

La croûte terrestre est en constant changement

La croûte terrestre ressemble à de la pâte à pizza. À certains endroits, elle s'étire; à d'autres, elle se brise. Les morceaux de la croûte terrestre se déplacent le long de la faille de San Andreas, dans le sud-ouest de la Californie. Bien des tremblements de terre sont survenus le long de cette faille de 1300 km. Des travaux sont présentement en cours pour introduire des instruments de mesure à 1,5 km de profondeur dans la faille. Ces instruments recueilleront des données pour vérifier les changements qui surviennent dans la croûte terrestre et pour aider à prévoir de futurs tremblements de terre.

Mon organisateur graphique*

Habiletés en lecture et en étude

Fabrique l'organisateur graphique suivant en vue de noter ce que tu apprendras au cours du chapitre 11.

Ce que tu apprendras

Dans ce chapitre, tu pourras :

- **décrire** la structure de la Terre ;
- **trouver** des preuves de la théorie de la tectonique des plaques ;
- **expliquer** pour quelles raisons surviennent les tremblements de terre et les éruptions volcaniques, ainsi que la façon dont se sont formées les montagnes ;
- **décrire** l'échelle des temps géologiques.

Pourquoi est-ce important ?

Comprendre les mouvements de la croûte terrestre peut nous aider à prévenir bien des catastrophes naturelles. Si l'on arrive à savoir quand et où surviendra un tremblement de terre ou une éruption volcanique, il sera alors possible de sauver des vies et de réduire les dommages.

Les habiletés que tu utiliseras

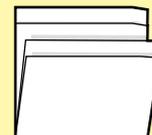
Dans ce chapitre, tu devras :

- **faire un modèle** de la structure terrestre ;
- **évaluer** les preuves du mouvement des continents ;
- **classer** les caractéristiques des lieux où se produisent les tremblements de terre ;
- **expliquer** comment, autrefois, on expliquait les tremblements de terre et les volcans ;
- **expliquer** la formation des montagnes.

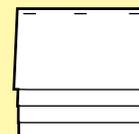
ÉTAPE 1 Dépose deux feuilles de papier de $8,5 \times 11$ po l'une sur l'autre, de façon que la feuille du dessous soit de 2 à 3 cm plus haut que la feuille du dessus.



ÉTAPE 2 Rabats les deux feuilles vers le haut et **aligne** les coins des feuilles de façon que toutes les couches, ou onglets, soient à une distance égale l'une de l'autre. **Plie** toutes les feuilles en **appuyant** fermement.



ÉTAPE 3 Agrafe les feuilles ensemble le long du pli que tu viens de faire.



ÉTAPE 4 Donne le même titre que le chapitre à ton organisateur, puis identifie les onglets ainsi :

Chapitre 11 La croûte terrestre est en constant changement
11.1 Une croûte terrestre en changement
11.2 Le façonnement de la croûte terrestre par les tremblements de terre et les volcans
11.3 La formation des montagnes et l'échelle des temps géologiques

Organise tes idées Sers-toi de cet organisateur pour prendre des notes et définir les termes dans l'onglet approprié, au fur et à mesure que tu apprends de nouvelles choses et que tu avances dans ce chapitre.

* Tiré et adapté de *Dinah Zike's Teaching Mathematics with Foldables*, Glencoe/McGraw-Hill, 2003.

11.1 Une croûte terrestre en changement

Mots clés

convergence
courant de convection
divergence
écorce (croûte terrestre)
forage à grande profondeur
magnétomètre
manteau
noyau externe
noyau interne
Pangée
sonar
théorie de la dérive des continents
théorie de la tectonique des plaques
transcurrence
zone de subduction

La croûte terrestre est composée d'une série de plaques qui bougent constamment. Aujourd'hui on sait que les continents et la croûte terrestre située au fin fond des océans bougent. Notre connaissance des mouvements de la croûte terrestre provient de ce que l'on sait des continents, des fossiles, des roches, des changements climatiques et de la forme des continents. Grâce au sonar, au manomètre et au forage en profondeur, les scientifiques ont découvert que la croûte terrestre bougeait aussi sous les océans. Les courants de convection sous les plaques tectoniques pourraient bien être à l'origine des changements de la croûte terrestre.



Imagine que tu es géologue. Tu étudies les roches et les minéraux que tu trouves sous la surface de la Terre, et tu découvres de précieux résidus de métaux, de pierres précieuses, d'huile et de charbon. L'une de tes tâches est d'en apprendre davantage sur les couches de roches situées sous terre. Grâce à une foreuse, tu peux obtenir une carotte, un échantillon de roche cylindrique très long.

Le trou le plus profond jamais percé dans la croûte terrestre atteignait 12 km sous la surface de la Terre. Le centre de la Terre est situé à environ 6 000 km sous sa surface. Personne n'a jamais vu les couches internes de la Terre, et aucun instrument connu ne peut se rendre aussi profondément. Alors comment savoir à quoi ressemblent toutes ces couches dont on ne connaît pas encore la composition ?

La structure de la Terre

Qu'y a-t-il au plus profond de la Terre ? Les scientifiques ont émis bien des hypothèses, mais certains mystères demeurent. Puisqu'il est impossible d'étudier directement les couches internes de la Terre, il faut s'attarder aux indices laissés par les ondes sismiques ainsi qu'aux images satellitaires afin d'essayer de

Lien terminologique

Le préfixe *géo* vient du grec et signifie « Terre ». Le géologue étudie donc les roches de la croûte terrestre alors que le géographe étudie, par exemple, l'influence du climat sur la croûte terrestre. Le géochimiste, quant à lui, étudie les interactions entre la matière et l'énergie qui sont à l'origine des caractéristiques de notre planète.

deviner de quoi sont faites ces couches. Les indices laissés par quelque chose qu'il est impossible de voir directement sont appelés *preuves indirectes*.

Mais il est aussi possible d'avoir recours à des *preuves directes* pour en apprendre davantage sur les couches internes de la Terre. Les géologues obtiennent de telles preuves en étudiant des échantillons de roche provenant de volcans, de chaînes de montagnes et des profondeurs océaniques.

Examiner les preuves

11-1A

ACTIVITÉ d'exploration

Es-tu capable de décrire quelque chose que tu ne peux pas voir ? Au cours de cette activité, tu travailleras en équipe pour essayer d'identifier des objets que tu ne vois pas.

Matériel

- des contenants scellés

Ce que tu dois faire

- Divisez-vous en équipes. Votre enseignante ou votre enseignant distribuera des contenants scellés à chacune des équipes. Chacun de ces contenants contient une bille, mais certains d'entre eux contiennent aussi un autre objet. Essayez de deviner ce qu'il contient.
- Dessinez un tableau pour y noter vos observations. À tour de rôle, inscrivez ce que vous croyez qu'il y a dans chaque contenant,



puis décrivez les indices qui vous ont permis de formuler votre inférence.

- En classe, discutez de ce que vous avez observé et des décisions que vous avez prises. Piste de discussion : En quoi cette activité ressemble-t-elle au moyen de procéder des scientifiques lorsqu'ils cherchent à déterminer ce qu'il y a au centre de la Terre ? En quoi est-elle différente ?



Qu'as-tu découvert ?

- Quels contenus ont été les plus faciles à identifier ? Pourquoi ?
- Lesquels ont été les plus difficiles ? Pourquoi ?
- Quelles caractéristiques ont été les plus difficiles à identifier ? (Par exemple, au son, on aurait dit qu'il s'agissait d'un certain article alors qu'il s'agissait de quelque chose d'autre.)



Un modèle de la Terre

Les scientifiques ont pu faire un modèle de notre planète grâce aux preuves directes et indirectes qu'ils possédaient. La figure 11.1, à la page suivante, montre les quatre principales couches de la Terre : l'écorce (ou croûte terrestre), le manteau, le noyau externe et le noyau interne.

Certaines couches terrestres sont solides et d'autres sont liquides. Au niveau de l'écorce et de la partie supérieure du manteau, la température est suffisamment basse pour que le fer et le nickel soient à l'état solide. Par contre, dans la partie inférieure du manteau et au niveau du noyau externe, la température est si élevée que ces deux métaux se présentent à l'état liquide. Dans le noyau interne, par contre, il y a une telle pression que le fer et le nickel, dont les températures sont très élevées, sont comprimés sous forme solide.

Le savais-tu ?

Les vibrations voyagent à une vitesse différente selon la matière à travers laquelle elles passent. Les scientifiques étudient les vibrations causées par les tremblements de terre pour arriver à déterminer le type et la composition de la matière présente dans les couches internes de la Terre.

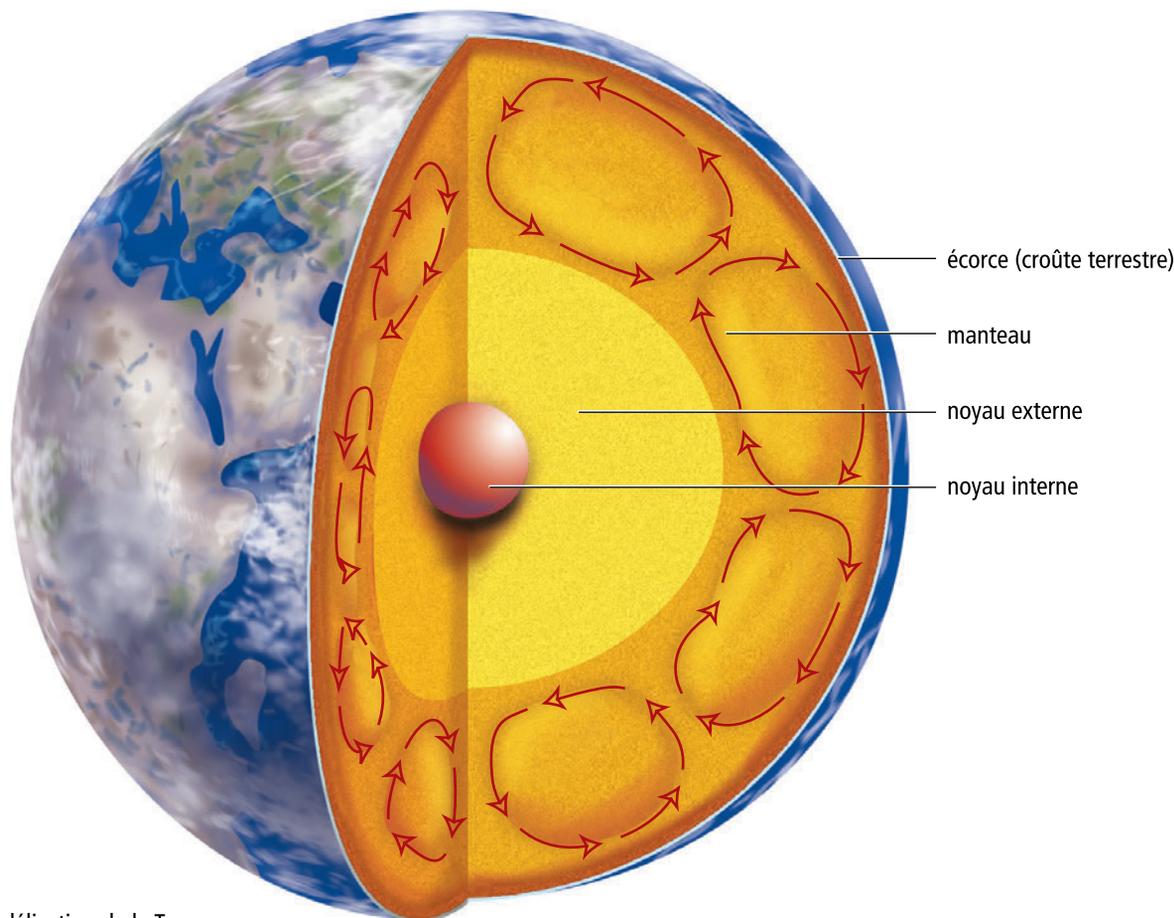


Figure 11.1 Modélisation de la Terre

Le noyau interne

Le **noyau interne** est la couche la plus profonde et la plus chaude de la Terre. Bien des spécialistes croient que le noyau interne est composé de fer et de nickel, et peut-être d'autres éléments comme le silicium et le carbone.

Le noyau externe

Le **noyau externe** est probablement constitué de fer et de nickel à l'état liquide. Le soufre et l'oxygène pourraient également y être présents. Dans cette partie, la température est si élevée que le fer et le nickel sont en fusion.

Le manteau

Le **manteau** est la couche la plus épaisse et la plus complexe de toutes. La partie supérieure est principalement composée de roche solide faite de minéraux riches en fer, en magnésium, en silicium et en oxygène. La partie inférieure de cette couche a une température très élevée ; c'est pourquoi la roche dont elle est composée est partiellement en fusion. Les scientifiques imaginent cette partie comme étant semblable à du plastique mou ou du caramel.



Lien Internet

Au fond de l'océan, des scientifiques ont découvert une zone où le manteau de la Terre n'est pas recouvert par l'écorce terrestre. Ils ont envoyé un sous-marin à cet endroit pour prendre des photos et forer dans l'olivine qui s'y trouve. Pour en savoir davantage sur cette expédition, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

L'écorce (ou croûte terrestre)

À la surface de notre planète se trouve une mince couche de roche solide appelée **écorce**. L'écorce, ou croûte terrestre, est l'endroit où se retrouvent les pierres précieuses et les minerais. L'épaisseur de l'écorce terrestre varie entre moins de 5 km et 70 km. Cette couche est plus mince sous les océans (l'écorce océanique) et plus épaisse sous les continents (l'écorce continentale). L'écorce océanique est principalement composée de basalte alors que l'écorce continentale est en majeure partie faite de granite. La croûte terrestre est séparée en morceaux appelés « plaques ». Celles-ci flottent en quelque sorte à la surface du manteau et sont en mouvement constant.

Un modèle de notre planète

11-1B

Réfléchis bien

Trouves-tu que la Terre ressemble à une pomme ? Le cœur de la pomme serait les noyaux externe et interne de la Terre, et sa mince peau serait l'écorce terrestre. Au cours de cette activité, tu fabriqueras ou choisiras une maquette qui pourrait représenter la structure de notre planète.

Ce que tu dois faire

1. Fabrique une maquette de la Terre ou trouve quelque chose qui peut la représenter. Ta maquette, ou l'objet que tu auras choisi, doit comporter quatre parties pour représenter les couches terrestres et montrer que l'écorce se sépare en plusieurs morceaux.
2. Présente ton modèle à la classe et explique en quoi il représente la Terre.



Qu'as-tu découvert ?

1. Comment as-tu fait pour choisir ton modèle ?
2. Crois-tu que tu aurais pu en choisir un meilleur ? Pourquoi ?
3. En quoi le fait de fabriquer et d'utiliser un modèle te permet-il de mieux comprendre la structure des diverses couches terrestres ?



Vérifie ta lecture

1. Quelles sont les quatre principales couches terrestres ?
2. Nomme les deux types d'écorce terrestre.
3. Pourquoi le noyau interne de la Terre est-il à l'état solide ?
4. Dans quelle couche terrestre la roche a-t-elle l'apparence du plastique ?

Le mouvement de l'écorce terrestre

Pourquoi la croûte terrestre bouge-t-elle ? Les scientifiques tentent de répondre à cette question depuis bien des années. Le météorologue allemand Alfred Wegener (1880-1930) s'est penché sur le sujet. Un météorologue est un scientifique qui étudie le temps et le climat. Comme d'autres avant lui, Wegener a remarqué quelque chose d'intéressant à propos de la forme des continents. Regarde attentivement la carte apparaissant à la figure 11.3 ; si tu découpais les continents, tu pourrais presque en faire un casse-tête. As-tu remarqué que l'espèce de bosse qu'est l'Amérique du Sud pourrait entrer dans le creux de l'Afrique ? Vois-tu d'autres continents qui pourraient correspondre ainsi ?

Les preuves paléogéographiques : la forme des continents

Alfred Wegener était persuadé que la correspondance des continents n'était pas une coïncidence. Il a formulé l'hypothèse que les continents actuels ne formaient à l'origine qu'un seul continent immense appelé la **Pangée**. Ce mot signifie « toute la Terre ». Selon lui, ce supercontinent se serait brisé il y a environ 200 millions d'années, comme le montre la figure 11.2.

Par la suite, Wegener a élaboré la **théorie de la dérive des continents**, une théorie selon laquelle les continents se déplacent très lentement à la surface de la Terre, à raison de quelques centimètres par année. Wegener n'était pas en mesure d'expliquer *pourquoi* les continents bougeaient, mais il a amassé le plus de données possible sur le sujet afin d'appuyer sa théorie.

Les preuves paléogéographiques selon lesquelles les continents s'emboîtaient les uns dans les autres ont été le premier indice que Wegener a trouvé. Il a ensuite cherché davantage de renseignements qui pourraient supporter cette théorie. Il a donc étudié les roches et les fossiles ainsi que les changements climatiques pour tenter de persuader les autres scientifiques que sa théorie était valable.

Les preuves biologiques : les fossiles

Alfred Wegener en est arrivé à se demander pourquoi on retrouvait des fossiles d'une même espèce animale sur divers continents (voir la figure 11.3). Par exemple, certains fossiles retrouvés dans la péninsule Avalon, sur l'île de Terre-Neuve, ressemblent étrangement à ceux retrouvés au pays de Galles. Pourtant, ce pays est situé à 4000 km de Terre-Neuve-et-Labrador, de l'autre côté de l'océan Atlantique. Bien des scientifiques de l'époque de Wegener croyaient qu'il y avait peut-être un pont terrestre, aujourd'hui disparu, qui reliait les continents entre eux (illustration A). Wegener, quant à lui, croyait que ces fossiles étaient une preuve qui justifiait sa théorie de la dérive des continents (illustration B).



Figure 11.2 La Pangée. Essaie d'identifier les sept plus grandes surfaces apparaissant sur cette carte. Peux-tu trouver l'Inde ? (Indice : À cette époque, l'Inde n'était pas encore reliée à l'Asie.)



A



B



Figure 11.3 La carte ci-dessus illustre la dispersion sur plusieurs continents de fossiles de diverses espèces.

Le *mesosaurus* a vécu près d'une source d'eau douce et dans celle-ci, et non dans l'eau salée des océans, par exemple. Le *lystrosaurus*, par contre, ne pouvait pas nager du tout. Quant au *glossopteris*, une espèce de plante, il poussait dans un climat tropical, mais ses fossiles ont été retrouvés jusqu'en Antarctique, où le climat est très froid et la terre gelée en profondeur. Qu'est-ce qui pourrait expliquer le fait que les fossiles de ces trois espèces aient été retrouvés sur plusieurs continents ?

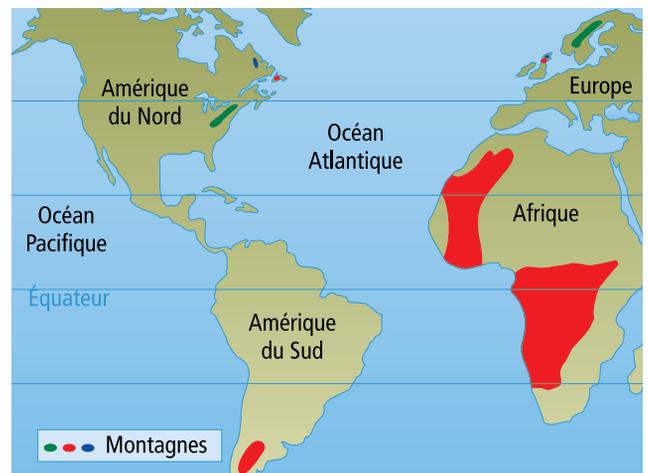


Figure 11.4 Comment des montagnes composées du même type de roche peuvent-elles être séparées par un océan de plusieurs milliers de kilomètres ?

Les preuves géologiques : les roches et les couches de roche

Wegener a étudié les recherches d'autres scientifiques afin de trouver d'autres preuves qui confirmeraient son hypothèse du mouvement des continents. Il a découvert que des géologues avaient trouvé des similitudes entre un certain type de roche, des deux côtés de l'Atlantique (voir la figure 11.4). Par exemple, les Appalaches, une chaîne de montagnes située dans l'est de l'Amérique du Nord, sont faites du même type de roche que la chaîne de montagnes qui traverse la Grande-Bretagne et la Norvège. De plus, les roches de l'est de l'Amérique du Nord, de la Grande-Bretagne et de la Norvège ont le même « âge ».

Pour Wegener, il s'agissait là d'une autre preuve de sa théorie de la dérive des continents. Ces roches semblent avoir été formées en même temps, en une seule chaîne de montagnes, mais elles sont maintenant séparées par l'océan Atlantique.

Les preuves météorologiques : les changements climatiques

D'autres preuves de ce qu'avancait Wegener ont été trouvées en étudiant les lieux de formation des couches de houille. Pour qu'il y ait du charbon, la flore doit être riche et luxuriante, et l'environnement, tropical et marécageux. Lorsque les plantes meurent, elles sont comprimées sous de nombreuses couches de sédiments, et c'est comme ça que se crée le charbon. Cependant, de nos jours, il est possible de trouver des couches de houille là où le climat est modéré, et même froid. Ainsi, on en retrouve au Canada, en Europe et en Antarctique. Comment des plantes tropicales pourraient-elles pousser en Antarctique ? Le climat y a-t-il déjà été plus chaud ? Ce continent s'est-il déplacé d'un endroit plus près de l'équateur jusqu'à sa situation actuelle ?

Wegener a également remarqué que certains pays où le climat est chaud, comme l'Afrique, l'Inde et l'Australie, avaient déjà été partiellement recouverts par des glaciers. Le climat de la planète entière était-il froid ? Ou alors, ces masses continentales se sont-elles déplacées d'un endroit près du Pôle Sud à un autre plus chaud ?



Figure 11.5 Voici la dernière photographie connue d'Alfred Wegener (à gauche) alors qu'il se préparait à traverser le Groenland.

L'hypothèse de Wegener rejetée

Pour prouver sa théorie de la dérive des continents, Wegener a essayé d'en savoir davantage sur la force qui pourrait être responsable d'un tel mouvement. Il a d'abord cru que l'attraction de la Lune pourrait être responsable de la dérive des continents, de la même manière qu'elle règle les marées. Les autres scientifiques ne partageaient pas son point de vue. Parce que Wegener n'arrivait pas à bien expliquer la force qui faisait bouger les continents, la communauté scientifique a rejeté sa théorie. L'hypothèse selon laquelle les continents sont fixes et ne se déplacent pas demeure la plus répandue. Wegener a essayé jusqu'à sa mort, au Groenland en 1930, de prouver sa théorie de la dérive des continents (voir la figure 11.5).

Vérifie ta lecture

1. Qu'est-ce que la Pangée ?
2. Quelle théorie Wegener a-t-il avancée ?
3. Nomme les types de preuves auxquels Wegener a eu recours pour justifier sa théorie.
4. Qu'est-ce que Wegener n'a pas su expliquer pour défendre sa théorie ?



Bien des scientifiques sont maintenant d'accord avec l'idée que les continents se déplacent. Mais à l'époque de Wegener, la plupart n'y croyaient pas. Au cours de cette activité, tu vérifieras l'une des preuves appuyant la théorie de la dérive des continents. Imagine-toi un instant dans la peau d'un scientifique, à l'époque de Wegener. Serais-tu d'accord ou non avec sa théorie ?

Consignes de sécurité



- Fais attention avec les ciseaux.

Matériel

- une carte du monde où sont indiquées les frontières de la plate-forme continentale
- du papier bleu
- des crayons de couleur
- des ciseaux
- de la colle

Ce que tu dois faire

1. Reproduis sur ta carte du monde trois fossiles qui apparaissent à la figure 11.3. Ensuite, dessine une légende qui indique le nom des trois fossiles, ainsi que leur apparence.
2. Trouve une nouvelle preuve de fossile provenant d'autres sources comme Internet, un cédérom, ou encore des livres que tu trouveras à la bibliothèque de ton école. (Indice : Cherche le mot *cynognathus*).



3. Observe la figure 11.4. Inscris les trois types de roche sur ta carte en utilisant des crayons de couleurs différentes. Essaie de ne pas cacher les fossiles que tu as dessinés à l'étape 1.
4. Inscris les noms des sept continents.
5. Découpe les continents en suivant leurs frontières. Sépare l'Inde de l'Asie en découpant le long de l'Himalaya.
6. Joins les morceaux que tu as découpés pour former la Pangée. Une fois que tu as rassemblé tous les morceaux, colle-les sur ta feuille de papier bleu.
7. Découpe puis colle sur ta feuille bleue la légende que tu as dessinée, ou recopie-la.

Qu'as-tu découvert ?

1. As-tu rencontré des difficultés lorsque tu as réuni les continents ? Si oui, lesquelles ?
2. a) Quels morceaux ont été les plus difficiles à placer ?
b) À quoi pouvaient bien ressembler ces morceaux, il y a 300 millions d'années ?
c) Comment pourrais-tu vérifier ton idée ?
3. a) Pourquoi la théorie de la dérive des continents de Wegener est-elle plausible ?
b) Pourquoi semblait-elle ne pas l'être à l'époque ?
4. a) Lorsque tu étais plus jeune, y a-t-il des idées que tu as dû rejeter, au fur et à mesure que tes connaissances augmentaient ? Lesquelles ?
b) As-tu trouvé cela difficile ou facile d'abandonner tes idées ?
c) En quoi ton expérience personnelle pourrait-elle ressembler à celle des scientifiques ?

Des preuves qui font surface

Les explications proposées par Wegener pour prouver sa théorie de la dérive des continents venaient de son observation des continents. Dans les années 1940, une nouvelle technologie a fait son apparition et a permis aux scientifiques d'étudier les fonds marins. Trois nouveaux instruments donnèrent alors une image plus précise de ce qu'il y a sous la surface de la terre.

- Le **sonar** est un instrument qui émet des ondes sonores et qui calcule le temps requis pour que ces ondes rebondissent. Ce type d'ondes sonores peut être envoyé par un bateau et reflété par les fonds marins, comme tu peux le voir à la figure 11.6. Plus le son met de temps à retourner au bateau, plus l'eau est profonde à cet endroit. Le sonar est utilisé pour cartographier le fond des océans.

Lorsque les scientifiques ont étudié les résultats de nombreux tests effectués avec le sonar dans l'océan, ils ont fait une découverte étonnante. Ils ont remarqué que beaucoup d'entités géographiques marines ressemblaient à celles qu'il y a sur la terre ferme. Par exemple, il y a aussi des montagnes dans l'océan (voir la figure 11.7).

À certains endroits, les scientifiques ont trouvé de longues chaînes de montagnes ainsi que des crêtes, comme celles que l'on trouve sur la terre ferme. Ils ont même identifié une crête qui s'étendait du nord vers le sud, en plein milieu de l'océan Atlantique. Ils ont donc décidé de l'appeler la crête médio-atlantique. Qu'est-ce qui a entraîné la formation de ces montagnes ? On a trouvé la réponse grâce à un autre instrument : le magnétomètre.

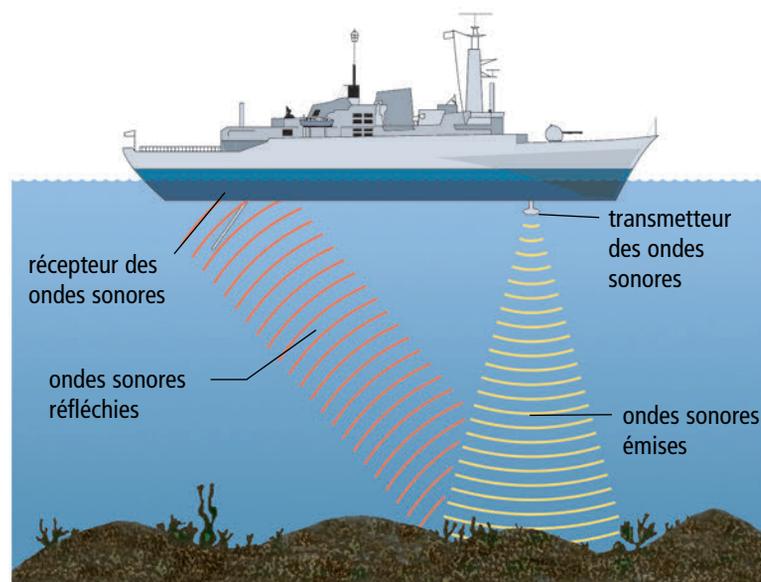


Figure 11.6 Le sonar a permis de découvrir que, contrairement aux anciennes croyances, les fonds marins ne sont pas plats.

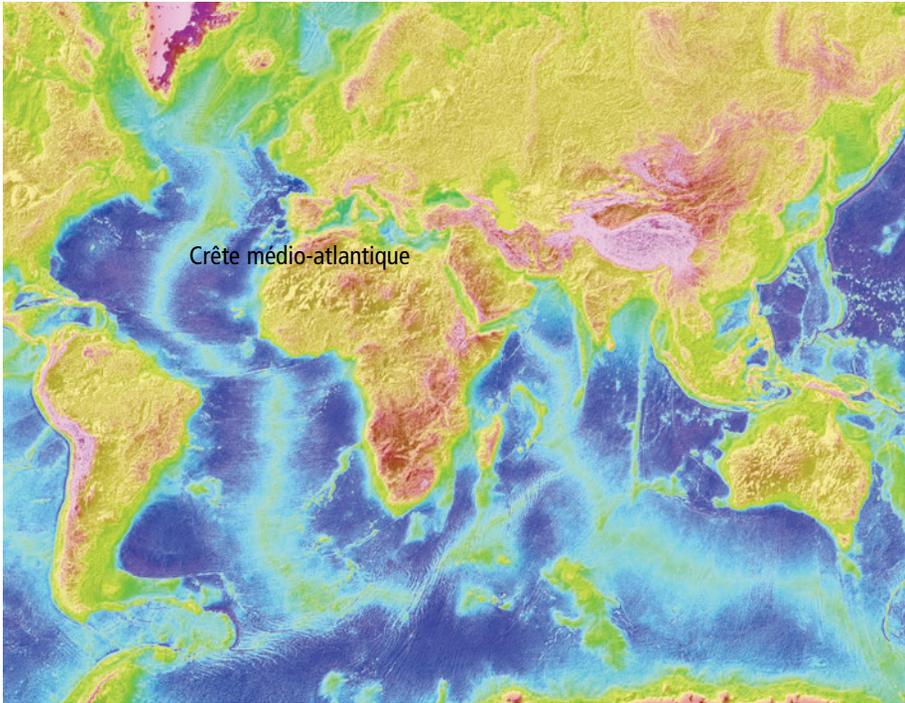


Figure 11.7 Les fonds marins. Les longues structures bleu pâle représentent les crêtes médio-océaniques.

- Le **magnétomètre** est un instrument de mesure sensible qui peut détecter la direction et l'amplitude des champs magnétiques. Au cours de la Deuxième Guerre mondiale, les magnétomètres étaient utilisés pour localiser les sous-marins. Lorsque les bateaux pourvus de ce type d'appareil traversaient l'océan Atlantique, le magnétomètre pointait parfois le sud sans raison, alors qu'il pointe habituellement le nord. Les scientifiques ont noté que ces anomalies d'inversion magnétique étaient disposées en bandes parallèles de part et d'autres de la crête médio-atlantique (voir figure 11.8).

Qu'est-ce qui peut bien entraîner une telle inversion ? Si tu te rappelles bien, la roche ignée est formée à partir du magma. Lorsque le magma refroidit, les minerais de fer, comme la magnétite, s'alignent avec le champ magnétique. Ainsi, ces « bandes » qui tapissent le fond de l'océan et qui pointent vers le sud, ont dû être formées à un moment où la planète a connu une inversion de champ magnétique. Puisque les bandes sont alignées avec la crête, cela signifie que la roche a été nouvellement formée à partir des crêtes océaniques et, donc, que le fond de la mer prend de l'expansion.

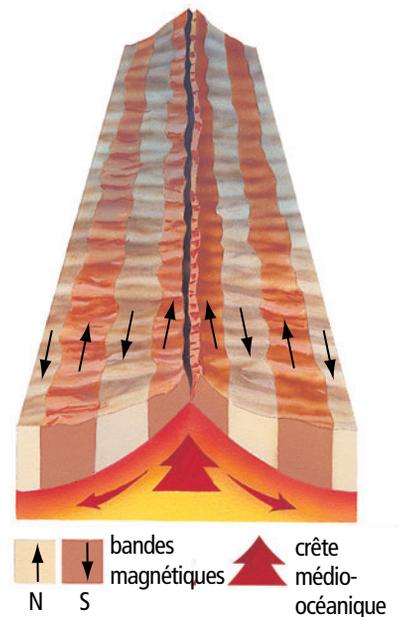


Figure 11.8 Après avoir observé ce modèle d'inversion magnétique, les scientifiques ont commencé à se demander si les fonds marins prenaient réellement de l'expansion. Au fur et à mesure que la croûte terrestre se renouvelle, la nouvelle écorce s'approprie la polarité magnétique de la Terre.



Figure 11.9 Réunis à bord du *Glomar Challenger*, les scientifiques ont fait appel à la même technologie que celle utilisée dans le forage pétrolier pour recueillir un échantillon dans la roche de la plus longue chaîne de montagnes du monde, la crête médio-atlantique.

- Le **forage à grande profondeur** recueille des carottes, des échantillons de la croûte océanique, en perçant le sol profondément à l'aide d'un appareil de forage (voir la figure 11.9). Des tests effectués sur les échantillons recueillis ont démontré que la roche la plus « jeune » était située plus près de la crête médio-atlantique et que la plus « vieille » roche était plus près du continent. Voilà une preuve supplémentaire de l'expansion du fond océanique.

Des preuves qui font surface

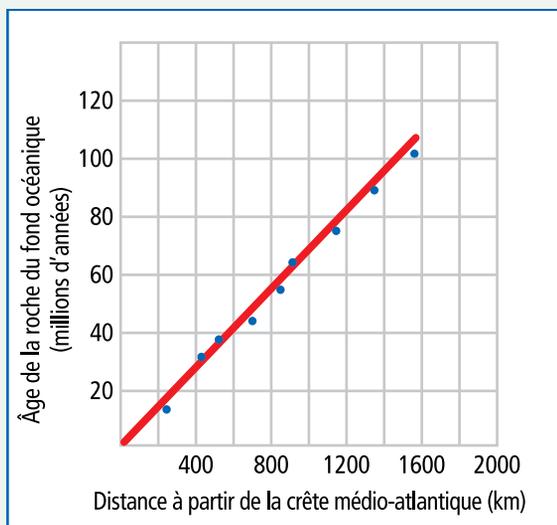
11-1D

Réfléchis bien

Omnitruc

Consulte l'Omnitruc 1 pour t'aider à lire un graphique.

Au cours de cette activité, tu découvriras ce que les roches peuvent t'apprendre sur le fond océanique. Le graphique ci-dessous te montre



Âge et provenance des échantillons

l'âge et la provenance de plusieurs échantillons de roche recueillis dans les bandes magnétiques au fond de l'océan Atlantique. Chaque point représente un échantillon de roche.

Ce que tu dois faire

Regarde attentivement le graphique, puis réponds aux questions qui suivent.



Qu'as-tu découvert ?

1. Quel est l'âge de la roche la plus jeune et celui de la roche la plus vieille ?
2. À quelle distance de la crête médio-atlantique, vers l'est ou vers l'ouest, devrais-tu te déplacer pour trouver des roches de 60 millions d'années ?
3. Écris une phrase qui explique le lien entre l'âge des roches dans l'océan Atlantique et la distance qui les sépare de la crête médio-atlantique.
4. Qu'est-ce que cela révèle sur le fond océanique ? Justifie ta réponse.

En route vers une nouvelle théorie

Les récentes données recueillies à l'aide du sonar, du magnétomètre et du forage à grande profondeur ont révélé que l'écorce terrestre n'était pas fixe, comme la plupart des gens le croient. Et si le fond océanique bouge, alors les continents doivent bouger, eux aussi. Mais quelle force pousse la croûte terrestre à se déplacer ?

À la lecture des pages précédentes, tu as appris que l'écorce terrestre est séparée en de nombreux morceaux appelés plaques. Des découvertes importantes sur les fonds marins ont permis aux chercheurs de comprendre que, lorsque du magma sort de la crête océanique, il forme une nouvelle croûte qui pousse les plaques. Alors que certaines se séparent, d'autres se rapprochent. On dit qu'il y a **divergence** lorsque les plaques se séparent. On parle de **convergence** lorsqu'elles se rapprochent.

J. Tuzo Wilson, un Canadien, est l'un des nombreux scientifiques à nous avoir fait mieux comprendre la croûte terrestre (voir la figure 11.10). Pendant les années 1960, la plupart des chercheurs préféraient croire que les continents étaient fixes, et ils rejetaient la théorie de la dérive des continents. J. Tuzo Wilson a été l'un des premiers défenseurs de cette théorie. De plus, il y a ajouté un point important lorsqu'il a défini le concept selon lequel un troisième type de mouvement agiterait les plaques tectoniques. Au lieu de se rapprocher ou de se séparer, certaines plaques glisseraient les unes le long des autres dans un mouvement de **transcurrence**.

Les plaques tectoniques

En plus de ces renseignements sur le déplacement du fond océanique, le concept de transcurrence apporté par Wilson a forcé la communauté scientifique à réfléchir sur le mouvement de l'écorce terrestre. Dans les années 1970, les découvertes de Wilson ont contribué à l'élaboration d'une nouvelle théorie qui a complètement révolutionné le domaine. Le terme « dérive des continents » n'avait plus sa place puisque les fonds marins, ainsi que les continents, se déplaçaient. La nouvelle théorie a donc été appelée **la théorie de la tectonique des plaques**. Elle établit que la croûte terrestre est séparée en de nombreux morceaux, des plaques, qui se déplacent continuellement autour du manteau terrestre (voir la figure 11.11, à la page suivante). De nos jours, les scientifiques étudient les plaques tectoniques à l'aide de satellites et de lasers, qui leur permettent de mesurer le mouvement des plaques.

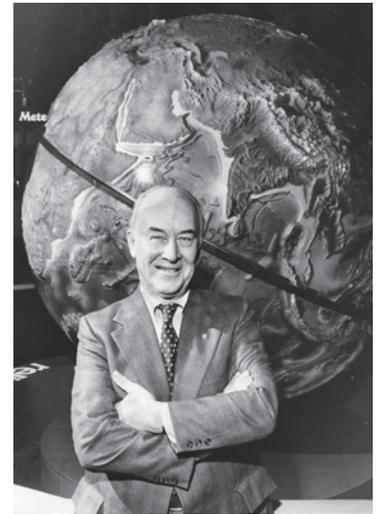


Figure 11.10 J. Tuzo Wilson (1908-1993)



Lien

Internet

Pour visionner une simulation de la divergence, de la convergence ainsi que de la transcurrence dans Internet, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes. www.cheneliere.ca

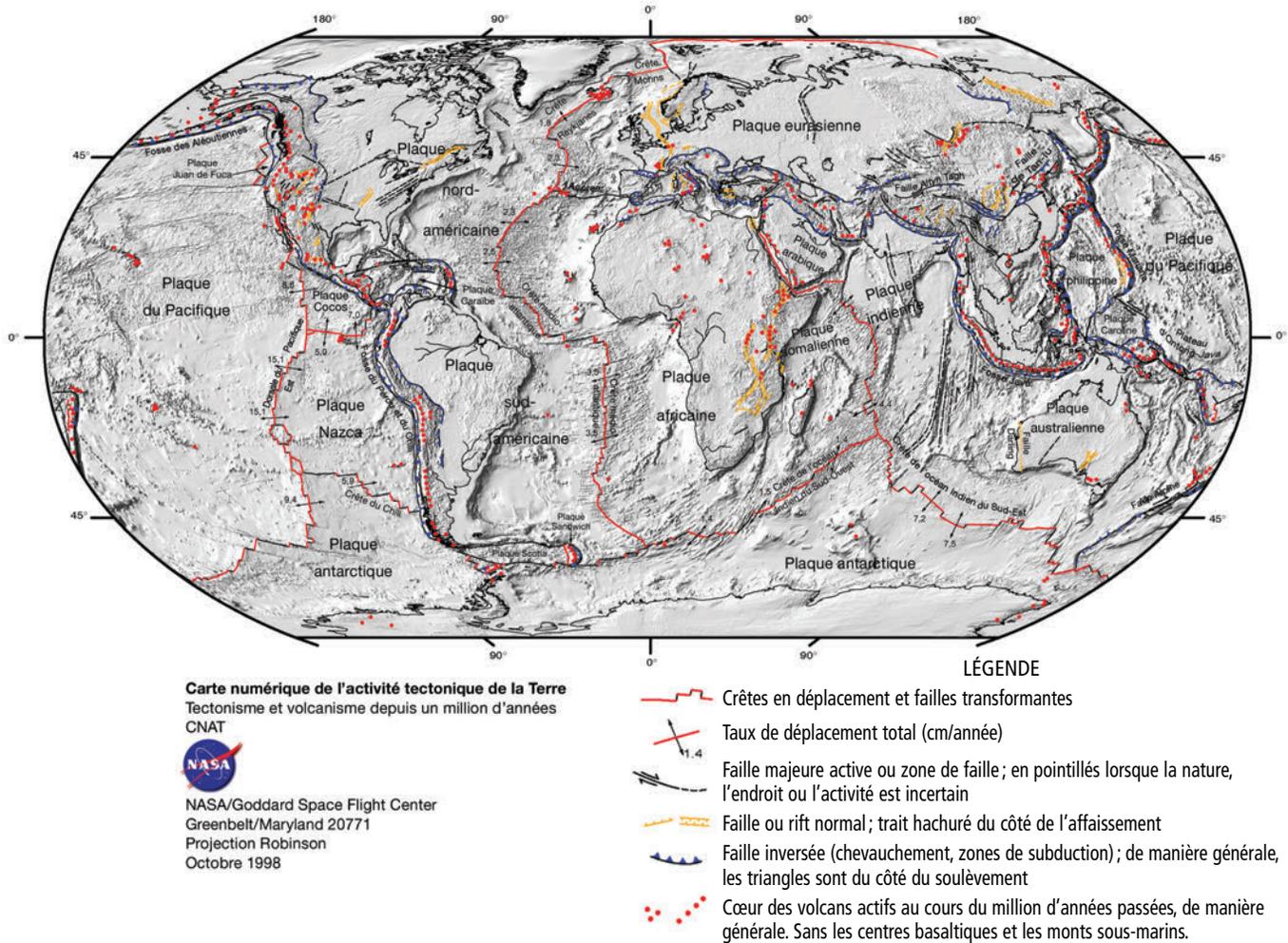


Figure 11.11 Cette carte présente les principales plaques tectoniques, la direction dans laquelle elles se déplacent ainsi que le lien qu'il y a entre elles. Savais-tu que la plupart des plaques tectoniques sont à la fois océaniques et continentales ?

Le savais-tu ?

Les plaques tectoniques qui supportent les plus importantes masses continentales se déplacent bien plus lentement que les plaques qui supportent de plus petites masses continentales. Les plaques africaine, eurasiennne et américaine se déplacent d'environ 20 mm par année alors que les plaques du Pacifique, Nazca et Cocos peuvent se déplacer d'environ 130 mm par année.

Les courants de convection

La théorie de la tectonique des plaques se révèle jusqu'à maintenant la plus pertinente, grâce aux données qui ont été recueillies sur le sujet. Cependant, les scientifiques ne sont toujours pas certains de ce qui cause le déplacement des plaques tectoniques. Selon l'une des explications, les **courants de convection** dans le manteau, sous l'écorce terrestre, seraient à l'origine du mouvement des plaques tectoniques (voir la figure 11.12).

Tu te souviens peut-être que les liquides chauds ont tendance à flotter et les liquides froids à couler. Il se pourrait bien que le même concept s'applique au manteau de la Terre. Le magma situé dans la partie inférieure du manteau remonte à la surface lorsqu'il est chauffé par le noyau brûlant au centre du globe. Dans la partie supérieure du manteau, les roches qui ont été chauffées se déplacent à l'horizontale sous les plaques tectoniques et transportent ces plaques avec elles, comme si chaque plaque était sur une courroie transporteuse. Lorsque les

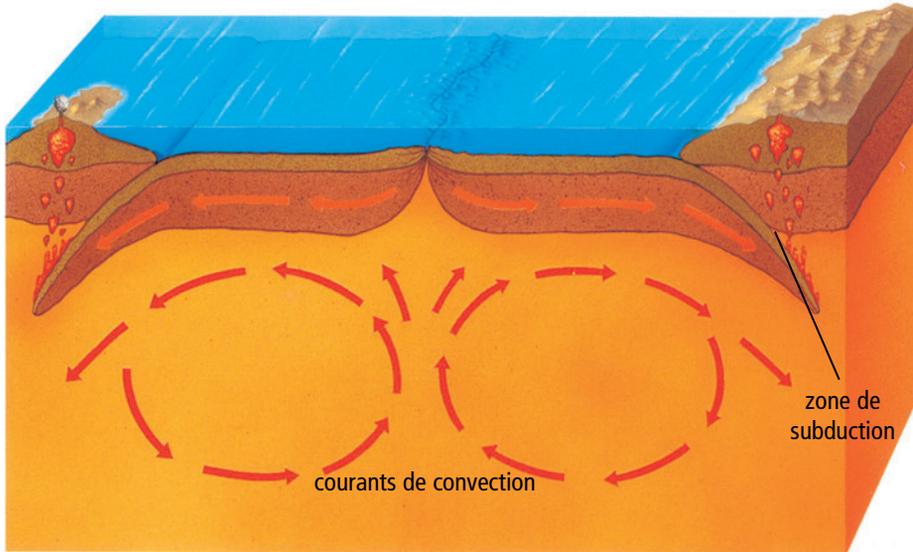


Figure 11.12 Cette illustration représente l'une des façons dont un courant de convection peut entraîner le déplacement d'une plaque tectonique.

roches refroidissent, elles calent dans le manteau. Alors, elles entraînent avec elles le rebord de la plaque tectonique, ce qui forme une fosse océanique très profonde.

Chaque plaque tectonique est en contact avec plusieurs autres plaques. Alors dès qu'une plaque se déplace, d'autres plaques se déplacent aussi. Lorsque deux plaques entrent en collision ou se rapprochent, l'une est poussée sous l'autre. L'endroit où l'une des plaques est forcée à se loger sous une autre est appelé **zone de subduction** (voir la figure 11.12).

Les courants de convection pourraient bien être la raison pour laquelle l'océan Atlantique s'élargit au niveau de la crête médio-atlantique. Si le fond océanique prend de l'expansion, cela signifie-t-il que l'écorce terrestre devient de plus en plus grande ? La réponse est non, car lorsqu'une nouvelle couche de croûte terrestre se forme dans la crête médio-atlantique, une autre partie de la croûte est poussée ou tirée dans les fosses océaniques, puis recyclée dans le manteau sous forme de roche en fusion.

Sur le Web

Le déplacement des plaques tectoniques est un exemple de changement graduel, un changement qui survient très lentement. Où seront rendues les plaques tectoniques dans un million d'années ? Et dans un milliard d'années ? Pour voir une simulation du déplacement des plaques tectoniques au cours des 4 milliards d'années à venir, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

Vérifie ta lecture

1. Quels sont les trois instruments qui permettent de recueillir des renseignements sur les fonds marins ?
2. Quels sont les trois types de mouvements auxquels sont soumises les plaques tectoniques ?
3. À l'élaboration de quelle théorie J. Tuzo Wilson a-t-il contribué ?
4. Qu'est-ce qu'une zone de subduction ?

Construire un modèle des plaques tectoniques

Vérifie tes habiletés

- Examiner – observer
- Construire un modèle
- Expliquer le fonctionnement d'un système
- Évaluer la pertinence de l'information

Consignes de sécurité



Matériel

- un grand bac de plastique
- des gants jetables (facultatif)
- une cuillère
- deux boîtes de 1 kg de fécule de maïs
- une tasse à mesurer
- de l'eau
- quatre boîtes de Petri
- des morceaux de casse-tête, des billes, des blocs, des jetons de bingo, etc.

Les géologues ont souvent de la difficulté à recréer les conditions de la croûte terrestre en vue de les étudier. Alors, en plus d'étudier l'écorce directement, ils construisent des modèles et font des simulations par ordinateur qu'ils peuvent ensuite utiliser en laboratoire. Ces « modèles » les aident à formuler des hypothèses sur la raison pour laquelle la croûte terrestre agit comme elle le fait. Au cours de cette activité, toi et les membres de ton équipe allez peut-être recueillir les mêmes données, mais vous formulerez des hypothèses différentes. Bien des géologues formulent des hypothèses différentes à partir de données semblables.

Question

À partir de ton modèle, quelle hypothèse pourrais-tu formuler à propos de la croûte terrestre ?

Marche à suivre

1. Divisez-vous en équipes. Nettoyez le bac de plastique.
2. Enfilez des gants jetables ou lavez vos mains avant de commencer l'expérience, car il est primordial que le mélange ne soit pas « contaminé ». Les mains d'une seule personne à la fois peuvent être en contact avec le mélange.
3. Avec la cuillère, mélangez la fécule de maïs avec 500 mL d'eau dans le contenant de plastique. Ajoutez de l'eau jusqu'à ce que le mélange devienne solide quand vous le serrez dans vos mains, mais assez liquide pour qu'il s'écoule entre vos doigts lorsque vous relâchez la pression.
4. Étudiez les propriétés du mélange pendant quelques minutes. Ensuite, enlevez le plus de mélange possible sur vos mains et remettez-le dans le contenant de plastique.
5. Pendant ce temps, les autres membres de votre équipe peuvent étudier le mélange en plaçant une petite quantité dans chaque boîte de Petri. Faites une maquette des plaques tectoniques dans votre boîte de Petri en attendant d'aller étudier le mélange dans le grand contenant de plastique. Pour ce faire, vous pouvez utiliser des jetons de bingo, des morceaux de casse-tête ou tout autre objet approuvé par votre enseignante ou votre enseignant. Faites lentement glisser les objets à la surface du mélange. Reproduisez les types de mouvements entre les plaques continentales, puis formulez une hypothèse à propos de l'écorce terrestre en fonction de ce que vous avez pu observer.
6. Notez vos observations et vos hypothèses.



Analyse

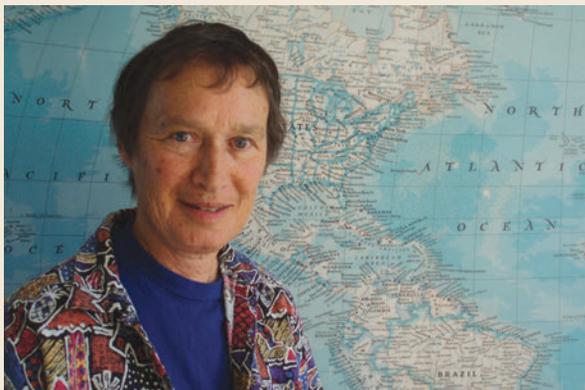
1. a) Expliquez votre hypothèse et justifiez-la à l'aide des preuves que vous avez trouvées au cours de l'expérience.
b) Décrivez l'apparence d'une partie du mélange qui vient d'être séparée du tout.
c) Expliquez en quoi l'apparence de cette partie du mélange justifie votre hypothèse.
2. Pourquoi certaines substances coulent-elles dans le mélange alors que d'autres y flottent ?

Conclusion et mise en pratique

1. En quoi le mélange ressemble-t-il à un liquide ?
2. En quoi le mélange ressemble-t-il à un solide ?
3. Selon toi, pourquoi ce mélange a-t-il des propriétés aussi étranges ?
4. En quoi votre maquette aide-t-elle à expliquer la théorie de la tectonique des plaques ?
5. Dessine un diagramme à partir de votre maquette. Illustre le déplacement des plaques par des flèches.



Les plaques nord-américaine et européenne se rejoignent en Islande. Du côté gauche de la photographie, tu peux voir l'extrémité est de la plaque nord-américaine. Du côté droit, tu vois l'extrémité ouest de la plaque européenne. Ces deux plaques tectoniques s'éloignent lentement l'une de l'autre.



Charlotte E. Keen

Géophysicienne

Charlotte Keen a participé au projet LITHOPROBE, le projet scientifique portant sur la géologie du fond océanique le plus important jamais élaboré au Canada. En 1995, elle a reçu la médaille J. Tuzo Wilson pour son apport extraordinaire à la géophysique au Canada.

Q : Quelle partie de notre planète étudiez-vous ?

R : J'observe la zone continentale au large de la côte est du Canada, depuis la baie de Baffin jusqu'au sud de la Nouvelle-Écosse. C'est l'endroit où le continent nord-américain s'est séparé des plaques tectoniques continentales avoisinantes. Les marges continentales peuvent nous en apprendre beaucoup sur les changements que subit notre planète. Sous ces marges, la roche renferme des ressources naturelles intéressantes comme du pétrole, des gaz ainsi que des minéraux précieux.

Q : Comment est-il possible d'étudier des roches si profondément enfouies sous la surface de la Terre ?

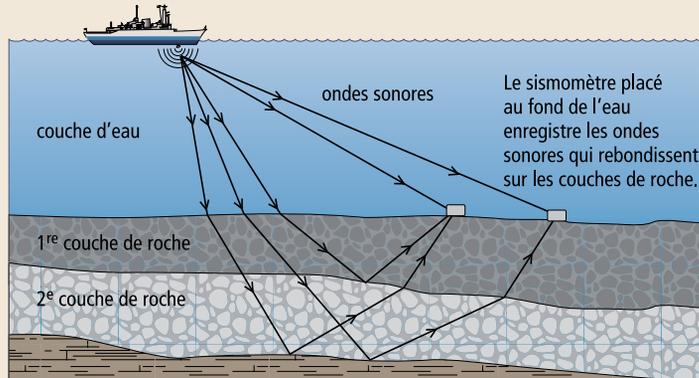
R : J'étudie la façon dont les vibrations d'ondes sonores se déplacent à travers ces roches. Mes collègues et moi élaborons des expériences qui seront menées à l'endroit que l'on désire étudier. Ensuite, nous formons une équipe d'une centaine de personnes, nous nous procurons le matériel nécessaire, et c'est

parti ! En mer, nous plongeons des sismomètres jusqu'au fond marin que nous étudions. Un sismomètre est un appareil très sensible qui nous permet d'enregistrer certaines données. Puis, le bateau s'éloigne des instruments que nous avons installés, et on déclenche la détente d'un fusil à air comprimé. La détonation est très forte. Les ondes sonores produites traversent l'eau jusqu'au fond marin. Certaines ondes rebondissent sur des couches de roche, d'autres vont plus en profondeur avant de rebondir. Lorsqu'une onde revient à l'instrument, celui-ci les enregistre.

Q : Les ondes sonores vous apprennent-elles des choses sur les roches du fond océanique ?

R : Bien sûr. Les ondes sonores se déplacent à une vitesse différente selon le type de matière qu'elles traversent. Le temps requis pour enregistrer chaque onde sonore me permet de trouver le type de roche à travers laquelle l'onde a pu passer. Nous tirons au fusil à air comprimé à plusieurs endroits différents. Chaque fois, nous notons l'endroit exact où nous étions et l'heure à laquelle nous avons tiré. Habituellement, nous sommes en mer de deux à quatre semaines. Nous déterminons ensuite le type de roche présent à chaque endroit, ainsi que l'épaisseur des couches traversées. Qui sait ce que les fonds marins peuvent encore nous révéler à propos de la croûte terrestre ?

On tire dans l'eau à l'aide d'un fusil à air comprimé, ce qui produit une très forte détonation.



Vérifie ce que tu as compris

Des concepts à retenir

1. Fais un croquis des diverses couches de la Terre et identifie-les.
2. a) Nomme les deux types de preuves auxquels les scientifiques ont recours pour déterminer ce qui se trouve à l'intérieur de la Terre.
b) Donne un exemple de chaque type de preuves.
3. a) Explique le fonctionnement du sonar.
b) Grâce au sonar, quels renseignements est-il possible d'obtenir sur les fonds marins ?
4. Qu'est-ce qui nous prouve que le champ magnétique de la Terre s'est inversé, avec le temps ?
5. Quelle découverte a été faite lorsque des échantillons de roche (carottes) recueillis grâce au forage à grande profondeur ont été étudiés ?
6. a) Aujourd'hui, comment les scientifiques expliquent-ils le déplacement des continents ?
b) Trouve une raison qui explique pourquoi la notion de « dérive des continents » n'est plus juste et pourquoi nous parlons maintenant de « tectonique des plaques ».

Des concepts clés à comprendre

7. Comment se fait-il que les scientifiques ne soient pas certains de ce qui se trouve dans les couches les plus profondes de la Terre ?
8. Transcris dans ton cahier de notes le tableau apparaissant ci-contre. Remplis les cases en y inscrivant les données

recueillies par Wegener pour prouver sa théorie de la dérive des continents.

Type de preuves	Exemple	Raison pour laquelle l'exemple montre que les continents ont bougé

9. Comment se forme la nouvelle couche de roche dans les fonds marins ?
10. Dessine un schéma qui illustre l'origine des courants de convection et la façon dont ils font bouger les plaques tectoniques.
11. Nomme deux différences entre la théorie de la tectonique des plaques et la théorie de la dérive des continents.
12. Une plaque tectonique peut-elle bouger seule, ou toutes les plaques se déplacent-elles en même temps ? Justifie ta réponse.

Pause réflexion

Imagine que tu puisses inventer une manière d'étudier de façon directe le noyau interne de la Terre. Dessine un schéma pour expliquer le fonctionnement de ton invention.

11.2 Le façonnement de la croûte terrestre par les tremblements de terre et les volcans

Mots clés

ceinture de feu
échelle de Richter
épicentre
faille
foyer
lit rocheux
onde sismique
sismographe
tremblement de terre
volcan

Un tremblement de terre, c'est le sol qui se met à vibrer. Lorsque les plaques de la croûte terrestre se déplacent, la tension monte dans les couches de roche, ce qui les fait bouger brusquement, ou se briser. Résultat : un tremblement de terre. La plupart des tremblements de terre surviennent le long des plaques tectoniques. Un volcan est une ouverture dans la croûte terrestre. On le retrouve surtout où les plaques se rejoignent, où elles se séparent et où les plaques sont les plus minces. Les éruptions volcaniques présentent des avantages, mais aussi bien des dangers.

Au cours de la soirée du mercredi 18 novembre 1929, une vague immense se déplaçant à plus de 100 km/h a frappé la péninsule de Burin, au nord de l'île de Terre-Neuve. Les témoins ont décrit cette vague comme étant un mur d'eau de cinq mètres de haut. Un mur d'eau qui se brisait sur les maisons situées près du port, défonçant portes et fenêtres sur son passage. Ce soir-là, vingt-sept personnes ont été tuées et bien des familles ont tout perdu : leurs réserves de nourriture préparées pour l'hiver, leur combustible de chauffage, leur bateau, leur maison et tous leurs biens (voir la figure 11.13). Plus de 10 000 personnes dans plus de 40 villages ont été touchées par cette vague immense. Cette vague était un tsunami, un mot japonais qui signifie « vague dans le port ». Ce tsunami était le résultat d'un tremblement de terre sous-marin survenu au fond de l'océan Atlantique, à environ 250 km de la péninsule de Burin.

Figure 11.13 Une maison emportée par les eaux a été retrouvée par une goélette après le tsunami survenu à Terre-Neuve, en 1929.

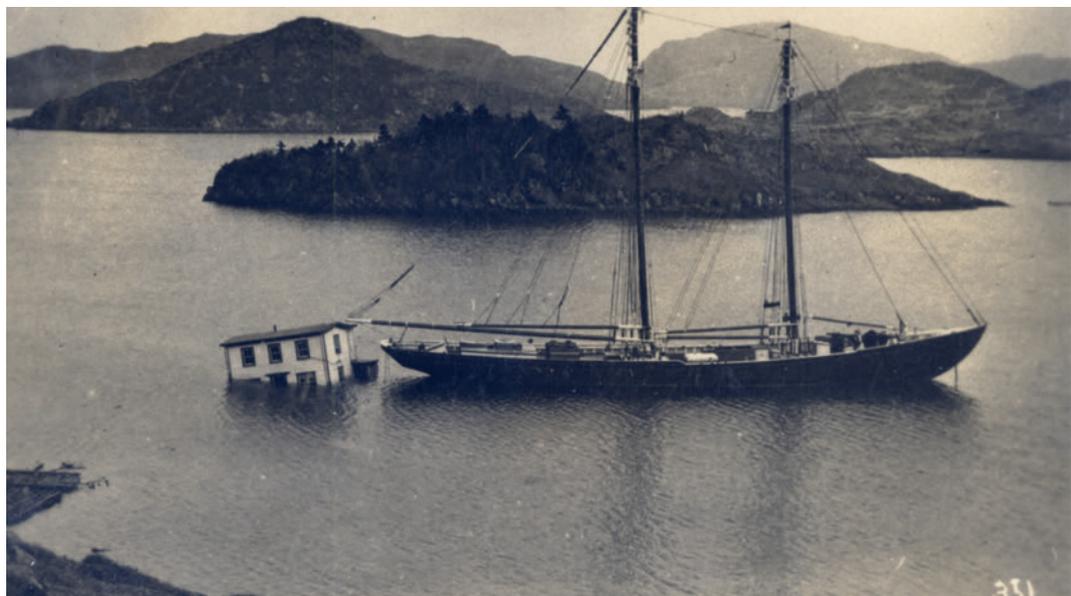




Figure 11.14 Un tsunami est en fait une série de vagues, et chacune de ces vagues peut être très destructrice.

Le savais-tu ?

Les tsunamis peuvent être causés par des glissements de terrain ou des éruptions volcaniques sous l'eau et par des tremblements de terre.

Le 26 décembre 2004, un tremblement de terre sous-marin près de Sumatra, en Asie du Sud-Est, crée un tsunami qui atteint le rivage de plusieurs pays en bordure de l'océan Indien (voir la figure 11.14). Plus de 200 000 personnes sont mortes et 1,69 million de personnes ont perdu leur maison et leurs biens. Il s'agit du plus grave tsunami de l'histoire.

La plupart des événements géologiques se produisent lentement, sur plusieurs milliers ou millions d'années. D'autres, par contre, comme les tremblements de terre, les tsunamis et les éruptions volcaniques, peuvent survenir très rapidement, sans crier gare. Comment se fait-il que la croûte terrestre bouge parfois aussi rapidement ?

Du papier de verre sismique

11-2A

ACTIVITÉ d'exploration

Au cours de cette activité, tu fabriqueras une maquette qui explique ce qui peut causer un tremblement de terre.

Matériel

- deux blocs de bois d'environ 5 cm par 10 cm par 15 cm
- deux feuilles de papier de verre à grain moyen
- du ruban à masquer

Ce que tu dois faire

1. Enroule une feuille de papier de verre autour de chaque bloc de bois et fixe-la à l'aide du ruban à masquer.



2. Prends un bloc de bois dans chaque main et tiens-les dans le sens de la hauteur.
3. Pousse les blocs l'un contre l'autre. Tout en poussant, essaie de les faire glisser dans diverses directions.

Qu'as-tu découvert ?

1. Qu'est-il arrivé lorsque tu as essayé de bouger les blocs ?
2. Pourquoi crois-tu que cette activité illustre bien un tremblement de terre ?



Figure 11.15 Voici un ancien détecteur de tremblement de terre chinois. Les huit dragons placés sur cette urne ont chacun une petite bille dans leur gueule. Le mouvement entraîné par le tremblement de terre fait vibrer les billes qui tombent dans la gueule des crapauds. Ensuite, la direction du tremblement de terre est déterminée en regardant quel crapaud a une bille dans sa gueule.

Détecter les tremblements de terre

La roche de la croûte terrestre est soumise à une pression provenant des forces internes de la Terre. Le déplacement des plaques tectoniques peut faire plier ou étirer la roche de l'écorce terrestre. Une quantité phénoménale d'énergie est alors emmagasinée dans la roche. Lorsque la pression est trop forte, la roche se brise spontanément et cause un tremblement de terre. Un **tremblement de terre** est donc la vibration du sol. Depuis des milliers d'années, l'être humain utilise des appareils qui lui permettent de mesurer les tremblements de terre (voir la figure 11.15).

Les sismologues sont des scientifiques qui étudient les tremblements de terre. Pour ce faire, ils ont recours à un instrument appelé le **sismographe**, qui peut mesurer les tremblements de terre (voir la figure 11.16A). Le sismographe doit être fixé à un **lit rocheux**, la couche de roche solide qui se trouve sous la terre, afin de pouvoir détecter les vibrations entraînées par un tremblement de terre. Dans le sismographe, un crayon pend au-dessus d'un cylindre rotatif, lui touchant à peine. Une feuille de papier est enroulée autour du cylindre, et le crayon y note les vibrations. Lorsque survient un tremblement de terre, la pointe du crayon bouge et brise le trait jusqu'alors régulier. L'enregistrement des vibrations détectées par le sismographe s'appelle un sismogramme (voir la figure 11.16B). La plupart des sismographes modernes sont électroniques, mais ils fonctionnent selon le même principe que les plus anciens.



Figure 11.16A Cette sismologue étudie les tremblements de terre grâce aux enregistrements du sismographe.

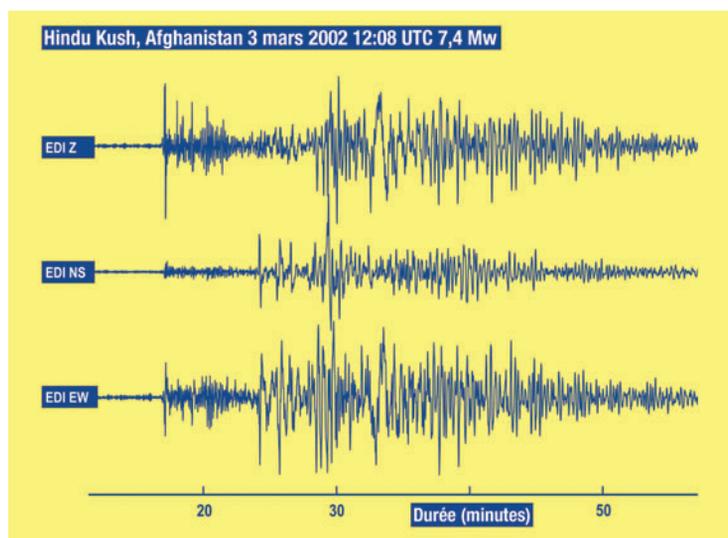


Figure 11.16B La ligne dentelée apparaissant sur ce sismogramme représente les ondes sismiques d'un tremblement.

Mesurer les tremblements de terre

Les sismologues ont recours à une échelle de mesure appelée l'**échelle de Richter** pour évaluer la force d'un tremblement de terre (voir le tableau 11.1). L'échelle de Richter débute à zéro et n'a pas de maximum ; elle s'élèvera aussi haut que nécessaire. La quantité d'énergie libérée augmente beaucoup en fonction du chiffre atteint. Ainsi, un tremblement qui atteint 7 sur l'échelle de Richter est environ 30 fois plus fort qu'un tremblement de terre qui atteint 6, et 900 fois plus puissant qu'un de 5 sur cette même échelle. La plupart des tremblements de terre qui entraînent des dommages matériels et la mort se situent entre 6 et 8. Le tremblement de terre qui est à l'origine du tsunami dans la péninsule de Burin a atteint 7,2 sur l'échelle de Richter.

Suggestion d'activité

Réalise une expérience 11-2D, à la page 385

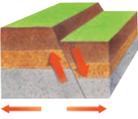
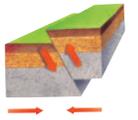
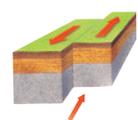
Tableau 11.1 L'échelle de Richter

Magnitude	Effets du tremblement de terre	Nombre approximatif par année
moins de 2,0	généralement pas ressenti, mais mesuré par le sismographe	600 000
2,0–2,9	ressenti par peu de gens	300 000
3,0–3,9	ressenti par de nombreuses personnes	49 000
4,0–4,9	ressenti par la plupart des gens	6200
5,0–5,9	dommages causés par les tremblements	800
6,0–6,9	très destructeur dans les endroits peuplés	266
7,0–7,9	grave tremblement de terre, sérieux dommages	18
plus de 8,0	tremblement de terre majeur, destruction totale près de l'épicentre	1 ou 2

Trois types de failles

Une **faille** est une fente dans les couches de roche. Le tableau 11.2 montre qu'il y a trois types de failles le long desquelles les couches de roche peuvent bouger : les failles normales, inverses et transformantes.

Tableau 11.2 Trois types de failles

Faille	Où survient-elle ?	Comment survient-elle ?	Mouvement de la roche
Faille normale 	à la frontière de divergence	les plaques s'éloignent	la roche au-dessus de la faille descend
Faille inverse 	à la frontière de convergence	les plaques sont poussées les unes contre les autres	la roche au-dessus de la faille monte et va par-dessus la roche sous la faille
Faille transformante 	à la transcurrence	les plaques coulissent l'une à côté de l'autre	la roche se brise lorsque les plaques coulissent

Lien terminologique

Le mot *sismique* vient d'un mot grec qui signifie « trembler ».

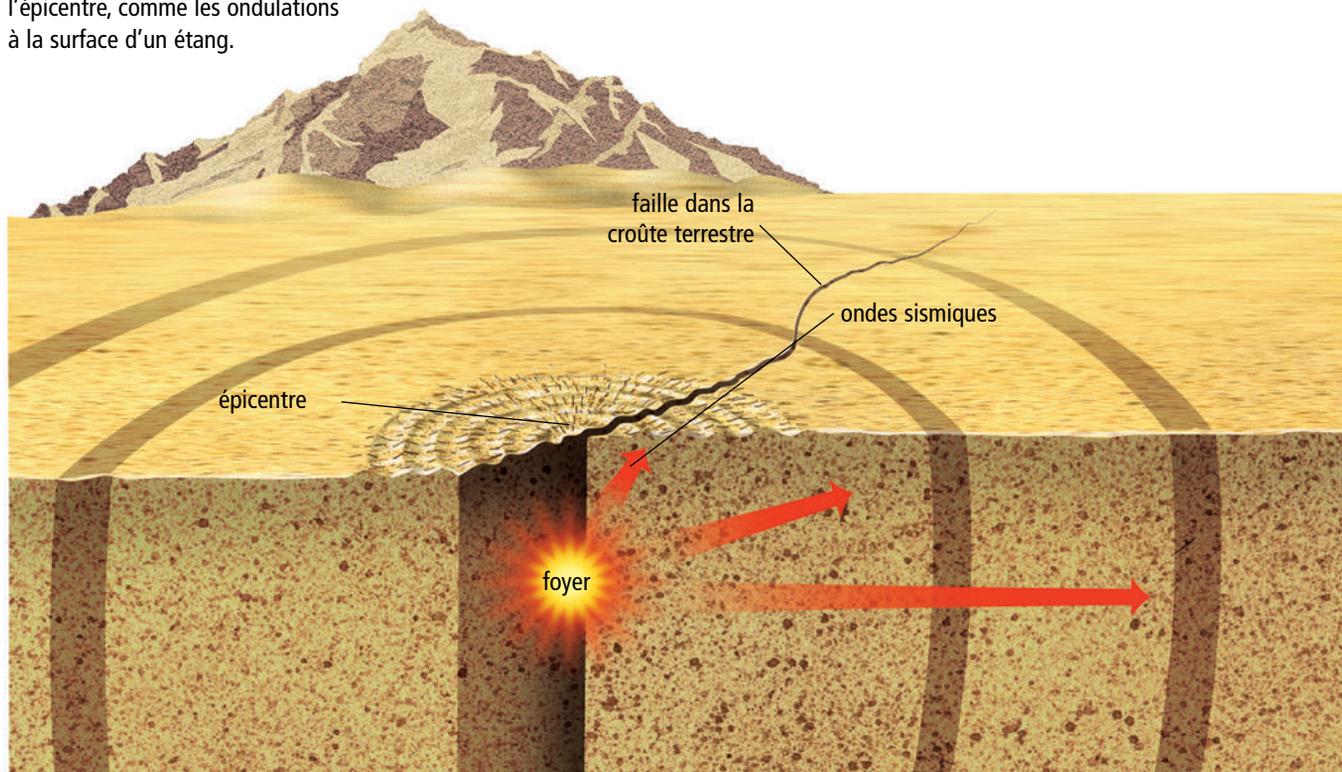
Les ondes sismiques

Si tu n'as jamais vécu de tremblement de terre, tu crois peut-être que le sol ne tremble qu'une seule fois, puis que tout est fini. En fait, il peut y avoir plusieurs épisodes de tremblements causés par des ondes sismiques. Les **ondes sismiques** sont des ondes d'énergie qui se déplacent du cœur du tremblement de terre vers l'extérieur. Ces répliques sont de petits tremblements de terre qui font vibrer le sol encore plus que le tremblement de terre en soi. Les répliques peuvent faire s'effondrer des immeubles déjà lourdement endommagés.

Tu as sûrement déjà lancé une pierre dans l'eau et regardé les ondulations se former à partir de l'endroit où ta pierre est entrée dans l'eau. Les ondes sismiques se déplacent à la surface de la Terre de la même façon. Elles peuvent donc faire monter certaines parties d'un immeuble et en faire descendre d'autres. Ainsi, les structures rigides s'effondrent si les ondes sont trop fortes.

L'endroit situé très profondément dans la croûte terrestre où commence le tremblement de terre s'appelle le **foyer** (voir la figure 11.17). L'endroit situé à la surface de la Terre, tout juste au-dessus du foyer, s'appelle l'**épïcéntré**. Les ondes sismiques se déplacent donc vers l'extérieur à partir du foyer, mais aussi à partir de l'épïcéntré. Il est ainsi possible de déterminer l'emplacement exact du tremblement de terre si l'heure des ondes sismiques est connue. Plus les ondes sont espacées, plus le tremblement de terre est loin.

Figure 11.17 Certaines ondes sismiques s'écartent du foyer alors que d'autres s'écartent de l'épïcéntré, comme les ondulations à la surface d'un étang.



Les ondes sismiques peuvent expliquer en partie ce qui se trouve à l'intérieur de la Terre. Par exemple, en 1995, un tremblement de terre est survenu à Kobe, au Japon, et il a été mesuré à l'Université du Manitoba. Il semble que les ondes sismiques aient traversé le centre de la Terre. Il apparaît donc que certaines ondes sismiques peuvent traverser les liquides et les solides alors que d'autres ne le peuvent pas.



Lien

Internet

Pour comparer les heures des ondes sismiques d'un tremblement de terre et localiser son épicentre, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

L'emplacement des tremblements de terre

La plupart des tremblements de terre surviennent le long des frontières des plaques tectoniques actives, au large de la côte de la Colombie-Britannique, par exemple. Au Canada, il n'est pas rare qu'il y ait des tremblements de terre dans la région d'Ottawa, dans la vallée du Saint-Laurent, au Nouveau-Brunswick ainsi qu'au sud de l'île de Terre-Neuve. Les tremblements de terre au centre des plaques tectoniques sont bien plus rares. La Commission géologique du Canada (CGC) enregistre et localise plus de 1500 tremblements de terre chaque année au pays. Cependant, seuls quelques-uns sont assez forts pour que la population les perçoive (voir la figure 11.18).

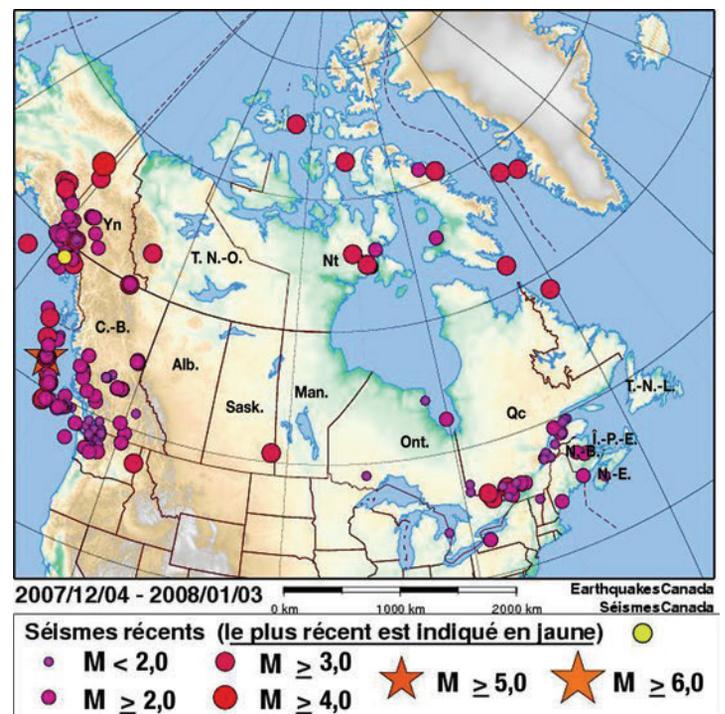


Figure 11.18 Près d'une centaine de tremblements de terre surviennent au Canada chaque mois.

Vérifie ta lecture

1. Pourquoi faut-il qu'un sismographe soit fixé au lit rocheux ?
2. Quel tremblement de terre est le plus fort : un tremblement de terre de magnitude 7 ou de 5 sur l'échelle de Richter ?
3. Nomme les trois types de failles.
4. Où surviennent la plupart des tremblements de terre ?

Au cours de cette activité, tu dresseras des listes de choses à faire en cas de tremblement de terre.

Ce que tu dois faire

1. Pense aux changements que tu devrais effectuer dans ta chambre afin d'éviter d'être blessé si jamais un séisme survenait pendant ton sommeil. Par exemple, y a-t-il des tablettes sur lesquelles se trouvent des objets lourds ? Dresse la liste des changements à faire dans ta chambre.



2. Réfléchis aux articles dont tu pourrais avoir besoin dans une trousse de secours si un tremblement de terre ou un tsunami survenait. Pendant combien de temps aurais-tu besoin de ces articles ? Où devrais-tu placer ta trousse de secours ? Dresse la liste des objets à mettre dans ta trousse.
3. Compare tes listes avec celles d'une ou d'un camarade. Tu peux faire des changements si tu juges que tes listes pourraient être améliorées.



Figure 11.19 Le volcan Parícutín en éruption

Les volcans

Imagine un instant qu'une éruption volcanique se produise devant toi. C'est arrivé à un fermier, à sa femme et à leur fils, au Mexique, en 1943. Soudainement, leur champ de maïs s'est mis à cracher des nuages de cendre, de roches et de scories. L'activité du volcan a duré une dizaine d'années. Au fil du temps, le village a fini par être recouvert de cendres et de lave. Ce volcan porte le nom du village qu'il a enseveli, Parícutín, et mesure maintenant plus de 400 m de haut (voir la figure 11.19).

Un **volcan** est une ouverture dans la croûte terrestre. D'ailleurs, les scientifiques étudient les volcans pour en savoir davantage sur la structure interne de notre planète (voir la figure 11.20). Que remarquerais-tu si tu voyais un gigantesque volcan en pleine éruption ? Imagine la chaleur insoutenable, les cendres étouffantes et les jets bouillonnants de lave d'un tel spectacle.

Figure 11.20 Les scientifiques tentent de prédire les éruptions volcaniques afin de protéger les habitants des villes et des villages avoisinants.





Les avantages et les dangers des éruptions volcaniques

Les éruptions volcaniques sont à l'origine de bien des ressources précieuses. Par exemple, les cendres volcaniques favorisent la fertilité du sol. Les forêts et les champs poussent donc bien mieux puisque les cendres, qui agissent à titre de paillis, leur apportent davantage d'éléments nutritifs. De plus, le magma souterrain réchauffe l'eau contenue dans la terre. Ainsi, cette eau peut être utilisée comme source de chaleur ou d'énergie géothermale. Également, les volcans libèrent de l'eau et du dioxyde de carbone qui proviennent de l'intérieur de la Terre. Ces éléments importants s'ajoutent à notre atmosphère. Malheureusement, les éruptions volcaniques peuvent aussi détruire des maisons, des arbres, des récoltes et des paysages entiers (voir la figure 11.21). Et puis, les cendres projetées dans les airs peuvent voyager sur de grandes distances, causant sur leur passage des difficultés respiratoires aux personnes fragiles (voir la figure 11.22).



Figure 11.22A Les cendres provenant de l'éruption du Pinatubo cachent le Soleil et ensevelissent les champs et les routes de la région. Les pluies torrentielles qui ont suivi ont causé des coulées de boue des plus destructrices : plusieurs villages ont été anéantis, laissant des dizaines de milliers de personnes à la rue.

Figure 11.21 Le volcan le plus actif de la Terre est le Kilauea, à Hawaï. Il est continuellement en éruption depuis 1983. La lave de ce volcan a coulé jusque dans des zones résidentielles, causant sur son passage plusieurs millions de dollars de dommages.

Le savais-tu ?

Un volcan *assoupi* est un volcan inactif depuis de nombreuses années, mais qui est déjà entré en éruption. Un volcan *éteint* est un volcan qui, d'après ce que l'on sait, n'est jamais entré en éruption.

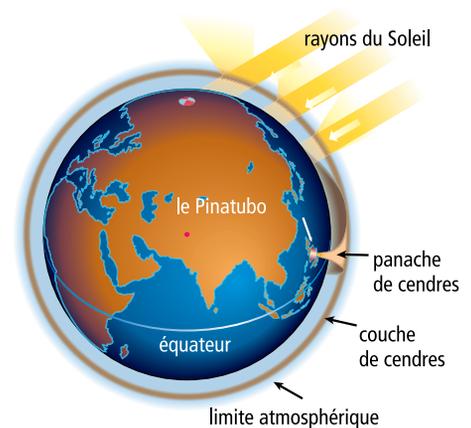


Figure 11.22B Le Pinatubo, aux Philippines, est entré en éruption en 1991. La quantité de cendres projetées dans les airs était si grande qu'elle a formé une couche de cendres dans l'atmosphère. Cette couche de cendres a entouré la Terre entière et a causé un refroidissement planétaire.

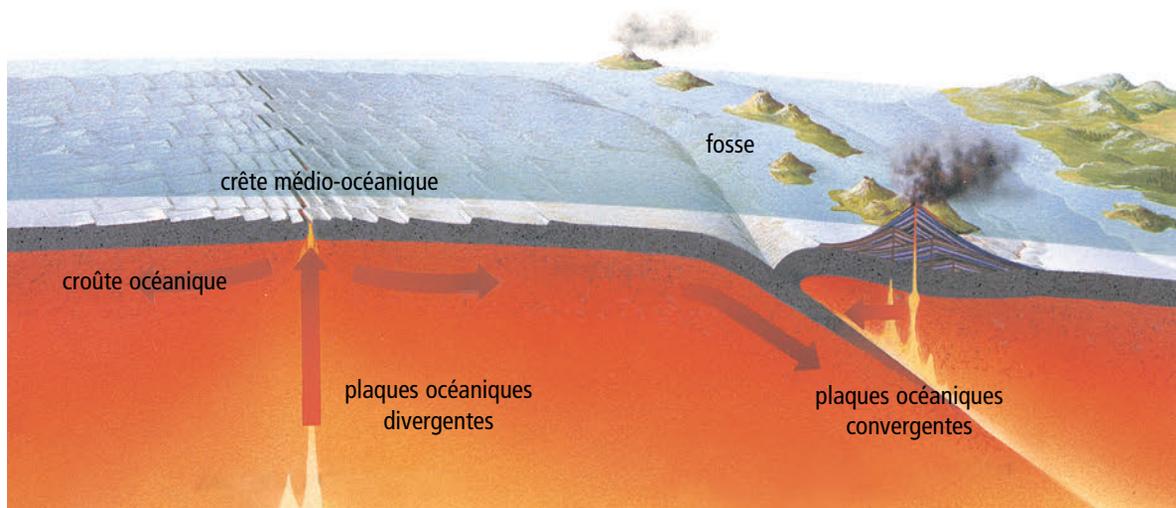


Figure 11.23 Si les plaques convergentes sont des plaques océaniques, il se peut que l'une des deux s'enfonce sous l'autre, créant ainsi un volcan.

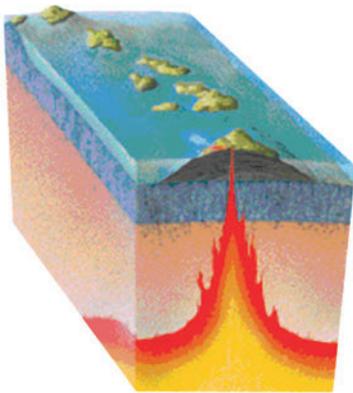


Figure 11.24 Les îles les plus au nord de l'archipel hawaïen ne présentent plus aucune activité volcanique. À ton avis, quelles îles sont les plus anciennes dans cet archipel ?

Le savais-tu ?

Un nouveau volcan est présentement en formation au fond de l'océan, tout juste à côté de la principale île d'Hawaï. Ce volcan a été nommé Loihi. Il continuera de croître jusqu'à ce qu'il devienne une autre île dans l'archipel situé au beau milieu de l'océan Pacifique. Qui sait, peut-être qu'un jour tes descendants visiteront cette île !

L'emplacement des volcans

Tout comme les tremblements de terre, les volcans peuvent se former lorsque deux plaques situées sous la croûte terrestre poussent l'une contre l'autre et que l'une d'entre elles se glisse de force sous l'autre. Dans une zone de subduction, la couche de roche qui se glisse sous l'autre descend de plus en plus profondément sous la croûte terrestre, jusqu'à ce qu'elle fonde et devienne du magma. Par la suite, le magma remonte dans les fissures de la roche jusqu'à ce que la pression exercée contre celle-ci soit assez forte pour que le volcan entre en éruption (voir la figure 11.23).

La plupart des volcans sont situés le long des frontières des plaques tectoniques. Ils se trouvent la plupart du temps aux endroits suivants :

- *Là où les plaques convergent* : la partie de l'écorce terrestre qui est poussée sous la surface descend jusqu'à ce qu'elle devienne du magma sous l'action de la chaleur. Lorsqu'il y a trop de magma, une partie de celui-ci remonte à la surface de la terre par les fissures dans la roche. Le volcan entre alors en éruption. L'endroit où la plaque Pacifique est poussée sous le Japon en est un exemple.
- *Là où les plaques divergent* : le magma est propulsé à la surface de la terre. La crête médio-atlantique en est un exemple.
- *Là où les plaques sont minces* : le magma peut remonter à la surface par les fissures dans la roche. Les points chauds sont les endroits où la température sous l'écorce terrestre est plus élevée qu'ailleurs. On retrouve de ces points chauds sous les îles d'Hawaï, dans l'océan Pacifique (voir la figure 11.24).

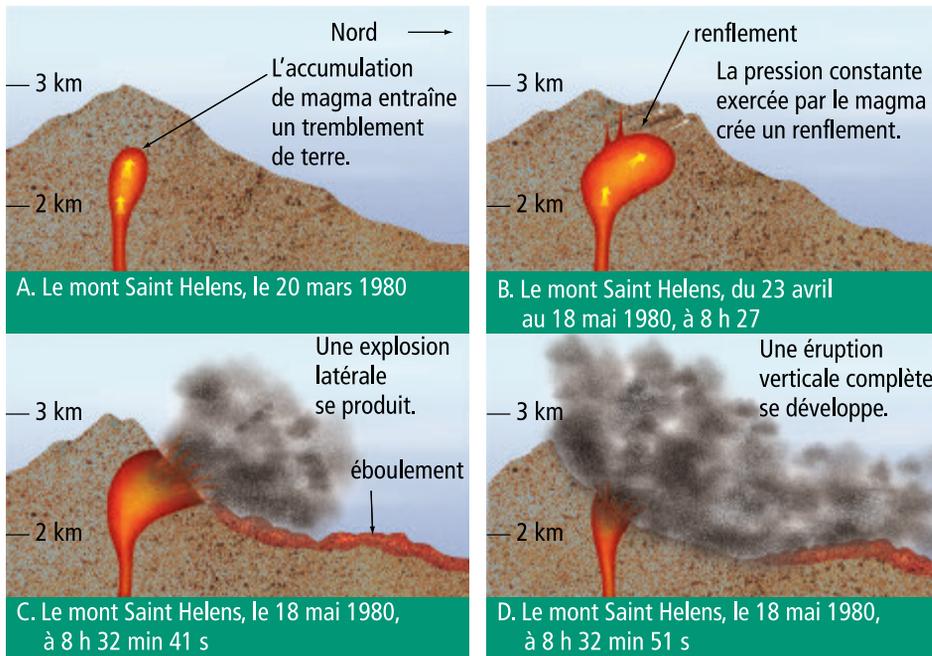


Figure 11.25 Les volcans entrent en éruption par étapes et sur une longue période : pendant quelques semaines, quelques mois ou même quelques années.

Les volcans les plus connus

L'une des éruptions volcaniques les plus célèbres s'est produite en 1980, dans l'État de Washington. Tout a commencé lorsqu'une roche du mont Saint Helens s'est mise à bouger. Les scientifiques savaient qu'une éruption volcanique se préparait, ils ont donc eu le temps d'avertir la population de quitter la région. La figure 11.25 illustre comment le magma s'accumule à l'intérieur du volcan jusqu'à l'éruption.

L'une des pires éruptions volcaniques de l'histoire est survenue le 27 août 1883, lorsque l'île volcanique de Krakatau, en Indonésie, a littéralement explosé. L'explosion a été entendue sur une distance de 4800 km. Cette éruption a causé la mort d'au moins 32 000 personnes, lorsque des tsunamis d'une hauteur d'environ 30 m ont frappé l'île.

De nos jours, bien des scientifiques croient que le Vésuve, dans le sud de l'Italie, devrait entrer en éruption prochainement, et que cette éruption sera majeure. Le Vésuve est considéré comme l'un des volcans les plus dangereux sur le globe, car il a connu des éruptions violentes (voir la figure 11.26) et que près de trois millions de personnes vivent près de ce volcan. Sa dernière éruption date de 1944 et depuis, une partie immense située sous son pic se remplit de magma. La situation est d'autant plus inquiétante que son pic est obstrué par un « bouchon » de roche. Les scientifiques ont fait des simulations par ordinateur qui ont démontré que lorsque la pression accumulée à l'intérieur du volcan poussera le bouchon de roche hors de l'ouverture, un nuage de roche en fusion, de cendres et de gaz explosera à

Suggestion d'activité

Réfléchis bien 11-2E, à la page 386

Le savais-tu ?

Le pic de certains volcans est plat parce qu'ils sont entrés en éruption sous un glacier ou dans un lac glaciaire. C'est le cas du volcan Hyalo Ridge, en Colombie-Britannique, un volcan infraglacière typique au sommet tabulaire et aux flancs escarpés.

A



B



Figure 11.26 La photographie A montre le modèle en plâtre d'un corps enseveli au cours de l'éruption du mont Vésuve, en l'an 79. Après la décomposition du corps, du plâtre a été coulé dans le trou qu'il a laissé. Une fois le plâtre pris, les cendres qui entouraient le corps ont été retirées (B).

l'extérieur, formant une colonne de 1,5 km de haut. Bien des mesures d'urgence ont été prises advenant l'éruption du Vésuve. Les volcans qui encerclent l'océan Pacifique portent le nom de **ceinture de feu** (voir la figure 11.27). Krakatau, le mont Saint Helens et le Pinatubo en font partie.

Sur le Web

En novembre 1963, l'équipage d'un chalutier voit de la fumée sortant de l'eau, au large de l'Islande. Une fois sur place, l'équipage constate qu'il s'agit d'une éruption volcanique sous-marine. En quelques jours seulement, une nouvelle île était née. Au cours des quatre années suivantes, l'île a grossi en raison d'éruptions continues. Pour en apprendre davantage sur l'île de Surtsey, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

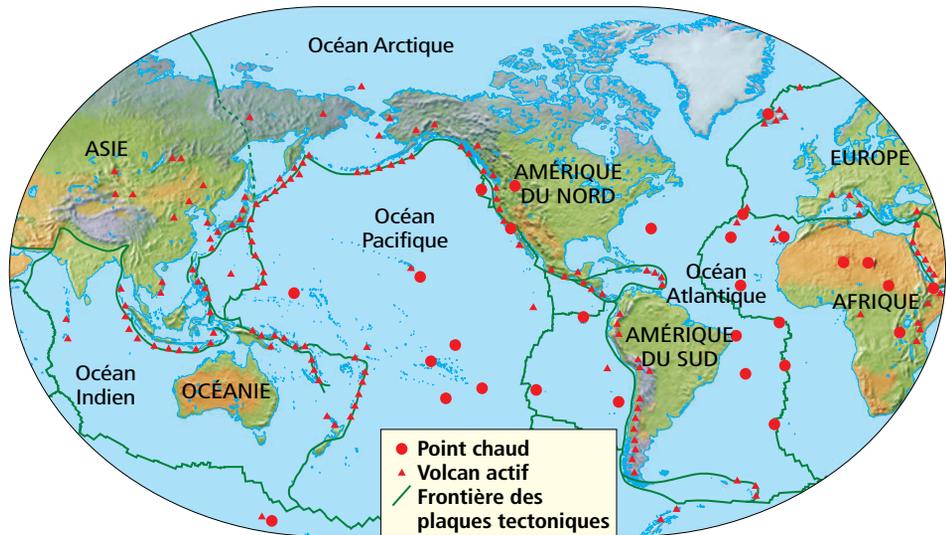


Figure 11.27 La ceinture de feu est un cercle de volcans actifs qui entoure l'océan Pacifique.

Vérifie ta lecture

1. Nomme les trois avantages d'une éruption volcanique.
2. Nomme les trois dangers d'une éruption volcanique.
3. Nomme les trois emplacements où des éruptions volcaniques surviennent le plus souvent.

Histoires sismiques

Au fil du temps, différents peuples ont expliqué l'origine et les causes des éruptions volcaniques et des tremblements de terre à l'aide de toutes sortes d'idées et de théories. Anaxagore, un philosophe de la Grèce ancienne, croyait que les éruptions volcaniques étaient causées par de forts vents qui soufflaient à l'intérieur de la Terre. D'un autre côté, la mythologie hawaïenne laisse entendre que Pelé, la déesse du feu, vivait dans le volcan Kilauea. Lorsqu'elle se fâchait, le volcan entrait en éruption. Les autochtones d'Amérique du Nord ont, eux aussi, une théorie qui expliquerait les mouvements de la Terre. Au cours de cette activité, tu découvriras de quelles façons des peuples de

11-2C

Réfléchis bien

différentes époques et traditions expliquaient les éruptions volcaniques et les séismes.

Ce que tu dois faire

1. Choisis un peuple à étudier, puis trouve comment ces gens arrivaient à expliquer des phénomènes comme les éruptions volcaniques et les tremblements de terre.
2. Apprends leur histoire et choisis de quelle façon tu la présenteras. Tu peux l'expliquer dans tes propres mots, fabriquer un livre illustré, te filmer ou préparer une courte simulation. Tu pourrais aussi faire une murale qui comporterait diverses histoires sur le sujet.



Vérifie tes habiletés

- Mesurer – calculer
- Concevoir un modèle
- Évaluer l'information
- Travailler en collaboration

Matériel

Articles suggérés :

- des billes ou de petites pierres
- du ruban à masquer
- de la pâte à modeler
- du papier (des feuilles ou du papier à calculatrice)
- des trombones
- des assiettes et des verres de carton
- des crayons
- des morceaux de bois
- des élastiques
- une boîte à chaussures
- une boîte de conserve ou un récipient cylindrique
- des ressorts
- de la ficelle
- des rondelles
- de l'eau

Omnitruc

Pour obtenir de l'information sur la façon de concevoir une expérience, consulte l'Omnitruc 2.

Dans cette activité, tu concevras et fabriqueras un sismographe.

Question

Comment concevoir un instrument qui détecte les mouvements ?

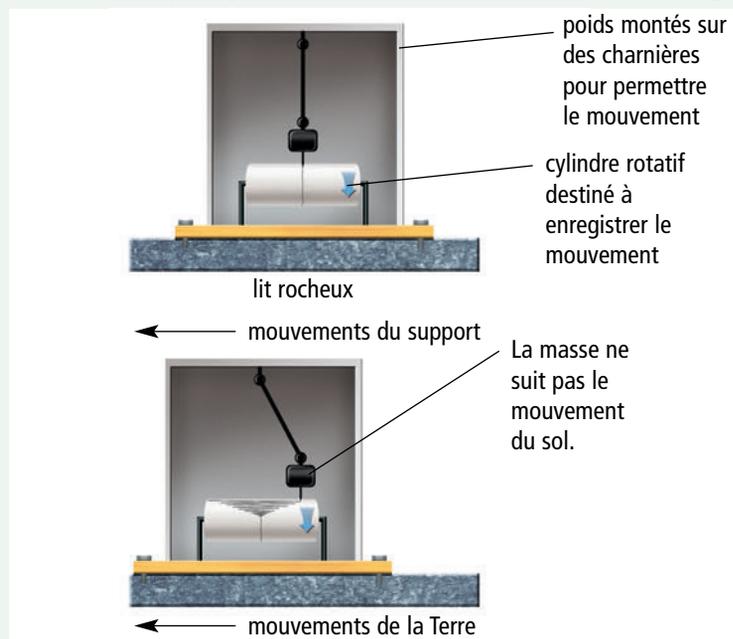
Marche à suivre

1. En équipe de deux, faites le plan d'un sismographe.
2. Vous pouvez combiner n'importe quels éléments de la liste ci-contre, ou encore utiliser d'autres objets approuvés par votre enseignante ou votre enseignant.
3. Dessinez un plan et identifiez ses diverses parties. Demandez à votre enseignante ou à votre enseignant de donner son approbation, puis commencez à construire votre sismographe.
4. Évaluez votre appareil. Par la suite, faites les ajustements ou les améliorations nécessaires. Notez les changements que vous avez effectués et justifiez-les.
5. Faites une démonstration aux autres élèves, puis comparez votre sismographe avec ceux des autres.
6. Discute avec ta ou ton camarade des comparaisons que vous avez faites, puis notez-les.



Conclusion et mise en pratique

1. Votre sismographe a-t-il bien fonctionné ?
2. Après avoir comparé votre sismographe à celui des autres groupes, quels changements pourriez-vous apporter à votre appareil pour l'améliorer ?
3. Quel a été votre plus grand défi dans la conception d'un sismographe ?



Les tremblements de terre et les volcans

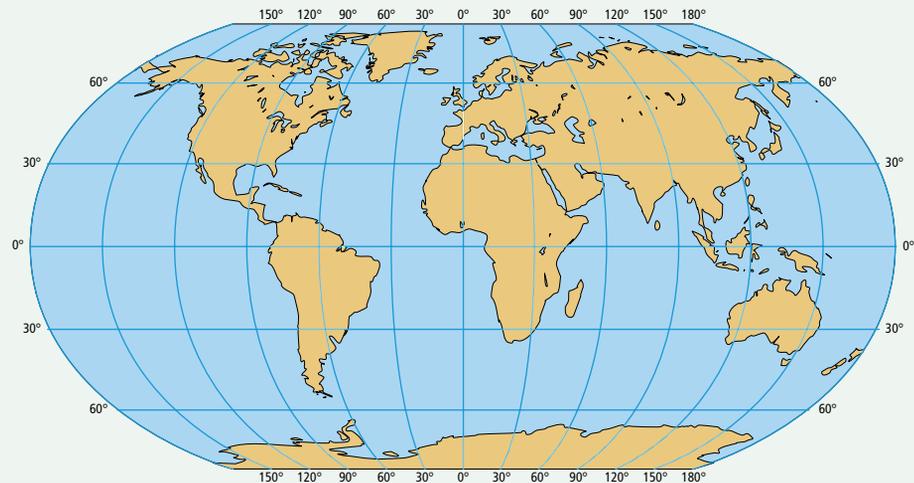
Vérifie tes habiletés

- Faire une représentation graphique
- Communiquer ses résultats
- Expliquer le fonctionnement d'un système
- Évaluer l'information

Matériel

- une carte du monde indiquant la latitude et la longitude
- trois crayons de couleur : un bleu, un rouge et un vert

Au cours de cette activité, tu noteras sur la carte l'emplacement de tremblements de terre, de volcans et des frontières des plaques à l'aide des latitudes et des longitudes. Par la suite, tu détermineras les caractéristiques des tremblements de terre et des volcans par rapport à l'emplacement des frontières des plaques.



Marche à suivre

1. Utilise les tableaux qui apparaissent à la page suivante ou trouve ta propre liste de séismes et de volcans dans Internet.
2. Indique l'emplacement des tremblements de terre par des points bleus sur ta carte du monde.
3. Indique l'emplacement des volcans en rouge.
4. Indique l'emplacement des frontières des plaques en vert.
5. Sur ta carte, dessine une légende et donne la signification de chaque symbole.



Analyse

1. La plupart des tremblements de terre se produisent-ils près des volcans ? Justifie ta réponse.
2. Décris les caractéristiques des tremblements de terre, des volcans et des frontières des plaques dans l'océan Pacifique ou près de celui-ci.
3. Les caractéristiques qui se dégagent de l'océan Atlantique ressemblent-elles à celles de l'océan Pacifique ? Justifie ta réponse.
4. En Amérique du Nord, où surviennent la plupart des tremblements de terre ?
5. Décris les autres endroits où il semble se produire un grand nombre de séismes.

Tremblements de terre dans le monde entier

Longitude	Latitude	Emplacement
72° O	33° S	Valparaiso, Chili
78° E	44° N	Tien Shan, Chine
105° E	36° N	Kansu, Chine
140° E	36° N	Tokyo, Japon
102° E	37° N	Nan Shan, Chine
85° E	28° N	Bihar, Inde
39° E	35° N	Erzincan, Turquie
136° E	36° N	Fukui, Japon
133° O	54° N	Archipel de la Reine-Charlotte, Canada
97° E	29° N	Assam, Inde
3° E	35° N	Agadir, Maroc
48° E	38° N	Nord-ouest de l'Iran
147° O	61° N	Seward, Alaska
57° E	30° N	Sud de l'Iran
87° O	12° N	Managua, Nicaragua
92° O	15° N	Centre du Guatemala
118° E	39° N	Tangshan, Chine
40° E	40° N	Turquie orientale
68° O	25° S	Nord-ouest de l'Argentine
78° O	1° N	Frontière Équateur-Colombie
137° O	37° N	Honshu, Japon
102° O	18° N	Ouest du Mexique
45° E	41° N	Nord-ouest de l'Arménie
122° O	37° N	San Francisco, Californie
135° E	35° N	Kobe, Japon
122° E	47° N	Nisqually, États-Unis
58° E	29° N	Bam, Iran
95° E	3° N	Sumatra, Indonésie

Les volcans du monde entier

Longitude	Latitude	Emplacement
122° O	46° N	Mont Saint Helens, États-Unis
123° O	50° N	Garibaldi, Canada
130° E	32° N	Unzen, Japon
25° O	39° N	Fayal, Açores
29° E	1° S	Nyiragongo, Zaïre
152° O	60° N	Redoubt, États-Unis
102° O	19° N	Parícutin, Mexique
156° O	19° N	Mauna Loa, États-Unis
140° E	36° S	Tarwera, Australie
20° O	63° N	Heimaey, Islande
14° E	41° N	Vésuve, Italie
78° O	1° S	Cotopaxi, Équateur
25° E	36° N	Santorini, Grèce
123° E	13° N	Mayon, Philippines
93° O	17° N	Fuego, Mexique
105° E	6° S	Krakatoa, Indonésie
132° O	57° N	Edziza, Canada
74° O	41° S	Osorno, Chili
138° E	35° N	Fujijama, Japon
15° E	38° N	Etna, Sicile
168° O	54° N	Bogoslov, États-Unis
121° O	40° N	Lassen Peak, Californie
60° O	15° N	Mont Pelée, Martinique
70° O	16° S	El Misti, Pérou
90° O	12° N	Coseguina, Nicaragua
122° O	49° N	Mont Baker, États-Unis
121° E	15° N	Pinatubo, Philippines

Conclusion et mise en pratique

1. Selon ce que tu as pu observer, quelles conclusions tirerais-tu sur l'emplacement des tremblements de terre et des volcans ?
2. Si tu étais une ou un scientifique, quelle hypothèse formulerais-tu à propos de l'emplacement des volcans et des séismes sur la croûte terrestre ?

Explorer les profondeurs

Imagine un instant le fond de l'océan, à des centaines de mètres sous la surface de l'eau. Il fait froid et noir, et la pression exercée par les couches d'eau est énorme. Comment recueillir des données sur la croûte océanique s'il s'agit d'un endroit si dangereux ?

Heureusement, les dangers d'explorer les fonds marins sont bien moindres grâce à une invention bien de chez nous. En effet, le ROPOS (*Remotely Operated Platform for Ocean Science*) est un véhicule piloté à distance, fabriqué et utilisé au Canada. Il peut atteindre des profondeurs pouvant aller jusqu'à 5000 m sous la surface de l'eau. Le ROPOS, qui a la taille d'une petite voiture, est attaché au bateau-mère puis plongé dans la mer dans une grande cage. Lorsque la cage s'approche du fond, elle libère l'appareil.

Depuis la salle de contrôle située sur le bateau-mère, l'équipe de pilotes et de techniciens du ROPOS peut effectuer une grande variété d'explorations scientifiques. Des images en direct des fonds marins sont transmises à l'équipe grâce aux caméras installées sur l'appareil et aux câbles optoélectriques branchés aux moniteurs situés dans la salle de contrôle. En dirigeant les deux bras robotisés du ROPOS, il est même possible de recueillir des spécimens vivants dans ces profondeurs ainsi que des échantillons géologiques. De plus, l'équipe peut savoir la température de l'eau grâce aux sondes de l'appareil.

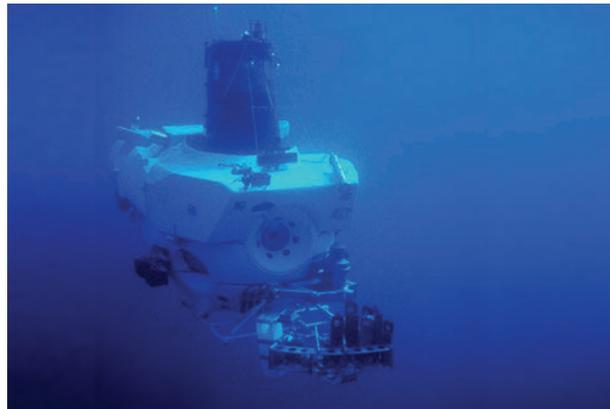
L'équipe dirige le ROPOS et sa cage à l'aide d'un système de localisation par sonar et par satellite (système GPS). Ce système de navigation est précis et permet à l'équipe du ROPOS d'étudier des endroits jusqu'alors inexplorés.

Le ROPOS et d'autres véhicules des profondeurs (par exemple, le submersible *Alvin*) ont été utilisés pour explorer et filmer les fonds marins, et pour y

recueillir des échantillons d'eau provenant des bouches hydrothermales du fond océanique. Les données amassées par ce type de véhicules ont permis aux scientifiques d'en apprendre davantage sur les volcans sous-marins, sur l'expansion des fonds marins et sur les plaques tectoniques. Et tout cela sans même se mouiller le bout d'un orteil !



Le ROPOS est plongé dans l'eau dans une cage de métal.



Le submersible *Alvin* a été utilisé pour explorer l'épave du *RMS Titanic*.

Questions

1. Pourquoi les fonds marins sont-ils un lieu dangereux pour les humains ?
2. Quelles sont les trois activités du ROPOS ?
3. Comment le ROPOS est-il dirigé ?

Vérifie ce que tu as compris

Des concepts à retenir

1. Définis le mot *tremblement de terre*.
2. Explique comment on mesure un tremblement de terre.
3. Décris le mouvement des roches :
 - a) d'une faille normale,
 - b) d'une faille inverse,
 - c) d'une faille transformante.
4. Quelle est la différence entre le foyer et l'épicentre d'un tremblement de terre ?
5. Définis le mot *volcan*.
6. Nomme les trois environnements où se forment le plus souvent les volcans ?
7. Où apparaissent la majorité des volcans ?
8. Où se trouve la ceinture de feu ?
9. Regarde cette photographie. Ces immeubles étaient situés à une bonne distance de l'épicentre d'un tremblement de terre qui est survenu non loin de San Francisco. Qu'est-ce qui a causé de tels dommages ?



Des concepts clés à comprendre

10. Pourquoi y a-t-il bien moins de tremblements de terre à Terre-Neuve-et-Labrador qu'en Colombie-Britannique ?
11. Un tremblement de terre d'une magnitude de 5,4 sur l'échelle de Richter survient en Alaska. Au même moment survient un tremblement de terre d'une magnitude de 5,3 en Californie. Où le séisme a-t-il été le plus fort ? En Alaska ou en Californie ?
12. Recopie le tableau suivant dans ton cahier de notes, puis remplis les cases blanches.

	Quelles sont les ressemblances ?	Quelles sont les différences ?
Emplacements des séismes et des volcans		
Causes des séismes et des volcans		

13. Pourquoi est-il plus facile de prédire *où* aura lieu un séisme que *quand* il aura lieu ?
14. En quoi les volcans expliquent-ils la théorie de la tectonique des plaques ?

Pause réflexion

Une marée anormalement basse peut annoncer un tsunami. Pourquoi, à ton avis ?

11.3 La formation des montagnes et l'échelle des temps géologiques

Mots clés

échelle des temps
géologiques
fossile
pli

Le déplacement des plaques tectoniques entraîne, près de leurs frontières, une augmentation de la température et de la pression. La hausse de pression peut faire en sorte que la roche plie et se fissure, formant ainsi de nouvelles montagnes. Parfois, il arrive que la chaleur fasse fondre la roche et que naisse alors un volcan. Il y a des millions d'années, trois masses continentales se sont rejointes pour ne former qu'une seule région : l'île de Terre-Neuve. L'échelle des temps géologiques est la division de l'histoire en petites unités et elle est basée sur l'apparence des formes de vie présentes. Les fossiles sont des empreintes laissées par des organismes autrefois vivants.

Combien de fois as-tu entendu cette phrase : « C'est fou comme tu as grandi ! » ? As-tu déjà pensé que le même genre de commentaire pouvait être fait à propos des montagnes ? D'ailleurs, comment naissent les montagnes ? Quelles montagnes continuent de grandir ? Et pourquoi arrêtent-elles de grandir un jour ? Voilà des questions que se posent les scientifiques pour résoudre les mystères de la croûte terrestre.

La formation des montagnes dure bien des années et elle est à l'origine de certaines des plus belles images du monde (voir la figure 11.28). Chaque chaîne de montagnes a une histoire géologique fascinante et unique grâce aux plaques tectoniques sur lesquelles elle repose.

Le savais-tu ?

Les montagnes dont le haut est dentelé sont jeunes. En effet, celles qui sont plus rondes sont plus vieilles. Dans l'Himalaya, le mont Everest continue de grandir, tout comme toi. Par contre, la chaîne de montagnes des Appalaches est plus vieille et elle est en train de s'user.

Figure 11.28 L'étang Western Brook est une destination populaire dans les montagnes du Long Range, sur l'île de Terre-Neuve.



Au cours de cette activité, tu feras une maquette qui illustre comment les couches de roche sédimentaire deviennent des montagnes.

Matériel

- trois feuilles de mousse de polystyrène flexibles de couleurs différentes

Ce que tu dois faire

- Empile les feuilles de mousse de polystyrène les unes par-dessus les autres.
- Place tes mains de chaque côté de la pile, puis pousse.



Qu'as-tu découvert ?

- Qu'est-il arrivé à la mousse de polystyrène lorsque tu as appliqué une pression de chaque côté de la pile ?
- Qu'arrive-t-il aux objets flexibles lorsqu'ils sont comprimés ?
- Émets une hypothèse : une roche peut-elle plier ?
 - Sur quels faits t'appuies-tu ?
- Si tu avais fait une faille (une fissure) dans les couches superposées avant d'exercer une pression, en quoi tes résultats seraient-ils différents ?

Des pierres sous pression

À l'origine, la plupart des montagnes étaient de vastes étendues de terre qui ont été soulevées à la suite du mouvement des plaques tectoniques ou de leur réchauffement. La roche sédimentaire soumise à une pression qui augmente de façon lente et graduelle se pliera ou se fissurera pour former une faille. Un **pli** est une ondulation des couches rocheuses, alors qu'une faille est une fissure dans cette même couche de roche.

Chaîne plissée : Lorsque les plaques tectoniques entrent en collision dans un mouvement de convergence, la roche est soumise à une forte augmentation de la température et de la pression (voir la figure 11.29). Il est même possible que les roches plient si elles atteignent une température suffisamment élevée pour les rendre aussi malléables que du caoutchouc. Pendant la formation d'un pli, il se peut qu'une partie de la roche sédimentaire se transforme en roche métamorphique. Les montagnes de l'Himalaya se sont d'ailleurs formées de cette façon, lorsque la plaque indo-australienne est entrée en collision avec la plaque eurasiennne. Les Appalaches sont aussi un exemple de chaîne plissée.

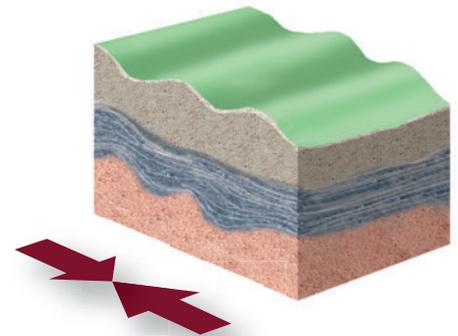


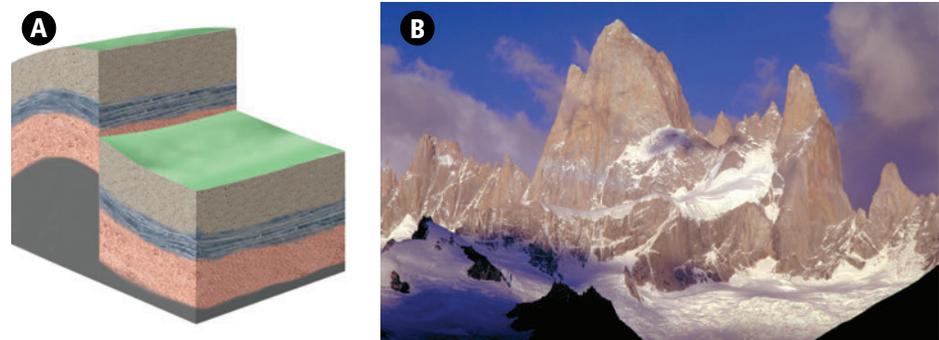
Figure 11.29A Une chaîne plissée



Figure 11.29B Avec ton doigt, trace le contour des couches sédimentaires du mont Kidd, en Alberta. Quelles forces peuvent bien déformer et plier une montagne ?

Chaîne de blocs faillés: Il arrive parfois que la roche de la croûte terrestre soit trop fragile pour plier. Ainsi, lorsqu'elle est soumise à une hausse de pression, elle se brise, ce qui entraîne la formation d'une faille. Une faille peut être le résultat de la compression ou de l'étirement de l'écorce terrestre. Si les côtés de la roche sédimentaire sont comprimés, il est fort possible qu'elle forme des blocs qui se soulèvent et s'empilent comme les bardeaux sur un toit. Cette opération se nomme le *pli par chevauchement*. Par contre, si l'écorce terrestre est étirée, les blocs peuvent basculer ou encore glisser vers le bas. Ainsi, la roche la plus vieille peut se retrouver par-dessus la nouvelle roche. Ces immenses morceaux de roche forment des montagnes qui portent le nom de chaîne de blocs faillés (voir la figure 11.30).

Figure 11.30 (A) Une chaîne de blocs faillés (B) Les Andes, en Amérique du Sud, sont un exemple de chaîne de blocs faillés.



Éruptions volcaniques: Une montagne peut aussi se former lorsqu'il y a convergence des plaques continentales ou océaniques (voir la figure 11.31A). Les plaques continentales sont plus légères que les plaques océaniques et « flottent » au-dessus de ces dernières. La roche en fusion jaillit sous les plaques qui se chevauchent et soulève les montagnes. Lorsque le magma est poussé par la pression interne de la Terre, il lève la couche de roche, créant ainsi du relief à la surface de la croûte terrestre. Il est également possible que la roche en fusion jaillisse à la surface de l'écorce terrestre sous forme d'éruption volcanique. Les montagnes en forme de dôme sont de larges montagnes rondes formées à la suite du soulèvement des couches de roche (voir la figure 11.31B).

Figure 11.31A Si les plaques qui convergent sont toutes deux continentales, leurs extrémités se froisseront et formeront des montagnes (A). Cependant, si une plaque océanique glisse sous une plaque continentale, une partie de la roche fondra pour former un volcan ou une chaîne de montagnes (B).

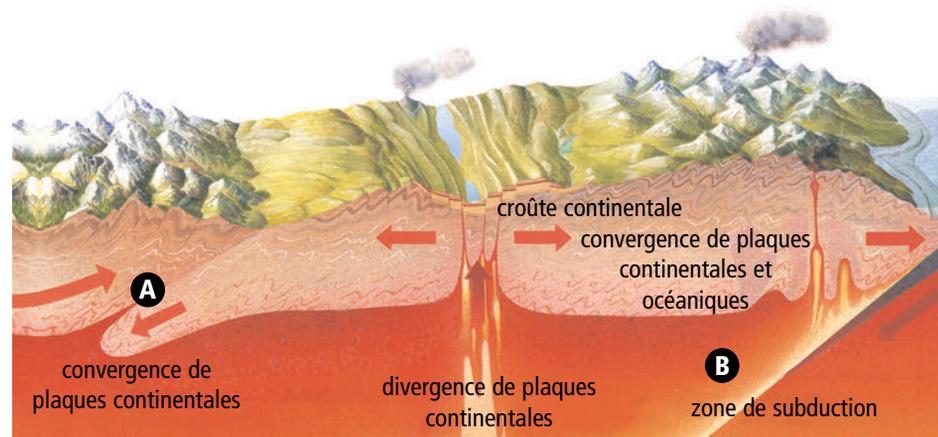




Figure 11.31B Le mont Saint Helens (au premier plan) et le mont Adams (à l'arrière-plan) sont deux exemples de montagnes en forme de dôme.

À la figure 11.32, tu peux voir l'emplacement des plus grosses chaînes de montagnes du monde. Pour revoir l'emplacement des chaînes de montagnes du fond océanique, retourne consulter la figure 11.11.

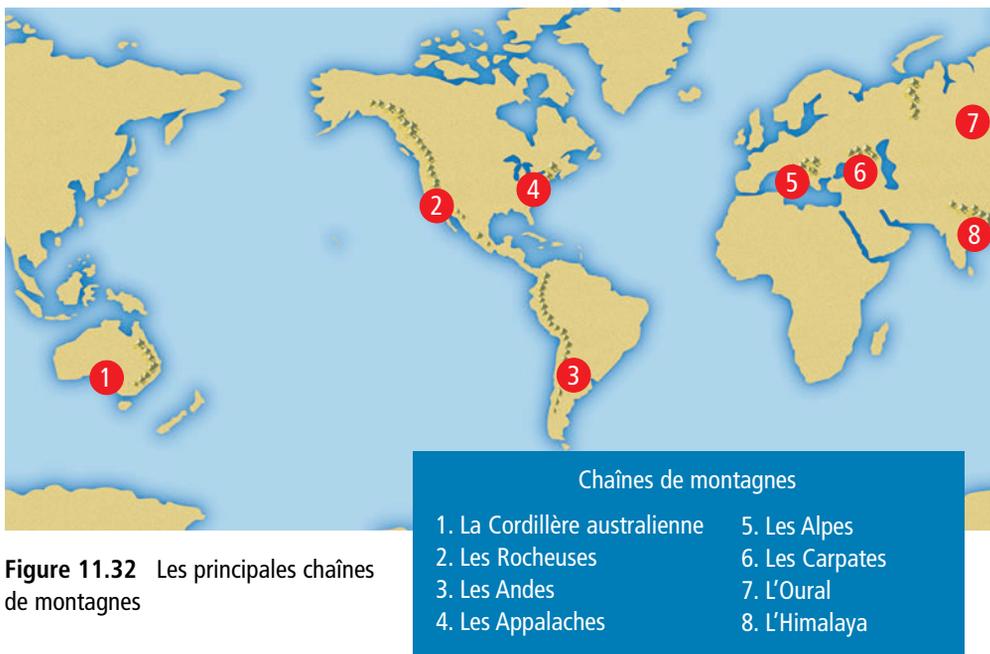


Figure 11.32 Les principales chaînes de montagnes

Vérifie ta lecture

1. Comment se forment les chaînes plissées ?
2. Comment se forment les chaînes de blocs faillés ?
3. Où peut-on trouver des montagnes qui sont aussi des volcans ?



Lien

Internet

Dans le parc national du Canada Gros-Morne, certaines caractéristiques géologiques qui sont habituellement ancrées profondément sous terre refont surface. Ce parc a été déclaré patrimoine mondial par l'UNESCO afin de préserver son paysage géologique unique. Pour en apprendre davantage sur le parc national du Canada Gros-Morne, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes. www.cheneliere.ca



Figure 11.33 Montagne à sommet plat

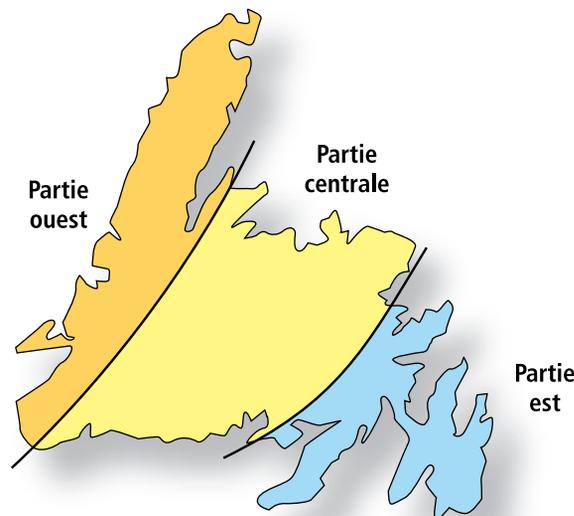
Assembler les morceaux d'un casse-tête nommé Terre-Neuve

Te souviens-tu de la Pangée, ce supercontinent formé par le rassemblement de tous les continents? Il se pourrait bien que l'île de Terre-Neuve se soit trouvée presque au centre de cet ancien continent. Selon cette théorie, les continents en mouvement auraient convergé pour former une immense chaîne de montagnes comprenant nos Appalaches, dont les montagnes du Long Range font partie. Quand la Pangée s'est brisée, une partie de la chaîne est devenue l'extrémité est de l'Amérique du Nord et une autre partie, les extrémités nord et ouest de la Bretagne et de la Norvège.

De nos jours, des preuves de la collision et du mouvement des continents peuvent être trouvées un peu partout dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador. Par exemple, dans le parc national du Canada Gros-Morne, on peut trouver d'immenses blocs de pierre qui composaient autrefois le fond océanique. Ces blocs ont été soulevés et ont formé une montagne à sommet plat (voir la figure 11.33).

Pour former l'île de Terre-Neuve, trois types de roche se sont assemblés. Tu peux en voir une illustration à la figure 11.34. La roche la plus ancienne est âgée de plus d'un milliard d'années et se situe principalement dans la partie ouest. La partie centrale est composée de débris d'îles volcaniques dont sont faites les montagnes du Long Range et du Topsail. La roche dans la partie la plus à l'est a des points communs avec celle que l'on trouve en Afrique et en Europe, ce qui nous fait reculer 200 millions d'années en arrière, quand l'Afrique et l'Amérique du Nord ont commencé à se séparer.

Figure 11.34 L'île de Terre-Neuve peut être séparée en trois parties distinctes selon l'origine de la roche dont le sol est composé.



Les fossiles

La roche qui se trouve sous Terre-Neuve-et-Labrador peut fournir bien des indices sur l'évolution de la Terre. D'ailleurs, des scientifiques de partout viennent y faire des recherches. Notre province possède certains des plus anciens types de roches et de fossiles. Un **fossile** est une empreinte laissée par un organisme qui a vécu il y a très longtemps. Certains fossiles sont conservés sous forme de pellicule sur une roche alors que d'autres sont pétrifiés (transformés en pierre). On peut aussi trouver des restes d'organismes prisonniers dans la glace ou encore des traces, comme des empreintes, laissées dans de la boue devenue pierre avec les années.

Parmi les fossiles les plus communs, il y a celui du trilobite, que l'on peut trouver partout autour du globe. Il s'agit d'une espèce d'arthropode maintenant disparue. Les trilobites qui vivaient dans la partie ouest de l'île de Terre-Neuve proviennent d'une espèce vivant dans une eau chaude et peu profonde, alors que ceux retrouvés dans la péninsule Avalon viennent d'une espèce vivant dans une eau froide et profonde. Ces fossiles sont la preuve que plusieurs types de roche provenant de divers endroits ont un jour été jointes et sont à l'origine de l'île de Terre-Neuve.

L'échelle des temps géologiques

Quel âge ont les fossiles de la région de Terre-Neuve-et-Labrador? Et quel âge a la Terre? La figure 11.36, à la page suivante, illustre les grandes époques de l'échelle des temps géologiques. **L'échelle des temps géologiques**, c'est en fait la division de l'histoire en petites unités, et elle est basée sur l'apparence des formes de vie présentes sous forme de fossiles. Parmi ces formes de vie, il y a notamment les formes de vie simple, les dinosaures et les mammifères.

Apparemment, notre planète serait née il y a environ 4,6 milliards d'années. Tu remarqueras, à la figure 11.36, que la vie humaine sur Terre ne représente qu'une infime partie de l'échelle des temps géologiques. Il est très difficile d'imaginer ce que représentent 4,6 milliards d'années. Si tu veux, on peut comparer cela à une journée de 24 heures. Ainsi, la vie humaine ne serait apparue il n'y a qu'une seconde.



Figure 11.35 Cette espèce de trilobite, le *Paradoxides dividis*, provient de la gorge de la Manuels River, dans la péninsule Avalon. Nos araignées ainsi que les autres insectes que nous connaissons sont de lointains cousins de cette ancienne espèce de trilobites.

Le savais-tu ?

De jeunes Canadiens font d'importantes découvertes ! À Terre-Neuve-et-Labrador, en 1967, un étudiant de la Memorial University, S.B. Misra, découvre des fossiles édiacariens à Mistaken Point. En Colombie-Britannique, en 1988, une jeune fille de 12 ans découvre le premier squelette de dinosaure en sol canadien ; en 2000, deux garçons âgés de huit et onze ans qui s'amusaient près d'un cours d'eau, découvrent une empreinte de dinosaure non loin de la municipalité de Tumbler Ridge.

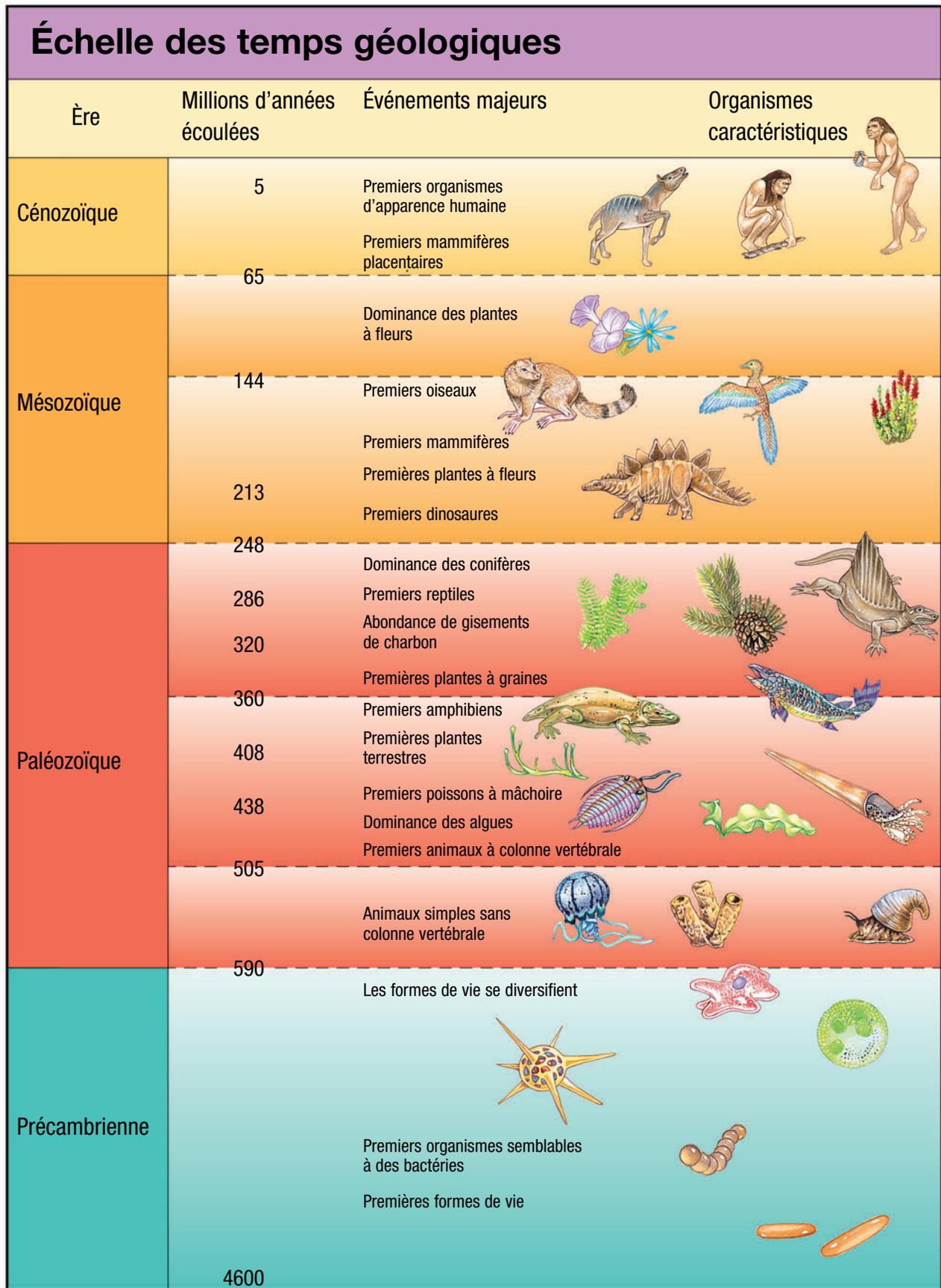


Figure 11.36 Observe les événements majeurs qui sont survenus durant chaque ère. (i) Ère précambrienne : formation de la Terre et apparition des premières formes de vie simples ; (ii) ère paléozoïque : apparition de formes de vie plus complexes ; (iii) ère mésozoïque : apparition et extinction des dinosaures ; (iv) ère cénozoïque : apparition de l'être humain.

La liste des fossiles

L'ère la plus longue est l'ère précambrienne, qui a duré environ quatre milliards d'années. Pendant pratiquement toute sa durée, la vie était microscopique. Cependant, vers la fin du précambrien, des organismes plus complexes appelés édiacariens font leur apparition dans la liste documentée des fossiles. Parmi les fossiles les plus vieux et dans le meilleur état figurent les fossiles d'édiacariens de Mistaken Point, dans la péninsule Avalon (voir la figure 11.37). Ces fossiles ont été conservés sous un lit de cendres volcaniques. La communauté de Mistaken Point contribue à la préservation des fossiles de la région et aide les scientifiques dans leur chasse aux découvertes.

L'apparence des fossiles présents dans les couches de roche a fourni bien des indices importants quant à l'âge de la Terre et à son évolution. Par exemple, la disparition des dinosaures de la liste des fossiles a marqué la fin du mésozoïque et le début de l'ère cénozoïque, il y a de cela 65 millions d'années.

Les fossiles fournissent aussi des preuves que la théorie de la tectonique des plaques est valable. En 1884, Joseph Burr Tyrrell, alors âgé de 24 ans, remarque un objet de couleur brune qui pointe sur le rivage de la rivière Red Deer, en Alberta (voir la figure 11.38). Avec ses mains et son marteau de géologue, il entreprend de déterrer l'objet pour se rendre compte qu'il s'agit du squelette d'un dinosaure. Sans le savoir, il venait de découvrir le plus important fossile de dinosaure du monde et de prouver que le climat en Alberta a déjà été bien plus chaud.



Figure 11.37 Le fossile d'un édiacarien trouvé dans la région de Mistaken Point



Lien

Internet

Les plus récentes découvertes de fossiles d'édiacariens et d'autres preuves de la présence de vie à l'ère précambrienne sont à l'origine de quelques changements dans l'échelle des temps géologiques. Pour en apprendre davantage sur cette nouvelle version de l'échelle, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.

www.cheneliere.ca



Figure 11.38A Joseph Burr Tyrrell (1858-1957)

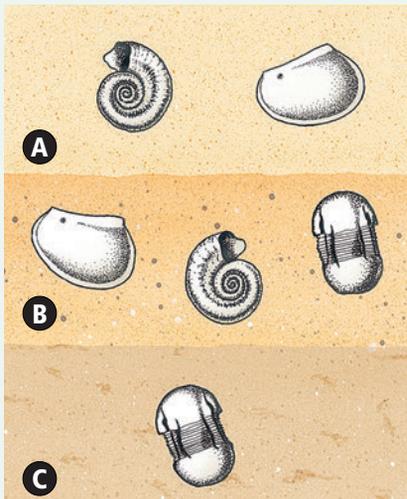


Figure 11.38B L'albertosaure fait partie des nombreuses découvertes de Joseph Burr Tyrrell.

Dans cette activité, tu tenteras de découvrir comment les fossiles permettent de déterminer l'âge d'une couche de roche.

Ce que tu dois faire

1. Observe attentivement l'image ci-dessous. Tu peux voir trois couches de roche sédimentaire ainsi que les fossiles qu'elles contiennent.



2. Le tableau suivant te permettra d'identifier les fossiles apparaissant sur la figure précédente. Les flèches verticales t'indiquent à quelle époque l'organisme a vécu.

286	↑		
320			↑
360			
408	↓		
438		↑	↑
505			↓
Millions d'années écoulées			
	<i>Euomphalus</i>	<i>Iliaenus</i>	<i>Leperditia</i>

3. Identifie l'époque à laquelle chaque couche de roche aurait pu être formée.

Qu'as-tu découvert ?

1. À quelle époque la couche de roche A aurait-elle pu être formée ?
2. À quelle époque la couche de roche B aurait-elle pu être formée ?
3. À quelle époque la couche de roche C aurait-elle pu être formée ?

Sur le Web

Pour en apprendre davantage sur les fossiles que l'on retrouve à Terre-Neuve-et-Labrador, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.
www.cheneliere.ca

Vérifie ta lecture

1. Qu'est-ce qu'un fossile ?
2. Sur quoi s'appuient les divisions de l'échelle des temps géologiques ?
3. En quoi les fossiles peuvent-ils nous aider à comprendre davantage notre planète ?
4. Quel est l'âge approximatif de la Terre ?

Imagine que tu puisses te transporter à des millions d'années dans le passé ou dans le futur. Crois-tu que tu pourrais reconnaître la région où tu habites maintenant ? Au cours de cette activité, tu décriras les changements qu'a connus une région en particulier, ainsi que ceux qu'elle pourrait connaître avec le temps.

Ce que tu dois faire

1. Divisez-vous en équipes. Ton enseignante ou ton enseignant assignera à chaque équipe une période de l'échelle des temps géologiques ainsi qu'une région canadienne à étudier.
2. Déterminez de quelle manière vous présenterez les renseignements que vous avez trouvés. Il pourrait s'agir d'une murale, d'une ligne du temps ou autre.
3. Décidez du rôle de chacun pour les étapes de recherche, de préparation et de présentation de votre information.



4. Effectuez des recherches qui vous permettront de découvrir à quoi la terre, les plantes et les animaux (s'il y en avait) ressembleraient dans la région que vous étudiez, à l'époque qui vous a été assignée. Décrivez la région telle qu'elle est de nos jours, puis essayez de prédire à quoi elle pourrait ressembler dans des millions d'années.
5. Préparez votre présentation et communiquez vos résultats aux élèves de votre classe.

Qu'as-tu découvert ?

1. Qu'as-tu trouvé le plus difficile au cours de ton étude du passé ?
2. En quoi ta région a-t-elle changé depuis l'époque que tu as étudiée ?
3. De quels facteurs as-tu tenu compte lorsque tu as essayé de prédire à quoi ressemblerait ta région dans le futur ?



Les géologues étudient l'évolution des roches. Pour être telles qu'elles le sont aujourd'hui, elles ont dû vivre une aventure de plusieurs millions d'années. De nombreux géologues canadiens se sont fait connaître et sont devenus de véritables vedettes du « roc » en raison des découvertes qu'ils ont faites. Grâce à eux, nous pouvons comprendre davantage la croûte terrestre. Dans cette activité, tu choisiras un géologue canadien et tu trouveras des renseignements sur sa contribution à la science. Ensuite, tu présenteras les données que tu as recueillies à ta classe.

Ce que tu dois faire

1. Choisis un géologue canadien qui apparaît sur la liste ci-contre ou en faisant tes propres recherches.
2. Essaie de découvrir en quoi son apport nous a permis d'en apprendre davantage sur l'écorce terrestre.



Frank Dawson Adams	William Logan
Helen Belyea	Albert Peter Low
Steve Blasco	Lawrence Whitaker Morley
George Dawson	Alexander Murray
J. William Dawson	Guy Narbonne
Herb Dragert	F. Fitz Osbourne
Catherine Hickson	Ann Sabina
James P. Howley	Alice Wilson

3. Détermine de quelle manière tu présenteras les renseignements que tu as trouvés. Par exemple, tu pourrais faire une affiche, écrire un poème, préparer des diapositives ou encore fabriquer une brochure. Ou bien, toute la classe pourrait faire une ligne du temps qui illustre l'évolution de notre compréhension de la structure de la Terre.

Dans cette activité, tu fabriqueras une maquette qui représente la formation d'une montagne en forme de dôme et d'autres éléments faits à partir de magma.

Consignes de sécurité



- Fais attention de ne pas te blesser avec les ciseaux.

Matériel

- des ciseaux
- un verre de plastique transparent
- 125 mL de terre
- un tube de dentifrice

Ce que tu dois faire

1. Choisis une coéquipière ou un coéquipier.
2. Avec les ciseaux, découpez un trou au centre du verre de plastique, dans le fond. Assurez-vous que le trou soit suffisamment gros pour laisser passer le bout du tube de dentifrice.
3. Bouchez le trou avec le doigt, puis remplissez le verre de terre.
4. Enlevez le bouchon du tube de dentifrice, insérez le bout dans le trou situé au fond du verre, en passant par en-dessous.
5. Une personne tient le verre pendant que l'autre personne écrase le tube afin de verser le dentifrice dans le verre.
6. Observez ce qui arrive à la terre.



Qu'as-tu découvert ?

1. En quoi cette expérience ressemble-t-elle à la formation des montagnes en forme de dôme ?
2. a) Selon toi, qu'arriverait-il si tu ajoutais de petites pierres sur le dessus de la terre avant d'écraser le tube de dentifrice ?
b) En quoi les résultats que tu as obtenus sont-ils semblables à ce qu'il advient de la croûte terrestre ?
3. Au chapitre 10, tu as appris la différence entre la roche intrusive et la roche extrusive. Si le dentifrice se solidifiait, quel type de roche représenterait-il ? Justifie ta réponse.



Vérifie tes habiletés

- Classifier
- Construire un modèle
- Expliquer le fonctionnement d'un système
- Évaluer l'information

Matériel

- une carte du monde que ton enseignante ou ton enseignant te donnera
- trois crayons de couleurs différentes
- un atlas ou un autre document qui donne l'emplacement des montagnes

Qu'est-ce qu'une montagne ? Le terme *montagne* n'est pas simple à définir, car les montagnes peuvent se former de tant de façons différentes. Dans cette activité, tu étudieras l'emplacement d'un bon nombre de chaînes de montagnes. Par la suite, tu créeras une légende pour qu'il soit possible de distinguer les diverses montagnes selon leur mode de formation.

Question

Qu'est-ce qui a entraîné la formation des plus grosses chaînes de montagnes du globe ?

Marche à suivre

1. Trouve où sont situées les plus importantes chaînes de montagnes dans le monde. N'oublie pas celles qui sont au fond de l'océan.
2. Classe les montagnes selon leur mode de formation.
3. Choisis une couleur différente pour chaque type de montagne.
4. Identifie l'emplacement du plus grand nombre de chaînes de montagnes possible sur ta carte du monde.
5. Ajoute une légende qui explique ce que représentent les couleurs que tu as utilisées.
6. Il y a sûrement des montagnes dont tu n'es pas capable d'expliquer l'origine, alors formule une hypothèse sur leur formation.



Analyse

1. Pour classer les divers types de montagnes, quel système as-tu utilisé ? Pourquoi ?
2. Où se trouvent la plupart des chaînes de montagnes ?
3. a) Compare ta carte à celle des volcans de la figure 11.27 de la page 384. Quelles ressemblances remarques-tu entre l'emplacement des chaînes de montagnes et l'emplacement des volcans ?
b) En quoi l'activité volcanique contribue-t-elle à la formation des montagnes ?

Conclusion et mise en pratique

1. a) Compare l'emplacement des chaînes de montagnes avec les frontières des plaques tectoniques.
b) Y a-t-il des exceptions ? Lesquelles ?
2. Nomme au moins trois modes de formation des montagnes.
3. a) Essaie de prédire où se formeront les montagnes au cours des 3 ou 4 millions d'années à venir.
b) Sur quoi t'appuies-tu pour faire une telle prédiction ?
4. Rédige une définition du mot *montagne*.

Suivre le fil de tous ces zéros

Le temps géologique s'étire sur une très longue période. Nous mesurons nos vies en jours, en semaines et en années, mais ce n'est vraiment rien comparé aux 4 600 000 000 d'années de la Terre. Il arrive parfois que les nombres de l'échelle des temps géologiques soient difficiles à écrire sur une feuille de papier. Imagine quand vient le temps de les utiliser dans des calculs ! Avec tous ces zéros, il est facile de s'y perdre.

Les scientifiques ont trouvé un moyen de réduire le nombre de zéros tout en en suivant le fil. Pour ce faire, ils ont recours à la notation scientifique. Grâce à cette notation, il est possible d'exprimer de très grands nombres, ou de très petits, de façon plus courte. Il est ainsi plus facile d'effectuer des calculs précis et de comparer plusieurs nombres entre eux.

La notation scientifique comporte deux parties : un *coefficient* et une *base*. Le coefficient est un chiffre qui se situe entre 1 et 10 alors que la base est exprimée à la puissance 10. Voici la façon générale d'écrire un nombre à l'aide de la notation scientifique :

$N \times 10^x$ N = un chiffre plus grand ou égal à 1 et moins grand que 10 (coefficient)

x = l'exposant, ou la puissance 10

10^x = la base

Grâce à la notation scientifique, il est plus facile d'utiliser des nombres très élevés parce que les zéros sont compris dans l'exposant. Ainsi :

100 devient $1,0 \times 10^2$

1000 devient $1,0 \times 10^3$

1 000 000 devient $1,0 \times 10^6$

Et si l'on écrivait l'âge de la Terre à l'aide de la notation scientifique ?

Ainsi 4 600 000 000 d'années deviennent $4,6 \times 10^9$ ans

Remarque bien qu'il y a huit zéros dans le nombre, mais que l'exposant, ou puissance 10, est neuf. C'est ainsi parce que l'exposant représente le nombre de chiffres à

la droite du premier chiffre (4 dans le cas présent), qu'ils soient des zéros ou pas.

En outre, les géologues, les paléontologues et les astronomes utilisent les abréviations « Ma » et « Ga » lorsqu'ils utilisent de très grands nombres. L'abréviation « Ma » signifie « million d'années » et, tout comme Ga (qui signifie « milliard d'années »), elle est utilisée comme une unité de mesure du temps. Ainsi, si l'on utilise ce système, l'âge de la Terre est de 4,6 Ga.

Si tu dois exprimer des nombres encore plus grands, consulte le tableau ci-dessous.

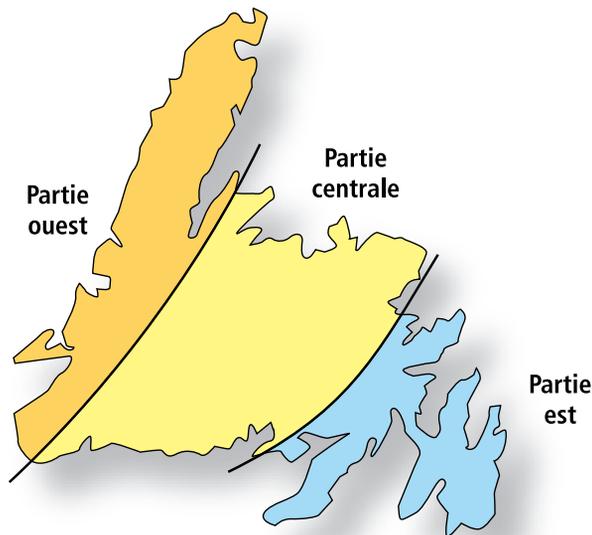
Nombre de zéros	Nombre
3	mille
6	million
9	milliard
12	trillion
15	quadrillion
18	quintillion
21	sextillion
24	septillion
27	octillion
30	nonillion
33	décillion

Questions

- Selon la notation scientifique, comment s'écrit le nombre suivant : un trillion (1 000 000 000 000) ?
- À l'aide de l'abréviation Ma ou Ga, réponds à la question suivante : Quand les dinosaures sont-ils apparus ? (Tu peux consulter l'échelle des temps géologiques qui apparaît à la figure 11.36 de la page 396.)
- Quand pourrais-tu avoir recours à des nombres aussi grands que des trillions ou des quadrillions ?

Des concepts à retenir

1. Dessine un exemple de chaîne plissée et identifie ses différentes parties pour illustrer comment ce type de montagne se forme.
2. Dessine un exemple de chaîne de blocs faillés et identifie ses différentes parties pour illustrer comment ce type de montagne se forme.
3. En quoi l'activité volcanique contribue-t-elle à la formation des montagnes ?
4. Dans quelle direction la roche peut-elle se déplacer le long d'une faille ?
5. D'où provient la roche dont est formée chacune des trois parties de l'île de Terre-Neuve ?



6. Qu'est-ce qu'un fossile ?
7. Qu'est-ce que l'échelle des temps géologiques ?
8. a) Nomme les quatre principales ères de l'histoire de la Terre.
b) Nomme un exemple de forme de vie pour chacune des ères que tu as nommées.
9. Qu'a découvert Joseph Burr Tyrrell ?

Des concepts clés à comprendre

10. Pourquoi les Appalaches, situées dans l'est de l'Amérique du Nord, sont-elles moins élevées et plus rondes que les Rocheuses, situées dans l'ouest du Canada ?
11. Pourquoi n'y a-t-il que peu de fossiles provenant de l'ère précambrienne ?
12. Comment est-il possible que des fossiles de dinosaures aient été trouvés dans des endroits où ils ne pourraient pas survivre de nos jours ?
13. Dessine un diagramme circulaire qui représente l'échelle des temps géologiques. Il doit comporter les quatre ères principales et tu dois respecter leurs proportions.

Pause réflexion

Comment les montagnes grandissent-elles ? Comment diminuent-elles ? Fais un croquis pour justifier tes réponses.

Prépare ton propre résumé

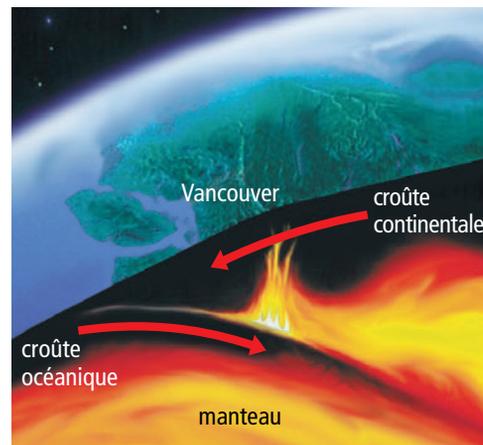
Au cours de ce chapitre, tu as découvert comment et pourquoi la croûte terrestre bouge, et de quelle façon elle s'est transformée au fil des temps géologiques. Rédige ton propre résumé des idées principales de ce chapitre. Tu peux ajouter des organisateurs graphiques ou des illustrations à tes notes. Lis l'Omnitruc 9 pour t'aider à utiliser des organisateurs graphiques. Sers-toi des titres suivants pour organiser tes notes :

1. Les plaques tectoniques
2. Les tremblements de terre
3. Les volcans
4. Les montagnes
5. Les temps géologiques

Des concepts à retenir

1. Dessine un schéma montrant les quatre couches de la Terre et inscris leur nom.
2. a) Définis ce qu'est la Pangée.
b) Pourquoi la Pangée n'existe-t-elle plus ?
3. Quels sont les trois types de preuves qui justifient la dérive des continents ?
4. En quoi les courants de convection justifient-ils le mouvement des plaques tectoniques ?
5. De quelle façon l'échelle de Richter aide-t-elle les géologues à décrire les tremblements de terre ?

6. Dessine trois sortes de failles et inscris leur nom.
7. a) Où se produisent la plupart des tremblements de terre ?
b) Pourquoi ?
8. a) Où trouve-t-on la plupart des volcans ?
b) Pourquoi ?
9. Explique trois modes de formation des montagnes.
10. a) Où trouve-t-on la plupart des chaînes de montagnes ?
b) Pourquoi ?
11. Quelle est la différence entre un pli et une faille ?
12. Quelle est la différence entre les formes de vie de l'ère mésozoïque et celles de l'ère cénozoïque ?
13. a) Quelle partie de la Terre est illustrée sur la figure ci-dessous ?
b) Qu'est-il en train de se produire ?
c) Pourquoi cela se produit-il à cet endroit ?



Des concepts clés à comprendre

14. Lis l'article apparaissant ci-dessous, puis réponds aux questions suivantes :
- Quel passage de l'article est inexact ?
 - Un tremblement de terre survenu en 1995 à Kobe, au Japon, a tué des milliers de personnes et causé plusieurs millions de dollars de dommages. À part sa puissance, pourquoi crois-tu que ce tremblement de terre a été plus meurtrier que celui décrit dans l'article ci-dessous ?

Hier soir, environ 60 personnes ont été tuées, la plupart pendant leur sommeil, au cours d'un tremblement de terre survenu au centre de la Bolivie. Le premier tremblement de terre, d'une magnitude de 5,9, est survenu 13 minutes avant le second, d'une magnitude de 6,8. L'épicentre du séisme était situé à 89 km sous la surface de la Terre. Une suite de répliques, jusqu'à 150 au cours des 12 premières heures qui ont suivi le séisme, a fait fuir la population paniquée. Près de 30 000 personnes, des fermiers pour la plupart, vivent dans cette région de la Bolivie. Dans la municipalité touchée par le tremblement de terre, 80 % des maisons ont été détruites, le toit de l'hôpital s'est effondré et les routes qui permettent d'accéder à la ville ont été bloquées par un glissement de terrain. La ville a été presque toute détruite. Après le séisme, les habitants se sont rassemblés dans le parc central, de peur que les répliques ne détruisent d'autres immeubles. Par la suite, des tracteurs ont libéré les routes des décombres, ce qui a permis de venir en aide aux blessés et à ceux qui avaient tout perdu.

Tiré de la *Winnipeg Free Press*, le 23 mai 1998 [traduction libre]

- Explique pourquoi il n'existe pas de fossiles de toutes les espèces qui ont déjà vécu sur la Terre.
- Voici les réponses à trois questions. Pour chacune de ces réponses, rédige une question :
 - Alfred Wegener,
 - J. Tuzo Wilson,
 - Joseph Burr Tyrrell.
- Certaines éruptions volcaniques surviennent lentement alors que d'autres sont violentes. Pourquoi cette différence ?
- Les fossiles de trilobites retrouvés le long de la Manuels River, dans la péninsule Avalon, sont directement reliés à ceux que l'on trouve au pays de Galles, de l'autre côté de l'Atlantique. En quoi cette affirmation confirme-t-elle la théorie de la dérive des continents ?
- Comment expliquer les courants de convection ?
- Décris comment les courants de convection ont changé l'apparence de la surface de la Terre.
- Dessine une ligne du temps qui illustre l'évolution de notre compréhension de la théorie de la tectonique des plaques.

Pause réflexion

Le fond océanique, le long de la crête médio-atlantique, prend de l'expansion à raison de 2,5 cm par année, ou 25 km en un million d'années. Cela peut te sembler bien lent, mais au cours des quelques centaines de millions d'années passées, une telle expansion a entraîné la formation d'une toute petite étendue d'eau qui est devenue l'océan Atlantique. Dans 135 millions d'années, à quoi ressembleront les continents selon toi ? Dans ton cahier de notes, fais un croquis qui illustre ce que tu imagines.