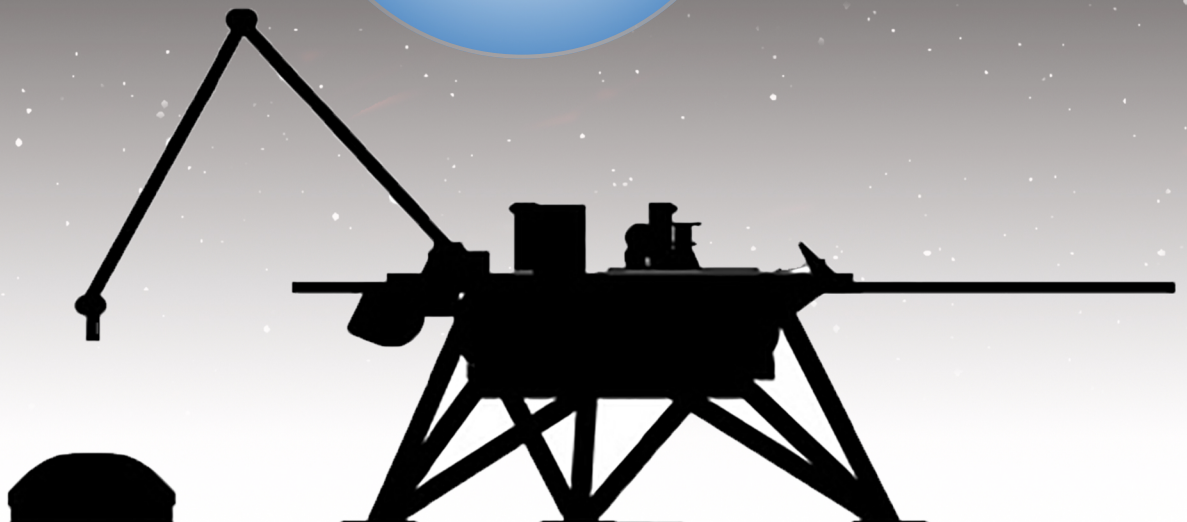


Thème IV Géologie Externe de Mars versus Terre

Des
paysages
façonnés par le
passage de
tornades de
poussière

Terre - Mars :
Comment peut-on
avoir sur une
planète si petite
planète un volcan
aussi grand ?

L'eau salée à
l'origine des
ravines sur Mars :
Info ou Intox



L'eau salée à l'origine des ravines sur Mars : Info ou Intox

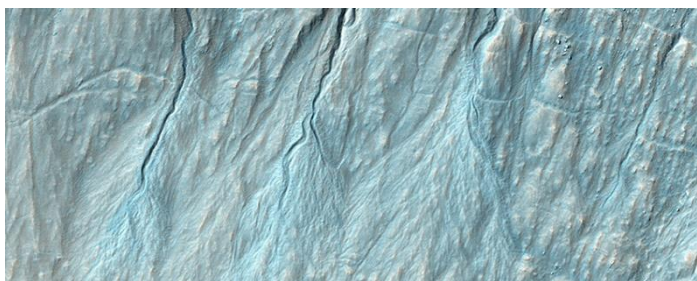
1. Introduction & Problème

Les chercheurs pensaient qu'un processus de déliquescence était responsable de ces ravines. C'est-à-dire un processus par lequel des sels absorbent la vapeur d'eau atmosphérique quand la température et l'humidité relative de l'air sont élevées en même temps.

Une telle activité de surface existe aussi en Antarctique, des traces d'eau d'aspect semblable sont formées par le ruissellement à faible profondeur de saumures. Mais il fait beaucoup plus froid la nuit sur Mars qu'en Antarctique, et la couche active de sol non gelé y est beaucoup plus mince. Ce processus, à partir d'un air Martien raréfié, ne peut produire que de minuscules quantités d'eau, certainement pas assez pour que des torrents coulent le long des pentes.

Le processus à l'origine de la formation des ravines sur Mars ne serait pas dû au ruissellement « d'eau salée » mais à un autre facteur.

Mars



A New Gully Channel in Terra Sirenum
Source: NASA/JPL/University of Arizona

Terre



Ravinement dans les argilites, région PACA
Source: www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA

Comment les ravine se sont-elles formées sur Terre et sur Mars ? Le facteur d'érosion est-il le même ?

2. Age des étudiants : 13 – 15 ans

3. Objectif

Expliquer la formation des ravines sur Terre et sur Mars en déterminant le facteur d'érosion ainsi que le processus de transport et de dépôt.

4. Disciplines principales

Physique – Sciences de la Terre - Chimie

5. Disciplines complémentaires

6. Temps requis 2h

7. Mots clés

Ravine – Erosion – Facteurs d'érosion – Transport et dépôt de sédiments

8. Matériel

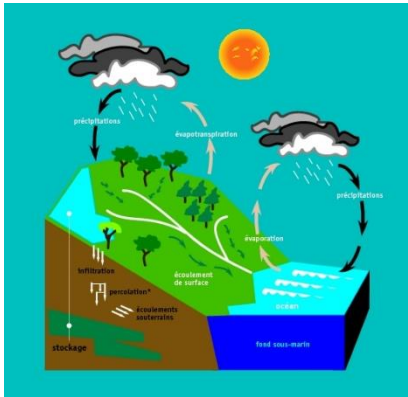
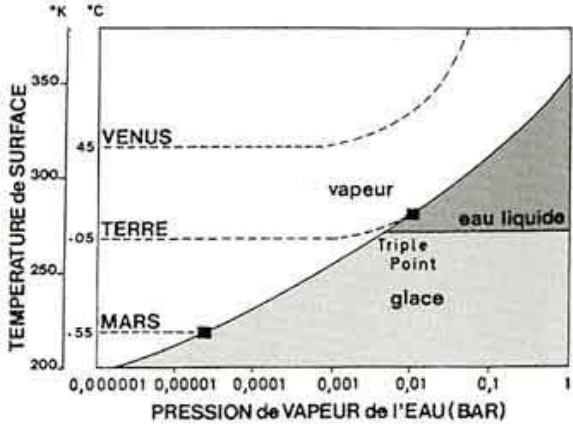
Modélisation des Ravines sur Terre	Bouillant de Franklin	Traitement d'image
- Cuvette - Eau - Cale - Sable	- Un ballon ou Erlen - Eau - Capteur T° - Arduino - Plaque chauffante - Bouchon - Support	- Logiciel Qgis - Images satellites téléchargées à partir de Hirise

9. Connaissances requises

Le fonctionnement du cycle de l'eau et du CO₂ sur Terre.

10. Protocole

Sur Terre :

Cycle de l'eau	Diagramme de phase Pression-Température de l'eau et la situation des planètes :
 <p>Source : Le cycle de l'eau (© DocSciences – P. Veyret)</p>	 <p>Auteur : (Van Vliet-Lanoë, 2005)</p>

Modélisation des ravines sur Terre :

- Protocole de modélisation, dans A. Prost, *La Terre, 50 expériences pour découvrir notre planète*, Belin, 1999.

1 – Répartissez également le sable (0,2 mm) dans la cuvette et aplanissez la surface.

2 – Donnez une légère pente à la cuvette en plaçant une cale sous l'un des côtés.

3 – Placez le tuyau au point culminant de la cuvette.

4 – Ouvrez doucement le robinet, en dirigeant le jet d'eau vers le bas de la cuvette (l'aval) : le filet d'eau s'infiltre dans le sable.

Augmentez le débit d'eau jusqu'à ce que l'eau s'écoule en surface.

1. Exploitez les documents proposés ainsi que les résultats de la modélisation le processus à l'origine des ravines sur Terre (Erosion – Transport – Dépôt)

Sur Mars :

Les dizaines de milliers de ces ravines, mesurant parfois plusieurs kilomètres de longueur, sillonnent les pentes situées aux latitudes moyennes de Mars. Elles impliquaient des quantités importantes de liquide très difficiles à expliquer. Mais la pression atmosphérique de la planète est si basse que toute l'eau pure de surface gèle inévitablement, s'évapore ou bout rapidement. En effet, les conditions de température et de pression (cf le diagramme de phase P° et T° de l'eau) sont très proches du point critique de l'eau pure.

Ce n'est donc pas l'eau qui creuse les ravines sur Mars alors quel serait le facteur responsable du processus à l'origine des ravines ?

Indice :

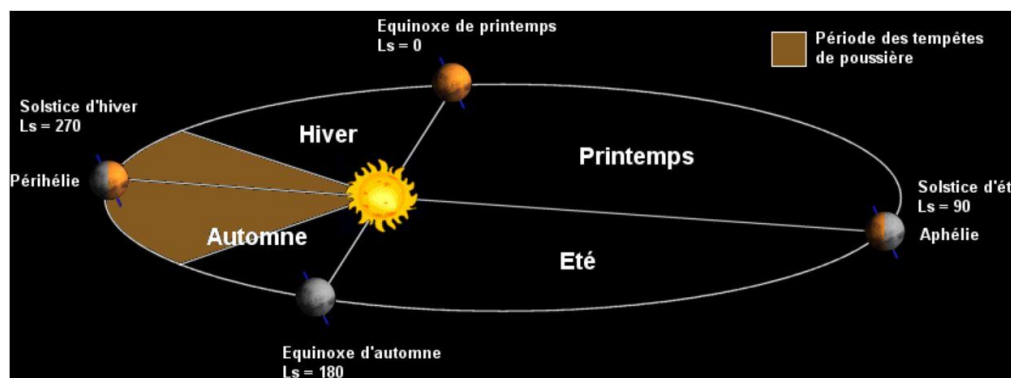
Composition de l'atmosphère martienne et de l'atmosphère terrestre :

Gaz	Mars (%)	Terre (%)
CO ₂	95,97 %	0,035 %
Ar	2 %	0,93 %
N ₂	1,89 %	78 %
O ₂	0,146 %	20,6 %
CO	557 ppmv	0,2 ppmv
H ₂ O (variable)	0,021 %	0,4 %
O ₃ (variable)	0,01 – 5 Dobs	300 Dobs

2. Formulez une hypothèse possible :

Hypothèse : Le CO₂ pourrait être responsable du creusement des ravines sur Mars.

Distribution des saisons au cours d'une année martienne :

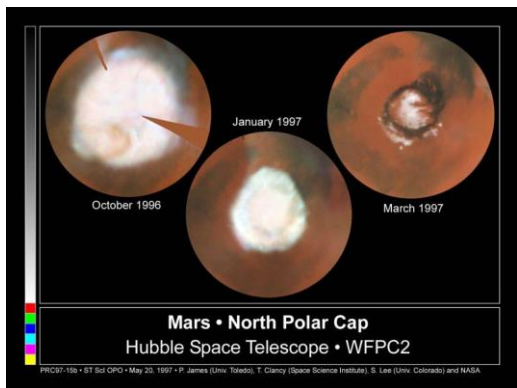


Ls : signifie longitude solaire, exprimée en degré. Une année martienne (soit une orbite autour du soleil) correspond à 360 degrés.

Un degré de longitude solaire correspond à l'angle que fait la planète avec le Soleil par rapport à la position de la planète à l'équinoxe de printemps boréal.

Crédit photo : © Philippe Labrot, d'après un schéma du Laboratoire de Météorologie Dynamique. La petite planète est de Calvin J. Hamilton

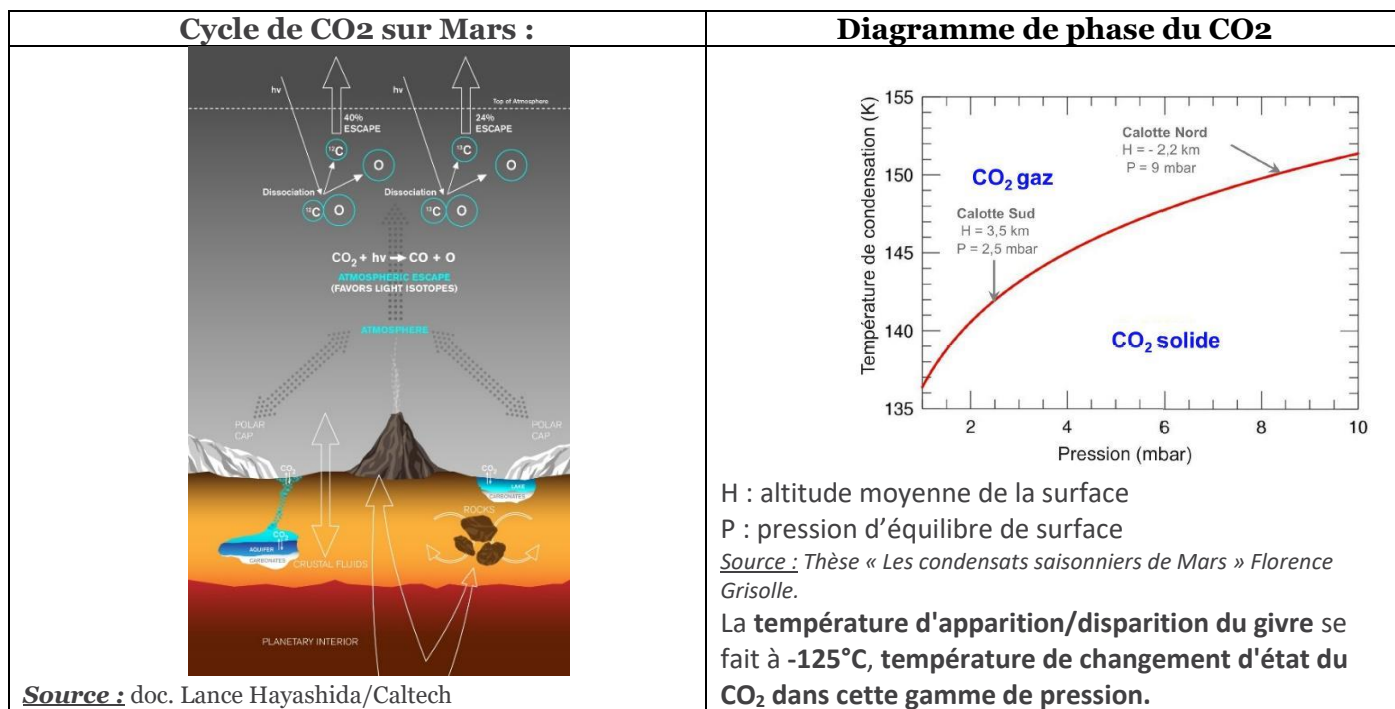
Il y a la **variation saisonnière de la pression globale**. Quand il y a une grande calotte transitoire au nord ou au sud (époques des 2 solstices) la pression est 75 Pa plus faible que la moyenne annuelle. Quand il n'y a plus de calottes transitoires ni au nord ni au sud (époques des équinoxes), la pression globale est 75 Pa plus forte que la moyenne. Cette variation de 150 Pa entre équinoxe et solstice (25% de la pression moyenne) montre que 25% du CO₂ atmosphérique se condense en glace carbonique pendant l'hiver, et se resublime au printemps suivant. Ce transfert de 25% de l'atmosphère entre le nord et le sud qui a lieu 2 fois par année martienne peut être la cause de tempête extraordinaire et généralisée.



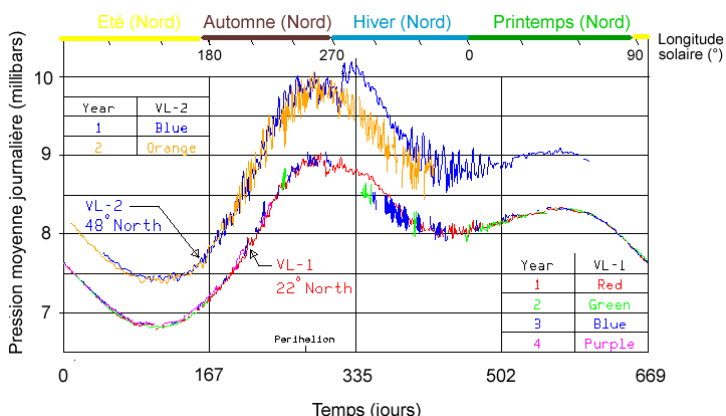
Ces calottes, blanches, changent de taille suivant les saisons. A la fin de l'été, il ne reste que ce qu'on appelle les **calottes permanentes**, ou **résiduelles**, constituées de "glaces éternelles". Ces calottes blanches grandissent en automne et en hiver, car elles se recouvrent et s'entourent d'une couche de givre, givre qui se condense en automne et hiver, et qui se sublime au printemps et en été. On parle alors de **calottes transitoires ou saisonnières**.

Droits réservés - © 1996-1997 Phil James (Univ. Toledo), Todd Clancy (Space Science Inst., Boulder, CO), Steve Lee (Univ. Colorado), NASA

Les calottes transitoires, minces couches de givres, semblent être constituées majoritairement de glace de CO₂. Mais que deviennent ces calottes de glace de CO₂ et que transportent-elles ?



Variation de pression atmosphérique sur Mars au cours des différentes saisons

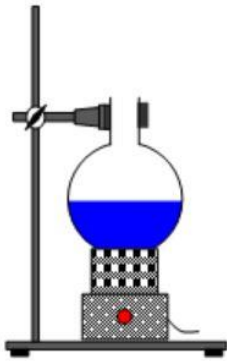


Droits réservés - © 1985-1988-1993 J.E. Tillman, modifié

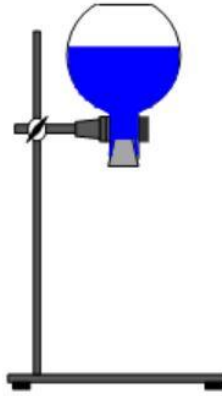
Manipulation :

Le CO₂ se comporte différemment sur Mars à cause de la T° et de la P°.

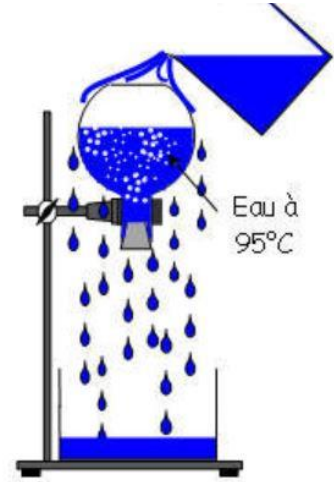
Expérience Bouillant de Franklin avec T° Arduino pour montrer que l'état physique des espèces chimiques sont sous l'influence de la T° et de la P°.



Chauffage de l'eau jusqu'à ébullition 100°C.



Retournement du ballon bouché



En arrosant d'eau froide, l'ébullition reprend

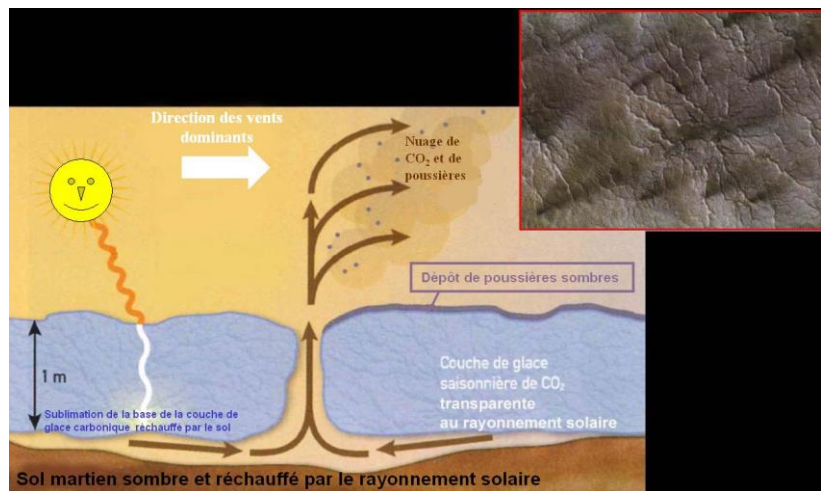
Source : <https://applilocale.ac-besancon.fr/geogebra/labo/films/franklin/bouillant.htm>

En hiver se forme une couche de glace carbonique sur le régolithe martien. Au printemps, cette couche transparente aux rayons solaires est réchauffée par sa base.

La glace se sublime : elle passe directement à l'état gazeux. Le CO₂ gazeux, piégé sous la couche de glace diffuse dans les pores du régolithe dans lesquelles la pression augmente. Cette pression peut alors engendrer la fracturation du couvercle de glace et une rapide décompression du régolithe formé de débris et de poussières portés par le CO₂ permettant l'écoulement d'une partie du sol en y creusant un réseau de sillons plus ou moins convergents (les araignées).

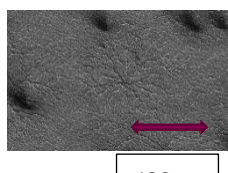
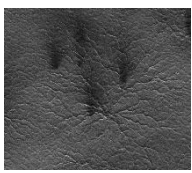
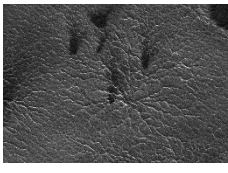
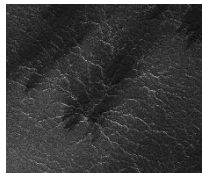
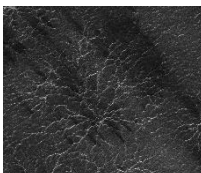
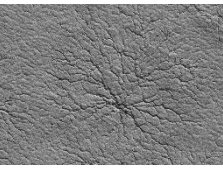
Les poussières amenées en surface vont se déposer aux environs, dirigée par la direction des vents dominants (les éventails).

Source : <https://planet-terre.ens-lyon.fr>



Droits réservés - © 2003 Piqueux et al. ; NASA/JPL/University of Arizona

Pour illustrer ce phénomène : Présenter cette séquence d'image à l'aide du logiciel Qgis
 Vous pouvez ouvrir ces images à partir du fichier fourni dans le logiciel Qgis et ainsi en superposant les calques vous verrez l'évolution de la formation de l'araignée.

Fin de l'hiver	Début du printemps	Milieu du Printemps	Fin du Printemps	Début d'été	Eté
					

Cette séquence fait partie d'une présentation de l'AGU de décembre 2007 "Printemps au pôle Sud de Mars".

La séquence d'événements est étudiée dans une série d'images acquises au printemps et en été dans l'hémisphère sud et illustre la sublimation d'une araignée spécifique.

Fin de l'hiver : nous zoomons sur une seule "araignée". Il s'agit d'un ensemble de chenaux organisés radialement en surface, recouverts d'une couche de glace de dioxyde de carbone saisonnière translucide.

La "date" est $L_s = 181.1$ (L_s est la façon dont nous mesurons le temps sur Mars : à $L_s = 180$, le soleil passe l'équateur vers le sud ; à $L_s = 270$, il atteint sa latitude subsolaire maximale et l'été commence.)

Début du Printemps : a été acquise à $L_s = 195.4$. Quatre éventails de poussière ont émergé des canaux de l'araignée. La glace translucide est réchauffée par le bas et s'évapore sous la couche de glace saisonnière. Le gaz trouve un point faible et s'évapore jusqu'au sommet de la couche de glace au-dessus, transportant la poussière de la surface le long de celle-ci. La poussière est balayée par le vent dominant.

Milieu du Printemps : a été acquise à $L_s = 199.6$. La poussière est piégée dans les canaux.

Fin du Printemps : acquise à $L_s = 226$, montre que la direction du vent a changé, que les ventilateurs existants se sont allongés et que de nombreux nouveaux éventails proviennent des chenaux à mesure que la couche de glace s'amincit.

Début d'été : a été prise à $L_s = 233.1$, lorsque la majeure partie du gel de surface a disparu. Les canaux sont lumineux parce que le soleil brille plus directement sur les murs. Une mince bande de poussière foncée est visible au fond des plus grands chenaux.

Milieu d'été : a été prise à $L_s = 325.4$, bien en été austral. Toutes les gelées saisonnières ont disparu. Il est clair que les chenaux sont creusés dans la surface et non dans la glace saisonnière. Les éventails ont disparu en ce sens qu'ils ne contrastent plus avec le matériau de surface dont ils étaient issus. Le matériau de surface est de la saleté cimentée à l'eau glacée recouverte d'une couche d'environ 5 cm de poussière de silt desséchée, qui est redistribuée à chaque saison dans ce processus de création et de dépôt d'éventail.

Écrit par : Candy Hansen (12 décembre 2007) – **Source :** NASA/JPL/University of Arizona

11. Echange autour des résultats and conclusion

Les facteurs d'érosion sur Terre sont dans le cas du creusement des ravines l'eau et sur Mars le dioxyde de carbone.

Cette activité permet aux élèves de comprendre que le comportement des espèces chimiques dépend des conditions de Température et de Pression.

Il est important de développer l'esprit critique des élèves afin qu'ils restent critiques sur tout article qui paraît même dans le domaine scientifique.

La science n'est pas une discipline figée mais qui évolue en fonction des avancées technologiques et scientifiques.

« Il y a des milliards d'années, notre planète était entourée d'une enveloppe étouffante de dioxyde de carbone, dont la plus grande partie est maintenant piégée dans le fond des océans sous la forme de calcaire. A l'époque de sa formation, l'intense activité tectonique qui existait sur Terre pouvait contrer le piégeage des carbonates. Au niveau des zones de subduction, où la croûte océanique s'enfonce dans le manteau terrestre, les roches sont soumises à des températures de plus en plus fortes. Les carbonates finissent par fondre et redonnent alors naissance à du dioxyde de carbone, qui retourne dans l'atmosphère en s'échappant par les cheminées des volcans.

Contrairement à la Terre, Mars n'a pas connu de tectonique des plaques. Si cette dernière a pu néanmoins s'enclencher, le refroidissement de la planète a du rapidement lui couper l'herbe sous les pieds. Sans tectonique de plaques capable de remettre en circulation les carbonates par cuisson, l'atmosphère martienne est devenue de plus en plus fine. L'effet de serre a commencé à diminuer et la planète a fini par se refroidir, lentement mais inéluctablement, pour se transformer en un enfer glacé. »

Source : <https://www.nirgal.net/atmosphere.html>

12. Pour aller plus loin

Montrer l'effet de l'érosion par une eau riche en CO₂ : Les karsts



— Les calcaires blancs massifs, cohérents et non poreux, forment des [barres rocheuses](#) dans le paysage. Ces roches portent de nombreuses [traces de dissolution](#) par les eaux de circulation donnant naissance à un [lapiaz](#) : [rainures](#) dans le sens de plus grande pente, [cavités circulaires](#).

— La dissolution du calcaire est à l'origine de l'[élargissement](#) des diaclases [verticales](#) ou [obliques](#) qui affectent les barres calcaires. Ce phénomène entraîne l'[écroulement](#) de blocs qui se détachent des falaises et tombent au pied de barres calcaires.

— Cette érosion karstique s'est développée sous couvert végétal, l'eau de percolation dans le sol, enrichie en dioxyde de carbone, a lentement dissous le calcaire, donnant le modelé caractéristique des massifs calcaires. Aujourd'hui, cette érosion chimique n'agit quasiment plus sur les roches observées à l'affleurement.

Source : http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr/Affleurements_PACA/13_allauch/carte_geologique_allauch250.htm

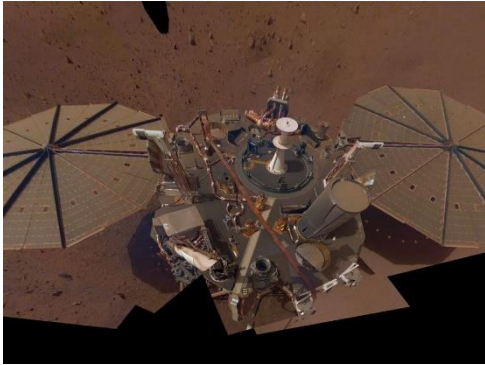
13. Pour en savoir plus (Ressources pour les enseignants)

- <https://www.uahirise.org/>
- <https://applilocale.ac-besancon.fr/geogebra/labo/films/franklin/bouillant.htm>
- <http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr>
- A. Prost, *La Terre, 50 expériences pour découvrir notre planète*, Belin, 1999.
- <https://planet-terre.ens-lyon.fr/>

Des paysages façonnés par le passage de tornades de poussière

1. Introduction & Pb

La sonde sur Mars a enregistré le passage d'un vortex venteux qui a dégagé un peu de poussière qui s'était accumulée sur ses panneaux solaires depuis son arrivée.



« Le 1er février 2019, les deux panneaux solaires de la sonde Insight qui étudie la géologie martienne ont connu un regain de puissance. Il a été attribué au passage d'un vortex venteux qui a soulevé une partie des particules de poussières qui les recouvraient. Un évènement qui n'est pas rare sur Mars mais c'est la première fois qu'il a pu être étudié avec des paramètres météorologiques complets. »

Source : *Sciences et Avenir* « Un coup de vent balaye la poussière des panneaux solaires d'InSight »

Source : NASA/JPL-Caltech

La vitesse maximale du vent que la station météorologique APSS (Auxiliary Payload Sensor Suite) a enregistré atteint juste 45 km/h. Ce coup de vent s'est accompagné d'une chute locale de la pression atmosphérique de 13%. Selon les ingénieurs en charge de la sonde, ces conditions sont compatibles avec le passage d'un "diable de poussière" au-dessus d'elle appelé « Dust devils ».

Ces tornades laissent des traces bien visibles de leur passage dans le paysage martien et contribue ainsi à la géomorphologie particulière de la planète Mars ce qui n'est pas le cas sur Terre.

Des marques laissées par le passage de Dust dans le cratère Richardson :



Ces dunes sont situées à une latitude de 72 ° sud ; sur Terre, elles seraient bien au-delà du cercle antarctique. A cause de leur position très proche du pôle, elles subissent d'énormes variations de température au cours de l'année martienne. Cette image a été prise au moment de l'équinoxe d'automne dans l'hémisphère austral, qui marque la fin de l'été et le début de l'automne. De nombreuses **marques de tourbillons** se voient encore, sous forme de fines traces entrecroisées, mais elles seront progressivement recouvertes par le givre carbonique quand l'hiver austral s'installera.

NASA/JPL/University of Arizona

Pb : Mais comment ces vortex, signature de dust, se forment-ils sur Mars, en existe-t-il sur Terre ?

2. Age des étudiants 13 – 15 ans

3. Objectifs

Comprendre les lois physiques qui régissent les déplacements des masses d'air c'est-à-dire la convection atmosphérique. Mais aussi le processus de formation d'un Dust pour en déduire les causes de ces marques laissées sur le sol si caractéristique de la planète Mars.

4. Disciplines principales

Physique – Science de la Terre

5. Disciplines complémentaires

6. Temps requis 2h

7. Mots-clés

Dépression – Convection atmosphérique

8. Matériel

Modélisation « tourbillon de poussière »

- Encens
- Plaque en plexiglas
- Bougie
- Bac à glaçon
- Capteur de pression (cf : Fiche Technique Arduino)

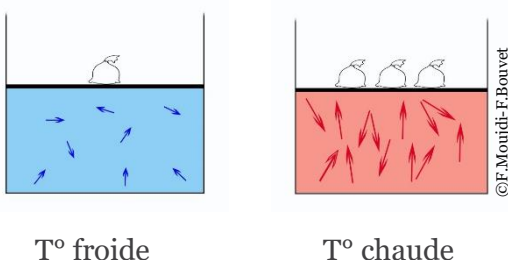
9. Connaissances requises

Déplacement des masses d'air par convection atmosphériques :

La relation entre la pression et la température (Loi de Gay-Lussac) à l'origine de la convection atmosphérique :

Le chimiste et physicien français Louis Joseph Gay-Lussac (1778-1850) a démontré qu'il existe une relation entre la pression et la température d'un gaz. Pour un volume constant et une quantité donnée de gaz, il a observé que la pression d'un gaz augmente lorsque sa température augmente, et vice versa. La relation qu'il a tirée de ses observations se nomme loi de Gay-Lussac.

« La **loi de Gay-Lussac** décrit la relation entre la pression et la température d'un gaz. Elle stipule que, à volume constant, la pression d'une certaine quantité de gaz est directement proportionnelle à sa température absolue. »



Selon cette théorie cinétique des gaz, une augmentation de température résulte en une augmentation de l'énergie cinétique des particules.

Les particules chauffées entrent en collision plus facilement ce qui provoque un changement de pression.

10. Protocole

Tout comme sur Terre, les vents sur Mars sont alimentés par le chauffage solaire. Les observations des sondes Viking sur Mars ou directement sur Terre, ont révélé que les poussières atmosphériques pouvaient être soulevées par des tourbillons de poussière.

Ces phénomènes peuvent atteindre des dimensions considérables. Une tornade aspire les masses d'air environnantes et les concentre en son cœur.

Amazonis Planitia



Un gigantesque tourbillon de poussière projette une ombre serpentine sur la surface martienne.

La vue couvre une zone d'environ 644 m de largeur. Le nord est vers le haut. Le panache de poussière atteint plus de 800 m de hauteur et 30 m de diamètre.

Une brise d'ouest à mi-chemin de la hauteur du tourbillon de poussière a produit un arc délicat dans le panache. L'image a été prise au moment où la planète est la plus éloignée du soleil.

Satellite: Mars Reconnaissance Orbiter

Copyright: NASA/JPL-Caltech/University of Arizona

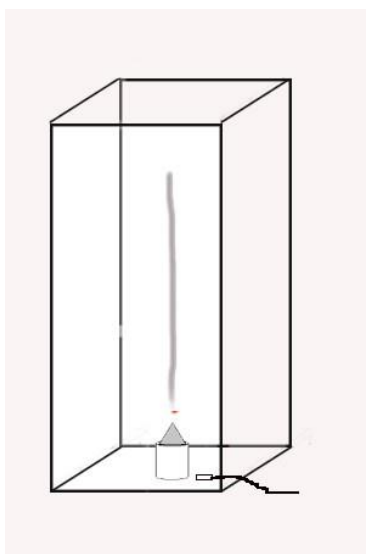
Ce phénomène se produit également sur Terre généralement durant l'été. Un dust devil se développe à partir du sol lorsque certaines conditions sont réunies. Le dust est un déplacement de masses d'air contenant des particules de poussière.

I. Modélisation d'une turbulence de masse d'air :

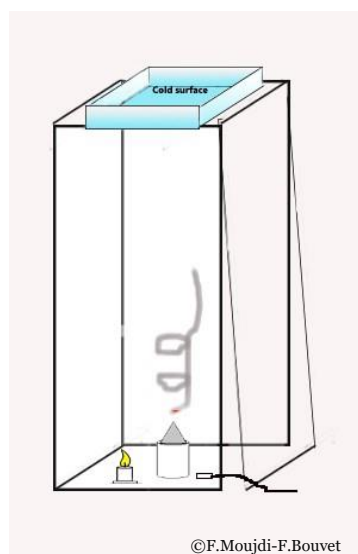
Réalisez l'expérience suivante pour mettre en évidence le déplacement des masses d'air.

Capteurs de P^o à l'intérieur et à l'extérieur :

Sans facteur extérieur perturbant



Avec facteur extérieur perturbant



1. Notez les résultats obtenus :

	Expérience 1		Expérience 2	
	T=0	T=3'	T=0	T=3'
Pression à l'intérieur du tube				
Interprétation des résultats				

2. **Expliquez** à partir des données recueillies le phénomène qui s'est produit lors de l'expérience et qui a permis le déplacement des masses d'air chaudes.

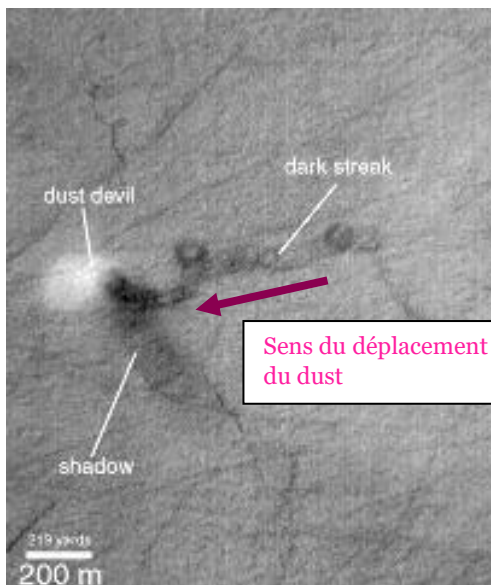
II. Le tourbillon en action :

Nous venons de montrer que c'est une ascendance d'air chaud qui constitue le moteur de la tornade. Cette ascendance permet aussi de faire basculer les tourbillons qui apparaissent horizontalement en raison du cisaillement par des vents horizontaux.

Ensuite, quand la tornade est formée, l'air s'élève dans son cœur, ce qui produit à sa base l'aspiration violente de l'air environnant et entretient la dépression.

Lorsque le tourbillon de poussière se déplace à la surface de Mars, il peut ramasser et perturber la poussière détachée, laissant derrière lui une piste plus sombre.

Dust en action photographiée en orbite par MGS le 11/12/1999 :



- **Dark streak** : La marque laissée par passage du dust (70 m de large) qui a balayé la fine pellicule de poussières claires qui recouvraient le sol. Cette marque est très visible par sa forme sinueuse et sa couleur sombre.
- **Dust devil** : Nuage de poussière
- **Shadow** : l'ombre portée par cette tornade sur le sol.

Droits réservés - © 2004 NASA/JPL/Malin Space Science Systems

11. Echange autour des résultats et conclusion

Les diables de poussière sur Mars se forment de la même façon qu'ils le font sur Terre. Le sol se réchauffe pendant la journée et réchauffe l'air immédiatement au-dessus de la surface (par radiation). Cette couche d'air chaud s'élève et l'air plus froid au-dessus tombe, créant ainsi des cellules de convection verticale. Une rafale de vent horizontale fera tourner les cellules de convection, ce qui entraînera un tourbillon de poussière.

Les tornades en emportant la poussière avec eux vont contribuer à façonner le paysage Martien et ainsi laissés des marques de leur passage.

Mais ces traces seront progressivement recouvertes par le givre carbonique quand l'hiver austral s'installera. Le visage de Mars change en fonction des saisons.

12. Pour aller plus loin

- <https://visionscarto.net/once-upon-a-thirst>

13. Pour en savoir plus (Ressources pour les enseignants)

- <https://planet-terre.ens-lyon.fr/article/mars-2005-04-13.xml>

- https://www.nirgal.net/mars_science_atm.html

Terre – Mars : Comment peut-on avoir sur une planète si petite planète (Mars) un volcan aussi grand ?

1. Introduction & Problème

La taille et la forme d'un cône volcanique sur Terre permettent aux volcanologues de découvrir son histoire ainsi que ses caractéristiques comme sa composition et les propriétés physiques du magma produit, comme par exemple, sa viscosité.

Beaucoup d'élèves connaissent, Olympus Mons, car c'est le plus haut volcan du système solaire. Sa taille (près de 22 000 m de hauteur) fait plus que le double de la plus haute montagne du monde : il s'agit du volcan situé à Hawaii (Mauna Kea, 10 000 m de haut).



Figure 1: Olympus Mons
© NASA

2. Age des étudiants 14 - 18 ans

3. Objectif

Grâce à cette activité, les élèves pourront :

- comparer les tailles des deux planètes (Terre et Mars) ;
- comparer les tailles des plus hauts volcans des deux planètes, Mauna Kea sur Terre et Olympus Mons sur Mars ;
- découvrir qu'Olympus Mons n'est pas seulement le plus grand volcan du système solaire, mais aussi sa plus grande montagne ;
- calculer le volume, la masse, la densité et le poids des deux volcans ;
- comparer les éruptions des deux volcans et comprendre que les deux sont des volcans boucliers formés par des laves de composition basaltique

4. Disciplines principales

Sciences de la Terre – Mathématiques – Physique

5. Disciplines complémentaires

Arts Plastiques

6. Temps requis

30 minutes plus 30 minutes pour la partie "Aller plus loin"

7. Mots clés

Volcans – basalte - volcans boucliers – volume – densité – gravité – poids – poids – échelle - équivalence des unités – asthénosphère – déformation

8. Matériel

- du papier millimétré
- règle
- boussole
- crayon

9. Connaissances requises



Figure 2: Olympus Mons compared to France. Published under Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International

De nombreux élèves ont des difficultés à comparer les dimensions des différentes planètes du système solaire, ainsi que la taille relative des volcans des deux planètes.

Grâce à une série de calculs simples, ils apprennent la taille de ses plus grandes montagnes. A partir de son volume, de sa composition et de sa densité, ils peuvent calculer leurs poids respectifs.

Ils peuvent alors formuler des théories pour expliquer les différences de taille mais aussi la dynamique d'une planète c'est à dire la tectonique des plaques (déplacement des plaques sur une asthénosphère ductile comparativement à une autre planète sans plaque tectonique active actuellement).

10. Protocole

Avant de commencer l'activité, demandez aux élèves d'utiliser un moteur de recherche (par exemple Google) afin de découvrir quelles sont les plus grandes montagnes de la Terre et de Mars ainsi que ses dimensions (hauteur et diamètre maximum).

PLANET	Montagne	TYPE	Taille	Diamètre
Terre	Mauna Kea (Hawaii)	Volcan	9,100m*	180km*
Mars	Olympus Mons	Volcan	25,000m*	600km*

* Les résultats peuvent différer d'une source à l'autre en raison de la surface de référence pour calculer la hauteur ainsi que la forme de la base qui n'est pas circulaire.

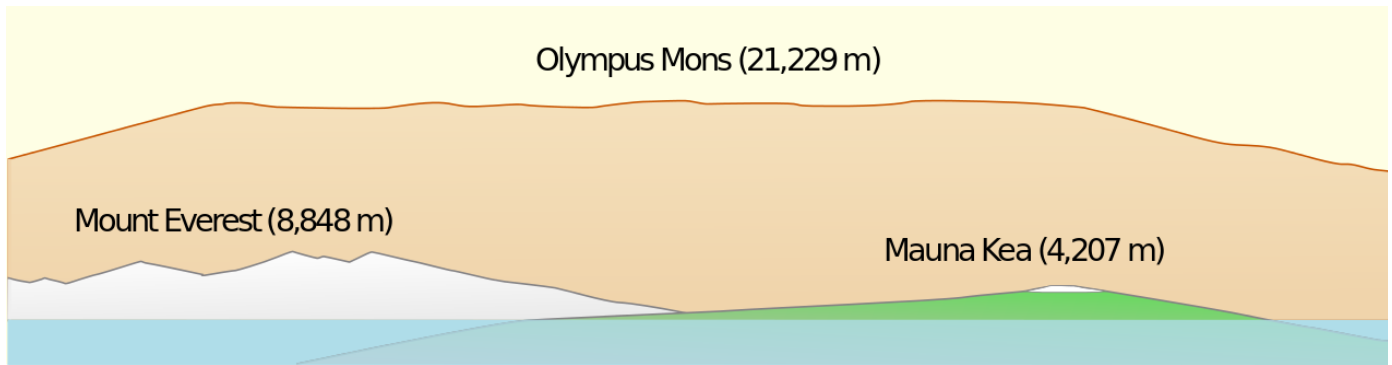


Figure 3 : Olympus Mons comparé au Mont Everest et au Mauna Kea.

Publié sous Creative Commons Paternité-Partage des Conditions Initiales à l'Identique 4.0 International

Donnez-leur ensuite une feuille de papier millimétrée et demandez-leur de représenter une coupe transversale des deux volcans.

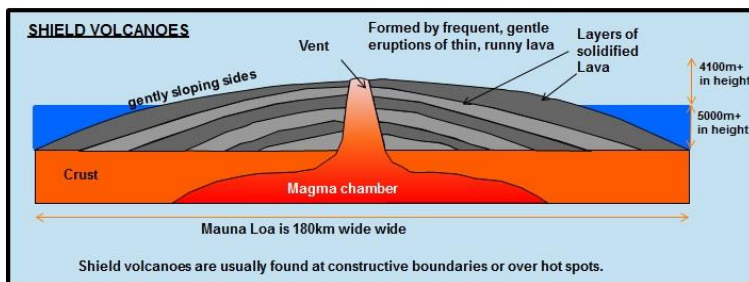
Les échelles suggérées sont :

- Horizontalement : 1:2 500 000
- Verticalement : 1:1 000 000 000.

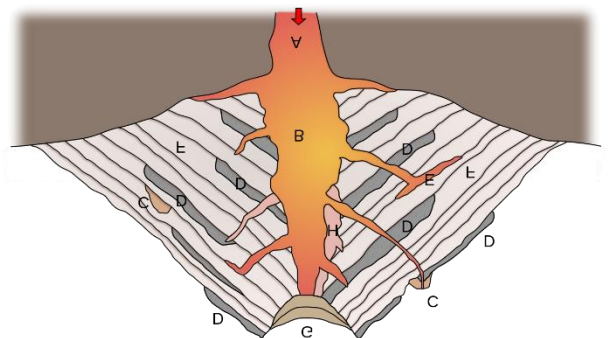
Demandez ensuite aux élèves de calculer la tangente des pentes des deux volcans à l'aide de la formule suivante :

Tangente = hauteur / rayon

On s'attend à ce que les deux résultats soient assez semblables. Comme le Mauna Kea est un volcan bouclier typique formé par des laves basaltiques coulant à haute température, avec des pentes à faible angle, nous pouvons découvrir qu'Olympus Mons est un volcan bouclier martien également formé par des laves de type basalte. Les échantillons analysés sur Mars confirment cette théorie..



Shield volcano (Wikimedia commons)



Stratovolcano (Wikimedia commons)

Figure 5: Un bouclier volcanique comparé à un stratovolcan.

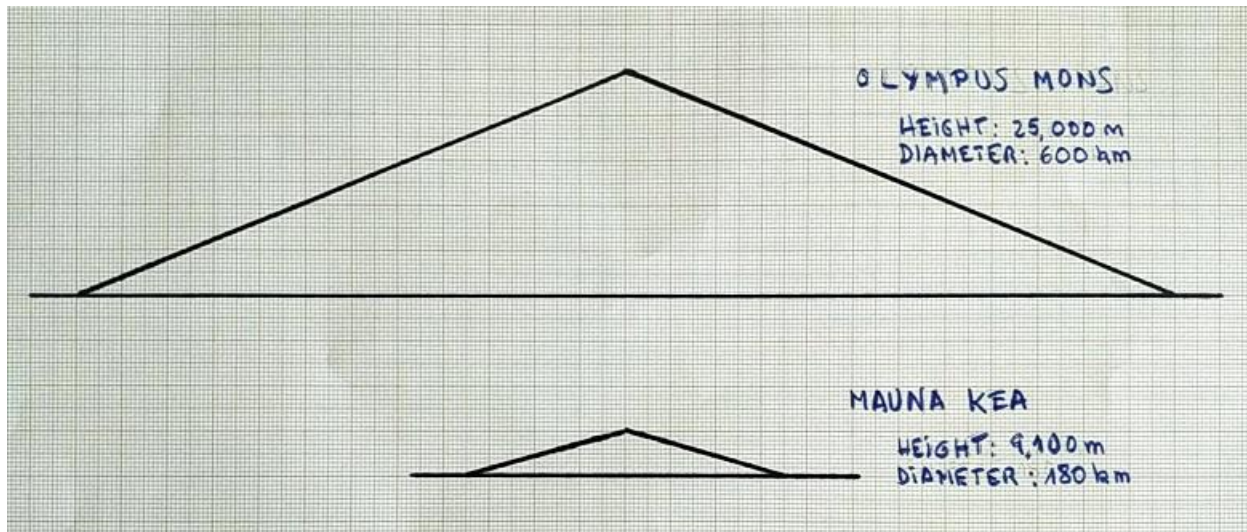


Figure 6: Les deux volcans tracés sur un papier millimétré. Échelles : horizontale 1:2 500 000 000 ; vertical 1:1 000 000 000
Dessin : Xavier Juan

11. Echange autour des résultats et conclusion

- A Hawaii, le mouvement de la plaque du Pacifique sur un panache fixe provoque la formation et l'extinction de volcans successifs qui n'ont pas le temps de croître très haut.
- Sur Mars, un panache immobile qui alimente le volcan pendant une longue période provoque une construction volcanique plus élevée.
- Une gravité plus faible sur Mars semble favoriser une activité volcanique plus élevée.

13. Pour aller plus loin

Calcul du volume des deux volcans :

En admettant que les formes des deux volcans sont un cône et en connaissant leur hauteur et leur rayon, les élèves pourraient calculer les deux volumes en utilisant la formule :

$$V = \frac{1}{3} \pi r^2 h$$

- r est le rayon de la base et h, la hauteur du cône.

Calcul de la masse des deux volcans :

Maintenant, connaissant le volume des deux volcans et la densité moyenne du basalte (environ 3 000 kg/m³), les élèves devraient être capables de calculer la masse des deux volcans en utilisant la formule suivante :

$$\rho = m / V$$

- ρ est la densité, m la masse et V le volume

Calcul du poids des deux volcans :

Maintenant, à condition que la gravité moyenne soit celle de la Terre et de Mars (9,8 m/s² et 3,7 m/s², respectivement), les élèves devraient être capables de calculer le poids des deux volcans :

$$W = mg$$

W est le poids, m la masse et g l'accélération de la gravité

Discussion sur les résultats :

Connaissant le poids du Mauna Kea sur la croûte terrestre et d'Olympus Mons sur Mars, demandez aux élèves d'expliquer la déformation de la plaque Pacifique dans le zone du Mauna Kea alors qu'un tel phénomène ne s'est pas déroulé avec le volcan Olympus Mons.

Les réponses possibles sont :

- La pression (= poids (force) / surface) est moindre sur Mars que sur la Terre.
- Comme la couche extérieure de la Terre (lithosphère) est découpée en plusieurs plaques tectoniques, la plaque du Pacifique se comporte différemment des autres plaques à cause de la pression créée par le Mauna Kea.
- Le Mauna Kea n'est pas un seul volcan dans la région d'Hawaii, mais fait partie d'un archipel de petits volcans avec un poids total plus grand que celui qu'ils ont calculé.
- Dans la Terre, l'existence d'une couche ductile sous la lithosphère (asthénosphère) permet la déformation de la plaque du Pacifique en raison du poids des volcans d'Hawaii. Ce n'est pas le cas pour Mars où il semble qu'il n'y ait pas de couche plastique comme sur la Terre.

Toutes les réponses possibles pourraient être vraies mais, probablement, la plus significative est l'absence d'asthénosphère sur Mars.

14. Pour en savoir plus (Ressources pour les enseignants)

- NASA Mars Exploration Program: <https://mars.nasa.gov/>
- A flight simulation over Olympus Mons : <https://www.youtube.com/watch?v=OTazRNGXSC8>
- Olympus Mons (*largest volcano in the solar system!*): <https://mars.jpl.nasa.gov/gallery/atlas/olympus-mons.html>