

# Vivre sur la Lune : Questions à prendre en considération

Votre ville du futur existera dans une centaine d'années. Elle a été précédée par un travail de développement qui s'est échelonné sur plusieurs années. Tout a commencé par une série d'alunisseurs qui sont arrivés sur la Lune, puis qui se sont transformés en un avant-poste. Ce dernier est progressivement devenu un village, et maintenant une ville tout à fait fonctionnelle.

**Votre défi :** À partir de cet historique, imaginez une ville lunaire du futur. Vous décrirez où se situe votre ville sur la Lune, quelles sont ses caractéristiques uniques, et comment votre ville exploite – de manière futuriste – deux des ressources de la Lune pour assurer la santé et la sécurité de ses habitants.

Servez-vous des sujets et questions ci-dessous pour guider votre recherche, votre réflexion d'équipe et vos séances de conception. Rappelez-vous qu'aucune ville ne peut tout avoir – surtout quand elle est sur la Lune! Quels sont les éléments les plus importants pour votre ville lunaire du futur? Qu'est-ce qui rend votre ville futuriste, originale et plausible sur le plan scientifique? Quels sont les concessions que vous devez faire?

## Emplacement de la ville

Les conditions et la géographie de la Lune sont très différentes de celles de la Terre. Vos recherches vous ont appris que la Lune est couverte de régolite, que le terrain est plein d'énormes cratères, qu'il y a des hauts plateaux lunaires qui ressemblent à de vieilles montagnes érodées, et que les pôles ont de la glace cachée profondément dans d'énormes cratères. La face visible de la Lune est toujours face à la Terre, tandis que la face cachée de la Lune est en permanence dos à la Terre. Quand vous pensez à la Lune, discutez à l'endroit où vous aimeriez construire votre ville.

- À quels endroits sur la Lune serait-il possible de construire une ville?
- Quels sont les avantages de ces différents endroits? Quels sont les inconvénients?
- Quels sont les effets des caractéristiques naturelles de chaque endroit sur la ville et ses habitants (p. ex., la présence de montagnes, de cratères, d'eau, de lumière du soleil)?

## Atmosphère supportable

La Lune n'a pas d'atmosphère respirable ni de végétaux. Elle a seulement une exosphère, qui n'est rien de plus que le vide de l'espace.

Elle possède quelques molécules de gaz qui flottent dans l'air, ainsi que de la poussière lunaire granuleuse qui s'accroche à tout. Pour survivre et prospérer, les gens ont besoin d'air respirable à la bonne pression. N'oubliez pas que la gravité est faible sur la Lune, ce qui signifie qu'il y a moins de pression que sur la Terre.

- Comment fournir de l'air respirable à la bonne pression?
- Comment maintenir une humidité et une température confortables?
- Comment reconstituer l'oxygène et traiter l'excès de dioxyde de carbone pour que l'air reste respirable?
- Comment filtrer les contaminants qui se trouvent dans l'air?

## L'eau

Auparavant, les scientifiques pensaient qu'il n'y avait pas d'eau sur la Lune, mais récemment, ils ont découvert qu'il y en a sous forme de glace profondément enfouie dans les cratères des pôles. Cette eau doit être exploitée, comme nous le faisons pour les métaux précieux et le pétrole sur Terre. De petites quantités d'eau sont également enfouies dans le sol lunaire. Les habitants de votre ville auront besoin d'eau pour boire, se laver et cultiver des végétaux. L'eau peut également servir à la fabrication de carburant, en particulier du propergol pour fusée.

- Comment votre ville récolte-t-elle l'eau et la rend-elle potable?
- Comment votre ville fournit-elle de l'eau? Existe-t-il un système de recyclage de l'eau?
- Comment l'eau est-elle utilisée dans votre ville lunaire? Y a-t-il des utilisations qui ne seront pas autorisées parce qu'il s'agit d'une ressource limitée?

## L'énergie

L'énergie sera essentielle pour maintenir la vie sur la Lune. Vos habitants en auront besoin pour puiser de l'eau et avoir de l'air respirable, faire pousser des cultures, rester au chaud et au frais pendant les variations de température de la Lune, déplacer des personnes et des biens, et voyager vers la Terre ou vers Mars.

- Quelle(s) source(s) d'énergie votre ville lunaire utilise-t-elle? Le vent est-il une source d'énergie sur la Lune? Qu'en est-il de la fusion ou de la fission nucléaire? L'énergie solaire à partir de la lumière ou de la chaleur?
- Quelles sont quelques-unes des méthodes qui permettraient de stocker l'énergie et de la libérer pendant la nuit lunaire, lorsque la population a besoin de chaleur?
- Qu'est-ce qui menace l'approvisionnement en énergie de votre ville?

## Industrie et fabrication

Grâce à certaines ressources abondantes, il existe de grandes possibilités d'exploitation minière et de fabrication sur la Lune. Par exemple, l'eau extraite des cratères lunaires et du régolithe peut être transformée en hydrogène et en oxygène, deux éléments clés pour la propulsion des fusées. D'autres éléments pourraient servir à fabriquer des appareils électroniques et des batteries.

- Quelles sont les ressources que votre ville exploite ou produit?
- Comment ces différentes ressources sont-elles utilisées dans votre ville du futur? Est-ce qu'une ressource lunaire sert à produire de l'air respirable? À construire des structures? À faire pousser des cultures?
- Quelles sont les méthodes utilisées pour extraire et exploiter ces ressources?
- Est-ce que votre ville lunaire échange des ressources avec la Terre?

## Structures et logement

Sur la Lune, les bâtiments devront protéger les gens des nombreux dangers de la Lune, tels que la poussière lunaire, les radiations, les météorites et les tremblements de lune, tout en fournissant de l'air respirable et de la pression.

- Quelles sont les ressources de la Lune que vous utilisez comme matériaux de construction? Comment est-ce que ces matériaux pourraient influencer sur la conception d'un bâtiment?
- Comment est-ce que les bâtiments pourraient tirer profit du terrain lunaire?
- Où vivent les gens? Dans des maisons individuelles, des appartements ou de nouvelles configurations? Comment allez-vous vous y prendre pour que les logements soient des lieux de vie confortables où les gens peuvent dormir, manger, se détendre et faire de l'exercice?
- Comment les bâtiments de votre ville protègent-ils les gens contre les conditions difficiles et les dangers de la Lune?

## L'alimentation

Sur la Lune, il faudra installer des systèmes permettant de faire pousser des cultures. On n'y trouve pas de pâturages pour les animaux de ferme ni d'océans pour les fruits de mer. Que mangeront les habitants de votre ville?

- Quelles cultures pouvez-vous faire pousser ou exploiter avec succès dans de petits espaces à faible gravité? Est-ce que certaines méthodes de culture sont plus efficaces que d'autres sur la Lune?
- Quels aliments nutritifs et de grande valeur produisez-vous?
- Comment approvisionnez-vous les cultures en lumière, eau et humidité?

## Transport

Les moyens de transport doivent être pensés en fonction des limites et des ressources de la Lune. Les moyens traditionnels que l'on connaît sur Terre – comme le vélo, la marche et la voiture – seront difficilement applicables sur la Lune.

- Comment vos habitants se déplacent-ils dans votre ville du futur? Y a-t-il plus d'une façon de se déplacer?
- Quelles sont les ressources lunaires qui sont exploitées pour alimenter le réseau de transport?
- Par quels moyens les habitants peuvent-ils se déplacer vers la Terre, Mars et au-delà, et en revenir?

## Gouvernement, zonage et services

Sur la Lune, il faudra trouver des moyens de gouverner le peuple. Cela inclut l'élaboration et l'application de lois, le règlement des différends et la planification de la croissance urbaine.

- Comment sont réparties les zones dans votre ville? Sont-elles séparées ou existe-t-il des zones à usage mixte (par exemple, commerciale et résidentielle ou commerciale et industrielle)?
- Comment est-ce que votre ville est gouvernée? Qui élabore des lois et des règlements?
- Comment est-ce que votre ville fournit les services de base et d'urgence (éducation, soins médicaux, incendies)?
- Comment est-ce que votre ville fournit les différents services publics (eau, égouts, gestion et recyclage des déchets, électricité, Internet)?
- Quels sont les dangers présents sur la Lune qui pourraient perturber l'accès des habitants à ces services? Quelles sont les solutions de rechange offertes par votre ville?

## Personnes, santé et éducation

Pensez aux habitants de votre ville. Sont-ils nés sur la Lune? Ont-ils déjà voyagé sur Terre? Comment est-ce que les conditions de la Lune (par exemple, la faible gravité) et les restrictions (par exemple, rester à l'intérieur ou voyager à l'extérieur avec un équipement de protection) affectent-elles la collectivité et ses habitants?

- Comment vivent les gens dans votre ville et que font-ils?
- Quels sont les divertissements offerts dans votre ville, et les sources d'enrichissement culturel?
- Quelles sont les activités que les gens doivent pratiquer pour rester en bonne santé sur la Lune?
- Comment les espaces publics de loisirs sont-ils intégrés dans votre ville?
- Comment les gens font-ils pour s'instruire dans votre ville lunaire?

# Vivre sur la Lune : Études de cas réels

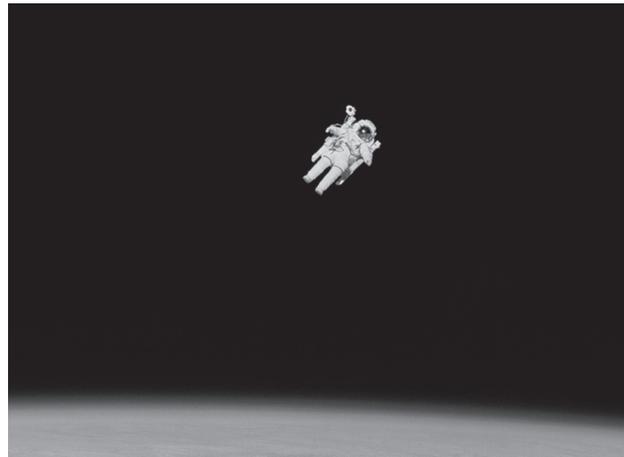
## Ascenseur lunaire

Les ressources de la Lune sont abondantes, mais leurs types sont limités et aucune n'est organique (à base de carbone). Ainsi, une ville lunaire pourrait profiter d'un approvisionnement en provenance de la Terre et des ressources ou des produits lunaires pourraient être précieux et utiles sur Terre. Comment pourrions-nous transporter des ressources entre la Terre et la Lune sans recourir aux énormes quantités de ressources et de carburant nécessaires à la construction, à l'entretien et au vol d'une flotte de fusées-cargo?

Deux étudiants en astronomie de l'Université Columbia ont eu une idée qui est sérieusement envisagée. Il s'agirait de construire une ligne spatiale lunaire qui serait ancrée sur la Lune et s'étendrait sur environ 322 000 km, jusqu'à l'orbite de la Terre. Cette ligne resterait tendue grâce à son propre poids et au fait qu'elle serait dirigée vers le champ gravitationnel de la Terre. En ancrant la ligne spatiale sur la Lune, où la force gravitationnelle ne représente qu'un sixième de celle de la Terre, et en faisant pendre l'autre extrémité au bord de l'atmosphère terrestre, la gravité de la Terre n'est plus un problème. De plus, la Lune présente toujours le même côté par rapport à la Terre, de sorte que la ligne spatiale ne serait pas soumise à la torsion qu'elle devrait subir si elle était ancrée sur la Terre.

La ligne spatiale serait un câble plus fin qu'un crayon! Les nacelles de ravitaillement seraient transportées dans une fusée puis transférées dans un véhicule robotisé qui grimperait sur le câble jusqu'à ce qu'il atteigne la Lune. Le véhicule robotique n'aurait pas besoin de carburant ; il fonctionnerait grâce à l'énergie solaire et à la friction pour monter ou descendre. Une fusée devrait tout de même acheminer les fournitures jusqu'à la ligne spatiale, mais elle n'utiliserait qu'une fraction du carburant et des ressources nécessaires pour voler jusqu'à la Lune.

La ligne spatiale pourrait être construite et entretenue en utilisant des ressources lunaires. Par exemple, le câble pourrait être fabriqué avec du titane, abondamment présent sur la Lune. D'autres matériaux pourraient également être fabriqués à partir de métaux précieux se trouvant sur la Lune. Le silicium lunaire pourrait être raffiné en semi-conducteurs permettant de créer les panneaux solaires utilisés sur les véhicules robotiques qui voyagent le long de la ligne spatiale. La conception de l'ascenseur à câble n'est pas tout à fait au point. On se demande par exemple comment prévenir une rupture ou un effondrement du câble, ce qui est une éventualité étant donné que le câble serait soumis à de nombreuses contraintes. Il y a aussi le problème des débris qui volent dans l'espace et qui pourraient s'écraser sur le câble ou les véhicules robotiques. Néanmoins, cette idée audacieuse stimule l'imagination des ingénieurs, qui travaillent d'arrache-pied pour concevoir un prototype et le mettre à l'épreuve.



## Briques martiennes

On ne peut transporter des matériaux de construction lourds et encombrants sur la Lune ou sur Mars, ce serait trop coûteux et difficile. Il est déjà assez compliqué d'envoyer des astronautes dans l'espace! La solution de rechange est donc d'utiliser des matériaux qui sont déjà là. Des scientifiques et des ingénieurs se consacrent à cette tâche. Sidor Clare, une jeune fille de 14 ans de l'Utah, a largement contribué à ces efforts. Sa camarade, Kassie Holt, et elle-même ont appris que le sol de la planète Mars avait été reproduit sur Terre. Ce mélange, appelé « Mars Global Simulant MGS-1 », a des propriétés

chimiques et mécaniques semblables à celles du sol de la planète Mars. Les deux jeunes ont mélangé ce simulant avec différents liants pour voir lequel créerait l'aggloméré le plus solide. Elles ont ensuite testé leurs briques avec de l'équipement lourd dans un collège communautaire. Parmi ces liants, le plus efficace était la résine de polyester. Cette résine mélangée au sol martien donne des briques extrêmement résistantes, encore plus solides que du béton! « Notre brique en résine était si solide que nous avons dû recourir à un broyeur à béton pour la mettre à l'épreuve », a déclaré Sidor Clare.

## Serre lunaire

Sur la Lune, on ne peut semer des cultures comme sur la Terre. Il n'y a pas de sol ni de pollinisateurs comme les abeilles. L'atmosphère et les températures sont hostiles et l'eau n'est disponible que sous forme de glace, au fond de cratères. Les plantes ne pourraient pas survivre dans des serres normales, car les radiations traversent le verre. Les plantes mourraient pendant les deux semaines d'obscurité mensuelles. Si l'on n'arrive pas à régler le problème de la nourriture – des aliments nutritifs pouvant être cultivés sur place à l'aide des ressources locales – personne ne peut habiter sur la Lune.

Les ingénieurs et les scientifiques réfléchissent à des moyens de contourner ces obstacles. Le caisson de croissance du pôle Sud, qui permet de cultiver des aliments pour les chercheurs de l'Antarctique coupés du reste du monde huit mois par année, leur a inspiré quelques idées. Des scientifiques ont repris les réussites de l'Antarctique pour les appliquer au contexte lunaire, dont les conditions sont beaucoup plus difficiles. Ils ont construit des prototypes pour une serre lunaire qui existerait sous le niveau du sol, à l'abri des éruptions solaires, des rayons cosmiques et des micrométéorites.

Ces prototypes de serre ont une forme tubulaire. Ils mesurent 18 pieds de long et leur diamètre est de 8 pieds. Pour les transporter jusqu'à la Lune, on peut les plier pour qu'ils prennent la forme de caisses. Ils arriveraient équipés de graines pouvant germer de manière hydroponique, c'est-à-dire sans terre, seulement avec de l'eau. Les cultures en serre pourraient être démarrées avec de l'eau provenant de la Terre, puis elles seraient alimentées par les dépôts glacés qui se trouvent sur la Lune et par de l'eau extraite de l'urine des habitants.

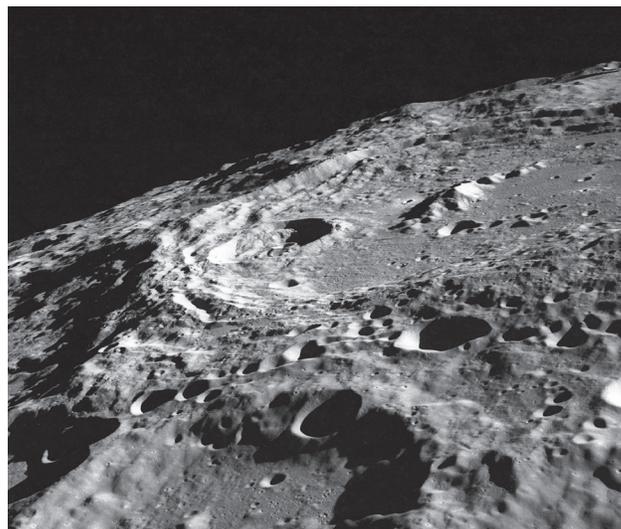
Des conduits de lumière utilisant des câbles à fibres optiques canaliseront la lumière du soleil depuis la surface de la Lune jusqu'aux plantes. Une fois les serres installées, l'haleine des habitants fournira le CO<sub>2</sub> dont les plantes ont besoin, et les colons pourront respirer l'oxygène que les plantes créent pendant le processus de photosynthèse. Les ingénieurs appellent ces serres des « systèmes de maintien de la vie bio-régénératifs » : ces systèmes génèrent tout ce dont ils ont besoin pour subsister et ils créeront des habitats où les humains peuvent s'épanouir.

## Un « refabricateur » de plastique

Les déchets posent un grave problème sur Terre, surtout les déchets en plastique, car ils mettent jusqu'à 1000 ans à se décomposer. Les déchets en plastique sont également un problème sur la Lune, à moins que les ingénieurs ne trouvent un moyen de les transformer en une ressource renouvelable utile pour les habitants de la Lune.

Le « refabricateur » fait cela à merveille. Il s'agit d'un appareil pouvant recycler le plastique et d'une imprimante 3D. Il fait fondre les déchets en plastique et les transforme en filament pour imprimante 3D. Le filament peut ensuite être transformé en de nouveaux outils pour les astronautes. Les ingénieurs de la NASA ont testé la capacité du « refabricateur » de travailler sur la Lune en simulant la microgravité. Ils ont constaté que les objets avaient une épaisseur, une résistance et une flexibilité similaires à celles des objets créés sur Terre.

En novembre 2018, le « refabricateur » a été installé à la Station spatiale internationale. Comme l'a exprimé Niki Werkheiser, chef de projet dans la branche de la NASA responsable de la fabrication spatiale, « Le refabricateur est un modèle durable essentiel – il prouve que l'on peut fabriquer, recycler et réutiliser des pièces et des déchets lors de missions d'exploration spatiale prolongées. »



Les ingénieurs envisagent d'autres applications pour le « refabricateur ». Elles permettraient de rendre la vie autonome sur la Lune. Par exemple, il pourrait permettre l'impression en 3D de la peau, des os et d'autres parties du corps pour soigner les blessés! Cette technologie est déjà utilisée ici, sur Terre, dans le domaine de la médecine régénérative, pour bio-imprimer des ligaments et des tendons à partir de cellules souches.

# Dissertation : Plan proposé

Dites à vos élèves de poser des questions et de prendre des notes pendant que vous discutez en groupe du plan proposé pour la dissertation et que vous explorez comment il peut servir à la rédaction de leur dissertation.

## Partie 1 : Emplacement de votre ville

Décrivez en quelques mots l'endroit où votre ville se situe sur la Lune. Parlez de la géographie et de la topographie, des avantages et désavantage de cet emplacement, des risques et des compromis qu'il implique.

## Partie 2 : Vivre sur la Lune

Brossez un tableau de la vie dans votre ville lunaire du futur :

- Qui vit dans votre ville?
- Quel est le quotidien des habitants de votre ville lunaire?
  - Que font-ils pour s'amuser?
  - Où vivent-ils? Quels sont leurs emplois?
- Quels services votre ville lunaire fournit-elle (par exemple, les soins de santé, l'éducation et le gouvernement)?
- Comment est-ce que les biens et les services circulent dans votre ville?
- Quelles sont les deux caractéristiques novatrices et futuristes de votre ville lunaire?
- Qu'est-ce qui rend la vie difficile dans votre ville lunaire?
- Comment est-ce que votre ville s'y prend pour protéger ses habitants contre les dangers propres à la Lune?

## Partie 3 : Exploiter les ressources lunaires

**Choisissez deux ressources lunaires.** Décrivez comment votre ville lunaire exploite ces ressources pour assurer la santé et la sécurité de ses habitants :

- Décrivez chaque ressource, y compris la ou les forme(s) qu'elle prend sur la Lune.
- Dites comment votre ville obtient ou recueille chaque ressource.
- Dites comment les ressources sont exploitées, sans oublier :
  - Le problème ou la difficulté que la ressource est supposée régler (par exemple, sert-elle à créer une atmosphère respirable, à protéger les habitants contre des dangers propres à la Lune, ou à créer un carburant pour fusée afin de pouvoir aller sur la Terre et en revenir?).
  - En quoi l'utilisation de la ressource en question par votre ville est-elle futuriste et innovante? Quelle est la technologie utilisée?
  - Quels sont les avantages et les inconvénients de cette ressource?
- Indiquez quels sont les types de techniques utilisées, et les types d'ingénieurs et de techniciens qui ont été les plus utiles.

## Conclusion : Prospérer sur la Lune

Énumérez les raisons pour lesquelles les gens veulent vivre dans votre ville. Résumez ce qui en fait un lieu de vie sûr et satisfaisant.