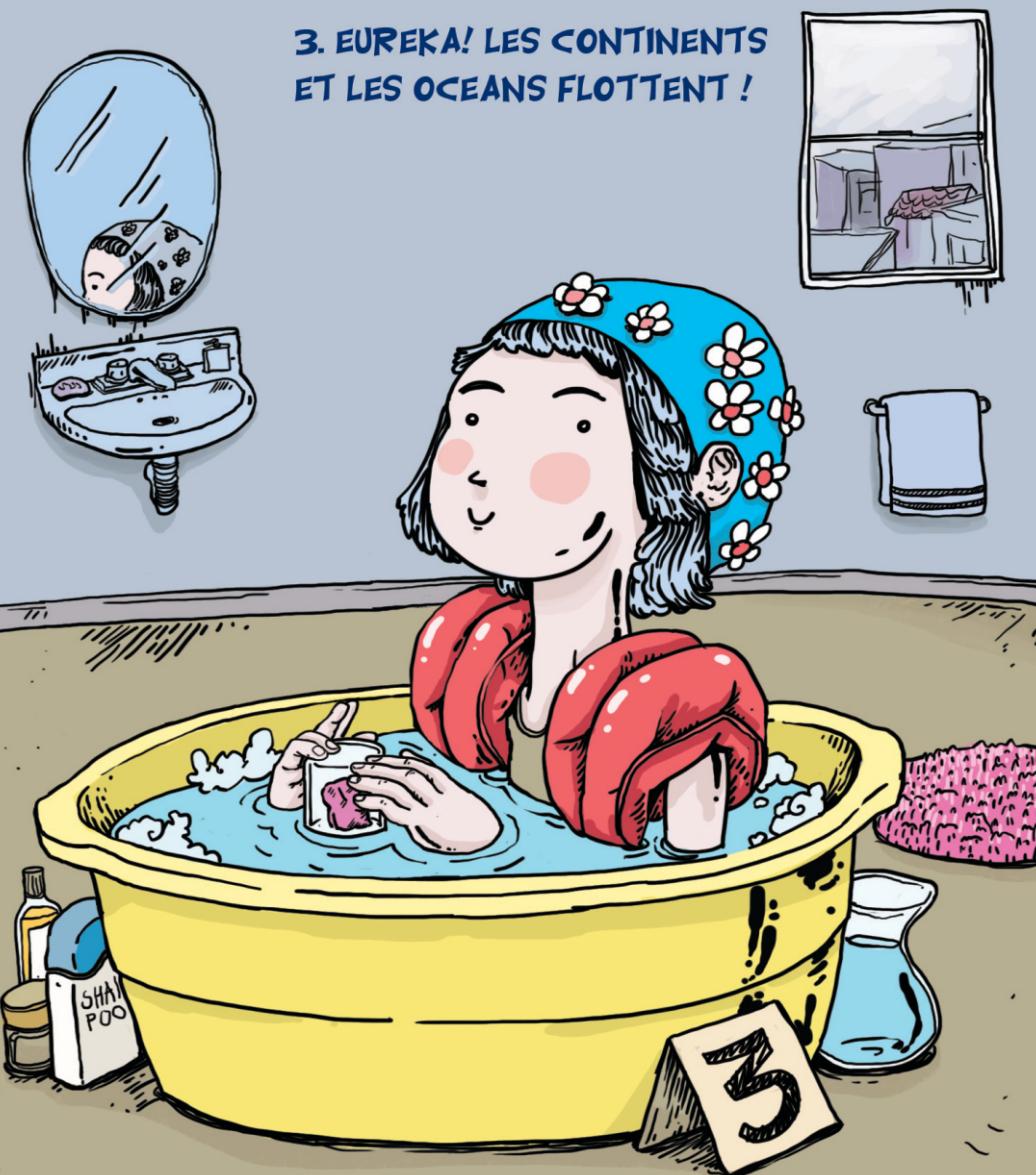


DES EXPÉRIENCES SIMPLES POUR COMPRENDRE UNE PLANÈTE COMPLIQUÉE

3. EUREKA! LES CONTINENTS ET LES OCEANS FLOTTENT !



Texte : Susana A. Alaniz Álvarez et Ángel F. Nieto Samaniego

Illustration: Luis David Morán, Traduit par :
Sandra Fuentes Vilchis, Paola Garces, Thierry Calmus

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers
Recteur

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secrétaire général

Dr. William Henry Lee Alardín
Coordinateur de la Recherche Scientifique

Dr. Jorge Volpi Escalante
Coordinateur de la Diffusion Culturelle

Joaquín Diez-Canedo F.
Directeur général des publications et du développement éditorial

Dra. Lucía Capra Pedol
Directeur du Centro de Geociencias

Dra. Susana A. Alaniz Álvarez
Dr. Ángel F. Nieto Samaniego
Dr. Manuel Lozano Leyva
Coordinateurs de la Série

Ing. Lluvia Y. Huerta Landaverde
Conception et formation

Première édition: Août 2018
D.R. © Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, México

Centro de Geociencias
Universidad Nacional Autónoma de México
No. 3001, Boulevard Juriquilla, Querétaro
C.P. 76230, México

ISBN (Collection intégrale): 978-607-02-9195-1
ISBN: 978-607-30-0541-8
Imprimé et fabriqué au Mexique

Ce livre ne peut être reproduit en tout ou en partie, par aucun moyen électronique ou autre, sans autorisation écrite des éditeurs.

INDEX

Introduction_3

1. Voyage au Centre de la Terre_5

2. Sous l'eau et sans mouiller_9

3. Changement d'air_12

4. Lorsque la chaleur a disparu_15

5. La vie est plus légère à la mer_17

6. Se noyer dans un verre d'eau_20

7. Qu'est-ce qui pèse le plus ?_23

Remerciements_28

À propos des auteurs_29



EUREKA!

**LES CONTINENTS ET LES OCEANS
FLOTTENT !**

INTRODUCTION

La Terre est pleine de mystères et l'homme essaie de les résoudre en observant, en enquêtant, en explorant et en expérimentant. Qu'est-ce qui se trouve à l'intérieur de la Terre ? Pourquoi les montagnes ? Pourquoi les océans ? Pourquoi les volcans entrent-ils en éruption ? Pourquoi y a t-il des séismes ? Pourquoi le climat n'est-il pas uniforme ? Il y a des mystères plus faciles à résoudre que d'autres, il suffit de demander ou d'observer très attentivement ; mais il y en a d'autres qui sont plus difficiles à démêler, plus particulièrement ceux qui se produisent à une échelle qui dépasse la vie de chacun d'entre nous. Ce que l'on sait sur la façon dont la Terre fonctionne a été obtenu à partir des observations ici et là. La Terre est tellement grande et compliquée que tout phénomène peut être considéré comme un énorme casse-tête. Cependant, ne vous découragez pas ! Des expériences simples nous permettront de comprendre des phénomènes très compliqués.

Cette contribution est consacrée à Archimède (287 - 212 av. J.-C.), qui a noté que son corps pesait moins lorsqu'il était immergé dans l'eau. Quand il a pris un bain dans la baignoire, il s'est rendu compte que la diminution de son poids était proportionnelle au volume d'eau déplacé par son corps. À ce moment-là, il a crié : Eureka !, qui en grec signifie "J'ai trouvé !".

Ici, nous essayons de vous montrer comment la flottabilité, découverte par Archimède il y a plusieurs siècles, est l'un des principes physiques qui influencent des phénomènes aussi compliqués que le climat, la formation des volcans et, surtout, le mouvement des continents et des océans.





“VOYAGE AU CENTRE DE LA TERRE”



Vous avez peut-être vu à la télévision que pour simuler une situation «non gravitaire», les astronautes flottent dans un avion en chute libre. Les astronautes qui ont besoin de passer plus de temps dans cette situation, réparant peut-être un module spatial, simulent qu'il sont dans un bassin.

Essayez cette expérience qui vous aidera à comprendre cela.

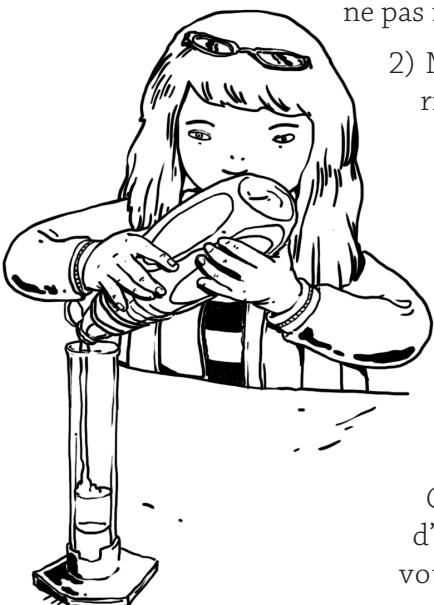
MATÉRIEL

Un grand verre.

Eau, alcool, huile, pierre, miel,
bois, glace, argent,
(ou n'importe quel métal), liège,
plastique.

PROCÉDURE

- 1) Insérer le miel, l'eau, l'huile et l'alcool lentement dans le verre, dans cet ordre, en prenant soin de ne pas mélanger.
- 2) Mettez ensemble doucement les matériaux solides (pierre, bois, etc.).
- 3) Testez avec d'autres matériaux et essayez de deviner s'ils flottent et dans quel liquide ils le feront.
- 4) Dans un récipient avec uniquement de l'eau, mettez les matériaux solides.



OBSERVEZ

Certains matériaux coulent tandis que d'autres flottent sur certains liquides. Si vous utilisez uniquement de l'eau, vous pouvez également observer que certains matériaux plongent plus vite que d'autres.

CE QUI PEUT RATER

Si les liquides sont mélangés, vous ne pourrez pas voir lequel est plus dense, puisqu'il se formera un liquide différent.

EXPLIQUEZ-LE

Un objet va couler ou flotter dans un verre rempli d'eau en fonction de sa densité, c'est-à-dire, de la quantité de matière dans un espace donné, ou en d'autres termes, quelle quantité de masse il a par unité de volume. Une balle de bois de 10 cm de diamètre pèse moins que la boule d'eau de 10 cm de diamètre qui se déplace quand elle trempe, mais une balle de plomb de 10 cm pèse plus : le bois flotte et le plomb plonge. Le poids est la force avec laquelle la Terre attire un corps et dépend de sa masse, tandis que la densité dépend de sa masse et de sa taille. Considérons un récipient d'un litre : si vous le remplissez d'eau, il pèsera 1 kg ; si vous le remplissez de pierres, il pèsera environ le double; si vous le remplissez d'or, il pèsera environ 20 fois plus, mais s'il ne contient que de l'air, il pèsera 1000 fois moins que l'eau (tableau 1). La densité est mesurée en g / cm³, kg / m³, kg / l. La densité moyenne de la Terre est de 5,5 g / cm³.

En revenant au cas des astronautes, les techniciens simulent la non-gravité lorsque le module spatial et les astronautes avec l'équipement ont une densité égale à celle de l'eau ; de cette façon, l'effet de la gravité sera annulé par le support exercé par l'eau.

APPLIQUEZ-LE À VOTRE VIE

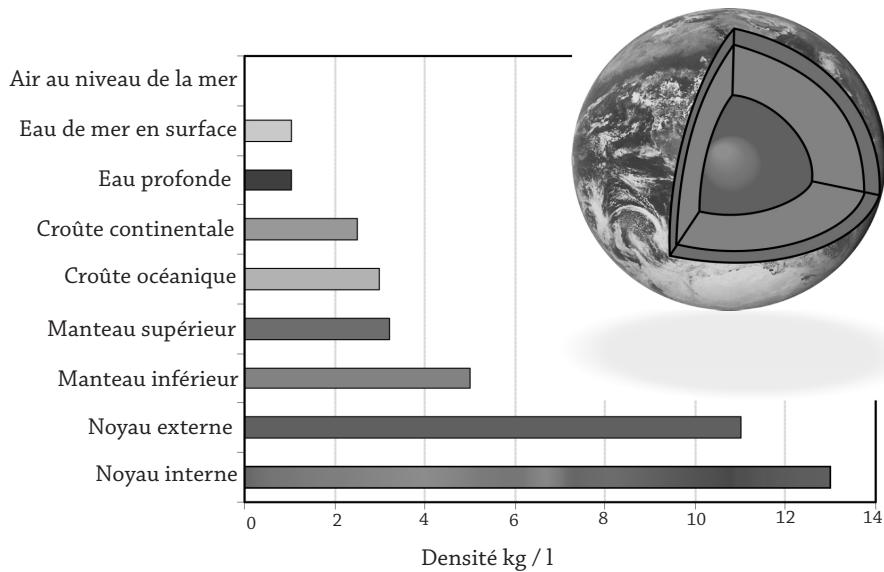
Les couches séparées grâce à la différence de densité peuvent être facilement observées à la fois dans les liquides et les gaz ; par exemple, dans un bouillon de poulet, il y aura des légumes qui flottent alors que le poulet coule et que la vapeur monte. Il est important de connaître la densité des gaz, dans le cas d'une fuite, pour savoir s'ils s'accumuleront sur le sol ou au plafond. Par exemple, le gaz naturel est plus léger que l'air et s'élèvera, tandis que le gaz de pétrole liquéfié (LP) est plus lourd que l'air et restera au niveau du sol.

Vous pouvez créer votre propre colonne de densités et la comparer au tableau 1.

Tableau 1. Densité des matériaux communs

Substance	Densité moyenne [g / cm ³ ou kg / l]	Substance	Densité moyenne [g / cm ³ ou kg / l]
Platine	21.4	Sang	1.6
Or	19.3	Miel	1.42
Mercure	13.6	Polychlorure de vinyle	1.3
Plomb	11.3	Eau de mer	1.03
Argent	10.5	Eau	1
Acier	7.85	Caoutchouc	0.95
Fer	7.8	Corps humain	0.95
Terre (planète)	5.5	Huile	0.92
Diamant	3.5	Glace	0.92
Basalte	3	Bois	0.9
Aluminium	2.7	Alcool	0.78
Granite	2.7	Pierre ponce	0.7
Béton armé	2.5	Essence	0.68
Verre	2.5	Polyuréthane	0.04
Carbone	2.26	Air	0.0013
Graphite	2.2		

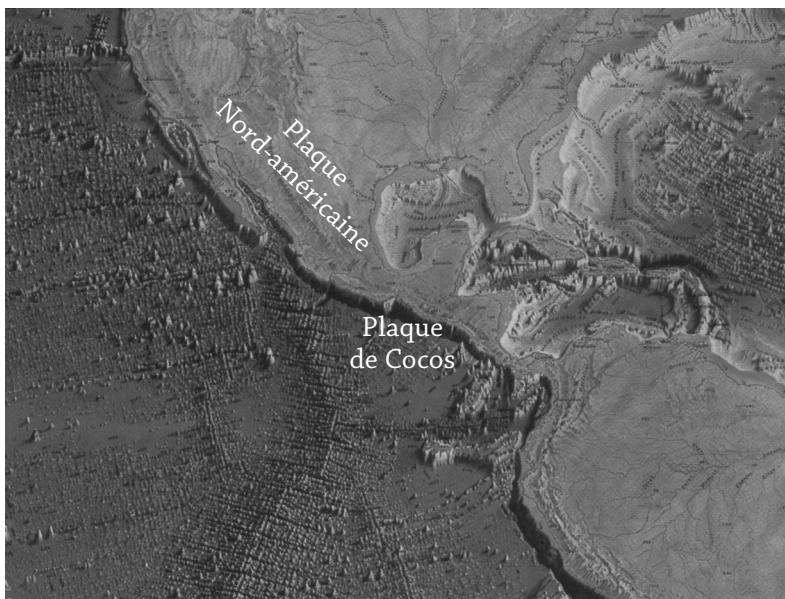
Couches de la Terre



TROUVEZ-LE DANS LA NATURE

La Terre est composée de couches de densités différentes. La plus légère est, bien sûr, l'atmosphère ; puis l'hydrosphère (mers et océans), et la plus dense est la Terre solide. Dans la Terre solide, le matériau le plus dense est dans le noyau ; le manteau suit, et la partie la moins dense est dans la croûte. Notez qu'il existe deux types de croûte : continentale et océanique.

La coquille de la Terre est cassée en plusieurs plaques rigides qui sont en mouvement constant, flottant sur une couche plastique en raison de la chaleur interne de la Terre. La collision entre les plaques provoque des tremblements de terre et une activité volcanique sur ses bordures. Lorsqu'une plaque à croûte continentale entre en collision contre une croûte océanique, la seconde étant plus dense s'enfonce sous la moins dense. Un exemple est celui de la côte de l'océan Pacifique dans le sud du Mexique : la plaque Cocos, qui est océanique, s'enfonce sous la plaque nord-américaine qui est continentale. Le frottement de ces deux plaques génère plusieurs des tremblements de terre qui se ressentent dans le centre et le sud du Mexique et aussi l'activité volcanique dans le centre du Mexique. Un exemple de séparation de plaques se produit dans le golfe de Cortés, où la péninsule de Basse Californie se sépare du Mexique continental. La péninsule de Basse Californie se déplace vers le nord-nord-ouest à une vitesse de 3 cm par an, ce qui signifie que dans environ vingt millions d'années, la Basse Californie sera le long de la côte Pacifique des Etats-Unis.



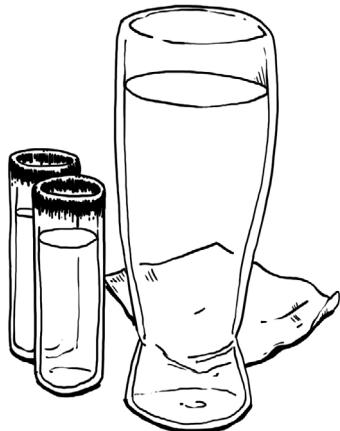
2

"SOUS L'EAU ET SANS MOUILLER"

L'air essaie toujours de s'échapper vers le haut, tandis que l'eau s'écoule vers le bas.

MATÉRIEL

Un seau ou un grand verre avec de l'eau,
un petit verre,
un morceau de papier.



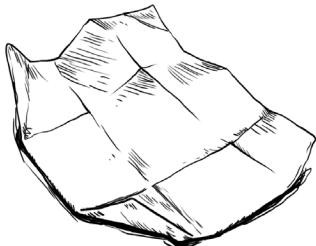
PROCÉDURE

1. Mettez le morceau de papier froissé dans le petit verre et serrez-le vers le fond.
2. Trempez le verre (avec le papier) à l'envers dans le seau jusqu'à ce qu'il soit complètement immergé dans l'eau.
3. Retirez le verre de l'eau.



OBSERVEZ

Le papier est complètement sec.



CE QUI PEUT RATER

Si le verre ne pénètre pas verticalement dans l'eau, l'air peut s'écouler hors du verre et l'eau mouillera le papier. Le verre peut se retourner facilement s'il n'est pas maintenu fermement.

EXPLIQUEZ-LE

L'air qui se trouve à l'intérieur du verre est submergé dans l'eau avec le papier, il essaie de s'échapper vers le haut mais la base du petit verre l'en empêche. L'air est comprimé contre le fond du verre et empêche l'eau de monter et de mouiller le papier.

La pression à l'intérieur d'un liquide agit avec la même intensité dans toutes les directions ; l'air monte parce que, étant beaucoup plus léger que l'eau, il prend la direction du lieu où la taille de la colonne d'eau est plus petite, c'est-à-dire vers le haut.

Dans l'expérience 1, vous avez remarqué que les matériaux s'écoulent à différentes vitesses. Nous avons entendu dire que la vitesse de chute d'un corps dans le vide est indépendant de son poids, de sa forme et de sa densité. Vous l'avez peut-être vu quand sur la lune, qui n'a pas d'atmosphère, l'astronaute a laissé tomber un marteau et une plume et que tous les deux sont tombés en même temps. Cependant, dans un fluide tel que l'air ou l'eau, le taux de chute dépend du contraste des densités entre le corps et le fluide, la forme de l'objet et la viscosité du fluide. Faites-en l'expérience en laissant tomber un papier froissé et un papier lisse sur la Terre en même temps.

La viscosité est une mesure de la résistance d'un fluide à se déplacer. Un fluide dense n'est pas nécessairement plus visqueux ; par exemple, l'huile est moins dense, mais plus visqueuse que l'eau.

L'espace occupé par un matériau solide, liquide ou gazeux, dans un fluide dépendra d'un rapport de forces. Imaginez que vous poussez une balle au fond d'une piscine. Vous savez que la balle a du poids car elle est attirée par la Terre, et elle «tombe» quand elle est hors de

l'eau ; cependant, dans la piscine, vous pouvez penser qu'il y a une force qui la pousse vers le haut : c'est la flottabilité qui dépend de la différence de densité. Imaginez maintenant que vous submergez la même balle dans de l'huile de moteur ; dans ce cas, elle monte également, mais le taux d'ascension ne sera pas aussi rapide que dans l'eau, car la viscosité de l'huile est plus grande et exerce une force de résistance au mouvement.

APPLIQUEZ-LE À VOTRE VIE

Notez que la vitesse à laquelle les bulles d'air se déplacent dans une bouteille de shampooing et dans une bouteille d'eau est très différente ; le liquide plus visqueux ne permet pas un mouvement rapide des bulles. Ou, notez qu'il faut plus de travail pour éliminer les matériaux les plus visqueux de vos bouteilles : par exemple, il est beaucoup plus difficile de faire couler de la sauce tomate d'une bouteille que du vinaigre.

TROUVEZ-LE DANS LA NATURE

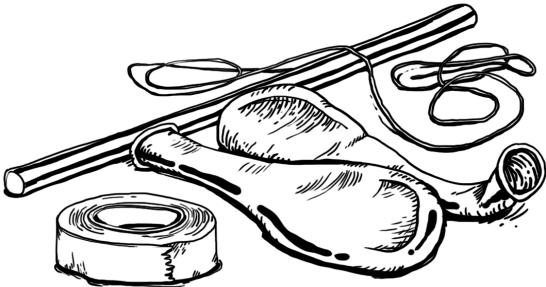
Il n'est pas difficile d'imaginer que dans la Terre il y a surtout des roches ; cependant, avec l'étude de la vitesse et de la trajectoire des ondes générées par les tremblements de terre, on a identifié des zones où la roche est fondu . Au sommet du manteau, entre 100 et 200 km de profondeur, la roche est proche de son point de fusion ; quand elle est fondu à l'intérieur de la Terre, nous l'appelons magma, et quand elle sort à la surface, nous l'appelons lave. Nous avons observé la lave sortir d'un volcan, mais il y a aussi des gaz. La plupart des gaz qui sont à l'intérieur de la Terre sont dans les chambres magmatiques et sont libérés par 1) la décompression d'un magma (imaginez comment un soda se dégazifie lorsqu'il est ouvert), 2) l'interaction du magma avec un aquifère (imaginez la roche chaude en contact avec l'eau), ou 3) par réaction entre deux magmas de composition différente. Les éruptions explosives, c'est-à-dire avec de grandes quantités de gaz, sont beaucoup plus dangereuses que les éruptions de lave. Au Mexique, il y a eu des éruptions explosives sur le volcan Chichón, le Nevado de Toluca, le volcan de Fuego à Colima, le Pico de Orizaba et le Popocatepetl.

3.

"CHANGEMENT D'AIR"

Vous avez sûrement entendu dire que de nombreux athlètes s'entraînent dans les montagnes. Savez-vous pourquoi ?

MATÉRIEL



1 paille.

Fil.

3 ballons en caoutchouc.

Ruban adhésif.

PROCÉDURE

- 1) Construisez une balance en attachant un fil au milieu de la paille.
- 2) Aux extrémités de la paille, accrochez deux ballons dégonflés avec le ruban adhésif de telle sorte que la balance soit équilibrée.

- 3) Échangez un des ballons dégonflés pour un gonflé.

OBSERVEZ

La balance s'incline du côté où se trouve le ballon gonflé, ce qui indique qui pèse plus que le ballon dégonflé.





EXPLIQUEZ-LE

Même si les deux ballons contiennent de l'air et sont immergés dans l'air, pour gonfler le ballon il faut vaincre la résistance du caoutchouc à l'étiement. Pour le gonfler on augmente la quantité d'air afin que sa pression puisse surmonter la résistance du caoutchouc du ballon. C'est pourquoi la densité de l'air à l'intérieur du ballon gonflé est supérieure à la densité de l'air extérieur. Comme vous pouvez le voir, bien que la densité soit une propriété du matériau, elle peut varier. Pour les gaz, la densité augmente avec la pression, car lorsque le gaz est comprimé, la quantité de matière par unité de volume augmente. Avec la température, le contraire se produit : à une température plus élevée, les molécules se séparent et il y a moins de matière par unité de volume. Les liquides sont incompressibles, seulement ils changent de densité avec le changement de température, alors que les matières solides, avec une pression croissante, peuvent éliminer les vides ou même modifier leur structure moléculaire et se transformer en un autre corps solide avec d'autres propriétés ; par exemple, le diamant et le graphite sont tous les deux composés de carbone.

APPLIQUEZ LE À VOTRE VIE

Vous avez peut-être entendu dire que les gens peuvent souffrir de «maladie de la montagne». Cela se produit parce que le corps est habitué à recevoir une certaine quantité d'oxygène pour chaque inhalation. Lorsque vous êtes en altitude, où l'air contient moins d'oxygène, le corps réagit de différentes façons : malaise général, mal de tête, problèmes respiratoires. Les athlètes qui s'entraînent en montagne conditionnent leur corps à travailler avec peu d'oxygène ; ils auront donc beaucoup d'oxygène lorsqu'ils seront dans des zones plus basses avec une densité d'air plus élevée et leur performance augmentera.

TROUVEZ-LE DANS LA NATURE

La densité de l'air dans l'atmosphère dépend de la température et de la pression. La température au niveau du sol est plus élevée, car les rayons du soleil traversent l'air transparent et viennent chauffer le sol qui à son tour réchauffe l'air ; ainsi, la température diminue depuis le niveau de la mer vers le haut. La température est d'environ -50°C à l'altitude du vol de croisière des avions. La pression atmosphérique est due au poids de la colonne d'air à la verticale d'un point donné de la surface de la terre. À une altitude plus élevée, par exemple dans les montagnes, cette colonne est plus petite, de sorte que le poids est plus bas et la pression atmosphérique aussi.

"LORSQUE LA CHALEUR A DISPARU"

4.

Avez-vous remarqué que les flammes sont toujours dirigées vers le haut ?

MATÉRIEL

Une bougie.

Une allumette.

Un adulte.

PROCÉDURE

- 1) Allumez la bougie et posez l'allumette allumée au-dessus.
- 2) Éteignez la bougie sans éteindre l'allumette.



OBSERVEZ

La bougie se rallume même si l'allumette n'est pas en contact avec elle.

CE QUI PEUT RATER

Que la vapeur de cire n'atteigne pas la flamme de l'allumette.

EXPLIQUEZ-LE

La bougie s'allumera seulement si la chaleur de l'allumette fait fondre le cire et que celle-ci monte par la mèche et s'évapore ; A cet instant, lorsqu'elle entre en contact avec l'oxygène de l'air, le feu s'allume. Quand un gaz est chauffé, tel que celui de la cire évaporée, ses molécules se déplacent plus vite et nécessitent plus d'espace entre elles, de telle sorte que la même quantité de matériau occupe plus de volume, et, par conséquent devient moins dense que l'air à la température ambiante et monte. Dans l'expérience, la colonne de cire évaporée atteint l'allumette et la bougie s'allume à nouveau.

APPLIQUEZ-LE À VOTRE VIE

Sachant que l'air chaud monte, vous pouvez améliorer le microclimat de votre maison : quand il fait froid, isolez la chambre avec le plafond le plus haut ou celui qui a une sortie d'air au-dessus du toit.

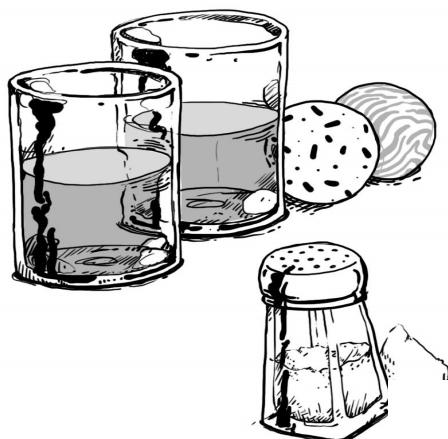
TROUVEZ-LE DANS LA NATURE

La chaleur peut être transmise par conduction (comme lorsque vous touchez un fer à repasser), par convection (comme dans l'eau qui est chauffée dans un poêle) et par rayonnement (comme lors d'une journée ensoleillée). La convection se fait par un fluide en mouvement ; vous pouvez visualiser ce phénomène en faisant bouillir de l'eau dans un pot (de préférence avec un fond de couleur claire) qui contient des graines de poivre noir. La convection est de deux types : naturelle et induite ou forcée. Naturelle, lorsque vous chauffez l'eau ; forcée, lorsque vous déplacez le café avec une cuillère. Pour le transfert de chaleur par convection il est nécessaire d'avoir une variation de température (ce qui fait changer la densité du fluide) et surmonter la résistance du fluide au mouvement. D'une part, le fluide le plus frais s'enfonce (car il est plus dense et donc plus attiré par la gravité) et, d'autre part, le plus chaud devient moins dense et monte. Quand il monte, il se détend en raison de la baisse de pression, il se refroidit et le cycle se poursuit. La convection, avec la rotation de la Terre, gouverne dans une large mesure le mouvement de l'air dans l'atmosphère, générant les courants atmosphériques qui contrôlent le climat.

“LA VIE EST PLUS LÉGÈRE À LA MER”

5

Avez-vous remarqué que le poids et la densité sont des concepts différents ?



MATÉRIEL

Deux verres remplis d'eau.

Deux oeufs.

Sel.

PROCÉDURE

- 1) Ajoutez du sel dans l'un des verres jusqu'à ce qu'il ne puisse plus se dissoudre.
- 2) Insérez un oeuf dans chaque verre.

OBSERVEZ

L'œuf flotte dans l'eau salée, alors qu'il coule dans le verre d'eau douce.



EXPLIQUEZ-LE

La densité de l'œuf est un peu plus élevée que celle de l'eau douce. Lorsque du sel est ajouté à l'eau, la densité de celle-ci augmente et devient supérieure à celle de l'oeuf.

CE QUI PEUT RATER

La quantité de sel ajouté à l'eau n'était pas suffisante pour rendre la densité de l'eau plus grande que celle de l'oeuf.

APPLIQUEZ-LE À VOTRE VIE

La densité du corps humain est un peu inférieure à celle de l'eau (rien d'étonnant, car le corps contient 75% d'eau) ; c'est pourquoi nous pouvons flotter dans une piscine. Vous pouvez modifier la densité de votre corps en ajoutant ou enlevant de l'air de vos poumons. Parce que l'eau de mer est plus dense, vous pouvez flotter plus facilement dans la mer que dans une piscine.

TROUVEZ-LE DANS LA NATURE

La densité de l'eau dans les océans dépend de la température et de la quantité de solides (sels) qui y sont dissous. La densité de l'eau de mer se situe entre 1 025 à 1 028 kg / litre (ce qui est égal à g/cm³) et contient environ 3,5% de sels. À des latitudes élevées, près des pôles, la densité est supérieure à celle de l'équateur.

L'eau a un comportement très différent par rapport à d'autres matériaux : lorsque la température baisse, son volume augmente considérablement. Par conséquent, si nous mettons un seau rempli de glace dans une presse et augmentons la pression avec une température constante (en gelant), la glace commence à fondre, même si la température de la pièce où l'expérience est effectuée est inférieure à 0°C. Ainsi, nous savons que la densité de l'eau change avec la température. Sa densité maximale caractéristique est de 1 kg / litre à la pression atmosphérique et à 4°C. Cette caractéristique permet la vie dans les lacs des pays froids : la température de l'eau du lac diminue tout au long de l'hiver. Quand elle atteint 4°C et sa densité maximale, elle coule. L'eau la plus chaude et la moins dense du fond s'élève. En contact avec l'air, elle refroidit jusqu'à 4°C et coule à nouveau. C'est seulement quand toute l'eau du lac est à 4°C que la température de l'eau en surface peut diminuer encore plus. Quand elle atteint 0°C, elle gèle en surface. En dessous, l'eau est encore liquide et pleine de vie. Avant que toute l'eau atteigne 0°C et que le lac soit complètement gelé, mettant fin à la vie, le printemps arrive et commence le dégel. La vie aquatique du lac a été préservée car la densité de l'eau est maximale à 4°C et non pas à 0°C.

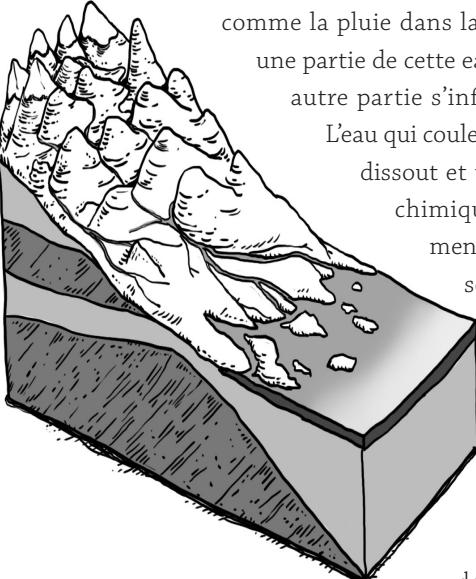
Les océans ont une grande capacité à transmettre de la chaleur et ont donc un effet sur le climat aussi important que l'atmosphère. Grâce au courant de la Californie, qui descend de l'Alaska vers l'Équateur, le climat à Ensenada est beaucoup plus tempéré qu'à Mexicali, bien que ce soit deux villes à la fois à la même latitude et au niveau de la mer. Mais concentrons-nous sur une caractéristique de la mer : sa salinité.

On dit que l'eau des rivières est «douce», tandis que l'eau de mer est «salée». D'où vient cette différence ? Lorsque l'eau de mer s'évapore ou gèle,

elle le fait sans les sels dissous. L'eau évaporée se précipite comme la pluie dans la mer et sur les continents ; une partie de cette eau traverse les rivières et une autre partie s'infiltra et forme les aquifères.

L'eau qui coule dans les rivières est douce et dissout et transporte des sels (produits chimiques qui se dissolvent facilement dans l'eau) des roches et des sols sur de longues distances.

La quantité de sels que la rivière transporte tout au long de son cours est très faible ; c'est pour cela qu'il a fallu des millions d'années pour concentrer les sels dans la mer jusqu'à ce qu'elle



devienne salée. Le chlorure de sodium (composition chimique du sel de table) est le composant principal des solides dissous dans l'eau de mer. Parmi les substances qui se dissolvent par le passage des rivières et qui arrivent à la mer, il y a le calcium. Celui-ci, en contact avec le dioxyde de carbone, forme un composé qui précipite dans le fond marin ; Au fur et à mesure de son accumulation, il se consolide et forme une roche appelée calcaire. La Sierra Madre Orientale se compose principalement de roches sédimentaires formées par la précipitation des solides transportés par les rivières. En regardant ces roches, il n'est pas difficile d'imaginer qu'elles ont dû être submergées sous la mer pendant de nombreuses années (environ 100 millions d'années), et qu'il y a longtemps (un peu plus de 60 millions d'années) ont atteint la surface grâce à la pression des plaques tectoniques.

“SE NOYER DANS UN VERRE D’EAU”

6.

Avez-vous remarqué que les navires flottent même s'ils sont en fer ?

MATÉRIEL

Un verre rempli d'eau.

Pièces de monnaie.

Un feutre.

Un petit verre en plastique.

Ruban adhésif.



PROCÉDURE

1) Collez un morceau de ruban adhésif verticalement dans le verre et marquez le niveau de l'eau.

2) Mettez plusieurs pièces dans le petit verre et posez-le sur l'eau simulant un petit bateau. Essayez de ne pas mettre trop de pièces pour qu'il flotte. Marquez le nouveau niveau d'eau.



3) Jetez les pièces dans l'eau et laissez le petit verre sur l'eau ; mesurez à nouveau le niveau.

VARIANTE

Dans un verre d'eau, ajoutez un glaçon et mesurez le niveau d'eau.

Attendez qu'il fonde et mesurez à nouveau.

OBSERVEZ

Le petit verre coule au fur et à mesure que vous y mettez les pièces de monnaie. Le niveau de l'eau est plus bas quand les pièces sont au fond que lorsqu'elles étaient à l'intérieur du petit verre.

Le niveau de l'eau avec le glaçon flottant ou fondu est le même.



EXPLIQUEZ-LE

Le verre, avec les pièces et l'air qui les entoure, est plus léger que l'eau, donc il flotte. Les pièces seules sont beaucoup plus denses que l'eau et elles plongent ; le volume d'eau qu'elles déplacent est exactement le même que le volume des pièces. Dans le cas du bateau (petit verre) avec les pièces de monnaie, vous pouvez voir que le volume déplacé est plus grand, car le poids de l'eau déplacée est égal au poids des pièces ajoutées. La densité totale de votre bateau est inférieure à la densité des pièces individuelles, car en plus des pièces, il contient de l'air. Par conséquent, avec le même poids il occupe un volume plus grand.

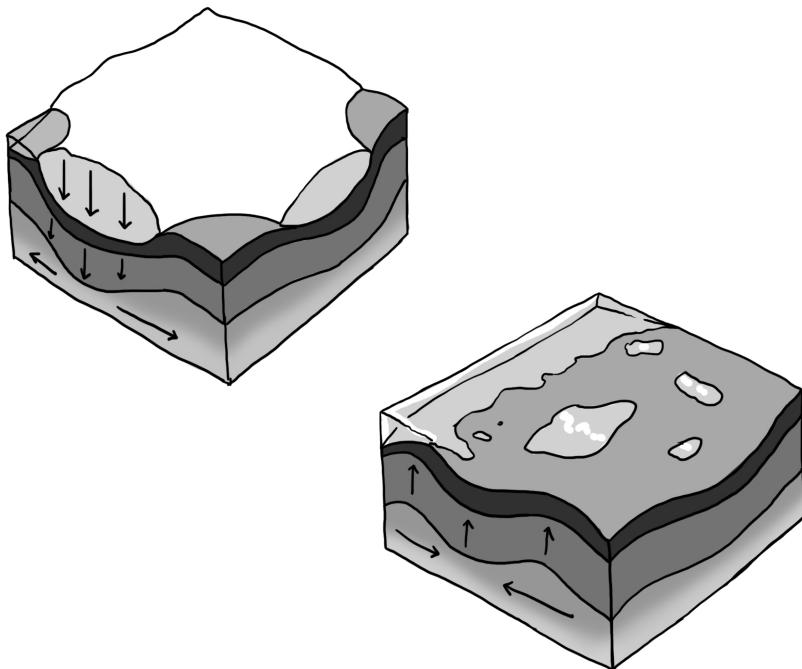
APPLIQUEZ-LE À VOTRE VIE

Les navires, bien que fabriqués en métal, flottent parce que leur densité totale est en fait inférieure à celle de l'eau. Considérez que la densité d'un bateau est obtenue en divisant la quantité de masse (ou poids) contenue dans le bateau (y compris la coque, les meubles, la vaisselle, les personnes, et surtout l'air) par le volume.

TROUVEZ-LE DANS LA NATURE

Nous sommes au courant des problèmes que le réchauffement climatique apporterait lors de la fusion des calottes polaires. Voyons cela. Au Pôle Nord, la glace est sur l'eau, dans l'océan Arctique ; si toute la glace présente sur la mer fondait, le niveau de la mer ne changerait pas, vous l'avez testé vous-même dans l'expérience. Au Pôle Sud, la glace repose sur un continent connu sous le

nom d'Antarctique ; si la glace fond, elle augmentera non seulement l'approvisionnement en eau des océans, mais le niveau de la mer augmentera aussi, et de plus l'Antarctique montera, libéré du poids de la glace. Mais pourquoi s'élèverait-il ? Dans la péninsule scandinave, on a vu que le littoral s'est élevé d'au moins 30 cm au cours des 150 dernières années. L'explication donnée est que, pendant la dernière glaciation, les terres près des pôles étaient couvertes par une couche de glace de plusieurs kilomètres d'épaisseur ; maintenant que nous sommes dans un stade interglaciaire, elle a fondu. Par conséquent, la péninsule a perdu sa couche de glace à vu son poids diminuer. Si elle est montée en raison d'une diminution de son poids, cela signifie qu'elle est posée sur une couche fluide plus dense qu'elle-même. Grâce à l'étude de la vitesse des ondes générées lors des tremblements de terre, nous savons que non seulement cette péninsule repose sur une couche fluide, mais il en est de même pour les continents et les océans. Cette couche, connue sous le nom d'asthénosphère, est plus dense que la croûte terrestre, mais beaucoup moins visqueuse.



“QU’EST-CE QUI PÈSE LE PLUS ? ”

Un kilo d’or ou un kilo d’argent ?
Et sous l’eau ?

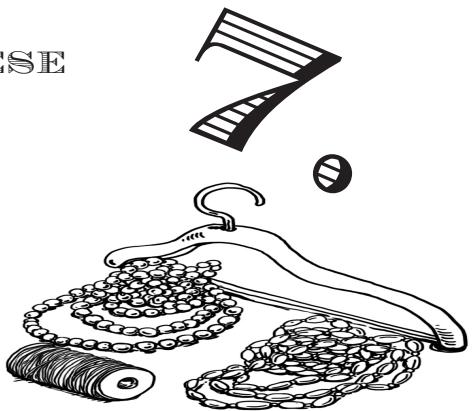
MATÉRIEL

Crochet.

Fil.

Deux colliers de matériaux différents (argent, perles de verre, perles, coquilles, etc., vous pouvez les fabriquer) mais avec le même poids. Pour ce faire, vous pouvez augmenter ou diminuer la quantité de pièces qui les conforment.

Deux grands récipients avec de l’eau.



PROCÉDURE

1) Accrochez à chaque extrémité du crochet un collier ; le crochet fonctionnera comme une balance de peu de précision. Elle doit être équilibrée.

2) Placez les deux récipients avec de l’eau sous les colliers afin qu’ils soient suspendus.



OBSERVEZ

La «balance» sera inclinée vers l’objet le plus dense.

EXPLIQUEZ-LE

Les objets sous l’eau diminuent leur poids d’un montant égal au poids de l’eau déplacée. De cette façon, si nous avons deux matériaux avec une densité différente mais un poids égal, le plus dense aura moins de



volume et déplacera moins de quantité d'eau, et la balance indiquera qu'il pèse plus sous l'eau. Si, par exemple, nous mettons dans notre balance artisanale un collier de 2 g d'or qui occupe très peu d'espace, et de l'autre côté un collier en perles creuses, il est facile d'imaginer que ce dernier flottera et, par conséquent, notre balance s'inclinera vers le collier en or.

APPLIQUEZ-LE À VOTRE VIE

L'Histoire raconte qu'à Syracuse, en Sicile, en 250 av. J. C., Hiero, son gouverneur, demanda à son cousin Archimète, le sage de la ville, de lui dire s'il s'était fait escroqué par son orfèvre en utilisant un morceau d'argent au lieu d'or dans la couronne qu'il lui avait demandé de faire. Le roi lui avait donné des pièces d'or, et la couronne était lourde, mais le roi doutait. Comment le prouver ? Archimète réfléchit à la question, et supposa qu'une partie de l'or pouvait avoir été remplacée par de l'argent. Un jour, alors qu'il entrait dans la baignoire, il lui est venu à l'esprit que son corps pesait moins sous l'eau et que le niveau d'eau s'élevait d'une quantité égale à son volume. L'or étant si dense, il devrait occuper peu de volume alors que le même poids d'argent occuperait presque deux fois le volume correspondant à l'or. Il ne pouvait pas mesurer la différence de volume, mais le poids de l'eau déplacée ; donc, avec une balance (similaire à votre crochet) il mit d'un côté la même quantité d'or que la couronne était supposée contenir et de l'autre la couronne. Si la balance restait en équilibre, c'est qu'elle était en or ; si elle penchait du côté des pièces d'or, c'est que le roi avait été escroqué. Heureusement pour l'orfèvre, la couronne était d'or pur et la balance resta en équilibre.

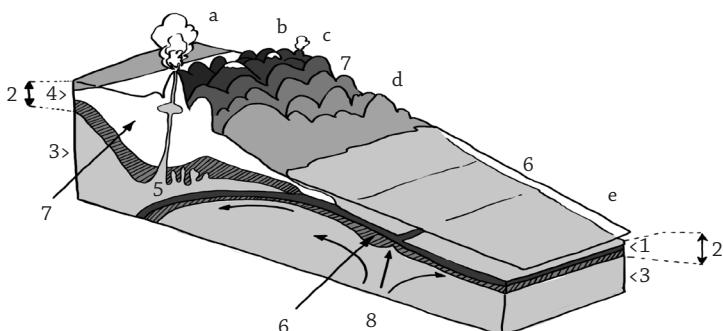
Depuis lors, on connaît le Principe d'Archimète : "Lorsqu'un corps est partiellement ou totalement immergé dans un fluide, une poussée agit sur le corps. Cette force a une direction vers le haut et sa grandeur est égale au poids du fluide déplacé par le corps."

Grâce à cela, Archimète a démontré qu'un kilo d'or et un kilo d'argent n'ont pas le même poids sous l'eau : l'or pèsera 0.948 kilo* tandis que l'argent pèsera 0.9047 kilo.

*Remarque : Dans notre langue de tous les jours, nous mesurons le poids en «kilos» et la quantité en est donnée par le nombre marqué par la balance. Dans le langage technique, le poids doit être donné en unités de force (force de kilogramme ou force de gramme).

TROUVEZ-LE DANS LA NATURE COUCHES DE LA TERRE

La Terre solide a été divisée en couches de deux façons. Par composition : écorce, manteau, noyau ; et par comportement mécanique : la lithosphère (y compris l'écorce et une partie du manteau supérieur), l'asthénosphère (la partie inférieure du manteau supérieur), le manteau inférieur, le noyau liquide, le noyau solide. La deuxième classification a été très utile pour expliquer les observations des mouvements des plaques rigides (lithosphère) sur une couche « fluide » (asthénosphère). La croûte océanique se compose de matériel mantélique qui vient à la surface de la Terre, alors que la croûte continentale est formée par les roches du manteau qui ont subi plusieurs processus géologiques tels que le volcanisme, le plutonisme, le métamorphisme, l'érosion, la consolidation des particules. Ces processus ont rendu les roches de la croûte continentale plus légères. Ainsi, la croûte continentale est moins dense que la croûte océanique, et son épaisseur (entre 35 et 45 km) est beaucoup plus grande. Le fait que la surface de la croûte océanique est à une profondeur moyenne de 3.800 mètres sous le niveau de la mer, et que la croûte continentale est en moyenne à 850 mètres au-dessus de ce même niveau, s'explique par un phénomène connu sous le nom d'isostasie, basé sur le principe d'Archimède.



- 1_Croûte océanique
- 2_Lithosphère
- 3_Asthénosphère
- 4_Croûte continentale
- 5_Zone de génération de magma
- 6_Plaque de Cocos
- 7_Plaque Nord-américaine
- 8_Zone de production de la croûte océanique
- a_Golfe du Mexique
- b_Sierra Madre Orientale
- c_Axe néovolcanique trans-mexicain
- d_Sierra Madre del Sur
- e_Océan Pacifique

CHALEUR INTERNE DE LA TERRE

Nous savons que chaque substance a une température à laquelle elle passe de l'état solide à l'état liquide ainsi que de l'état liquide à l'état gazeux (bien qu'il y ait des matériaux rares qui se transforment directement de l'état solide à l'état gazeux, comme le naphtalène) et que cette température dépend de la pression : à une pression plus élevée, il faut une température plus élevée pour changer d'état. L'exemple le plus connu est que l'eau bout à une température plus élevée au niveau de la mer que dans la ville de Mexico. C'est pourquoi un bouillon à Puerto Vallarta (niveau de la mer) est plus chaud qu'à Toluca (2680 mètres au-dessus du niveau de la mer). Quelque chose de similaire se produit à l'intérieur de la Terre.

La température de la croûte terrestre est bien supérieure à la température correspondante à la chaleur reçue du soleil ; nous le savons grâce à la température enregistrée à l'intérieur des mines profondes, grâce aux fumerolles, aux eaux thermales ou bien à la roche en fusion que crachent les volcans. La température à l'intérieur de la croûte augmente d'environ 30°C à chaque kilomètre ; à l'intérieur d'une mine, la température peut atteindre 50°C. La pression augmente également car elle est directement proportionnelle à la profondeur. La chaleur extérieure de la Terre provient du rayonnement solaire et la chaleur interne est due à plusieurs causes. A l'origine, la chaleur de la Terre a augmenté en raison de l'accrétion de matériaux qui flottaient dans l'espace, puis, plus tard, en raison de l'impact des grandes météorites. Actuellement la chaleur est produite par la décomposition des isotopes radioactifs. Si son refroidissement par le contact avec le froid sidéral est inévitable, en revanche, il existe à l'intérieur de la Terre un transfert de chaleur vers la surface, qui se produit par conduction, mais surtout par convection.

EFFETS DE LA CHALEUR INTERNE DANS LA SURFACE DE LA TERRE

Dans l'asthénosphère, la roche ne se comporte plus comme un solide mais comme un fluide de haute viscosité et de haute densité. Ceci est dû aux pressions et aux températures auxquelles elle est soumise. La viscosité de l'asthénosphère est très élevée (bien que beaucoup moins que celles de la croûte et de la lithosphère), de telle sorte qu'elle permet le mouvement, mais sur des périodes très longues de l'ordre du millier ou du million d'années. L'isostasie est l'état d'équilibre gravitationnel selon lequel la lithosphère flotte sur l'asthénosphère, selon le principe d'Archimède. Lorsque le poids d'un continent augmente en raison de l'accumulation de sédiments ou de glace, la lithosphère s'enfonce, et au contraire, si le poids diminue, en raison de la fusion de la glace ou l'érosion, la lithosphère monte. La lithosphère est composée de plaques rigides. L'asthénosphère, comme l'atmosphère et l'hydroosphère, permet

la transmission de chaleur grâce à un «fluide», générant des courants de convection. En raison de la viscosité élevée des roches de l'asthénosphère, le mouvement est très lent, de l'ordre de quelques centimètres par an. Ce mouvement de convection dans l'asthénosphère explique de nombreux phénomènes de la tectonique des plaques. Au Mexique, le mouvement vers le nord-est de la plaque de Cocos, située au large de la côte sud-ouest, l'oblige à couler sous la plaque Nord-américaine par un processus connu sous le nom de subduction. Dans le Golfe de Californie, un courant ascendant et un amincissement de la lithosphère permettent au manteau d'atteindre la surface sous la forme de magma, générant une nouvelle croûte océanique et l'expansion du plancher océanique sous la mer de Cortés. Au nord de la péninsule de la Basse Californie, il se produit un mouvement latéral entre deux plaques le long de la faille de San Andreas.



ARCHIMEDE,

grâce à sa découverte dans la baignoire, a contribué à expliquer de nombreux phénomènes sur la Terre, tels que le climat (vents et courants), l'ascension magmatique (volcanisme) et la tectonique des plaques (convection thermique dans l'asthénosphère), entre autres.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Manuel Lozano Leyva, Teresa Orozco, Marina Manea et Vlad Manea qui ont révisé l'aspect technique du manuscrit ; Evangelina Rice et Adriana Myers, qui ont vérifié que les expériences pouvaient être reproduites facilement, et Jésus Silva, qui nous a aidé pour la formation et l'édition technique.

À PROPOS DES AUTEURS

SUSANA A. ALANIZ ÁLVAREZ

Chercheuse au Centre de Géosciences de l'Université Nationale Autonome du Mexique (UNAM). Elle a obtenu le Doctorat en Sciences de la Terre en 1996. Membre de l'Académie des Sciences mexicaine et membre de l'Académie d'Ingénierie. Elle est auteure de plus de 57 articles scientifiques sur la déformation de la couche supérieure de la Terre et sa relation avec le volcanisme, ainsi que de plusieurs livres de divulgation. Elle fait partie du Système National de la Recherche (SNI). Elle est professeur du Master et du Doctorat en Sciences de la Terre de la UNAM et fut rédactrice en chef de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. En 2004, elle a reçu le prix Sor Juana Inés de la Cruz de la UNAM.

ÁNGEL F. NIETO SAMANIEGO

Il est titulaire d'un Doctorat en Géophysique de l'Université Nationale Autonome du Mexique, professeur diplômé, et membre de l'Académie des Sciences mexicaine ainsi que du Système National de Recherche (SNI). Il a été président de la Société Géologique Mexicaine, et rédacteur en chef du livre célébrant le centenaire de cette société. Il appartient aux comités de rédaction de plusieurs revues scientifiques nationales et internationales. Il a publié 72 articles sur la théorie des failles et sur la déformation cénozoïque du Mexique. Actuellement, il est chercheur au Centre de Géosciences de l'Université Nationale Autonome du Mexique à Juriquilla, dans l'état de Querétaro.

LUIS DAVID MORÁN TORRES

Il est né en 1984 à Mexico. Il a fait des études d'art graphique à l'Université de la Vallée du Mexique et obtenu son diplôme en 2009. Il a illustré plusieurs livres pour le Centre Géosciences de L'UNAM et a participé à des projets muséographiques et culturels pour le Gouvernement de l'État de Querétaro. Il a participé à des expositions collectives d'art au Mexique et en Suède. En 2012 il a participé à un programme d'artiste-résident à la Cité des Arts à Paris, en France. Il travaille actuellement comme artiste peintre et illustrateur indépendant à Querétaro.

A PROPOS DES TRADUCTEURS

THIERRY CALMUS

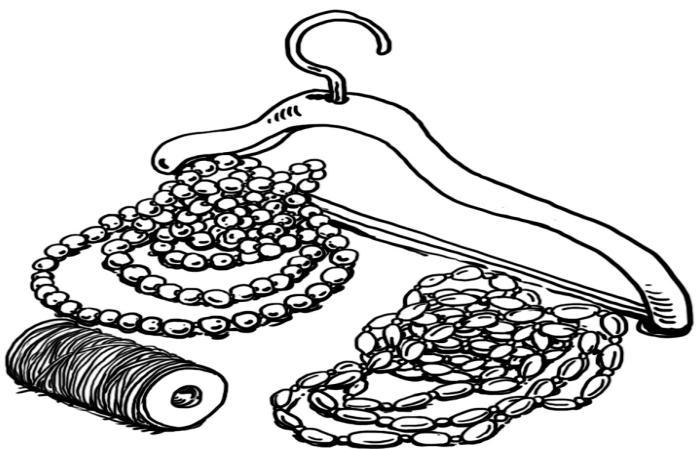
Il a obtenu son Doctorat en Géologie Structurale à l'Université Paris VI en 1983. Il est chercheur titulaire à l'Institut de Géologie de l'Université Nationale Autonome du Mexique (UNAM), membre de l'Académie des Sciences Mexicaine ainsi que du Système National de Recherche (SNI). Il a reçu le prix Professeur de l'Année en 2017 attribué par l'Union Géophysique Mexicaine. Il a publié 60 articles scientifiques, dont un grand nombre sur la géologie et la tectonique du nord-ouest du Mexique. Il a été co-éditeur en chef de la Revista Mexicana de Ciencias Geológicas de 2012 a 2016 et chef de la Station Régionale du Nord-Ouest de l'Institut de Géologie de 2002 a 2011.

PAOLA GARCÉS

Elle rédige édige actuellement son mémoire de maîtrise en Lettres Modernes à l'Université Nationale Autonome du Mexique. Elle a obtenu sa licence en Langue et Littérature françaises à l'UNAM en 2009 et son diplôme comme professeur de français en 2004 attribué par la Commission de Langues Étrangères, UNAM. Elle est professeur titulaire à l'École Nationale Préparatoire de l'UNAM. Elle a participé à des projets pour la diffusion du français à travers les sciences de la vie et de la santé et à des projets sur l'enseignement bilingue concrètement avec les matières de Géographie et de Biologie.

SANDRA FUENTES VILCHIS

Elle a obtenu sa licence en Littérature Française et sa maîtrise en Littérature Comparée à l'Université Nationale Autonome du Mexique en 1993. Elle est professeure titulaire à l'École Nationale Préparatoire et actuellement Responsable du Département de Français dans cette Institution. Elle a participé à la Comission d'évaluation des professeurs de l'ENP, ainsi qu'à plusieurs programmes PAPIME et INFOCAB de l'UNAM.





Ce numéro bénéficie du soutien accordé par la DGAPA-UNAM aux projets: PE104916, dont le Dr Susana Alaniz Álvarez est responsable, et PE400216 «Langues étrangères dans la diffusion des sciences biologiques et de la santé», dont Dr. Yadira Alma Hadassa Hernández Pérez, ainsi que celle reçue de CONACYT SEP_SEB 264549. L'objectif commun est de soutenir l'enseignement et l'apprentissage des contenus scientifiques en langues étrangères.



La impresión de este fascículo fue financiada por la
Coordinación de la Investigación Científica
de la
Universidad Nacional Autónoma de México



Préparé pour la Escuela Nacional Preparatoria UNAM

La série «Des expériences simples pour comprendre une planète compliquée» est inspirée des plus belles expériences de l'histoire, publiées par le magazine Physics World en septembre 2002. Elles ont été choisies pour leur simplicité, leur élégance et l'influence transformatrice qu'elles ont exercées sur la pensée scientifique de leur temps. Chaque livret de cette série est consacré à l'une de ces expériences. Notre but est de faire comprendre, par l'expérimentation, les phénomènes se produisant dans notre vie quotidienne et dans notre planète.

Cette brochure est dédiée à l'expérience de Archimede.

Livrets de cette série

1. La pression atmosphérique et la chute des corps.
2. La lumière et les couleurs.
- 3. EUREKA! Les continents et les oceans flottent !**

Téléchargez la série intégrale sur le site:
<http://www.geociencias.unam.mx>.



9 786073 005418