










à Épicure. Si en revanche n'importe quel événement anodin peut tout changer, alors je n'ai pas le droit d'être passif, de ne faire que suivre, de laisser faire. Je dois m'engager.


QUELQUES EXEMPLES DE CARTES-ÉVÉNEMENTS :

<p>ET SI...</p> <p>... l'empire romain avait résisté aux envahisseurs barbares, et existait toujours ?</p> 	<p>ET SI...</p> <p>... Attila, le roi des Huns, n'avait pas été repoussé par les Romains et les Wisigoths, en 451 après J.C., et avait réussi à conquérir toute l'Europe ?</p> 	<p>ET SI...</p> <p>... Clovis 1er, le premier roi chrétien, n'avait pas choisi Paris comme capitale de son royaume, mais Nantes ?</p> 
<p>ET SI...</p> <p>... les Arabes n'avaient pas conquis une partie du monde, de l'Espagne à la Chine, diffusant ainsi de nombreuses connaissances (la boussole et le papier de Chine, les chiffres d'Inde, etc.) ?</p> 	<p>ET SI...</p> <p>... Charlemagne n'avait pas inventé (ou plutôt réinventé) l'école ?</p> 	<p>ET SI...</p> <p>... les Vikings (qui sont arrivés en Amérique cinq siècles avant Christophe Colomb) s'y étaient installés et y avaient bâti une grande civilisation ?</p> 
<p>ET SI...</p> <p>... la Société des Nations avait eu un vrai pouvoir politique et militaire, et avait empêché la montée des fascismes dans les années qui ont suivi la guerre 14-18 ?</p> 	<p>ET SI...</p> <p>... nous avons écouté les premiers scientifiques à parler de la crise écologique, dès les années 1970 ?</p> 	<p>ET SI...</p> <p>... le mur de Berlin n'était pas tombé ?</p> 


SÉQUENCE

Astronomie et mouvements relatifs : Sortir du cadre ?

 **Durée :** 3 h (prévoir 2 h de plus si travail sur la schématisation [§ 12-14])

 **Niveau :** CM2, collège et au-delà

Objectifs : Si chacun sait bien aujourd'hui que « la Terre tourne autour du Soleil », au point que la proposition inverse paraît presque ridicule aux esprits réfractaires à la relativité, il s'agit plus d'une ritournelle que d'un savoir basé sur une réelle compréhension du mouvement relatif de ces astres.

 **Remarque :** On doit à Nicolas Copernic la réaffirmation du modèle héliocentrique (ca. 1513), par opposition au modèle géocentrique de Ptolémée (II^e siècle e. c.) ; mais c'est Galilée qui énonça en 1632 le principe de relativité, qui s'applique aussi au mouvement des planètes.

Le premier objectif de cette séquence est de faire prendre conscience aux participants que l'on ne peut pas parler sans équivoque d'un mouvement sans préciser d'abord le point de vue duquel on le considère.

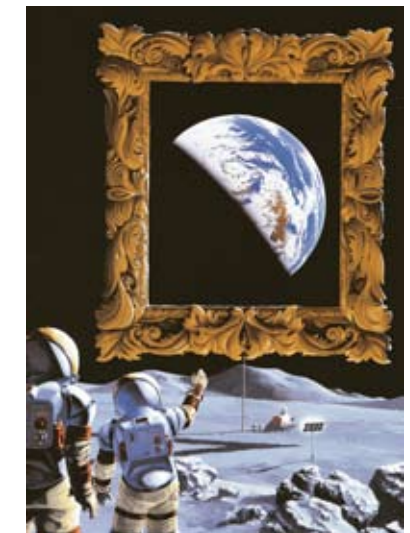
Elle établit par ailleurs un lien entre les mouvements de la Lune, observés depuis la Terre, et son aspect dans le ciel (phases, face cachée, lever et coucher de Lune), et permet d'en déduire l'aspect de la Terre telle qu'elle serait perçue par un hypothétique habitant de la Lune (phases de la Terre, lever et coucher de Soleil...).

 **Matériel par groupe :**

Une lampe torche puissante ; une boule de polystyrène d'environ 2 cm de diamètre et une autre de 5 cm respectivement ; de la pâte à modeler ; deux pics à brochette.

 **Matériel pour l'enseignant :**

Image des phases de la Lune et illustration de Manchu (fichiers numériques et matériel de projection ou images imprimées au moins au format A3) ; lampe puissante (rétroprojecteur, projecteur de diapositives ou équivalent) ; tabouret tournant ; boule de polystyrène de 20 cm de diamètre environ, pâte à fixer ; une feuille de papier calque (A4).



Conditions spécifiques :

Obscurité dans la salle ; prévoir un espace dégagé pour les présentations.

Cette séquence présuppose que les participants savent que la Terre tourne sur elle-même en 24 h. Il est également préférable d'avoir préalablement travaillé sur les ombres, ainsi que d'avoir procédé à des observations régulières de la Lune.



ATTENTION : Pour les élèves de primaire il est nécessaire de procéder à des observations régulières de la Lune pendant 1 à 2 mois avant cette séquence (aspect, heure d'observation, position dans le ciel si possible).

Faire la première observation avec eux (un peu après la pleine lune car les observations pourront être réalisées en matinée) pour s'assurer de leur bonne compréhension de ce qui est attendu et leur fournir un tableau à remplir pour faciliter les confrontations d'observations.



FIGURE 1 : Évolution de l'aspect de la Lune, vue depuis la Terre, au cours d'un cycle

Déroulement succinct

Étapes	Objectifs	Modalités de mise en œuvre
1) <i>Que savez-vous de la Lune ?</i>	Mettre en commun les connaissances et conceptions, faire apparaître des contradictions. Dégager des questionnements.	Discussion collective Dessin individuel des phases de la Lune
2) <i>Voit-on toute la Lune au cours d'une lunaison ?</i>	Proposer et tester une méthode pour vérifier que, depuis la Terre, on voit toujours la même face de la Lune.	Discussion collective ou par petits groupes et mis en commun
3) <i>Quel(s) mouvement(s) de la Lune nous amène(n)t-il(s) à en voir toujours la même face ?</i>	Associer l'existence d'une face cachée de la Lune à ses mouvements synchrones de rotation sur elle-même et de révolution autour de la Terre.	Simulation des mouvements par les participants
4) <i>Que voyez-vous sur cette image ? Quelles questions suscite-t-elle ?</i>	Décrire une image et proposer des questions en lien avec elle.	Discussion collective

5) <i>La Terre sortira-t-elle du cadre ?</i>	Modéliser les mouvements de la Terre et de la Lune et adopter le point de vue d'un observateur sur la Lune. Définir un « Pôle Nord » et un « Pôle sud » lunaires. Un observateur fixe sur la Lune et qui regarde la Terre la voit immobile dans le ciel. S'exprimer en précisant « vu de la Lune »	Travail par petits groupes et mise en commun
6) <i>Depuis la Lune, peut-on voir toute la surface de la Terre ?</i>	Modéliser les mouvements de la Terre et de la Lune et adopter le point de vue d'un observateur sur la Lune. Un observateur fixe sur la Lune et qui voit la Terre peut en observer toute la surface.	Travail par petits groupes et mise en commun
7) <i>Les habitants de la Lune voient-ils tous la Terre ?</i>	Modéliser les mouvements de la Terre et de la Lune et adopter le point de vue d'un observateur sur la Lune. Les habitants de la face cachée ne voient jamais la Terre.	Idem
8) <i>Peut-on voir des phases de la Terre depuis la Lune ?</i>	Modéliser et associer à différentes configurations Terre/Lune/Soleil les phases de la Terre correspondantes.	Idem
9) <i>Peut-on déduire la phase de la Lune, vue de la Terre, de celle de la Terre, vue de la Lune ?</i>	Changer de point de vue et s'exprimer en précisant le point de vue adopté.	Idem
10) <i>Où se trouve le Soleil sur l'image ? (facultatif, travail préalable sur le parallélisme des rayons du Soleil requis)</i>	Repérer la position du Soleil sur l'image et observer la cohérence des ombres portées dessinées.	Idem
11) <i>Peut-on voir la Terre comme sur l'image ?</i>	Modéliser les positions relatives de la Terre, de la Lune et du Soleil de sorte qu'un observateur lunaire voie la même chose que sur l'image. Déduire de l'image la position de cet observateur sur la Lune.	Idem
12) <i>Combien de temps dure une journée lunaire ? (facultatif)</i>	Évaluer en journées terrestres la durée d'éclairement et d'obscurité sur la Lune.	Idem
13) <i>Comment déterminer le sens de révolution de la Lune autour de la Terre ? (facultatif)</i>	Modéliser les positions de la Lune vue de l'espace à partir d'observations de ses phases vues depuis la Terre. Identifier son sens de rotation.	Idem
14) <i>Et si on essayait de représenter ce que nous avons compris ? (facultatif)</i>	Schématiser sur un plan des phénomènes dans l'espace	Discussion collective et travail individuel

Descriptif

1. Que savez-vous de la Lune ?

Demandez aux participants ce qu'ils savent de la Lune. Les réponses varient et sont notées au tableau. Ils savent généralement que la Lune est « une boule », « un satellite de la Terre qui tourne autour » de celle-ci ; qu'elle change d'aspect au cours du mois ; que le cycle lunaire prend un peu moins d'un mois ; que l'on ne voit qu'une face de la Lune ; qu'elle se déplace au cours de la nuit : il y a un lever et un coucher de Lune ; que la Lune n'émet pas de lumière mais renvoie celle qu'elle reçoit du Soleil.

Il arrive souvent que certains croient que la Lune ne peut être vue que de nuit ; mais d'autres étant sûrs de l'avoir vue en journée, cela suscite des interrogations (réserver une partie du tableau pour toutes les questions en attente de réponse).

Remarque : « Pour la trouver, il faut la nuit » : La célèbre chanson de Charles Trenet, *Le Soleil a rendez-vous avec la Lune*, suggère que la Lune n'est jamais visible de jour. C'est pourtant bien le cas : on peut observer le premier quartier de Lune en après midi ou le dernier en matinée par exemple.

Les collégiens savent également souvent qu'il n'y a pas d'air sur la Lune, qu'il y a eu du volcanisme, que des météorites ont créé des cratères, etc. D'autres peuvent parler de l'influence réelle ou supposée de la Lune sur Terre (Lune rousse qui provoque le gel, phénomène des marées...) : leur préciser que le travail se focalisera sur les observations *astronomiques* et que ces questions ne seront pas traitées au cours de la séquence.

Remarque : Si beaucoup savent que « on a marché sur la Lune », il s'agit désormais souvent pour eux d'un événement distant (1969 : du temps de leurs grands-parents...) voire relativement banal, alors même que cette performance n'a plus été égalée depuis 1972.

Attention : Il arrive que les participants associent la possibilité de faire des bonds impressionnants à la surface de la Lune à l'absence d'air et/ou à une absence de gravité. Préciser que la gravité (le poids) est associée à la masse (la quantité de matière) : elle existe donc à la surface de la Lune, mais y est 6 fois plus faible que sur Terre. Les muscles des astronautes, habitués à la pesanteur terrestre, surcompensaient la faible pesanteur lunaire.

Proposez aux participants de dessiner de mémoire (ou en s'appuyant sur leurs observations quand c'est possible) l'évolution de l'aspect de la Lune au cours d'un de ses cycles.

Remarque : Lorsqu'en ajoutant une hampe on peut faire un *p* minuscule, il s'agit dans l'hémisphère nord d'un premier quartier visible en après midi ; un *d* minuscule, d'un dernier quartier, visible en matinée.



FIGURE 2 : De gauche à droite :
pleine lune,
lunes gibbeuses (x2),
premier quartier,
premier croissant

La mise en commun des dessins permet d'identifier ressemblances et différences. Lorsque la séquence est menée sans observations préalables, les désaccords sont nombreux sur l'ordre d'apparition des phases et les formes prises par la Lune. À la place de la lune gibbeuse (convexe), on trouve souvent des dessins où elle ressemble à une galette dont on aurait croqué un morceau (concave). *Comment faire pour savoir ?* Idéalement, il faudrait observer la Lune pendant un mois, dessiner son aspect, repérer l'heure à laquelle elle se lève et se couche, sa position dans le ciel.

Projetez alors au tableau les images des phases de la Lune. Indiquez que ces photos ont été prises *au même endroit au cours de nuits successives* ; et en gardant le même agrandissement. On constate que la Lune n'apparaît pas sous la forme d'une galette croquée mais plutôt que le quartier (souvent nommée demi-Lune par les participants) « enfle » progressivement : c'est la Lune *gibbeuse*. Précisez qu'il s'agit d'un *cycle* et que chaque lunaison voit se succéder dans le même ordre les mêmes aspects de la Lune. Pour des participants qui ont observé régulièrement la Lune, on peut s'appuyer sur leurs dessins d'observation. L'image projetée offre une synthèse du phénomène.

Remarque : La forme de « galette croquée » apparaît parfois lors de certaines éclipses. Le mécanisme est alors différent : la partie « manquante » est l'ombre de la Terre.

Remarque : Une *lunaison* est le temps qui s'écoule depuis le commencement de la nouvelle lune, jusqu'à la fin du dernier quartier, soit environ 28 jours. Le terme, d'origine paysanne, n'a donc de sens que sur Terre. Un astronome parlera plutôt de *période de révolution*, c'est-à-dire du temps employé par un astre pour décrire entièrement son orbite et revenir à son point de départ (une révolution = un tour).

Une observation plus fine montre que les pointes d'un croissant de Lune et les deux points extrêmes du renflement d'une Lune gibbeuse se trouvent sur la droite qui sépare parties visible et obscure d'un quartier de



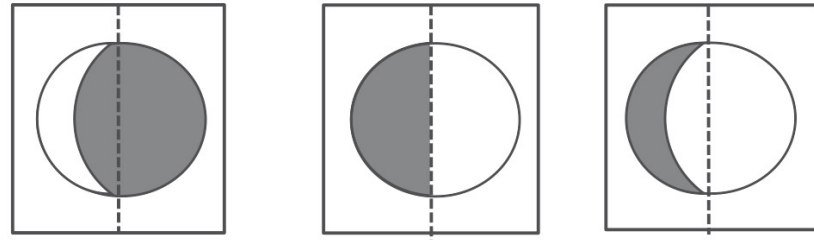


FIGURE 3 : Comment dessiner un croissant ou une Lune gibbeuse réaliste

Lune (sur un diamètre de la Lune). Cela permet de corriger les dessins où les pointes d'un croissant se touchent presque.

Remarque : Cela peut être l'occasion de faire un sondage sur les raisons de ce changement d'aspect de la Lune. Bien souvent c'est l'ombre de la Terre sur la Lune qui est invoquée. Écrivez au tableau les différentes explications fournies sans laisser à ceux qui savent (et ont très envie d'expliquer) l'occasion d'aller plus avant dans leur interprétation, en précisant que les choses s'éclairciront ultérieurement.

2. Voit-on toute la Lune au cours d'une lunaison ?

Voit-on toute la Lune au cours d'une lunaison ? Si les participants n'ont pas d'idées, demandez-leur d'observer une zone particulière de la Lune au cours de la lunaison (tant qu'elle est visible). S'ils ont déjà suggéré que l'on voit toujours la même face de la Lune, les images des phases permettent de revenir sur cette affirmation : *comment en être sûr ?*

Très rapidement, ils proposent de comparer la position de certains cratères sur les différentes images obtenues au cours de la lunaison et vérifient que la Lune nous présente bien toujours la même face.

Remarque : En fait, on peut voir depuis la Terre un peu plus de la moitié de la Lune. Celle-ci semble osciller légèrement (les astronomes parlent de libration), mais cela n'a pas d'importance pour le déroulement de la séquence et cette précision pourrait ajouter de la confusion.

Il est judicieux de choisir des cratères de référence sur les bords et au centre afin qu'ils restent identifiables dans les phases en croissant.

Dans l'idéal, il faudrait procéder à des observations régulières de la Lune ; le plus souvent, on se satisfera d'une vérification sur les images des phases projetées au tableau. L'utilisation d'un papier calque permet de confirmer que l'on voit toujours les mêmes cratères aux mêmes endroits et donc la même face de la Lune. Une face de la Lune reste cachée.

3. Quel(s) mouvement(s) de la Lune nous amène(n)-t-il(s) à en voir toujours la même face ?

Certains participants indiquent bien souvent que c'est parce que la lune tourne (« orbite ») autour de la Terre *sans tourner sur elle-même* que l'on n'en voit qu'une seule face depuis notre planète.

Attention : Un mouvement complexe peut être décomposé en plusieurs mouvements de rotation (et/ou de translation) indépendants. Pour éviter de les confondre, il est donc nécessaire de préciser si la lune « tourne autour de quelque chose », « tourne sur elle-même » ou si elle combine les deux mouvements.

Remarque : pour éviter les confusions entre des « rotations » de natures très différentes, on pourra parler de « mouvement de toupie » pour la rotation de la Terre autour de son axe et, au risque de l'anglicisme, utiliser le verbe « orbiter » quand un astre tourne autour d'un autre.

Une simulation va permettre de tester cette hypothèse. Dégagez une surface circulaire visible de tous d'un rayon d'environ 1,5 m et proposez à deux participants de se lever. L'un « sera la Terre » et l'autre la Lune. Indiquez qu'ils vont devoir s'arranger pour que celui qui personnifie la Terre voie toujours le visage (la « face ») de celui qui représente la Lune.

Avant de les laisser commencer, demandez au public combien de fois la Terre devra tourner sur elle-même pendant que la Lune fera un tour autour d'elle. La personne qui représente la Terre, comprenant qu'il lui faudra tourner environ 28 fois pour chaque révolution lunaire (ou après un premier essai vertigineux) demande souvent s'il n'est pas possible de prendre quelqu'un d'autre... On proposera alors un compromis : pour les besoins de la simulation, elle se contentera de tourner sur elle-même de façon à avoir toujours la même face de la Lune devant elle sans se préoccuper du mouvement de la Terre sur elle-même, qu'on connaît déjà.

Remarque : Il y a toujours quelqu'un, quelque part sur Terre, qui a la Lune en face de lui.


Remarque : On ne tient pas compte pour le moment de l'éclairage de la scène par le Soleil et on regarde les choses vues de la Terre. Le seul mouvement permis à la Terre est de tourner sur elle-même.


Remarque : À ce stade, les participants ne peuvent pas savoir dans quel sens la Lune tourne autour de la Terre. La question est abordée en détail dans la section 13 (facultative). Si la question est posée, indiquez que cela dépend si l'on regarde « du dessus » (côté Pôle Nord) ou « par en dessous » (Pôle Sud) (ne préciser « du plan de l'écliptique » qu'avec des élèves assez avancés). Vue de l'espace, l'hémisphère nord de la Terre étant visible (vue « du dessus »), la Lune tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre. Le corps du participant est dans l'axe de rotation de la Terre et sa tête en est le pôle nord.

Remarque : Les astronomes distinguent différentes définitions de la période de révolution de la Lune. Nous prendrons une valeur moyenne de 28 jours sans rentrer plus dans les détails.

Les deux acteurs trouvent souvent rapidement la solution (avec l'aide du public) : la Lune doit tourner autour de la Terre en faisant des pas chassés et en regardant toujours la Terre dans les yeux. La Terre fait alors un tour sur elle-même en même temps que la Lune tourne autour d'elle, soit 28 jours. *Que dire des mouvements de la Lune dans ces conditions ?* Beaucoup sont toujours convaincus que la Lune a fait un tour autour de la Terre (une *révolution*) sans avoir tourné sur elle-même. Demandez alors aux acteurs de renouveler la simulation, la Lune indiquant régulièrement à haute voix ce qu'elle voit *derrière* la Terre (le tableau, puis les fenêtres, le mur, un poster...). Cela suffit souvent à établir qu'elle tourne bien sur elle-même.


Il est cependant utile de refaire plusieurs fois l'exercice (avec des acteurs-Lune différents) pour permettre à chacun d'assimiler que la Lune tourne sur elle-même *en même temps* qu'elle tourne autour de la Terre : on a bien représenté deux mouvements de rotation simultanés, dont la période de rotation est *exactement la même*. Pour s'en assurer, refaire une dernière fois la simulation en notant bien les conditions de départ (positions relatives des acteurs *et* arrière-plan) et vérifier qu'après un cycle, *les deux* se retrouvent bien à l'identique.

 *Remarque* : Il est également possible de demander à l'acteur-Lune de tendre un bras et de tourner ainsi autour de la Terre : son bras pointera successivement vers différentes positions dans la salle, ce qui n'est possible que si la Lune a tourné sur elle-même. On peut aussi faire tourner la Lune autour de la Terre sans la faire tourner sur elle-même : dans ce cas, elle fait toujours face au même mur dans la pièce, et la Terre voit successivement le visage et le dos de la Lune : il n'y a plus de face cachée ; ce modèle du mouvement n'est pas conforme à l'observation, donc pas recevable.

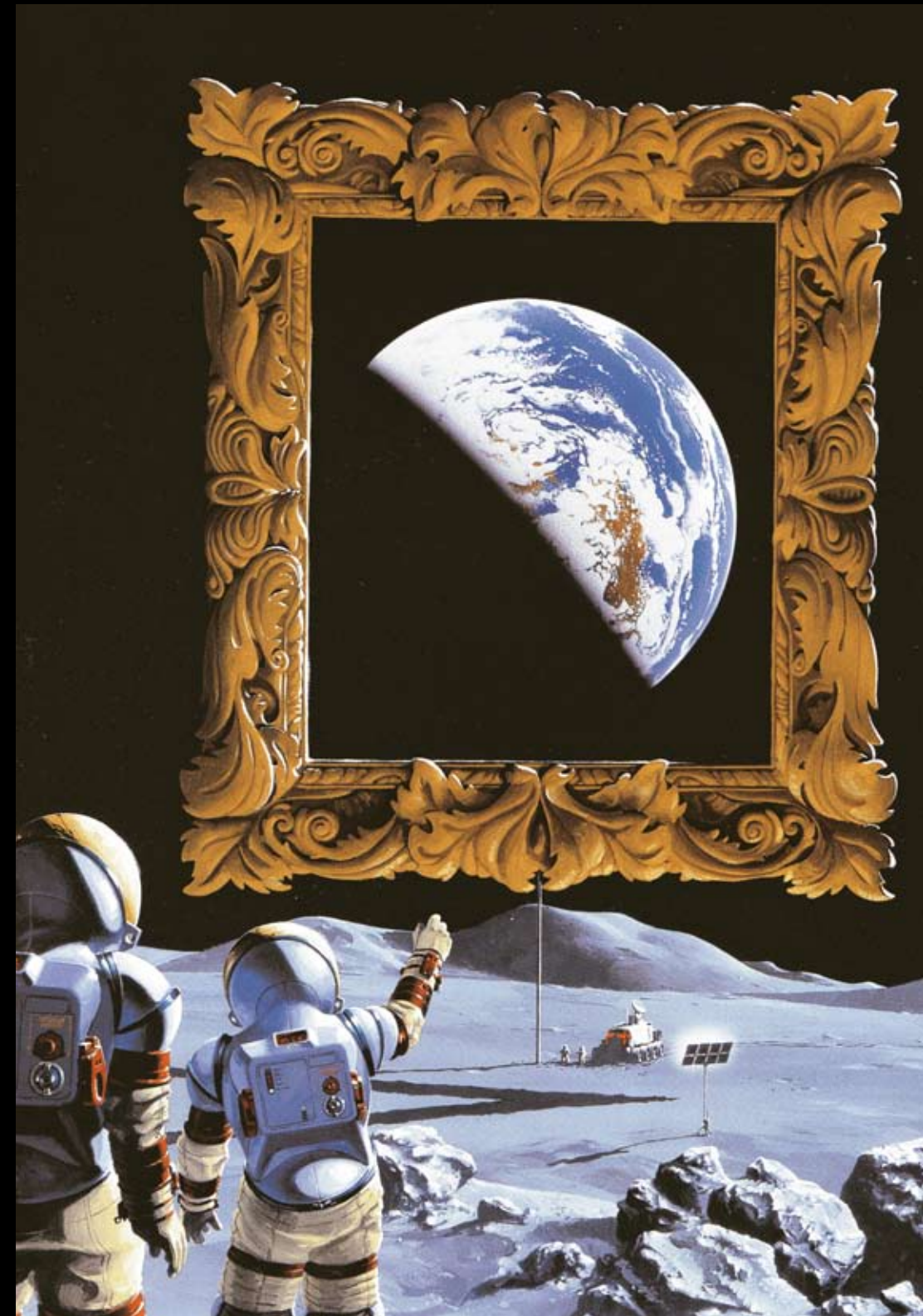
 *Remarque* : À ce stade, les participants ne se demandent jamais ce que représentent dans la réalité les murs et le sol de la pièce qui nous servent pourtant de repère. En poussant l'analogie, il s'agirait d'étoiles très éloignées qui, de la Terre, nous apparaissent fixes les unes par rapport aux autres.

4. Que voyez-vous sur cette image ? Quelles questions suscite-t-elle ?

Présentez l'image de la « Terre encadrée » de Manchu et demandez aux participants ce qu'elle représente.

 *Remarque* : Manchu est un illustrateur français de science-fiction, également spécialiste des vues d'artiste de phénomènes astronomiques, en particulier pour le mensuel *Ciel & Espace*.

Ils suggèrent rapidement que les personnages se trouvent sur la Lune et que c'est la Terre que l'on voit dans le cadre. Il est parfois nécessaire de faire remarquer le pied, fixé au sol lunaire, qui maintient le cadre (si l'on s'étonne de sa finesse, rappeler qu'il n'y a pas d'air sur la Lune donc pas de vent pour le faire basculer).



☑ *Remarque* : L'auteur de science-fiction Robert Heinlein s'amuse à baptiser « Lunatiques » les habitants de la Lune, tout en notant que, du fait des conditions difficiles régnant à sa surface, ils ne vivent pas sur mais dans la Lune. Nous adopterons ce terme dans la suite de la séquence.

Quelles questions peut-on se poser devant cette image ? Il est souvent nécessaire d'en lancer une première pour amorcer le travail. *Voit-on toujours un quartier de Terre, comme sur l'image, ou peut-on voir une pleine Terre ?* D'autres questions surgissent alors : *Où se trouve le Soleil ? Voit-on toujours la même face de la Terre ?* On voit la Lune se coucher et se lever sur Terre ; *voit-on la Terre se lever et se coucher ? Sort-elle du cadre ?* (très souvent on a une réponse spontanée affirmative). Ou plus généralement : *L'illustration de Manchu est-elle réaliste ? Pourrait-on vraiment, depuis la Lune, voir la Terre comme sur l'image ?* Les noter au tableau et préciser qu'on les abordera en commençant par les plus faciles, qui aideront à répondre aux plus compliquées.

🍷 *Remarque* : La Terre paraît plus grosse dans le ciel lunaire que la Lune dans le nôtre. Son diamètre apparent est environ quatre fois plus grand.

5. La Terre sortira-t-elle du cadre ?

Chaque groupe a à sa disposition deux boules de polystyrène représentant respectivement la Lune et la Terre, une lampe torche puissante pour le Soleil et de la pâte à modeler pour positionner un observateur (ou faire un cadre s'ils le souhaitent). Proposez-leur de chercher dans un premier temps si la Terre sort ou non du cadre en modélisant la situation à l'aide du matériel disponible.

🧪 *Remarque* : Les participants percent spontanément les boules avec les pics à brochette passant par leurs centres, pour faciliter leur manipulation et les positionner sur la table, par exemple à l'aide de la pâte à modeler.

L'axe de rotation de la Lune sur elle-même (cf. §3) étant choisi (pratiquement) parallèle à celui de la Terre, il permet de définir pour la Lune un Pôle Sud, un Pôle Nord (l'axe S-N étant choisi dans le même sens que sur Terre) et un équateur.

🧪 *Remarque* : Les participants se posent rarement de question sur l'inclinaison de l'axe de la Lune ou sur son plan de révolution autour de la Terre. C'est tant mieux. Si cela les perturbe, indiquez qu'au niveau où l'on se place, prendre l'axe de la Lune parallèle à l'axe de rotation de la Terre et faire tourner la Lune dans le plan de l'équateur terrien est une approximation acceptable.

Dans notre modèle, deux autres points remarquables sur la Lune sont ceux qui se trouvent exactement sur l'axe Terre-Lune, sur l'équateur : ce-

lui pour lequel la Terre est au zénith (à la verticale), et où on doit donc s'allonger pour mieux l'observer ; et le point diamétralement opposé. On pourra s'amuser à leur choisir des noms avec les participants (« Point Z », « Sous-Terre », « Anti-Terre », etc.), mais ils n'ont pas véritablement de sens astronomique, du fait des petits mouvements que nous avons négligés.

🍷 *Remarque* : Les astronomes ont en revanche appelé « Golfe du Centre » une région assez vaste de la Lune depuis laquelle la Terre est vue presque au Zénith.

Dans la précédente simulation, on regardait les choses du point de vue de la Terre et un observateur terrestre voyait toujours la même face de la Lune. En reproduisant les mêmes mouvements avec les boules et en plaçant cette fois un observateur sur la Lune, les groupes constatent en général facilement que, *vue de la Lune*, la Terre reste toujours au même endroit pour l'observateur, et lui apparaît immobile. Insistez pour que les participants précisent bien à chaque fois qu'ils s'expriment le point de vue où ils se placent.

🧪 *Remarque* : Il n'est pas nécessaire d'utiliser la lampe torche pour répondre à la question.

6. Depuis la Lune, peut-on voir toute la surface de la Terre ?

Lors de la simulation avec les deux acteurs, on avait décidé d'éviter de faire tourner 28 fois la Terre sur elle-même pour lui éviter le tournis. Cette précaution ne s'impose plus avec les boules. Très souvent les groupes réalisent en manipulant que, depuis la Lune, un observateur peut voir toute la Terre. Pendant que la Lune fait un vingt-huitième de tour autour de la Terre, celle-ci a fait un tour complet sur elle-même.


Les échanges au sein des groupes sont souvent fructueux et il est rarement nécessaire de les assister. Un premier bilan collectif permet de s'assurer de la bonne compréhension des phénomènes. Un groupe présente ses résultats et les autres commentent et complètent si besoin. Pour un observateur lunatique immobile, deux éléments sont à prendre en compte : a/ La Terre ne sort pas du cadre (pas de mouvement apparent dans le ciel lunaire, ou négligeable). En revanche, b/ à l'intérieur du cadre, on la voit tourner sur elle-même en 24 h (environ).


Si la météo terrestre le permet (pas trop de nuages), notre observateur lunatique voit donc bien successivement tous les lieux de la Terre.

7. Tous les Lunatiques voient-ils la Terre ?

Mais est-ce le cas pour tous les habitants de la Lune ?

En utilisant les boules de polystyrène, il est facile de constater que, au contraire de ceux de la face visible, qui peuvent toujours la voir, les habitants de la face cachée de la Lune ne voient *jamais* la Terre.


 **Attention :** Certains peuvent penser qu'il fait toujours nuit sur la face cachée de la Lune. Une discussion rapide entre groupes peut spontanément régler la question. Sinon, notez cette affirmation avec un point d'interrogation sur le tableau à côté des autres questions en attente de réponse.

 **Remarque :** En toute rigueur, il faudrait considérer les habitants de la zone frontière entre les deux faces de la Lune qui, du fait d'une légère oscillation de l'orientation de la Lune voient la Terre, toujours très basse sur l'horizon, se lever et se coucher périodiquement.


8. Peut-on voir des phases de la Terre depuis la Lune ?


On va maintenant tenter de déterminer l'aspect de la Terre telle qu'on pourrait l'observer depuis la Lune. Connaît-elle des phases similaires à celles de la Lune vues depuis la Terre, comme le suggère l'illustration de Manchu ?

Des boules de polystyrène représentent toujours la Terre et la Lune, et la lampe le Soleil. Faire remarquer aux participants qu'il leur faut éloigner suffisamment la lampe des boules pour en éclairer complètement une moitié (c'est le jour sur la partie de l'astre considérée) et laisser l'autre moitié sombre (c'est la nuit). Choisir une distance raisonnable pour garder un contraste suffisant. Indiquez au besoin que les lampes font de piètres Soleils et que les éloigner est un moyen de compenser certaines de leurs imperfections.


 **Remarque :** Ceux des participants qui ont travaillé sur le parallélisme des rayons du Soleil (voir ci-dessous, « Pour aller plus loin », p. 176) comprendront qu'il s'agit de se mettre dans des conditions où les sources de lumière sont aussi parallèles que possible.

Si des groupes tentent de simuler à la fois le mouvement de la Lune autour de la Terre et celui de la Terre autour du Soleil, indiquez-leur que, la question ne concernant que la Lune et la Terre, on peut sans doute faire l'économie du second mouvement.


 **Remarque :** Le principe d'économie, ou « Rasoir d'Ockham », qui consiste, à pouvoir explicatif équivalent, à privilégier l'hypothèse ou le modèle le plus simple est l'une des bases de la méthode scientifique moderne.

 **Remarque :** Le cycle des phases de la Terre est bouclé quand, pour un Lunatique immobile, la Terre apparaît de nouveau dans une même phase. Sa durée augmente légèrement si l'on choisit de déplacer d'un

douzième de tour la Terre autour du Soleil pendant une lunaison. Il est inutile au niveau où nous nous plaçons de souligner cette subtilité. Cela peut en revanche être travaillé ultérieurement.

 **Remarque :** Les astronomes distinguent la période de révolution sidérale, qui est le temps mis par un astre pour faire un tour par rapport à une étoile éloignée, qui garde la même direction au cours du temps ; et sa période de révolution synodique, qui est le temps mis par un astre pour faire un tour par rapport à celui autour duquel il orbite (qui peut lui-même orbiter autour d'un troisième...).

Après une discussion au sein du groupe, un participant maintient la lampe torche fixe, un autre la Terre immobile, un troisième fait tourner la Lune autour de la Terre (en maintenant toujours l'observateur lunatique face à la Terre). La partie de la Terre éclairée par le Soleil *et* visible pour l'observateur lunatique varie alors suivant les positions relatives des trois astres. Lorsque Soleil, Lune et Terre forment un angle droit, un observateur lunatique observe un quartier de Terre. Lorsque Soleil, Terre et Lune sont alignés, deux cas sont possibles : la Lune est « derrière » la Terre (alignement S-T-L) et un observateur lunatique ne voit donc pas la Terre, qui lui présente sa face non éclairée (nouvelle Terre) ; ou bien elle est « devant » celle-ci (alignement S-L-T), et notre Lunatique voit une pleine Terre.

 **Remarque :** Cela ne vaut que pour le cas habituel d'un alignement imparfait, où la Lune se trouve un peu « plus haut » ou « plus bas » que l'axe Soleil-Terre. Lorsqu'elle croise cet axe, on assiste à une éclipse. Dans le cas d'un alignement parfait (S-T-L), la Lune est complètement dans l'ombre de la Terre : pour un Lunatique, c'est une éclipse de Soleil (au même moment, depuis la Terre, on observe une éclipse de Lune). Lors d'un alignement parfait (S-L-T), l'ombre portée de la Lune (plus petite que la Terre) provoque une éclipse totale de Soleil sur une petite partie de la Terre. Depuis la Lune on verrait alors une pleine Terre avec un rond sombre là où se trouve l'ombre de la Lune : c'est une éclipse partielle de Terre.

Lors du bilan collectif, prévoyez un espace circulaire dégagé, utilisez un spot lumineux pour le Soleil, un tabouret sur lequel est fixé la boule de polystyrène (notre Terre) et sollicitez un participant dans le rôle du Lunatique qui tourne autour de la Terre. Celui-ci représente quelqu'un d'immobile quelque part sur la face visible de la Lune : les spectateurs veilleront bien à ce qu'il montre toujours le bout de son nez à la Terre. En éteignant les autres sources d'éclairage, ce dispositif permet à chacun d'observer, s'il en est encore besoin, qu'une moitié de la Terre est toujours éclairée (sauf en situation d'éclipse) mais que suivant la position du Lunatique par rapport à la Terre et au Soleil, celui-ci voit parfois toute la partie éclairée de la Terre (pleine Terre) ou une moitié (quartier de Terre) ou une petite portion (croissant de Terre), ou rien du tout (nouvelle Terre). On se met alors d'accord sur les appellations (premier et dernier quartier de Terre etc.) en référence aux choix faits pour les appellations des phases de la Lune (on voit un *p* minuscule, c'est un premier quartier...).

9. Peut-on déduire la phase de la Lune, vue depuis la Terre, de celle de la Terre, vue depuis la Lune ?

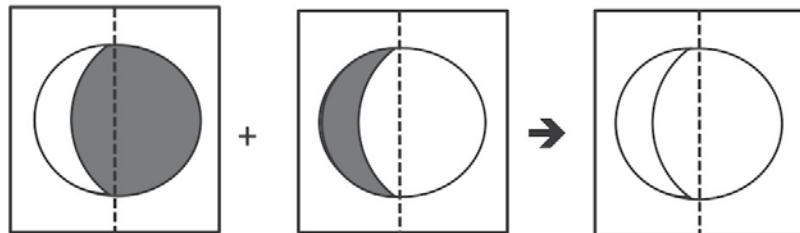
On peut voir différentes phases de la Terre depuis la Lune. En plaçant chacun leur œil près d'une des boules, deux participants peuvent constater qu'à un croissant vu depuis la Terre (*resp.* la Lune) correspond toujours une gibbeuse vue depuis la Lune (*resp.* la Terre) ; qu'à un premier quartier correspond toujours un dernier quartier ; et qu'à une pleine Terre (*resp.* Lune) correspond une nouvelle Lune (*resp.* Terre).

Lors de la mise en commun, un participant est assis sur le tabouret et tient la boule qui représente la Terre, tandis qu'un autre participant tient une boule qui représente la Lune. Le premier tourne sur le tabouret de façon à voir toujours la même face de la Lune pendant sa révolution. Ils décrivent tous les deux la partie visible de la zone éclairée de l'astre qu'ils ont devant eux en précisant à chaque fois leur point de vue. Noter systématiquement au tableau, deux par deux, les phases correspondantes. Ne pas hésiter à alterner les positions des participants en leur faisant représenter la Terre et la Lune pour que chacun s'approprie le changement de point de vue. Lors des explications, veillez à la précision du langage : *vue par un observateur terrestre*, la Lune apparaît sous la forme d'un premier croissant ; *vue par un observateur lunaire*, la Terre apparaît au même moment gibbeuse.

En dressant un tableau de correspondance à partir de ces observations, les participants constatent donc que la phase visible de la Terre est complémentaire de celle visible de la Lune. Si les disques apparents de la Lune et de la Terre étaient de même dimension, on reconstituerait un disque complet en juxtaposant phase de la Terre et phase de la Lune observées par un terrien et un lunaire qui se font face.

Tout comme les phases de la Terre, les phases de la Lune s'expliquent par les positions relatives de la Lune, de la Terre et du Soleil.

FIGURE 5 : Complémentarité des phases terrestre et lunaire



10. Où se trouve le Soleil sur l'image ?

En observant le quartier de Terre, déterminer la direction du Soleil.

Les ombres dessinées (cadre et rochers) sont-elles cohérentes avec cette position ?



Remarque : Pour les participants qui ont travaillé sur le parallélisme des rayons du Soleil, on peut tracer à partir du quartier de Terre la direction des rayons du Soleil (FIGURE 6) et vérifier que ceux tracés à partir des ombres portées sont également dans cette direction. Chapeau, l'artiste !



Remarque : Pour une meilleure lisibilité, nous n'avons pas prolongé les rayons lumineux associés à l'extrémité d'un objet et de son ombre.



FIGURE 6 : Ombres portées et direction du Soleil

11. Peut-on voir la Terre comme sur l'image ?

On a vu (§8) que toutes les phases de la Terre, y compris le premier quartier représenté par Manchu, pouvaient être vues depuis la Lune ; mais ce quartier peut-il apparaître incliné comme dans l'image ?

Ce n'est pas évident à déterminer à l'aide du modèle des boules. Celles-ci étant fixées sur une table, l'orbite de la Lune autour de la Terre (et donc l'axe Terre-Lune) est par construction dans un plan horizontal, et l'axe de rotation vertical. Pour observer les phases de la Terre, les participants placent presque toujours spontanément leur œil au niveau des boules, leur axe de vision le plus horizontal possible. Ils observent alors sur la Terre une séparation jour/nuit (appelée également terminateur) verticale – c'est-à-dire parallèle à leur tête. Demandez-leur de placer un observateur lunaire pour qu'il voie ainsi les phases de la Terre : il faut le positionner

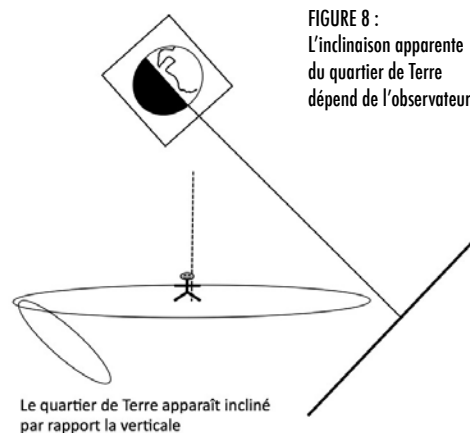
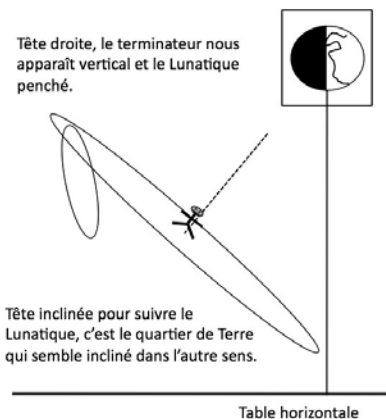
sur l'équivalent lunaire du pôle Nord. Dans ce cas, on a bien une séparation jour/ nuit verticale sur la Terre au moment du quartier.

Mais comment le Lunatique définit-il, lui, la verticale ? Par définition, c'est la direction perpendiculaire au plan défini par son horizon. Participants et Lunatique au pôle voient la Terre de la même façon car les plans horizontaux qui leur servent de repère pour observer les phases de la Terre sont parallèles. Proposez aux participants de mettre leur main à plat au dessus de leur nez parallèlement à l'alignement des yeux pour visualiser l'horizon.



FIGURE 7 : Une main pour visualiser l'horizon

Que se passe-t-il si un Lunatique observe maintenant le quartier de Terre non plus du pôle mais depuis une position intermédiaire entre celui-ci et l'équivalent lunaire de l'équateur ? L'angle que forme sa verticale avec la table varie avec sa « latitude » lunaire, de même que celui que forme le plat de la main avec la même table lorsqu'on penche la tête pour suivre notre Lunatique. Les participants peuvent ainsi se faire une bonne idée du nouvel aspect du quartier de Terre, qui leur apparaît alors incliné.



Il est donc en effet possible de voir un quartier de Terre incliné comme sur l'image.

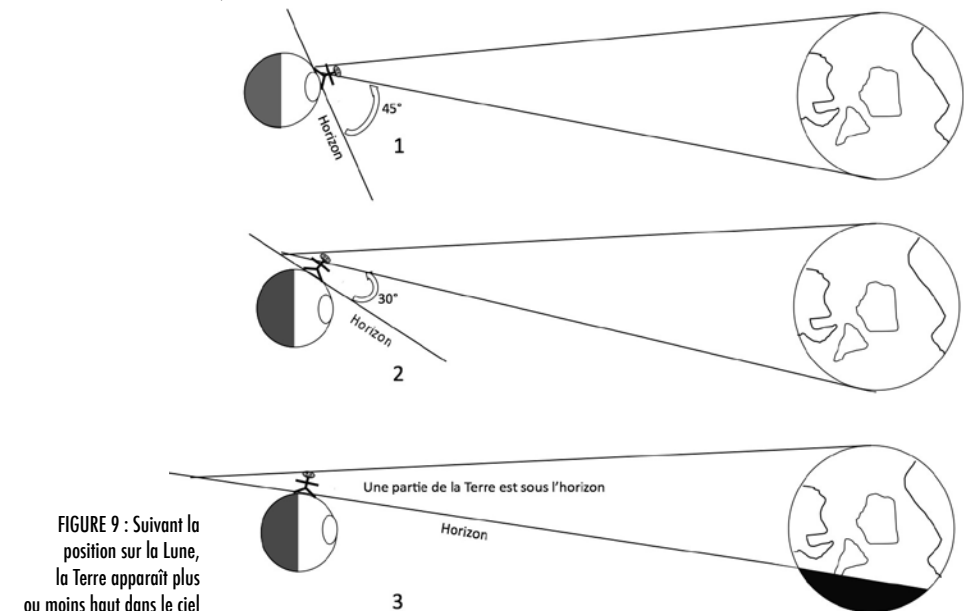
[Facultatif] Avec des participants ayant une bonne maîtrise de la géométrie, il est possible d'aller plus loin dans l'analyse. *Peut-on avoir une idée plus précise de l'endroit où se trouvent les Lunatiques sur l'image ?*

Si l'on admet que cette inclinaison est d'environ 45° , on peut donc être tenté d'en déduire que l'observateur se trouve sous environ 45° de latitude Nord, c'est-à-dire sur un cercle parallèle à l'équateur.

Cette conclusion est toutefois un peu trop brutale, l'inclinaison apparente de la Terre en un point donné de la Lune variant de façon significative selon un cycle long trop complexe pour être discuté à ce niveau.

Il est nécessaire de faire constater aux participants que la Terre apparaît plus ou moins haut dans le ciel selon la position de l'observateur. Elle est sur l'horizon pour les habitants de la Lune situés sur le cercle qui délimite face visible et face cachée de la Lune, à la verticale (au zénith) pour un observateur situé face à la Terre (à l'intersection de la surface de la Lune avec la ligne imaginaire qui relie centre de la Terre et centre de la Lune).

Sur la figure 9, on a représenté trois situations intermédiaires. Le Lunatique qui se trouve en 1 voit la Terre haut dans le ciel. Le Lunatique en 2 voit la Terre plus bas dans le ciel que le précédent. Celui en 3 voit la Terre encore plus basse sur l'horizon et partiellement cachée sous l'horizon (en noir sur le dessin).



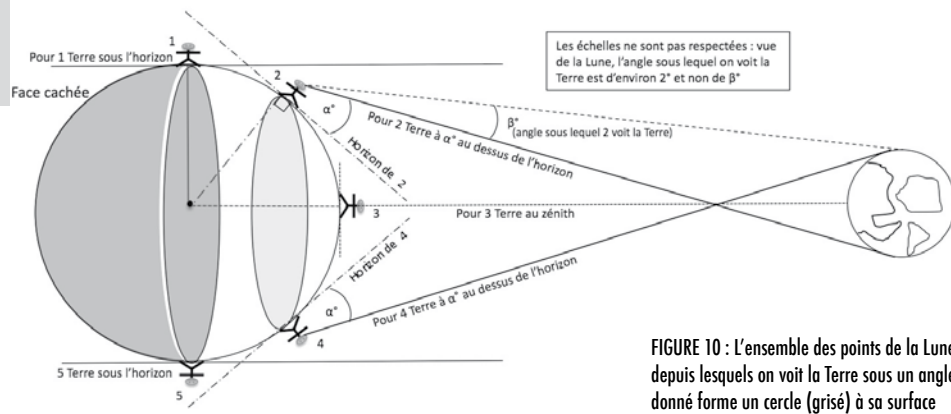


FIGURE 10 : L'ensemble des points de la Lune depuis lesquels on voit la Terre sous un angle donné forme un cercle (grisé) à sa surface

L'ensemble des lieux pour lesquels un observateur lunatique peut voir la Terre sous un même angle (*i.e.* à la même hauteur au-dessus de son horizon) décrit un cercle centré sur l'axe Terre-Lune et parallèle au cercle qui délimite la séparation entre face visible et face cachée de la Lune (fig. 10).

Pour déterminer complètement la position de l'observateur de Manchu sur la Lune, il s'agit donc maintenant d'estimer l'angle sous lequel la Terre lui apparaît dans l'illustration. Au niveau de précision qui nous intéresse, on peut se contenter d'observer que le plus petit personnage de premier plan (un enfant en combinaison lunaire ?) semble montrer la Terre de la main. L'angle sous laquelle celle-ci lui apparaît est donc sensiblement le même que celui que fait son bras avec l'horizontale, qu'on peut estimer grossièrement à un peu plus de 30° .

✓ **Remarque :** Au prix d'une hypothèse sur la distance de l'observateur (*i.e.* du peintre ou de l'œil de celui qui regarde l'image) aux personnages de premier plan, on pourrait le déduire géométriquement du rapport entre leur taille et celle des personnages au pied du cadre d'une part, et d'autre part entre ces derniers et le cadre lui-même.

Les Lunatiques qui voient la Terre sous cet angle se trouvent donc approximativement sur un cercle parallèle à celui qui délimite la face cachée de la Lune qui fait un angle de 30° avec l'axe des pôles (fig. 11).

Ces deux exercices nous ont permis de situer indépendamment le cadre de Manchu sur deux cercles orthogonaux. Il se trouve donc à l'intersection de ces deux cercles : il ne reste donc plus que deux positions possibles, l'une au soleil, l'autre côté nuit. L'image permet d'éliminer la seconde.

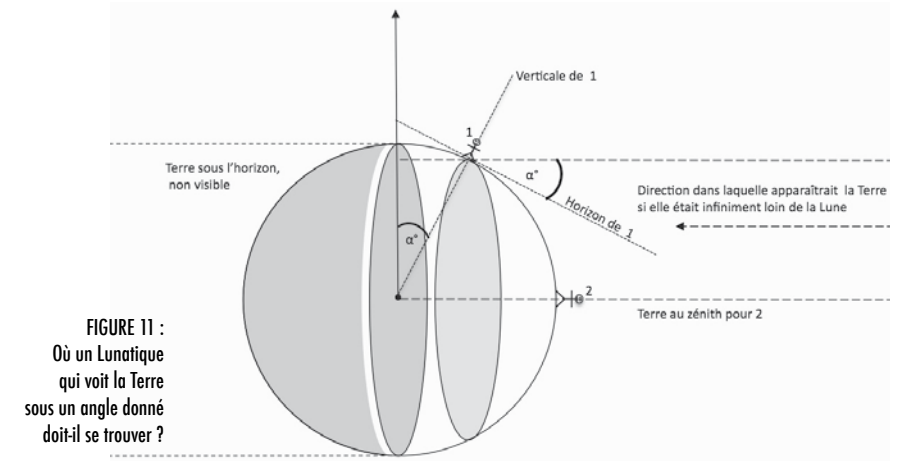


FIGURE 11 : Où un Lunatique qui voit la Terre sous un angle donné doit-il se trouver ?

12. Combien de temps dure une journée lunaire ?

(facultatif – durée : 10 mn)

Là encore, une manipulation rapide du modèle permet de conclure que la journée lunaire se décompose en deux périodes pratiquement égales de nuit et d'éclairement et ce, que le Lunatique habite sur la face visible ou sur la face cachée de la Lune. Si elle dure 28 jours terrestres, le jour lunaire (période d'éclairement) dure donc approximativement 14 jours terrestres consécutifs, de même que la nuit lunaire. Comme les habitants des régions polaires sur Terre, les Lunatiques, devront donc s'astreindre à se coucher alors qu'il fait jour, ou à travailler de nuit, en recréant artificiellement le cycle terrestre de 24 heures.

🍷 **Remarque :** Inversement, les futurs colons de Mars adopteront certainement la journée martienne de 24 h 37 mn, assez proche du rythme biologique pour leur convenir parfaitement. Le choix d'une journée terrestre de 24 h amènerait une dérive quotidienne considérable de l'heure de coucher du soleil. Ce problème ne se pose pas sur la Lune, où le soleil se couche seulement tous les 28 jours. (cf. extrait de *Révolte sur la Lune*, de Robert Heinlein, pp. 107-108)

🧪 **Remarque :** Ce résultat suppose que l'axe de rotation de la Lune est pris perpendiculaire à la direction des rayons lumineux, comme le font spontanément la plupart des participants. On s'en satisfera dans le cadre de cette séquence. S'ils ont préalablement travaillé sur le phénomène des saisons sur Terre, vous pouvez expliciter cette hypothèse en leur demandant ce qui se passerait si l'axe de la Lune était incliné. C'est l'occasion de réinvestir dans ce nouveau contexte le travail réalisé avec les saisons et de préciser que dans ce cas la durée du jour et de la nuit dépendent de la position de l'observateur lunatique.

✓ **Remarque :** Compte tenu de la durée du jour lunaire, Geoffrey Landis, ingénieur NASA et auteur de science-fiction, s'est amusé à imaginer qu'un astronaute naufragé sur la Lune entreprenait de la parcourir à pied, dans le sens de sa rotation sur elle-même, afin de rester en permanence au soleil pour alimenter les panneaux solaires de sa combinaison spatiale en attendant les secours (« A Walk in the Sun », 1991 ; inédit en français).

Avant de conclure la séance, revenir avec les participants sur les mouvements de la Terre vue de la Lune et ceux de la Lune vue de la Terre : si, depuis la Terre, un observateur terrestre voit la Lune se déplacer dans le ciel, ce n'est pas le cas de la Terre pour un observateur lunatique. On ne peut donc pas parler de mouvement sans préciser d'abord le point de vue où l'on se place.

Remarque : Il est alors possible de lire un extrait du *Somnium ou l'Astronomie lunaire* (1609) du grand astronome Johannes Kepler, auquel on doit aussi les trois « lois de Kepler » décrivant le mouvement des planètes. Le premier, il eut l'idée de contourner le sens commun (alors ptoléméen...) par l'imaginaire. La séquence utilisée, basée sur les questions soulevées par une image de Manchu a permis aux participants de vivre un processus intellectuel similaire à celui des lecteurs contemporains de Kepler : le mouvement d'un astre dépend du point de vue considéré. Le point de vue lunatique n'est ni plus ni moins légitime que le point de vue terrestre (et donc, par conséquent, le point de vue terrestre « le Soleil tourne autour de la Terre en une journée » n'est ni plus ni moins légitime que le point de vue d'un habitant du Soleil « la Terre tourne sur elle-même en une journée »).

Leur Volva reste donc sur place, comme si elle était clouée au ciel, immobile par rapport au lieu de son observation, et au-dessus d'elle les autres étoiles et le Soleil vont de l'est à l'ouest. [...] Leur Volva croît et décroît, tout autant que notre Lune.

Johannes Kepler, le *Somnium*

(Kepler nomme la Terre *Volva*. L'hémisphère lunaire depuis lequel on peut l'observer en permanence s'appelle *Subvolva* (« sous Volva »), et l'autre, « privé de Volva », *Privolva*.)

À ce stade, indiquer aux participants qu'à un moment de la séquence vous avez travaillé avec eux sans préciser explicitement le point de vue choisi. Sont-ils capables de retrouver le moment où vous avez « triché » ? Il s'agit de la première simulation corporelle au cours de laquelle ils ont conclu que la Lune « tournait sur elle-même » : Oui, mais *par rapport à quoi* ? Implicitement, les murs et le sol de la pièce étaient considérés comme fixes, tout comme, par analogie dans ce modèle, les étoiles qui nous entourent.

13. Comment déterminer le sens de révolution de la Lune autour de la Terre ?

(facultatif – durée : 20 mn)

On peut retrouver le sens de rotation de la Lune autour de la Terre en compilant les observations réalisées à heure fixe de la position de la Lune dans le ciel par rapport à un même paysage (par exemple en tout début de matinée les jours qui suivent la pleine Lune).

Donnez ces informations aux participants s'ils n'ont pas observé la Lune : la pleine Lune se couche vers l'ouest en début de matinée. Quelques jours plus tard, à la même heure, on observe la Lune gibbeuse un peu plus

haut dans le ciel et plus dans la direction sud-ouest. Quelques jours plus tard encore, c'est un dernier quartier, haut dans le ciel, que l'on observe vers le sud à cette même heure. C'est ensuite un dernier croissant qui lui succède plus bas dans le ciel vers le sud-est.

Demandez-leur ensuite de repérer, à l'aide des boules de polystyrène, les positions successives occupées par la Lune pour qu'un observateur terrestre voie en début de matinée une pleine Lune se coucher vers l'ouest, une gibbeuse vers le sud-ouest, un dernier quartier vers le sud, un dernier croissant vers le sud-est. Il ne reste plus qu'à constater que la Lune se déplace de jour en jour en sens inverse des aiguilles d'une montre autour de la Terre. Lors de la mise en commun, un participant sur le tabouret joue la Terre et reste immobile tandis que d'autres se positionnent pour qu'il puisse voir les phases de la Lune souhaitées dans la bonne direction.

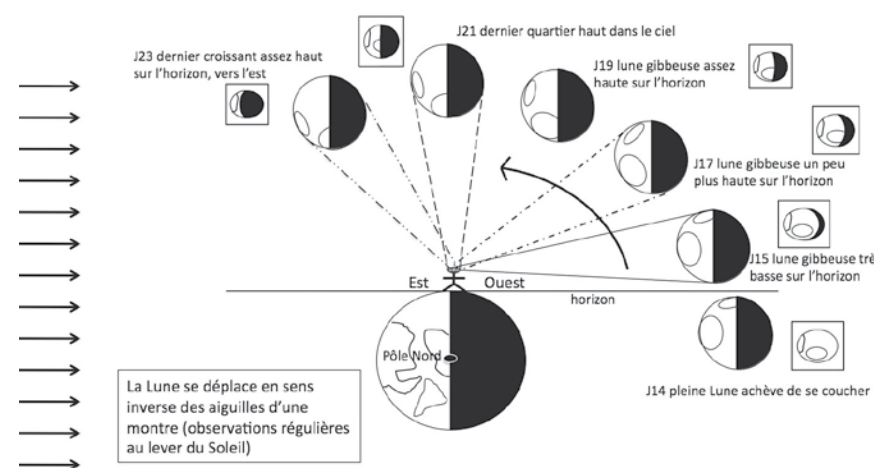


FIGURE 12 : Détermination du sens de rotation de la Lune autour de la Terre

14. Et si on essayait de représenter ce que nous avons compris ?

(facultatif – durée : 1 h 30)

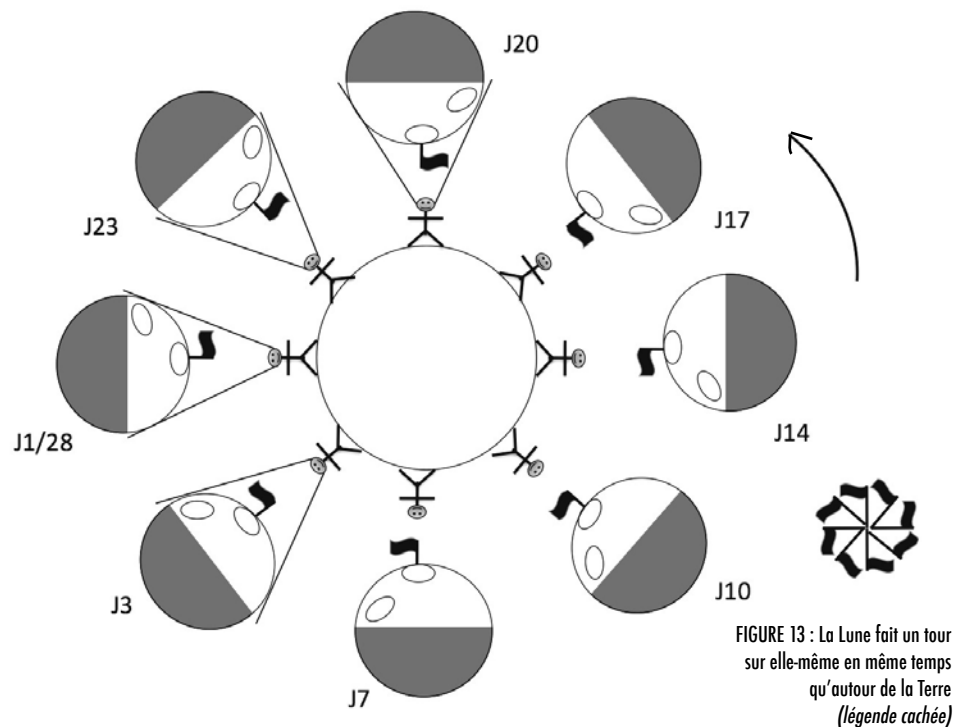
Cette dernière partie, plus délicate, est déconseillée aux plus jeunes qui peuvent avoir des difficultés à passer d'une vision 3D à une représentation 2D. Elle est bien adaptée à des élèves de collège (ou à des participants plus âgés).

Si l'on peut y consacrer assez de temps, un retour sur les différentes étapes de la séquence permet de bien ancrer le lien entre représentation 3D et 2D. Demander à chaque participant d'essayer de répondre par un schéma aux différentes questions qui ont été investiguées, puis faire discuter par

petits groupes les avantages et les difficultés de compréhension liées aux représentations choisies par chacun. Le processus, très riche, nécessite lors des mises en commun de nombreux apports de la part du meneur de jeu (choix d'une vue de face ou de dessus, représentation des rayons du soleil, du jour et de la nuit...).

Il est également possible de proposer des schémas préétablis, dont manquent la légende et certains éléments. À quelle(s) question(s) répond chacun ? Les participants sont alors conduits à se remémorer les étapes vécues et à associer à une représentation en 3D des phénomènes une représentation dans un plan, ce qui est rarement aisé. Ce travail permet d'explicitier de nombreux éléments qui restent bien souvent dans l'ombre et peuvent être sources de confusion.

a/ Question à découvrir : *Quels mouvements nous amènent-ils à en voir toujours la même face de la Lune ?*



Éléments à dégager dans la discussion :

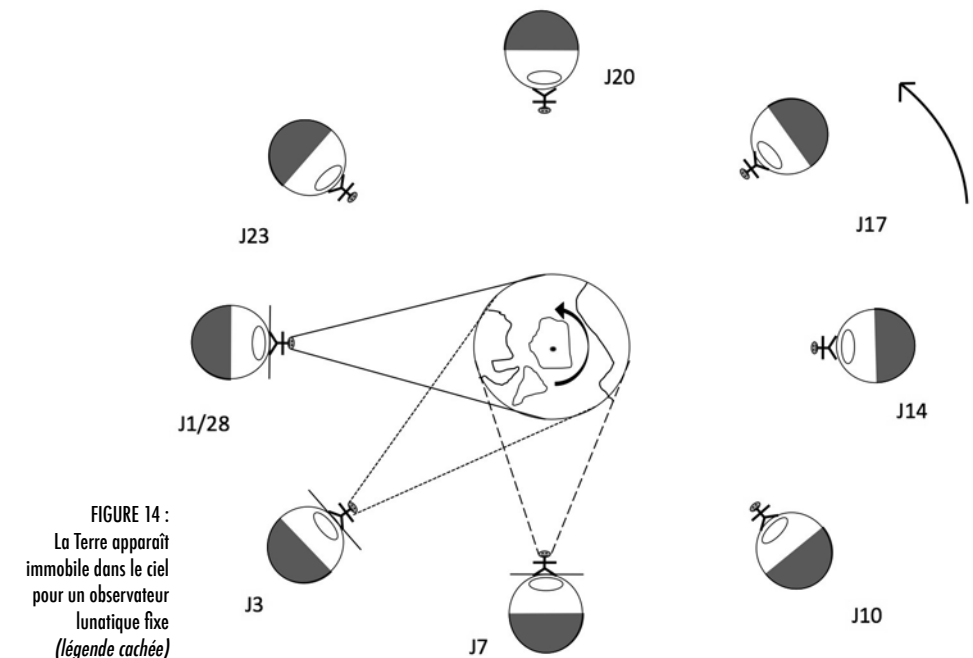
Il s'agit d'une vue dans l'espace, dans le plan de révolution de la Lune autour de la Terre. Il n'y a pas 8 lunes, mais une seule représentée à dif-

férents moments de sa révolution. On peut donc choisir une position qui correspond au jour 1 du cycle (J1) ; le chiffre (Jx) sous chaque cercle indique le jour auquel elle occupera cette position ; on voit qu'elle retrouve sa position initiale (J1) en (J28), ce qui suppose un cycle lunaire de 28 jours ; et que la Lune tourne toujours à la même vitesse autour de la Terre. On voit également que la Lune tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, ce qui établit qu'il s'agit d'une vue « de dessus » si l'on considère que le cercle central représente l'hémisphère Nord de la Terre.

On considérera que les observateurs et le drapeau sont situés dans le plan de la feuille, c'est à dire sur l'équateur des astres considérés. Les différents observateurs terrestres représentés voient tous le même drapeau planté sur Lune en face d'eux donc toujours la même face de la Lune. En reportant sur un autre dessin (à droite) les positions successives occupées par le drapeau à partir de son point d'accroche au sol lunaire, on vérifie que quand la Lune a fait un tour autour de la Terre, le drapeau (et donc la Lune) a fait un tour sur lui-même.

L'objet de ce schéma est donc d'expliquer quelle combinaison de mouvements de la Lune nous amène à en voir toujours la même face.

b/ Question à découvrir : *La Terre se déplace-t-elle dans le ciel lunaire au cours de la lunaison ?*



La vue est la même que précédemment. Le drapeau a été remplacé par un personnage. La tangente au cercle qui représente la Lune sous les pieds du personnage symbolise l'horizon. Les deux traits qui partent de la tête du personnage et encadrent la Terre représentent l'angle sous lequel le Lunatique voit cette dernière (en fait la Terre est très éloignée et l'angle est bien plus faible que sur le schéma – environ 2° – même si de la Lune la Terre apparaît plus grosse que la Lune vue de la Terre). L'angle entre l'horizon et l'un des traits qui relie la tête du lunatique à la Terre permet d'évaluer la hauteur de la Terre sur l'horizon. Sur les dessins, la Terre est très haut dans le ciel (et si les distances étaient respectées, elle serait à la verticale, au zénith). Quelle que soit la position de la Lune, l'angle reste le même : la Terre apparaît donc immobile.

Remarque : Avec un Lunatique sur l'équateur, face à la Terre, il n'est pas possible de mettre la Terre dans un cadre... à moins de le fixer par ses quatre extrémités à la verticale de l'observateur !

c/ Question à découvrir : La Terre sort-elle du cadre ?

Comment un lunatique qui ne se trouve pas sur l'équateur et/ou qui n'est pas face à la Terre la voit-il au cours d'une lunaison ?

Pour un observateur lunatique non plus face à la Terre mais « de côté » (toujours sur l'équateur), la Terre apparaît toujours immobile mais plus bas sur l'horizon (dessin ci-dessous). L'angle formé par l'horizon (le sol), l'observateur et la partie la plus basse (ou la plus haute) de la Terre reste constant pendant la révolution de la Lune autour de la Terre.

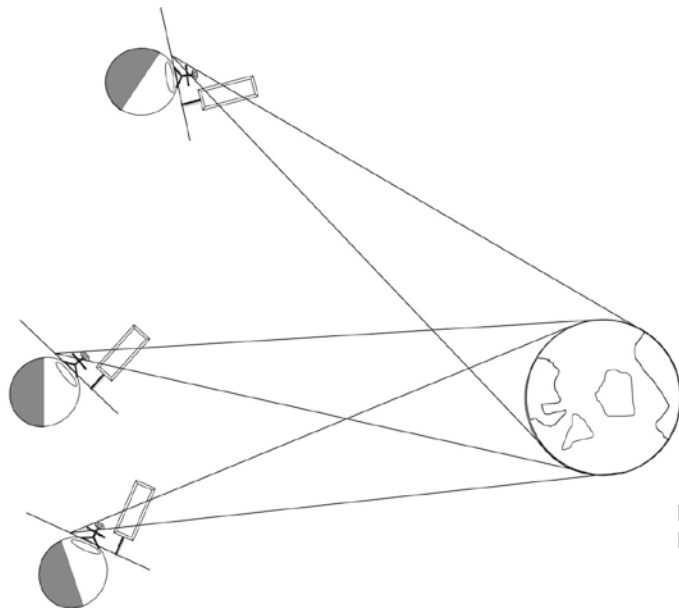


FIGURE 15 :
La Terre ne sort pas du cadre
(légende cachée)

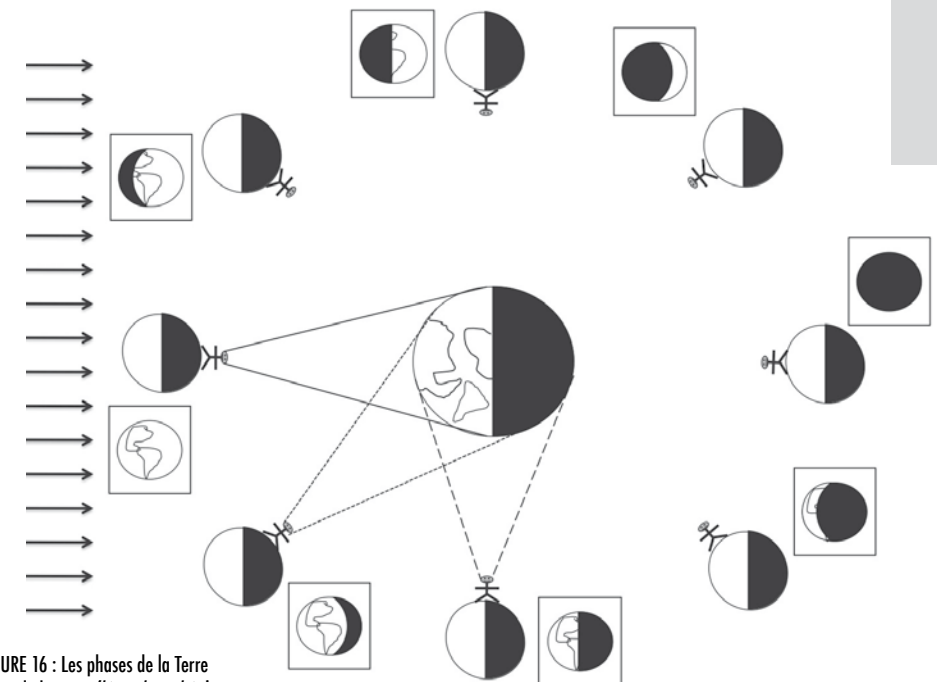

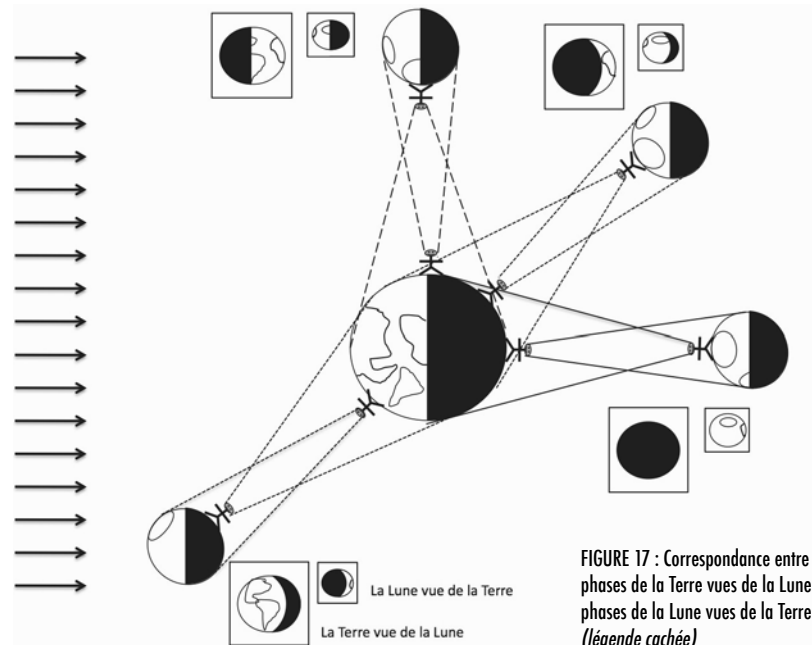


FIGURE 16 : Les phases de la Terre
vues de la Lune (légende cachée)

d/ Question à découvrir : Peut-on voir des phases de la Terre depuis la Lune ?

Comme pour les précédents dessins, on a une vue de l'espace. Les rayons de Soleil sont représentés parallèles entre eux. L'hémisphère dans l'ombre est noirci sur chaque astre (la séparation jour/nuit passe par le centre des cercles et est perpendiculaire aux rayons). Un Lunatique immobile est représenté pour différentes positions de la Lune autour de la Terre. Pour chacune, on a représenté dans un cadre l'aspect de la Terre telle qu'elle lui apparaît. Par exemple, pour la position de la Lune la plus à gauche sur le dessin, toute la partie éclairée de la Terre est visible, les Lunatiques voient une pleine Terre (les deux traits qui partent de la tête du Lunatique délimitent la partie de la Terre visible pour lui). Trois jours plus tard environ, ils voient une Terre gibbeuse. Trois-quatre jours plus tard encore, seule une moitié de la partie de la Terre visible de la Lune est éclairée par le Soleil : les Lunatiques voient un dernier quartier de Terre.

 **Remarque :** Le plan de révolution de la Lune n'est pas confondu avec le plan de la feuille (mais la différence n'apparaît pas en vue de dessus) ; sinon la Lune la plus à gauche sur le dessin ferait de l'ombre sur la face éclairée de la Terre (éclipse de Soleil sur la Terre) et la Lune la plus à droite sur le dessin ne serait pas éclairée du tout car dans l'ombre de la Terre (éclipse de Lune vue de la Terre).



e/ Question à découvrir : Peut-on déduire la phase de la Lune, vue depuis la Terre, de celle de la Terre, vue depuis la Lune ?

La vue dans l'espace permet de repérer ce que voient respectivement des observateurs terrestre et lunatique (face à face) pour différentes positions de la Lune. Le grand cadre situé près de la Lune indique comment les lunatiques voient de la Terre dans la situation considérée. Les petits cadres indiquent comment les Terriens voient la Lune au même moment.

Attention : ce dessin n'est évidemment pas à l'échelle et peut induire des erreurs de compréhension. La Lune est très loin de la Terre et pour une position donnée du Soleil, de la Terre et de la Lune, TOUS les observateurs terriens (resp. lunatiques) voient à un moment donné la même phase de la Lune (resp. de la Terre) à peu de chose près.

Sur la figure 18, trois observateurs terrestres à des endroits différents sur le globe voient bien la pleine Lune au même moment. Pour des raisons pratiques, on choisit très souvent de représenter un observateur en face de l'astre considéré.

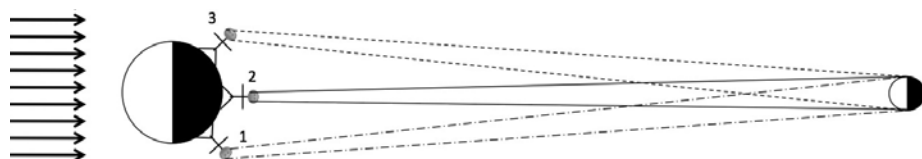
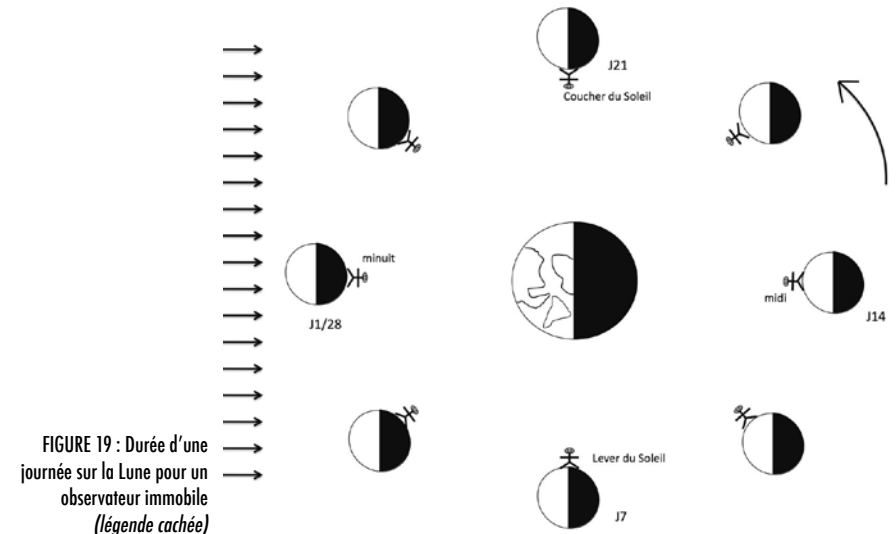


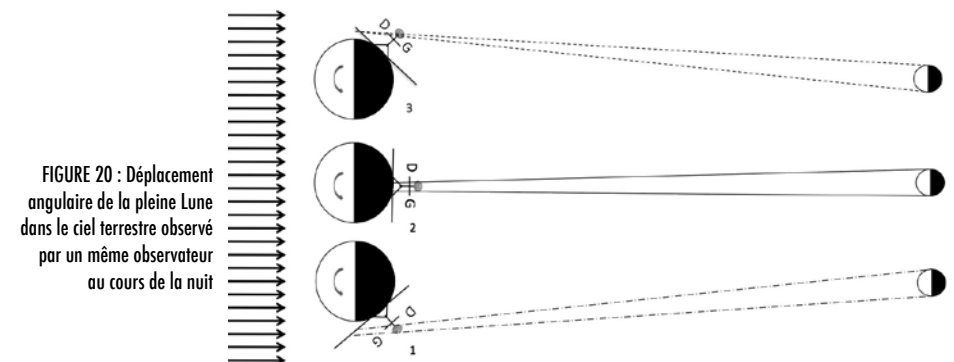
FIGURE 18 : La phase ne dépend pratiquement pas de la position de l'observateur (schéma explicatif supplémentaire)

f/ Question à découvrir : Quelle est la durée d'une journée sur la Lune ?



g/ Pour les participants qui demanderaient comment la Lune évolue au cours du temps pour un même observateur terrestre qui reste immobile...

Le dessin propose trois moments successifs d'une observation de pleine Lune par un observateur terrestre à l'équateur. La Terre tournant en sens inverse des aiguilles d'une montre, c'est le début de soirée pour l'observateur en 1 : il voit la pleine lune, basse sur l'horizon, côté main droite s'il est face au nord (vers l'est). En 2, Vers minuit, c'est toujours la pleine lune qu'il voit mais très haut dans le ciel (sur le dessin, à la verticale). Peu avant le lever du Soleil, le même observateur en 3 voit toujours une pleine Lune mais de nouveau basse sur l'horizon et côté main gauche (vers l'ouest). Au cours d'une nuit, un même observateur voit la pleine Lune se lever vers l'est, puis plus haute dans le ciel, puis se coucher vers l'ouest.



POUR ALLER PLUS LOIN

L'illustration de Manchu est extraite de son album *Science [Fiction]*, aux éditions Delcourt (2002).



Une séquence sur le parallélisme des rayons du Soleil utilisant les observations d'Ératosthène (cycle 3 et plus) est disponible dans l'ouvrage *Sciences à l'école côté jardin. Le Guide pratique de l'enseignant*, par Estelle Blanquet, Éditions du Somnium, Nice, 2010 (séquence E-02, pp. 83-88).

Jean-Michel Rolando, *L'Astronomie. La Terre et les astres* (2003, C.D.D.P. de Haute-Savoie : France).

Cet ouvrage, malheureusement épuisé, rend compte d'une expérience pédagogique menée pendant deux ans avec une même classe, avec le déroulement précis de séquences.

La démarche d'investigation que nous avons menée à partir de l'illustration de Manchu peut facilement être adaptée à un travail sur un texte décrivant assez précisément un ciel lunaire similaire, comme *Le Jardin de Kanashima*, roman de science-fiction de l'écrivain français Pierre Boule (1964) ou le *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* de Galilée (1632 ; e.g. pp. 162-170, édition poche Seuil, 1992).

Ensuite, j'ai regardé autour de moi et je suis resté un long moment plongé dans une profonde méditation, exalté à la fois par l'étrange beauté du monde lunaire et par le sentiment de ma prodigieuse présence dans ce décor.

Il fait nuit ; il fera nuit pendant six à sept jours. Ces façons de parler sont un peu ridicules. La nuit durera encore un peu plus de six fois vingt-quatre heures. [...]

Il fait nuit ; mais je ne suis pas pour cela plongé dans l'obscurité. Je me suis posé sur la face qui regarde perpétuellement la Terre, et la lumière que répand celle-ci, quoique douce, est beaucoup plus intense que celle qui brille chez nous lorsque la Lune est pleine dans un ciel sans nuage. [...]

Personne au monde, je crois, ne pourrait échapper à l'envoûtement de cette Lune dilatée, géante, étincelante, treize fois plus étendue et cinq fois plus brillante que la nôtre, que je vois à quarante-cinq degrés à peu près au-dessus de l'horizon. [...]

Je connais assez exactement l'endroit où je me trouve. Je l'ai marqué sur une carte. J'ai atterri dans la *mer de la sérénité*, à l'extrême ouest de cette mer - c'est à dire à l'extrême droite sur les cartes habituelles de la Lune, où les directions sont inversées -, en un point situé presque sur l'axe nord-sud de la face lunaire visible, dans l'hémisphère nord, à peu près à égale distance du centre et de la circonférence. [...] J'ajoute que je suis arrivé, pour les terriens, un peu après la nouvelle Lune, c'est à dire, pour moi, un peu après la « pleine Terre », ce qui explique que je vois le disque presque entier de notre planète. Ma situation sur la Lune place ce disque à peu près à égale distance entre mon horizon et mon zénith, c'est une position admirable d'un point de vue esthétique. [...]

Je suis resté longtemps en contemplation devant le disque de la Terre. Au bout d'une heure, il m'apparaissait toujours à la même place. Je savais à l'avance qu'il en serait ainsi, mais je ne suis pas fâché de l'avoir vérifié de mes propres yeux. Il m'apparaîtra toujours au même point, immobile, se rétrécissant peu à peu, pour n'être plus qu'un quartier dans quelques jours.

Extrait de *Le Jardin de Kanashima*, de Pierre BOULLE, pp. 352-359

Illustration de J. Bourdige
pour l'édition Livre de Poche,
1974

