

# La mesure du temps en Inde

Isabelle Jacques (1)

Mon exposé a pour double objectif de partager ma passion de l'Inde (onze années passées sur place m'ont permis d'entrevoir la conception particulière du temps en Inde) et de rendre hommage à l'ingéniosité et à l'esprit scientifique des Indiens à travers un de leurs scientifiques, le Maharadja de Jaipur.

## I L'Inde et l'Astronomie.



En Inde, le calendrier est très important. Il faut prévoir le début de la mousson, décider du moment propice à l'organisation d'une fête religieuse, d'un mariage ou d'une transaction commerciale. Ces décisions sont prises en consultant un astrologue.

Le Maharadja de Jaipur (*ci-contre*), Raja Jai Singh II (1686-1743) était à la fois mathématicien, astronome et architecte. Il étudia « l'Almageste » de Ptolémée, « les Éléments d'Euclide », fit traduire en sanskrit « les Principes mathématiques de Philosophie naturelle » de Newton.

C'est à la suite d'une discussion au sujet du moment propice à une expédition, moment à propos duquel personne n'était d'accord, que le Maharadja de Jaipur proposa de construire des observatoires. Il en fit bâtir cinq : Delhi (1724), Jaipur (1728), Ujain, Varanasi (Bénarès) et Mathura.

L'originalité de ces observatoires réside dans la conception des instruments (*voir photo ci-contre*) : ils sont en pierre, de grande taille et enduits à la chaux et au plâtre. Ainsi, ils sont faciles à graver, peuvent résister assez bien au temps et aux intempéries et les mesures sont précises (2 secondes pour le cadran solaire). Certains instruments sont construits en double. En effet, il est nécessaire d'entrer dans les instruments. Les parties pleines dans un des instruments sont vides dans l'autre.

Les observations sont faites le jour avec l'ombre du soleil et peuvent être faites aussi la nuit, en alignant l'œil de l'observateur avec l'instrument et le corps céleste.



## II L'observatoire de Delhi



Il est composé de 4 constructions :

### 1. BRIHAT SAMRAT YANTRA (Grand cadran solaire)

Il est constitué d'un « gnomon » (pan de mur triangulaire incliné) encadré par deux cadrans. Le matin, on lit l'heure sur le cadran ouest et l'après-midi sur le cadran est.

Les cadrans, de 50 pieds de rayon, sont gradués de 6 heures à midi d'un côté et de midi à 18 h de l'autre. L'heure est obtenue avec 2 secondes de précision.

De nuit, cet instrument permet de mesurer la déclinaison d'un astre : il faut être deux, l'un sur le cadran vise l'astre, l'autre, se déplace sur l'escalier du gnomon et déplace une tige jusqu'à ce qu'elle apparaisse dans la visée du premier.

<sup>1</sup> Collège René Nickles, Dommarthemont (54), [isjacques@orange.fr](mailto:isjacques@orange.fr)

## 2. RAM YANTRA (Instrument de mesure de la position du soleil)

C'est un des instruments construits en double. Dimensions : diamètre 7,35 m, pilier central de 1,60 m de rayon. Trente secteurs de 6° chacun (secteurs à 1 m du sol).

De jour, l'ombre de la pointe du gnomon indique une mesure sur des échelles graduées.

Les piliers indiquent la hauteur du soleil de 0° (en haut) à 45° (intersection pilier/plaque) et sur les plaques de 45° à 90° (intersection plaque/gnomon). L'azimut est lu sur les rayons des plaques et les lignes verticales des piliers. Il est possible de pénétrer à l'intérieur pour les mesures de nuit : pour les autres corps célestes, on utilise une corde attachée au sommet du pilier.



## 3. JAI PRAKASH YANTRA (Instrument de mesure sphérique)

Cet instrument est constitué de deux hémisphères complémentaires de 8,25 m de diamètre. Ils représentent la calotte sphérique à l'envers. Des cercles tracés permettent de calculer : l'altitude, l'azimut, la déclinaison, l'ascension droite des objets observés, ainsi que les positions des planètes par rapport aux constellations du Zodiaque.



## 4. MISHRA YANTRA (Instrument composé)

- DAKSHINOVRITTI BHITTI YANTRA (Instrument du mur est)

Il permet de déterminer la hauteur ou déclinaison du soleil, à midi, et d'autres corps célestes, la nuit.

- LAGHU SAMRAT YANTRA (Petit cadran solaire) comparable au grand cadran.

- KARK RASHIVALAYA (Instrument du Cancer)

Il est dans un mur incliné de 5° environ, ce qui est la déclinaison du Cancer. Quand la constellation du Cancer est dans le méridien de Delhi, il est possible de calculer la longitude de planètes.

- AGRA YANTRA

Au nord du mur ouest, un cadran solaire dans le plan horizontal permet de déterminer la différence entre l'heure du lever du soleil et 6 heures du matin, heure du lever aux équinoxes.

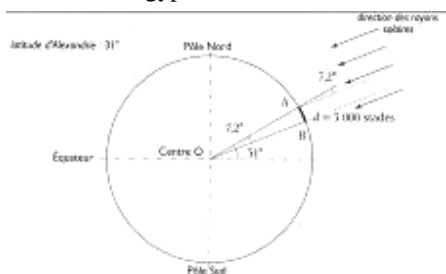
- NIYAT CHAKRA YANTRA (Instrument fixe)

Il permet de déterminer à quelle heure locale de Delhi, il est midi dans 4 autres villes du monde : Greenwich, Zurich, Notkey (Japon) et Seritchew (île du Pacifique). Les graduations permettent de déterminer la hauteur du soleil dans ces 4 villes.

## III Des problèmes pour la classe.

### Exemples d'exercices niveau collège

- Déterminer le rayon de la terre comme Ératosthène en 350 avant J.-C. A midi, le jour du solstice d'été, dans deux villes d'Égypte situées sur le même méridien :



- à Assuan (ex Syène) les rayons du soleil atteignent le fond du puits le plus profond.

- à Alexandrie, un obélisque vertical a une ombre dont la mesure indique un angle de 7,2° par rapport à la verticale.

Deux résolutions possibles :

1<sup>ère</sup> méthode :

La longueur entre Alexandrie et Assuan étant connue : 785 km (5 000 stades de 157 m), il s'agit de calculer la longueur de l'arc de cercle et d'en déduire le rayon de la terre :

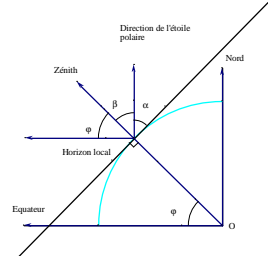
$$R = \frac{360^\circ}{7,2^\circ} \times \frac{785 \text{ km}}{2\pi} \approx 6\,247 \text{ km}$$

2<sup>ème</sup> méthode :

On considère que la terre est plate entre Assouan et Alexandrie. Sachant que l'obélisque mesure 10 m. Soit on a la mesure de son ombre, soit on la calcule : ombre = 10 m × tan 7,2° ≈ 1,263 m.

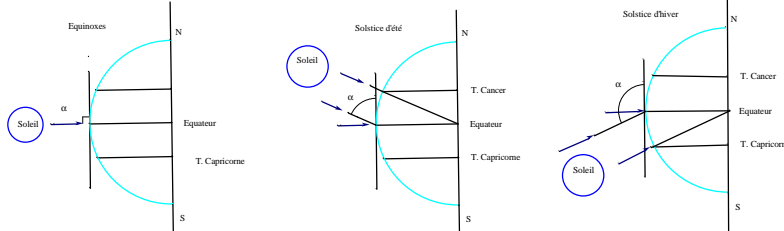
On utilise le théorème de Thalès :  $\frac{R}{10 \text{ m}} = \frac{785 \text{ km}}{1,263 \text{ m}}$  donc  $R \approx 6215 \text{ km}$

- Calculer la latitude du lieu à l'aide des étoiles (*schéma de droite*)  
Sachant repérer l'étoile polaire, trouver la relation entre la latitude du lieu et le zénith ou la hauteur de l'étoile polaire.  
 $f = \alpha \quad f = 90^\circ - \beta$



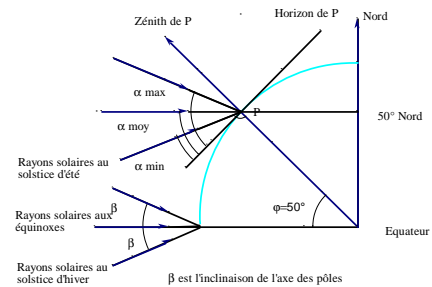
- Déterminer un encadrement de la hauteur du soleil à midi (*schémas ci-dessous*)  
A l'équateur :

$90^\circ - 23,5^\circ < \alpha < 90^\circ + 23,5$ . A Paris, la latitude est de  $50^\circ$ , donc  $\alpha_{\text{moy}} = 40^\circ$



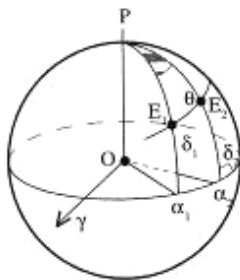
- Déterminer un encadrement de l'inclinaison de la terre (*schéma de droite*)

On construit un gnomon avec cette valeur moyenne. On mesure la longueur de l'ombre au solstice d'été et au solstice d'hiver et on obtient l'inclinaison de l'axe des pôles.



**Pour les niveaux supérieurs :**

La trigonométrie sphérique permet de calculer les distances angulaires de deux astres, de convertir les coordonnées horaires en coordonnées horizontales, les coordonnées équatoriales en coordonnées écliptiques.

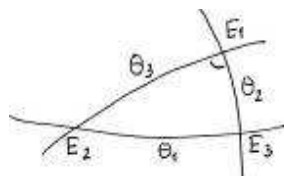


Exemples :

La distance angulaire de  $E_1$  à  $E_2$  vus de  $O$  est  $\theta = \text{arc } E_1E_2$ . On a :

$$\cos \theta = \sin \delta_1 \sin \delta_2 + \cos \delta_1 \cos \delta_2 \cos (\alpha_2 - \alpha_1)$$

$E_1, E_2$  et  $E_3$  sont alignés si et seulement si :  $\cos \hat{E}_1 = \pm 1$



$$\text{Avec } \cos \hat{E}_1 = \frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2 \cos \theta_3}{\sin \theta_2 \sin \theta_3}$$