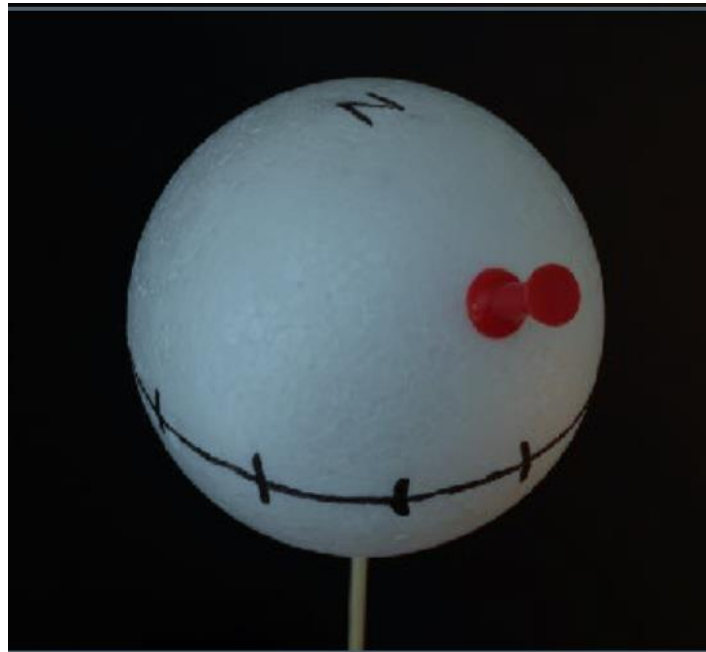


Découvrir l'astronomie à la manière des astronomes

SITUATION D'APPRENTISSAGE ET D'ÉVALUATION
EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE

2^E CYCLE DU PRIMAIRE



Les images de cette SAÉ proviennent du Centre de développement pédagogique (CDP)

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

Rédaction

Jonathan Richer
Conseiller pédagogique en science et technologie au primaire et au secondaire
Service des ressources éducatives, Commission scolaire des Affluents

Collaboration

Pierre Chastenay, Ph. D., Université du Québec à Montréal

Audrey Girard, conseillère pédagogique, Commission scolaire des Affluents

Un projet subventionné par le Programme NovaScience 2016-2017 (Volet 2)

Source des images : Centre de développement pédagogique (CDP)



Pour obtenir les trois documents :

« *Découvrir l'astronomie à la manière des astronomes - Guide de l'enseignant 2^e cycle PRIM.docx* »

« *Découvrir l'astronomie à la manière des astronomes - Cahier de l'élève 2^e cycle PRIM.docx* »

« *Découvrir l'astronomie à la manière des astronomes 2^e cycle PRIM.pptx* »

Réseau de l'éducation primaire et secondaire: jonathan.richer@cnda.ca

Réseau universitaire: chastenay.pierre@uqam.ca

Mise en garde

Cette SAÉ a été produite suite à une formation de deux jours en astronomie ainsi que de l'accompagnement avec des enseignants. Elle vise d'abord à soutenir les participants à cette formation, bien qu'on y ait ajouté suffisamment d'indications pour que tout enseignant de science et de technologie puisse piloter sa séquence d'enseignement de l'astronomie en s'y référant.

Pour faciliter l'enseignement à distance de cette activité:

Dans un premier temps, vous pouvez envoyer un courriel aux parents et à vos élèves afin qu'ils puissent installer le gratuit Stellarium. L'utilisation est simple et intuitive. Puis, vous pouvez expliquer rapidement l'activité afin que les parents acceptent que leurs enfants se couchent un peu plus tard selon le moment de l'année où vous choisirez de vivre l'activité.

Dans un second temps, invitez les élèves à participer à une visioconférence pour présenter l'activité. Nous vous suggérons d'enregistrer cette rencontre et de la rendre accessible à vos élèves. Ils pourront la revoir pour se rappeler des consignes à suivre.

Le cahier de l'élève peut être déposé dans un nuage et les élèves le consulte c'est une façon rapide de procéder. Toutefois, il y a tout à gagner à utiliser un forum de discussion pour la première étape des conceptions initiales lié à la question: *Construis un modèle pour expliquer comment la Lune peut changer d'apparence durant son cycle lunaire.* Il est préférable d'utiliser le tableau proposé dans lequel les élèves dessine les phases de la Lune plutôt que de leur proposer de prendre des photos. Le dessin d'observation est une façon d'observer pour comprendre. Comment? Vos élèves doivent faire une illustration fidèle à ce qu'ils voient ainsi cela demande une observation rigoureuse et minutieuse des détails. Les connaissances se construisent dans l'action. Si possible, selon le matériel disponible en classe ou à la maison il est souhaitable de faire l'activité de modélisation. Vous pouvez l'adapter selon le matériel: par exemple des boules de Noël peuvent très bien remplacer les boules de styromousse et même des fruits. Demander à vos élèves d'être créatifs et soyez indulgents avec l'échelle de taille de la Terre par rapport à la Lune!

Découvrir l'astronomie à la manière des astronomes

Science et technologie – 2^e cycle du primaire

Intentions pédagogiques

Cette situation d'apprentissage permet à l'élève de :

- mettre en œuvre la démarche de modélisation en science et technologie. Cette démarche vise à passer d'une représentation mentale à un modèle concret dans le but d'affiner sa compréhension;
- enrichir sa culture scientifique en procédant à l'observation systématique d'un phénomène naturel ;
- s'approprier les mécanismes des phases lunaires, des éclipses et du cycle diurne en procédant à un changement conceptuel ;
- travailler en collaboration dans une perspective socioconstructiviste.

Contexte proposé

Les élèves observeront la Lune pendant un cycle lunaire complet, en direct ou à l'aide d'un gratuiciel d'astronomie. Cette approche fortement contextualisée est susceptible d'intéresser les élèves et leur permettra de mieux comprendre comment les astronomes procèdent pour faire avancer les connaissances.

Compétences en science et technologie

- Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.
- Mettre à profit les outils, objets et procédés de la science et de la technologie.
- Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Énoncés de la *Progression des apprentissages*

Légende :

* : Travaillé

↻ : Cycle(s) précédent(s)

+ : Si désiré

La Terre et l'espace

D. Systèmes et interaction

1. Lumière et ombre

↻ a. Décrire l'influence de la position apparente du Soleil sur la longueur des ombres

2. Système Soleil-Terre-Lune

↻ a. Associer le Soleil à une étoile, la Terre à une planète et la Lune à un satellite naturel

* b. Décrire les mouvements de rotation et de révolution de la Terre et de la Lune

* c. Illustrer les phases du cycle lunaire (pleine lune, nouvelle lune, premier et dernier quartiers)

* d. Illustrer la formation des éclipses (lunaire, solaire)

E. Techniques et instrumentation

1. Utilisation d'instruments d'observation simples

- + a. Utilisation adéquate d'instruments d'observation simples (loupe, binoculaire, jumelles)

F. Langage approprié

1. Terminologie liée à la compréhension de la Terre et de l'espace

- * a. Utiliser adéquatement la terminologie associée à l'univers de la Terre et de l'espace
- * b. Distinguer le sens d'un terme utilisé dans un contexte scientifique et technologique du sens qui lui est attribué dans le langage courant (ex. : espace, révolution)

2. Conventions et modes de représentation propres aux concepts à l'étude

- * a. Communiquer à l'aide des modes de représentation adéquats dans le respect des règles et des conventions propres à la science et à la technologie (symboles, graphiques, tableaux, dessins, croquis)

Évaluation des apprentissages

Les critères d'évaluation ainsi que les éléments favorisant la compréhension des critères en lien avec les activités proposées sont intégrés au cahier de l'élève. Comme il s'agit d'une tâche en contexte et faisant appel à l'élaboration d'une démarche de modélisation, tous les critères peuvent faire l'objet d'une rétroaction de la part de l'enseignant.

Autres considérations pédagogiques

- Idéalement, commencer la SAÉ au premier quartier de lune. L'observation en direct de la Lune par les élèves sera plus aisée parce qu'elle sera potentiellement visible à la sortie des classes et en début de soirée.
- Le document PowerPoint contient plusieurs pistes d'animation dans la section réservée aux notes de l'intervenant. Des hyperliens et des vidéos sont insérés dans certaines diapositives.
- Le logiciel Stellarium est essentiel pour compléter les observations. Il est recommandé de se familiariser à l'avance avec ses fonctions (voir annexe) avant de l'utiliser en classe. Si les élèves y ont accès, l'expérience est encore plus intéressante pour eux.
- Pour vivre pleinement l'expérience de la modélisation, il faut plonger la salle dans le noir. Pour y arriver, on peut cacher les fenêtres avec des rideaux noirs ou chercher un local sans fenêtre.

Le lexique associé à la SAÉ

Modèle

Rotation et révolution

Éclipse

Termineur

Mers lunaires

Phases

Ombre propre

Croissant

Prédiction

Références complémentaires utiles

Animation *La Terre*

<http://www2.cslaval.qc.ca/cdp/UserFiles/File/previews/terre/>

Les phases de la lune expliquées (pour enseignant)

<http://youtu.be/WFC5HIXEn1s>

À la découverte de l'univers – formations et ressources en astronomie pour enseignants

<http://www.discovertheuniverse.ca/fr/accueil/>

Modélisations en classe (exemples pour l'enseignant)

<https://www.youtube.com/watch?v=HWOJ5gg-tWo&t=29s> (Modèle boules et baguettes 1)

<https://www.youtube.com/watch?v=ONv1N9LI238> (Modèle boules et baguettes 2)

https://www.youtube.com/watch?v=EyoV9_HntD4 (Modèle avec cerceau)

<https://www.youtube.com/watch?v=OCZtrOe1Yw8&t=8s> (Modèle avec corde)

Survol de la situation d'apprentissage et d'évaluation

Phase de préparation

1. La recherche en astronomie
2. Questionnement et conceptions initiales
3. Construis ton premier modèle du cycle lunaire
4. Anticipations des observations
5. Observations systématiques de la Lune
6. Vérifier les connaissances antérieures et les conceptions initiales

Phase de réalisation

1. Observations systématiques de la Lune
2. Modélisation du cycle diurne
3. Bilan des observations systématiques de la Lune
4. Modélisation A : géocentrique avec cerceau
5. Modélisation B : géocentrique avec une seule source
6. Modélisation C : vue de l'extérieur, avec corde
7. Modélisation D : vue de l'extérieur, avec deux boules (T+L) et source
8. Évaluation de la démarche de modélisation

Phase d'intégration et de réinvestissement

1. Retour sur les observations
2. Les éclipses
3. Les phases d'autres planètes et satellites

Notes importantes à considérer à propos de ce guide de l'enseignant

Les prochaines pages de ce guide sont liées au cahier de l'élève. On y trouve des propositions pour l'animation. Pour répondre à une intention pédagogique particulière, on adaptera le cahier en fonction de la classe visée, du moment dans le cycle et de l'expérience (ou de l'autonomie) des élèves.

Ce guide présente sous tous ses aspects le déroulement de l'activité (canevas, animation, préparation du matériel, etc.), et ce, afin d'éviter la multiplication de documents. Tout en proposant de faire vivre aux élèves une démarche d'observation et de modélisation, les prochaines pages proposent des suggestions d'animation en lien avec le cahier de l'élève.

L'animation proposée peut paraître linéaire. Toutefois, il sera avantageux de revenir occasionnellement en arrière pour repenser à la question d'origine, aux conceptions fréquentes et à leur évolution, aux outils permettant la collecte des données recherchées...

Finalement, ce guide et les documents afférents ont été produits suite à dix heures de formation des enseignants du primaire et du secondaire. Il ne saurait remplacer une formation de base organisée par un expert en didactique de l'astronomie; il s'inscrit plutôt en complémentarité à celle-ci.



Phase de préparation

Mise en contexte, conceptions initiales et observations

Temps estimé : 50 à 75 minutes (à valider)

1. La recherche en astronomie

Expliquer aux élèves que l'astronomie, contrairement aux autres sciences, ne peut pas procéder par expérimentation directe. L'observation systématique et la prise de notes sont les seules manières de collecter des données pour tenter de comprendre les phénomènes astronomiques. Expliquer que le processus habituel de recherche en astronomie est le suivant : questionnement → observations → modélisation → prédiction, et ainsi de suite.

2. Questionnement et conceptions initiales

Faire dégager les observations des élèves concernant l'espace et, plus précisément, la Lune. Le but de ce remue-méninge est de situer l'environnement d'observation de la Lune et de s'approcher graduellement du questionnement désiré : « comment se fait-il que la Lune change d'apparence durant son cycle lunaire ? »

3. Construis ton premier modèle du cycle lunaire

Les élèves doivent d’abord émettre une hypothèse sur le fonctionnement du cycle lunaire. Le schéma annoté convient bien pour l’opération, bien que d’autres formules peuvent s’avérer efficaces. Il est souhaitable que le schéma soit d’abord produit individuellement, puis révisé en dyade pour qu’une première révision soit entamée. L’enseignant a avantage à cerner les conceptions initiales répandues dans la classe.

Évaluation du premier modèle

Aspects à considérer :

- Le croquis permet de comprendre comment l’élève se représente le phénomène (clarté).
- Les annotations assistent le lecteur dans sa compréhension des éléments du croquis (Terre, Lune, flèches, codes de couleur, rayons du Soleil...).
- Les explications complètent le schéma en précisant comment la Lune change d’apparence dans le temps.

Construit ton premier modèle avec un coéquipier

Construit un modèle pour expliquer comment la lune peut changer d’apparence durant son cycle lunaire.

- ✦ Le modèle doit prendre la forme d’un croquis annoté
- ✦ Tu dois ajouter des explications (orales ou écrites, selon les consignes)



Noms : _____

4. Anticipations des observations

Demander aux élèves de découper les images des différentes phases de la Lune qui se trouvent en annexe du cahier de l’élève. Coller les images des phases dans l’ordre que les élèves pensent qu’ils pourront les observer dans les prochains jours. Pour les aider à faire le bon premier choix (début du cycle avec la Lune actuelle), montrer une image de la Lune en temps réel <http://aa.usno.navy.mil/imagery/moon>.

Demander aux élèves d’indiquer, si possible, le nom des phases de la Lune. Cet exercice devrait être répété et réussi à la fin de la séquence d’enseignement.

Nom : _____ Groupe : _____



Les phases de la Lune dans l’ordre : ma séquence au début de l’activité (Date : _____)

(Inscrivez les noms que vous connaissez sous chaque image)

--	--	--	--	--	--	--	--

Les phases de la Lune dans l’ordre : ma séquence à la fin de l’activité (Date : _____)

(Inscrivez les noms que vous connaissez sous chaque image)

--	--	--	--	--	--	--	--

Source : Pierre Chastenay, Ph.D., UQAM

5. Observations systématiques de la Lune

Annoncer aux élèves qu’ils devront prendre quelques instants, à chaque jour, pour noter quelques observations à propos de la Lune : date et heure du lever et du coucher, phase, angle avec le soleil, apparence et questions. Rassurer les élèves à l’effet qu’il est normal que certaines données soient manquantes. Il existe des outils permettant de compléter le tableau (en nommer quelques-uns), bien que l’observation en direct (lorsque c’est possible) fasse partie de l’expérience fortement contextualisée de la SAÉ. En informer les élèves et les inciter à remplir le tableau chaque jour plutôt que plusieurs jours à l’avance. Lors des prochains cours, remplir ce tableau (préparer des photocopies du tableau dans le cahier de l’élève).

6. Vérifier les connaissances antérieures et les conceptions initiales

L'observation et la modélisation des phases de la Lune requièrent un certain nombre de connaissances. Voici quelques exemples de connaissances qu'il peut être utile de vérifier :

- La Lune brille en réfléchissant la lumière du Soleil.
- La Terre est ronde et elle fait une rotation sur elle-même en 24 h.
- La Lune est ronde et elle effectue une révolution autour de la Terre en un peu moins d'un mois.
- Le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest (mouvement apparent).
- La Lune est plus près de la Terre que le Soleil.

Il faut tenir compte du niveau des élèves avant de réactiver les connaissances antérieures ou de les aborder pour la première fois. À ce stade, on procède à une évaluation formative des conceptions initiales et on fournit une rétroaction aux élèves.



Trois conceptions erronées fréquentes

La Lune produit sa propre lumière

La compréhension du cycle lunaire est impossible si les élèves pensent que notre satellite naturel est une source de lumière. Cette notion devrait avoir été abordée au 1^{er} cycle du primaire.

Le Soleil fait le tour de la Terre en une journée

Le mouvement diurne apparent de notre étoile d'est en ouest semble si évident que plusieurs élèves du 1^{er} cycle du secondaire expliquent toujours l'alternance jour-nuit par cette conception erronée. Le langage de tous les jours entretient cette conception : « le Soleil va se coucher ».

La Lune n'est visible que la nuit

La Lune peut être observée à différents moments du jour et de la nuit, bien qu'elle soit moins facile à repérer de jour puisque le ciel est clair et que la Lune semble alors moins brillante. Par ailleurs, la littérature jeunesse présente souvent des illustrations où le jour est éclairé par le Soleil et la nuit, par la Lune. Environnement Canada fait de même en utilisant systématiquement une image de la Lune pour illustrer les prévisions météo de nuit! L'observation systématique de la Lune pendant un cycle lunaire complet devrait permettre de faire évoluer cette conception.









Phase de réalisation
Modélisation du cycle diurne
Temps estimé : 75 minutes

1. Observations systématiques de la Lune

L'intention de la SAÉ ayant déjà été présentée, les élèves comprennent pourquoi il faut procéder à des observations rigoureuses et systématiques et noter nos observations. À chaque début de

Fiche d'observation des phases de la Lune

Lever		Coucher		Phase	Angle entre le Soleil et la Lune	Je me pose une question...
Date	Heure	Date	Heure			
					Depuis hier, l'angle entre le Soleil et la Lune... <input type="checkbox"/> a augmenté <input type="checkbox"/> a diminué	
					Depuis hier, l'angle entre le Soleil et la Lune... <input type="checkbox"/> a augmenté <input type="checkbox"/> a diminué	
					Depuis hier, l'angle entre le Soleil et la Lune... <input type="checkbox"/> a augmenté <input type="checkbox"/> a diminué	
					Depuis hier, l'angle entre le Soleil et la Lune... <input type="checkbox"/> a augmenté <input type="checkbox"/> a diminué	
					Depuis hier, l'angle entre le Soleil et la Lune... <input type="checkbox"/> a augmenté <input type="checkbox"/> a diminué	
					Depuis hier, l'angle entre le Soleil et la Lune... <input type="checkbox"/> a augmenté <input type="checkbox"/> a diminué	

cours, utiliser Stellarium (voir annexe) pour relever les informations qui manquent, dont l'angle entre le Soleil et la Lune, qu'il est plus difficile de mesurer en direct sur le ciel. Prendre quelques instants pour écouter les élèves qui auraient noté une question dans la dernière colonne. Le retour rapide, mais fréquent, à cette collecte de données est la meilleure manière d'assurer un engagement cognitif des élèves dans la tâche.

2. Modélisation du cycle diurne

Nous proposons que les élèves s'approprient la démarche de modélisation en astronomie en se pratiquant avec un autre phénomène astronomique : le cycle diurne. À partir d'une question et d'observations systématiques, les élèves devront utiliser le matériel fourni pour concevoir plusieurs modèles pouvant expliquer comment le jour et la nuit peuvent alterner. Des équipes de deux ou trois élèves permettront des discussions enrichissantes et des tempêtes d'idées créatives.

Les élèves pourraient concevoir les modèles suivants, qui permettent tous de rendre compte du mouvement apparent du Soleil à travers le ciel de la Terre tel qu'on l'observe au quotidien :

1. *Le Soleil tourne autour de la Terre en 24 h.* L'hypothèse la plus simple et la plus courante chez les jeunes, inspirée d'une vision géocentrique et de l'absence de sensation liée au mouvement de rotation de notre planète sur elle-même.
2. *La Terre tourne autour du Soleil en 24 h sans tourner sur elle-même.* Hypothèse hybride, combinant la révolution de la Terre autour du Soleil (mouvement héliocentrique, correct) avec une planète qui ne tourne pas sur elle-même (fixité de la Terre, incorrect).
3. *La Terre tourne sur elle-même en 24 h [sans tourner autour du Soleil].* Hypothèse juste, mais incomplète puisqu'il manque la révolution de la Terre autour du Soleil.
4. *La Terre tourne sur elle-même en 24 h [en tournant autour du Soleil].* Hypothèse la plus juste, souvent apprise « par cœur » par les apprenants, mais sans qu'ils la trouvent crédible, soient capables de la réconcilier avec leur « vécu » quotidien, ou qu'ils en aient exploré toutes les conséquences.

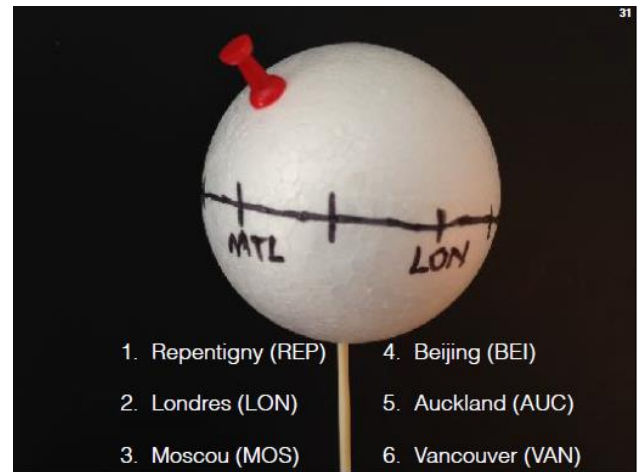
Quel modèle est le bon? Il n'existe malheureusement pas d'observation directe à l'œil nu qui soit décisive. Il existe des preuves physiques (pendule de Foucault) et astronomiques (aberration de la lumière, parallaxe des étoiles) qui prouvent que notre planète est animée d'un mouvement de rotation et d'un mouvement de révolution, mais ces démonstrations sont hors de portée des élèves au primaire.

Le quatrième modèle permet un certain nombre de prédictions.

Dans quel sens la Terre tourne-t-elle sur elle-même? La rotation de la Terre sur elle-même de l'ouest vers l'est est responsable du mouvement apparent du ciel au-dessus de nos têtes de l'est vers l'ouest.

Quelle heure est-il ailleurs sur la Terre? On peut marquer 12 fuseaux horaires et poser quelques questions aux élèves :

- Quelle heure est-il à Beijing lorsqu'il est midi à Repentigny? *Minuit.*
- Quelle heure est-il à Repentigny lorsque le Soleil se lève (6h du matin) à Auckland? *Midi.*
- Quelle heure est-il à Repentigny lorsque le Soleil se couche à Moscou? *Milieu de la matinée (vers 9 h).*





Phase de réalisation
Modélisation du cycle lunaire
Temps estimé : 100 minutes

3. Bilan des observations systématiques de la Lune

Après un cycle lunaire complet, il est nécessaire d'interpréter les résultats, bien que plusieurs constats aient probablement déjà émergé. Il est important que les élèves soient soutenus dans cet effort d'analyse puisque certains constats ne sont pas évidents à dégager. En voici quelques-uns :

- Le cycle lunaire dure environ 28 jours.
- La Lune se lève environ 1 h plus tard d'un jour à l'autre.
- On ne voit pas les mêmes mers lunaires au premier quartier (mers du côté droit du disque lunaire) qu'au dernier quartier (mers du côté gauche du disque lunaire) (voir le vidéo dans le PowerPoint).
- On voit toujours la même face de la Lune (c'est-à-dire les mêmes mers lunaires).
- Lorsque la Lune est en phase croissante (vers la pleine lune), l'angle entre celle-ci et le Soleil augmente graduellement.
- Le terminateur, c'est-à-dire la frontière entre la partie éclairée et la partie sombre de la Lune, avance d'un jour à l'autre toujours de la droite vers la gauche.

Fais le point sur tes observations de la lune. Quels sont les constats?



Primaire	Cr4 Utilisation appropriée de connaissances scientifiques ou technologiques	Production d'explications ou de solutions	
----------	-----------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------	--

- La Lune décroissante (à partir de la pleine lune) se rapproche du Soleil (c'est-à-dire l'angle entre les deux diminue).
- La pleine lune, à 180 degrés du Soleil, se lève au coucher du Soleil et se couche à son lever le lendemain; la nouvelle lune, à 0 degré du Soleil, se lève et se couche avec le Soleil.

C'est à partir des constats que les élèves valideront leurs modèles. Il est donc nécessaire de les avoir à portée de main lors des modélisations suivantes. On devrait également rappeler fréquemment la question qui guide cette démarche : « comment peut-on expliquer la façon dont se déplace la Lune au cours d'un cycle lunaire? »

4. Modélisation A du cycle lunaire : géocentrique avec cerceau

Description : un cerceau de PVC représente l'orbite de la Lune autour de la Terre. Une boule de styromousse (Lune) est intégrée à ce cerceau. La tête de l'élève qui le manipule représente la Terre et ses yeux, la position de l'observateur sur la Terre. Un autre élève tient une lampe de poche jouant le rôle du Soleil.

Le modèle est qualifié de géocentrique parce que l'élève perçoit le phénomène en position d'observateur terrestre. Plusieurs constats décrits plus haut peuvent être actualisés dans ce modèle, mais pas tous. Par exemple, il ne peut pas expliquer pourquoi la Lune se lève toujours environ une heure plus tard chaque jour. Il est important que tous les élèves aient la chance d'essayer ce modèle avant d'en faire une démonstration commentée par l'enseignant.



*Modélisation de la
présentation à l'attention de
l'enseignant seulement*

5. Modélisation B du cycle lunaire : géocentrique avec une seule source et une boule par élève

Description : chaque élève tient à bout de bras devant lui une baguette dans laquelle est piquée une boule de styromousse représentant la Lune. Une seule source de lumière (puissante) représentant le Soleil est allumée pour toute la classe. Pour éviter que les élèves se fassent ombrager, on peut surélever la source et la positionner au centre d'un cercle formé par les élèves; ceci réduira également les situations d'éclipses lunaires involontaires.

Le modèle est également qualifié de géocentrique parce que l'élève perçoit le phénomène en position d'observateur terrestre. Ici, l'élève contrôle la rotation de la Lune, puisqu'il devrait toujours observer la même face lunaire. L'élève devrait mieux percevoir les phases puisqu'il n'y aura qu'une seule source de lumière dans la pièce et qu'il n'y aura pas de cerceau en PVC pour masquer une partie de la boule de styromousse. Il est important que tous les élèves aient la chance d'essayer ce modèle avant d'en faire une démonstration commentée par l'enseignant.

6. Modélisation C du cycle lunaire : vue de l'espace, avec corde

Description : une longue corde refermée en cercle est déposée au sol au centre de la classe : elle représente l'orbite de la lune. 28 morceaux de ruban adhésif sont collés à égale distance les uns des autres pour représenter chacun des 28 jours du cycle lunaire. Un élève se tient debout sur cette corde et sa tête représente la Lune, ou il tient devant lui une boule de styromousse représentant la Lune. Un autre élève se tient à l'extérieur du cercle et pointe vers le cercle une source de lumière représentant le Soleil. L'enseignant est au centre en position d'observateur terrestre.

L'enseignant commente ce modèle tandis que les autres élèves se tiennent à l'extérieur du cercle, en position d'observateurs dans l'espace; pour eux, il s'agit donc d'un modèle allocentrique (allocentrique vient de allo, qui signifie autre, et centrique, du centre; il s'agit de la vue que l'on a depuis l'espace). L'avantage de ce modèle, c'est qu'il permet de dissocier la rotation de la Terre du parcours de la Lune sur son orbite. Ainsi, pour chaque rotation terrestre (24 h, une journée), la Lune ne se déplace que de $1/28^{\text{e}}$ de son orbite autour de la Terre en avançant d'un ruban adhésif au suivant le long de la corde. L'élève-Lune fait toujours face à la Terre, de sorte que la Lune aura complété une seule rotation sur elle-même durant tout son cycle. En effet, la Lune tourne sur elle-même dans le même temps et dans le même sens qu'elle tourne autour de la Terre : on dit que les deux mouvements sont synchrones. Le modèle permet de constater que l'angle entre le Soleil et la Lune, mesuré depuis la Terre, augmente en phase croissante et diminue en phase

décroissante. Cependant, le déplacement du terminateur et l'apparence de la Lune sont moins évidents sur la tête de l'élève-Lune que sur les boules de styromousse. En ce sens, les modèles B et C se complètent bien.



*Modélisation de la
présentation à l'attention
de l'enseignant seulement*

Finalement, par souci d'exactitude du modèle, soulignons que la rotation de la Terre sur elle-même, la rotation de la Lune sur elle-même et son mouvement orbital autour de la Terre se font tous dans le sens antihoraire du point de vue de quelqu'un qui regarderait la scène du plafond de la classe (vue polaire loin au-dessus du pôle nord de la Terre).

7. Modèle D du cycle lunaire : vue de l'espace, avec deux boules (T+L) et source

Description : deux boules de styromousse de tailles différentes représentent la Terre et la Lune. Une lampe de poche joue le rôle du Soleil. Deux ou trois élèves animent le cycle lunaire en contrôlant l'orbite et la rotation de la Terre et de la Lune.

Les élèves sont en position d'observateurs dans l'espace (vue allocentrique). Il peut être avantageux de tracer l'équateur sur la Terre et d'identifier grossièrement notre position dans l'hémisphère nord grâce à une punaise. On peut également situer l'est et l'ouest par rapport à cette punaise, pour faciliter l'observation du « lever et du coucher » du Soleil. Une punaise blanche au centre de la face visible de la Lune et une punaise noire au centre de la face invisible (la face « cachée ») permettront d'illustrer les mouvements de rotation et de révolution synchrones de la Lune pendant un mois. Il est important que tous les élèves aient la chance d'essayer ce modèle avant d'en faire une démonstration commentée par l'enseignant.



*Modélisation de la
présentation à l'attention
de l'enseignant seulement*



*Modélisation de la
présentation à l'attention
de l'enseignant seulement*

8. Évaluation de la démarche de modélisation

La modélisation des phases de la Lune présente plusieurs défis à cause de son caractère tridimensionnel, dynamique et dont l'aspect dépend fortement de la position de l'observateur. Par ailleurs, le problème des échelles de taille et de distance s'ajoute dès qu'un élève évoque une situation d'éclipse. Finalement, il n'est pas facile de tenir compte du plan de l'inclinaison de l'orbite lunaire par rapport à la Terre et au Soleil, qui explique qu'il ne se produit pas d'éclipse lunaire ou solaire à tous les mois.

Pour toutes ces raisons, l'évaluation classique sur papier devient difficile. Il est préférable d'évaluer la maîtrise du modèle pendant que les élèves manipulent le modèle D. Pour pallier à la difficulté d'évaluer tous les élèves pendant l'action, on suggère de demander aux élèves de se filmer tout en expliquant comment ils animent le modèle D. Une attention particulière devra être accordée à l'utilisation par les élèves du vocabulaire approprié et l'identification des bonnes phases en fonction de la position de la Lune autour de la Terre.



Phase d'intégration et de réinvestissement
Temps estimé : 30 minutes (variable)

1. Retour sur les observations

Après avoir étudié avec autant d'attention le phénomène des phases de la Lune, les élèves devraient être capables de refaire l'activité vécue en préparation avec succès. Ils devraient être en mesure de placer convenablement les images de la Lune dans le bon ordre tout en nommant les phases. Il se peut toutefois que certains élèves n'utilisent pas la silhouette distinctive dessinée par les mers lunaires pour placer toutes les phases « à l'endroit ». Cela pourra leur être rappelé au moment de réaliser cette activité.

2. Les éclipses

En utilisant les modèles du cycle lunaire, les élèves ont forcément – et par hasard, bien souvent ! – vécu des situations s'apparentant à des éclipses lunaires ou solaires. Si le modèle qu'ils ont fini par développer s'avère fertile, ils devraient être capables de prédire d'autres phénomènes. Il s'agit de la 4^e étape dans le cycle de recherche des astronomes : la prédiction de nouveaux phénomènes à observer, basés sur le modèle. On peut alors informer les élèves que les éclipses sont relativement rares et qu'il n'y en a pas deux par cycle lunaire : « *pourquoi n'y a-t-il pas d'éclipses solaires et lunaires à chaque mois?* ». Si ce n'est pas déjà fait, les élèves devront nécessairement introduire la question de la taille relative de la Lune par rapport à la Terre, de la distance Terre-Lune et de l'inclinaison du plan de l'orbite lunaire par rapport au plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil, pour que leur modèle puisse apporter un éclairage sur cette nouvelle question. La vidéo suggérée dans le PowerPoint est fort utile pour présenter la puissance d'un modèle animé à l'ordinateur.

3. Les phases d'autres planètes et satellites

Il peut être intéressant d'explorer le potentiel d'un modèle et d'en élargir le champ d'application. Ainsi, le modèle






Photo de la mission Apollo 8 - NASA

alocentrique¹, qui permet d’observer et d’expliquer les phases de la Lune, peut également être utilisé pour observer et expliquer les phases de la Terre vues de la Lune, les phases de Mercure et de Vénus vues de la Terre, les phases des satellites de Jupiter, etc. Le logiciel Stellarium permet de changer facilement la position de l’observateur pour arriver à observer ces phénomènes moins connus.





1. Annexe 1 – Matériel pour les modélisations suggérées

Découvrir l’astronomie à la manière des astronomes

Liste de matériel pour la séquence d’enseignement suggérée, pour une classe de 32 élèves

	Item	Image	Magasin	Fonction	Nombre	Prix total estimé
M o d é l i s a t i o n c y c l e d i u r n e	Boules de styromousse lisse (7 à 10 cm de diamètre)		Dollarama, magasin d’artisanat	<i>Modélisation du cycle diurne (représente la Terre)</i>	16	16 \$
	Baguettes de bambou		Dollarama, épicerie	<i>Modélisation du cycle diurne (axe de la Terre) et phases de la Lune</i>	16	0,20 \$
	Punaises		Dollarama, Bureau en gros (100/paquet)	<i>Modélisation du cycle diurne (position de Lanaudière)</i>	16	
	Lampes de poche		Canadian Tire, Wal-Mart	<i>Modélisation du cycle diurne (Soleil) et phases de la Lune</i>	16	20 \$
	Marqueurs permanents Sharpie noirs, pointe fine		Wal-Mart, Bureau en gros	<i>Modélisation du cycle diurne (dessiner sur la Terre)</i>	16	20 \$
	Bâtons de colle, ruban adhésif, ciseaux		<i>Matériel habituellement disponible dans les écoles</i>	<i>Séquence des phases de la Lune, sur papier</i>	16	
M o d é l i s a	Lampe à pince		Rona (article #4025128)	<i>Modélisation des phases de la Lune (support pour la source de lumière)</i>	1	12,56 \$

¹ « Présenter un point de vue alocentrique sur le SSTL, c’est reconnaître que les phénomènes astronomiques qui y sont associés se déploient dans un espace tridimensionnel et que leur aspect sera différent selon qu’on les observe depuis la surface de la Terre (point de vue géocentrique) ou depuis un point quelconque de l’espace (point de vue alocentrique). » Chastenay, P. SPECTRE 45, 2016.

t i o n p h a s e d e l a L u n e	Ampoule 40W, non givrée		<i>Quincaillerie</i>	<i>Modélisation des phases de la Lune (source de lumière)</i>	1	1,25 \$
	Ampoule 60W, non givrée		<i>Quincaillerie</i>	<i>Modélisation des phases de la Lune (source de lumière)</i>	1	1,25 \$
	Boules de styromousse lisse (7 à 10 cm de diamètre)		Dollarama, magasin d'artisanat	<i>Modélisation des phases de la Lune (représente la Lune)</i>	16	16 \$
M o d è l e d u c e r c e a u	Tuyaux de plomberie blancs en PVC (50 pieds, 1/2")		Rona (article #1159178)	<i>Modélisation des phases de la Lune (orbite en cerceau de 6'3")</i>	8	19 \$
	Connecteurs en laiton mâle-mâle (1/2")		Rona (article #1159183)	<i>Modélisation des phases de la Lune (pour fermer le cerceau)</i>	8	12 \$
	Duck tape		<i>Matériel habituellement disponible dans les écoles</i>	<i>Pour refermer le cerceau, là où se trouve le connecteur en laiton</i>	1	
	Petite scie		<i>Matériel habituellement disponible dans les écoles</i>	<i>Pour couper le tuyau de PVC</i>	1	
	Foret pour perceuse 5/8" diamètre		Rona (article #1354507)	<i>Pour perforer les boules en styromousse (Lune) qui entrent dans le cerceau</i>	1	6 \$
	Boules de styromousse (7 à 10 cm de diamètre)		Dollarama, magasin d'artisanat	<i>Modélisation des phases de la Lune (représente la Lune), à percer et à intégrer dans le cerceau</i>	8	8 \$
	Corde de type Paracorde Everbilt 550 en nylon tressé losange, 50 pieds		Home Dépôt (article #301801) Patrick Morin (article #2545736)	<i>Modélisation des phases de la Lune, corde souple de 25 pieds formant un cercle fermé représentant l'orbite lunaire</i>	1	4 \$
Ruban électrique		Quincaillerie	<i>Modélisation des phases de la Lune, coller des bouts</i>	1	2 \$	

c o r d e				<i>de 4 pouces à chaque 10,7 pouces, pour représenter les 28 jours du cycle lunaire</i>		
-----------------------	--	--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Annexe 2 – Outils numériques

Quelques outils gratuits et en ligne pour l'observation quotidienne des phases de la Lune

Logiciel d'astronomie gratuit pour Mac et PC : *Stellarium*

Stellarium est un logiciel d'astronomie gratuit pour Mac et PC qui transforme votre ordinateur en un véritable planétarium, capable de montrer l'aspect du ciel visible de partout sur Terre et à toute heure du jour et de la nuit.

<http://www.stellarium.org/fr/>

2.

Où trouver le rapporteur d'angle dans *Stellarium* ?

Stellarium propose un rapporteur d'angle très pratique pour mesurer l'angle entre la Lune et le Soleil. Cet outil apparaît normalement dans le menu surgissant du bas de l'écran, mais il faut d'abord l'installer. Voici comment procéder :

1. Dans le menu surgissant de gauche, cliquez sur "Configuration générale" (l'icône ressemble à une clé hexagonale avec une petite étoile à côté);
2. Dans la boîte de dialogue, cliquez sur l'onglet "Plug-ins", en haut à droite;
3. Dans la liste de gauche, repérez et cliquez sur "Mesure d'angle";
4. Sous "Options" (en bas à gauche), cliquez sur "Charger au démarrage";
5. Fermez la boîte de dialogue;
6. Quittez *Stellarium* et ouvrez-le à nouveau et le rapporteur d'angle devrait apparaître dans le menu surgissant du bas.

Une ressource en ligne pour découvrir la phase de la Lune en temps réel

Le site du *U.S. Naval Observatory* (USNO) montre la Lune telle qu'elle se présente dans le ciel au moment où vous cliquez sur le lien ci-dessous !

<http://aa.usno.navy.mil/imagery/moon>

Pour calculer les heures de lever et de coucher de la Lune pour chaque jour (en anglais)

Suivez le lien ci-dessous pour accéder à la page du USNO qui permet de calculer les heures de lever et de coucher de la Lune pour n'importe quel endroit sur Terre. Dans le formulaire B (*Form B - Locations Worldwide*), entrez la date souhaitée et les coordonnées de Montréal (73° 33' Ouest et 45° 30' Nord), puis indiquez que nous sommes dans le fuseau horaire situé à 5 heures à l'ouest de Greenwich (Angleterre). Ensuite, pour obtenir les données voulues, cliquez simplement sur le bouton *Get Data*.

http://aa.usno.navy.mil/data/docs/RS_OneDay.php

Phase	Angle Soleil-Lune	Lever	Coucher	Dans le ciel
Nouvelle Lune	0 degré	Au lever du Soleil	Au coucher du Soleil	Toute la journée (mais invisible)
Premier quartier	90 degrés	Midi	Minuit	Après-midi et première moitié de nuit
Pleine Lune	180 degrés	Au coucher du Soleil	Au lever du Soleil	Toute la nuit
Dernier quartier	90 degrés	Minuit	Midi	Deuxième moitié de nuit et avant-midi