

LA DYNAMIQUE INTERNE DE LA TERRE

Thème

Thème 1 : La Terre, la vie et l'organisation du vivant.

Note d'intention

Cette fiche a pour objectif de préciser le sens qu'il est possible d'attribuer aux différentes parties du programme. Cette contribution au sens repose notamment sur les liens avec des enjeux éducatifs, la cohérence avec les programmes des autres niveaux, l'identification des fondamentaux à construire, des problématiques possibles pour contextualiser.

Mots-clé

Contraintes, transmission des ondes sismiques, failles, réflexion, réfraction, zones d'ombre. Morphologie d'une dorsale et d'une zone de subduction, failles normales et inverses, remontée asthénosphérique, magmatisme et roches associées, hydrothermalisme, augmentation de densité, panneau plongeant, fusion partielle, déformation, plis, chevauchement.

Références au programme

La dynamique interne de la Terre :

- structure du globe terrestre ;
- la dynamique de la lithosphère.

SOMMAIRE

<i>Enjeux éducatifs du thème.</i>	2
<i>Vision synoptique du thème</i>	3
Place du sous-thème dans les programmes de SVT du secondaire	3
Notions à consolider, notions à construire et limites	3
Cohérence avec les cycles 3 et 4	3
En classe de 1 ^{ère}	5
<i>Le sous-thème en deux tableaux synthétiques</i>	9
<i>Quelques pistes pour problématiser</i>	10
<i>Quelques ressources</i>	12
Bibliographie	12
Sitographie	12
Ressources numériques	12

Enjeux éducatifs du thème

Aux cycles 3 et 4, les ambitions liées à cette partie du programme sont essentiellement rattachées à une éducation à la **responsabilité citoyenne**. Les élèves apprennent :

- à exercer un regard critique vis-à-vis des grands médias ;
- à comprendre et argumenter en s'appuyant sur des connaissances scientifiques ;
- à comprendre les grands phénomènes géologiques et à adopter un comportement responsable en matière de gestion des risques liés à l'activité interne de la Terre.

Le professeur s'appuie sur des exemples concrets, proches du réel des élèves, une approche systémique est privilégiée. Les processus géologiques sont abordés directement en lien avec des enjeux en matière de risques naturels.

Au lycée, l'étude de ce sous-thème est l'occasion pour les élèves de comprendre comment la science construit le savoir, à partir des recherches menées, des observations et mesures réalisées, de l'analyse rigoureuse des données recueillies, afin de proposer une **explication cohérente** du monde qui nous entoure (comprendre la structure du globe terrestre, son fonctionnement, son histoire). Il s'agit de s'appuyer sur les connaissances mises en place au collège pour montrer ensuite comment l'acquisition de données et leur analyse, grâce aux outils des **géosciences**, ont permis de construire les modèles actuels de la structure de la Terre et de sa dynamique interne.

Il est ainsi proposé aux élèves **une étude scientifique de la Terre** basée sur :

- des observations de roches, d'affleurements ;
- des analyses et traitements de données sismiques, thermiques, bathymétriques, GPS, magnétiques, sédimentaires ;
- l'utilisation de modèles analogiques et numériques pour illustrer, comprendre, expérimenter autour des phénomènes géologiques étudiés, mais aussi pour discuter de la notion même de modèle et de ses limites ;
- l'analyse de documents géologiques : cartes, profils ECORS ;
- des mesures et des calculs de densité, de températures au centre de la Terre...

Les différentes observations réalisées, les données utilisées et les manipulations réalisées contribuent à l'appropriation des **différents ordres de grandeurs**, qu'il s'agisse des échelles temporelles (du phénomène instantané d'un séisme à des millions d'années d'une croûte lithosphérique) ou spatiales (du minéral au globe terrestre).

L'objectif est d'arriver à l'appropriation d'un modèle global de la dynamique interne de notre planète, argumenté scientifiquement.

Outre la compréhension de la dynamique interne de la Terre en lien avec ses manifestations visibles à la surface de la planète et ses impacts sur les activités humaines, l'un des enjeux éducatifs poursuivis dans la mise en œuvre de ce sous-thème est la compréhension de la notion de modèle, avec notamment la distinction entre données réelles (observées ou mesurées) et données issues d'un modèle.

Les outils **numériques** ont une place toute particulière dans la mise en œuvre de cette partie du programme (traitement de bases de données, une expérimentation assistée par ordinateur), contribuant ainsi au développement des compétences numériques des élèves.

Retrouvez éduscol sur :



Vision synoptique du thème

Place du sous-thème dans les programmes de SVT du secondaire

	La Terre, la vie et l'évolution du vivant	Enjeux contemporains de la planète	Le corps humain et la santé
Première	<ul style="list-style-type: none"> Transmission, variation et expression du patrimoine génétique La dynamique interne de la Terre 	<ul style="list-style-type: none"> Écosystèmes et services environnementaux 	<ul style="list-style-type: none"> Variation génétique et santé Le fonctionnement du système immunitaire humain
Seconde	<ul style="list-style-type: none"> Biodiversité, résultat et étape de l'évolution L'organisation fonctionnelle du vivant 	<ul style="list-style-type: none"> Géosciences et compréhension des paysages Nourrir l'humanité : vers une agriculture durable pour l'humanité ? 	<ul style="list-style-type: none"> Micro-organismes et santé Procréation et sexualité humaine
C3-C4	<ul style="list-style-type: none"> Explorer et expliquer certains phénomènes géologiques liés au fonctionnement de la Terre Relier les connaissances scientifiques sur les risques naturels aux mesures de prévention, de protection, d'adaptation ou d'atténuation. 		

Notions à consolider, notions à construire et limites

Cohérence avec les cycles 3 et 4

En cycle 3, les élèves ont une approche très globale de la Terre : sa situation dans le système solaire, ses caractéristiques qui font que la vie a pu se développer (température, présence d'eau liquide).

Ils **identifient** quelques phénomènes géologiques qui traduisent l'activité interne de la Terre et les mettent en relation avec l'évolution des paysages. Le volcanisme et les séismes sont généralement cités et reliés aux risques qu'ils représentent pour la population humaine.

En cycle 4, les phénomènes géologiques identifiés en cycle 3 trouvent une **explication** par l'étude du contexte géodynamique global de la Terre. L'énergie interne de la Terre est à l'origine des mouvements de la lithosphère qui repose sur l'asthénosphère moins rigide. Les élèves mettent en relation les mouvements des plaques avec les séismes et le volcanisme. Le volcanisme essentiellement explosif est associé aux zones de convergence de plaques (fosses océaniques), le volcanisme essentiellement effusif aux zones de divergence (dorsales océaniques). La tectonique des plaques est reliée à la dissipation de l'énergie thermique d'origine interne.

Retrouvez éducol sur :



Rappel

Attendus de fin de cycle 4 (programmes de SVT)

- Explorer et expliquer certains phénomènes géologiques liés au fonctionnement de la Terre.
- Identifier les principaux impacts de l'action humaine, bénéfiques et risques, à la surface de la planète Terre.

Connaissances et compétences associées

La Terre dans le système solaire.

Expliquer quelques phénomènes géologiques à partir du contexte géodynamique global.

- Le système solaire, les planètes telluriques et les planètes gazeuses.
- Le globe terrestre (forme, rotation, dynamique interne et tectonique des plaques ; séismes, éruptions volcaniques).
- Ères géologiques.

Relier les connaissances scientifiques sur les risques naturels (exemple : séismes, cyclones, inondations) ainsi que ceux liés aux activités humaines (pollution de l'air et des mers, réchauffement climatique...) aux mesures de prévention (quand c'est possible), de protection, d'adaptation, ou d'atténuation.

- Les phénomènes naturels : risques et enjeux pour l'être humain.
- Notions d'aléas, de vulnérabilité et de risque en lien avec les phénomènes naturels ; prévisions.

Ressources d'accompagnement de la mise en œuvre des programmes de cycle 4 en SVT

- [idées clés pour enseigner.](#)

Retrouvez éduscol sur :



En classe de 1^{ère}

Parties du sous-thème	Des notions ...
La structure du globe terrestre	<p>Des notions à consolider¹</p> <ul style="list-style-type: none"> Les failles, les séismes, les mouvements de blocs rocheux témoignent de l'accumulation de tensions liées aux mouvements des plaques. La distinction entre la lithosphère et l'asthénosphère.
	<p>Des notions nouvelles à bâtir</p> <ul style="list-style-type: none"> La distribution bimodale des altitudes observées entre continents et fond des océans à mettre en relation avec les caractéristiques des roches de la croûte océanique et de la croûte continentale. Les données sismiques permettent de déterminer : <ul style="list-style-type: none"> la structure interne de la Terre ; les différences d'épaisseur de croûte océanique et continentale ; le comportement cassant ou ductile de la lithosphère et de l'asthénosphère. Les modes de transfert thermique : conduction et convection. Le croisement des données thermiques, des données de composition chimique, et des données sismiques va permettre de comprendre le modèle de la structure thermique de la Terre. Montrer les hétérogénéités thermiques au sein du manteau par l'étude des données de tomographie sismique.
	<p>Des points de vigilance</p> <ul style="list-style-type: none"> À propos de l'étude de la croûte océanique. Aucun forage n'a été réalisé sur la totalité de l'épaisseur de la croûte océanique. En revanche au niveau des failles transformantes, des observations de coupes de croûte océanique in situ ont été réalisées. L'étude de la croûte océanique via l'étude des ophiolites n'est pas au programme. À propos de la répartition bimodale des altitudes. La répartition bimodale des altitudes ne peut s'expliquer qu'en invoquant le contraste géologique entre les deux croûtes océanique et continentale d'une part, et en mobilisant l'équilibre isostatique d'autre part. En première spécialité SVT, l'explication n'est donc que partielle dans la mesure où l'isostasie n'est pas au programme. À propos du modèle PREM. Cette figure classique n'est pas issue de l'étude d'enregistrements de séismes. C'est le résultat de multiples travaux de recherche (étude de nombreux sismogrammes, données de physique expérimentale, calculs ...). À propos du géotherme. En surface, le géotherme peut être déterminé lors des forages. Les résultats sont variés, mais une augmentation de 30°C par km semble être la moyenne. Si cette augmentation était constante, la température au centre de la Terre devrait être de 192 000 degrés (30 x 6400) et de 3000°C (30 x 100) à la base de la lithosphère. C'est par des études réalisées sur des enclaves mantelliques, sur l'évolution de la vitesse des ondes sismiques dans le manteau et sur les transitions de phase de l'olivine en laboratoire, que l'on a pu construire un modèle du géotherme terrestre. Ainsi la température serait d'environ 3000 °C à la base du manteau et d'environ 5000 °C au cœur du noyau.

1. À considérer comme des prérequis, indispensables pour aborder le programme de seconde : ils peuvent être réexpliqués, remobilisés, mais ne doivent pas faire l'objet de démarches spécifiques pour être redémontrés.

Retrouvez éduscol sur :



Parties du sous-thème	Des notions ...
La dynamique de la lithosphère	Des notions à consolider <ul style="list-style-type: none">• Une lithosphère découpée en plaques animées de mouvements.• Les limites de plaques sont caractérisées par une importante activité sismique et volcanique.
	Des notions nouvelles à bâtir <ul style="list-style-type: none">• Les différentes méthodes, passées et actuelles, qui permettent de quantifier le mouvement des plaques.• Déterminer les caractéristiques géologiques des zones de convergence et des zones de divergence.• Mise en place d'une lithosphère océanique et sa transformation progressive lors de l'éloignement à la dorsale (refroidissement, épaissement, augmentation de la densité, hydratation).• Disparition de la lithosphère océanique au niveau des zones de subduction et le magmatisme associé au niveau de la plaque chevauchante.• Rôle important de l'augmentation de la densité de la lithosphère océanique dans la subduction et plus généralement dans les mouvements de convection.• L'affrontement des plaques au niveau des zones de collision conduit à un épaissement crustal.• Les structures tectoniques témoin du raccourcissement et de l'empilement de matériaux lithosphériques.

Retrouvez éduscol sur :



Parties du sous-thème	Des notions ...
	<p>Des points de vigilance</p> <ul style="list-style-type: none"> • À propos des anomalies magnétiques mesurées au niveau du plancher océanique. <p>La carte de l'âge des fonds océaniques est une construction à partir de données (forages et anomalies magnétiques). Les anomalies magnétiques correspondent à une anomalie de la valeur du champ magnétique mesuré par rapport à la valeur du champ magnétique actuel. Ce qui est mesuré est une anomalie de la valeur de l'intensité du champ magnétique (teslamètre tracté par un bateau) et non pas un relevé de l'orientation des minéraux ferromagnésiens des basaltes. Certains minéraux des basaltes génèrent un champ magnétique (magnétite par exemple) dont les caractéristiques dépendent du champ magnétique terrestre au moment de leur formation. C'est ce champ magnétique créé par les minéraux qui perturbe la valeur du champ magnétique actuel. Par ailleurs, l'échelle magnétostratigraphique sur laquelle figure la succession des périodes normales et inverses a été établie en domaine continental.</p> <ul style="list-style-type: none"> • À propos de la carte des flux géothermiques à la surface de la Terre. La carte du flux géothermique terrestre mesuré en mW/m^2 n'est pas issue d'une mesure à l'aide d'un appareil. C'est l'étude du gradient géothermique dans les forages qui permet sa construction. • À propos des dorsales lentes et rapides². <p>Attention à ne pas mélanger des données issues de deux types d'océans différents. Il est plus judicieux de construire l'un des modèles puis de confronter ce modèle à des données nouvelles. Cette partie est l'occasion de bien insister sur la notion de modèle construit par la pensée (à partir d'un raisonnement rigoureux, cohérent, matérialiste et parcimonieux). La vitesse d'accrétion au niveau d'une dorsale générant une plaque est liée au pourcentage de frontière de cette plaque qui est en subduction.</p> <ul style="list-style-type: none"> • À propos de la subduction. <ul style="list-style-type: none"> - La subduction ne se définit pas comme étant le passage d'une plaque sous une autre, mais comme étant le plongement d'une lithosphère rigide dans l'asthénosphère plus ductile. - Les minéraux hydroxylés : les géologues qualifient les groupements OH d'eau structurale. Les minéraux riches en eau ne contiennent pas des gouttes d'eau liquide. Attention aux modèles analogiques dans lesquels un abaissement du point de fusion d'une matière (saccharose par exemple) est réalisé en ajoutant de l'eau liquide. L'utilisation de ces modèles analogique peut être pertinente, mais des précisions concernant son transfert direct à la fusion mantellique s'imposent. - L'hydratation du manteau de la plaque chevauchante : les élèves peuvent pointer le fait que la transition schistes bleus / éclogite a lieu vers 50 km de profondeur alors que la fusion à l'aplomb des volcans aurait lieu plus bas (entre 80 et 120 km). Cette remarque est tout à fait pertinente. Les géologues pensent que le manteau hydraté vers 50 km serait animé de mouvements descendants. Par ailleurs la fusion du manteau, n'est que partielle et génère toujours des magmas basaltiques.

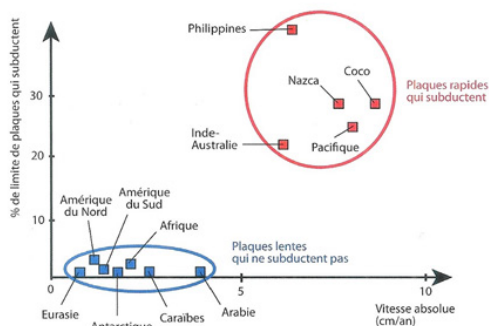


Fig. 2.17 – Relation entre la vitesse absolue des plaques et leur pourcentage de frontières en subduction (d'après Forsyth et Uyeda, 1975).

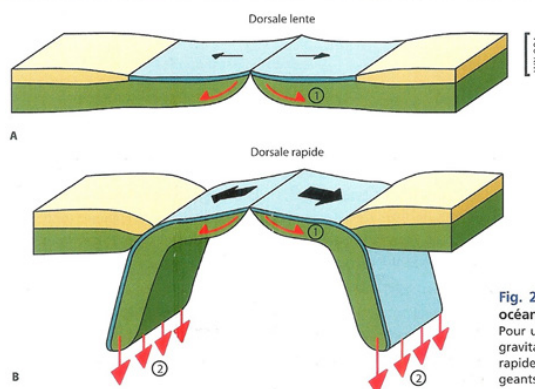


Fig. 2.18 – Les moteurs de l'expansion océanique. Pour une dorsale lente (A), seul le glissement gravitaire intervient [1]. Pour une dorsale rapide (B), la traction des panneaux plongeants [2] accélère l'écartement.

Précisions - Limites

<p>La structure du globe terrestre</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En pétrologie, il s'agit d'acquérir les données fondamentales centrées sur les trois types de roche (basalte, gabbro, granite) et leurs caractéristiques. • À ce stade, les différences de relief ne sont pas expliquées par des phénomènes d'isostasie. • La connaissance des mécanismes au foyer n'est pas attendue.
<p>La dynamique de la lithosphère</p>	<ul style="list-style-type: none"> • On n'attend pas d'explications sur les inversions du champ magnétique. • On n'attend pas d'exhaustivité des roches des zones de subduction. Seules les roches magmatiques citées dans le programme sont attendues.

Retrouvez éduscol sur :



Le sous-thème en deux tableaux synthétiques

La structure du globe	
Objectifs	<p>La distribution bimodale des altitudes</p> <ul style="list-style-type: none"> Par une différence de nature des roches qui composent la croûte océanique et la croûte continentale.
	<p>Comment une analyse rigoureuse des données scientifiques a permis la connaissance actuelle de la structure interne du globe</p> <ul style="list-style-type: none"> Données sismologiques et détermination des différentes enveloppes ainsi que de leurs propriétés physiques – Modèle PREM Données thermiques et transferts thermiques au sein des enveloppes (conduction / convection). Croisement des différentes données et construction de la structure thermique de la Terre.
La dynamique de la lithosphère	
Objectifs	<p>Les caractéristiques des mouvements horizontaux de la lithosphère</p> <ul style="list-style-type: none"> En quantifiant le mouvement des plaques (direction, sens, vitesse). En différenciant les limites de plaques par leurs caractéristiques géologiques.
	<p>Les caractéristiques et la dynamique des zones de divergence</p> <ul style="list-style-type: none"> En déterminant l'origine du magma qui formera le plancher océanique. En précisant l'intérêt des dorsales lentes dans la connaissance des roches du manteau. En étudiant l'évolution du plancher océanique lorsqu'il s'éloigne de la dorsale.
	<p>Les caractéristiques et la dynamique des zones de subduction</p> <ul style="list-style-type: none"> En expliquant l'origine du volcanisme explosif par fusion partielle du manteau de la plaque chevauchante déclenchée par la déshydratation de la plaque plongeante. En déterminant le rôle majeur joué par l'augmentation de la densité de la lithosphère océanique lors de son plongeon et plus généralement dans les mouvements de convection du manteau.
	<p>Les caractéristiques et la dynamique des zones de collision</p> <ul style="list-style-type: none"> En notant la présence d'un fort épaissement de la croûte. En recherchant les indices de cet affrontement entre les deux lithosphères qui se traduit par un raccourcissement et un empilement de matériaux lithosphérique.

Retrouvez éduscol sur :



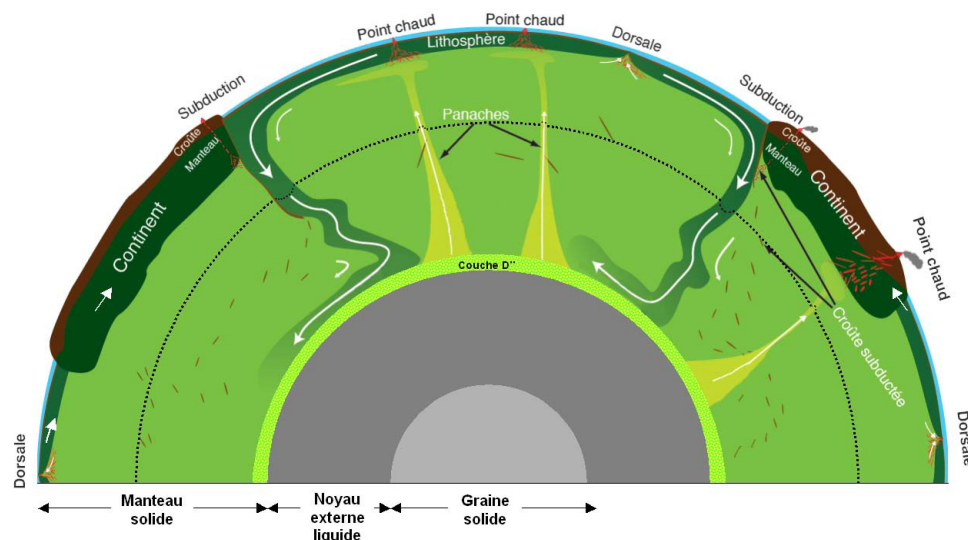
Quelques pistes pour problématiser

Selon les démarches d'investigation engagées (ou initiées lors d'une problématisation), il est possible de commencer par l'une ou l'autre des deux parties de ce sous-thème.

Une carte heuristique peut constituer un bon outil pour envisager différentes façons d'aborder un thème, les points à traiter pour répondre à une problématique, les activités à mettre en œuvre de façon complémentaire, etc. Elle peut être conçue par le professeur seul dans le cadre de la préparation de ses séances, mais aussi avec les élèves dans le cadre d'une activité dédiée à la problématisation ou au traitement d'une problématique.

A titre d'exemple³, la carte heuristique ci-dessous part d'une problématisation envisageable : « Sur quels arguments s'appuient les scientifiques pour construire le modèle actuel de la dynamique interne du globe » ?

Il est possible de s'appuyer sur un modèle tel que celui proposé ci-dessous issu du [site Planet-Terre](http://www.planet-terre.fr).



Il s'agira alors de mener une recherche d'investigation pour trouver les arguments qui valident ce modèle à partir des données dont dispose la communauté scientifique.

- Une organisation en enveloppes concentriques avec des propriétés physiques et chimiques différentes, représentées par des codes couleur différents.
- Des représentations différentes des lithosphères continentales et océaniques liées à des différences physiques et chimiques des enveloppes externes.
- Une hétérogénéité thermique du manteau avec le plongeon de matériaux froids à très grandes profondeurs, un magmatisme peu profond au niveau des zones de divergence, un magmatisme d'origine profonde au niveau des points chauds.
- Les mouvements principaux de la lithosphère océanique liés aux transformations subies au cours de son histoire et de l'évolution progressive de sa densité.
- Le magmatisme d'origine mantellique des zones de convergence.

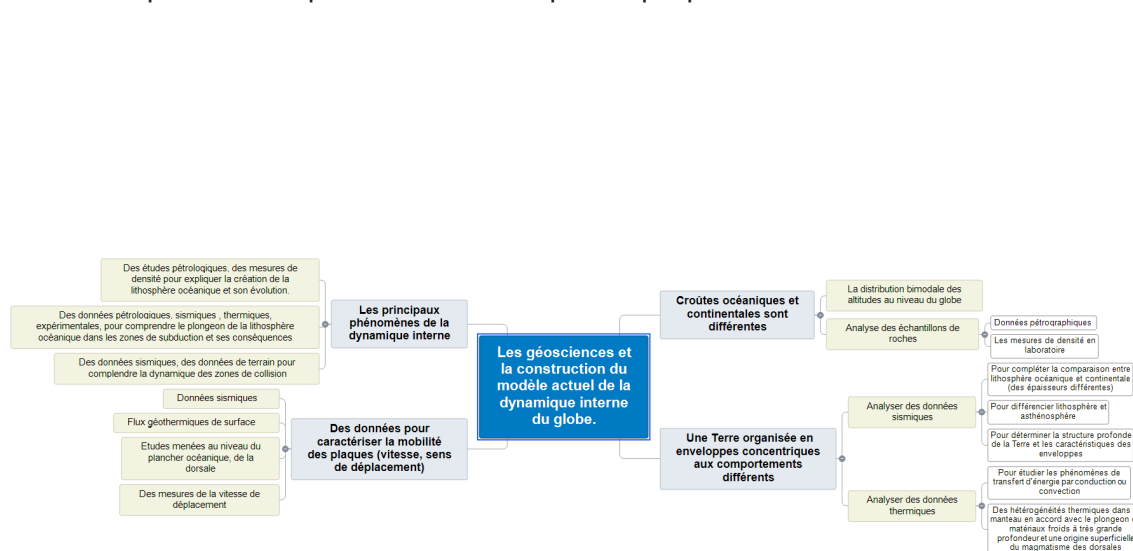
3. **L'exemple présenté ici n'a pas vocation à être modélisant** – il a vocation à montrer qu'un outil tel qu'une carte heuristique peut contribuer à l'organisation des idées, à leur structuration, pour servir notamment de trame aux démarches qui vont être mises en œuvre, aux scénarios pédagogiques qui vont être construits.

Retrouvez éducol sur :



Ce modèle sera complété en étudiant également les zones de collision. Les élèves auront ainsi une vision globale des principaux phénomènes liés à la dynamique interne du globe.

Peu à peu, l'élève complète ainsi ses connaissances et construit une explication scientifique des différentes manifestations géologiques observables au niveau du globe. Il mène une recherche d'investigation à partir d'une analyse rigoureuse de données scientifiques. Il comprend le rôle principal joué par les différences de densité lithosphérique et des transferts thermiques mantelliques dans la tectonique des plaques.



[Cliquer ici pour obtenir l'image en grandeur réelle.](#)

Retrouvez éducol sur :



Quelques ressources

Bibliographie

- Éléments de géologie, Renard Maurice, Lagabrielle Yves, Martin Erwan, De Rafélis Saint Sauveur Marc, 16e éd., Dunod, 2018
- Mémo visuel de géologie, L'essentiel en fiches, Lagabrielle Yves, Maury René, Renard Maurice, 2e éd., Dunod, 2017
- Géologie – Géodynamique- Pétrologie- Étude de terrain – Damien Jaujard, Maloine, 2015

Sitographie

- [La lithosphère](#) est animée de mouvements quantifiés par différentes méthodes géologiques : étude des anomalies magnétiques, mesures géodésiques, détermination de l'âge des roches par rapport à la dorsale.
- [Le champ magnétique terrestre](#), l'aimantation des roches et sa mesure, exemples d'études paléomagnétiques en domaines océanique et continental.
- La machine Terre (vidéo de 6 min 34) du site [insu.cnrs.fr](#).
- Le modèle PREM (Preliminary Earth Model) du site [insu.cnrs.fr](#).
- Un modèle très simplifié de la convection mantellique sur le site [planet-Terre](#).
- Convection, gradient thermique et géotherme sur le site [planet-Terre](#)
- [Conférence de Pierre Thomas intitulée : La convection mantellique : mythes, réalités et questions](#). Cette conférence permet de faire le point sur un grand nombre de notions à construire : géotherme terrestre, modes de transferts de la chaleur, écarts au modèle PREM...
- [Une approche historique de l'évolution des modèles de l'intérieur de la Terre](#). Un article qui permet notamment de comprendre comment le modèle PREM s'est construit au cours de l'histoire des sciences.

Ressources numériques

- [Un logiciel](#) qui permet de réaliser des tomographies sismiques à n'importe quel endroit du globe. Il ne nécessite aucun téléchargement.

Retrouvez éduscol sur :

