pour atteindre les distances des ob-

jets les plus éloignés.

Découvrons dans un ordre à peu près chronologique l'ingéniosité déployée par nos prédécesseurs pour réussir un arpentage de l'Univers.

Le rayon de la Terre.

Le jour du solstice d'été, à midi solaire, le Soleil est visible au fond d'un puits à Syène¹ (S), cela signifie que le Soleil est au zénith. Ce jour là, à midi solaire, à Alexandrie (A), le Soleil n'est pas au zénith, un objet vertical laisse donc une ombre sur le sol horizontal.



La mesure de l'angle que fait la direction du Soleil avec la verticale, à Alexandrie, à midi solaire et la connaissance de la distance (d) séparant Syène d'Alexandrie permet de mesurer des distances. Mais ces mesures peuvent conduire à des conclusions différentes suivant les hypothèses de départ.

Supposons comme à l'époque d'Anaximandre² et d'Anaxagore³ que la Terre est plate. Dans ce cas on peut dire que le Soleil n'est pas dans la même direction à Syène et à Alexandrie. Le schéma 1 ci-dessous donne la position du Soleil. La connaissance de l'angle α et de la distance Syène-Alexandrie (d) permet de calculer la distance (D) du Soleil à la Terre.

$$\tan \alpha = AS / SSo = d / D$$

d'où $D = d / \tan \alpha$.

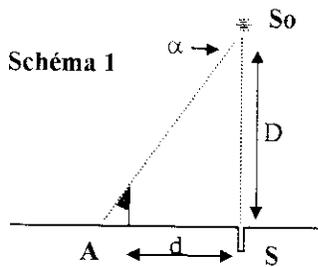


Schéma 1

Supposons comme Eratosthène⁴ que la Terre est ronde⁵ et que le Soleil est très loin. Dans ce cas les rayons solaires sont pratiquement parallèles et les mesures précédentes permettent de déterminer le rayon (R) de la Terre (schéma 2).

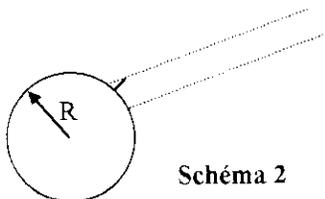


Schéma 2

La mesure de la hauteur (h) de la tige et de la longueur (O) de l'ombre permet de calculer l'angle α (schéma 3) $\tan \alpha = O / h$. Eratosthène a trouvé $7^\circ 1 / 7$ pour cet angle.

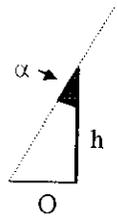


Schéma 3

Cet angle α correspond à la différence de latitude entre Syène et Alexandrie (schéma 4).

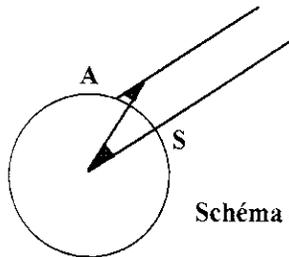


Schéma 4

Ce schéma est fait dans le plan méridien passant par Syène⁶.

Pour l'angle α on a une distance d (distance Syène-Alexandrie), donc pour 360° on aura le périmètre de la Terre. Les textes nous disent qu'Eratosthène a trouvé 252 000 stades soit 39 690 km⁷ d'où $R = 5839$ km.

Remarques :

- il faut insister sur le contexte historique.
- plus que sur le rapprochement entre la valeur trouvée par Eratosthène et la valeur actuelle, il faut insister sur la méthodologie.
- la mesure peut être faite, même si une des villes n'est pas située entre les tropiques. Les villes doivent être sur le même méridien et les mesures doivent se faire quand le Soleil passe dans le plan méridien donc à midi solaire vrai. Dans ce cas la différence de longitude entre les deux villes est égale à la différence des angles mesurés.

$$\gamma = \alpha - \beta \text{ et } d = R \cdot \gamma \text{ (rad).}$$

- la mesure peut être faite si les deux villes ne sont pas sur le même méridien. Dans ce cas, d est égale à la distance séparant les parallèles passant

par les deux villes. Les mesures doivent se faire à midi solaire vrai local. On peut se libérer de cette contrainte en enregistrant le déplacement du Soleil.

Notes

1- En fait Assouan se trouve un demi degré (une soixantaine de km) au Nord du tropique du Cancer, cela signifie que la direction du Soleil fait un angle de 1/2 degré avec la verticale. Il doit être difficile en se penchant sur la margelle d'un puits de constater cet écart.

2 - Anaximandre (610-547 av JC) disciple et successeur de Thalès, il découvrit l'obliquité de l'écliptique et le mouvement des étoiles autour de la Polaire. Pour lui, la Terre était au centre de l'Univers, en suspens, hors de toute contrainte externe et immobile à cause de son égal éloignement de toute chose et avait la forme d'un cylindre. Nous foulons une de ses extrémités planes. Il utilisa le gnomon.

3 - Anaxagore (500-428 av JC) il eut pour élève Périclès et Socrate (dit-on), il étudia les éclipses.

4 - Eratosthène (284-200 av JC) un des premiers conservateurs de la bibliothèque d'Alexandrie, échangea un importante correspondance avec Archimède.

5 - Certainement qu'un ou deux siècles avant Eratosthène on savait que la Terre était ronde. En voyageant vers le Sud, les navigateurs voyaient de nouvelles étoiles. Aristote (384-322 av JC) confirme cette sphéricité par la forme de l'ombre de la Terre au moment d'une éclipse de Lune.

6 - En fait Alexandrie n'est pas sur le même méridien puisque cette ville est située environ 330 km à l'Ouest du méridien de Syène, c'est à dire environ 3° à l'Ouest.

7 - Suivant les longueurs des stades en vigueur à l'époque on trouve des valeurs différentes. La valeur du stade variait de 147 à 192 m. La valeur souvent citée est 185 m.