

# CALCULER L'ÉCLIPSE

## Brève description

Les élèves calculent les tailles relatives de la Lune et du Soleil dans le ciel et les comparent à d'autres lunes de notre système solaire. Les élèves du primaire et du premier cycle du secondaire utilisent des rapports pour cet exercice, et les élèves du deuxième cycle du secondaire utilisent le diamètre apparent (trigonométrie).

Niveau scolaire : Fin du primaire au secondaire

Temps de préparation : Aucun

Durée : activité préparatoire et/ou 1 période (à élaborer à votre goût)

Mots-clés : éclipse, Terre, Lune, Soleil, Mars, Jupiter, éclipse solaire, rapports, géométrie, diamètre apparent, trigonométrie

## Intentions pédagogiques

- ★ Appliquer des compétences mathématiques telles que les triangles semblables, la trigonométrie et les rapports à l'astronomie
- ★ Comprendre pourquoi les éclipses totales de Soleil sur Terre sont si spéciales

## Matériel

- Les feuilles d'activité (ci-jointes)
- Crayons, calculatrices

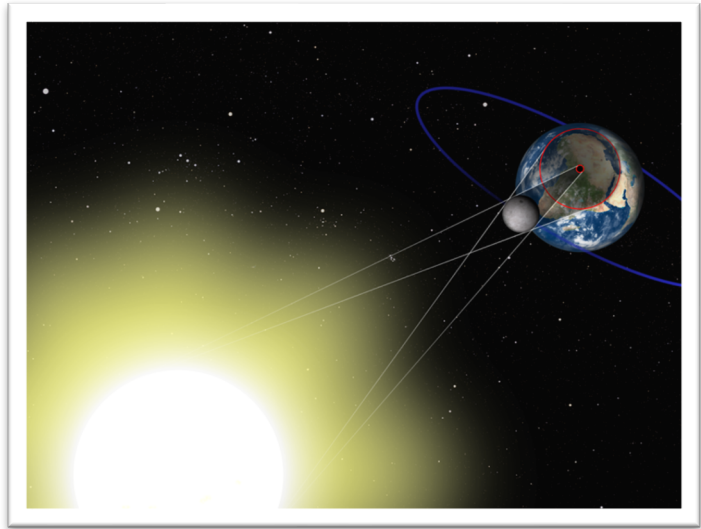
## Introduction

Une éclipse solaire est un événement fascinant qui se produit lorsque la Lune passe entre la Terre et le Soleil sur son orbite, projetant ainsi son ombre sur la Terre. Les éclipses solaires sont rares sur Terre car la Terre, la Lune et le Soleil doivent être parfaitement alignés pour que l'ombre de la Lune tombe sur la Terre et frappe un territoire peuplé. Les éclipses solaires sont encore plus rares si l'on considère le système solaire dans son ensemble - bien que presque toutes nos planètes aient des lunes, les observateurs d'autres planètes ne connaîtraient pas une éclipse solaire de la même manière que nous sur Terre.

Sur Terre, la Lune et le Soleil occupent presque la même surface dans le ciel, de sorte que lors d'une éclipse solaire totale, la Lune peut presque complètement cacher le Soleil. Cela est possible, car même si le Soleil est environ 400 fois plus éloigné de la Terre que la Lune, il est

également environ 400 fois plus grand que la Lune. Sur d'autres planètes, ce rapport n'est pas aussi parfait.

Dans cette activité, nous calculerons les tailles relatives du Soleil et d'une lune dans le ciel pour la Terre, Mars et Jupiter afin de mieux apprécier la rareté de cet événement exceptionnel. Les élèves plus jeunes peuvent réaliser cette activité en utilisant des rapports et les plus âgés à l'aide de la trigonométrie.



*Une éclipse solaire totale : la Lune passe entre la Terre et le Soleil sur son orbite, projetant ainsi son ombre sur la Terre.*

## Préparation

Imprimez les feuilles d'activité ci-jointes.

## Démarche

1. Présentez le concept d'éclipse solaire en classe et expliquez pourquoi les tailles et positions relatives de la Lune et du Soleil font que les deux corps ont à peu près la même taille dans le ciel. Vous pouvez envisager d'utiliser nos activités [Modéliser les éclipses avec des ballons](#) et/ou nos activités [Modéliser les éclipses à l'échelle](#).
2. [Calcul de l'éclipse avec des rapports](#) : complétez la feuille d'activité ci-jointe. Cette activité peut être utilisée comme une activité préparatoire ou dans le cadre d'une période entière. En fonction des capacités de vos élèves, envisagez de fournir uniquement les valeurs de diamètre et de distance et de sauter les questions a) et b) dans chaque section afin que les élèves puissent créer les rapports nécessaires en utilisant des triangles semblables. Adaptez l'activité selon vos besoins !
3. [Calcul de l'éclipse avec le diamètre apparent](#) (les étudiants doivent connaître la trigonométrie) : Présentez la notion de diamètre apparent. Après la feuille d'activité, vous pouvez fournir la formule aux élèves, la calculer en classe ou en petits groupes, ou encore laisser les élèves la calculer seuls. Complétez la feuille d'activité ci-jointe. Cette activité est conçue pour être réalisée comme activité préparatoire ou comme devoir, mais peut être utilisée à une leçon complète si vous le souhaitez.

## Pour aller plus loin

Demandez aux élèves d'essayer les deux méthodes !

Les élèves peuvent approfondir leur réflexion afin de calculer la taille de l'ombre de la Lune sur Terre, à l'aide de l'activité [Calcul de l'ombre de l'éclipse](#) ci-dessous. Il peut être utile de fournir la réponse à la première partie de l'activité aux élèves les plus jeunes et de leur demander de résoudre uniquement la deuxième partie.

Une autre possibilité amusante consiste à calculer quand la dernière éclipse solaire totale devrait se produire ([adapté de Space Math @ NASA](#), les valeurs données sont fournies par [la NASA](#) et [Ask Astro](#)) :

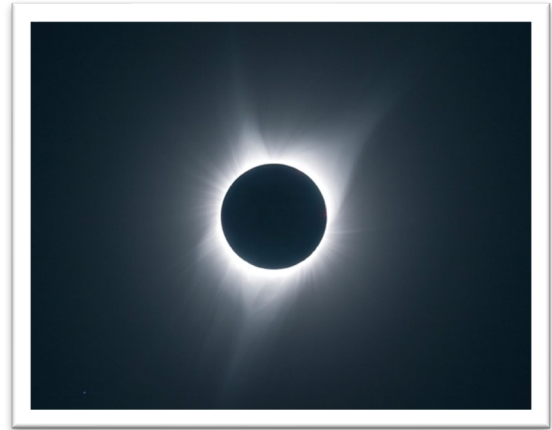
1. Introduisez les orbites elliptiques. La Lune change de distance par rapport à la Terre au cours de son orbite, et la Terre change de distance par rapport au Soleil tout au long de l'année. La distance maximale de la Terre par rapport au Soleil est de 152 100 000 km. La plus petite distance entre la Lune et la Terre est de 363 300 km. La Lune s'éloigne également de la Terre au rythme de 3,8 cm/an.
2. Discutez de ces questions avec vos élèves ou ajoutez-les aux feuilles d'activité :
  - a. À quelle distance maximale de la Terre pourrait se trouver la Lune afin que sa taille apparente corresponde à la plus petite taille du Soleil dans notre ciel ? (Réponse : ~377 643 km)
  - b. De quelle distance de la Terre la Lune se sera-t-elle éloignée ? (Réponse : ~14 343 km)
  - c. Quand cela se produira-t-il ? (Réponse : Dans environ 377 millions d'années ! La véritable période prévue est d'environ 600 millions d'années. Discutez avec vos élèves des raisons pour lesquelles il y a un écart, par exemple, valeurs exactes et valeurs approximatives.)

Les calculs de ces activités offrent également une excellente occasion de discuter des chiffres significatifs et de la notation scientifique.

# CALCUL DE L'ÉCLIPSE AVEC DES RAPPORTS

Une éclipse solaire est un événement fascinant qui se produit lorsque la Lune passe entre la Terre et le Soleil sur son orbite, projetant ainsi son ombre sur la Terre.

Sur Terre, la Lune et le Soleil occupent presque la même surface dans le ciel, de sorte que lors d'une éclipse solaire totale, la Lune peut presque complètement cacher le Soleil. Ce phénomène est unique à la Terre : sur d'autres planètes de notre système solaire, la ou les lunes sont trop petites dans le ciel pour cacher complètement le Soleil ou trop grandes et couvrent également la couronne solaire (l'atmosphère du Soleil).



Une photo de l'éclipse solaire totale de 2017. Crédit : Rémi Boucher

Dans cette activité, nous utiliserons des rapports pour calculer les tailles relatives d'une lune et du Soleil dans le ciel pour la Terre, Mars et Jupiter. Toutes les mesures données sont des valeurs moyennes fournies par [l'Agence spatiale canadienne](#) et [la NASA](#).

## Terre

Des mesures:

- ★ Diamètre de la Lune : 3476 km
- ★ Distance de la Lune à la Terre : 384 400 km
- ★ Diamètre du Soleil : 1 400 000 km
- ★ Distance du Soleil à la Terre : 150 000 000 km

- Quel est le rapport entre la distance de la Lune à la Terre et son diamètre ?
- Quel est le rapport entre la distance du Soleil à la Terre et son diamètre ?
- Pourquoi la Lune cache-t-elle complètement le Soleil lors d'une éclipse solaire depuis la Terre ?

## Mars

Mars a deux lunes : Phobos (« peur ») et Deimos (« panique »). Voyons à quoi ressemble une éclipse solaire sur Mars lorsque Phobos passe entre Mars et le Soleil.

Des mesures:

- ★ Diamètre de Phobos : 22 km
- ★ Distance de Phobos à Mars : 6000 km
- ★ Diamètre du Soleil : 1 400 000 km
- ★ Distance du Soleil à Mars : 227 939 200 km

- a) Quel est le rapport entre la distance de Phobos à Mars et son diamètre ?
- b) Quel est le rapport entre la distance du Soleil à Mars et son diamètre ?
- c) Qu'est-ce qui est le plus gros dans le ciel, Phobos ou le Soleil ? À quoi ressemblerait une éclipse solaire sur Mars ?
- d) Allez plus loin : quel devrait être le diamètre de Phobos pour avoir la même taille que le Soleil dans le ciel depuis Mars ?

## Jupiter

[Selon la NASA](#), Jupiter compte 95 lunes connues à ce jour ! La plus grande lune de Jupiter est Ganymède. Voyons à quoi ressemble une éclipse solaire sur Jupiter lorsque Ganymède passe entre Jupiter et le Soleil.

Des mesures:

- ★ Diamètre de Ganymède : 5262 km
- ★ Distance de Ganymède à Jupiter : 1 070 000 km
- ★ Diamètre du Soleil : 1 400 000 km
- ★ Distance du Soleil à Jupiter : 778 600 000 km

- a) Quel est le rapport entre la distance de Ganymède à Jupiter et son diamètre ?
- b) Quel est le rapport entre la distance du Soleil à Jupiter et son diamètre ?
- c) Qu'est-ce qui est le plus gros dans le ciel, Ganymède ou le Soleil ? À quoi ressemblerait une éclipse solaire sur Jupiter ?
- d) Allez plus loin : quel devrait être le diamètre de Ganymède pour avoir la même taille que le Soleil dans le ciel depuis Jupiter ?

## Réponses

Terre :

- Rapport lunaire : ~110
- Rapport solaire : ~107
- Éclipse : la Lune peut cacher complètement le Soleil, mais pas la couronne. Ils ont à peu près la même taille dans le ciel.

Mars :

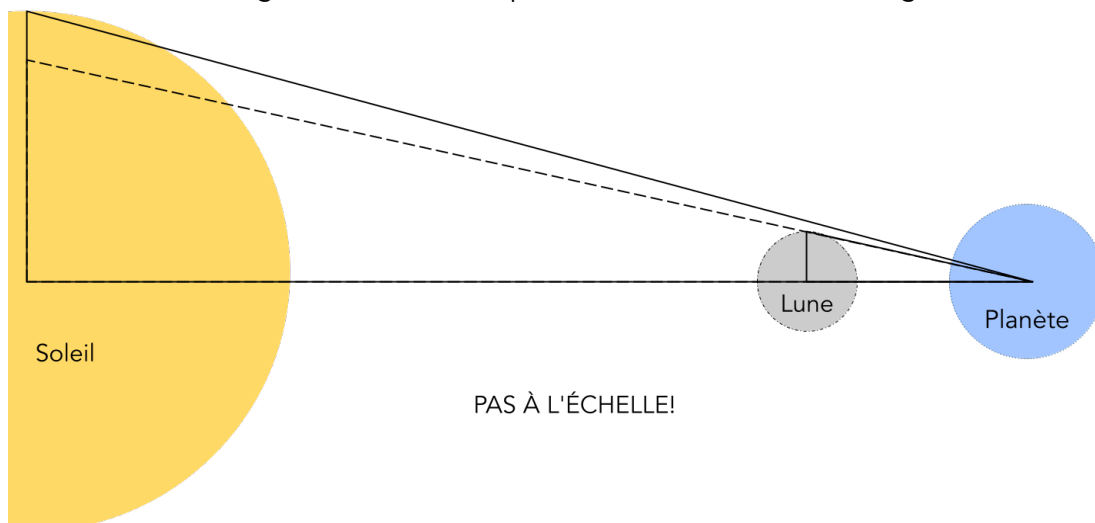
- Rapport Phobos : ~273
- Rapport solaire : ~162
- Éclipse : Phobos est trop petit ! Sa largeur dans le ciel est un peu plus de la moitié de celle du Soleil.
- Calculez le rapport entre la distance entre Mars et le Soleil et la distance entre Mars et Phobos (~ 37 990). Ensuite, divisez le diamètre du Soleil par ce nombre pour obtenir le diamètre nécessaire de Phobos pour créer une éclipse solaire totale (~ 37 km).

Jupiter :

- Rapport Ganymède : ~203
- Rapport solaire : ~556
- Éclipse : Ganymède est trop gros ! Il est presque 3 fois plus large dans le ciel que le Soleil.
- Calculez le rapport entre la distance entre Jupiter et le Soleil et la distance entre Jupiter et Ganymède (~ 728). Ensuite, divisez le diamètre du Soleil par ce nombre pour obtenir le diamètre nécessaire de Ganymède pour créer une éclipse solaire totale (~ 1923 km).

Remarque : les rapports peuvent être l'inverse de ceux présentés ici.

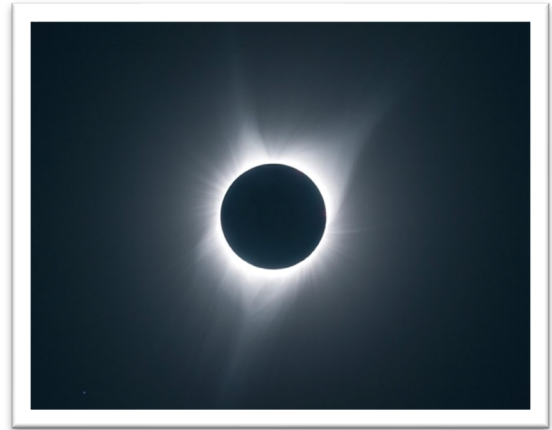
Si vous utilisez des triangles semblables, il peut être utile d'utiliser le diagramme suivant :



## CALCUL DE L'ÉCLIPSE AVEC LE DIAMÈTRE APPARENT

Une éclipse solaire est un événement fascinant qui se produit lorsque la Lune passe entre la Terre et le Soleil sur son orbite, projetant ainsi son ombre sur la Terre.

Sur Terre, la Lune et le Soleil occupent presque la même surface dans le ciel, de sorte que lors d'une éclipse solaire totale, la Lune peut presque complètement cacher le Soleil. Ce phénomène est unique à la Terre : sur d'autres planètes de notre système solaire, la ou les lunes sont trop petites dans le ciel pour cacher complètement le Soleil ou trop grandes et couvrent également la couronne solaire (l'atmosphère du Soleil).



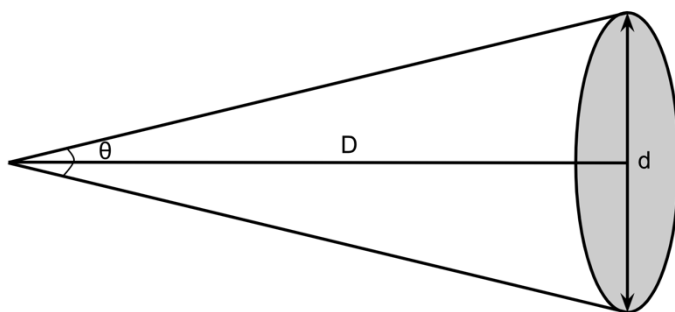
Une photo de l'éclipse solaire totale de 2017. Crédit : Rémi Boucher

Dans cette activité, nous utiliserons des rapports pour calculer les tailles relatives d'une lune et du Soleil dans le ciel pour la Terre, Mars et Jupiter. Toutes les mesures données sont des valeurs moyennes fournies par [l'Agence spatiale canadienne](#) et [la NASA](#).

### Le diamètre apparent

Le *diamètre apparent* est ce que les astronomes utilisent pour mesurer la taille d'un objet dans le ciel. Si les astronomes savent à quelle distance se trouve un objet de la Terre (ce qu'ils peuvent déterminer en regardant les longueurs d'onde ou les couleurs de la lumière émise par l'objet), ils peuvent utiliser le diamètre apparent pour déterminer la taille réelle de l'objet. Dans cette activité, nous ferons le contraire : nous utiliserons les diamètres et les distances du Soleil et des lunes à leurs planètes respectives pour calculer la taille de chaque objet dans le ciel.

Déterminez une formule pour le diamètre apparent. Utilisez le diagramme suivant et votre connaissance des triangles rectangles.



$d$  = diamètre de l'objet

$D$  = distance à l'objet

$\theta$  = diamètre apparent



## Terre

Des mesures:

- ★ Diamètre de la Lune : 3476 km
- ★ Distance de la Lune à la Terre : 384 400 km
- ★ Diamètre du Soleil :  $1,4 \times 10^6$  km
- ★ Distance du Soleil à la Terre :  $150 \times 10^6$  km

- a) Quel est le diamètre apparent de la Lune vue de la Terre ?
- b) Quel est le diamètre apparent du Soleil vu de la Terre ?
- c) Pourquoi la Lune cache-t-elle complètement le Soleil lors d'une éclipse solaire totale sur Terre ?

## Mars

Mars a deux lunes : Phobos (« peur ») et Deimos (« panique »). Voyons à quoi ressemble une éclipse solaire sur Mars lorsque Phobos passe entre Mars et le Soleil.

Des mesures:

- ★ Diamètre de Phobos : 22 km
- ★ Distance de Phobos à Mars : 6000 km
- ★ Diamètre du Soleil :  $1,4 \times 10^6$  km
- ★ Distance du Soleil à Mars :  $227,9392 \times 10^6$  km

- a) Quel est le diamètre apparent de Phobos vu de Mars ?
- b) Quel est le diamètre apparent du Soleil vu de Mars ?
- c) Qu'est-ce qui est le plus gros dans le ciel, Phobos ou le Soleil ? À quoi ressemblerait une éclipse solaire sur Mars ?
- d) Allez plus loin : quel devrait être le diamètre de Phobos pour avoir la même taille que le Soleil dans le ciel depuis Mars ?

## Jupiter

[Selon la NASA](#), Jupiter compte 95 lunes connues à ce jour ! La plus grande lune de Jupiter est Ganymède. Voyons à quoi ressemble une éclipse solaire sur Jupiter lorsque Ganymède passe entre Jupiter et le Soleil.

Des mesures:

- ★ Diamètre de Ganymède : 5262 km
- ★ Distance de Ganymède à Jupiter :  $1,07 \times 10^6$  km
- ★ Diamètre du Soleil :  $1,4 \times 10^6$  km
- ★ Distance du Soleil à Jupiter :  $778,6 \times 10^6$  km

- a) Quel est le diamètre apparent de Ganymède vu de Jupiter ?
- b) Quel est le diamètre apparent du Soleil vu de Jupiter ?
- c) Qu'est-ce qui est le plus gros dans le ciel, Ganymède ou le Soleil ? À quoi ressemblerait une éclipse solaire sur Jupiter ?
- d) Allez plus loin : quel devrait être le diamètre de Ganymède pour avoir la même taille que le Soleil dans le ciel depuis Jupiter ?

## Réponses

Formule du diamètre apparent :

$$2 \arctan\left(\frac{d}{2D}\right)$$

Terre :

- a) Diamètre apparent de la Lune :  $\sim 0.518^\circ$
- b) Diamètre apparent du Soleil :  $\sim 0.535^\circ$
- c) Éclipse : la Lune peut cacher complètement le Soleil, mais pas la couronne. Ils ont à peu près la même taille dans le ciel.

Mars :

- a) Diamètre apparent de Phobos :  $\sim 0.210^\circ$
- b) Diamètre apparent du Soleil :  $\sim 0.352^\circ$
- c) Éclipse: Phobos est trop petit ! Sa largeur dans le ciel est un peu plus de la moitié de celle du Soleil.
- d)  $\sim 37$  km

Jupiter :

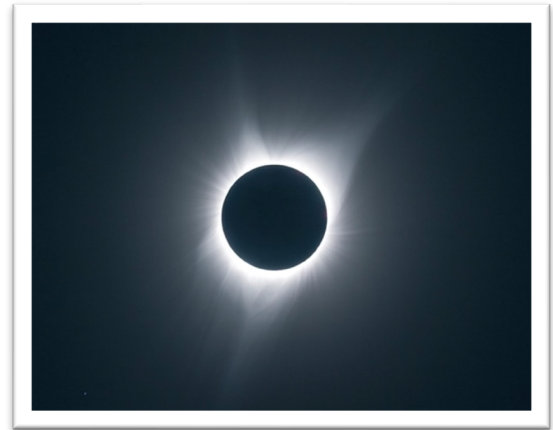
- a) Diamètre apparent de Ganymède :  $\sim 0.282^\circ$
- b) Diamètre apparent du Soleil :  $\sim 0.103^\circ$
- c) Éclipse: Ganymède est trop gros ! Il est presque trois fois plus large dans le ciel que le Soleil.
- d)  $\sim 1923$  km

# CALCUL DE L'OMBRE DE L'ÉCLIPSE

(Adapté de « Epic Eclipse » de la NASA)

Une éclipse solaire est un événement fascinant qui se produit lorsque la Lune passe entre la Terre et le Soleil sur son orbite, ce qui amène le Soleil à projeter une ombre de la Lune sur la Terre.

Lors d'une éclipse solaire totale, la Lune bloque complètement le Soleil sur une petite partie de son ombre. La taille de cette ombre détermine la partie de la surface de la Terre qui se trouvera dans la totalité de l'éclipse



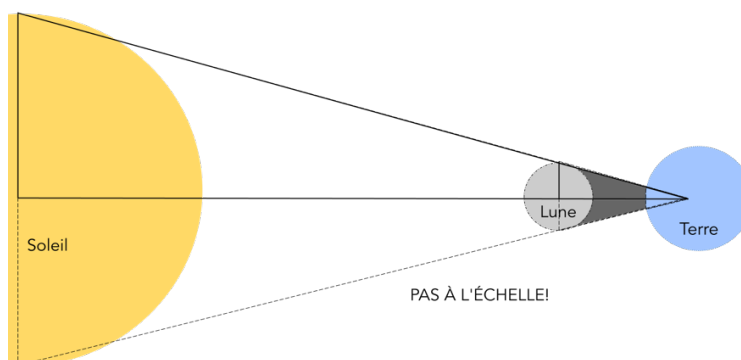
Une photo de l'éclipse solaire totale de 2017. Crédit : Rémi Boucher

Dans cette activité, nous utiliserons des triangles semblables pour déterminer l'aire de l'ombre de la Lune lors d'une éclipse totale de Soleil. Notez que cette activité nécessite la résolution de problèmes en plusieurs étapes. Toutes les mesures données sont des valeurs moyennes fournies par [l'Agence spatiale canadienne](#) et [la NASA](#).

## Estimation du cône d'ombre

L'ombre de la Lune sur la Terre lors d'une éclipse solaire totale sera généralement une ellipse, mais nous supposerons dans cette activité qu'il s'agit d'un cercle. Nous ne tiendrons pas compte non plus des aspects tels que la topographie et supposerons que la Lune et la Terre sont des sphères lisses.

Lorsque le Soleil éclaire la Lune, l'ombre de la Lune crée un cône qui rencontre la surface de la Terre. Le sommet du cône n'est pas nécessairement au centre de la Terre. Utilisez le diagramme ci-dessous et les distances connues pour déterminer la longueur du cône d'ombre projeté par la Lune s'il n'était pas bloqué par la Terre. Pensez à utiliser des triangles semblables et notez que les distances données correspondent aux surfaces extérieures des objets, et non à leurs centres.



Des mesures :

- ★ Diamètre du Soleil : 1 400 000 km
- ★ Distance du Soleil à la Terre : 150 000 000 km
- ★ Diamètre de la Lune : 3476 km
- ★ Distance minimale de la Lune à la Terre : 363 300 km
- ★ Diamètre de la Terre : 12 742 km

a) Trouver la longueur du cône d'ombre.

## Zone d'ombre

Connaissant la longueur du cône d'ombre depuis la Lune jusqu'à son sommet (s'il n'était pas bloqué par la Terre), nous pouvons trouver la zone de l'ombre à cette intersection à l'aide de triangles semblables. Essayez de redessiner la partie Lune et Terre du diagramme ci-dessus pour vous aider !

Dessinez le système !

a) Trouvez la partie de l'ombre de la Lune qui est bloquée par la Terre.

b) À l'aide de triangles semblables, trouvez le rayon de l'ombre de la Lune à la surface de la Terre.

c) Quelle est la surface de l'ombre de la Lune lors d'une éclipse totale de Soleil ?

## Réponses

Vous et vos élèves remarquerez peut-être que nous prenons la plus petite distance entre la Terre et la Lune pour cette activité, au lieu de la distance moyenne entre elles. Cela permet de s'assurer que le cône d'ombre croise la Terre et que la Lune projette réellement une ombre sur la Terre. Il est également possible d'utiliser des distances spécifiques pour des jours spécifiques où des éclipses totales de Soleil se sont produites ou se produiront. Nous vous encourageons à le faire car vous pourrez alors comparer vos résultats pour la zone d'ombre avec ce qui a été observé ou ce qui est attendu.

Estimation du cône d'ombre : a) ~376 536 km

- ★ Raisonement : Nous pouvons créer des triangles rectangles semblables en utilisant le diagramme de l'activité, un qui va du sommet du cône au centre du Soleil (triangle plus grand) et un qui va du sommet du cône au centre de la Lune (triangle plus petit). La longueur du plus grand triangle est la longueur du plus petit triangle plus la distance du Soleil à la Lune plus le rayon de la Lune et le rayon du Soleil, et sa hauteur est le rayon du Soleil. Vous pouvez trouver la distance entre le Soleil et la Lune lors d'une éclipse totale de Soleil en soustrayant la distance entre la Lune et la Terre de la distance entre la Terre et le Soleil. La hauteur du plus petit triangle correspond au rayon de la Lune et sa longueur est inconnue. Résolvez la longueur du plus petit triangle.

Zone d'ombre : a) ~11 692 km

- ★ Raisonement : Il existe plusieurs façons de trouver cette valeur. Une option consiste à remarquer que la longueur du cône d'ombre peut être décomposée en distances connues, notamment le rayon de la Lune, la distance entre la Lune et la Terre et la longueur du cône bloqué par la Terre, ce qui correspond à la longueur du cône d'ombre, que nous voulons trouver. Pour d'autres orientations du système, la longueur de l'ombre peut s'étendre au-delà du centre de la Terre. Ensuite, la longueur de l'ombre coupée par la Terre peut être trouvée en soustrayant la longueur du cône de la distance entre les centres de la Terre et de la Lune.

Zone d'ombre : b) ~54 km

- ★ Raisonement : Le cône d'ombre de la Lune jusqu'à son sommet et le cône d'ombre de la surface de la Terre jusqu'à son sommet sont des triangles semblables. La hauteur du plus grand triangle est le rayon de la Lune et nous avons trouvé sa longueur dans la première question. La longueur du plus petit triangle est celle que nous avons trouvée dans la question précédente, et nous résolvons pour déterminer sa hauteur.

Zone d'ombre : c) ~9161 km<sup>2</sup>

- ★ Trouvez l'aire du cercle en utilisant  $A = \pi r^2$