



PEUT-ON FAIRE VOLER UN BALLON SUR MARS POUR EN CARTOGRAPHIER LA SURFACE ?

RESUME

Le drone Ingenuity a montré qu'un plus lourd que l'air pouvait voler sur Mars ! Qu'en est-il pour un plus léger que l'air ?

Nous avons partagé ici notre analyse que nous avons illustré avec un ensemble de petites manipulations, à la portée du plus grand nombre.

Bonne lecture.

L'équipe de l'atelier scientifique
- 2023 - 2025

Sommaire

1 – Le contexte

- Pourquoi étudier la planète Mars ? page 2
- Pourquoi un ballon ? page 2
- Nos partenaires page 3

2 – Faire voler un ballon

- Nos premiers essais page 4
- Le poids et la poussée d'Archimède page 5
- Pourquoi un objet tombe-t-il si on le lâche ? page 5
- Comment faire flotter un ballon ? page 6



3 – Un ballon peut-il voler sur Mars ?

- Influence de Mars sur le poids du Ballon page 7
- Influence de l'atmosphère de Mars sur la poussée d'Archimède page 10

4 – La construction du ballon

- Quel matériau choisir ? page 12
- Pourquoi le Mylar est-il un bon choix ? page 13

5 – Cartographier la surface de Mars

- Le matériel page 17
- Fonctionnement de la caméra page 18
- Une caméra multimode page 19
- Tests page 20

Annexes

- Affiches en anglais page 22

1 - Le Contexte

Notre équipe

Dans notre groupe, nous sommes 7 filles : Ollivia, Sarah, Maëlys, Florane, Solène et Lola. 2 garçons, Nathan et Kendji portent notre total à 9.

Nous sommes tous élèves de quatrième au collège Charles Le Goffic à Lannion dans les Côtes-d'Armor. Nous avons entamé notre projet lorsque nous étions en classe de cinquième.

Nous faisons partie du club science du collège. Cet atelier est proposé sur la pause de midi et sur nos heures de permanence. Il est encadré par M. Millour, professeur de sciences physiques. Depuis maintenant deux années scolaires, nous nous retrouvons tous les jours de 12:30 à 13:25... et parfois certains mercredis après-midi, lorsque les concours se rapprochaient.

Nous avons travaillé sur la réalisation d'un ballon qui pourrait voler dans l'atmosphère martienne. Pour mener à bien notre projet, nous avons

Pourquoi vouloir étudier la planète Mars ?

Il existe de nombreuses raisons pour vouloir étudier Mars. Nous en retiendrons 3 :

- Mars est la planète la plus proche de la Terre,
- Comprendre l'évolution de Mars, nous permettra d'envisager de possibles futures évolutions de la Terre,
- Rechercher des traces de vie sur Mars, pour comprendre l'émergence de la vie sur Terre.

Pourquoi un ballon ?

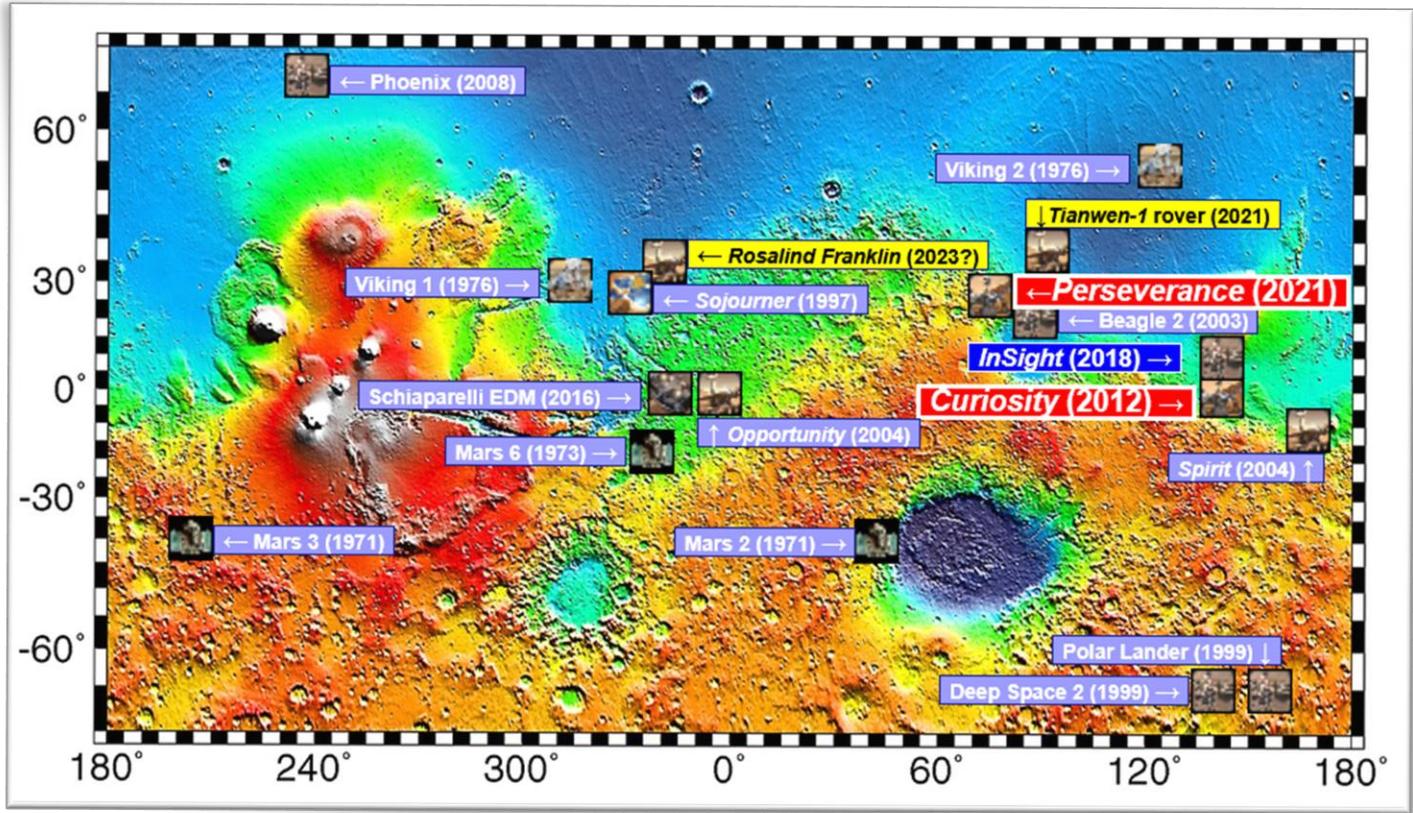
La planète Mars a été l'objet de près de 60 missions depuis les années 1960 ! Toutes les grandes nations de l'exploration spatiale : USA, Chine, Inde, Russie, Europe... ont mis leur savoir au service de la conquête de Mars.

De nombreuses missions avaient pour objet la mise en orbite d'orbiteurs. Ces orbiteurs, placés à une altitude comprise entre 200 km et 6 000 km au-dessus de la surface, étudient essentiellement l'atmosphère martienne. S'ils sont capables de cartographier la surface, la résolution pourrait en être améliorée.

Certaines missions, se sont posées à sa surface de Mars et ont permis à des rovers de prélever des échantillons de roche. Leur mobilité restant cependant limitée.

Notons que le rover *Persévérence*, était accompagné d'un drone : *Ingenuity*. Ce dernier a montré qu'un plus lourd que l'air était capable de voler.

Mais qu'en est-il pour un ballon ?



Titre : Carte de la topographie de Mars, sur laquelle figure les positions des atterriseurs et rovers martiens

Source : Wikipedia

Nos partenaires

Pour mener à bien ce projet, nous avons bénéficié de l'appui de chercheurs et des entreprises nous ont soit ouvert leurs portes, soit permis d'échanger avec des chefs de projet. Cette quête d'intervenants s'est effectuée en grande partie par le professeur, mais le réseau familial d'Ollivia nous a également aidé.

Nous avons ainsi pu :

- Visiter l'entreprise **Kerdry** sur Lannion. Une entreprise qui travaille sur le dépôt d'une couche mince de matériau sur un support,
 - Nous entretenir avec Monsieur Debus du **CNES**, Toulouse, chef de projet sur les missions martiennes,
 - Nous entretenir avec Monsieur Pros de l'entreprise **Thales** de Cannes, chef de projet sur le *Stratobus*.
 - Le groupe Photonics Bretagne par l'intermédiaire de Mathieu Jacquemet.
 - Bien entendu, nous avons eu le soutien de nos professeurs de mathématiques pour manipuler les formules et d'anglais pour la correction de nos affiches.

2 – Faire voler un ballon

Nos premiers essais

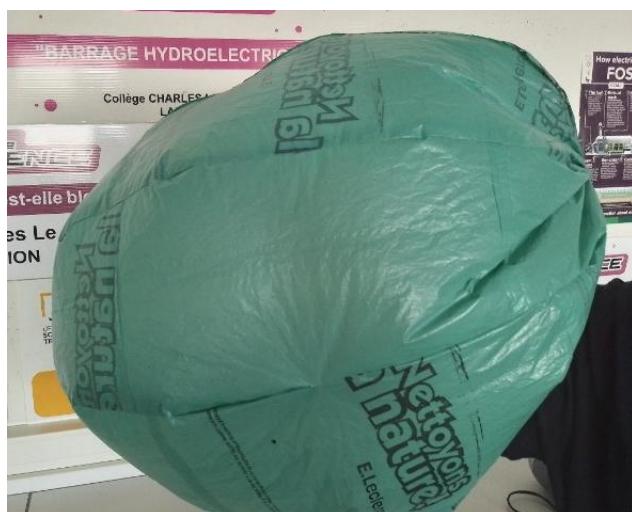
Durant notre année de 5^{ème}, le professeur, M.Millour s'occupe essentiellement des plus grands. Certes, nous faisons 1 fois par mois des réunions de synthèse pour voir où nous en sommes, mais il nous laisse libres d'essayer seul. C'est pour nous l'occasion de diviser notre petit groupe en 2 sous-groupes. Chacun tentant de faire voler un ballon en premier.

C'est ici, lors de ces nombreux essais, que nous prenons conscience que sur *YouTube*, les tutoriels ne montrent pas toujours la vérité.

Si le principe de base était juste, à savoir faire chauffer de l'air dans une enveloppe pour la faire décoller, les moyens pour y arriver ne nous permirent pas de réussir.



Papier journal /sèche-cheveux



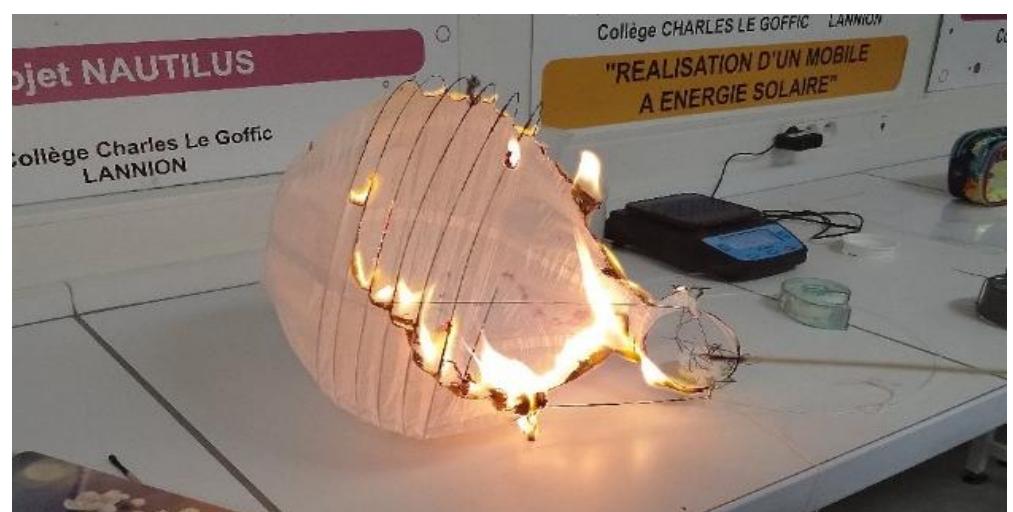
Sac poubelle / sèche-cheveux



Papier de soie 1 / bougie



Sac poubelle / bougie



Papier de soie 2 / bougie

Le rôle du professeur est alors important. M.Millour nous pousse à ne plus seulement suivre les instructions d'un tutoriel, mais à comprendre les lois physiques qui permettent à un ballon de voler.

Le poids et la poussée d'Archimède

Pourquoi un objet tombe-t-il si on le lâche ?

Un objet tombe parce qu'il est attiré par la Terre.

Cette force d'attraction s'appelle le **poids**.

La **Terre** peut attirer un objet, car il possède une **masse**.

Si la masse est liée à la quantité de matière que possède notre objet, le poids représente lui la force d'attraction exercée par la Terre.



Titre : Elaïa lâche le ballon



Titre : La masse du becher augmente avec l'ajout de matière – ici le sable.

Plus la masse de l'objet sera élevée, plus le poids sera élevé. La masse et le poids sont alors proportionnels. Les deux grandeurs étant liées par la formule :

$$P = m_{\text{Ballon}} \cdot g.$$

Le coefficient de proportionnalité ***g*** est appelé intensité de la pesanteur. Nous en reparlerons plus loin.

Le poids est une action attractive exercée par la Terre, elle est toujours verticale et dirigée vers le bas.



Titre : Impression 3D des ½ sphères avec crochets



Titre : Remplissage des sphères avec des masses différentes



Titre : objets de masses différentes

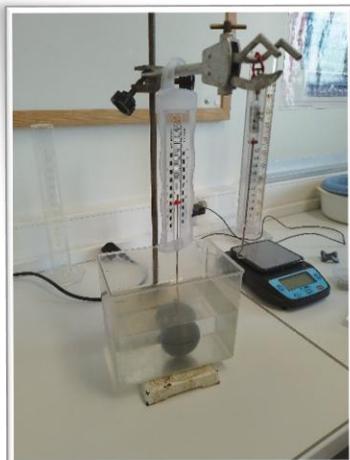
Comment faire flotter un ballon ?

Dans l'eau cela semble relativement facile de faire flotter un ballon. Nous avons tous, à la plage ou à la piscine, poussée sur un ballon pour ensuite le lâcher et le voir rapidement jaillir à la surface.

Cette force qui permet au ballon de remonter à un nom : la poussée d'Archimède.



Titre : Test de flottabilité



Titre : Mesure de l'intensité de la poussée d'Archimède.



Titre : Effet de la poussée d'Archimède sur des objets de volume différents mais de même masse.

La poussée d'Archimède est donc une force qui s'oppose au poids. Si la poussée d'Archimède est suffisamment importante, elle permet au ballon de flotter et de s'élever dans l'air.

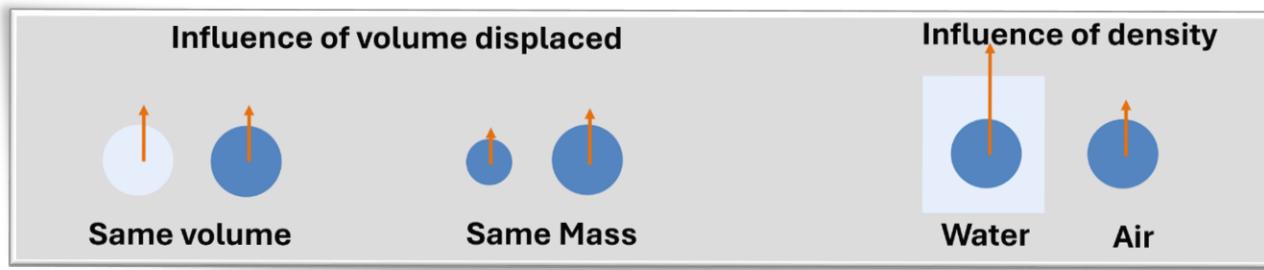
Littéralement, la poussée d'Archimède est une force verticale, dirigée vers le haut et qui a une intensité égale au poids du volume de fluide déplacé. Le fluide pouvant être un gaz ou un liquide.

Dans l'eau, il est relativement aisément de faire flotter un ballon, car la masse volumique de l'eau est de 1 kilogramme par décimètre cube.

La masse volumique de l'air, n'est pas contre que d'1,3 gramme par décimètre cube. Nous l'avons vérifié avec l'expérience classique qui consiste à gonfler un ballon (de basket par exemple), de mesurer sa masse lorsqu'il est plein d'air, de retirer un volume d'air précis 500 mL dans notre cas et de mesurer de nouveau la masse du ballon. La différence des deux masses nous donne la masse de 500 mL d'air. En multipliant par 2, nous obtenons la masse d'un litre d'air.

Cette faible masse volumique de l'air, explique en partie nos difficultés à faire voler nos ballons. Leurs masses et donc leurs poids devaient être toujours supérieurs à la poussée d'Archimède.

Pour résumer, la poussée d'Archimède ne dépend nullement de la masse de l'objet, mais uniquement du volume de l'objet et de la nature du fluide dans lequel il est placé.



Titre : Evolution de la poussée d'Archimède en fonction des paramètres, volume, masse ou masse volumique du fluide – Source : Nos publications en langue anglaise. (Voir en annexe)

3 - Un ballon peut-il voler sur Mars ?

Nous venons d'expliquer qu'un ballon peut voler si la poussée d'Archimède est supérieure ou égale au poids. Monsieur Prost, de l'entreprise Thalès, nous a bien confirmé que cela est réalisable, et le **Stratobus** en est l'illustration.

Le poids dépend de l'attraction exercée par la planète, et la poussée d'Archimède dépend de la masse volumique de l'atmosphère.

Dans cette partie, nous nous proposons de comparer les caractéristiques des deux planètes pour comprendre leurs incidences sur les deux forces qui sont en action.

Influence de Mars sur le poids du ballon.

Pour étudier l'influence de la planète sur la valeur de l'intensité du poids, nous allons nous pencher sur le calcul de l'intensité des forces d'interaction gravitationnelle écrite par Newton.

La formule ci-dessous permet de calculer l'intensité de la force d'attraction exercée par la planète sur le ballon situé à une distance d du centre de la planète.

$$F_{\text{Planète/Ballon}} = G \cdot \frac{m_{\text{Planète}} \cdot m_{\text{Ballon}}}{d^2}$$

Notons que l'intensité de la force exercée par le ballon sur la planète se calcule avec la même formule. Les deux actions ont donc exactement la même intensité.

Pour poursuivre notre étude, nous considérerons que la masse de la planète est concentrée en son centre et que la distance séparant le ballon du centre de la planète est approximativement égale au rayon de la planète.

Notre formule s'écrit donc :

$$F_{\text{Planète/Ballon}} = G \cdot \frac{m_{\text{Planète}} \cdot m_{\text{Ballon}}}{R_{\text{Planète}}^2} = G \cdot \frac{m_{\text{Planète}}}{R_{\text{Planète}}^2} \cdot m_{\text{Ballon}}$$

Cette formule est à comparer avec la formule du poids écrite dans la partie « *Pourquoi un objet tombe-t-il si on le lâche ?* »

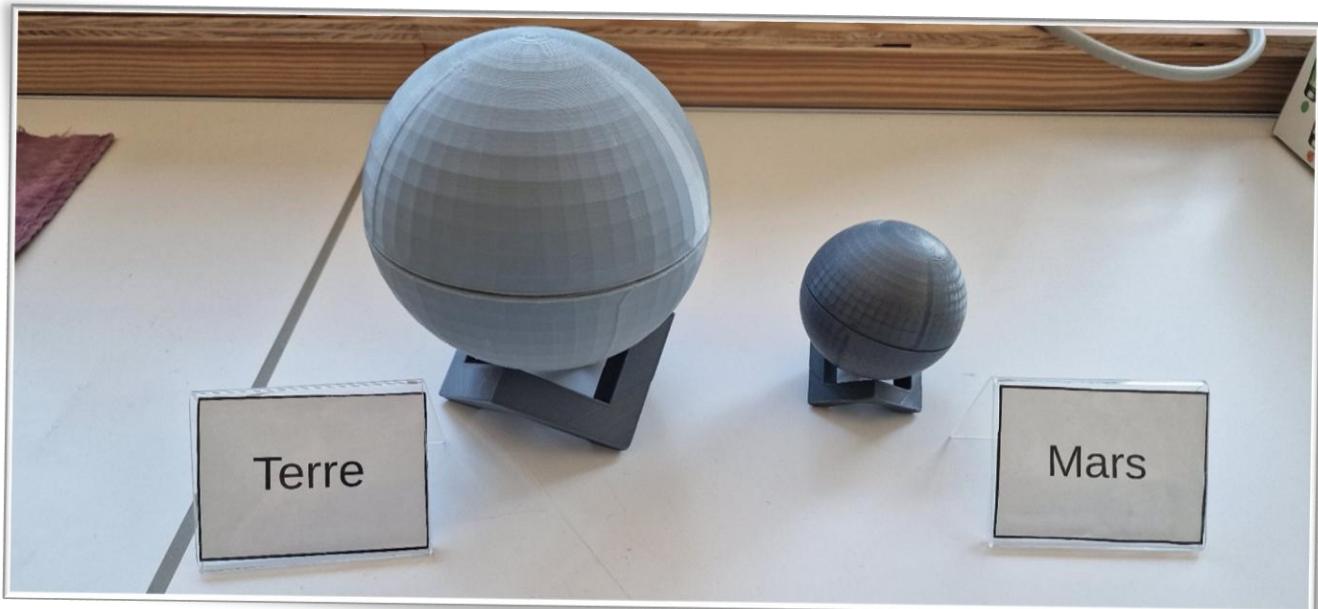
$$F_{\text{Planète/Ballon}} = G \cdot \frac{m_{\text{Planète}} \cdot m_{\text{Ballon}}}{R_{\text{Planète}}^2} = G \cdot \frac{m_{\text{Planète}}}{R_{\text{Planète}}^2} \cdot m_{\text{Ballon}} = g \cdot m_{\text{Ballon}}$$

On comprend alors que l'intensité de la pesanteur g dépend de la masse de la planète et du rayon de cette dernière.

| | TERRE | MARS |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Rayon de la planète | $6378 \cdot 10^3 \text{ m}$ | $3396 \cdot 10^3 \text{ m}$ |
| Masse de la planète | $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ | $6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$ |
| Intensité de la pesanteur | 9,8 N/kg | 3,7 N/kg |

Titre : Tableau comparatif des caractéristiques de la Terre et de Mars

La Terre est environ 10 fois plus massive que Mars avec un rayon environ 2 fois plus grand. Ce qui nous permet de dire que l'intensité de la pesanteur sur Mars est approximativement 2,6 fois plus faible que sur Terre.



Titre : Impression 3D de la Terre et de Mars à l'échelle – Les masses respectives des deux planètes sont également respectées.

Pour une masse identique (m_{Ballon}), le poids du ballon sur Mars sera plus faible que sur Terre. Il serait donc plus facile de faire décoller un ballon, car il serait moins attiré par la planète.



Titre : Version 1 du décor pour la Terre



Titre : Maquette permettant d'illustrer un poids plus faible sur Mars que sur Terre. Le décor martien peut être remplacé par un décor Terrestre. L'utilisation d'aimants permet à la nacelle de se retrouver plus proche du sol sur Terre que sur Mars.

Influence de l'atmosphère de Mars sur la poussée d'Archimède

En lien avec le vol du ballon et l'étude de l'atmosphère d'une planète, il faut à la fois prendre en compte :

- La composition de l'atmosphère,
- La pression atmosphérique
- La température moyenne de l'atmosphère

| | TERRE | MARS |
|--|--------------------------|-------------|
| Température moyenne de l'atmosphère | 20° C | -30 °C |
| Composition de l'atmosphère | 20 % O_2 et 80 % N_2 | 96 % CO_2 |
| Pression atmosphérique | 101325 Pa | 600 Pa |

Titre : Tableau comparatif sur l'atmosphère de la Terre et de Mars

L'analyse du tableau montre que :

La composition de l'atmosphère, à savoir très majoritairement du dioxyde de carbone est plutôt favorable au vol du ballon. En effet, le dioxyde de carbone est un gaz plus dense que notre air terrestre.

Nous l'avons constaté à l'atelier en versant du dioxyde de carbone gazeux sur la flamme d'une bougie.



Titre : Illustration de la plus grande densité du dioxyde de carbone par rapport à l'air - Cartouche de dioxyde de carbone pour gonflage rapide lors d'une crevaison

Avec une valeur près de 170 fois plus faible sur Mars que sur Terre, la pression atmosphérique est au contraire très largement défavorable au vol du ballon. Cependant, avec une faible pression extérieure sur les parois du ballon, il sera bien plus facile de le gonfler.



*Titre : Influence de la pression extérieure
sur le volume du ballon*

Cependant, si les valeurs ne plaident pas pour une forte poussée d'Archimède, l'existence même d'une atmosphère nous permettent de conclure qu'une poussée d'Archimède existe sur Mars.

En tenant également compte de la valeur moyenne de la température, nos calculs, nous indiquent que pour porter sur Terre et sur Mars une masse identique, il faudrait que le ballon martien ait un volume 70 fois plus important.

Cela ne revient qu'à multiplier par $4,25 = (\sqrt[3]{70})$ les dimensions du ballon.



Titre : Premier modèle de ballon gonflé avec de l'air.

C'est énorme, mais c'est tout à fait réalisable !

Nous concluons qu'il est tout à fait envisageable de faire voler un ballon sur Mars. Monsieur Debus (CNES) nous indiquera qu'il a travaillé dans le passé sur un projet de ce type. Le projet n'a pas abouti, non pas en raison de la non faisabilité, mais en raison de l'évolution de la situation géopolitique.

4 - La construction du ballon

Quel matériau choisir ?

Pour déterminer le volume du ballon, il faut prendre en compte :

- La masse de la toile
- La masse de la nacelle
- La masse des capteurs
- Le volume de gaz déplacé
- Le volume de gaz présent dans l'enveloppe du ballon

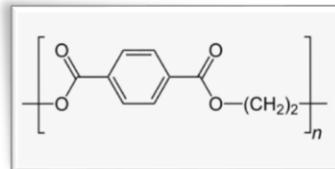
L'atmosphère martienne étant composé de dioxyde de carbone, il ne nous est pas possible de réaliser une combustion et de chauffer de l'air martien. Nous décidons donc comme pour le **Statobus** d'utiliser de l'hélium. Le gaz le plus léger à l'exception du dihydrogène !

Le volume de notre ballon se calcule alors avec la formule suivante :

$$V_{Ballon} = \frac{m_{Toile} + m_{Nacelle} + m_{Capteurs}}{(\rho_{Gaz\ déplacé} + \rho_{Hélium})}$$

Nous ne pouvons pas jouer sur la masse de la nacelle ainsi que des capteurs. Nous devons choisir pour la toile du ballon un matériau léger. Notre choix se porte sur le MYLAR.

Le MYLAR est un PET. Il s'agit d'un polymère.



Titre : Formule du PET

Monsieur Debus, chef de projet au CNES sur les missions martiennes, nous confirmera en visioconférence qu'il s'agit d'un bon choix.

Développé par la NASA, le PET est le matériau utilisé dans les couvertures de survie. Il est recouvert sur ses deux faces d'un revêtement métallique.



Titre : Visite guidée de l'entreprise Kerdry à Lannion

Monsieur Deubel de l'entreprise Kerdry à Lannion nous a permis de visiter les locaux et à pris le temps de nous expliquer les procédés développés dans l'entreprise pour réaliser le dépôt d'une très fine couche de matériau sur un support. Notons que l'entreprise a traité par ce procédé un sismographe qui se trouve actuellement sur Mars.

Pourquoi le Mylar est-il un bon choix ?

Sa légèreté



Pour nous procurer du Mylar à moindre coût, nous nous rendons chez un revendeur d'article de sport. Les couvertures de survie que nous pouvons acquérir, ne pèsent que 60 g pour une surface de 3m².

Sa solidité



Pour que le ballon reste à l'altitude souhaitée, soit entre 20 et 25 km au-dessus du sol martien, il faut que le volume du ballon reste constant. Le MYLAR ne doit donc pas se déformer (un ballon en caoutchouc n'aurait pas pu être utilisé).

Pour vérifier la robustesse du MYLAR, nous avons suspendu un échantillon d'environ 15 cm de longueur par 8 cm de largeur. Nous avons obtenu un point de rupture

après avoir accroché une masse de 3 kg à l'autre extrémité de l'échantillon. Ces essais, répétés plusieurs fois, et quel que soit le sens de découpe du MYLAR dans la couverture de survie nous ont permis de conclure qu'il répondrait correctement aux contraintes.



Titre : Test de solidité du Mylar

Barrière thermique



Comme nous l'avons souligné dans le paragraphe précédent, nous souhaitons que le ballon reste à une altitude constante. Pour cela, il est important que le volume occupé par l'hélium dans le ballon n'évolue pas avec les modifications de température.

La loi des gaz parfaits montre que l'espace occupé par un gaz est en relation directe avec la température de ce dernier.

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

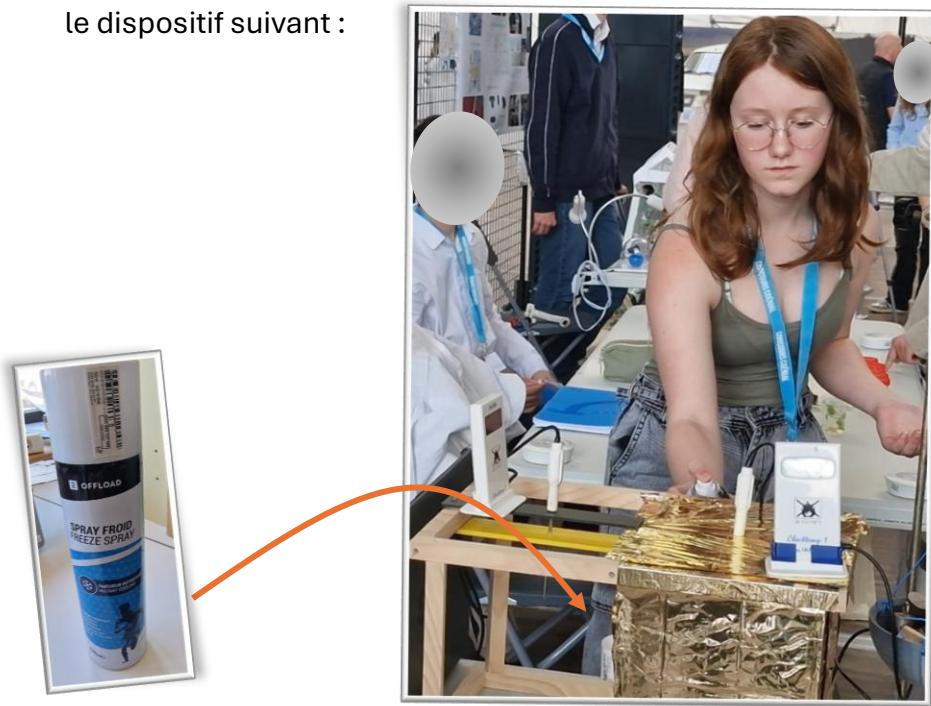
Diagram illustrating the relationship between Pressure (P), Volume (V), Temperature (T), and the Constant of perfect gases (R) in the Ideal Gas Law:

- Pressure (P) is indicated by a red arrow pointing to the left side of the equation.
- Volume (V) is indicated by a red arrow pointing to the bottom left of the equation.
- Temperature (T) is indicated by a red arrow pointing to the right side of the equation.
- The Constant of perfect gases (R) is indicated by a black arrow pointing to the bottom right of the equation.
- Quantité de matière en mole (Quantity of matter in moles) is indicated by a black arrow pointing to the bottom right of the equation.

La température est maintenue relativement constante grâce aux caractéristiques du double revêtement métallique. En effet les infrarouges, que l'on peut assimiler à un rayonnement thermique, sont réfléchis par le revêtement. Ceci empêche une baisse de

la température intérieure du gaz (hélium) et évite une modification de la température intérieure sous l'action de la modification de la température extérieure (atmosphère martienne)

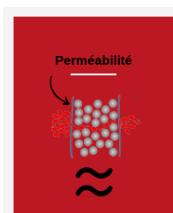
Pour illustrer l'effet du mylar sur la température intérieure du ballon, nous avons conçu le dispositif suivant :



Titre : Influence du MYLAR sur les variations de température intérieure

Nous modifions la température extérieure, soit à l'aide d'une lampe halogène soit par pulvérisation d'un gaz froid. Nos thermomètres, l'un exposé à l'air extérieur et le second placé dans l'enceinte en MYLAR montre rapidement une différence très nette. La température de l'air extérieur subit des variations immédiates, tandis que le thermomètre intérieur montre une faible variation de la température.

Perméabilité



Nous nous sommes rendu compte lors de l'utilisation du dioxyde de carbone dans la chambre à air de vélo que très rapidement ($\frac{1}{2}$ journée) cette dernière se dégonflait. Le gaz s'échappait ! sur Mars, il nous serait certainement difficile d'insuffler de nouveau de l'hélium dans le ballon. Il faut donc que l'enveloppe soit la plus imperméable possible. C'est bien le cas, et le double revêtement métallique sur chacune des surfaces du PET ne fait que renforcer cette imperméabilité. Attention, si la durée est plus longue, elle n'est pas éternelle, et notre ballon finira par ne plus pouvoir voler.

Faire un ballon

Pour l'enveloppe du ballon, nous n'utilisons qu'une seule couverture de MYLAR. Pour que notre ballon puisse prendre forme, nous utilisons une colle néoprène. Un double encollage et temps

de pause est nécessaire avant d'assembler les faces. Nous ferons ensuite un second pli, pour être certain de la qualité de notre travail.



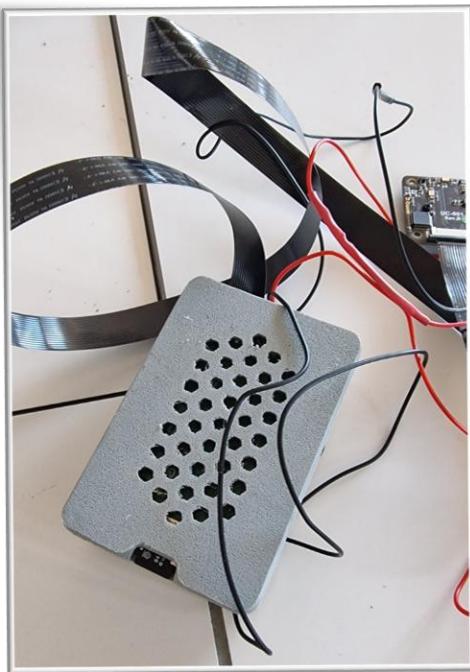
Titre : Florane encolle les bords pour former

Notre ballon est prêt au décollage ! Il ne nous reste plus qu'à l'équiper du système qui permettra de cartographier la surface de Mars.

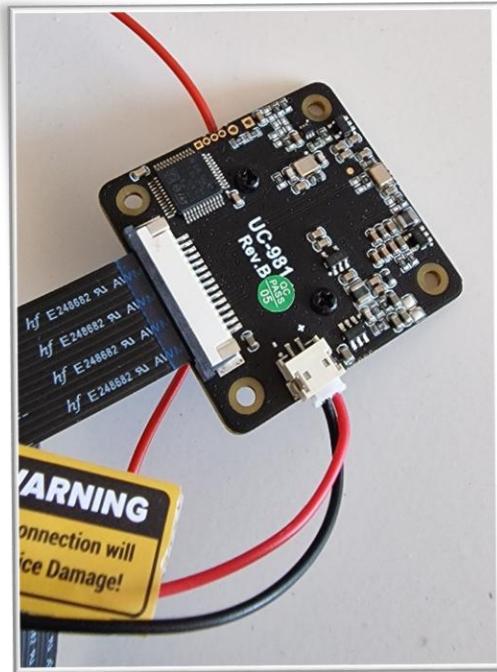
5 - Cartographier la surface de Mars

Le matériel

Pour réaliser la cartographie de Mars, nous utilisons une carte Raspberry Pi4 ainsi qu'une caméra ToF. Cette idée nous a été soufflée par Mathieu Jacquemet lors de la fête de la science en octobre 2024.



Titre : Le Raspberry Pi4 dans son boîtier



Titre : La caméra ToF

Nous présentions nos premières recherches et de son côté le groupe Photonics Bretagne proposait des activités sur l'utilisation de la lumière.

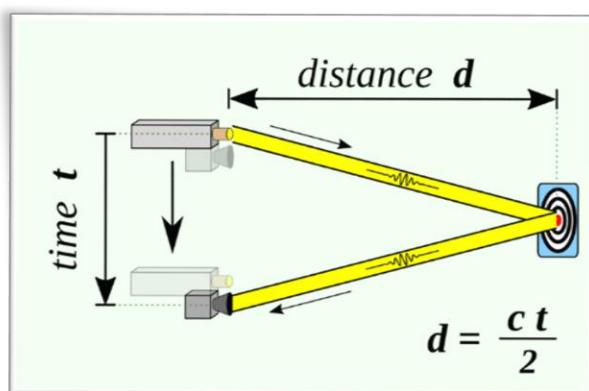
Fonctionnement de la caméra

La caméra Tof est une caméra capable de produire une cartographie 3D. pour cela, elle émet un signal infrarouge de longueur d'onde 940 nm. Le signal est réfléchi par le sol et reçu par la caméra.

La différence de temps entre l'émission du signal et sa réception, permet de déterminer la distance parcourue par le signal.

$$d = \frac{c \cdot t}{2}$$

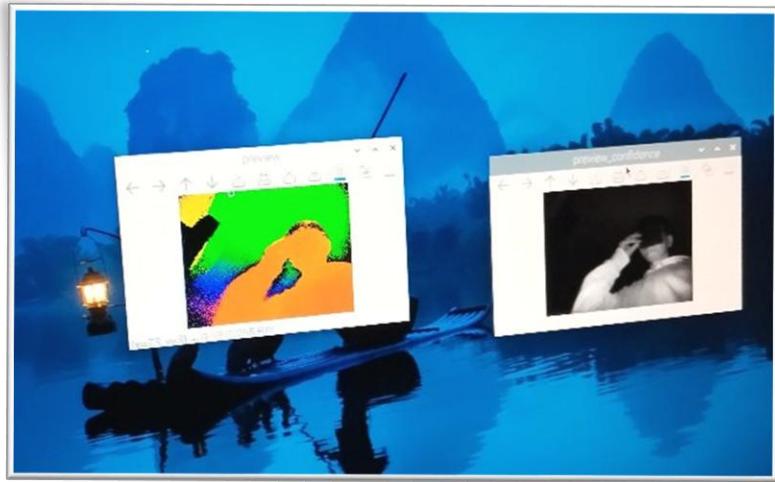
Le chiffre 2, prend en compte le fait que le faisceau fasse un aller-retour.



Titre : Mesure de la distance

Sur l'écran de l'ordinateur, apparaît une image colorée. La couleur affichée est directement en lien avec la distance mesurée.

Ainsi des tons rouges, indiquent une distance proche de la caméra, tandis que les tons bleus indiquent une distance plus importante.

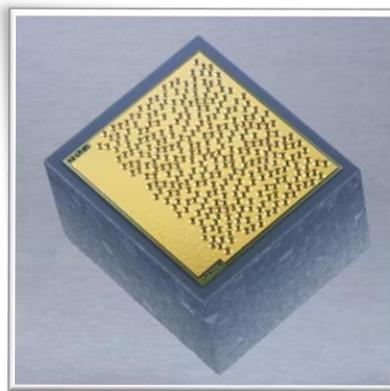


Titre : Kendji filmé par la caméra Tof

Une caméra multimode

La caméra que nous utilisons est dite multimode. Elle émet simultanément un grand nombre de faisceau. Chacun est capté indépendamment des autres. Cette méthode permet de capturer immédiatement une image 3D de la surface.

Cela évite également d'utiliser une caméra en mode balayage comme les scanners. Cela ajouterait des contraintes mécaniques au système.



Titre : Caméra multimode

Programmation du Raspberry

La programmation du Raspberry est effectuée par Nathan. La seule variable que nous devons saisir est la profondeur de champs. Elle correspond à la distance maximale que nous

souhaitons mesurer. Dans notre cas cela correspondra à l'altitude à laquelle se situera notre ballon.

Dans notre programme, cette valeur est fixe, mais il doit être possible de faire la faire évoluer en prenant en compte une variation d'altitude du ballon.

Notons que si le ballon se situe à une altitude de 30 km par exemple, ou si des crevasses sont situées sous le ballon (altitude de 25 km par exemple) alors nous serons en dehors de la profondeur de champ et nous observerons un ensemble bleu ! Il ne nous sera pas possible de cartographier la surface.

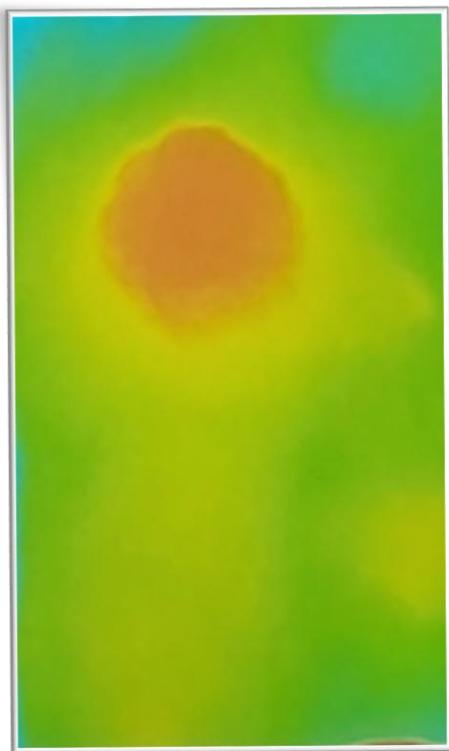
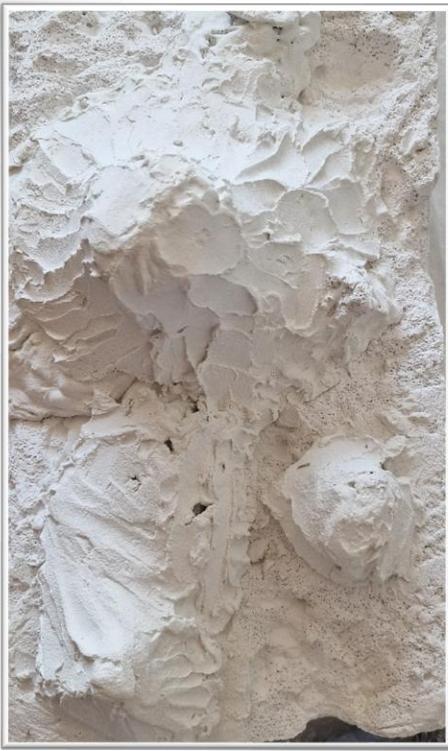
Tests

Pour illustrer le fonctionnement de la caméra Tof, nous avons simuler la surface de Mars. L'ensemble du décor est blanc de manière à bien indiquer que la caméra ne reçoit pas d'information de couleur.

Sur ce décor, nous avons réalisé un relief. La profondeur de champ saisie est de 1 m.



Titre : Décor martien en plâtre et béton cellulaire



Titre : Correspondance entre le décor vu de dessus et la vision par la caméra Tof

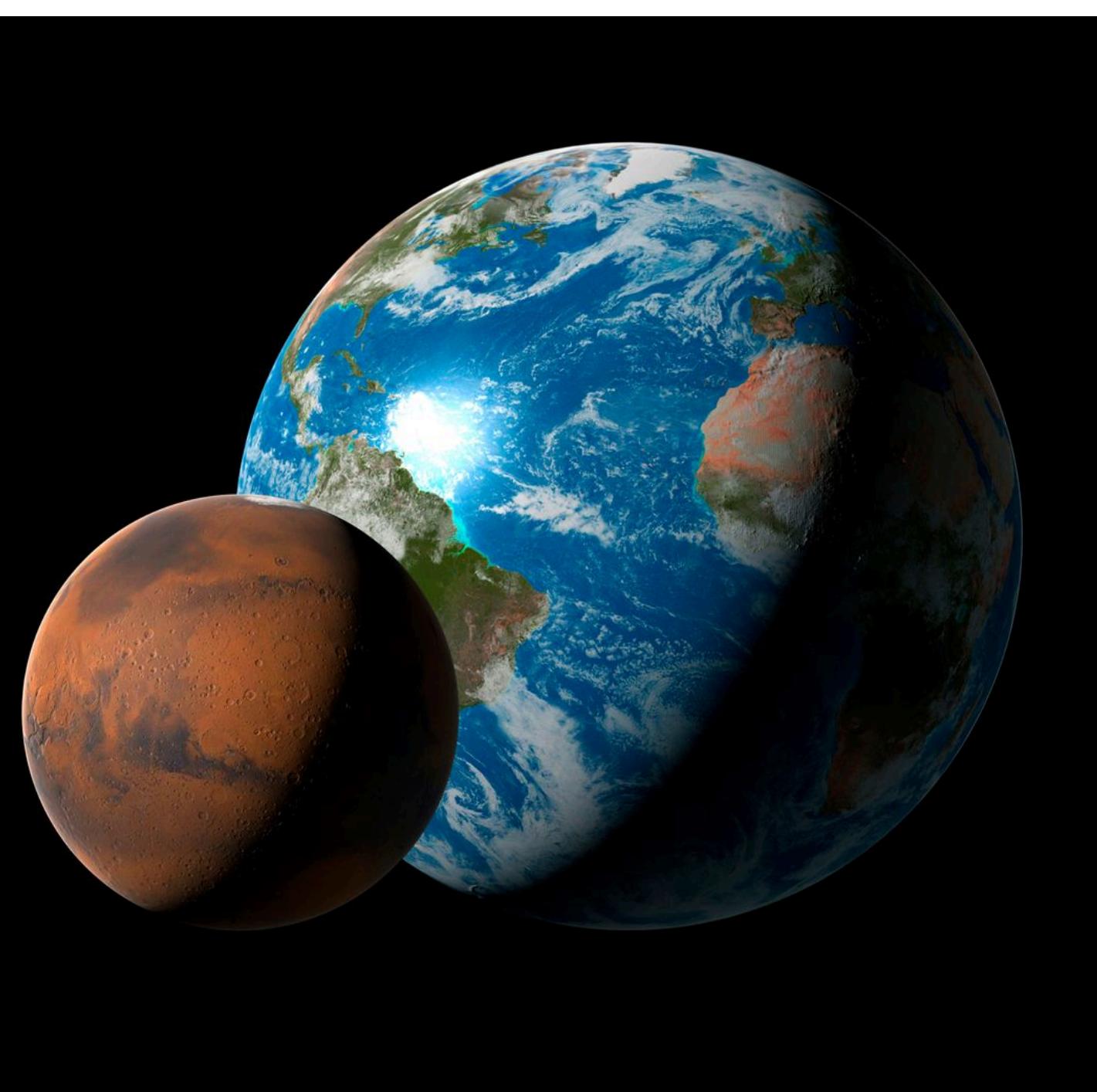
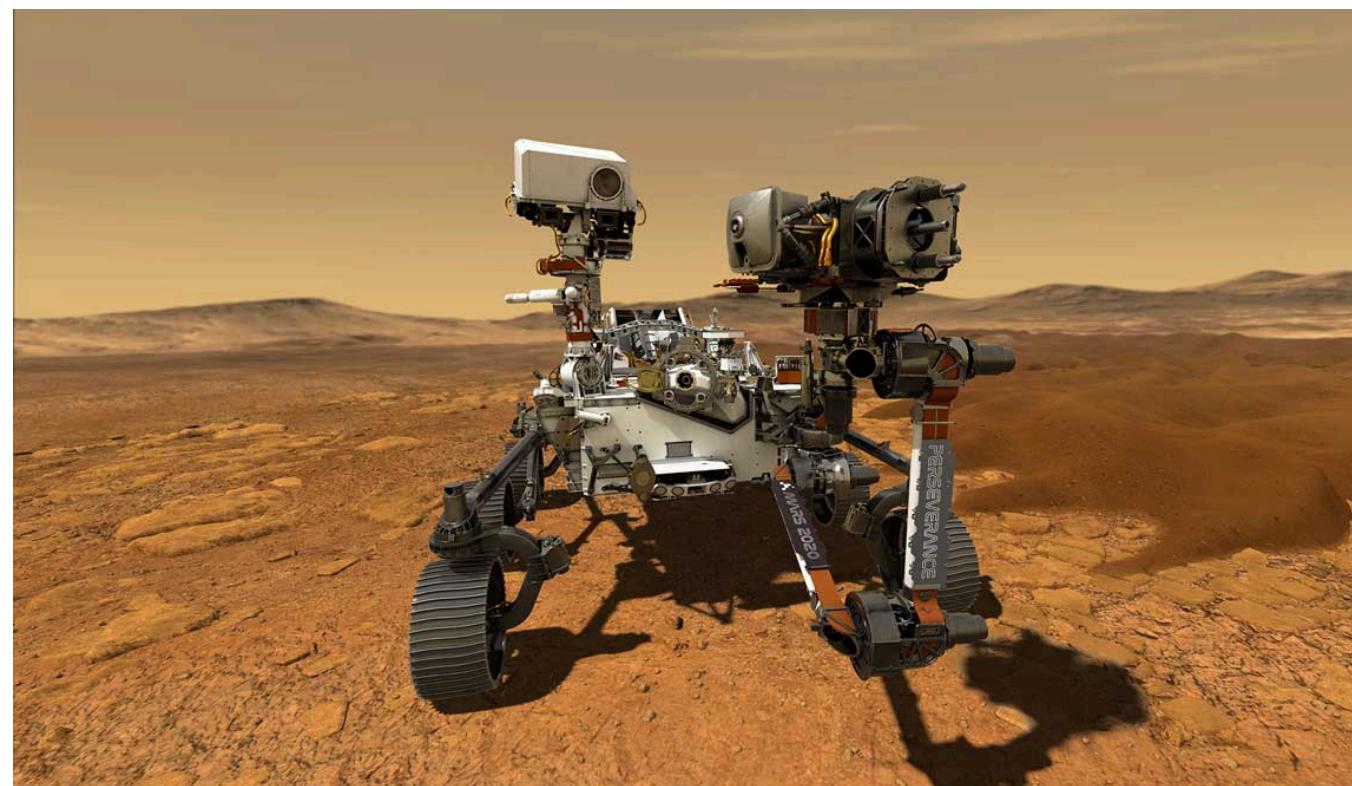
STEM IN EDUCATION

Lola, Solène , Sarah | Collège Charles Le Goffic | Lannion | FRANCE



Ingenuity is an helicopter which weighs 1,8 kilogram with 4 propellers, 1 motor and 1 solar panel for recharge. It is able to do a max of 600 metres and 160 seconds of fly before landing and recharging. The helicopter has done 72 flights, 17 kilometres and 2 hours of fly (1 twelfth of a Mars day).

Perseverance is an all-land rover able of overcoming the smallest obstacles. It has 19 cameras, 6 wheels and seven other devices used for research to improve our knowledge. It approximately costs 2.7 billion dollars.



Mars is the 4th planet from the Sun, the most studied planet. Mars is rust-coloured, it is 7 less voluminous and 10 less massive than the Earth. It has the bigger volcano of the solar system. There was once water on Mars but there are no more at the surface. The atmosphere of Mars is inhospitable : it's too much cold(the temperature average of this planet is -63°C). Mars is colder than the Earth(+15°C), too much dry. It receives too much solar radiation. The chemistry of the ground destroy all organic matter.. The gravity of Mars is much lower than gravity's Earth.

Mars is such an interesting planet, many expeditions have been to Mars and it's very expensive! But is there life on Mars? That's THE question. What is certain is that water has sprung up from the soil in the past, and that ice is currently present in abundance.

Kendji | Collège Charles Le Goffic | Lannion | FRANCE

Why does a balloon fly?

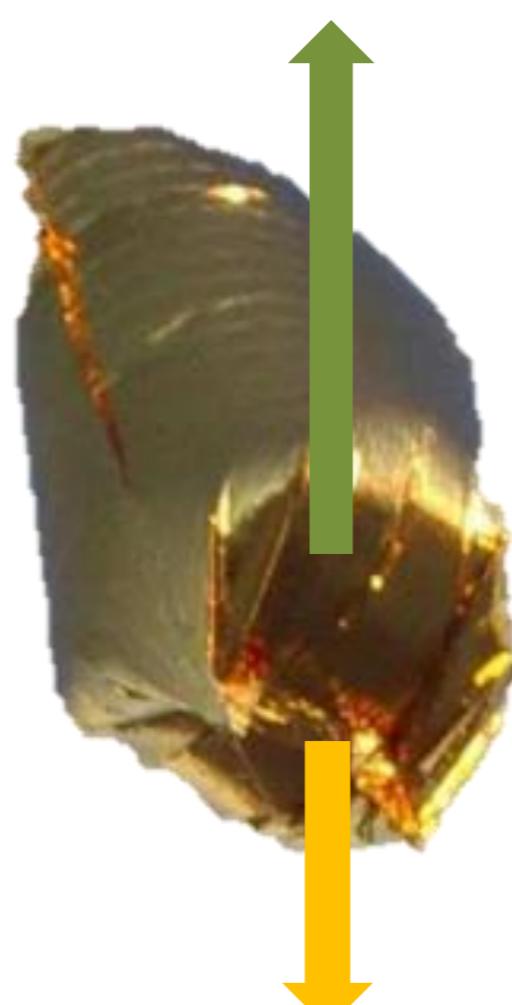
For the balloon to fly, the Archimedes' thrust applied to the balloon must be greater than the weight of the balloon itself.

The weight of the balloon depends on :

- The total mass of the balloon (Canvas + basket + on-board equipment + balloon gas).
- The density of the balloon gas
- The intensity of gravity g.

The weight of the balloon is calculated using the formula :

$$P = m \times g = (m_{Toile+Mat} + m_{gaz}) \times g$$



The Archimedes' thrust exerted on the balloon depends on :

- The volume of gas (the planet's atmosphere) displaced.
- The density of the displaced gas.
- The intensity of gravity g.

The Archimedes' thrust exerted on the balloon is calculated using the formula :

$$P_A = m_{gaz\ displaced} \times g$$

The balloon can fly if the mass of gas displaced is greater than the mass of the balloon and the gas inflating it.

What difference does it make to fly a balloon to Mars ?

The mass m of a gas is related to the volume V and the density ρ by the formula : $m = \rho \cdot V$



$$m_{gas\ of\ the\ balloon} = \rho_{gas\ of\ the\ balloon} \cdot V \quad \text{and} \quad m_{gas\ displaced} = \rho_{gas\ displaced} \cdot V$$

$$V = \frac{m_{Canvas+Equipment}}{(\rho_{gas\ displaced} - \rho_{gas\ of\ the\ balloon})}$$



On Earth at 20°C

$$\rho_{air} = 1,247 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{Helium} = 0,172 \text{ kg/m}^3$$

On Mars at -30°C

$$\rho_{atmosphere} = 0,0154 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{Helium} = 0,0014 \text{ kg/m}^3$$

For a given mass, the volume of the balloon on Mars must be around 77 times greater than on Earth.

This means multiplying each of the balloon's dimensions by 4.25 ($\sqrt[3]{77} \approx 4,25$)

CONCLUSION

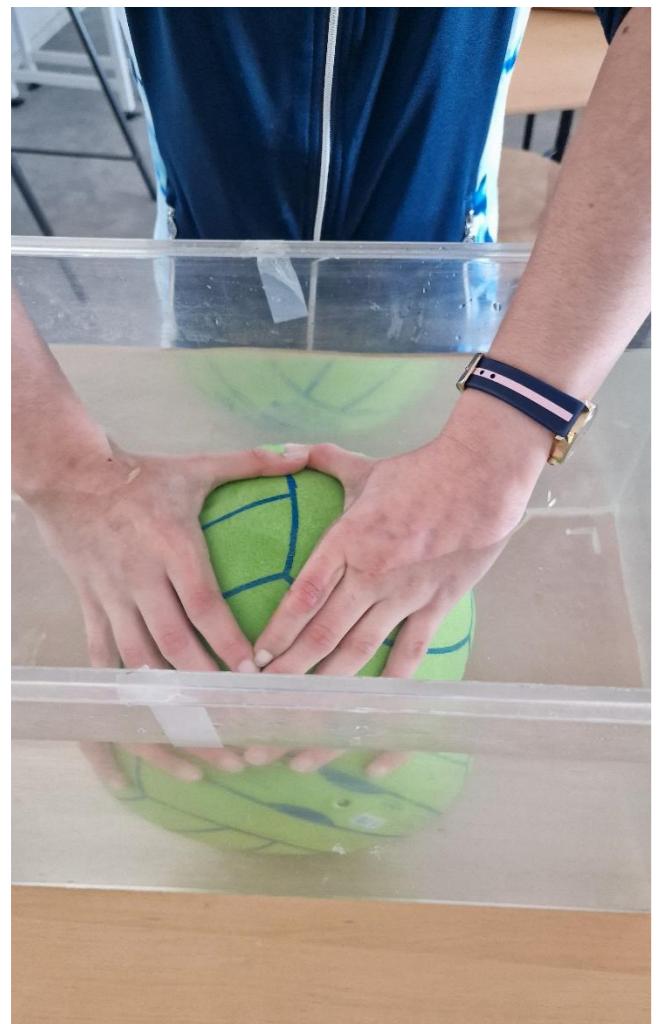
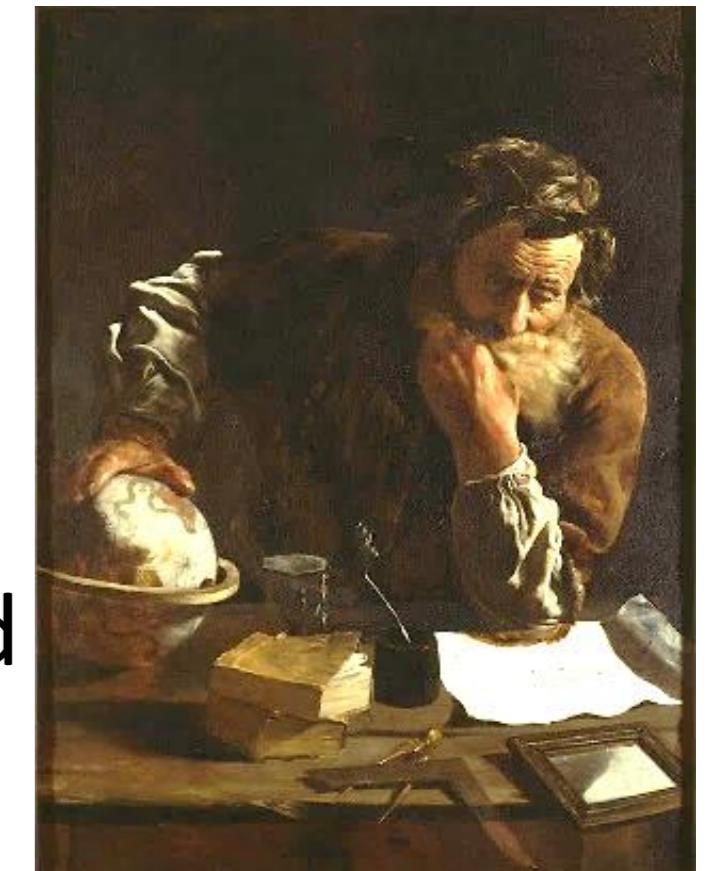
It is entirely possible to fly a balloon to Mars. However, we need to limit the load on board so that the balloon's dimensions are reasonable.

STEM IN EDUCATION

Olivia et Florane | Collège Charles Le Goffic | Lannion | FRANCE

Archimedes' thrust

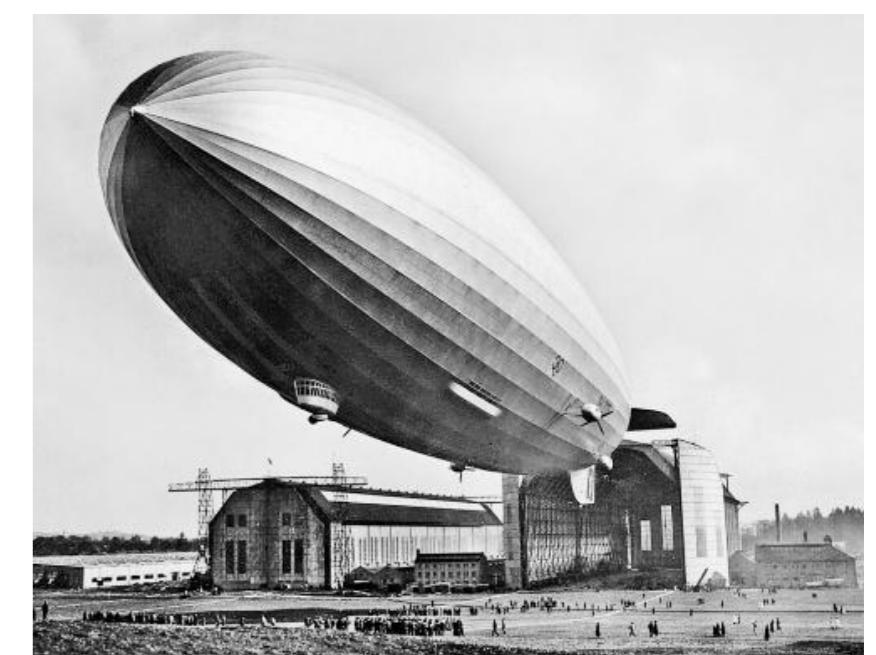
Archimedes of Syracuse, who was born in Syracuse around 287 BC and died there in 212 BC, was a great Sicilian Greek scientist of antiquity



ARCHIMEDES' THRUST IS THE FORCE EXERTED ON A BODY PLACED WHOLLY OR PARTIALLY IN A FLUID (LIQUID OR GAS) AND SUBJECTED TO A FIELD OF GRAVITY.

This force explains why it is difficult to push a balloon into water.

This principle defines the floatation of a body. It was first studied by Archimedes



The Hindenburg

ANY BODY IMMERSED IN A FLUID AT REST IS SUBJECT TO A VERTICAL UPWARD FORCE EQUAL TO THE WEIGHT OF THE VOLUME OF FLUID DISPLACED. THIS FORCE IS CALLED ARCHIMEDES' THRUST.

$$P_A = \rho \cdot V \cdot g$$

Archimede thrust exerted on the object in Newton (N)

Intensity of gravity in newtons per kilogram (N/kg)

Volume moved in cubic metres (m^3)

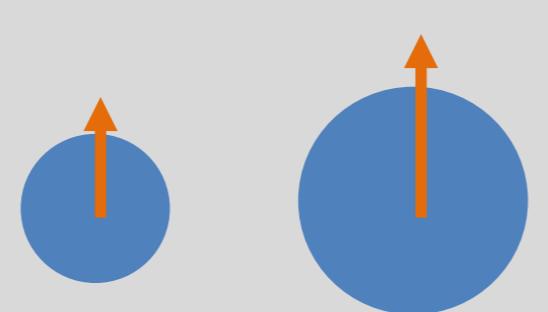
Density* of the fluid in kilograms per cubic metre (kg/m^3)

* In England they use the same word density for "densité" and "masse volumique".

Influence of volume displaced

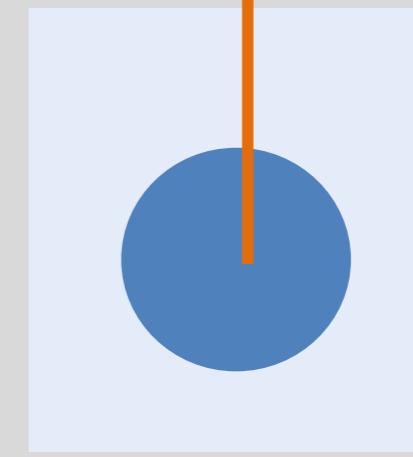


Same volume

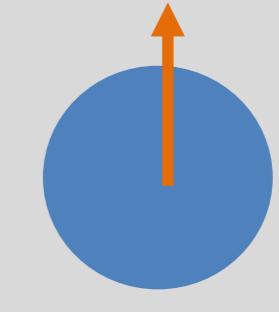


Same Mass

Influence of density



Water



Air

CONCLUSION

Archimedes thrust is a force that pushes a body upwards. This force is needed to counteract the weight and make a balloon fly. The larger the balloon is, the greater the Archimedes' force will be.

Maëlys et Elaïa | Collège Charles le Goffic | Lannion | FRANCE

Why does an object fall if you drop it ?

All everyday objects are made of tiny particles called atoms. However small they may be, they are subject to an attractive force exerted by the planet on which they are located! This force of attraction has a name: weight! Our balloon is no exception to the rule! It is inevitably attracted to the ground on Earth, and it will be the same on Mars.

Weight is calculated using the formula :

$$P = m \cdot g$$

Weight in N Mass in kg Intensity of gravity in N/kg



A balloon on Mars

Mass increases with the amount of matter



Mass, which represents the quantity of matter, **is invariable**. An object with a mass of 20 kg on Earth will always have a mass of 20 kg on Mars.

The same is not true of weight, which depends on the intensity g of gravity.

$$g_{\text{Earth}} \approx 9,8 \text{ N/kg} \quad - \quad g_{\text{Mars}} \approx 3,6 \text{ N/kg}$$

Why this difference ?

The formula $P = m \cdot g$ is in fact a simplified expression of the law of gravitational attraction written by Isaac Newton.

The force exerted by one solid body on another is written :

$$F_{A/B} = G \frac{m_A \cdot m_B}{d_{AB}^2}.$$

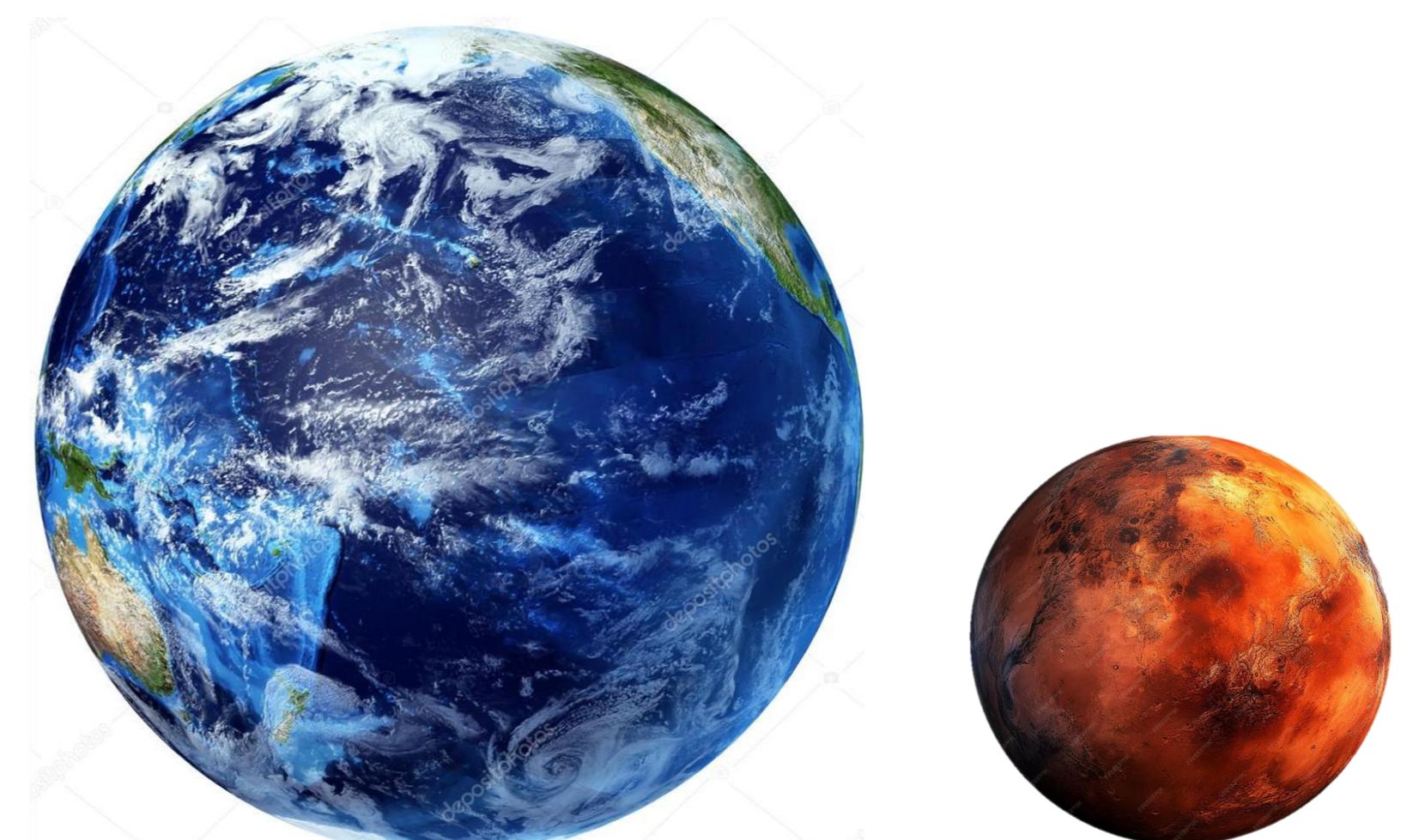
If we consider that our object B is on the surface of planet Earth :

$$F_{\text{Terre}/B} = G \frac{m_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}}^2} \cdot m_B$$

So $g_{\text{Terre}} = G \frac{m_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}}^2}$

Conclusion

To fly, our balloon needs to have the smallest possible mass. If weight were all that mattered! It would be easier to fly on Mars.



La Terre et Mars

Mars is about 1.9 times smaller and 10 times less massive than Earth.

Gravity is about 2.7 times weaker on Mars than on Earth.

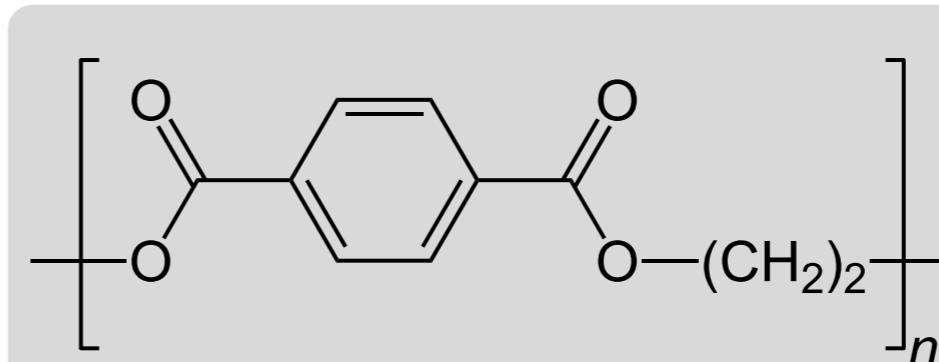
STEM IN EDUCATION

Kendji | Collège Charles Le Goffic | Lannion | FRANCE

Mylar... You said Mylar ?

Mylar is a film of poly(ethylene terephthalate) or PET, coated with two thin layers of metal. PET is a polymer. [Polymerization refers to the process by which small molecules react with each other to form larger molecules.]

What are Mylar's properties ?

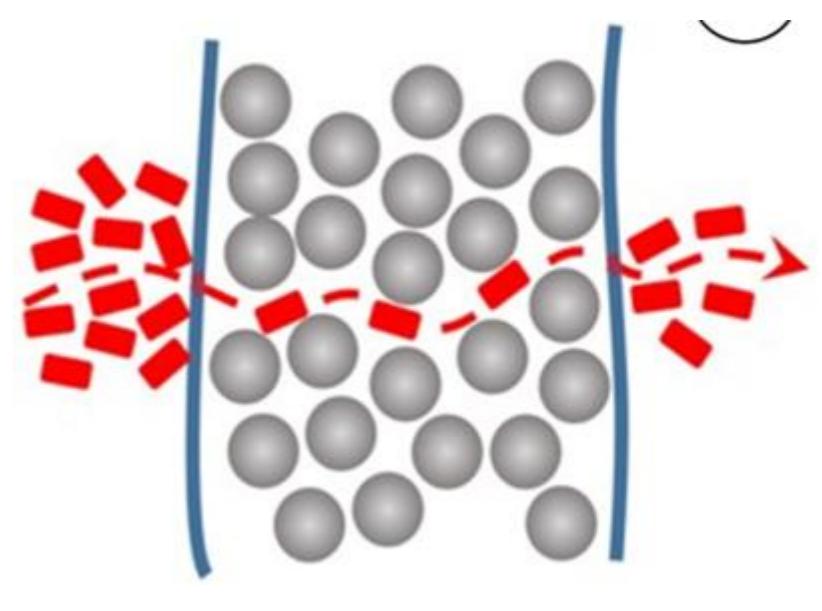


Monomer formula



Mylar strength test – 3kg

Mylar film is very stable and very strong under tension (in both directions: up-down/right-left). **The balloon will not deform once inflated.**



Permeation

Mylar is relatively **permeable**. The metallisation of both sides of the PET film reinforces the material's permeability (it's not total!) The pressurised gas in our balloon will very slowly infiltrate between the molecules of PET and escape (this is known as **permeation**). **The balloon will gradually deflate.**



Survival blanket

Mylar is a **low-density** material. Approximately 60 g for a 2.20 m by 1.40 m survival blanket.

Finally, the metal coating reflects 90% of infrared radiation to prevent heat loss or, conversely, overheating. This is important for maintaining a constant temperature inside the balloon. The grey aluminised part will therefore be the balloon's inner lining.



Florane spreads glue

CONCLUSION

The survival blanket developed in 1964 by NASA is a material that combines lightness, permeability and strength.

STEM IN EDUCATION

Nathan | Collège Charles Le Goffic | Lannion | FRANCE

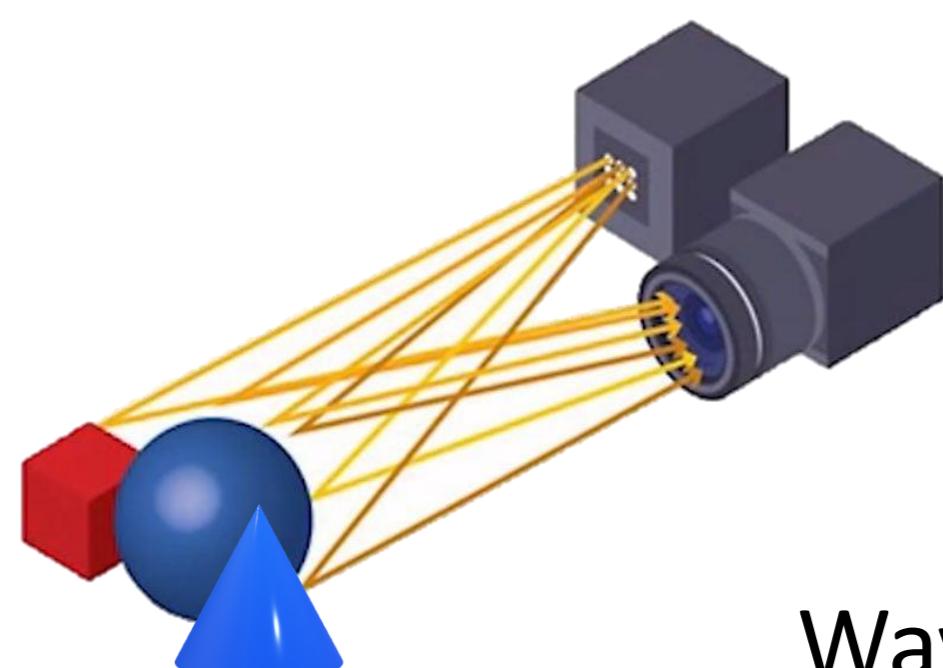
MAP OF MARS

To make a map of Mars, we decide to use a ToF camera connected to a raspberry PI 4. we easily imagine that we could find the same tools for a real mission.

This type of camera can produce a 3D map.



Picture of Kendji



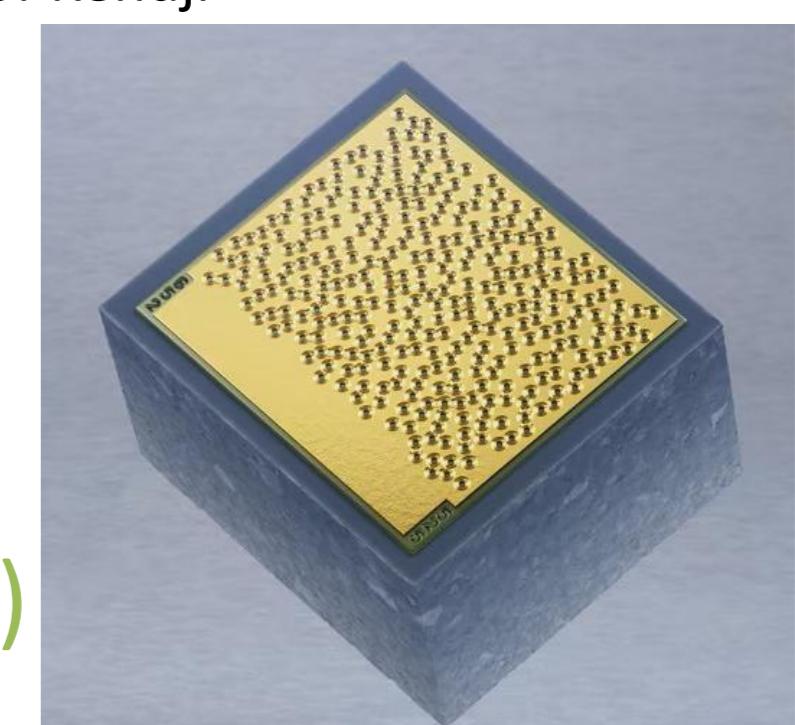
To do this, the camera generates light (IR – 940 nm) to illuminate the landscape.

$$\lambda = c/f = c \cdot T$$

Wavelength in metre (m)

Period in second (s)

Speed of light in metre second (m/s)

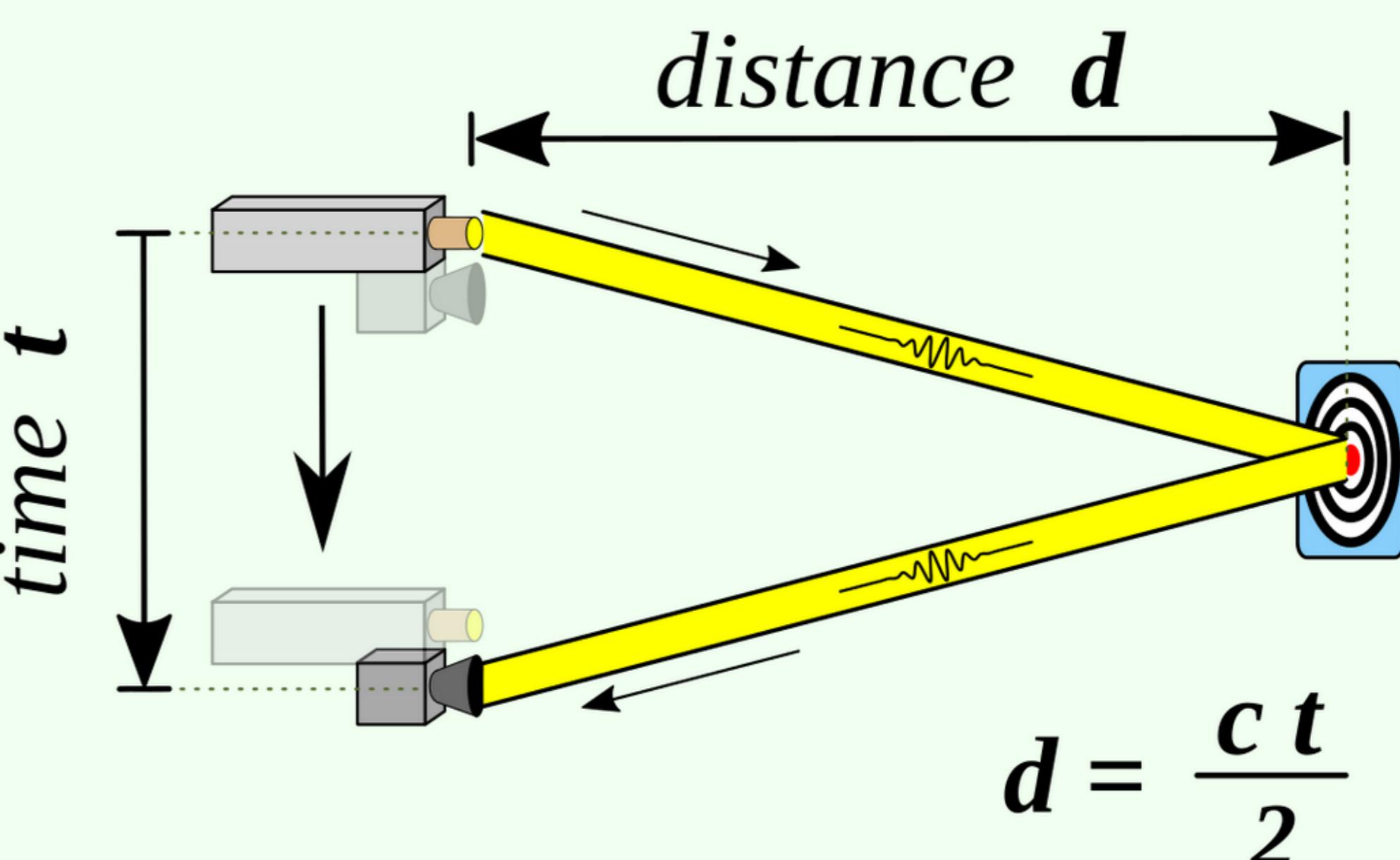


multimode laser diode

The signal is reflected by the ground and picked up by a sensor. The camera measures the travel time (there and back) to determine the distance. This distance is converted into a color on the monitor screen.

This time is measured for each pixel independently? This gives us a 3D map of the ground.

The dephasing between the transmitted and reflected signals, enables us to calculate the precise time... But it's done automatically by the camera



Measuring time to find distance

CONCLUSION

This type of camera creates a 3D map of the ground. It is very stable, as it captures the entire landscape at once (unlike a scanner).

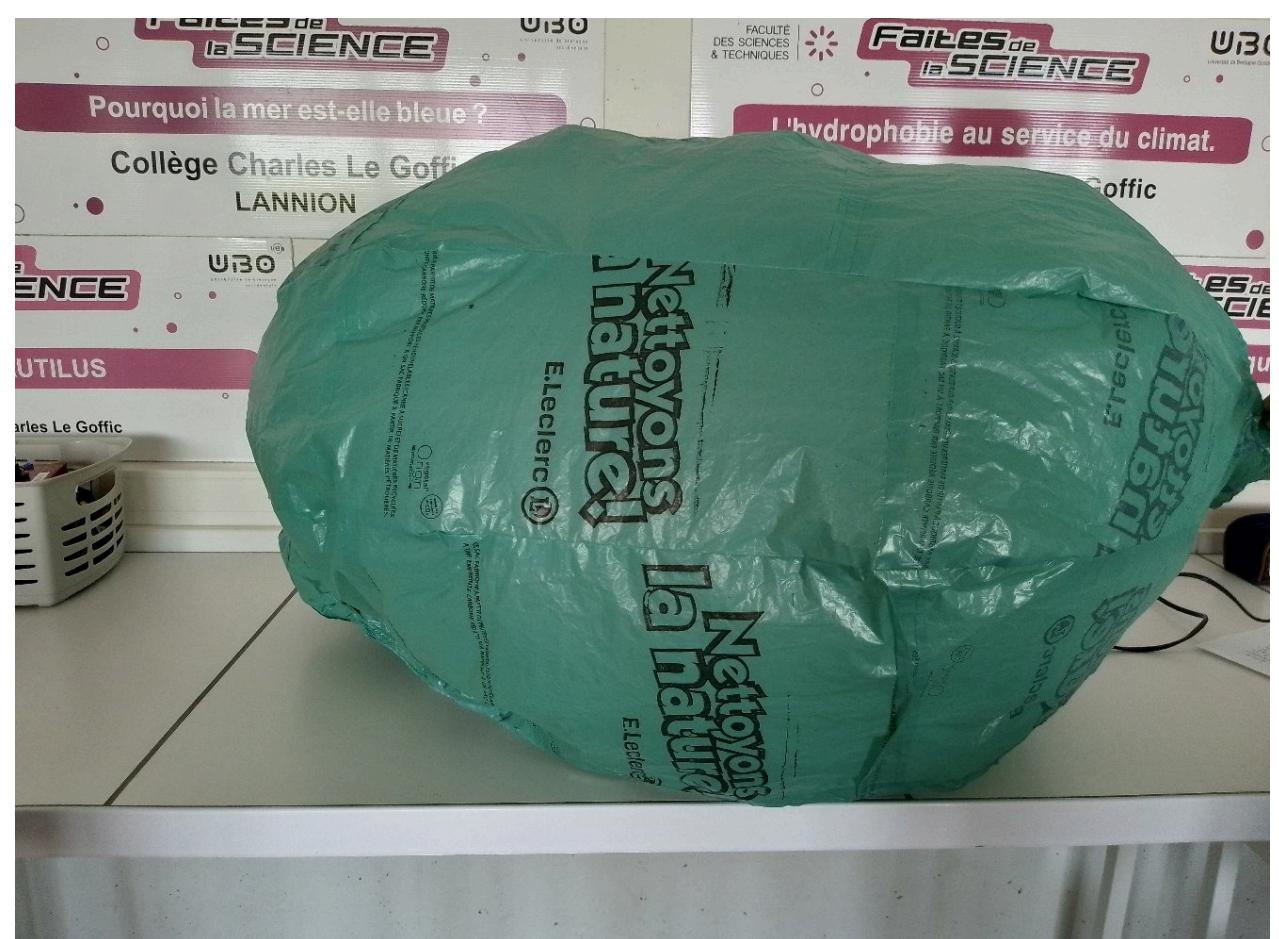
STEM IN EDUCATION

Sarah | Collège Charles Le Goffic | Lannion | FRANCE



This picture shows our first balloon : Maurice. It's a lampshade in paper, we removed half of the metals hoops. Below we tied up some bits of string and below we tied up a yogurt pot bottom with a dish candle .The goal was to heat up the air in the lampshade with the dish candle, because the hot air is less dense than the air of the room temperature, the hot air acts like helium. Sadly the candle set the lampshade on fire.

This picture shows an other balloon. It is made in trash bags. We have cut trash bag strips, later we welded them together to shape the structure of the balloon. We wanted to put candles inside the balloon to heat up the air. Here, the volume of the balloon is bigger, so we heat up the air with a airdryer. It was still difficult for the balloon to fly.



The last picture shows the prototype of the final balloon in mylar, it was created by a emergency blanket, folded in two parts and stuck at the ends while letting a hole to inflat it with helium in it. It will be vertical with a nacelle below.



We created some balloons which failed, after we created the prototype of the last balloon. The prototype looks great.