

## TD Univers – Système solaire

### **I Mesurer la Terre**

Il y a 2400 ans, Aristote savait que la terre avait la forme d'une sphère. Il le déduit des observations suivantes:

- l'ombre portée par la Terre sur la Lune lors des éclipses de Lune est toujours circulaire,
- certaines étoiles disparaissent lorsque l'on se déplace sur une direction Nord-Sud,
- lorsqu'un bateau disparaît à l'horizon, la coque disparaît avant le mat.

Un peu plus tard, Eratosthène entreprend de mesurer la terre, sans bouger de chez lui, à Alexandrie. Il sait qu'il existe à Syène, dans le sud de l'Égypte, un puits dont le fond est éclairé une fois par an, à midi, au solstice d'été. Il en déduit que, ce jour-là, le Soleil est à la verticale de Syène. Or, ce même jour à la même heure, à Alexandrie, les objets ont des ombres. Il comprend qu'en mesurant la taille cette ombre et en connaissant la distance de Syène à Alexandrie (5000 stades, d'après les estimations des chameliers qui pilotent les caravanes le long du Nil), il peut mesurer la circonférence terrestre.

- (1) Faire un schéma expliquant le raisonnement d'Eratosthène.
- (2) Pour mesurer la taille de l'ombre, Eratosthène plante un bâton vertical (un gnomon) de 2 m de haut. Il mesure une ombre de 25 cm. Calculer, en stade, la taille de la Terre (un stade valait entre 147 et 192 m). L'estimation d'Eratosthène était-elle correcte ?
- (3) Quelle hypothèse Eratosthène fait-il implicitement ?

### **II Les distances relatives dans le système solaire**

A partir du moment où l'on comprend que les planètes du système solaire tournent autour du Soleil (N. Copernic, 1473-1543) on peut faire des mesures de distances relatives dans le système solaire, suivant une méthode établie par Kepler (1571-1630).

Dans un premier temps, nous considérerons que les orbites des planètes sont circulaires et nous allons mesurer le rapport entre le rayon des orbites de la Terre et de Mars. Il faut d'abord mesurer la durée de l'année martienne. Pour cela on note la date d'une opposition de Mars, c'est à dire que Mars, la Terre et le Soleil sont alignés, avec Mars et la Terre du même côté du Soleil. Puis on note la date de l'opposition suivante. L'écart entre ces deux dates est de 779 jours.

- (1) Faire un schéma montrant les positions du Soleil, de Mars et de la Terre lors des deux conjonctions. On sait que l'année martienne est plus longue que l'année terrestre.
- (2) Quelle est la distance angulaire parcourue par la Terre et par Mars ?
- (3) Quelle est la durée de l'année martienne ?
- (4) On va ensuite déterminer le moment où se produit une quadrature, c'est à dire le moment où, vu de la terre, l'angle entre le Soleil et Mars est de  $90^\circ$ . Il s'écoule 106 jours entre une opposition et une quadrature. Faire un schéma représentant la position de Mars, de la Terre et du Soleil lors de l'opposition et lors de la quadrature suivante. Montrer que si l'on connaît la durée des années terrestres et martiennes, on peut maintenant calculer le rapport entre la distance au Soleil de la Terre et de Mars.

Seules des distances relatives peuvent être déterminées par cette méthode.

### III Les distances absolues dans le système solaire

Pour déterminer les distances absolues (en km) il faut utiliser la méthode dite de la parallaxe. Pour cela on mesure l'angle entre l'objet à mesurer (par exemple Mars) et un objet fixe (une étoile très lointaine) et l'on fait cette mesure en deux endroits éloignés à la surface de la Terre. En 1672 J.D. Cassini profite d'un passage de Mars au plus près de la Terre pour organiser la mesure de la distance Terre-Mars. Il fait mesurer l'angle que fait Mars par rapport à une étoile située dans la constellation du Poisson, à Paris et à Cayenne. L'écart entre les mesures est de 15 secondes d'arc. Sachant que la latitude de Paris est de  $44^{\circ}50'$  nord et celle de Cayenne de  $4^{\circ}50'$  nord.

- (1) Faire un schéma montrant le principe de la méthode.
- (2) Calculer la distance entre Mars et la Terre au moment de la mesure.
- (3) Calculer la distance Terre-Soleil en utilisant les résultats de l'exercice II.

### IV Mesurer la distance des étoiles

Les étoiles sont trop lointaines pour que la méthode présentée dans l'exercice précédent soit appliquée et il faut utiliser la méthode dite de la "parallaxe annuelle". Pour cela, on mesure la parallaxe de l'étoile (toujours par rapport à une étoile fixe très lointaine) à 6 mois d'intervalle, c'est-à-dire en deux positions diamétralement opposées de la Terre par rapport au Soleil. Ainsi, la "base" de la parallaxe est-elle très grande (deux fois la distance Terre-Soleil) et on peut mesurer les distances d'objets lointains. Comme la distance Terre-Soleil sert à mesurer la distance des objets lointains, on l'appelle *unité astronomique*.

- (1) Faire un schéma montrant le principe de la méthode.
- (2) Calculer la distance de l'étoile la plus proche du Soleil, sachant que la parallaxe mesurée à 6 mois d'intervalle est de  $1,52''$ . Exprimer le résultat en km, en U.A. et en années-lumières.
- (3) Cette méthode de mesure a permis de définir une nouvelle unité de mesure astronomique : le parsec, qui est la distance à laquelle on voit 1 U.A. avec un angle de  $1''$ . Calculer combien vaut 1 parsec en km et en années lumières.

### V La vitesse de la lumière

Au XVII<sup>e</sup> siècle J.D. Giovanni Cassini remarque que Io, l'un des satellites de Jupiter découvert par Galilée, présente des irrégularités de rotation. La période de rotation de Io est de 42,5 heures. Le danois Olaf Römer étudie en détail ces irrégularités. Il remarque que Io semble "en avance" lorsque la terre se rapproche d'une opposition avec Jupiter, et au contraire semble "en retard" lorsque la Terre quitte l'opposition.

- (1) Faire un schéma en plaçant Jupiter, Io, la Terre et le Soleil.
- (2) Expliquer le phénomène observé par Römer.
- (3) En 1676 Olaf Römer montre que l'avance (ou le retard) maximum de Io, mesurée sur une période de 6 mois, est de 22 minutes. Montrer que ces observations permettent de calculer la vitesse de la lumière.