

Comment modéliser l'intérieur de Mars?

1. Introduction & Pb

Au cours des derniers siècles, de nombreux géoscientifiques ont contribué à la découverte de la structure interne de la Terre. Outre l'observation des roches à la surface de la Terre, leur analyse et leur expérimentation à l'aide de différentes méthodes, un large éventail d'outils ont été mis au point pour découvrir les couches qui composent la structure interne de la Terre.

En 1970, le forage de Kola Superdeep n'a pas atteint la profondeur pour laquelle il avait été conçu : forer à des profondeurs de 15 km dans la péninsule de Kola (ancienne URSS). Ce forage, le plus profond réalisé sur Terre, a atteint une profondeur de 12 262 mètres. Les géoscientifiques n'ont donc pas d'accès direct à la roche au-delà de cette profondeur.

Une fois avoir démontré que des méthodes directes comme le forage ne pouvaient pas fournir d'informations sur l'ensemble de la structure interne de la Terre (son rayon étant d'environ 6 400 km), les scientifiques se sont tournés vers des méthodes dites indirectes. Le perfectionnement et la précision de ces techniques ont contribué majoritairement à notre connaissance actuelle de la structure interne de la Terre ainsi qu'aux processus dynamiques qui l'animent.

Ces techniques reposent sur:

- Calcul de la densité moyenne de la Terre en connaissant sa masse et son volume.
- L'étude des ondes sismiques qui traversent ses couches chaque fois qu'un tremblement de terre se produit n'importe où sur la Terre.
- Etude et analyse des impacts de météorites à la surface de la Terre.
- Étude du champ magnétique de la Terre et de ses causes.
- Étude de la rotation de la Terre (son inertie de rotation).

2. Age of students 14 - 18 Ans

3. Objectifs

- Formuler des hypothèses et en discuter avec les élèves pour retenir les plus pertinentes
- Suggérer une modélisation ou expérience pour vérifier ces hypothèses
- Suggérer lesquelles d'entre elles pourraient être utilisées pour sonder Mars

4. Disciplines principales

Sciences de la Terre – Physique – Mathématiques

5. Disciplines complémentaires

Technologie

6. Temps requis 30 minutes

7. Mots-clés

Structure interne – Terre – Mars - hypothèse scientifique – essais – sondes – densité - ondes sismiques – magnétisme – sphères – météorites – densité - structure interne – Terre – Mars

8. Matériel

- Pâte à modeler de deux couleurs
- Billes de composition différente
- Plusieurs cure-dents
- une Magnaprobe™
- Règle

9. Connaissances requises

Les élèves doivent s'interroger sur le fait que les deux balles de même taille qu'on leur propose soient de poids différent. On leur demande de formuler une hypothèse qui pourrait correspondre au fait que deux sphères qui se ressemblent extérieurement (en dehors de leur couleur) puissent avoir une propriété physique très différente (masse et, par conséquent, densité).

Ensuite, on leur demande de suggérer des méthodes pour déterminer la structure interne des deux boules et de décider lesquelles pourraient être utiles pour étudier la structure interne d'une planète comme la Terre ou Mars.

10. Protocoles

Donnez à chaque groupe de trois élèves deux boules de pâte à modeler de couleurs différentes mais de la même taille et demandez-leur s'ils se sentent la différence entre les deux boules. Ils réalisent facilement que le poids, et donc la densité, est différente.



Figure 1 : Deux balles : la même taille, un poids différent. Vert plus léger, rouge plus lourd

Demandez-leur de formuler des hypothèses qui pourraient expliquer la différence entre les deux boules :

- Les deux balles sont constituées de deux types de pâte à modeler de densités différentes
- L'une des boules a quelque chose de plus lourd à l'intérieur
- La densité de l'une des boules augmente graduellement au fur et à mesure que l'on s'enfonce
- La densité de l'une des boules diminue progressivement au fur et à mesure que l'on s'enfonce

(La bonne réponse est que le plus lourd contient un boule d'acier à l'intérieur)

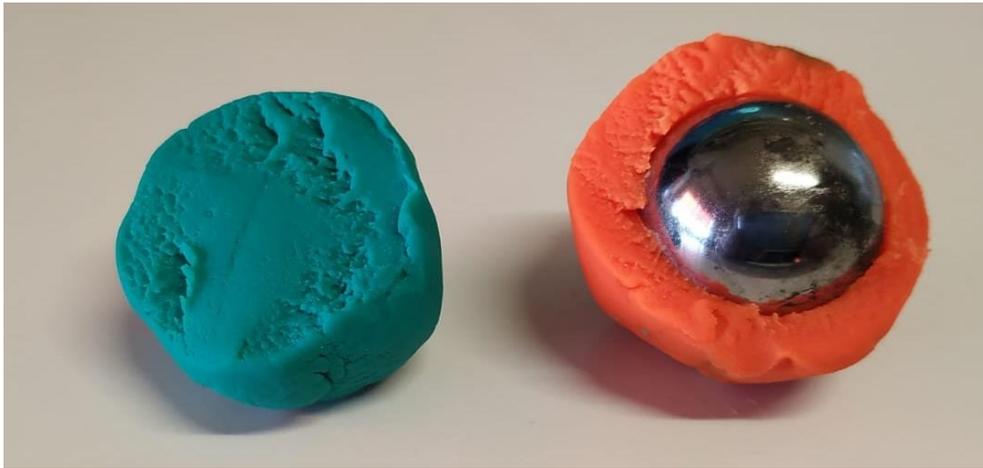


Figure 2 : Ouverture des deux billes pour montrer leur structure interne : verte, pure Pâte à modeler ; Boule en acier à l'intérieur.

Demandez-leur maintenant de réfléchir aux méthodes utilisées par les scientifiques pour découvrir la structure interne de la planète Terre.

Réponses possibles :

- Peser les deux billes (avec une balance) et calculer leur densité
- Les percer (avec des cure-dents, par exemple)
- Tester son magnétisme (avec une petite boussole)
- à l'aide de rayons X
- les ultrasons (comme celui utilisé pour voir les embryons à l'intérieur de l'utérus)
- la résonance électromagnétique (EMR) comme celles utilisées dans de nombreux hôpitaux
- les rayonnements ionisants (alpha, bêta ou gamma)

Ensuite, demandez aux élèves laquelle de ces méthodes convient à l'étude de la structure interne de la Terre.

Réponses possibles :

- Peser les deux boules (avec une balance) et calculer leur densité. Oui, les calculs en astronomie permettent aux scientifiques de connaître la masse de la Terre. Connaissant le rayon de la Terre, il est possible de calculer le volume, et donc la densité de la Terre.

- Les percer (avec des cure-dents, par exemple). Non, car les scientifiques n'ont pas pu forer à plus de 13 km de profondeur.

- Tester le magnétisme (avec une petite boussole). Oui, il y a un champ magnétique sur la Terre, lié à son noyau de fer externe (liquide) et interne (liquide). Il peut être détecté à l'aide d'une boussole.

- A l'aide de rayons X. Non, ils ne peuvent pas pénétrer la Terre.

- Les ultrasons (comme celui utilisé pour voir les embryons à l'intérieur de l'utérus). Non, ils ne peuvent pas pénétrer la Terre. Cependant, les infrasons ou les ondes sismiques peuvent pénétrer la Terre et fournir une information très utile sur ses couches ainsi que sur leur état physique (solide ou fluide).

- La résonance électromagnétique (EMR) comme celles utilisées dans de nombreux hôpitaux. Non, ils ne peuvent pas entrer dans la Terre.

- Les rayonnements ionisants (alpha, bêta ou gamma). Non, seuls les rayons gamma peuvent pénétrer quelques mètres dans le béton.

Donnez aux élèves deux autres boules de couleurs différentes : une plus légère que celle qu'ils ont déjà (avec une boule de mousse, à l'intérieur) et une autre du même poids que celle qu'ils ont déjà (avec une petite barre aimantée dedans).

Demandez-leur de les ordonner en augmentant la densité ; les résultats devraient être les suivants :

1. Balle avec la boule en mousse
2. Balle en pâte à modeler
3. Balle avec une petite barre aimantée

Maintenant, demandez-leur lequel de ces trois est le moins pertinent pour modéliser la structure interne d'une planète. (Répondez : 1 et 2, car la gravité pousse le matériau le plus lourd à "s'enfoncer" profondément au cœur des planètes).

Munissez-les d'une petite boussole et demandez-leur quelle balle correspond le mieux à la structure interne de la Terre et à celle de Mars. (Réponse : celui avec l'aimant à l'intérieur correspond mieux au modèle de la Terre car notre planète a un champ magnétique général lié à un noyau externe de fer liquide, tandis que Mars semble avoir un noyau de fer mais complètement solide et, par conséquent, il n'a pas de champ magnétique général)

11. Echange autour des résultats et conclusion

Les élèves peuvent comparer les propriétés physiques de la Terre et de Mars, discuter des meilleures méthodes pour les étudier, de celles qui sont disponibles dans chaque planète et comparer le degré de connaissance de la structure interne de la Terre et de Mars.

12. Pour aller plus loin

Les élèves peuvent utiliser un moteur de recherche sur Internet pour rechercher l'équipement de la sonde Insight qui a atterri sur Mars. A partir de ces informations, ils peuvent discuter des instruments embarqués par Insight pour étudier la structure interne de la Terre.

Ils peuvent aussi, calculer la densité des quatre sphères en sachant que la formule pour calculer le volume d'une sphère est la suivante:

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

... et que de densité (D) est:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

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

- Cette activité a été développée à partir du programme Earthlearningidea “From clay balls to the structure of the Earth” in www.earthlearningidea.com.
- <https://www.nasa.gov/>. Official website of the National and Aeronautics Space Administration (NASA)
- Toutes les informations pertinentes sur la mission InSight <https://www.nasa.gov/feature/jpl/for-insight-dust-cleanings-will-yield-new-science> .