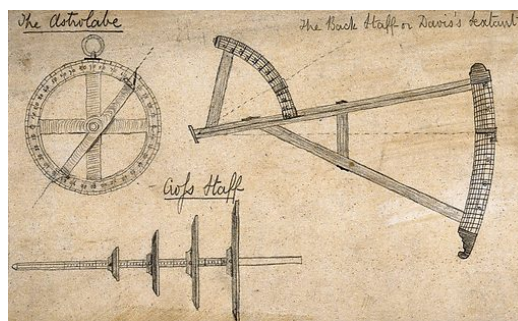


# ASTROLABE & MESURES

A. Hoering<sup>1</sup>, T. Laloé<sup>1</sup>, V. Lemesle<sup>2</sup>, M. Monticelli<sup>1</sup>

L'astrolabe est un instrument aux fonctions multiples : sa conception remonte à l'Antiquité et il permet notamment de mesurer la hauteur des étoiles, dont le soleil. On disait alors qu'on "pesait le soleil". Cette observation permettait ainsi de déterminer l'heure de l'observation et la direction de l'astre. Cet objet a été perfectionné par les scientifiques arabes du Moyen Âge qui se sont appuyés sur une projection plane de la voûte céleste, dite projection stéréographique<sup>3</sup>. Toutes ces mesures sont possible grâce à une branche des mathématiques que l'on appelle la trigonométrie.

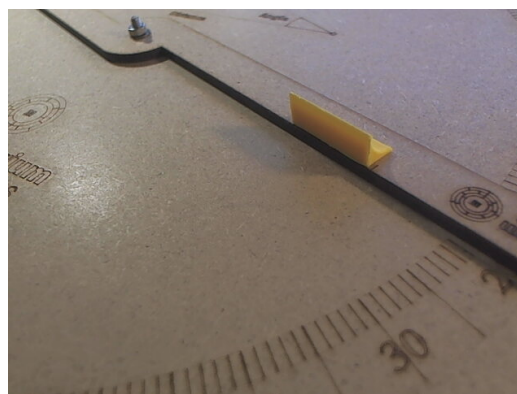
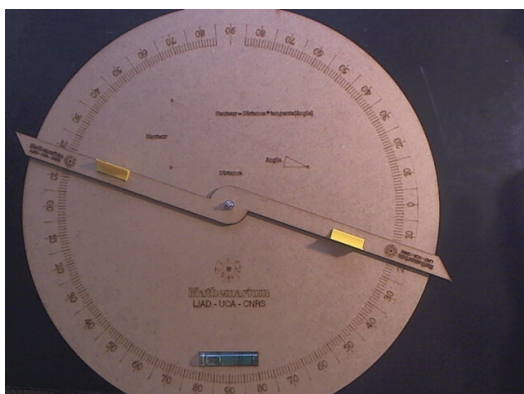


Dans ces activités, tu vas utiliser une version très simplifiée de cet instrument et tu pourras ainsi estimer la hauteur de certains bâtiments et objets qui t'entourent, trouver une estimation du rayon de la Terre et même peser le Soleil afin d'estimer l'heure qu'il est.

## ACTIVITÉ 0 : OBSERVE BIEN L'ASTROLABE ET RETIENS LE VOCABULAIRE

Avant de te lancer dans les activités, observe bien l'astrolabe que tu as à disposition : il est constitué d'un cadran avec des graduations, d'une "branche" qui tourne, des "viseurs" jaunes et d'un niveau à bulle.

- Les graduations représentent des mesures angulaires et sont notées en degrés.
- La branche qui tourne s'appelle l'alidade. Retiens bien ce nom car il sera utilisé dans la suite.
- Les viseurs jaunes vont te servir à pointer l'objet que tu souhaites mesurer.
- Pour savoir si ton astrolabe est bien horizontal ou vertical, la bulle de ton niveau à bulle doit toujours rester entre les "traits".



Te voilà familiarisé avec l'astrolabe, les activités vont pouvoir débuter!!

1. LJAD, Université Nice- Sophia Antipolis  
 2. Collège Le Pré des Roures, Le Rouret.  
 3. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Astrolabe>

## ACTIVITÉ 1 : ESTIME LA HAUTEUR DES BÂTIMENTS QUI T'ENTOURENT

Tu auras comme matériel à ta disposition : un astrolabe simplifié, des instruments de mesure (décamètre, mètre, gabarit...) et une calculatrice pour être plus précis dans tes mesures.

- Commence par repérer l'objet dont tu souhaites estimer la hauteur. Place toi à une distance raisonnable de l'objet.
- Place l'astrolabe à la hauteur de tes yeux. Attention, il faut qu'il soit bien vertical : vérifie le niveau et demande de l'aide à ton binôme.
- Positionne les viseurs jaunes de l'astrolabe de manière à ce que l'extrémité de l'alidade pointe le sommet du bâtiment.
- Relève alors la mesure de l'angle indiqué par l'alidade.
- Mesure à présent assez précisément en t'aidant des instruments que tu as à ta disposition la distance horizontale qui te sépare de l'objet.
- À l'aide d'une des tables de correspondance, tu pourras alors estimer la hauteur de ton objet. Attention, n'oublie pas de rajouter à cette hauteur ta propre taille!!!

TABLE 1 : SI TON OBJET MESURE MOINS DE 5,5 M

| hauteur objet (m)<br>distance objet (m) | 1   | 1,5 | 2   | 2,5 | 3    | 3,5  | 4    | 4,5  | 5   | 5,5 |
|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|
| 1                                       | 45° | 56° | 63° | 68° | 71°  | 74°  | 75°  | 77°  | 79° | 80° |
| 1,5                                     | 34° | 45° | 53° | 59° | 63°  | 66°  | 69°  | 71°  | 73° | 75° |
| 2                                       | 27° | 37° | 45° | 51° | 56 ° | 60 ° | 63 ° | 66 ° | 68° | 70° |
| 2,5                                     | 22° | 31° | 39° | 45° | 50°  | 54°  | 57°  | 61°  | 63° | 65° |
| 3                                       | 19° | 27° | 34° | 40° | 45°  | 49°  | 53°  | 56°  | 59° | 61° |
| 3,5                                     | 16° | 24° | 30° | 36° | 41°  | 45°  | 49°  | 52°  | 55° | 57° |
| 4                                       | 15° | 21° | 27° | 33° | 37°  | 41°  | 45°  | 48°  | 51° | 54° |
| 4,5                                     | 13° | 19° | 24° | 29° | 34°  | 38°  | 42°  | 45°  | 48° | 51° |
| 5                                       | 11° | 17° | 22° | 27° | 31°  | 35°  | 38°  | 42°  | 45° | 48° |
| 5,5                                     | 10° | 15° | 20° | 25° | 29°  | 33°  | 36°  | 39°  | 42° | 45° |

NOTE ICI LES OBJETS, LES ANGLES ET LES DISTANCES QUE TU AS MESURÉS

TABLE 2 : SI TON OBJET MESURE PLUS DE 5,5 M

| hauteur objet (m)<br>distance objet (m) | 5   | 7   | 9   | 11  | 13   | 15   | 17   | 19   | 21  | 23  |
|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|
| 5                                       | 45° | 54° | 61° | 65° | 69°  | 71°  | 74°  | 75°  | 77° | 78° |
| 7                                       | 36° | 45° | 52° | 57° | 62°  | 65°  | 68°  | 70°  | 72° | 73° |
| 9                                       | 29° | 38° | 45° | 51° | 55 ° | 59 ° | 62 ° | 65 ° | 67° | 69° |
| 11                                      | 25° | 33° | 39° | 45° | 50°  | 54°  | 57°  | 60°  | 62° | 64° |
| 13                                      | 21° | 28° | 35° | 40° | 45°  | 49°  | 53°  | 56°  | 58° | 60° |
| 15                                      | 19° | 25° | 31° | 36° | 41°  | 45°  | 49°  | 52°  | 54° | 57° |
| 17                                      | 16° | 22° | 28° | 33° | 37°  | 41°  | 45°  | 48°  | 51° | 53° |
| 19                                      | 15° | 20° | 25° | 30° | 34°  | 38°  | 42°  | 45°  | 48° | 50° |
| 21                                      | 13° | 18° | 23° | 28° | 32°  | 36°  | 38°  | 42°  | 45° | 48° |
| 23                                      | 12° | 17° | 21° | 26° | 30°  | 33°  | 37°  | 40°  | 42° | 45° |

Tu ne pourras bien entendu avoir qu'une estimation grossière de la hauteur !

Si tu veux avoir une estimation plus précise, il faudra utiliser la trigonométrie (quand tu le feras en classe) ou tu peux aussi utiliser la table de trigonométrie ci-après comme l'aurait fait ta grand mère (voire ton arrière grand mère!!)

- Une fois que tu as la mesure de l'angle, repère le sur la table.
- Avec une calculatrice (ou à la main si tu es courageux!), multiplie le nombre correspondant à la tangente de cet angle par la distance à laquelle tu es de l'objet : tu trouveras une estimation plus précise de sa hauteur.

NOTE ICI LES OBJETS, LES ANGLES ET LES DISTANCES QUE TU AS MESURÉS

NOTE : Mais comment faisait-on à l'Antiquité sans ces tables ? Sur l'astrolabe, il y avait le carré des ombres qui permettait de lire directement sur l'objet sa hauteur grâce à un petit calcul très simple<sup>4</sup>.

---

4. Se reporter à la note complémentaire pour ces détails

# TABLE TRIGONOMETRIQUE

| Degrés | Cosinus | Sinus   | Tangente |          |        |
|--------|---------|---------|----------|----------|--------|
| 0      | 1,000   | 0,000   | 0,000    |          | 90     |
| 1      | 1,000   | 0,017   | 0,017    | 57,29    | 89     |
| 2      | 0,999   | 0,035   | 0,035    | 28,63    | 88     |
| 3      | 0,999   | 0,052   | 0,052    | 19,08    | 87     |
| 4      | 0,998   | 0,070   | 0,070    | 14,30    | 86     |
| 5      | 0,996   | 0,087   | 0,087    | 11,43    | 85     |
| 6      | 0,995   | 0,105   | 0,105    | 9,514    | 84     |
| 7      | 0,993   | 0,122   | 0,123    | 8,144    | 83     |
| 8      | 0,990   | 0,139   | 0,141    | 7,115    | 82     |
| 9      | 0,988   | 0,156   | 0,158    | 6,314    | 81     |
| 10     | 0,985   | 0,174   | 0,176    | 5,671    | 80     |
| 11     | 0,982   | 0,191   | 0,194    | 5,145    | 79     |
| 12     | 0,978   | 0,208   | 0,213    | 4,705    | 78     |
| 13     | 0,974   | 0,225   | 0,231    | 4,331    | 77     |
| 14     | 0,970   | 0,242   | 0,249    | 4,011    | 76     |
| 15     | 0,966   | 0,259   | 0,268    | 3,732    | 75     |
| 16     | 0,961   | 0,276   | 0,287    | 3,487    | 74     |
| 17     | 0,956   | 0,292   | 0,306    | 3,271    | 73     |
| 18     | 0,951   | 0,309   | 0,325    | 3,078    | 72     |
| 19     | 0,946   | 0,326   | 0,344    | 2,904    | 71     |
| 20     | 0,940   | 0,342   | 0,364    | 2,747    | 70     |
| 21     | 0,934   | 0,358   | 0,384    | 2,605    | 69     |
| 22     | 0,927   | 0,375   | 0,404    | 2,475    | 68     |
| 23     | 0,921   | 0,391   | 0,424    | 2,356    | 67     |
| 24     | 0,914   | 0,407   | 0,445    | 2,246    | 66     |
| 25     | 0,906   | 0,423   | 0,466    | 2,145    | 65     |
| 26     | 0,899   | 0,438   | 0,488    | 2,050    | 64     |
| 27     | 0,891   | 0,454   | 0,510    | 1,963    | 63     |
| 28     | 0,883   | 0,469   | 0,532    | 1,881    | 62     |
| 29     | 0,875   | 0,485   | 0,554    | 1,804    | 61     |
| 30     | 0,866   | 0,500   | 0,577    | 1,732    | 60     |
| 31     | 0,857   | 0,515   | 0,601    | 1,664    | 59     |
| 32     | 0,848   | 0,530   | 0,625    | 1,600    | 58     |
| 33     | 0,839   | 0,545   | 0,649    | 1,540    | 57     |
| 34     | 0,829   | 0,559   | 0,675    | 1,483    | 56     |
| 35     | 0,819   | 0,574   | 0,700    | 1,428    | 55     |
| 36     | 0,809   | 0,588   | 0,727    | 1,376    | 54     |
| 37     | 0,799   | 0,602   | 0,754    | 1,327    | 53     |
| 38     | 0,788   | 0,616   | 0,781    | 1,280    | 52     |
| 39     | 0,777   | 0,629   | 0,810    | 1,235    | 51     |
| 40     | 0,766   | 0,643   | 0,839    | 1,192    | 50     |
| 41     | 0,755   | 0,656   | 0,869    | 1,150    | 49     |
| 42     | 0,743   | 0,669   | 0,900    | 1,111    | 48     |
| 43     | 0,731   | 0,682   | 0,933    | 1,072    | 47     |
| 44     | 0,719   | 0,695   | 0,966    | 1,036    | 46     |
| 45     | 0,707   | 0,707   | 1,000    | 1,000    | 45     |
|        | Sinus   | Cosinus |          | Tangente | Degrés |

## ACTIVITÉ 2 : ESTIME LE RAYON DE LA TERRE

Al-Biruni, célèbre mathématicien arabe de la fin de l'Antiquité a réussi à estimer le rayon de la Terre en utilisant un astrolabe avec une excellente approximation et ce quasiment plus de 600 ans avec Galilé...un vrai exploit!!!

Il a pour cela utilisé ses connaissances en trigonométrie pour pouvoir réussir. En se plaçant en haut d'une montagne près de la mer, il a pu estimer d'une part la hauteur de cette montagne et d'autre part l'angle avec l'horizon du haut du sommet de la montagne.

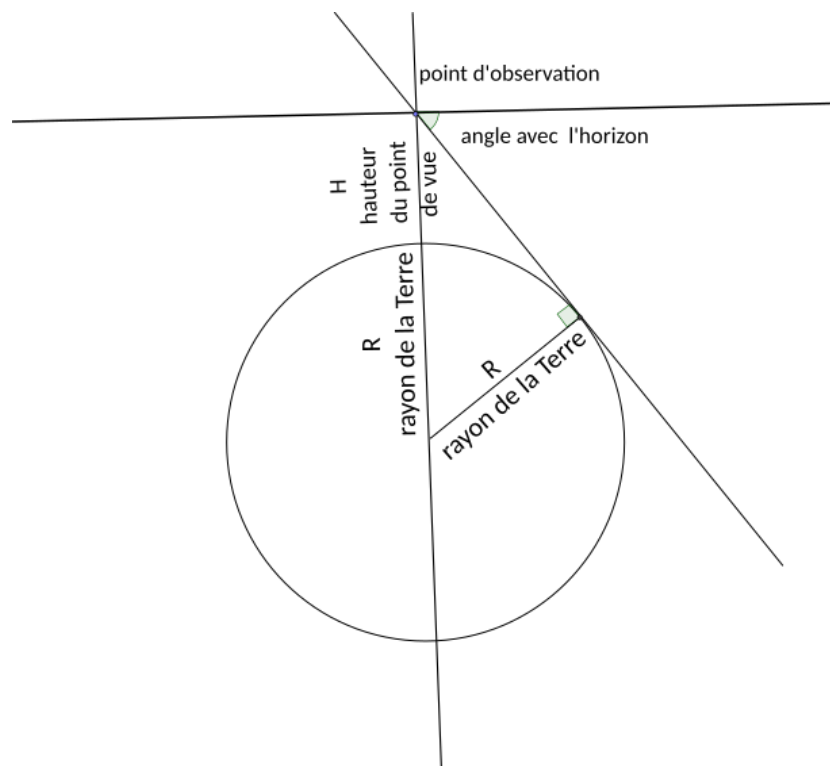
Tu vas reproduire cette expérience. Tu connais la hauteur de la montagne sur laquelle tu es (pour cela tu as des outils modernes, tel que Geoportail qui te permettent de savoir très précisément la hauteur à laquelle tu te trouves). Il ne te reste plus qu'à estimer la valeur de l'angle avec l'horizon...

Oui mais comment faire après ? Il s'agira d'appliquer la formule suivante :

$$R = \frac{\cos(\text{angle avec l'horizon})H}{1 - \cos(\text{angle avec l'horizon})}$$

Tu obtiendras une valeur approchée du rayon de la Terre qui est de 6 378 140 m soit environ 6 400 km

D'où vient cette formule ? Tu pourras avoir des explications en classe grâce au schéma suivant.



NOTE ICI L'ANGLE QUE TU AS MESURÉ ET LA HAUTEUR À LAQUELLE TU TE TROUVES