

S04 Chapitre 2 :

La profondeur du ciel

Objectif : Vous faire comprendre comment, à travers l'histoire, on a réussi à déterminer la distance qui nous sépare des objets célestes.

Introduction au chapitre 2 (p. 76)

Sur Terre, les arpenteurs déterminent la distance des objets inaccessibles en prenant deux lignes de visée et en déterminant l'endroit où elles se coupent, une technique que l'on nomme _____.

Malheureusement, cette technique est difficile à appliquer en astronomie, car plus l'objet est éloigné, plus les lignes sont _____ et plus l'incertitude est grande. (On verra à la section 2.5 que cette technique peut néanmoins porter fruit en astronomie.)

2.1 Un Soleil lointain (p. 77)

Quelle observation simple prouve sans équivoque que le Soleil est plus éloigné que la Lune ?

L'astronome grec _____ a réalisé que le rapport entre la distance Terre-Soleil et la distance Terre-Lune peut être calculé à partir de la mesure de l'angle θ entre _____ et _____ dans le cas précis où la Lune, vue de la Terre, est _____.

Si le Soleil est beaucoup plus loin que la Lune, l'angle θ vaut environ _____. Si le Soleil est à peine plus loin que la Lune, l'angle θ _____.

Dans un examen vous devriez être en mesure de faire un schéma qui illustre ce que vous venez d'inscrire dans le paragraphe précédent, ce qui revient à reproduire la **figure 2.2**.

Dans la réalité, l'angle θ est très proche de _____ et la moindre différence sur la valeur de l'angle θ modifie énormément le résultat. Aristarque trouve

que le Soleil est _____ fois plus loin que la Lune, mais en réalité, il est _____ fois plus loin !

Même avec ses résultats erronés, Aristarque conclut correctement que _____ est plus gros que la Terre. Il pense que le Soleil est _____ fois plus loin que la Lune, mais puisque le Soleil et la Lune ont le même _____ vu de la Terre, c'est que le Soleil est _____ fois plus gros que la Lune. Or, une éclipse de Lune révèle que le diamètre lunaire est compris entre _____ et _____ du diamètre terrestre. Il en résulte que le Soleil est de _____ à _____ fois plus gros que la Terre.

Donnez le calcul explicite qui permet de trouver les deux derniers chiffres que vous venez d'écrire :

Aristarque en conclut que _____ tourne autour _____, mais personne ne le prend au sérieux !

2.2 La taille de la Terre (p. 79)

La méthode d'Aristarque ne fait intervenir que des distances relatives les unes aux autres ; pour convertir en grandeurs absolues, ça prend un _____, c'est-à-dire une longueur connue de base. Historiquement, la première quantité de ce genre en astronomie a été _____.

_____ était le bibliothécaire en chef de la célèbre bibliothèque _____.

Il savait qu'au même moment, les rayons du Soleil sont parfaitement verticaux dans une ville du _____ de l'Égypte (comment le savait-il ? _____),

tandis qu'à Alexandrie, au _____ de l'Égypte, ils font un angle de 7° avec la verticale (comment a-t-il déterminé cet angle ? _____).

Il savait aussi que _____). Il savait aussi que puisque le Soleil est très loin (d'après Aristarque), les rayons du Soleil sont _____.

Par simple géométrie, il put ainsi conclure que la distance entre les deux villes vaut 7° comparativement à 360° pour la circonférence de la Terre. Comme on connaissait la distance entre les deux villes (comment ? _____)

_____), il devenait possible de déterminer la circonférence de la Terre par règle de trois. Il obtient ainsi un écart de _____ % avec la valeur réelle !

Dans un examen vous devriez être en mesure de faire un schéma qui illustre ce que vous venez d'inscrire dans le paragraphe précédent, ce qui revient à reproduire la **figure 2.5**.

2.3 La distance de la Terre à la Lune (p. 80)

L'astronome grec _____ a réalisé que la durée d'une _____ dépend de la distance entre la Terre et la Lune. En effet, plus le rayon de l'orbite de la Lune est _____, plus la fraction de l'orbite se trouvant _____ est grande. Il obtient ainsi un écart de _____ % avec la valeur réelle.

Dans un examen vous devriez être en mesure de faire un schéma qui illustre ce que vous venez d'inscrire dans le paragraphe précédent, ce qui revient à reproduire la **figure 2.6**.

La section 2.4 est optionnelle.

2.5 L'échelle du système de Copernic (p. 81)

Dans le modèle de Copernic, il est très facile de déterminer la distance entre le Soleil et une planète _____ à partir de la simple mesure de l'angle θ qui correspond à _____.

Dans un examen vous devriez être en mesure de faire un schéma qui illustre ce que vous venez d'inscrire dans le paragraphe précédent, ce qui revient à reproduire la **figure 2.7**.

En fait, on obtient seulement un rapport entre la distance planète-Soleil et la distance Terre-Soleil. À l'époque, cette dernière distance était très incertaine (méthode d'Aristarque), et on a dissimulé le problème en définissant la distance Terre-Soleil comme valant 1 _____ (symbole : _____).

La distance des planètes supérieures

Cette section est au programme, mais n'est pas sujette au test de lecture.

La sphère des étoiles éclate

Le déplacement de la position apparente d'un objet dû à un changement de position de l'observateur se nomme _____. En exploitant le mouvement de la Terre autour du Soleil, cette quantité est assez facile à mesurer pour les planètes (figure 2.8), mais pas pour les étoiles. Il y a deux possibilités qui expliquent cela :

1. Copernic a tort : la Terre _____.
2. Les étoiles sont _____ que le changement de position de la Terre au cours de l'année n'entraîne pratiquement aucune différence de perception pour un observateur terrestre.

Dans un examen vous devriez être en mesure de faire un schéma qui illustre cette deuxième possibilité, ce qui revient à reproduire la **figure 2.9**.

Lorsqu'on réalise que la bonne explication est la deuxième, on doit conclure que les étoiles sont si éloignées que leur luminosité réelle se compare à celle _____.

Ainsi, Copernic aura révolutionné notre perspective cosmique de deux façons :

1. _____
2. _____

2.6 La détermination de l'unité astronomique (p. 84)

Au 17^e siècle, la première détermination relativement précise de la valeur de l'unité astronomique a été faite indirectement en mesurant la distance de la planète _____ par triangulation, en combinant une ligne de visée entre la ville de _____ et la planète et une ligne de visée entre une ville en Amérique _____ et la planète.

De nos jours, on mesure la distance des planètes à l'aide de la technique du _____, qui consiste à envoyer une _____ vers une planète et à chronométrer le temps requis pour l'aller-retour. Comme on connaît la vitesse de la lumière avec une précision de 1 pour _____, on peut déterminer les distances avec une très grande précision.

En faisant rebondir un rayon laser sur un _____ placé sur la Lune par les _____, on peut déterminer la distance de la Lune à _____ près.

2.7 La parallaxe des étoiles (p. 85)

La méthode du radar ne peut s'appliquer aux étoiles, parce que :

1. Le _____ d'attente serait trop long.
 2. L' _____ serait trop faible.
- On utilise plutôt la technique de la _____ : on prend une ligne de visée à un moment donné, et une seconde _____.
- On procède ensuite par triangulation.

On mesure habituellement la parallaxe annuelle d'une étoile en secondes d'arc (symbole : ") :

$$1'' = (1/\text{_____})^{\text{ème}} \text{ de degré.}$$

Un parsec correspond à la distance à laquelle la parallaxe annuelle d'une étoile vaut _____.

$$1 \text{ pc} = \text{_____ a.l.}$$

À l'heure actuelle, les mesures les plus précises de parallaxe annuelle dont disposent les astronomes ont été prises par _____.

On obtient ainsi les distances des étoiles jusqu'à _____ a.l. environ (au-delà, l'incertitude dépasse 30 %).

2.8 La relation intensité-luminosité-distance (p.87)

La brillance apparente d'une étoile dans le ciel se nomme _____. La quantité réelle de lumière qu'elle émet se nomme _____.

À distance égale, l'intensité est _____ proportionnelle à la luminosité.

À luminosité égale, l'intensité est _____ au _____ de la distance (figure 2.13).

L'unité SI de la luminosité est le _____, mais pour décrire les étoiles, on préfère utiliser _____ (symbole : _____).

L'unité SI de l'intensité est le W/m^2 , mais les auteurs du livre ont inventé une nouvelle unité, le _____, qui correspond à l'intensité de _____.

Des trois variables D , L et I , seulement _____ est directement mesurable.

Lorsque la technique de la parallaxe annuelle ne s'applique pas ($D > 1000$ a.l.), on peut trouver la distance d'un objet avec la relation intensité-luminosité-distance à condition que l'on réussisse à trouver une façon de déterminer _____.

2.9 La luminosité des étoiles (p. 88)

Pour déterminer la luminosité d'une étoile **B** trop lointaine pour appliquer la technique de la parallaxe annuelle, on essaie de trouver une étoile **A** rapprochée, dont la luminosité est déjà connue, et qui aurait la même couleur et la même catégorie de taille : naine, normale ou géante... ce qu'on détermine par une analyse détaillée du spectre de l'étoile. On suppose alors que l'étoile **B** à la même _____ que l'étoile **A**, et on applique la relation intensité-luminosité-distance. On appelle cela la méthode _____.

Pour une étoile isolée, cette méthode est assez imprécise, mais elle donne de bons résultats lorsqu'on fait une moyenne sur un amas d'étoiles.

Les céphéides sont des étoiles géantes de couleur _____ qui ont la propriété de changer de luminosité de manière périodique. Au début du 20^e siècle, une astronome observant une petite galaxie satellite de la Voie Lactée, le Petit Nuage de Magellan, remarqua que l'intensité des céphéides

dans le Nuage était proportionnelle à leur _____ . Comme les étoiles du Nuage sont toutes à peu près _____ , cela implique que la _____ des céphéides est proportionnelle à leur période. Aujourd'hui, on a déterminé la constante de proportionnalité, et on peut ainsi se servir des céphéides que contient une galaxie pour déterminer sa distance. Cette technique s'applique jusqu'à environ _____ a.l.

2.10 L'étendue de la Voie Lactée (p. 91)

Le télescope de Galilée a révélé que la traînée blanchâtre de la Voie Lactée est en fait constituée _____ .

La Voie Lactée nous apparaît comme une bande mais elle est en fait en forme de _____ , et nous nous trouvons à l'intérieur.

Au début du 20^e siècle, en comptant les étoiles dans divers secteurs du ciel et à partir de la distance connue de certaines d'entre elles, Kapteyn est arrivé à la conclusion que le Soleil était situé _____ d'un disque aplati de _____ a.l. de diamètre. On donna à ce modèle le nom _____ .

Aujourd'hui, on sait que le Soleil n'est pas au centre et que le véritable diamètre de la Voie Lactée est _____ fois plus grand. Kapteyn avait sous-estimé la taille de la Voie Lactée à cause de _____ qui empêche de voir clairement dans le plan de la galaxie.

Environ 20 ans plus tard, Shapley analysa la distribution en 3 dimensions de la centaine d'_____ qui gravitent autour de la Voie Lactée en se servant des céphéides qu'ils contiennent, et il réalisa que le centre d'attraction de la Voie Lactée n'est pas le Soleil mais bien un point éloigné dans la constellation du _____ .

Quel est le parallèle historique que l'on peut faire entre Copernic et Shapley ?

2.11 Des nébuleuses jusqu'aux confins de l'Univers observable (p. 95)

Avant 1925, beaucoup d'astronomes pensaient que l'Univers se limitait à la Voie Lactée et que les nébuleuses étaient toutes des petits nuages des gaz dans la Voie Lactée. En 1925, _____ découvrit des céphéides dans la « nébuleuse » _____ , et il détermina qu'elle se trouvait bien en dehors de la Voie Lactée.

Aujourd'hui, on connaît des galaxies si éloignées que la méthode des céphéides ne s'applique plus. Pour déterminer les distances, on utilise alors d'autres classes d'objets dont tous les représentants ont à peu près _____ : ces classes d'objets sont nommées _____ .

Donnez-en 3 exemples :

_____ ,
 _____ ,
 _____ .

C'est en mesurant la distance des galaxies lointaines qu'on a découvert le phénomène de l'expansion de l'Univers.

La détermination des distances en astronomie est un échafaudage de techniques, chaque méthode se basant sur les précédentes. Quel inconvénient pratique cela a-t-il ? _____

Aux limites de l'Univers observable, l'incertitude sur les distances vaut \pm _____ %.

Qui a dit que chaque génération ne parvenait à voir plus loin qu'en se hissant sur les épaules de géants de ses prédécesseurs ? _____

Les compléments 2.1 et 2.2 ne sont pas au programme.

Le complément 2.3 est au programme, mais n'est pas sujet au test de lecture.

QUESTIONS DE RÉVISION (p. 102-103)

1	2	3	4	☒	☒	7	☒	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
☒	☒	23	☒	☒	☒				

PROBLÈMES (p. 103)

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	☒	☒	☒
☒	P12	☒	P14						

REMARQUE IMPORTANTE CONCERNANT LES UNITÉS DANS LES FORMULES

Les équations 2.8 et 2.3 ne diffèrent que par leurs unités.

équation 2.8 :
$$I = \frac{L}{4\pi D^2}$$

équation 2.3 :
$$I(\text{sir}) = 2,02 \frac{L(L_{\odot})}{D^2(\text{a.l.})}$$

- Lorsqu'on n'indique pas les unités dans une équation (comme c'est le cas dans l'équation 2.8), il faut utiliser par défaut les unités SI (les unités « standard » du système international basées sur le kilogramme, le mètre et la seconde).

- Lorsqu'on indique spécifiquement entre parenthèses les unités dans une équation (comme c'est le cas pour l'équation 2.3), il faut nécessairement exprimer les variables dans ces unités pour que la formule soit valide.

