

CAHIER D'ACCOMPAGNEMENT



RÉSUMÉ DE LA PIÈCE DE THÉÂTRE

La pièce de théâtre raconte l'aventure spatiale et humaine de David St-Jacques. Tirée de ses prouesses, ses inspirations, ses réflexions ainsi que son cheminement d'astronaute, la pièce fait l'éloge de la beauté terrestre ainsi que de sa fragilité. Par de courtes scènes allant de Star Trek en passant par Bob Morane, l'oeuvre propose de découvrir le monde intérieur de l'astronaute David Saint-Jacques dans un voyage inspirant qui démystifie avec humour le quotidien d'un astronaute.

Crédits

Avec Rémi-Pierre Paquin et Anne Trudel
Texte et mise en scène : Bryan Perro
Musique : Jeannot Bournival
Scénographie : Robert-Patrick Perreault
Éclairage : Martin Boisclair

Vidéos et projections : Sylvain Robert
Costumes : Geneviève Desaulniers
Directrice de production : Joane Levasseur
Une production de Culture Shawinigan
Guide d'accompagnement : Julie Bolduc-Duval



MOT DE BRYAN PERRO

Je me suis intéressé à David St-Jacques, car il représente un modèle d'inspiration pour les Canadiens. Sa passion pour l'exploration et la science ainsi que sa contribution à l'industrie aérospatiale et à l'innovation technologique sont des exemples de ce que l'on peut accomplir un peu de détermination et de courage. Il est le porte-parole pour l'exploration et la science et il est un exemple pour les jeunes Canadiens qui aspirent à devenir des explorateurs.

Il est important de retenir que les exploits d'un héros reflètent les valeurs qui sont importantes pour une société. Les exploits d'un héros servent souvent d'exemple pour montrer les qualités que l'on admire et recherche chez les autres. Ils servent également à encourager les gens à dépasser leurs limites et à croire en leurs capacités. Les exploits d'un héros peuvent aussi inspirer des gens à faire de leur mieux et à s'améliorer afin de réaliser leurs rêves.

Il est important de croire en la science car elle est basée sur des faits et des preuves et elle représente l'un des moyens les plus efficaces et les plus sûrs pour atteindre nos objectifs. La science nous aide à comprendre le monde qui nous entoure et à trouver des solutions à des problèmes complexes. Elle nous permet également d'adopter des prises de décisions éclairées pour nous-mêmes et pour notre planète. La science nous fournit des informations précieuses sur les moyens de prévenir et de traiter les maladies et de protéger l'environnement. Elle nous aide à comprendre comment le monde fonctionne et à trouver des solutions pour le rendre plus sain et plus durable.

DISCUSSION

Selon le niveau auquel vous enseignez, nous vous suggérons les quelques idées suivantes afin de préparer les élèves à la représentation :

- Que connaissez-vous de l'espace et de son exploration?
- Connaissez-vous David St-Jacques?
- Quel est/a été le rôle du Canada dans l'exploration spatiale?

Vous pouvez montrer des images de la station spatiale internationale et une image de notre système solaire (disponibles à la page 20). Pour aider à alimenter votre discussion et préparez vos élèves à la pièce de théâtre à laquelle ils assisteront, voici des informations intéressantes à leur transmettre.

Qui est David St-Jacques et pourquoi s'intéresser à lui?

David St-Jacques est un astronaute canadien qui travaille pour l'Agence spatiale canadienne (ASC). Il a été sélectionné en 2009 pour être membre de l'équipage de la Station spatiale internationale (ISS). En décembre 2018, David St-Jacques s'envole vers l'ISS pour une mission de 204 jours. C'est l'astronaute canadien qui, à ce jour, a participé à la plus longue mission spatiale.

Il a reçu de nombreuses distinctions et a été reconnu pour sa contribution à la recherche et à l'exploration spatiale. Il est aussi un ambassadeur pour la science et l'exploration spatiale et un défenseur de l'environnement. Il s'intéresse à l'industrie aérospatiale, à l'innovation technologique, à la robotique et à l'éducation STIM (science, technologie, ingénierie, mathématiques).

David St-Jacques représente un modèle d'inspiration pour les Canadiens. Sa passion pour l'exploration et la science ainsi que sa contribution à l'industrie aérospatiale et à l'innovation technologique sont des exemples de ce que l'on peut accomplir un peu de détermination et de courage. Il est le porte-parole pour l'exploration et la science et il est un exemple pour les jeunes Canadiens qui aspirent à devenir des explorateurs.

Historique de l'exploration spatiale

L'humain a toujours été fasciné par le ciel et l'espace et a tenté par toutes sortes de moyens de décoder l'espace ou d'y voyager. Il faut toutefois attendre le milieu du 20^e siècle avant que des avancées significatives soient faites.

Lors de la Guerre froide qui se déroule entre les États-Unis et l'Union soviétique (URSS) les avancées pour la conquête spatiale se déploient à grande vitesse. Le 4 octobre 1957, l'URSS réussit à envoyer le premier satellite, Spoutnik 1, dans l'espace. Un mois plus tard, le premier être vivant, la chienne Laïka, atteint l'extérieur de la stratosphère. La chienne ne survivra pas à son voyage. Les Russes répètent l'exploit en 1961, avec le premier humain : Youri Gagarine.

Malgré la création de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) le 29 juillet 1959, les États-Unis perdent largement la course à la conquête spatiale. Le 21 juillet 1969, lors de la mission Apollo 11, les États-Unis réussissent à envoyer le premier homme sur la Lune, les deux Américains Neil Armstrong et Buzz Aldrin. Les Américains répètent l'exploit 6 fois avec les missions Apollo. En 1975, la compétition entre les deux pays fait place à la coopération lorsqu'ils collaborent à la mission Apollo-Soyouz.

Après la conquête du système solaire, débute, en 1998, la construction de la station spatiale internationale en orbite autour de la Terre. Le premier équipage s'y installe le 31 octobre 2000. Aujourd'hui encore, les collaborations internationales se poursuivent à bord de la station spatiale internationale.

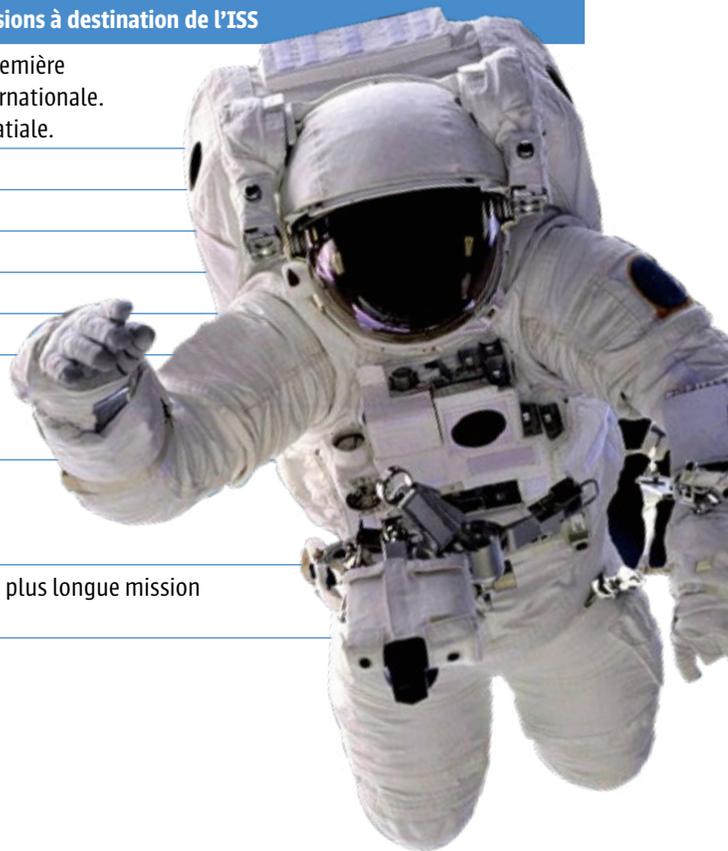
Mars est maintenant le prochain objectif. Le milliardaire Elon Musk, avec l'aide de SpaceX, envisage d'envoyer une première mission habitée sur la planète rouge dès 2026.

L'importance du Canada dans la station spatiale internationale

Le rôle du Canada dans la mise en marche de la station internationale :

Les astronautes canadiens qui ont joué un rôle de premier plan lors des missions à destination de l'ISS

1999	Le 27 mai 1999, Julie Payette a eu l'honneur de devenir la première astronaute canadienne à entrer dans la Station Spatiale Internationale. Elle participera à une mission d'assemblage de la station spatiale.
2000	Marc Garneau
2001	Chris Hadfield
2006	Steve MacLean
2007	Dave Williams
2009	Julie Payette
2009	Robert (Bob) Thirsk , premier Canadien à vivre et à travailler à bord de l'ISS (au total, il a séjourné 188 jours dans l'espace).
2012-2013	Chris Hadfield a participé à une expédition de 5 mois à bord du laboratoire orbital. En mars 2013, il est devenu le premier commandant canadien de l'ISS.
2018-2019	David St-Jacques a effectué une mission de 204 jours, soit la plus longue mission à ce jour pour un astronaute canadien.



LES ACTIVITÉS

La Terre vue de l'espace	5
Pourquoi les astronautes flottent-ils?	7
Où est l'espace?	9
Est-ce que les voyages interstellaires seront un jour possibles?	12
La Terre comme vaisseau spatial	14
L'expertise canadienne dans l'espace	18



Vue de la Terre en hiver, avec les Amériques du Nord et du Sud visibles. Crédit: NASA EPIC

- 1^{er}** Cette activité est conçue pour les élèves du 1^{er} cycle du secondaire
- 2^e** Cette activité est conçue pour les élèves du 2^e cycle du secondaire
- +** Des compléments d'activités sont disponibles pour ce cycle
-  Des images sont disponibles à la fin du document

ACTIVITÉ 01

LA TERRE VUE DE L'ESPACE

1^{er} 2^e
+ +

Les élèves observent notre planète en utilisant des photos de la Terre vue de l'espace. Pour le 1^{er} cycle, les observations permettent d'étudier les mouvements de la Terre et le phénomène des saisons. Pour le 2^e cycle, des pistes de discussion sont fournies afin de faire réfléchir les élèves sur l'importance et l'unicité de notre planète.

La Terre vue de la Station spatiale internationale. Crédit : NASA. Capture d'écran du vidéo Youtube en continu de la chaîne Space Videos

- ❖ Examiner des images de la Terre vue de l'espace
- ❖ Comprendre le phénomène des saisons (1^{er} cycle)
- ❖ Reconnaître l'unicité de la Terre et réfléchir à l'effet de surplomb (2^e cycle)

INTRODUCTION

En étant à des centaines de kilomètres au-dessus de la surface de la Terre, les astronautes ont la chance de voir notre planète d'un nouveau point de vue. Cette perspective différente, où la Terre est mise en contraste avec le vide hostile de l'espace, leur permet de réaliser la fragilité et l'unicité de notre planète. Il est impossible pour chacun d'entre nous de vivre cette expérience et de voir la Terre « d'en haut ». Par contre, des outils technologiques nous permettent maintenant d'apprécier cette perspective et de voir la Terre sous un œil nouveau.

INFORMATION GÉNÉRALE

Le site EPIC <https://epic.gsfc.nasa.gov> montre des images de la Terre prises tous les jours par le satellite DISCOVER de la NASA. Ce satellite a pour mission principale d'étudier le climat sur la Terre. Comme il est situé entre la Terre et le Soleil, sa perspective nous permet de toujours voir le côté éclairé de la Terre (le côté « jour »).



Comment utiliser le site?

En arrivant sur le site, on voit la dernière photo prise de la Terre. Il est possible de cliquer sur les flèches à gauche et à droite de la photo afin de voir les autres régions de la Terre à la même date. Dans le « Slideshow controls » en bas à gauche, on peut changer la date afin de voir les photos à un autre moment de l'année ou à une date spécifique.

DÉROULEMENT

Dans un premier temps, les élèves peuvent accéder au site, essayer les différentes fonctionnalités et prendre le temps d'observer les images de la Terre.

- Ont-ils des questions par rapport à ce qu'ils voient?
- Sont-ils capables d'identifier les différentes régions de la Terre qui sont visibles?
- En observant la Terre à différentes dates, sont-ils capables d'identifier des endroits qui semblent moins nuageux en général? Des endroits plus nuageux?
- En allant dans la section Galleries (menu dans le haut), il est possible d'observer des événements intéressants, tels que des éclipses solaires où l'ombre de la Lune est alors visible sur la Terre, ou des transits de la Lune (quand celle-ci passe directement dans le champ de vision du satellite). Invitez les élèves à explorer cette section et à expliquer ce qu'ils y voient.



Vue de la Terre en été, avec les Amériques du Nord et du Sud visibles. Crédit: NASA EPIC



AJOUT POUR LE 1^{ER} CYCLE

Le site EPIC nous permet de visualiser l'inclinaison de la Terre et son effet sur les saisons. Comme le satellite est situé entre la Terre et le Soleil, on peut imaginer qu'il voit ce que le Soleil « voit » de la Terre. Tout dépendant du moment de l'année quand vous faites cette activité, demandez aux élèves de changer la date pour aller au dernier solstice (été ou hiver). La date n'a pas à être absolument exacte : vers le 21 juin et 21 décembre est assez précis.

Demandez-leur de bien observer les images à cette date :

- Quelle région se trouve directement au milieu de la partie de la Terre éclairée par le Soleil (au diamètre central)?
- Est-ce que l'Antarctique est visible?
- Est-ce que la région de l'Arctique est visible? Le Groenland est une référence facile pour identifier la région arctique.
- Est-ce que le Québec est facilement visible? On ne parle pas ici d'être caché sous les nuages, mais bien de déterminer si cette région est facilement visible sur la carte.
- Quel hémisphère (nord ou sud) semble incliné vers le Soleil?

Maintenant, demandez aux élèves d'aller à l'autre solstice précédent, donc six mois plus tôt, et de repenser aux mêmes questions. Ils devraient réaliser que la partie éclairée sur la Terre est très différente!

Observations attendues

Au solstice d'été, l'hémisphère nord est incliné vers le Soleil et il est alors possible de voir la région de l'Arctique. On y voit la banquise arctique et le Groenland est facile à repérer. Le Québec est aussi plus facilement visible, surtout quand on compare avec les images prises au solstice d'hiver. Au solstice d'hiver, l'hémisphère sud est incliné vers le Soleil et devient plus facile à voir sur les photos. On voit très bien l'Antarctique et les régions plus au sud. À l'inverse, on voit beaucoup moins l'hémisphère nord : la banquise arctique et le Groenland ne sont plus visibles. Le Québec est théoriquement encore visible mais beaucoup plus difficile à repérer. Entre les deux extrêmes, on peut observer la Terre aux équinoxes. À ces dates (vers le 20 mars et 22 septembre), les deux hémisphères sont également visibles et l'équateur de la Terre est bien au milieu de la partie éclairée (diamètre du cercle).

Pour aller plus loin

Demandez aux élèves de sauvegarder une image de la Terre par semaine au cours de toute une année, en gardant idéalement la même région visible (Amériques, Europe/Afrique, Asie...). Combinez ensuite ces images pour en faire une animation qui montrera le mouvement en accéléré.



AJOUT POUR LE 2^E CYCLE

Voir la Terre de l'espace peut apporter de belles discussions et pistes de réflexion aux élèves. Il existe même un terme pour l'effet qui cela amène chez certains astronautes : l'effet de surplomb (overview effect, en anglais). Regardez [plusieurs images iconiques de la Terre](#) avec eux et invitez-les à commenter ce qu'ils voient et comment cela les fait sentir.



Voici quelques pistes pour pousser cette réflexion plus loin avec vos élèves :

- Invitez-les à en apprendre plus sur l'effet de surplomb. Un texte particulièrement intéressant à lire est ce que l'acteur canadien William Shatner a écrit après son voyage à bord de la navette Blue Origin en 2021. [Lire le résumé de Futura Sciences](#)
- Il existe plusieurs vidéos sur l'effet de surplomb avec des témoignages d'astronautes. Il y a évidemment plus d'options si vous cherchez en anglais. Quelques options : [vidéo 1 de Nat Géographie](#), [vidéo 2 de Brut America](#) (en anglais)
- Lisez l'article de Radio-Canada, ou [écoutez la vidéo](#), qui porte sur les réflexions de David Saint-Jacques après sa mission : [l'astronaute David Saint-Jacques offre un vibrant plaidoyer pour la Terre](#).
- Des sondes spatiales ont pris des photos de la Terre d'encore plus loin. La plus connue est le « **Point bleu pâle** », la photo la plus lointaine de la Terre, prise par la sonde Voyager 1 en 1990. Le texte écrit par l'astrophysicien Carl Sagan pour décrire cette image vaut la peine d'être lu et discuté en classe. Voir la page Wikipédia pour [Un point bleu pâle](#). Comment cela vous fait-il sentir? Que pensez-vous des problèmes sur la Terre après avoir vu ce texte?



PRENEZ UNE PAUSE INSPIRANTE!

Vous pouvez assister en temps réel à la vue de la Station spatiale internationale sur <https://eol.jsc.nasa.gov/ESRS/HDEV>. La chaîne YouTube Space Videos a aussi une vidéo dédiée aux images en continu de la Station spatiale internationale <https://www.youtube.com/watch?v=86YLF0og4GM> et met les meilleures images quand la diffusion en direct est en pause. Cette version permet aussi d'aller voir la vue à d'autres moments dans le passé.





ACTIVITÉ 02

POURQUOI LES ASTRONAUTES FLOTTENT-ILS?

1^{er}

2^e

Cette activité permet aux élèves de mieux comprendre la gravité terrestre et d'utiliser un simulateur numérique afin de répondre à la question : pourquoi les astronautes flottent-ils?

David Saint-Jacques (en haut à droite) et ses collègues de la mission Expedition 59. Crédit : NASA

- ❖ Simuler un mouvement orbital afin de mieux comprendre l'effet de la gravité.
- ❖ Découvrir le lien entre la vitesse d'un objet et son mouvement orbital.

INTRODUCTION

La première chose que l'on remarque quand on regarde les astronautes dans la Station spatiale internationale est qu'ils flottent. Les humains ont évolué avec la gravité à la surface de la Terre et c'est très contre-intuitif pour nous de voir des gens et objets flotter!

INFORMATION GÉNÉRALE

On a souvent tendance à penser qu'il n'y a pas de gravité dans l'espace comme tout flotte. Ce n'est pourtant pas vrai! La Station spatiale internationale est assez près de la Terre pour subir une très grande attraction gravitationnelle : près de 88% de la gravité ressentie à la surface. (Pour les professeurs de physique, il est possible de prouver cette valeur en calculant que l'accélération gravitationnelle (g) à 400 km d'altitude vaut $8,7 \text{ m/s}^2$ au lieu du $9,8 \text{ m/s}^2$ à la surface.)

L'absence d'atmosphère est aussi souvent mentionnée. En fait, l'atmosphère n'a rien à voir avec la gravité! Par contre, il serait beaucoup plus difficile de garder la Station spatiale internationale en orbite si elle était plus basse dans l'atmosphère car celle-ci la ralentirait par la friction de l'air.

DÉROULEMENT

Débutez l'activité en posant la question aux élèves : Pourquoi les astronautes flottent-ils?

Laissez-leur le temps d'y penser et de partager leur réflexion en classe. Notez les réponses qui reviennent le plus souvent, comme l'absence de gravité et l'absence d'atmosphère. Ce sont deux conceptions erronées très fréquentes sur ce sujet.

Pourquoi la Station flotte-t-elle alors? Parce qu'elle est en mouvement!

La Station spatiale internationale se déplace à très grande vitesse : environ 27 500 km/h ou 7600 m/s! Sans cette vitesse, elle tomberait directement vers la Terre. C'est cette vitesse qui lui permet plutôt de rester en orbite autour de la Terre. Les astronautes à l'intérieur de la Station se déplacent à la même vitesse et sont eux aussi en orbite autour de la Terre.

Une façon d'aborder les fausses conceptions est de faire l'exercice mental suivant : si on avait un petit vaisseau spatial avec des mini-astronautes et qu'on pouvait le lancer assez fort, celui-ci pourrait se mettre en orbite autour de la Terre et les mini-astronautes flotteraient dans leur mini-vaisseau, même s'ils sont seulement à 2 m d'altitude! Il faudrait le lancer très, très fort par contre pour lui donner une vitesse d'au moins 28 000 km/h (7780 m/s). De plus, on néglige toute construction ou montagne qui pourrait être dans son chemin et on néglige la friction de l'air dans cet exemple.

Activité d'exploration et de simulation

Isaac Newton avait pensé à la possibilité de mettre des objets en orbite autour de la Terre en pensant à des canons qui lanceraient leur boulet de plus en plus rapidement. La canon est placé au haut d'une montagne et vise à l'horizontale. Avec une petite vitesse initiale, le boulet tombera au sol avant de parcourir une grande distance horizontale. Plus la vitesse initiale du boulet est élevée, plus le boulet ira loin. C'est logique et assez facile à s'imaginer. Mais maintenant, imaginons que nous pouvons envoyer le boulet tellement vite que la courbure de la Terre lui permet de se rendre encore plus loin avant de tomber au sol. Et si on l'envoie assez rapidement, il évitera complètement de tomber à la surface et se mettra en orbite! On peut alors imaginer que l'objet tombe constamment vers la surface, mais va assez vite pour l'éviter!

Invitez les élèves à tester cette idée avec une [application de simulation](#) :



Vous pouvez laisser les élèves explorer la simulation par eux-mêmes ou les guider avec des questions :

Que se passe-t-il lorsque la vitesse du boulet augmente?

Réponse : Le boulet va de plus en plus loin sur la Terre et à une certaine vitesse, il se met en orbite autour de la Terre. À cette vitesse, il continue de tomber, mais a assez de vitesse pour éviter de tomber à la surface. Il se déplace plutôt parallèlement à la surface qui est courbe.

À quelle vitesse le boulet de canon se met-il en orbite?

Réponse : Dans le simulateur, c'est à partir de la vitesse de 7100 m/s que le boulet fait un tour complet de la Terre. Par comparaison, la vitesse de la Station spatiale internationale est de 7660 m/s.

Qu'arrive-t-il si le boulet va encore plus rapidement?

Réponse : Il va être en orbite avec des trajectoires encore plus éloignées de la Terre. Il faut parfois attendre quelques minutes pour voir le boulet revenir! À très grande vitesse, le boulet échappe complètement à la gravité terrestre et n'est plus en orbite.

D'après vous, comment la vitesse nécessaire pour se mettre en orbite changerait si la montagne était plus petite? Plus haute?

Réponse : Si la montagne était plus petite, la vitesse nécessaire pour se mettre en orbite serait plus élevée (plus de 7100 m/s). À l'inverse, un canon sur une montagne plus élevée n'aurait pas besoin d'envoyer le boulet si rapidement pour le mettre en orbite (moins de 7100 m/s).

Note : Dans cette simulation, le point de départ est une montagne imaginaire haute d'environ 1000 km, ce qui est beaucoup plus élevé que l'Everest qui fait moins de 10 km! Les valeurs de vitesse sont donc calculées pour cette altitude et ne représentent pas ce qui arriverait avec un canon à une altitude plus près du niveau de la mer. À titre de comparaison, 1000 km d'altitude est plus de deux fois l'altitude de la Station spatiale internationale (environ 400 km).





ACTIVITÉ 03

OÙ EST L'ESPACE?

1^{er}

2^e

+

Les élèves font un modèle à l'échelle de la distance Terre-Lune afin de visualiser la position de la Station spatiale internationale.

- ❖ Reproduire le système Terre-Lune à l'échelle
- ❖ Réaliser les distances dans l'espace
- ❖ Interpréter l'échelle de la Terre et ses ressources

INTRODUCTION

Il peut être difficile de visualiser les distances dans l'espace. À quel point est-ce que la Lune est plus loin que la Station spatiale internationale? Et au fait, où est l'espace?

MATÉRIEL

- ❑ Globe terrestre de 30 cm (12 po)
- ❑ Balle pour la Lune (idéalement de 8 cm de diamètre pour représenter à l'échelle, soit environ une balle de baseball)
- ❑ Feuille de papier
- ❑ Petite bouteille d'eau avec 19 ml d'eau dedans (environ 1 cuillère à table + 1 cuillère à thé)

DÉROULEMENT

Ayez en main le globe terrestre et la balle représentant la Lune. Expliquez que vous allez créer un modèle à l'échelle avec le globe terrestre représentant la Terre et en plaçant le globe au devant de la classe.

Commencez par demander aux élèves où serait alors la Lune. Invitez-les à pointer où ils pensent que la Lune devrait être. En général, les gens visualisent la Lune beaucoup plus rapprochée de la Terre qu'elle l'est réellement.

CAPSULE MATHÉMATIQUE

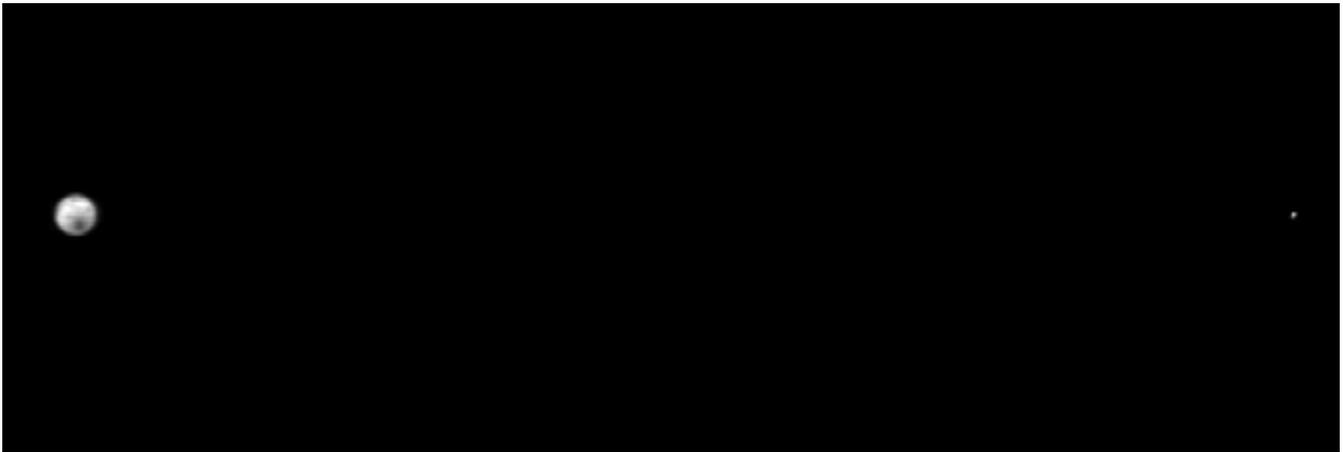
Si vous le voulez, faites calculer les distances aux élèves à l'aide de cette simple proportion :

L'échelle pour le diamètre de la Terre - échelle pour la distance Terre-Lune

$$\frac{30 \text{ cm}}{12\,742 \text{ km}} = \frac{d}{384\,000 \text{ km}}$$

donc

$$d = \frac{30 \times 384\,000}{12\,742} = 904 \text{ cm}$$



Ils obtiendraient alors une distance de 904 cm ou 9m. En général, cela équivaut à l'autre extrémité de la classe.

Où seraient le Soleil, les autres planètes et les étoiles?

Vous pouvez refaire les mêmes calculs pour trouver que notre modèle ne serait pas très bon pour visualiser ces distances. Avec le globe terrestre comme Terre,

- le Soleil serait à 3,5 km,
- Jupiter serait environ 5 fois plus loin, donc à 17,5 km,
- l'étoile la plus proche du Soleil serait à plus de 900 000 km, environ plus de 2 fois la vraie distance Terre-Lune. Dans ce cas-ci, même notre modèle réduit est complètement démesuré!

Où est la Station spatiale internationale?

Avec votre Terre au devant de la classe et la Lune à l'arrière, demandez maintenant aux élèves où serait la Station spatiale internationale et de pointer à l'endroit qu'ils pensent.

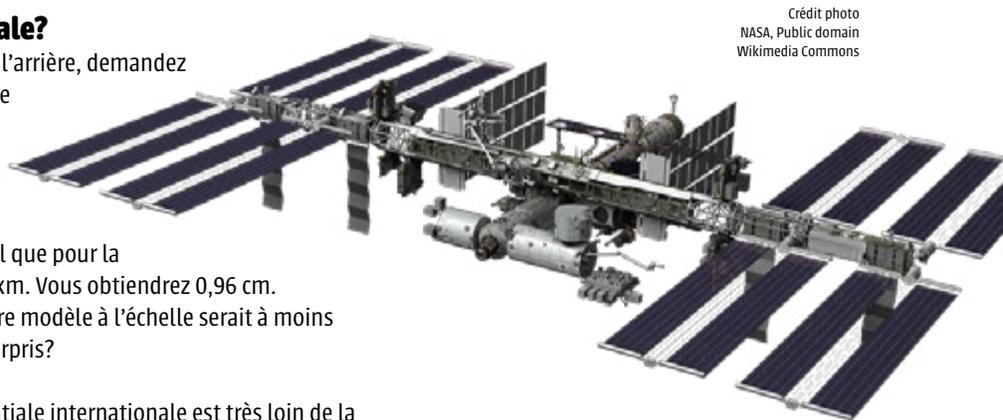
Si vous le voulez, vous pouvez leur demander de calculer cette distance en refaisant le même calcul que pour la Lune mais avec une distance Terre-Station de 408 km. Vous obtiendrez 0,96 cm. Eh oui, la Station spatiale internationale dans notre modèle à l'échelle serait à moins de 1 cm de la surface de la Terre! Êtes-vous tous surpris?

On a souvent tendance à penser que la Station spatiale internationale est très loin de la Terre comme c'est un environnement extrême et inaccessible pour la grande majorité des humains. Mais elle est seulement à 400 km de la surface, soit environ la distance Québec-Ottawa. Si on pouvait conduire à la verticale à la même vitesse que sur une autoroute, il nous faudrait simplement 4 heures pour se rendre à la Station spatiale internationale!

Au fait, où est l'espace?

Si les élèves n'ont pas déjà posé cette question, posez-leur et laissez-leur le temps d'y réfléchir ou d'en discuter.

Il n'y a pas de limite physique qui définit la Terre de l'espace. Plus on monte en altitude, plus l'atmosphère s'amincit et plus le ciel devient foncé. Les scientifiques ont établi une définition qui dit que l'espace commence à 100km d'altitude afin de séparer l'aéronautique (dans l'atmosphère, sous cette limite) de l'astronautique (dans l'espace). Dans notre modèle, cette limite se situe à 2,3 millimètres au-dessus de la surface du globe terrestre!



Crédit photo
NASA, Public domain
Wikimedia Commons

Les ressources de la Terre

Dans votre modèle, vous pouvez aussi ajouter des éléments de la Terre, telle que l'épaisseur de l'atmosphère et la quantité d'eau. C'est très surprenant de réaliser à quel point ces ressources sont limitées quand on regarde la Terre d'un point de vue extérieur.

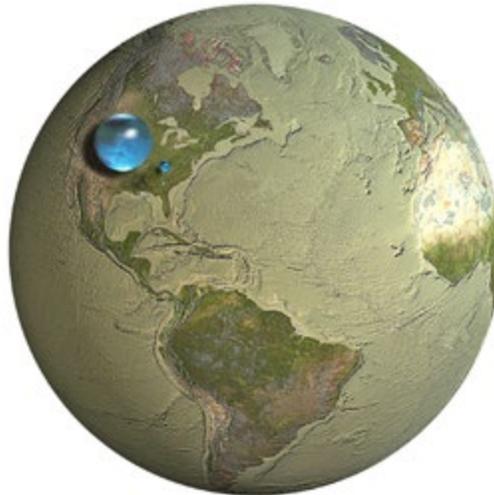
ÉPAISSEUR DE L'ATMOSPHÈRE

Bien que l'atmosphère ne s'arrête pas à une altitude précise, on peut calculer l'épaisseur de la partie la plus dense, soit environ 10 km. À l'échelle de notre globe terrestre, cela équivaut à l'épaisseur d'une feuille de papier!

QUANTITÉ D'EAU

L'eau recouvre environ 70% de la surface de la Terre, mais elle ne va pas très profond quand on compare avec le rayon de la Terre. Sur le globe terrestre, la profondeur des océans serait d'environ 0,2 mm alors que le rayon du globe est de 15 cm.

Si on pouvait retirer toute l'eau de la Terre et la mettre à côté, cela représenterait un volume de 19 ml seulement pour notre globe terrestre! Cela serait assez pour couvrir tous les océans et autres étendues d'eau de la Terre!



Crédit: USGS - <https://www.usgs.gov/media/images/all-earths-water-a-single-sphere>

Encore plus impressionnant est la quantité d'eau douce disponible pour la vie (donc non gelée dans les glaciers) : seulement quelques gouttes! À cette échelle, on comprend mieux à quel point cette ressource est limitée et importante pour nous.



MODIFICATION POUR LE 2^e CYCLE



Avant de faire le modèle à l'échelle, amenez les élèves à réfléchir aux distances dans l'espace. Comme amorce, vous pouvez utiliser la page couverture de magazine Québec Science de septembre 2018, quelques mois avant que David Saint-Jacques s'envole vers la Station spatiale internationale. Demandez aux élèves de commenter le titre de l'article et d'apporter des arguments en tenant compte de l'échelle des distances. Faites ensuite le modèle à l'échelle en classe avec eux.

Demandez-leur ensuite de valider leurs arguments du début par rapport au titre de Québec Science.

- Leurs impressions ont-elles changé?
- Ont-ils une meilleure compréhension de l'échelle des distances dans l'espace?
- D'après eux, pourquoi un magazine scientifique a-t-il utilisé ce titre, même s'il n'est pas correct scientifiquement?

POUR ALLER PLUS LOIN

Lisez l'article de Québec Science :

<https://www.quebecscience.qc.ca/espace/david-saint-jacques-le-chemin-qui-mene-aux-etoiles>



ACTIVITÉ 04

EST-CE QUE LES VOYAGES INTERSTELLAIRES SERONT UN JOUR POSSIBLES?

1^{er}

2^e

+

Dans cette activité, les élèves sont amenés à faire un débat sur la possibilité que les humains voyagent et habitent des planètes lointaines dans 150 ans.

Vue imaginée par un artiste de la surface de l'exoplanète Proxima du Centaure b. Crédit: ESO/M.Kormmesser

- ❖ Réfléchir aux défis des voyages interstellaires.
- ❖ Développer des arguments réalistes basés sur des données scientifiques et historiques.

INTRODUCTION

David Saint-Jacques est un fan de science-fiction, particulièrement de la série *Star Trek*. Dans cette série, ainsi que dans d'autres œuvres de fiction, les voyages vers d'autres planètes et systèmes planétaires sont courants. Un exemple plus récent de la culture populaire est l'histoire d'*Avatar* qui se déroule sur la lune Pandora autour d'une exoplanète géante gazeuse dans le système d'Alpha du Centaure, le système planétaire le plus près de la Terre. Cette histoire se déroule environ 150 ans dans le futur.

D'autres séries et films montrent aussi un futur où les humains voyageront vers d'autres systèmes planétaires : *Star Wars*, *Les Gardiens de la Galaxie*, *Dune*... Qu'en pensez-vous? Croyez-vous que les voyages interstellaires seront un jour possibles?

DÉROULEMENT

Il existe plusieurs façons de faire ce débat :

- En paires, où les élèves travaillent ensemble à trouver des arguments pour et contre. Un retour en grand groupe peut être fait après.
- En petites équipes, où les pour et contre sont débattus selon les intérêts des jeunes.
- En grand groupe où la moitié du groupe doit trouver des arguments pour et l'autre moitié doit trouver des arguments contre.

Demandez aux élèves de fournir des arguments réalistes et scientifiques. Ils peuvent entre autres penser :

- aux distances à parcourir;
- au temps nécessaire pour couvrir ces distances;
- à la technologie nécessaire pour voyager sur ces distances;
- à la façon dont les humains survivraient à ces voyages;
- au rythme d'évolution de la technologie, par exemple dans les 100 dernières années;
- aux possibilités encore inconnues aux humains;
- à l'endroit le plus lointain où un humain est allé aujourd'hui (la Lune) et mettre ça en perspective avec la grandeur du Système solaire et les autres systèmes planétaires.

Si on inclut aussi la possibilité de s'installer et vivre sur ces exoplanètes, les arguments peuvent alors inclure :

- les conditions nécessaires à notre survie (atmosphère, température...);
- les ressources nécessaires pour s'y installer.

+ AJOUT POUR LE 2^e CYCLE

Avant de faire le débat, demandez aux élèves de rechercher la vitesse des sondes spatiales qui s'éloignent présentement du Système solaire, comme les sondes Voyager, Pioneer ou New Horizons, et de calculer le temps nécessaire pour parcourir une unité astronomique. Ensuite, en utilisant la même vitesse, demandez aux élèves de calculer le temps nécessaire pour parcourir une année-lumière.

CAPSULE MATHÉMATIQUE

1 unité astronomique : 150 000 000 kilomètres (1,5 x 10⁸ km)
1 année-lumière : 9 500 000 000 000 kilomètres (9,5 x 10¹² km)

Vitesse de New Horizons, la sonde spatiale la plus rapide qui s'éloigne du Système solaire : environ 60 000 km/h

Temps requis pour parcourir une unité astronomique :

$$t = \frac{\text{distance}}{\text{vitesse}} = \frac{150\,000\,000\text{ km}}{60\,000\text{ km/h}} = 2500\text{ heures} = 104\text{ jours environ}$$

Temps requis pour parcourir une année-lumière :

$$t = \frac{\text{distance}}{\text{vitesse}} = \frac{9\,500\,000\,000\,000\text{ km}}{60\,000\text{ km/h}} = 158\,333\,333\text{ heures} = 18\,075\text{ années}$$

Il faudrait donc plus de 18 000 années à la sonde New Horizons pour franchir une année-lumière!

PISTES DE RÉFLEXION

Les élèves peuvent aussi trouver les réponses à ces questions afin d'enrichir leurs arguments :

Où sont rendues les sondes spatiales les plus lointaines?

Réponse : Les sondes **Voyager 1** et 2 sont les sondes les plus éloignées de la Terre. Elles sont rendues à une distance de plus de 150 unités astronomiques, soit près de quatre fois la distance à Pluton. D'autres sondes très éloignées sont Pioneer 10 et 11, à plus de 80 unités astronomiques et la sonde New Horizons à 55 unités astronomiques de la Terre.

Combien de temps ont pris ces sondes pour s'y rendre?

Réponse : Les sondes Voyager et Pioneer sont dans l'espace depuis les années 1970, soit depuis environ 50 ans. La sonde New Horizons a été lancée en 2006.

Où est le point le plus loin dans l'espace où un humain est allé?

Réponse : Bien que les humains aient envoyé des sondes jusqu'au confins du Système solaire, le point le plus éloigné où un humain est allé est sur la Lune. Par comparaison avec les réponses précédentes, la Lune est à seulement 0,0025 unité astronomique de la Terre!

À quelle distance sont les exoplanètes les plus proches du Système solaire?

Réponse : Le système planétaire d'Alpha du Centaure est le plus proche du Système solaire à 4,2 années-lumière, ou plus de 268 000 unités astronomiques.



Page 20

CAPSULE D'INFORMATION

Quelques définitions

UNITÉ ASTRONOMIQUE

Distance moyenne entre la Terre et le Soleil, c'est-à-dire environ 150 millions de kilomètres. C'est l'unité de distance utilisée pour donner la distance à l'intérieur du Système solaire, ou plus généralement, entre une étoile et ses planètes.

ANNÉE-LUMIÈRE

Distance parcourue par la lumière en un an. La lumière va très vite, environ un milliard de kilomètres à l'heure! Une année-lumière équivaut donc à 9,5 trilliards de kilomètres (presque 10 000 milliards de kilomètres). Attention : une année-lumière est une unité de distance, et non de temps, même si le mot comprend «année».

SYSTÈME PLANÉTAIRE

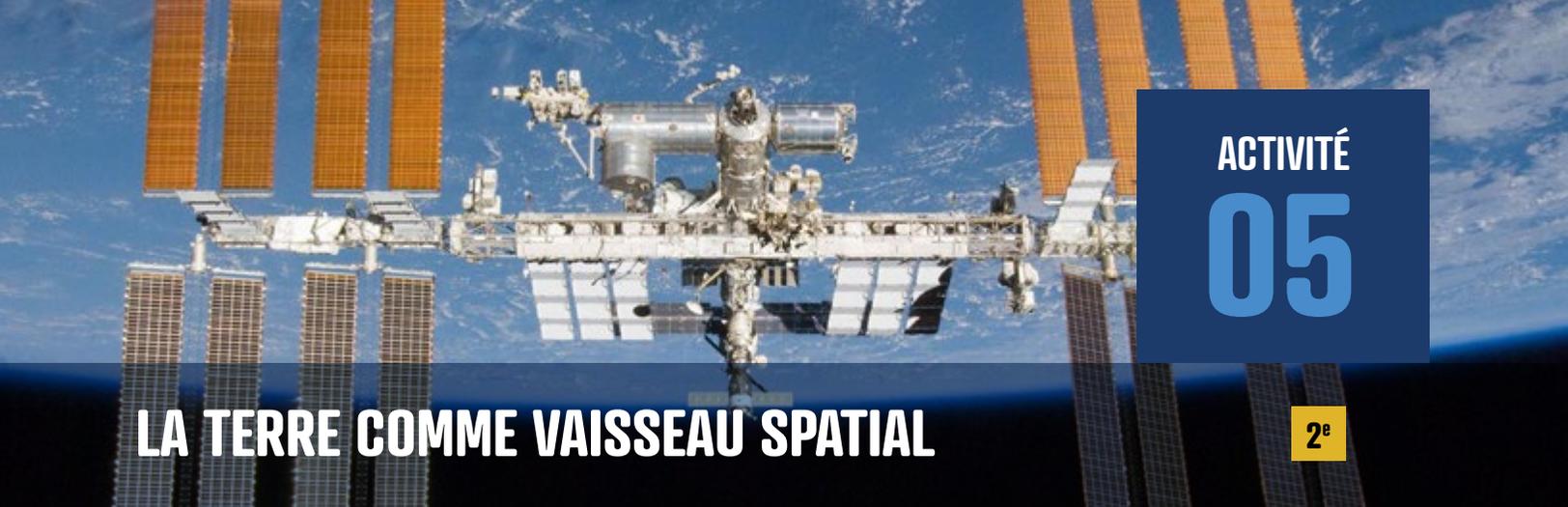
Un système planétaire inclut l'étoile et tout ce qui orbite autour de cette dernière : les planètes, les planètes naines, les astéroïdes, les comètes et leurs satellites naturels. Le système planétaire du Soleil s'appelle le Système solaire.

EXOPLANÈTE

Planète à l'extérieur de notre Système solaire, en orbite autour d'une étoile autre que le Soleil. La plupart des étoiles que nous voyons la nuit ont des planètes autour d'elles.

INTERSTELLAIRE

Entre les étoiles.



ACTIVITÉ 05

LA TERRE COMME VAISSEAU SPATIAL

2^e

Cette activité permet aux élèves de réfléchir aux conditions nécessaires à la survie des humains. Ils recherchent comment la Station spatiale internationale reproduit ces conditions pour la survie des astronautes et les comparent avec les conditions sur Terre.

Deux vaisseaux spatiaux dans la même image: la Station spatiale internationale avec la Terre en arrière-plan. Crédit: NASA

- ❖ **Énumérer les conditions nécessaires pour la survie des humains.**
- ❖ **Comparer la Terre avec un vaisseau spatial afin de reconnaître ses systèmes de maintien de la vie.**
- ❖ **Décrire les systèmes de maintien de la vie pour la Terre et la Station spatiale internationale.**

INTRODUCTION

L'espace est un endroit très hostile : les températures sont extrêmes, il n'y a pas d'air et les objets sont exposés à des radiations dangereuses. Y envoyer des humains, et surtout, les garder en vie, est un véritable défi technologique! Comment y parvient-on?

Réfléchir à ce qu'on doit créer comme environnement sur la Station spatiale internationale nous amène aussi à réfléchir à ces conditions sur Terre. Dans le fond, la Terre est comme un vaisseau spatial géant qui voyage dans l'espace et qui nous offre toutes ces conditions pour notre survie.

MATÉRIEL

- ❑ La feuille de l'élève imprimée pour chaque élève (disponible ci-après)
- ❑ Accès à internet sur un ordinateur ou un appareil mobile

DÉROULEMENT

Demandez aux élèves : Qui aimerait aller dans un vaisseau spatial? La plupart lèveront probablement la main. Faites-leur réaliser qu'ils sont déjà sur un vaisseau spatial, puisque le Terre les emporte avec eux dans son déplacement dans l'espace. Vous pouvez monter des images de la Terre vue de l'espace.

Expliquez aux élèves qu'ils vont analyser ce qui doit être inclus dans un vaisseau spatial afin que les humains puissent y survivre. Ils auront à réfléchir à ce dont les humains ont besoin et à comment la Station spatiale internationale remplit ces conditions. En parallèle, ils réfléchiront au vaisseau spatial Terre et comme celle-ci fournit aussi toutes ces conditions de façon naturelle.

Placez les élèves en petite équipe de 2-3 personnes et distribuez la feuille de l'activité à chacun. Demandez-leur de réfléchir à tous les systèmes qui doivent bien fonctionner dans la Station spatiale internationale afin que des humains puissent y vivre. Invitez-les à faire le parallèle avec la Terre.

PISTES DE DISCUSSION

Après l'activité en équipe, ramenez les élèves en grand groupe et discutez des réponses et découvertes des élèves. Invitez les élèves à partager leurs réflexions sur la Terre et le **recyclage de ressources**. En général, les élèves sont dégoûtés lorsqu'ils réalisent que l'eau est constamment recyclée et réutilisée sur Terre!



Vous pouvez aussi leur poser diverses questions pour amener la réflexion plus loin :

- Est-ce que de voir la Terre de cette manière vous fait réfléchir à ses ressources?
- Si les conditions à la surface de la Terre changent trop (ex : pollution de l'eau et de l'air), peut-on aller ailleurs pour trouver d'autres ressources?
- On parle de plus en plus de vols habités vers la planète Mars. Sachant que ces vols prendraient des mois seulement pour se rendre à la planète, comment les systèmes utilisés sur la Station spatiale internationale devraient être modifiés?
- Dans la pièce de théâtre, David St-Jacques dit : « Oui, nous sommes tous des astronautes! Le vaisseau spatial qui nous garde en vie, c'est la Terre, une boucle fantastique de recyclage des ressources qui fonctionne depuis des millénaires. » Qu'en pensez-vous? Êtes-vous d'accord avec lui?

CORRIGÉ

Pour des réponses plus détaillées, consultez cette page web :

<https://parlonsscience.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/la-survie-dans-lespace-en-route-vers-un-systeme>

BONNE TEMPÉRATURE

La température varierait beaucoup sur la SSI sans système pour la contrôler. Le côté face au Soleil peut monter jusqu'à 120 °C tandis que dans l'ombre, la température peut descendre à -150 °C. De plus, tous les instruments et les astronautes eux-mêmes génèrent de la chaleur. Les ingénieurs ont donc conçu la SSI avec des matériaux isolants et des équipements qui captent et distribuent la chaleur afin d'uniformiser la température à 24 °C dans la SSI.

Sur Terre, la température varie aussi en fonction de la présence ou non du Soleil, mais de façon beaucoup moins drastique! L'atmosphère agit comme une couverture pour diminuer les écarts de température et distribuer la chaleur sur le globe. De plus, la Terre est à la bonne distance du Soleil pour permettre des températures confortables.

EAU

L'eau dans la SSI est constamment recyclée. Un système de purification d'eau permet de réutiliser environ 90% de l'eau utilisée par les astronautes. Des efforts sont faits afin de récupérer et filtrer le plus d'eau possible, même la transpiration dans l'air et l'urine. Et oui, les astronautes boivent leur urine recyclée! Évidemment, l'eau est filtrée et traitée afin de redevenir propre à la consommation! Puisque le système n'est pas parfait et ne permet pas de récupérer 100% de l'eau, il faut parfois en envoyer dans les fusées qui décollent de la Terre vers la SSI.

Sur Terre, le cycle de l'eau fait le même travail. L'eau est utilisée par les plantes et les animaux, puis rejetée soit dans l'air (transpiration) ou dans le sol. Elle se filtre naturellement dans le sol, ou grâce à des usines de traitement des eaux usées, puis retourne dans la nappe phréatique, les cours d'eau ou dans l'atmosphère grâce à l'évaporation. Grâce aux précipitations, elle peut retomber ailleurs sur Terre et être utilisée à nouveau. Le système est plus grand que sur la SSI, mais il est aussi en circuit fermé depuis des milliards d'années. La prochaine fois que vous prenez un verre d'eau, pensez à tous les endroits où cette eau est passée depuis la formation de la Terre! Même si ça vous dégoûte, dites-vous que c'est complètement normal et sain!

OXYGÈNE

Différents équipements permettent de créer de l'oxygène et d'éliminer le gaz carbonique qui s'accumule dans l'air. Pour créer de l'oxygène, il est possible d'utiliser de l'eau et de la séparer en hydrogène et oxygène gazeux. C'est ce qui s'appelle l'électrolyse de l'eau. De l'oxygène est aussi renvoyée de la Terre vers la SSI de temps à autre.

Sur Terre, les plantes utilisent notre gaz carbonique et créent de l'oxygène grâce à la photosynthèse. Sans elles, nous ne pourrions pas être ici! Aujourd'hui, l'oxygène constitue environ 21% de notre atmosphère. Il y a des milliards d'années, avant l'apparition des premières plantes et bactéries capables de faire de la photosynthèse, la composition de l'atmosphère était différente et il n'y avait pas d'oxygène. Ce sont les plantes qui ont modifié l'environnement de la Terre afin que les animaux qui respirent puissent y évoluer!

NOURRITURE

La nourriture consommée sur la SSI provient directement de la Terre. Celle-ci doit être traitée et emballée de façon à se préserver sans avoir besoin d'être réfrigérée. À quelques rares occasions, les astronautes ont pu manger des légumes qu'ils ont fait pousser dans la Station!

Sur Terre, les plantes et les animaux fournissent toute la nourriture dont les humains ont besoin.

PROTECTION CONTRE LES RADIATIONS

Afin de se protéger contre les radiations dangereuses de l'espace, la SSI est construite avec des matériaux, tel que le métal, qui bloquent ces radiations. Lors d'éruption solaire, les astronautes vont dans les parties de la Station qui sont les mieux protégées.

Sur Terre, l'atmosphère permet de nous protéger de plusieurs radiations dangereuses. Par exemple, l'ozone dans l'atmosphère (la couche d'ozone) permet de bloquer les rayons ultraviolets du Soleil. De plus, le champ magnétique nous protège de radiations provenant du Soleil et de l'espace.

Nom de l'élève:

Nom de l'élève:

Nom de l'élève:

Date:

La Station spatiale internationale est dans l'espace, un environnement hostile et dans lequel les humains ne peuvent pas survivre. À l'intérieur de la Station spatiale internationale, il faut donc recréer des conditions plus hospitalières pour les astronautes.

- De quoi les humains ont-ils besoin pour survivre? Pense aux conditions nécessaires à la survie des humains sur Terre.
- Pour chacune de ces conditions, recherche comment elle est recréée dans la Station spatiale internationale.
- Maintenant, prends le temps de penser au système qui permet de maintenir cette condition sur Terre.

Trouvez cinq (5) conditions nécessaires à la survie des humains sur Terre:

1. Première condition nécessaire à la survie des humains sur Terre:

Système qui permet de recréer cette condition dans la Station spatiale internationale:

Système qui permet de maintenir cette condition sur la Terre:

2. Deuxième condition nécessaire à la survie des humains sur Terre:

Système qui permet de recréer cette condition dans la Station spatiale internationale:

Système qui permet de maintenir cette condition sur la Terre:

3. Troisième condition nécessaire à la survie des humains sur Terre:

Système qui permet de recréer cette condition dans la Station spatiale internationale:

Système qui permet de maintenir cette condition sur la Terre:

4. Quatrième condition nécessaire à la survie des humains sur Terre:

Système qui permet de recréer cette condition dans la Station spatiale internationale:

Système qui permet de maintenir cette condition sur la Terre:

5. Cinquième condition nécessaire à la survie des humains sur Terre:

Système qui permet de recréer cette condition dans la Station spatiale internationale:

Système qui permet de maintenir cette condition sur la Terre:



ACTIVITÉ 06

L'EXPERTISE CANADIENNE DANS L'ESPACE

1^{er}

2^e

Les élèves explorent divers métiers en lien avec l'exploration spatiale.

L'équipe d'astronautes de l'Agence spatiale canadienne: Jeremy Hansen, Jenni Sidey-Gibbons, Joshua Kutryk et David Saint-Jacques. Crédit: NASA/Bill Stafford

- ❖ Identifier une carrière en lien avec l'espace et en apprendre plus sur une personne qui fait ce travail.
- ❖ Découvrir l'expertise canadienne dans le domaine spatial.

INTRODUCTION

Le travail d'astronaute est très spectaculaire et les astronautes sont très présents dans les médias. Il n'est donc pas étonnant que ces personnes soient connues du grand public. Par contre, il ne faut pas oublier que pour envoyer des astronautes dans l'espace, il y a une grande équipe qui travaille dans l'ombre.

L'Agence spatiale canadienne, dont les bureaux sont situés à Longueuil, emploie environ 600 personnes avec des expertises variées. C'est le travail de chacun d'entre eux/elles qui permet au Canada d'être un leader mondial dans le domaine de l'exploration spatiale.

MATÉRIEL

- ❑ La feuille de l'élève imprimée pour chaque élève (disponible ci-après)
- ❑ Accès à internet sur un ordinateur ou un appareil mobile

DÉROULEMENT

Amorcez l'activité en discutant du métier d'astronaute avec les élèves. C'est le métier le plus connu en lien avec l'espace mais il y a plusieurs personnes qui travaillent en arrière-plan pour envoyer ces hommes et femmes dans l'espace. Est-ce que les élèves connaissent d'autres métiers en lien avec l'espace? Invitez les élèves à se rendre sur le [site de l'Agence spatiale canadienne](https://www.asc-csa.gc.ca/fra/satellites/jwst/a-propos.asp) et fouiller quelques profils d'employés et partenaires. Demandez-leur de remplir la feuille de l'élève.



POUR ALLER PLUS LOIN

En plus des vols habités, le Canada est reconnu pour sa contribution à des projets spatiaux internationaux, comme le **télescope spatial James Webb**.

Montrez la capsule vidéo ExoBouchée :

- ❑ [Les télescopes du futur](#), réalisée par l'Institut Trottier de recherche sur les exoplanètes à l'Université de Montréal

Invitez les élèves à en apprendre plus sur ce télescope et la contribution canadienne à partir des pages de l'Agence spatiale canadienne :

- ❑ À propos de télescope spatial James Webb : <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/satellites/jwst/a-propos.asp>
- ❑ Contribution du Canada au télescope spatial James Webb : <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/satellites/jwst/contribution.asp>



Page 22

Nom de l'élève: _____

Date: _____

Découvre des personnes inspirantes qui travaillent à l'Agence spatiale canadienne ou en collaboration avec eux!

Va sur le site : <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/emplois/profils-employes-et-partenaires/> et prends quelques minutes pour explorer les différents profils avec diverses expertises. Si tu pouvais rencontrer l'une de ces personnes, qui choisirais-tu? Remplis la fiche ci-dessous pour cette personne.



Nom : _____

Poste : _____

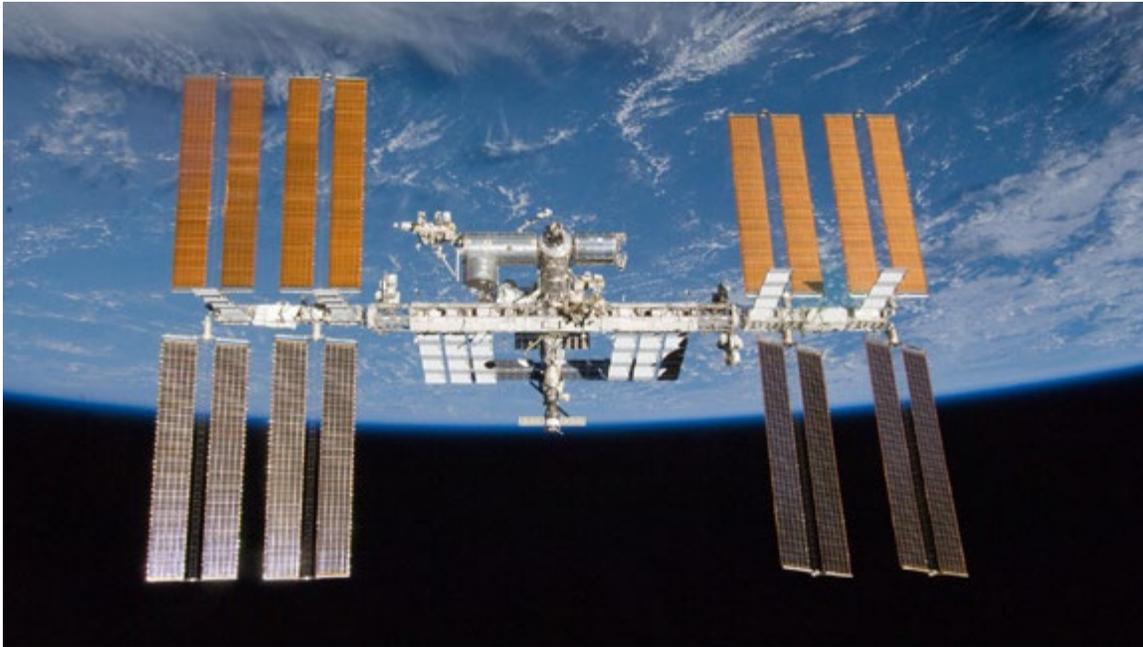
Quelles études faut-il pour obtenir ce poste?

Que trouves-tu intéressant par rapport à cette personne ou le poste qu'elle occupe?

Est-ce un métier que tu aimerais exercer plus tard? Pourquoi?

Si tu pouvais rencontrer cette personne, quelle(s) question(s) aimerais-tu lui poser?

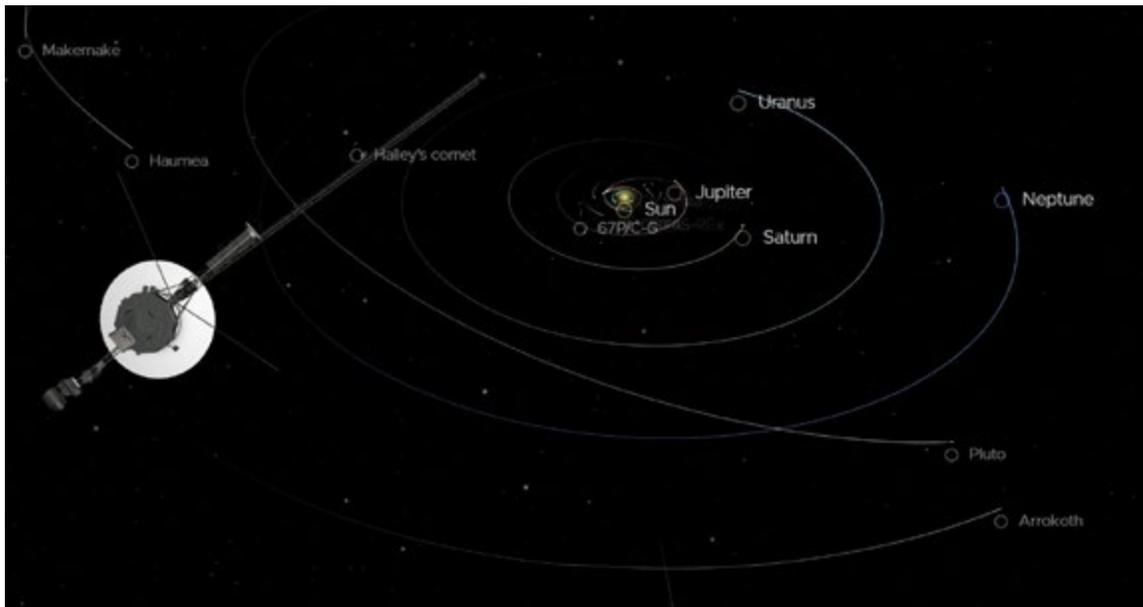
Station spatiale internationale



Deux vaisseaux spatiaux dans la même image: la Station spatiale internationale avec la Terre en arrière-plan.

Crédit: NASA, <https://images.nasa.gov/details-s132e012208>

Système solaire



La sonde Voyager 1 est assez éloignée de la Terre pour avoir une vue d'ensemble du Système solaire.

Crédit: NASA/JPL-Caltech, <https://voyager.jpl.nasa.gov/mission/status/>

Le « Point bleu pâle »



Le « Point bleu pâle », célèbre photo de la Terre prise par la sonde Voyager 1 en 1990.

Crédit: NASA/JPL-Caltech, <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA23645>

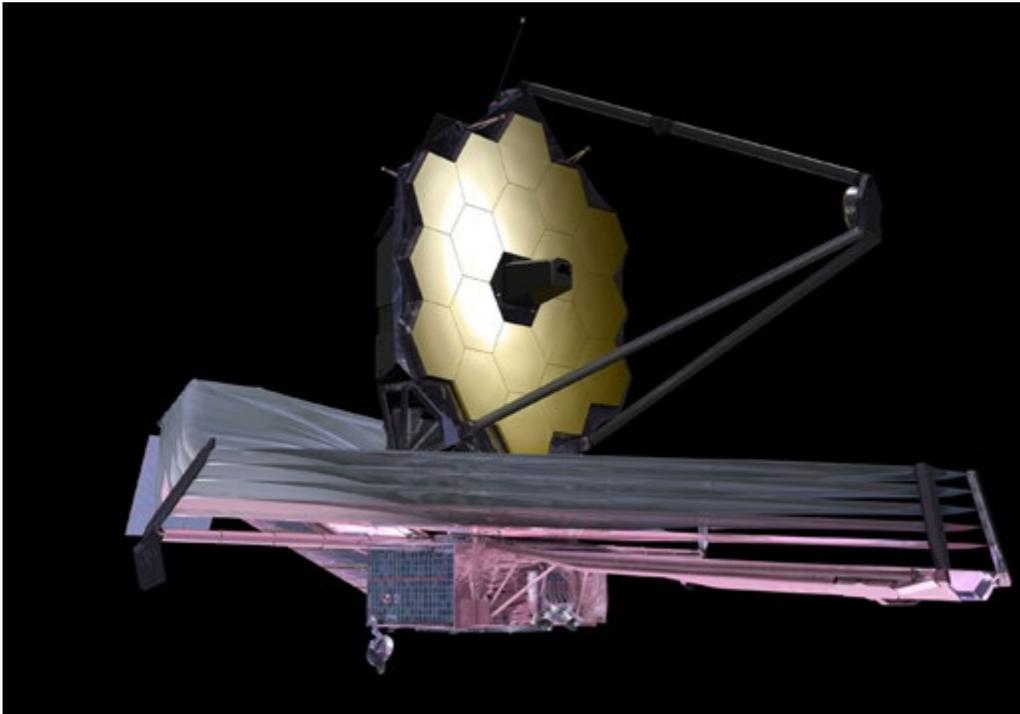
Recyclage de ressources



En 2009, des astronautes ont célébré et porté un toast aux premières gorgées d'eau recyclée dans la Station spatiale internationale.

Crédit: NASA, <https://www.nasa.gov/content/synthetic-biology>

Télescope spatial



Le télescope spatial James Webb

Crédit: NASA, <https://www.asc-csa.gc.ca/fra/multimedia/recherche/image/regarder/2016?search=james%20webb>