

BIBLIOTHECA ALEXANDRINA

مكتبة الإسكندرية

Evénement d'Ératosthène 21 juin 2010

Preparation
Reda Kandil

Rédaction
Ingy Hafez

Conception graphique et mise en page
Maha Sherin

Supervision
Maissa Azab

Planetarium
Science Center

Pour plus d'informations, veuillez contacter :
Centre des Sciences du Planétarium
Tél : +(203) 4839999 ; Poste interne : 2350 – 2351
Fax : +(203) 4820464

ALEXploratorium@bibalex.org
www.bibalex.org/psc



Evénement d'Ératosthène

21 juin 2010



SOMMAIRE



IL ETAIT UNE FOIS



A TOI DE JOUER !



QUI SUIS-JE ?



A TOI DE REpondre
AUX QUESTIONS !



MES ŒUVRES



REFERENCES



COMME LA TERRE
EST GRANDE !



GLOSSAIRE

1



IL ETAIT UNE FOIS

Les Grecs ont associé la réflexion aux faits observés. Ce qui les a amenés à la démarche démonstrative et à la modélisation mathématique, fondements mêmes de notre science moderne.

En médecine, des progrès considérables ont été accomplis, spécialement en anatomie, grâce à la dissection humaine, interdite auparavant pour des raisons religieuses et pratiquée pour la première fois par certains médecins alexandrins.

Du III^e siècle av. J.-C. au V^e siècle apr. J.-C., les sciences ont élargi le champ de leurs investigations : les conquêtes d'Alexandre le Grand ont permis une meilleure connaissance du monde connu ; la géographie s'est précisée et l'exploration est devenue scientifique. Les savants ont trouvé un appui substantiel, financier en particulier, auprès de quelques-uns des rois hellénistiques, notamment les Ptolémées à Alexandrie et les Attalides à Pergame.



QUI SUIS-JE ?



Nom : Eratosthène

Nationalité : d'origine Libyenne

Date de naissance : 276 av. J.-C.

Lieu de naissance : Cyrène (Libye)

Education : Athènes, Alexandrie

Profession : Savant et troisième directeur de l'Antique Bibliothèque d'Alexandrie

Mort : 194 av. J.-C.

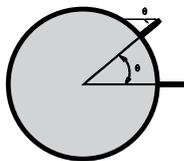
Mon nom est Eratosthène. Je suis né à Cyrène (aujourd'hui en Libye). Ma ville natale forme avec Alexandrie et Athènes un des plus grands centres scientifiques dans le bassin méditerranéen ; et elle est également considérée comme l'un des plus grands centres culturels hellénistiques.

Mais, j'ai étudié à Athènes et j'ai vécu à Alexandrie.

Étant un savant brillant, j'ai vécu au temps des grands savants grecs à l'instar de mon ami Archimède⁽¹⁾, un des mathématiciens éminents de l'Histoire. J'étais surnommé Bêta⁽²⁾ – la deuxième lettre de l'alphabet grec – par mes contemporains envieux prétendant que je suis le deuxième grand savant parmi mes pairs.

Mais, l'Histoire fait preuve de ma particularité dans plusieurs domaines de la science tels l'astronomie, la géographie, les mathématiques, la littérature, la poésie et la philosophie. Bien que je sois considéré comme le second grand savant au temps d'une ère assez étonnante dans son progrès scientifique et artistique, je suis évidemment l'un des génies de l'Histoire. En 245 av. J.-C., Ptolémée III Evergète I^{er}⁽³⁾ m'a nommé directeur de l'Antique Bibliothèque d'Alexandrie, devenant ainsi le troisième directeur de cet édifice illustre.

3



MES ŒUVRES

J'étais l'auteur de nombre d'ouvrages en mathématiques. J'ai donné des définitions de géométrie et d'arithmétique. J'ai rédigé le premier traité sur la géographie mathématique comprenant une carte du monde.

J'ai tracé l'itinéraire du Nil à Khartoum (Soudan). J'ai déduit que les grosses pluies qui tombent sur les régions près du fleuve constituaient la raison scientifique de l'inondation.



J'ai inventé le mot géographie qui est à l'origine (Geographikos) signifiant « le dessin de la Terre ».

J'ai fait la description de la région de l'Arabie bénie (Yémen) peuplée de quatre races différentes : les Minéens, les Sabéens, les Qatabanites et les Hadramites. Se référant à ma classification, plusieurs chercheurs utilisent ces appellations jusqu'à nos jours-ci.

J'ai calculé l'obliquité de l'écliptique⁽⁴⁾ ; et j'ai mesuré la distance entre la Terre et la Lune, la Terre et le Soleil.

J'ai calculé la circonférence de la Terre avec une précision surprenante, en déterminant la différence de latitude entre Syène (Assouan) et Alexandrie en Egypte.

Malheureusement, rien n'a survécu de mes ouvrages remarquables. Toutefois, mes contributions scientifiques, précisément l'histoire de la mesure de la circonférence de la Terre, ont persisté grâce à mes successeurs.



COMME LA TERRE EST GRANDE !

Peux-tu facilement mesurer la circonférence de la Terre ?

Moi, j'ai pu le faire.

J'ai mesuré la circonférence de la Terre en utilisant une méthode que tout le monde peut appliquer.

J'avais entendu des rumeurs professant que si l'on regardait le fond d'un puits situé à Syène (Assouan) le jour du solstice d'été⁽⁴⁾ à l'heure du midi solaire, on pourrait voir l'image du Soleil reflétée dans l'eau du puits.

Et puisque la surface de l'eau est horizontale, j'ai déduit que le Soleil était à la verticale. Les rayons solaires étaient ainsi perpendiculaires pénétrant le fond du puits ; et l'ombre des objets était centrée autour d'eux. (fig. 1)

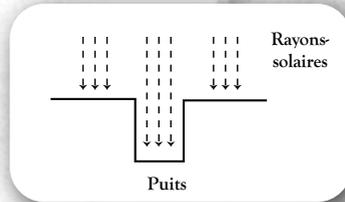


fig.1

Par contre, à Alexandrie, les rayons solaires n'étaient pas perpendiculaires et ces mêmes objets avaient une ombre très courte. (fig. 2)

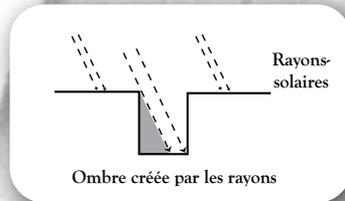


fig.2

(fig. 1) Les rayons lumineux au fond d'un puits à Syène sont directement dirigés vers le midi solaire, pendant que le Soleil est à la verticale.

(fig. 2) Les rayons lumineux à Alexandrie sont par contre inclinés, puisque le Soleil n'est pas à la verticale. La partie grise montre l'ombre qui s'est formée à l'intérieur du puits.

5



En 205 av. J.-C., j'ai ensuite proposé une méthode assez simple et précise pour mesurer la circonférence de la Terre portant sur l'observation des ombres.

Où ?

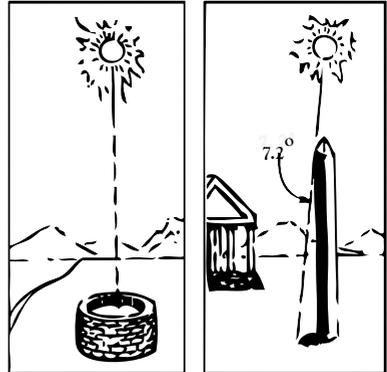
A Alexandrie et à Syène.

Quand ?

Au moment du solstice* d'été et à l'heure du midi solaire local.

Qu'est-ce que j'ai fait ?

Tout d'abord, j'ai mesuré la longueur de l'ombre d'un obélisque à Alexandrie. J'ai calculé ensuite l'angle que font les rayons solaires avec l'obélisque ; et l'ai trouvé égal à $7,2^\circ$.



Sachant que durant cette même heure et au même jour à Syène, les ombres des objets étaient centrées autour de ces derniers de sorte qu'ils paraissaient sans aucune ombre, (c'est-à-dire que l'angle de l'ombre = 0°).

J'ai conclu que :

La Terre n'est pas plate et que sa surface est courbe, peut-être même sphérique.

Supposant alors que la Terre est sphérique, en prolongeant la verticale d'Alexandrie (l'obélisque) et celle de Syène (le puits), ces deux verticales vont se rejoindre exactement au centre de la Terre.

Sachant auparavant que Syène et Alexandrie sont situées à peu près sur le même méridien⁽⁵⁾, j'ai supposé que les rayons solaires sont parallèles. Ainsi, l'angle formé par les deux verticales au centre de la Terre est-il identique à celui de l'ombre de l'obélisque ($7,2^\circ$).



Je savais également que la distance entre Alexandrie et Syène est 800 km (5 000 stades).

Telle est donc la conclusion : la proportion de cet angle ($7,2^\circ$) par rapport aux (360°) du cercle = la proportion de la distance séparant les deux villes (800 km) par rapport à la circonférence du cercle (la Terre).

Comment ?

$$7,2^\circ/360^\circ = 800/X$$

$$X = 360 \times 800/7,2^\circ$$

$$X = 40\,000$$

Donc, la circonférence de la Terre = 40 000 km (250 000 stades).

Mesurer en stades

L'unité qu'Eratosthène a utilisée pour mesurer la circonférence de la Terre était nommée « stade ». Cette unité de mesure était basée sur la distance que les athlètes parcouraient durant les courses organisées dans les grands stades de la Grèce antique.

Quelques historiens affirmaient que les stades étaient établis autour des trajets de courses. Ceux-ci étaient d'habitude mesurés selon les pas (200 pas), depuis le début de la course jusqu'à sa fin. Toutefois, les pas ne constituent pas un moyen efficace pour bien définir le stade, puisqu'un pas peut varier d'une personne à une autre.

L'ancien stade de l'Olympia mesurait 1 923 mètres de longueur. Or, le stade peut varier entre 157 et 211 mètres selon les différents lieux et époques de l'Histoire.

Voici quelques mesures qu'Eratosthène a calculées en stades :

1. la distance entre Alexandrie et Syène = 5 000 stades ;
2. la circonférence de la Terre = 250 000 stades ;
3. la distance entre la Terre et la Lune = 78 000 stades ;
4. la distance entre la Terre et le Soleil = 804 000 000 stades.

7



A TOI DE JOUER !

1. La danse des ombres

Matériel à utiliser

- 1 tube de colle ou du scotch
- 1 morceau de planche en bois ou en plastique
- 1 morceau de carton
- 1 cure-dent



Objectif de l'activité

Cette activité vise à comprendre les sources de l'ombre et de la lumière ; et appréhender également la relation entre l'angle de la lumière et la longueur de l'ombre.

Que faire ?

Coupez un petit morceau de carton, à peu près de 2 cm de largeur et de 10 cm de longueur.

Fixez le cure-dent au centre du morceau de carton.

Mettez le morceau de carton au-dessus de la planche.

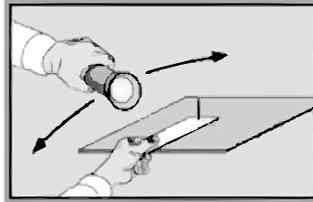
Allumez la lampe de poche en la déplaçant au-dessus du cure-dent pour créer une ombre.

Avec la lampe de poche, essayez plusieurs positions afin de créer des ombres de différentes directions et longueurs.



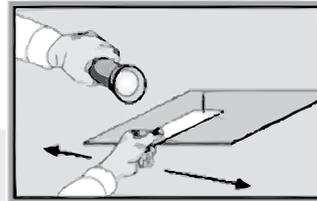
Déplacer la lampe de poche

Sans déplacer le cure-dent, essayez de changer la direction de l'ombre en déplaçant la lampe de poche.



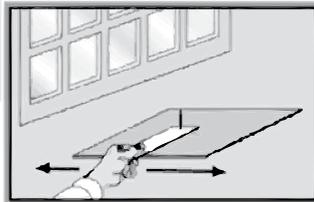
Déplacer le cure-dent

Sans déplacer la lampe de poche, mais en la fixant sur le cure-dent, essayez de déplacer le cure-dent et observez ce qui se passe avec l'ombre.



Utiliser le Soleil comme source de lumière

Vous pouvez également créer une ombre en mettant un cure-dent sous la lumière du Soleil. Cela peut être appliqué à l'extérieur ou même à côté d'une fenêtre.



Qu'est-ce qui se passe lorsque vous déplacez le cure-dent ? Cela ressemble-t-il à l'ombre créée par la lampe de poche ou est-il différent ?

Qu'est-ce qui se passe ?

Il faut noter quelques observations intéressantes entre les ombres créées par la lampe de poche et le Soleil. Parce que le Soleil est très loin, vous devez remarquer que l'angle de l'ombre n'a pas changé lorsqu'on a déplacé le cure-dent. Cependant, lorsque la source de lumière était assez proche, l'ombre a changé de direction et de forme.

9



2. Crible d'Ératosthène

La méthode la plus efficace pour trouver les nombres premiers (inférieurs à 10 000 000) c'est d'utiliser un crible comme celui d'Ératosthène.

Faites une liste entière des nombres plus petits ou égaux à (n) et plus grands que (1).

Éliminez tous les multiples des nombres premiers qui sont plus petits ou égaux à la racine carrée de (n). Les nombres non éliminés sont des nombres premiers.

Pour trouver les nombres premiers plus petits ou égaux à (30), faites une liste de (2) à (30).

(2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30)

Le nombre (2) est un nombre premier, gardez-le (encerclez-le) et éliminez tous ses multiples. Ainsi, tous ces nombres ne sont-ils pas des nombres premiers.

②~~3~~-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30

Le premier nombre non encadré est (3). C'est un nombre premier. Gardez-le, puis, éliminez tous ses multiples. Puisque tous les multiples plus petits que le nombre (9) (tel le nombre 6) sont déjà barrés, alors, on commence à éliminer à partir de ($3^2 = 9$).

②③~~4~~-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30



Le premier nombre non encerclé est (5). C'est un nombre premier. Gardez-le, puis, éliminez tous ses multiples. Tous les multiples moins que ($5^2 = 25$) ont été déjà éliminés. En effet, le nombre (25) est le seul nombre multiple de (5) qui n'est pas éliminé.

(~~2~~) (~~3~~) (~~4~~) (~~5~~) (~~6~~) (~~7~~) (~~8~~) (~~9~~) (~~10~~) (~~11~~) (~~12~~) (~~13~~) (~~14~~) (~~15~~) (~~16~~) (~~17~~) (~~18~~) (~~19~~) (~~20~~) (~~21~~) (~~22~~) (~~23~~) (~~24~~) (~~25~~) (~~26~~) (~~27~~) (~~28~~) (~~29~~) (~~30~~)

Le nombre (7) est plus petit que la racine carrée de (30). Aucun multiple de (7) n'a été déjà éliminé. Donc, le crible est complet et tous les nombres restants sont des nombres premiers indivisibles : (2-3-5-7-11-13-17-19-23-29).

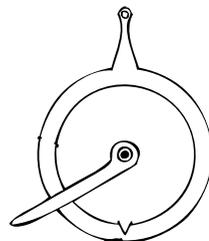
| | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 |
| 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 |
| 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 |
| 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |



3. Comment fabriquer un « cadran solaire portable » ?

Matériel à utiliser

1 paire de ciseaux
du scotch
du fil fin
1 boussole



Coupez prudemment avec les ciseaux le « cadran solaire portable » et 15 cm du fil fin qui sera utilisé comme un gnomon.

Essayez de fixer une des extrémités du fil avec du scotch sur la moitié du trait marquant les deux nombres 6. Fixez l'autre extrémité du fil sur le trait qui représente votre latitude.

Pliez le « cadran solaire » en deux en se servant de la ligne horizontale dessinée au milieu de la figure, de façon qu'une des deux moitiés de la feuille soit perpendiculaire par rapport à l'autre (formant un angle de 90°).

Comment utiliser le cadran solaire ?

Essayez d'orienter votre cadran solaire vers le Nord en utilisant une boussole. L'ombre obtenue à partir du fil (gnomon) indique le temps selon les marques illustrées représentant les heures.



4. Ombre sur la Terre

Matériel à utiliser

5 pailles de 4 cm

Pâte à modeler ou ruban adhésif

Morceau de papier (10 x 10 cm)

Faites un modèle en utilisant les pailles comme l'image ci-dessous.

Dessinez une ligne droite sur le morceau de papier et collez les cinq pailles de façon parallèle pour qu'elles puissent tenir à la verticale.

En recourbant le papier de manière convexe, le papier et les pailles pourraient représenter plusieurs colonnes placées à de différents endroits de la Terre.

Evitez de regarder directement au soleil. Les rayons solaires sont dangereux pour vos yeux.

Comment manipuler ce modèle durant le jour ?

En faisant face au soleil, tenez le papier des deux extrémités et courbez-le de façon à ce que les pailles soient dirigées vers l'extérieur.

Courbez le papier pour observer l'ombre des pailles.

La paille sans ombre représente le puits à Assouan.

Observez l'ombre des pailles. Essayez de relier l'ombre de toutes les pailles et l'emplacement de l'angle des rayons du soleil tombant sur elles. Comparez ces ombres avec celles que vous utilisez pour mesurer la circonférence de la Terre. Voir l'image ci-dessous.



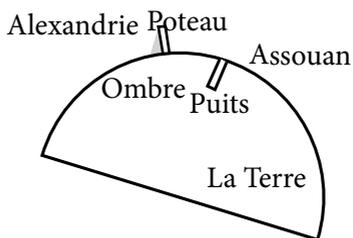
Modèle de l'ombre des pailles à midi de différentes latitudes et de la même longitude.

13



A TOI DE REPONDRE AUX QUESTIONS !

1. Dans l'image suivante, dessinez le Soleil en montrant la position qu'il doit occuper pour être à la verticale et se refléter au fond d'un puits qui se trouve à Syène. Créez une autre ombre à Alexandrie.



2. Si vous voyez un poteau à Syène au même moment où le Soleil est directement positionné à la verticale, le poteau formera-t-il une ombre ?

- oui
- non

Pourquoi voit-on l'ombre d'un poteau quelconque vers le midi solaire à Alexandrie alors qu'au même moment on ne voit rien à Syène ? Quel en est le rapport avec la forme de la Terre ?



GLOSSAIRE

- 1- Archimède : un ancien mathématicien et philosophe grec qui a mené des découvertes majeures dans les domaines de la physique et de l'ingénierie.
- 2- Bêta : Bêta est la deuxième lettre de l'alphabet grec (β). Elle se rapporte aussi à plusieurs symboles selon le contexte dans lequel elle est utilisée.
- 3- Ptolémée III Evergète I^{er} : le troisième souverain de la dynastie ptolémaïque en Egypte. Il était l'aîné de Ptolémée II Philadelphe et d'Arsinoé I^{re}.
- 4- Obliquité de l'écliptique : une orbite dont l'inclinaison avec une surface plate est égalé à zéro.
- 5- Solstice d'été : un solstice a lieu deux fois par an quand le Soleil atteint la position la plus élevée du plan équatorial. Le solstice d'été est le jour le plus long de l'année dans le sens où la longueur du temps qui s'écoule entre le lever et le coucher du soleil atteint son maximum ce jour-là.
- 6- Méridien : un grand cercle imaginaire dans la sphère céleste qui passe à travers le zénith et le point nord dans l'horizon.



REFERENCES

Sites

- L'Année Internationale de la Physique - Projet d'Eratosthène
- <http://www.physics2005.org/events/eratosthenes>
- Centre pour l'Innovation dans l'Ingénierie et l'Enseignement des Sciences
- <http://www.k12science.org/noonday/askanexpert.html>
- Université de Californie, Berkeley, Hall Lawrence des Sciences
- <http://astron.berkeley.edu/~krumholz/sq/astro/class1.txt>
- Observatoire Naval des Etats-Unis
- Université du Tennessee à Chattanooga
- http://www.utc.edu/Faculty/Jonathan-Mies/wkshop/wkshop_prod/eratosthenes.pdf

Ouvrages

- George Sarton, Hellenistic Science and Culture in the last three centuries B.C., New York, USA, 1993.
- Moustafa El-Abbadi, Vie et Destin de l'Ancienne Bibliothèque d'Alexandrie, UNESCO, Paris, 1992.

Videos :

- Séries de Carl Sagan : Bibliothèque d'Alexandrie
- <http://www.youtube.com/watch?v=jixnM7S9tLw>
- <http://aleph0.clarku.edu/~djoyce/mathhist/greece.html>
- <http://www.definitions.net/definition/eratosthenes>
- <http://video.google.co.uk/videoplay?docid=6996072263812322964&ei=QFVcS4aXJ4en-Abepv0n&q=eratosthenes&hl=en#>
- http://www.lamap.fr/collaborative_projects/29/FLASH/erathist.swf