

Le son de Mars

Activités autour des micros à bord du rover Perseverance

Fiche pédagogique d'animation

Planète Sciences Occitanie 2021

Version : 0
Date : 4 octobre 2021
Rédactrice : Isabelle M. Santos



Age : 6-10	Durée :	Nombre minimum : 5
Encadrement : Enseignant		Nombre maximum : 30
Notions abordées : — Vibrations — Ondes sonores — Ton et accords	Pré-requis public : — — —	Pré-requis enseignant : — — —
Résumé : Autour du microphone à bord du rover Perseverance, découvrir le son, la façon dont le son se propage, les propriétés du son (hauteur de note, timbre, volume).		
Objectifs techniques : — — —		
Format : Ateliers et démonstrations	Formation associée à cette animation : N/A	

Table des matières

1	Introduction	3
2	Activités	3
2.1	Introduction	4
2.2	La propagation du son	5
2.3	Visualiser les ondes sonores	6
2.4	Propriétés du son : la hauteur des notes	8
2.5	Écouter Mars	9
3	Matériel	11
4	Ressources documentaires	13
5	Crédit images	14

1 Introduction

Perseverance est un rover (ou *astromobile*) envoyé par la NASA en juillet 2020 et qui a atterri sur Mars en février 2021 dans le cratère Jezero. C'est la première mission spatiale à enregistrer des sons à la surface d'une autre planète pour les envoyer sur Terre. Ce rover est même équipé de deux micros ! L'un des micros fait partie de la SuperCam, l'instrument franco-américain situé en haut du mât du rover. L'autre est sur le côté du corps du rover. Voir les cercles bleus sur l'image ci-dessous.



On a déjà essayé d'enregistrer des sons martiens deux fois dans le passé : la sonde Polar Lander qui s'est écrasée en 1999 avait un microphone à bord et la sonde Phoenix en 2008 avait un microphone qui ne s'est jamais allumé. Mais il n'y a pas que sur Mars (et sur la Terre) que l'on a utilisé des microphones. Les sondes soviétiques Venera 13 et 14 avaient chacune un microphone à bord pour détecter le vent et le tonnerre à la surface de Vénus. Et la sonde Huygens qui s'est posée sur Titan, le satellite de Saturne a aussi pu étudier l'atmosphère pendant sa descente grâce à son micro.

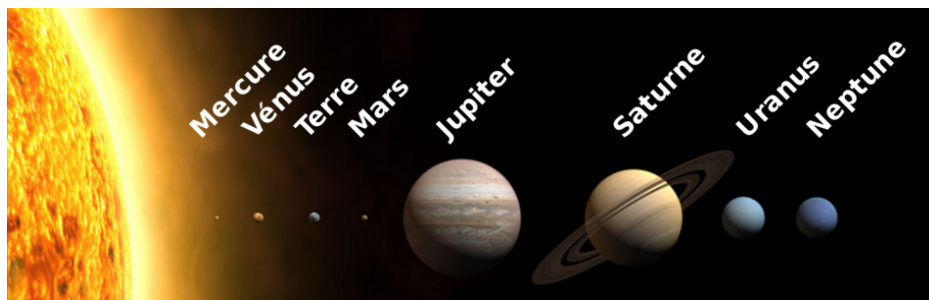
Le rover Perseverance n'est pas tout seul dans son exploration de Mars. Il est accompagné par l'hélicoptère Ingenuity. Ensemble, ils essayent de trouver des indices qui auraient pu être laissés par une éventuelle forme de vie passée.

2 Activités

Les activités proposées dans ce document peuvent être faites à la suite ou en plusieurs sessions espacées dans le temps. Il est aussi possible de ne réaliser que certaines de ces activités avec sa classe.

2.1 Introduction

Recueillir les idées que peuvent avoir les élèves sur Mars, voir s'ils suivent l'actualité (Perseverance, Zhurong, Curiosity, Maven, Insight,...). Rappeler que Mars est la quatrième planète du système solaire, la dernière planète tellurique (qui a un sol sur lequel on peut marcher, comme la Terre).



Recueillir les idées que peuvent avoir les élèves sur le son. Qu'est-ce qu'un son ? Comment est-ce qu'on peut produire du son ? Voir s'ils savent que le son se déplace,...

À chaque fois, on peut se servir d'un tableau pour collecter les choses que les élèves savent avant de commencer l'activité, ainsi que les questions que les élèves peuvent avoir sur ces sujets.

On peut faire faire différents bruits aux élèves en tapant sur un bout de bois ou sur un oreiller, en tapant sur un objet creux ou un objet plein, en grattant une surface lisse ou une surface rugueuse,... À chaque fois, demander aux élèves de caractériser le bruit qu'ils font. On peut leur proposer une liste de mots pour décrire les bruits : dur, étouffé, fort, mat, creux, court, long, agréable, aigu, grave, métallique, sourd, sonore, nasillard, percussif, doux, clair, rond, résonnant, sec, pincé, soufflé, net, brillant, large,...

On peut aussi faire des sons avec sa voix. Dans ce cas, ce sont les cordes vocales dans la gorge qui sont mises en mouvement par le souffle.

Établir un tableau avec une colonne pour l'objet qui produit le son ou la façon dont le son est produit, et une colonne pour les qualificatifs du son. Dans la colonne des qualificatifs, lister les adjectifs proposés par les élèves pour décrire les sons.

Une fois que les élèves ont décrit différents bruits produits en tapant sur différents types d'objets, leur proposer de fermer les yeux. L'enseignant peut alors reproduire ces bruits en demandant à chaque fois aux élèves de deviner lequel des objets a permis de produire ce bruit.

On met ainsi en valeur le fait qu'on peut reconnaître la source qui a produit un son à partir des caractéristiques du son.

Et Perseverance ?

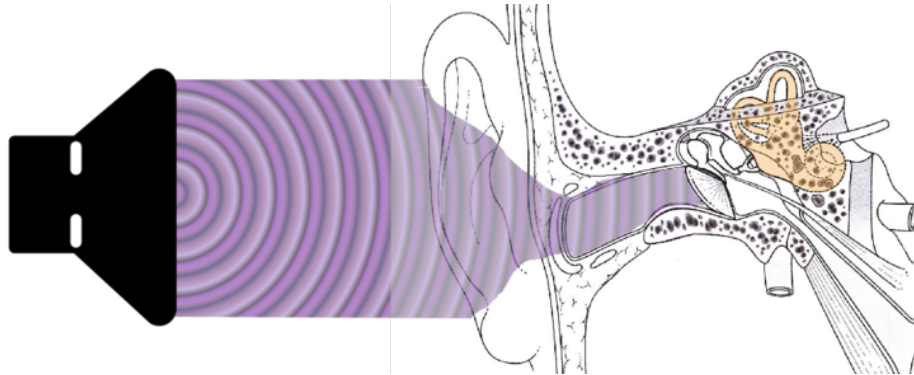
L'instrument SuperCam à bord de Perseverance tire au laser sur des roches pour déterminer leur composition. Lorsque le laser frappe la roche, il en vaporise une petite partie. En regardant le plasma qui est ainsi généré, on peut connaître la composition de la roche. Pour plus d'informations sur la SuperCam, consultez <https://supercam.cnes.fr/fr/>

En combinant le laser et le microphone, on peut en plus connaître la dureté de la roche. En effet, lorsque le laser tire sur une roche, on entend un petit « poc » (à écouter ici : <https://mars.nasa.gov/resources/25715/first-acoustic-recording-of-laser-shots-on-mars/>). Le son produit ne sera pas le même selon la dureté de la roche, et permet aux scientifiques d'en savoir plus sur les propriétés de la roche en question.

Les scientifiques utilisent ensuite ces informations pour en déduire l'histoire qui a mené à la formation de cette roche.

2.2 La propagation du son

Quand on entend un son, c'est parce que nos tympans ont été mis en vibration. Cette vibration provient d'ondes de pression qui se propagent de la source du son jusqu'à nos oreilles. Ces ondes sonores se propagent le plus souvent dans l'air, mais elles peuvent aussi se propager dans un liquide ou dans un solide. En revanche, en l'absence de milieu dans lequel se propager, par exemple dans le vide interplanétaire, il ne peut pas y avoir de son.



Le son se propage depuis sa source dans toutes les directions. Les vibrations de l'air font vibrer le tympan à l'intérieur de l'oreille.

Il s'agit ici de démontrer que le son se propage dans un milieu (air, bois, eau,...). Pour commencer, on peut demander aux élèves de se mettre par paires. L'un gratte la table du bout de l'ongle tandis que l'autre colle son oreille à l'autre bout de la table. On remarque qu'on entend bien mieux le grattement avec l'oreille collée à la table. On peut faire le lien avec les indiens qui collaient l'oreille au sol pour savoir s'il y avait un troupeau de bisons ou un train en approche.

On va ensuite utiliser ce même principe pour créer un moyen de communication à distance. Pour cette activité, les élèves doivent essayer de faire fonctionner des téléphones en pot de yaourt, aussi appelés *téléphones acoustiques*. Avec des pots de yaourt et de la ficelle, les élèves doivent réussir à faire passer à distance des messages en chuchotant.

Notez qu'il faut que la ficelle soit tendue pour que le dispositif fonctionne. Sinon, les vibrations ne se propagent pas.

Si on regarde la ficelle, on a l'impression qu'elle est immobile. Pourtant, en pinçant la ficelle pendant que quelqu'un parle dans le pot de yaourt, on peut sentir la ficelle vibrer. C'est donc bien que le son passe par la ficelle. On constate ainsi que le son se propage mieux à travers la ficelle qu'à travers l'air, puisqu'on entend mieux dans le téléphone acoustique que sans.

Et Perseverance ?

Le son peut se propager dans l'air, mais pas que. Il peut aussi se propager à travers la structure de Perseverance. Les micros à bord du rover sont donc très utiles pour écouter le moindre grincement lorsqu'une partie mécanique se déplace. Cela permet de détecter d'éventuels problèmes mécaniques au plus tôt afin de limiter l'usure du rover et allonger sa durée de vie.

Écoutez Perseverance qui fait un check-up pendant son vol interplanétaire ici : https://soundcloud.com/nasa/perseverance-rover-sounds?utm_source=Email&utm_campaign=social_

sharing&utm_medium=widgetutm_content=https%3A%2F%2Fsoundcloud.com%2Fnasa%2Fperseverance-rover-sounds

On entend dans cet enregistrement le bruit du circuit de refroidissement. Notez bien que le micro peut enregistrer du son parce que le son se propage à travers la structure du rover. En effet, pendant le vol interplanétaire, le rover est dans le vide, donc le son ne peut pas se propager dans l'air.

Pour aller plus loin

- On peut faire varier le diamètre de la ficelle, la forme et l'épaisseur du pot de yaourt pour tenter de trouver la meilleure combinaison qui optimise son téléphone en pot de yaourt.
- On peut jouer aux espions et essayer d'intercepter un message en attachant un troisième pot de yaourt au milieu du fil. On peut aussi faire un émetteur-récepteur sur le même principe.

2.3 Visualiser les ondes sonores

Demander aux élèves s'ils connaissent un milieu dans lequel on pourrait observer le déplacement des ondes (pas forcément sonores). On peut par exemple remplir une bassine d'eau et y faire tomber un caillou pour voir les petites vagues qui se déplacent à la surface.

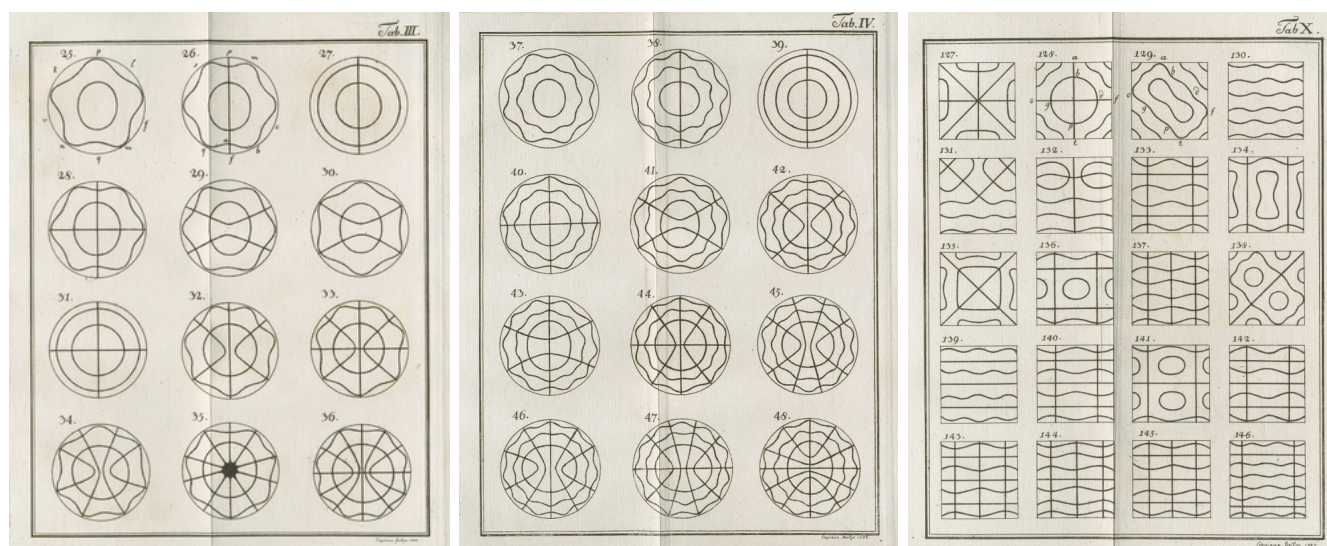


On a senti dans l'activité précédente que le son faisait vibrer la ficelle du téléphone acoustique. On va maintenant chercher à voir les ondes sonores.

- Faire un trou d'environ 1-2 cm de diamètre en bas d'une boîte de conserve propre. On peut aussi utiliser un pot de fleurs ou d'autres récipients à la place.
- Tendre un ballon de baudruche ou un film plastique sur la boîte de conserve. Si on utilise un ballon de baudruche, il faut en couper l'extrémité selon le trait représenté dans l'image ci-dessous.
- Répartir de la maïzena à la surface du film plastique. Au besoin, on peut remplacer la maïzena par de la farine.
- Faire du bruit au-dessus ou de la membrane, ou en face du trou dans la boîte de conserve. On peut utiliser un haut-parleur pour faire différents sons. Les élèves peuvent aussi utiliser leur voix pour produire du son. On constate que la farine se déplace sur la membrane. Si on émet un son continu (par exemple en disant une voyelle longue) on peut voir des formes qui se tracent dans la farine. C'est le son qui fait vibrer la membrane tendue et qui elle-même déplace la farine.
- Comparer la façon dont la farine se déplace et la forme que prend la farine avec différents bruits (hauteur de note, timbre, volume). On pourra remarquer, par exemple, qu'avec certaines hauteurs de notes, la farine s'accumule dans certaines régions de la membrane.



Des figures vont se dessiner dans la farine car certaines régions de la membrane vont rester immobiles tandis que d'autres vont vibrer. La farine va s'éloigner des régions qui vibrent et s'accumuler là où la membrane est immobile. Selon la fréquence, ce ne sont pas les mêmes régions de la membrane qui seront immobiles, et les figures changeront.



Les figures qui se forment dans la farine lorsque l'on fait vibrer la membrane s'appellent des figures de Chladni. Ces figures changent en fonction de la forme de la surface vibrante, de la fréquence (si le son est grave ou aigu), et du volume sonore. La quantité de farine que l'on place sur la plaque peut aussi influencer la forme des dessins qui apparaissent.

Les sons graves vont générer des figures simples. Plus un son aigu, plus il y aura un grand nombre de lignes qui le composent. En chantant lentement une mélodie, on peut voir les figures de Chladni se transformer.

Si on a un instrument de musique avec une peau tendue (par exemple un djembé), on peut aussi l'utiliser pour faire cette activité. Dans ce cas, on répartit la farine ou le sable sur la peau de l'instrument et on la fait vibrer en produisant du son à proximité, par exemple avec un haut-parleur.

Pour aller plus loin

- On peut répartir de la farine ou du sable sur une plaque métallique qu'on fait vibrer à l'aide d'un archet. On verra des dessins similaires se tracer dans la farine. On peut passer l'archet plus ou moins vite et plus ou moins fort sur la plaque métallique, et passer l'archet à différents endroits du bord de la plaque (près d'un coin, au milieu du bord,...).

- On peut remplir une bassine d'eau. Ensuite, on fait vibrer un diapason dont on plonge la queue dans l'eau. On voit alors les vibrations du diapason se propager à la surface de l'eau.

2.4 Propriétés du son : la hauteur des notes

Il s'agit avec cette activité de comprendre de quoi fait la hauteur d'un son (s'il est plutôt aigu ou plutôt grave).

Accorder des verres

- Taper contre un verre (avec par exemple une baguette, un stylo ou une cuillère). Utiliser un accordeur électronique (ou une application d'accordeur sur téléphone) pour connaître la hauteur de la note.
- Remplir le verre d'eau petit à petit en tapant dessus. Voir comment évolue la hauteur de la note.
- Remplir plusieurs verres avec plusieurs hauteurs de notes différentes pour avoir toute la gamme. Si possible, utiliser des verres dont les bords sont droits et perpendiculaires au sol (type verre Collins). Il sera ainsi plus facile de comparer le volume d'eau dans chacun des verres.



On peut transformer cette activité en course où il s'agit d'atteindre la note juste le plus vite possible en remplissant chaque verre d'eau. Dans ce cas, on peut répartir les élèves par équipes. Dans chaque équipe, un élève tape contre le verre, un élève verse de l'eau dans le verre, un élève surveille l'indication donnée par l'accordeur.

Créer la gamme

- Tendre une corde de guitare (ou de violoncelle) entre deux chevilles.
- Pincer (ou frotter avec un archet) la corde.
- Immobiliser la corde au milieu et pincer (ou frotter) la corde d'un côté ou de l'autre. Constater que la note est la même, mais à l'octave.
- Idem, mais en immobilisant au tiers de la corde. On a alors la quarte ou la quinte.
- Immobiliser la corde à plusieurs endroits différents. Faire une marque sur le bois à chaque fois que l'on tombe sur un son agréable, ou bien à chaque fois que l'on tombe sur une note en s'aidant d'un accordeur électronique.

Si vous avez une guitare à votre disposition, vous pouvez l'utiliser pour cette activité en complément ou à la place de la corde tendue entre deux chevilles.

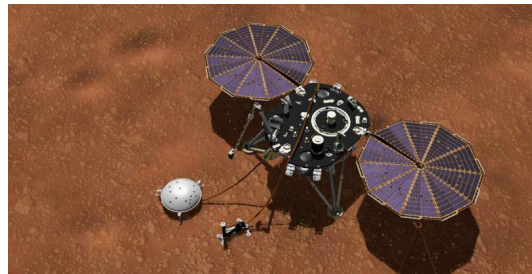
Infrasons et ultrasons

Il existe des sons trop aigus (ultrasons) ou trop graves (infrasons) pour que l'on puisse les entendre avec nos oreilles. Mais certains animaux peuvent les émettre et les entendre (sifflets pour chiens, les chauve-souris qui utilisent l'écholocalisation, les éléphants qui communiquent sur de très longues distances en infrasons, les dauphins...).

Par exemple, des naturalistes ont remarqué que parfois les éléphants levaient la trompe comme pour barrir, mais les naturalistes n'entendaient aucun son. Ils ont donc fait un enregistrement sonore des éléphants et l'ont rejoué en accéléré pour augmenter sa fréquence (c'est-à-dire le rendre plus aigu). Les naturalistes ont ainsi constaté que les éléphants produisaient du son, mais que ce son était simplement trop grave pour être entendu.

L'instrument SEIS à bord de la sonde InSight mesure les vibrations du sol. Pour les tremblements de terre, comme pour les sons, on a affaire à des vibrations qui se propagent. Mais les vibrations des tremblements de terre ont une fréquence beaucoup plus basse que le bruit que l'on est capable d'entendre.

On peut accélérer l'enregistrement d'un tremblement de terre pour le rendre audible. La NASA a utilisé cette méthode pour proposer des sonifications¹ de quelques tremblements de terre martiens.



Écoutez la sonification des tremblements de terre martiens : <https://soundcloud.com/nasa/quake-sol-173>

2.5 Écouter Mars

L'atmosphère de Mars est très différente de l'atmosphère terrestre : l'atmosphère martienne est plus froide, moins dense (la pression atmosphérique est environ 100 fois plus faible sur Mars que sur Terre) et composée à 96% de dioxyde de carbone (CO_2). Ces différences modifient la façon dont le son se propage, et donc la façon dont on pourrait y percevoir le son :

La vitesse de propagation du son : À cause de la température à la surface de Mars (-63°C en moyenne à la surface), le son s'y propage beaucoup plus lentement (240 m/s contre 340 m/s sur Terre).

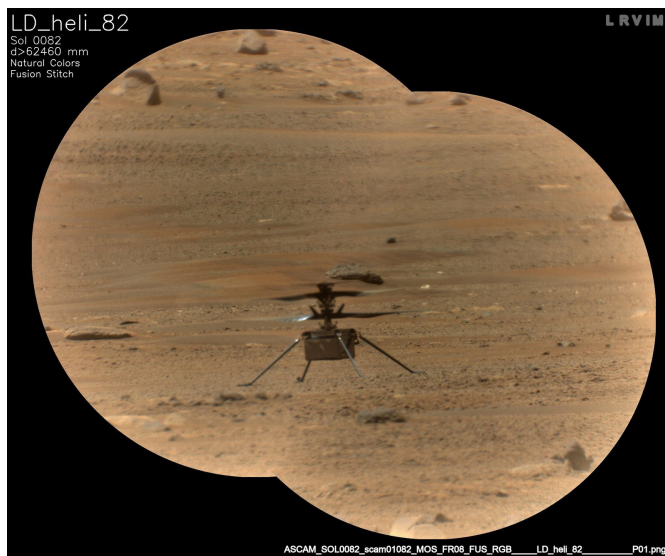
Sur Terre, il faut diviser par 3 le nombre de secondes entre l'éclair et le tonnerre pour connaître la distance en kilomètres de l'orage, alors que sur Mars, il faudrait diviser par 4. Ainsi, si on compte, par exemple, 12 secondes entre le moment où on voit l'éclair et le moment où on entend le tonnerre, alors sur Terre, l'orage est à 4 kilomètres, tandis que sur Mars, l'orage serait plus proche à seulement 3 kilomètres.

1. La sonification est une technique qui consiste à rendre audible des données scientifiques. Cette technique est utilisée par les agences spatiales pour faire de la vulgarisation, mais aussi par des scientifiques aveugles pour interpréter les données.

Le volume sonore : À cause de la faible densité de l'air, les sons sont beaucoup plus étouffés : il y a moins de particules d'air pour transmettre la vibration. Pour entendre un son aussi fort que sur Terre, il faudrait être beaucoup plus proche de la source du son.

Si on pouvait respirer sur Mars, alors il suffirait d'être à une dizaine de mètres l'un de l'autre pour ne plus s'entendre parler. On entendrait à peine l'institut depuis le fond de la classe !

La qualité du son : Le CO_2 a tendance à absorber les sons plus aigus. Ainsi, on entend plus les sons graves que les sons aigus. Et plus on se trouve loin d'une source sonore, plus les sons aigus seront atténués et on n'entendra plus que les sons graves.



Déroulement

Dans un premier temps, on peut s'aider d'une banque de son et demander aux élèves comment ils décriraient chaque son (fort, sec, court, long, aigu, grave,...). Voir aussi la section 2.1.

Recueillir les idées que peuvent avoir les élèves concernant ce à quoi peut servir un microphone sur un rover martien. Les micros servent par exemple à

- écouter le vent, les diables de poussière, et autres phénomènes météorologiques,
- écouter le bruit que fait la roche quand le laser vaporise une roche pour connaître la dureté de la roche,
- écouter le bruit que fait le rover sur le sol quand il roule,
- écouter le bruit de la poussière qui est soufflée à la surface du rover,
- écouter si le rover grince en bougeant son bras pour anticiper des problèmes de maintenance,
- ...

Les scientifiques qui utilisent les micros à bord de Mars doivent prendre en considération la différence d'atmosphère entre la Terre et Mars pour interpréter les sons. En effet, on entend moins les sons aigus sur Mars

Récupérer sur le site de la NASA le bruit que fait Ingenuity sur Mars et sur la Terre. Comparer les deux enregistrements : hauteur du son, volume,...

Avec les sons martiens simulés (<https://mars.nasa.gov/mars2020/participate/sounds/?playlist=earth>), demander de caractériser la différence entre les sons martiens et les sons terrestres en utilisant les mêmes mots que dans la première phase de cette activité.

Pour aller plus loin

- En classe de piscine, demander aux élèves de parler sous l'eau. Comment est-ce que le bruit de la voix change sous l'eau ? L'eau est plus dense que l'air, donc le son ne s'y propage pas de la même façon. Sur Mars, c'est le contraire : l'air est beaucoup moins dense que sur Terre.
- Mettez un téléphone (ou autre dispositif faisant du bruit) sous une cloche à vide. Comparez le son avant, pendant et après que le vide soit fait sous la cloche (moins il y a d'air sous la cloche à vide, plus le son est étouffé, comme s'il arrivait de plus loin). La pression atmosphérique martienne est environ un centième de la pression atmosphérique terrestre. Le son y est donc plus étouffé, comme pour le son sous la cloche à vide. Lorsque l'on ouvre le robinet pour faire revenir de l'air sous la cloche, le son redevient tel qu'il était au début.



3 Matériel

Le tableau suivant résume le matériel nécessaire pour mener les activités décrites dans la section précédente.

Atelier	Outils	Consommables
Introduction	— Des baguettes — Des chutes de bois — Un coussin — Des bouteilles en verre et en plastique — Une boîte en métal (type boîte à thé) — Une râpe à fromage — Du carton — Une cloche — D'autres objets avec lesquels faire du bruit	—

Atelier	Outils	Consommables
Propagation du son	— Ciseaux	— Pots de yaourt vides et propres — Ficelle (éventuellement plusieurs sortes)
Visualisation des ondes sonores	— Des ballons de baudruche dégonflés, ou un film plastique — Un saladier, un tupperware ou un pot de fleurs — En option : un archet (disponible par exemple avec Woodbrass https://www.woodbrass.com/violons-archets-violon-antoine-sonnet-asb-4-4-archet-p138073.html) — En option : une plaque en métal — En option : un instrument avec une peau tendue (par exemple un djembé) — En option : un diapason	— De la farine ou du sable
La hauteur des notes	— Verres (de préférence des verres droits) — Accordeur électronique ou application d'accordage sur téléphone — Un archet	— Corde pour instrument à cordes (par exemple le lot de cordes de guitare : https://www.woodbrass.com/cordes-guitares-classiques-eagletone-cshq-n-tension-normale-p125385.html) — Du bois — Des chevilles —

Atelier	Outils	Consommables
Écouter Mars	— En option : une cloche à vide — Un dispositif pouvant produire du bruit, à mettre sous la cloche à vide (réveil, téléphone,...)	—

4 Ressources documentaires

Livres

- La planète Mars - Histoire d'un autre monde, François Forget, François Costard, et Philippe Lognonné, 2005, Belin. <https://www.insu.cnrs.fr/fr/la-planete-mars-histoire-dun-autre-monde-nouvelle-edition>

Magazines

- Ciel & Espace, Hors-Série n°39, avril 2021
- Ciel & Espace, n°574, nNovembre 2020
- L'Astronomie, n° 146, février 2021
- L'Astronomie, n° 148, avril 2021
- L'Astronomie Édition Spéciale, <https://boutique.saf-astronomie.fr/produit/les-editions-speciales-de-lastronomie/>

Vidéos

- On capte Mars - Florence Porcel rencontre Naomi Murdoch : <https://www.youtube.com/watch?v=G8B9f4v3dv4>
- C'est pas sorcier - Bruit : <https://www.youtube.com/watch?v=IlhJcfKNk3I>
- Qu'est-ce qu'un son ? - C'est pas sorcier : <https://www.youtube.com/watch?v=Q58ns2rLXx8>
- E=M6 - Comment le son se propage-t-il ? : <https://www.youtube.com/watch?v=oIj7E28kdPc>

Sites internet

- Le site officiel de Perseverance : mars.nasa.gov/mars2020/
- Toutes les images prises par Perseverance : <https://mars.nasa.gov/mars2020/multimedia/raw-images/>
- Où est Perseverance : <https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/where-is-the-rover/>
- En savoir plus sur la mission : nasa.gov/perseverance
- Les bases de l'acoustique : <https://zestedesavoir.com/tutoriels/1660/les-bases-de-lacoustique/>
- Plus d'informations sur la sonde InSight sur le site du CNES : <https://lejournal.cnrs.fr/articles/a-lecoute-des-tremblements-de-mars>

5 Crédit images

1. Position des microphones du rover Perseverance. NASA/JPL. <https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/microphones/>
2. Propagation du son vers l'oreille. Dessin de l'auteur adapté d'un schéma de Didier Descouens. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Place-del%27Oreille-Interne-Schema.jpg>
3. Propagation d'une onde à la surface de l'eau. Roger McLassus. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2006-01-14_Surface_waves.jpg
4. Figures de Chladni. Domaine public. <https://publicdomainreview.org/collection/chladni-figures-1787>
5. La sonde InSight avec son sismomètre. NASA/JPL. <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA22957>
6. Ingenuity pris en photo par la SuperCam de Perseverance. NASA/JPL. <https://www.jpl.nasa.gov/images/perseverances-supercam-views-the-ingenuity-helicopter>
7. Un dispositif permettant de faire du bruit sous une cloche à vide. Planète Sciences.