

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

4^{ème}

Par le collectif
de professeurs:
七人の侍.



相州
蘇州
鳥

« Afin que chacun, selon ses possibilités, puisse participer des lumières de son siècle. »

D. Diderot, préface de «l'encyclopédie», 1750

A l'attention des élèves...

Qu'est-ce qu'un manuel numérique de SVT ?

Présenter, organiser les connaissances indispensables pour préparer, soutenir et prolonger le travail de votre professeur.

Vous trouverez essentiellement dans ce manuel des connaissances, des prolongements de cours et de nombreux exercices corrigés.

Le but de ce manuel est de vous aider à progresser, à aller plus loin.

Il s'adresse à tous les élèves désireux d'avoir un support bien organisé, clair et précis pour travailler, mais aussi à tous les curieux se posant des questions sur le monde qui les entoure.

La plupart des manuels vous proposent de jolies photos et évitent d'exposer clairement ce que vous devez savoir. Ce n'est pas le cas de celui-ci. C'est pour cela qu'il y a « beaucoup de choses à lire ». Ne comptez pas apprendre sérieusement quoi que ce soit sans faire cet effort, qui bien vite deviendra un plaisir.

Nous avons essayé de rendre le manuel le plus agréable possible, car il n'est pas de sciences sans joie.

Dans ce manuel:

- le cours présente ce qu'il faut savoir et détaille les raisonnements
- des résumés exposent les notions qu'il faut, comment dire... retenir ?
- les annexes (encadrés) permettent d'approfondir et d'illustrer un sujet
- les exercices présentent de quoi vérifier puis appliquer ses connaissances (car la science est aussi l'application de connaissances à des problèmes nouveaux pour générer des connaissances nouvelles, etc.)

Ce manuel fait largement appel à l'histoire des sciences, donc vous en profiterez pour réviser aussi votre histoire et même, chemin faisant, pour apprendre quelques définitions, citations et astuces qui vous permettront de mieux maîtriser votre expression écrite et, pourquoi pas, orale (les pages de vocabulaire à maîtriser vous y aideront).

La forme électronique de ce manuel vous permet de l'avoir toujours avec vous, dans vos téléphones, vos iPod, iPad, ordi, vos XO... Elle vous donne aussi accès à des vidéos ou des sites qui illustrent de nombreux phénomènes.

Un dernier détail: ce manuel est libre. Cela signifie que vous pouvez librement le copier, le télécharger, le mettre à disposition de tous vos amis. Vous pouvez aussi en utiliser des schémas, des textes, des illustrations dans un exposé, par exemple. N'oubliez pas toutefois de citer l'origine de vos documents de la façon suivante: « Manuel libre & gratuit SVT 4 - collectif des 7 »

Et maintenant, au boulot!

Pr. R. Raynal - directeur d'ouvrage
Dr de l'Université de Toulouse
Août 2011

Évitez d'imprimer !



Un document sous forme électronique doit le rester le plus possible: c'est ainsi que vous aurez accès à toute sa richesse, à ses liens, ses vidéos et ses possibilités de navigation. Imprimer est le plus souvent inutile, et représente une dépense (en encre surtout, en papier ensuite) qui n'est pas négligeable. Si vous le pouvez, conservez et utilisez ce manuel sous sa forme électronique.



LICENCE D'UTILISATION

Ce manuel vous est fourni gratuitement sous [licence creative commons "paternité - pas d'utilisation commerciale"](#).

Vous êtes donc libres (à condition de citer le nom de l'auteur original) de reproduire, distribuer et communiquer ce manuel au public, par tous les moyens. Vous pouvez aussi modifier ce manuel.

Vous n'avez pas le droit d'utiliser ce manuel à des fins commerciales.

Programme



2011

Ce manuel est fourni sous forme électronique. Il est entièrement gratuit et peut être librement distribué par tous les moyens possibles, existant ou à venir.

Il est également « libre » dans la mesure où chaque professeur peut l'améliorer et le modifier, les fichiers sources étant librement disponibles sur le site www.exobiologie.info.

Les illustrations, photos et schémas sont soit totalement libres de droits, soit sous licence CC, soit réalisées par moi-même et donc librement utilisables et modifiables. Les liens Internet donnés sont actifs si le document reste sous forme électronique. Version 0.1

A l'attention des professeurs de Sciences

ΓΕΩΜΕΤΡΗΤΟΣ ΜΗΔΕΙΣ ΕΙΣΙΤΩ

«Nul n'entre ici s'il n'est géomètre». Cette immarcescible injonction platonicienne, 25 siècles après son apposition au fronton de l'Académie, nous rappelle toujours que dans l'enseignement des sciences ne doivent entrer en compte que les processus typiquement scientifiques, caractérisés par une démarche particulière, une quête de connaissance, un mode unique d'interrogation sur le monde, d'interprétation et d'explication des phénomènes.

On trouvera donc dans ce manuel des connaissances, organisées et structurées, mises à disposition des élèves dans le but de les aider et de fournir à leurs professeurs des documents originaux utilisables en situation.

On n'y trouvera donc pas les diverses expressions des modes discutables en provenance des pseudo-sciences en général et de celles se vantant d'être «de l'éducation» en particulier. Au professeur, seul à même de juger de leur pertinence dans le cadre de ses classes et de son enseignement, de s'en inspirer ou de s'en défier. Librement.

La «mode» actuelle, en pédagogie, est de dégager des «situations problèmes» censées motiver l'étude des notions à assimiler. L'expérience montre que nombre de ces problèmes sont des injonctions formelles sans intérêt scientifique ou didactique. Dans ce manuel, **ce qui est à connaître est explicitement mentionné, expliqué, détaillé, organisé, construit, de façon méthodique et précise**. Plutôt qu'une approche artificielle, nous avons préféré, à chaque fois que cela était possible, nous **référer à une approche historique montrant comment une notion a été construite, découverte au moyen d'éléments de l'Histoire des sciences**. Il s'agit de montrer à l'élève l'incarnation des méthodes scientifiques dans les Hommes et le temps, d'injecter une dynamique temporelle dans la statique de l'apprentissage.

Afin de faciliter le travail des élèves et de leur professeur, le manuel contient les éléments suivants :

- Une **approche historique intégrée dans les progressions**, montrant que la connaissance scientifique n'est pas une révélation, mais procède d'un ensemble historique jalonné d'erreurs, de mauvaises interprétations et d'avancées déterminantes.
- Des **rappels de vocabulaire** dans un glossaire à la fin de chaque chapitre.

- Des schémas, parfois volontairement très simples, afin que l'élève puisse les reproduire de lui-même, les apprendre et les utiliser.
- Des exercices variés, tous corrigés, à la fois pour que l'élève puisse s'évaluer, mais aussi pour l'aider dans ses révisions.
- des «questions d'élèves» répondant à des interrogations qui peuvent sembler élémentaires ou farfelues, mais qui reviennent régulièrement dans les salles de classe.

Le socle «commun», révolution imposée aux professeurs de SVT, court le risque de monopoliser un temps précieux pour un bénéfice à définir. Il concerne le professeur, seul juge-arbitre des «compétences» que fait travailler un exercice, et seul acteur de leur validation. Notre manuel étant conçu pour l'élève désireux de progresser et d'apprendre, donc de se construire en intégrant à sa personnalité les démarches scientifiques et les savoirs «savants» en découlant et non pas pour se contenter d'incarner «des procédures dans des processus», il n'y fait donc pas explicitement référence.

Enseigner les sciences, cette quête d'un absolu guidé par la raison, est une entreprise naturellement pluridisciplinaire, faisant appel à des notions de physique et de chimie, mais aussi d'histoire, de Français; et peut se doubler d'une démarche artistique. Nous avons essayé d'intégrer cette dimension humaniste dans nos progressions. Ainsi, certains phénomènes géologiques, par exemple, ont fait l'objet de nombreuses oeuvres d'art. Nous avons donc inclus dans le manuel des oeuvres diverses, en les replaçant dans leur contexte. Ne cachons pas que notre parti pris d'un humanisme moderne a été critiqué. D'aucuns nous ont affirmé qu'une telle exigence était impossible avec les élèves «tels qu'ils sont actuellement».

Contrairement aux apôtres de la renonciation, nous considérons que la mission de l'enseignement est justement de faire en sorte que l'élève devienne autre que celui qu'il est. Parce que nous nous intéressons plus à ce que les élèves doivent être qu'à ce qu'ils sont, nous avons tenté de contribuer à la réalisation de cet «impossible rêve».

Nous sommes extrêmement exigeants, c'est vrai. Car sinon, le risque est grand de voir les élèves devenir ce pour quoi on les prend. Nous ne saurions nous résigner à leur construire ce genre d'avenir.

Pr. Dr. R. Raynal - 型破りの男

Directeur de ce manuel

Les auteurs de cet ouvrage

Il y a un an, un nouvel éditeur de manuels scolaires contacta l'un d'entre nous, déjà auteur de plusieurs manuels libres et gratuits, afin de lui proposer la direction de la réalisation d'un manuel de SVT quatrième. L'éditeur, dûment averti de par les manuels déjà réalisés et par son directeur de publication des particularités de l'approche choisie, réunit une équipe de rédacteurs enthousiastes qui se mirent au travail.

Au bout de quelques semaines, certains «correcteurs» exigèrent des modifications si profondes qu'elles ne correspondaient plus avec notre vision de ce que doit être l'enseignement des Sciences. L'Éditeur, effrayé, abandonna donc le projet, mais son directeur, le reprenant à son compte, proposa à l'équipe de rédacteur de poursuivre bénévolement l'aventure afin de rédiger un manuel libre et gratuit conforme à leur façon d'envisager l'enseignement des sciences... Vous avez le résultat de leur travail sous vos yeux.

L'équipe d'auteurs réunie présente quelques particularités: elle comprend à la fois des professeurs expérimentés et des nouveaux venus dans l'enseignement. La grande majorité des auteurs est issue du monde de la recherche, certains provenant des meilleurs laboratoires du pays... et ne se voyant souvent offrir comme débouché, au terme de huit années d'études, que l'enseignement secondaire! Une autre particularité provient des pratiques pédagogiques différentes des professeurs en exercice: leurs chapitres s'en font l'écho, et j'ai tenu à maintenir leurs spécificités derrière l'unité de ton de l'ouvrage.

Ont contribué à ce manuel:

- Céline Bon, Dr es sciences (CEA - spécialiste des ADN anciens), professeur agrégé de SVT.
- Valérie Goubard, Dr es Sciences (Collège de France - spécialiste des cellules gliales), Pr agrégé de SVT
- Gwenael Le Kervadec, Dr es Sciences (paléontologie), Pr agrégé de SVT
- Jean Pierre Moussus, Dr es Sciences, professeur agrégé à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon
- Magali Naville, Dr es Sciences, chercheur contractuel à l'ENS (génomique fonctionnelle et évolutive), Pr agrégé de SVT.
- Roger Raynal, Dr de l'université de Toulouse, Pr de SVT, auteur de manuels libres et gratuits, traducteur de Darwin, directeur de ce manuel.
- Denis Seguet, Pr de SVT, spécialiste des pédagogies innovantes.

Puissions-nous en inspirer bien d'autres, et de meilleurs !

R .Raynal,
1 septembre 2011

Support en ligne

Le site www.exobiologie.info sera votre lien vers les mises à jour du manuel. Vous pourrez également [joindre directement le directeur](#).

SOMMAIRE

Activité interne du globe

- 1 - Les tremblements de Terre, ou comment les paysages sont bouleversés. - *par D. Seguette.*
- 2 - Le volcanisme est l'arrivée en surface de magma. - *par R. Raynal.*
- 3 - La partie externe de la Terre est formée de plaques mobiles. - *par C. Bon.*
- 4 - Les mouvements des plaques transforment la surface du globe. - *par C. Bon.*
- 5 - L'activité de la planète engendre des risques pour l'Homme. - *par G. le Kervadec.*

La reproduction sexuée maintient les espèces dans les milieux différents - *par R. Raynal.*

- 6 - La reproduction sexuée.
- 7 - Des milieux de vie différents imposent des reproductions différentes.
- 8 - L'être humain peut influencer la reproduction sexuée des êtres vivants.

La transmission de la vie chez l'Homme

- 9 - L'être humain devient apte à se reproduire à la puberté. - *par J.P. Moussus.*
- 10 - La puberté est causée par des molécules, les hormones. - *par R. Raynal.*
- 11 - Origine et développement de l'embryon humain. - *par V. Goubard.*
- 12 - La maîtrise de la reproduction. - *par G. le Kervadec.*

La communication nerveuse - *par M. Naville.*

- 13 - Le système nerveux relie les organes.
- 14 - Les centres nerveux reçoivent, analysent et fabriquent des messages.
- 15 - Le fonctionnement des centres nerveux peut être perturbé.

Les tremblements de terre

ou comment les paysages sont bouleversés.



Destruction partielle du port de Sendai au Japon, après le séisme majeur du 11 mars 2011. Après avoir fortement secoué même les immeubles les mieux construits, endommageant les bâtiments, le séisme a provoqué la formation d'une vague géante, ou tsunami, qui a dévasté la côte Nord Est de l'île principale du Japon, Honshu, endommageant fortement la centrale nucléaire de Fukushima. Photo US Navy.

L'étude des séismes permet de répondre aux questions suivantes :

Qu'est-ce qu'un séisme? Quelles sont les conséquences d'un tremblement de terre? Comment expliquer le déclenchement brutal? Quel modèle acceptable pouvons-nous mettre en place afin d'expliquer l'origine? Comment les scientifiques mesurent-ils la force d'un séisme ?

Des tremblements de terre qui inquiètent, mais...

Les séismes ou tremblements de terre, à l'instar des grands phénomènes qui affectent violemment la surface du globe, représentent aux yeux des hommes des phénomènes extraordinaires et inquiétants à la fois. Cela se conçoit très facilement parce qu'ils provoquent des destructions, des modifications radicales du paysage et des pertes de vies humaines importantes en un instant très court lorsqu'ils se produisent à proximité des villes. Ainsi, dans l'Antiquité, les colères de la terre étaient aussi celles des Dieux.

Or, actuellement, nous en connaissons les origines et mécanismes. Les tremblements de terre doivent être étudiés avec un regard et une démarche scientifique qui permettent leur compréhension : comprendre les secousses du sol c'est tenter de les prévoir et ainsi sauver des populations humaines.

Notre globe est animé, et les séismes en illustrent le dynamisme.



SOMMAIRE

Des tremblements de terre qui inquiètent, mais...

Les manifestations d'un tremblement de terre;

ou comment rassembler les évènements qui se déroulent lorsque la terre tremble...

La signature des séismes;

ou comment reconnaître les traces laissées par un séisme...

L'origine des séismes;

des hypothèses à la construction d'un modèle expliquant les séismes

Les séismes sont la conséquence de ruptures de roche en profondeur;

ou comment le modèle donne une bonne image sur les étapes d'un séisme

Les séismes se propagent au-delà des failles;

les séismes sont bien plus complexes qu'une secousse

Les séismes sont des phénomènes mesurables par des outils:

les outils se perfectionnent au cours du temps pour devenir plus précis

Exercices

Glossaire

Novembre 1755, alors que Lisbonne se prépare à célébrer les cérémonies de la Toussaint, tôt dans la matinée, un tremblement de terre dévaste, en cinq minutes, le centre de la ville et fait 60 000 victimes.

La [peinture de Glama](#), Lisbonne, musée d'art ancien.

Les manifestations des séismes à la surface du globe.

Les séismes peuvent se produire dans tous les types de régions ou de paysages: forêts, déserts, fonds océaniques, mais aussi dans les villes. Bien évidemment, à cause des dommages provoqués et des victimes, l'actualité se reporte davantage sur les séismes meurtriers ayant touché des régions urbaines, très peuplées.



Étude d'un tremblement de terre récent : Haïti, le 12 janvier 2010

Nous sommes à Port-au-Prince, qui est la capitale d'Haïti (voir carte en haut à droite), l'un des pays les plus pauvres du monde. La ville compte 2,5 millions d'habitants. Vers 16h50, la terre tremble pendant 48 secondes.

Un témoin raconte au microphone d'une grande radio: «moi, j'étais dans la rue quand ça s'est passé, j'étais dans une voiture et je rentrais chez moi. On a senti une énorme secousse, la voiture a failli chavirer et puis après elle s'est arrêtée nette. Tous les gens qui étaient à l'intérieur ont eu un gros choc. On a vu tout ce qui était tombé: les murs, les maisons, les fissures, il y a beaucoup d'accidents de voiture, beaucoup de personnes sont mortes écrasées, mais on ne sait pas combien au juste, une de mes nièces est blessée car la maison lui est tombée dessus. Il n'y a plus de moyens de communication et je ne peux pas appeler ma famille...je pense qu'il y a eu une grosse secousse et douze autres moins importantes....»

Un deuxième témoignage d'une équipe de reportage d'une chaîne de télévision précise qu'à 80 km plus à l'est de la capitale, la secousse était très faible. Ils ont constaté qu'aucune maison ne s'est effondrée, qu'aucune personne n'était blessée et que la population est restée calme.

Par la suite, le **CNRS** nous informe qu'une partie d'une gigantesque cassure du sol, nommée **faille**, passant au sud-ouest de la capitale, a surélevé le sol de 10 à 20 cm sur 50 km de long. Malgré cette longueur importante, on ne peut pas l'observer directement dans le paysage parce qu'elle se niche tout de même à une douzaine de kilomètres dans le sol d'Haïti, en dessous de la surface. D'autre part, elle est inscrite dans un réseau de fractures du sol bien plus grand.

Quelques jours après ce drame, on apprendra que la secousse principale aura détruit 1/3 de la ville, dont le palais présidentiel, les ambassades et la majeure partie des hôtels, épargnant l'aéroport.

Le mois suivant, les informations confirment l'effroyable bilan : 230 000 morts, 300 000 blessés et 1,2 million de sans-abris. L'aide de toutes les Nations contribue à la reconstruction et au sauvetage de la population sinistrée.

Questions rapides :

Où est situé Haïti ? Que se passe-t-il lors d'un tremblement de terre ? En quoi un tremblement de terre est-il dangereux pour les populations humaines ? Combien de temps a duré la secousse ? Selon les témoignages, existe-t-il des signes qui annoncent la survenue du tremblement ?

[Haïti avant et après le séisme.](#)



Images satellites avant et après le séisme.

On constate d'importantes modifications du paysage notamment celles liées aux destructions urbaines : palais du président et rues.

Photos Google earth.



Images satellites Haïti intéressantes en raison de la localisation d'une modification majeure de la surface de la Terre : une cassure appelée faille (faille de Léogâne). Elle n'est pas observable directement au sol. Photo google Earth.

Étude d'un tremblement de terre dans un pays développé : Kōbe, le 17 janvier 1995.

La ville de Kōbe, sur l'île d'Honshū, est le plus grand port du Japon. Elle rassemble près de 2800 personnes/km² soit 1,5 million d'habitants, voire le double si l'on compte sa périphérie. C'est dans ce contexte qu'à 5h46 la région est sérieusement secouée pendant une vingtaine de secondes. Différents récits synthétisés nous éclairent sur les conséquences du phénomène...

Lors du tremblement principal, un bruit assourdissant accompagne les sursauts du sol, qui bouge surtout de haut en bas avec des écarts de 80 cm à 1 m. En revanche les mouvements de droite à gauche sont faibles. Les témoins parlent d'une quinzaine de séismes de moindres importances faisant suite au premier tremblement. A chaque fois ce bruit, un grondement, accompagne les secousses du sol.



Les conséquences du séisme sur les constructions étaient immédiates: destruction par écoulement. En effet, les va-et-vient du sol cisailaient les fondations des maisons et des immeubles. 721667 bâtiments seront fortement endommagés, dont 181799 complètement détruits par effondrement (ci-contre, un immeuble endommagé par le séisme - [Photo Wikimedia](#)).

D'autre part, la rupture des canalisations de gaz a été à l'origine de centaines d'incendies alourdissant les dégâts, puisque les ruelles, par endroits, étaient étroites et bordées de boutiques facilitant la propagation des flammes. Habituellement efficaces, les pompiers de Kōbe n'ont pu faire face aux feux en raison du manque d'eau dû à la rupture des canalisations d'eau. L'aéroport a été endommagé, des ponts couchés au sol, les rails des trains ont été tordus, les lignes souterraines détruites, les différentes industries ont dû arrêter leurs productions.

Les études de la région de Kōbe, par les **centres d'études géologiques**, révèlent la présence d'une cassure des roches du sous-sol, ou **faille**, qui **affleure** par endroits à la surface de la Terre. On peut ainsi l'observer et l'étudier. On constate qu'elle a bougé de 50 cm vers le haut et de plus de 1 m vers l'avant. De plus, elle s'étale sur plusieurs dizaines de kilomètres, plongeant ensuite dans le sol et échappant à l'observation directe.

Le bilan humain, matériel et économique donné par le centre de prévention des catastrophes naturelles de la mairie de Shinjuku-ku, est important : 6432 morts , 43 792 blessés. On estime à 100 milliards de dollars le coût des dégâts.

Que retenir de ces deux exemples de séismes ? **Les séismes sont dangereux quand ils se produisent à proximité des villes. Ils occasionnent des destructions importantes et des victimes, mais ils modifient aussi les paysages au travers de ces dégâts et des cassures du sol nommées failles.**

Questions rapides :

Localise sur un globe le Japon. Quelles sont les conséquences immédiates de ce tremblement de terre ? Quelles sont les manifestations communes aux tremblements de terre de Kōbe et de Haïti ? Quelle modification du sol observe-t-on après le séisme ? Schématise une faille rapidement avec un crayon. Combien de secousses compte-t-on ?

Lien: [reportage d'un journal télévisé français 36 heures après le séisme. Les valeurs n'étaient pas encore confirmées.](#)



Image satellite de la région autour de Kōbe. La ligne jaune (pointillée et pleine) souligne la présence d'une faille nommée Nojima. Elle est observable directement au sol sur l'île Awaji (trait plein). Photo google Earth - la base de la photo représente environ 120 km.



Une partie de la **Faille de Nojima** est visible en surface, dans un musée, sur l'île Awaji. On voit ici le décalage des deux blocs de roche de part et d'autre de la faille, l'élévation du sol, de 50 cm, forme une «marche». La barre d'échelle représente 1 m . D'après [Photo Wikimedia/ S. Midori](#)

La faille, indice d'un séisme.

On vient de voir qu'un séisme entraîne des modifications radicales du paysage. Malheureusement, il existe bien d'autres phénomènes naturels destructeurs, par exemple une explosion. Dès lors, comment faire pour reconnaître un séisme d'un autre sinistre? Autrement dit quelle est la signature d'un séisme ?

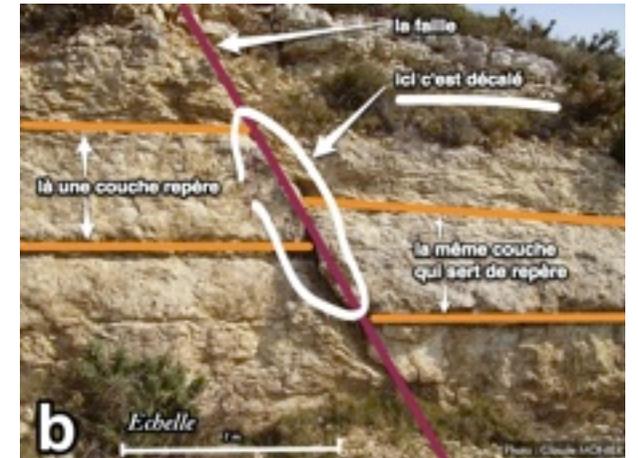
Pour répondre à cette question, il faut bien observer les conséquences d'un séisme et les confronter à celles d'un autre événement d'intensité globalement équivalente. On constate alors que la présence d'une cassure du sous-sol appelée **faille** est **systematiquement** et **exclusivement** présente lors d'un séisme. En revanche, d'autres critères sont souvent présents, quel que soit l'événement. Ainsi les dégâts importants, des blessés, des victimes, même un tremblement du sol ne sont pas du tout des marqueurs d'un séisme. On en conclut que **la faille seule représente une excellente signature des séismes.**



Les failles sont bien plus que de simples fissures du sol. En effet, leurs grandes dimensions dans le sens de la longueur en font des éléments majeurs dans le paysage même si elles n'affleurent pas forcément en surface. Imaginez une seule et même faille s'étalant sur plus de 20 km (*faille de El Asnam, en Algérie*) voire 1300 km comme le **groupement des failles de San Andreas en Californie** (à gauche, photo USGS). De la même manière, certaines failles plongent en profondeur sur des distances qui peuvent atteindre la dizaine de kilomètres. Imaginez donc leurs surfaces : 300 km² !

La deuxième particularité, après les dimensions, qui les différencie des fissures, est le **décalage** des blocs de roche de part et d'autre de la faille. On observe souvent une sorte de «*marche*» entre les bords de la faille. Ce décalage, bien que parfois modeste (de l'ordre du centimètre) peut atteindre plusieurs mètres (*voir la faille de Najima pour observer cette marche*). Il n'est pas toujours aisé de voir ce «*rejet*» en raison de l'**érosion**, qui peut le faire disparaître, mais parfois des indices nous renseignent : observer le décalage de lignes au sein même des blocs de roches ou encore l'écart entre deux couches de roches (*voir l'illustration ci-contre*).

Décidément, ces failles sont des **objets géologiques** bien particuliers parce que toujours associées aux séismes, mais aussi en raison de leur impact sur le paysage. «Donnez-moi une faille et je vous dirai s'il y a eu un séisme» pourrait bien résumer l'importance de ces **structures** en géologie.



Petite faille dans la région PACA. Noter le décalage des couches repère de part et d'autre de la cassure. Ce n'est donc pas une simple fissure, mais bien une faille, révélée par l'écart entre les couches. On en déduit aussi quelle est liée à un ancien séisme (la faille étant ancienne...). Photo C. Monier.

Question d'élève: Les séismes peuvent-ils être sans danger ?

Bien sûr, c'est même le plus souvent le cas et cela pour deux raisons. La première est liée directement à leur importance (intensité). Les études montrent que les séismes violents sont exceptionnels. La deuxième raison, c'est qu'ils se localisent souvent en dehors des zones habitées. Tu peux vérifier par toi-même ces deux explications en allant sur le site [USGS](https://www.usgs.gov/). Et en observant la localisation des séismes sur le globe

Question d'élève: pourquoi après un séisme il y en a d'autres, plus petits ?

Il faut comprendre que les bords de la faille ne sont pas lisses. Bien au contraire, ils sont rugueux, les roches ne sont pas appliquées correctement les unes contre les autres. Du coup il en résulte des instabilités, des tensions qui s'apaisent lors de petits mouvements d'ajustement de la faille. Chacun d'eux crée un séisme.

À RETENIR: les séismes sont des tremblements de terre localisés, brefs et parfois destructeurs. Ils peuvent modifier les paysages par les dégâts occasionnés, mais aussi par la présence d'un élément géologique majeur : une faille.

Cette faille est reconnaissable, car elle décale les terrains qui la bordent.

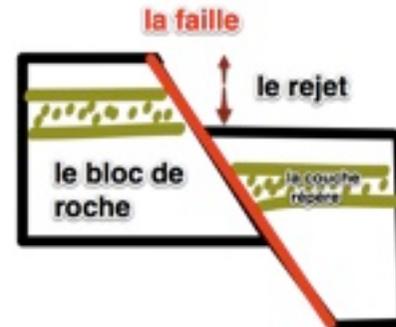


Schéma d'une faille. Notez la faille, qui décale les blocs de roche, et le rejet. Le décalage est souligné par l'écart de la couche repère. Schéma DS.

L'origine des séismes à la surface du globe.

Des hypothèses qui pourraient bien apporter des réponses.



Comment expliquer les tremblements de la terre ? Dans la mythologie japonaise (ci-contre, Estampe du 17e siècle - [aquablog](#)), un poisson-chat («Namazu») géant porte sur son dos l'archipel japonais, chacun de ses mouvements déclenchant des séismes (ici, la divinité Kashima pose un rocher sacré sur le poisson afin de l'immobiliser et stopper ainsi les séismes.)

De façon plus rationnelle, il semble que chacun d'entre nous ait son idée expliquant l'origine des séismes. Il devient donc intéressant de lire ces propositions d'élèves pour en savoir un peu plus sur ce que pensent les autres élèves.

Hypothèse 1: L'agitation des grandes villes déclenche-t-elle des tremblements de Terre ?

Les constructions d'immeubles, de ponts et grands bâtiments apportent leurs lots d'agitation. En effet, nous pourrions penser que la concentration de matériaux, d'activités, de véhicules génère suffisamment de **contraintes**, appuient sur le sol pour créer des failles et provoquer des tremblements. **Pourtant si cela est vrai alors nous devrions constater que seules les villes subissent des séismes.** Or on observe, la plupart du temps, que les séismes se produisent dans des endroits isolés, loin de toutes constructions humaines. Nombreux sont ceux qui se produisent sous les océans, pouvant parfois provoquer la formation de vagues géantes dévastatrices, les tsunamis. Dès lors, nous ne pouvons retenir les activités humaines comme responsables des séismes : **cette hypothèse est donc fausse.**

Hypothèse 2: La remontée de magma déclenche-t-elle des tremblements de Terre ?

Les magmas logeant dans le globe (voir le chapitre Volcanisme pour en connaître leur origine) remonteraient à la faveur de fissures et cassures parce qu'ils sont plus légers que les roches qui les contiennent. Lors de ce trajet, ils exerceraient des pressions sur les roches en appuyant sur ces dernières et finalement elles céderaient. Il en résulterait failles et séismes visibles à la surface du sol. **Pourtant, si cela était vrai, alors nous devrions constater que des émissions de laves (et/ou les volcans) et les séismes devraient être associés.** Or on observe que si c'est parfois bien le cas, ce n'est pas une généralité: les séismes se produisent aussi dans des endroits éloignés de toutes activités volcaniques. Dès lors, nous ne pouvons retenir les remontées de magma comme uniques responsables des séismes: **cette hypothèse est donc incomplète.**

Hypothèse 3: Des forces déclenchent-t-elles des tremblements de Terre.

Le Globe contient des roches (voir chapitre 3). Or, ces dernières appuient les unes contre les autres, certaines appuyant plus fortement. Par conséquent, nous pourrions penser que cette organisation génère des **pressions**, des **forces** qui seraient capables de déclencher des séismes et des cassures. **Si cela est vrai alors nous devrions constater que des roches qui cassent, en raison de forces, déclenchent des séismes.** Comment observer dans la nature de tels phénomènes ? C'est impossible. D'une part parce que parfois les séismes sont si violents que rester sur place serait bien trop dangereux et d'autre part les forces sont invisibles. Pour tester cette hypothèse, il faut utiliser un **modèle.**



Le séisme du 27 mars 1964, qui a touché l'Alaska, a été l'un des plus puissants jamais enregistré. Vous voyez ici, loin de toute ville, le paysage forestier bouleversé par les mouvements du sol. Photo Wikimedia/NOAA.



Vue aérienne d'un paysage affecté par la faille de Denali (Canada): Remarquer que l'illustration ne montre aucune trace de sources de chaleurs pouvant trahir la présence de magma à proximité de la faille visible en noir, telles des fumerolles, geysers, laves...(source : [USGS](#))

Un modèle qui mime l'origine des séismes.

Comment vérifier cette hypothèse des forces générant des séismes puisqu'il semble impossible de la tester par l'observation sur le terrain ? Les scientifiques inventent et utilisent alors une sorte de **maquette** capable de reproduire les séismes si on exerce des forces : ils parlent de **modèle**. Quel modèle simple peut-on utiliser pour savoir si des forces sont capables de générer des séismes ?

Un bac à sable représentant la Terre et des mains les forces du globe...

Prenons le modèle du bac à sable (illustrations ci-contre - d'après le [Wikispace Rock Trauma Center](#)). On peut réaliser une correspondance entre les éléments du modèle et ceux que l'on voit dans la nature. Ainsi, le sable représente la roche du globe, les différentes couches font allusion aux **strates** de roches superposées. La paroi mobile actionnée par un piston correspond aux **forces** qui seraient capables de déclencher les séismes.

Ainsi, notre modèle est fin prêt à fonctionner et notre raisonnement se formule ainsi : s'il est vrai que des forces sont capables de déclencher des séismes et que notre modèle est convenable alors je devrais observer les fameuses signatures des séismes : des failles.

Le modèle mimant des séismes.

Le fonctionnement du modèle repose sur l'**action de forces** qui, via le piston, comprime ou écarte les **strates** de sables. Les résultats montrent clairement la présence de nombreuses **failles découpant et décalant les couches de sables**. Or nous savons que failles et séismes sont intimement liés, même si ici on ne peut entendre les bruits ni voir des tremblements, parce trop faibles pour être facilement observables.

Le modèle est critiquable.

Il est vrai qu'en réalité les roches ne sont pas contenues dans une boîte en bois, qu'elles sont d'une rigidité que du sable aurait bien du mal à égaler. Que dire du piston qui les a comprimées ou étirées ? Il n'existe pas, dans le globe, pareil mécanisme pour comprimer les roches. Pourtant, le modèle montre bien la formation de grandes failles. Que conclure ?

Le modèle confirme en partie l'origine des séismes.

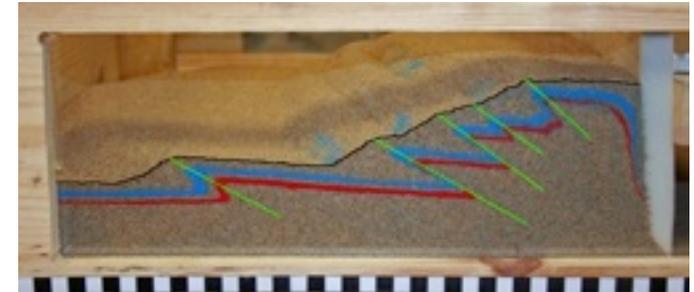
Il semble raisonnable de dire qu'en ayant conscience des points forts et des faiblesses de notre modèle (les critiques) il démontre tout de même que **les séismes résultent bel et bien de la fracture de roches, fractures dues à l'existence de forces dans le globe**. Gardons à l'esprit encore une fois que les mécanismes du modèle ne peuvent être vraiment ceux impliqués dans la réalité en raison des critiques citées précédemment.

Questions rapides: qu'est-ce qu'un modèle ? Quelles sont différences entre un modèle et une maquette ? Donne le principe du modèle utilisé pour mimer les séismes ? Quelles critiques peux-tu formuler sur ce modèle ? Explique en quoi le modèle proposé montre l'origine des séismes.

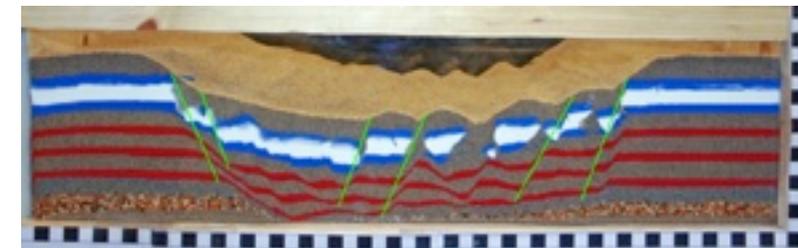
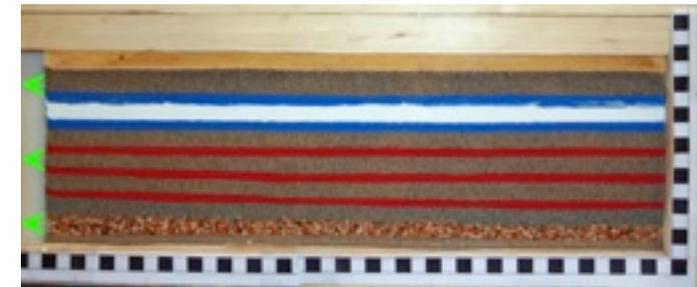
Lien : [un autre modèle](#) très critiquable mimant les séismes.



La «boîte à sable» qui représente le déclenchement des séismes. Les «roches» (sable) vont être comprimées par des forces (flèches vertes)



La compression des «roches» du modèle fait apparaître des déformations du sol et du sous-sol accompagnées de failles (lignes vertes). Cela correspond à ce qui est observé dans la réalité.



L'étirement des «roches» du modèle fait aussi apparaître des déformations du sol et du sous-sol ainsi que des failles (lignes vertes).

Les séismes sont la conséquence d'une rupture des roches en profondeur par des forces.

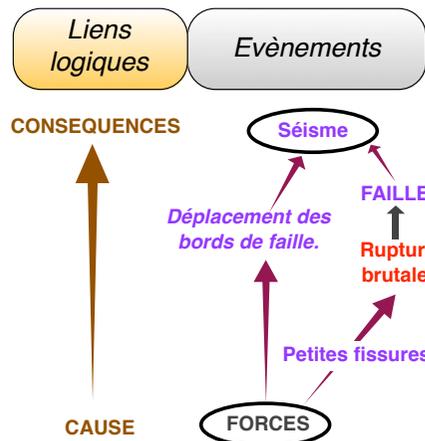
Le modèle montre que les séismes résultent de roches qui cassent brusquement. Mais comment peut-on décrire concrètement ce mécanisme quand il se déclenche dans notre terre, en dehors d'un laboratoire, et comment le définir avec plus de précision?

Des forces responsables de la faille.

Pour comprendre le déclenchement d'un séisme, il faut, d'une part, changer de taille et observer la roche à une échelle bien plus petite que le millimètre et d'autre part il faut admettre aussi que les roches du sous-sol sont en permanence soumises à des forces (leur origine sera examinée aux chapitres 3 et 4).

On peut imaginer que les roches peuvent se tordre, se plisser. Mais imaginez que peu à peu, soumises à ces forces, de petites fissures naissent au coeur même de la masse rocheuse dure, la fragilisant au fur à mesure que le temps s'écoule. Soumises sans relâche à ces mêmes contraintes, les fissures s'étalent et s'agrandissent. On comprend dès lors que la roche ne pourra pas résister éternellement et il arrive un moment où leur nombre est si grand que le bloc rocheux cède et casse **brutalement**. Les blocs de roches sont décalés violemment, déjetés à l'opposé le long d'une grande cassure : c'est la faille.

La faille est à l'origine du séisme.



Nous comprenons à présent pourquoi la faille est la signature du séisme. En effet, elle est le séisme, c'est justement parce que la roche casse en formant une faille que le séisme naît. Il ne faut donc pas tomber dans l'écueil qui ferait de la faille une conséquence du séisme, un évènement qui viendrait après le tremblement. En somme, ce n'est pas parce que le sol tremble que les roches cassent. C'est bien parce que les forces compriment ou écartent les roches qu'elles cèdent en formant une faille. Tout se passe comme si le séisme était la conséquence de l'apparition d'une faille et elle est bien à l'origine du séisme (schéma ci contre: **lien entre faille et séismes**. Remarquez que le séisme ne déclenche pas l'apparition d'une faille. Schéma RR d'après DS)

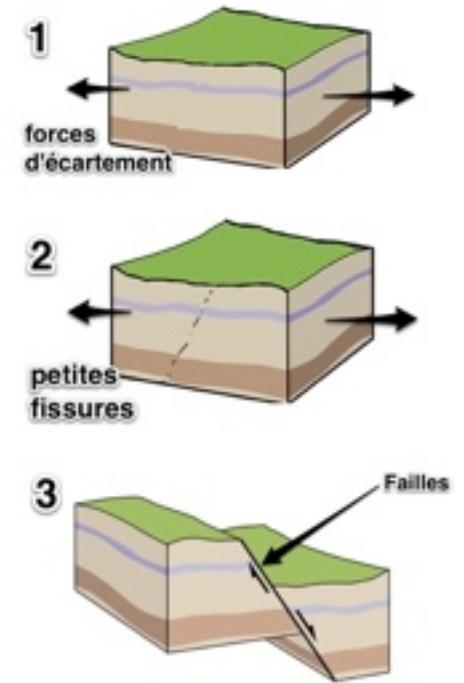
Faille et séisme sont liés par la géométrie

Les sismologues nomment le **foyer** comme étant l'endroit, sur la faille, où s'est produite la rupture de la roche. Mais s'il échappe à l'oeil du géologue, parce qu'il se trouve justement en profondeur, il permet de définir l'**épicentre** du séisme. C'est le lieu, à la surface du sol, mais directement au dessus du foyer, à sa verticale, où les dégâts sont les plus importants. Ces deux mots permettent de définir avec bien plus de précision un séisme : «cherche l'épicentre et tu localiseras la faille».

Question d'élève: Pourquoi les informations annoncent qu'une zone est encore dangereuse alors qu'une faille s'est déjà formée ?

Il semblerait logique qu'une fois la faille présente, le sol ne devrait plus présenter de danger sismique. Pourtant, il n'en va pas ainsi: les forces du sous-sol continuent leurs actions de part et d'autre de la faille. Par conséquent, on peut observer à nouveau un déplacement brutal des blocs rocheux, et c'est un autre séisme qui se déclenche à nouveau. Les géologues parlent de réactivation de faille. Donc plus un sol est faillé et plus le risque sismique semble élevé.

À RETENIR: Les roches du sous-sol sont soumises en permanence à des forces. Ces roches résistent un temps, mais si les forces dépassent la résistance des roches, on observe leur rupture brutale: c'est la faille. Une faille existante peut encore bouger et déclencher de nouveaux séismes.



Formation d'une faille. On peut remarquer que le procédé ressemble bien au modèle précédent. (inspiré de Wikipédia)

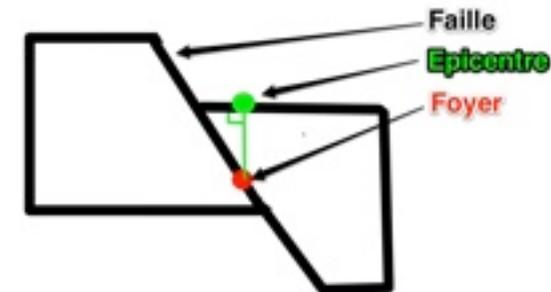


Schéma montrant le lien entre foyer et épicentre. Remarquez que les dégâts les plus importants ne sont pas sur la faille, mais à la verticale du foyer. Schéma DS.

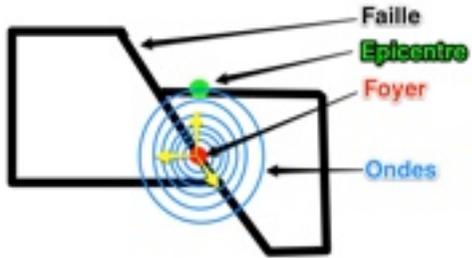
Les tremblements de la terre se propagent au-delà de la faille.

L'étude des séismes montre que la terre tremble bien au-delà de la zone faillée. Or, si on comprend bien pourquoi les dégâts sont localisés au niveau de la faille, puisque des blocs de roches sont décalés et que toute construction s'en trouve déstabilisée, comment comprendre que des destructions importantes puissent être observées loin de la faille ?

La répartition des dégâts d'un séisme renseigne sur le pourquoi des destructions éloignées de la faille.

L'étude des séismes peut revêtir parfois l'allure d'une enquête policière. Chercher l'épicentre d'un séisme ne peut pas se faire à partir du foyer puisqu'il est en sous-sol, donc caché. Ainsi, nous devons réaliser une enquête à partir de témoignages. Nous les confrontons à un document appelé **échelle de l'intensité des séismes**. Elle mesure la force des secousses en fonction des dégâts observés: plus ils sont importants et plus l'intensité est forte. Nous sommes alors capables, à partir de ces témoignages, de construire une carte montrant les zones qui ont été abîmées de la même façon par le séisme. Or cette répartition est étonnante: les zones de même intensité s'étalent **en cercles grossiers autour de l'épicentre** (voir carte ci-contre), un peu comme le feraient les vaguelettes qui s'éloignent d'un caillou tombé dans l'eau. Bien que la comparaison s'arrête là, parce que la Terre est solide, nous pouvons tout de même avancer qu'à l'instar des vaguelettes qui soulignent la présence de vibrations, **les zones de mêmes intensités sismiques signalent le passage d'une vibration dans le sol**. Les physiciens parlent d'**ondes de séismes**, où ondes sismiques. Comment expliquer leur apparition ?

Une onde est une vibration qui provoque le tremblement de la terre



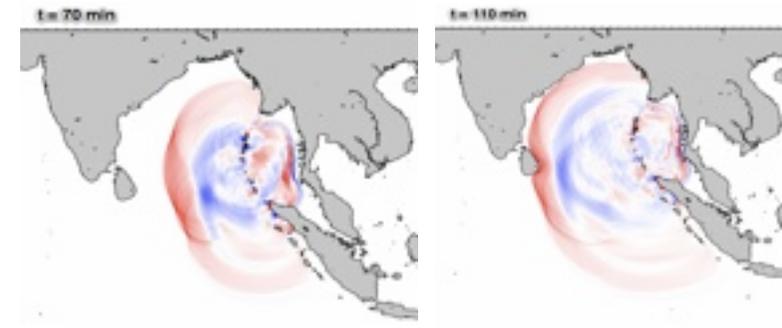
La rupture de la roche provoque une secousse qui se propage dans la roche sous la forme d'**ondes**. (schéma à g.: **étapes logiques menant aux séismes**. Notez le déplacement dans les 3 directions des ondes sismiques dans le bloc rocheux - schéma DS). La difficulté d'imaginer ces ondes vient de l'une de leurs propriétés: elles ne se voient pas quand elles se propagent dans l'épaisseur d'un matériau dur, comme de la roche, à l'inverse des liquides qui forment des vagues concentriques. Ce n'est pas parce qu'on ne les voit pas qu'elles n'existent pas: disposez des morceaux de sucre sur une table massive et bien calée sur ses pieds. Frappez fort du poing sur la table et les carrés de sucre tombent. L'intuition aidant vous comprenez que quelque chose se déplace, du poing vers les sucres, **dans** la table: c'est justement une onde. D'autre part, l'onde se déplace **dans toutes les directions**: vers le haut, le bas et les côtés à partir de la zone qui casse, c'est à dire **du foyer du séisme**. Cette propriété de l'onde explique pourquoi les effets des tremblements de terre sont ressentis sur de larges surfaces terrestres. Pour finir, **l'intensité de l'onde diminue avec sa distance de déplacement**: plus elle s'éloigne de sa source et moins elle est forte. C'est pourquoi les dommages des séismes s'atténuent quand on s'éloigne de l'épicentre.

Questions rapides :

Comment localise-t-on un épicentre d'un séisme ? Comment expliquer que les dégâts soient disposés en cercle autour de l'épicentre d'un séisme ? Comment définir simplement une onde ? Quelle astuce réaliser pour en voir une ? Donne la suite logique des événements qui aboutissent à un tremblement du sol.



Carte montrant la répartition de l'intensité du séisme du 12/01/2010 dans la région de Port-au-Prince. Remarquez la forme concentrique que prennent les zones de même intensité. Les zones les moins touchées sont les plus éloignées de l'épicentre, noté par une étoile. (l'intensité est plus forte du rouge vers le jaune). Carte USAID.



Le séisme du 26/12/2004, sur les côtes de Thaïlande, a provoqué la formation de vagues géantes qui se déplacent comme les ondes sismiques, mais beaucoup moins vite. Leur parcours est ici reconstitué. Notez le déplacement de l'onde au cours du temps (40 min séparent ces deux vues) et sa propagation dans toutes les directions. Illustration d'après [ENS](#).

[Propagation des ondes sismiques](#) au cours d'un séisme en Chine.

Les ondes sismiques peuvent être enregistrées à l'aide d'un sismographe.

Les hommes, en quête de connaissance sur le monde, n'ont cessé de vouloir sonder les secousses de la Terre, leur objectif étant de mesurer avec précision à la fois les ondes si faibles qu'elles échappent aux sens des humains, mais aussi celles qui bouleversent les paysages à grande échelle. Le souci technologique principal était de conserver une trace fidèle de l'intensité du séisme alors que tout l'environnement bougeait suite aux passages successifs des ondes sismiques. **Le passage des sismographes mécaniques aux dispositifs électroniques autorisa des mesures encore plus précises.**

En l'an 132, le scientifique Chinois [Zhang Heng](#) inventa un appareil détectant la direction des mouvements du sol par la chute d'une bille percutée par un pendule contenu dans une vasque en bronze de près de deux mètres de diamètre (voir photo). Cet appareil, un «sismoscope», indiquait la présence et la direction d'une secousse, mais ne pouvait la mesurer, parce que la bille tombait de la même manière quelque soit l'intensité du séisme.

Depuis, physiciens et ingénieurs ont oeuvré pour traduire plus fidèlement les soubresauts de la terre et connaître plus fidèlement l'intensité de la secousse. **Le principe est toujours le même: les mouvements du sol, sur lequel repose l'appareil, sont transformés en un tracé écrit grâce à un stylo enregistreur qui tend à rester immobile grâce à une grosse masse qui amortit ses mouvements.**

Ces appareils, qui enregistrent les ondes sismiques, sont nommés **sismographes**, et leurs tracés des **sismogrammes** (voir schéma). Leurs dimensions et masses très imposantes au départ s'expliquent par la volonté de ne mesurer que les mouvements du sol, la masse de l'objet atténuant les vibrations parasites de l'appareil après le passage des ondes. Ils pouvaient peser près de 19 tonnes. Les véritables progrès viennent au cours du XXe siècle, lorsqu'on introduit, dans le mécanisme de l'appareil, des dispositifs électrique puis électronique. Actuellement, ces appareils, de plus en plus petits et précis, transforment les mouvements du sol en phénomènes électriques que l'on visualise sur un écran.

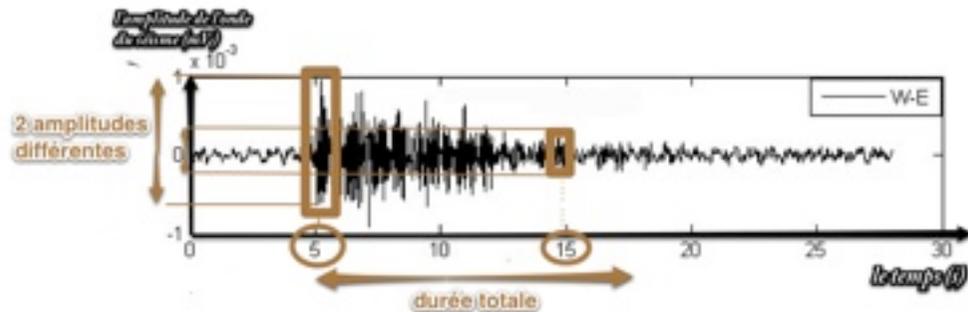
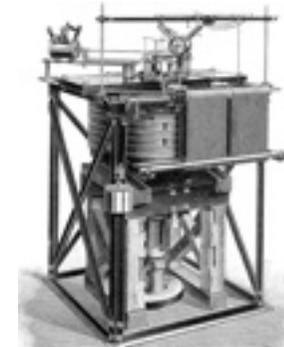


Schéma d'un sismogramme. Notez la correspondance entre l'amplitude des ondes sismiques et l'intensité du séisme. Ici, on voit bien qu'un séisme est une succession d'ondes, car il y a une série de «pics». (source Wikipédia).

Le sismogramme (ci-dessus) apporte des informations précieuses sur un séisme. Non seulement on en mesure la durée, mais on peut connaître aussi son intensité: plus le tracé affiche une déviation importante (amplitude) plus l'onde est puissante, et donc plus le séisme est violent, et réciproquement.



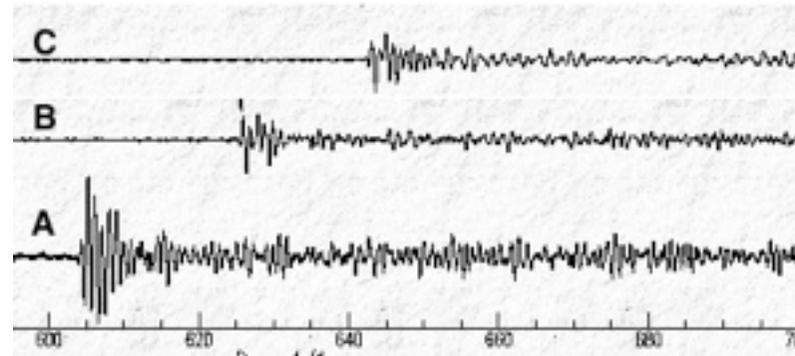
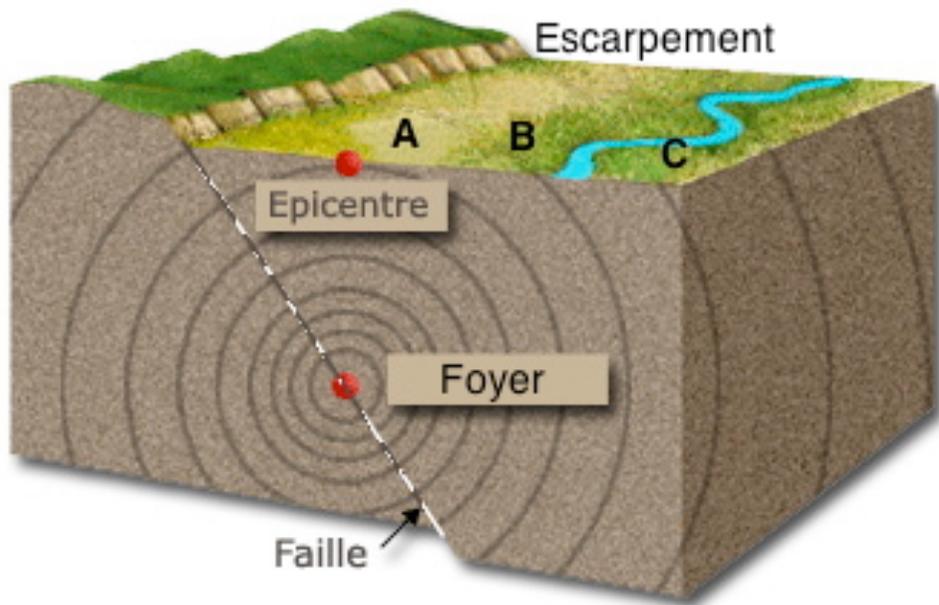
Copie moderne du sismo«scope» de Zhan Heng. Photo Wikimedia/ Shizhao



Évolution au cours des âges d'un l'objet technologique : le sismographe. Notez que le sismographe transforme toujours le mouvement du sol en un autre signal : la chute d'une bille, le mouvement d'un stylo (ci-dessus, à gauche, modèle de 1914) et actuellement en une variation d'un courant électrique actuel. Le sismographe de droite a été déposé sur Mars afin d'étudier l'intérieur de cette planète, et a une masse d'à peine 1 Kg. Photos [Wikimedia](#) et [CNES](#).

Liens: [fabriquer son propre sismographe](#).

[Observer le fonctionnement d'un sismographe virtuel](#)



Liens entre les ondes sismiques et l'intensité d'un séisme. Les ondes sismiques se propagent à partir du foyer, situé sur la faille. Les sismogrammes ci-dessus montrent l'arrivée des ondes en A, puis, un peu plus tard, en B (leur intensité a diminué) puis en C, plus tard encore, avec une intensité plus faible. Schéma RR d'après DS/ Wikimedia/ Lorangeo.

À RETENIR:

Les roches du sous-sol sont soumises en permanence à des forces. Les roches résistent, mais si les forces dépassent leur résistance, elles cassent, et une faille se forme et la roche se déplace, ou bien la roche se déplace sur une ancienne faille. Cette cassure et ce déplacement, partant d'un foyer, créent des ondes sismiques qui se propagent dans toutes les directions et font trembler la surface lorsqu'elles l'atteignent (le point de la surface le plus proche du foyer est l'épicentre). Ces ondes sont enregistrées par des sismographes.

Question d'élève: Peut-on prendre notre voiture pour fuir les ondes des séismes ?

À vrai dire non ! Ce n'est pas possible. La vitesse des ondes sismiques dépend entre autre de la composition du matériau dans lequel elles se propagent. Ainsi, dans l'air elles circulent à 1200 km.h⁻¹, dans l'eau de mer elles atteignent 5400 km.h⁻¹ et dans un solide, comme une roche (granite), elles fusent à 18 000 km.h⁻¹. Ainsi, plus le matériel est compact et plus les ondes vont vite. Mais dans tous les cas les vitesses de leur déplacement sont trop importantes pour que l'on puisse les fuir.

Liens: Le tremblement de Terre de San Francisco en 1989: [images et témoignages](#)

Illustration du [mouvement d'une faille](#).

11 Mars 2011: un des plus puissants séismes jamais observés provoque la formation d'un [tsunami qui déferle](#) sur la cote est du Japon. [Chronologie](#) (en français canadien)

Les modèles en sciences

En sciences, un modèle est une description simplifiée d'un phénomène. Ce modèle peut être théorique (sous forme de calculs) ou pratique (utilisant des machines, simples ou complexes), ou même parfois mélanger un peu les deux. Une particularité d'un modèle est que l'on peut agir dessus, réaliser des expériences avec lui pour en tester la validité (décrit-il bien ce que l'on observe ? Permet-il de faire des prévisions ?) et les limites (pour jouer au foot, on peut considérer que la Terre est plate, mais pour tracer des cartes de géographie, on doit bien changer de modèle et prendre en compte sa forme sphérique...).

Exemple: Le Pr Cooke-Andresen réalise un modèle de la faille de San Andreas: voyez comment, avec son étudiante, elle reproduit la géométrie de la faille (avec une planche de même forme), «modélise» les roches par de l'argile, et accélère leur déplacement, afin de prévoir les régions qui, fortement déformées, sont celles où de nouvelles failles, et donc des séismes, peuvent se former.

QUESTIONS DE COURS

- 1/ que se passe-t-il lors d'un séisme ?
- 2/ quel est le point commun, observable quand il affleure, entre tous les séismes ?
- 3/ qu'est-ce qu'une faille ? Schématise-la.
- 4/ définis ce qu'est l'épicentre et le foyer d'un séisme. Localise-les sur un schéma que tu réaliseras.
- 5/ Qu'est-ce qu'une onde ?
- 6/ quel est le nom de l'appareil qui mesure les ondes sismiques ?

COLLES

- 1/ Lors d'un séisme, les témoins signalent que les tremblements sont ressentis au nord, au sud, à l'ouest et à l'est. Comment l'expliquer ?
- 2/ Un élève discute des conséquences des séismes. Dans la conversation vous relevez la phrase suivante «...et ça tremblement tellement fort que la terre se casse en deux.....si si et même que le prof nous a dit que c'était une faille». Quelle critique pouvez-vous formuler concernant cette idée.
- 3/ Réalisez un tableau à double entrée qui prenne en compte les effets des séismes intenses dans les villes et en dehors. Vous tiendrez compte de l'origine des séismes et des conséquences qui lui sont associées.

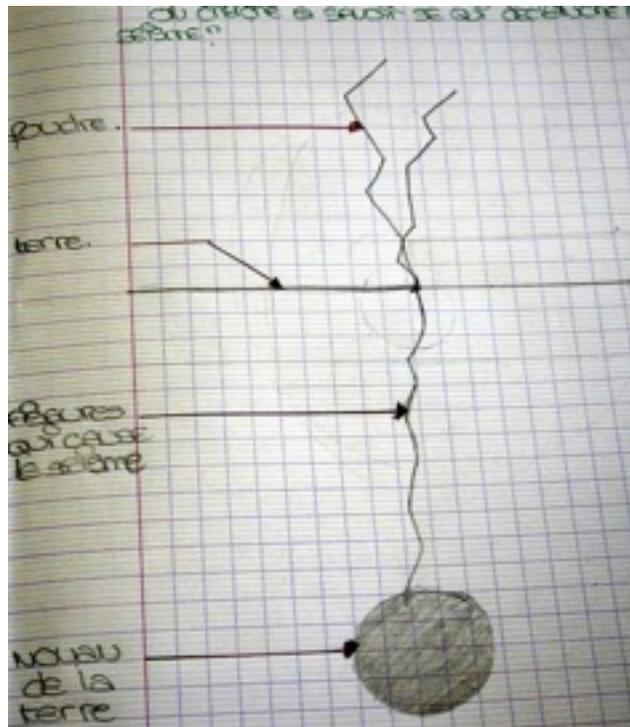
Questionnaire à Choix multiples

Coche les bonnes réponses en te justifiant oralement.

- les séismes sont des tremblements de terre qui s'expliquent par une remontée de magma vers la surface.
- une faille est une grande cassure qui décale des blocs de roches.
- Les failles ont pour origine le tremblement occasionné par le séisme.
- Une faille comme une fissure déclenche des séismes.
- Le foyer d'un séisme est en surface en plein milieu de la faille qui affleure
- L'épicentre est sur la faille en profondeur.
- Le foyer est la zone de roche, sur la faille, qui casse en dernier.
- La faille est une conséquence du séisme.
- La faille est à l'origine des ondes sismiques.
- Les ondes sismiques sont à l'origine des tremblements de la terre.
- Les séismes sont dus à des forces dans le globe qui cassent les roches.
- Les forces du globe sont à l'origine des failles.
- une maquette permet de comprendre le fonctionnement des séismes.
- un sismographe permet de mesurer l'intensité des séismes.

EXERCICES

1 - Une nouvelle hypothèse sur l'origine des séismes (4 pts)



Une classe de quatrième cherche l'origine des séismes à la surface de la Terre. Ils travaillent donc sur des idées qui expliqueraient sur déclenchement : des hypothèses.

Voici ci-contre la réponse d'un élève de la classe.

11- proposez deux critiques positives ou négatives sur l'hypothèse de cet élève .

12 - proposez une explication sur l'origine réelle des séismes.

2 - Étude d'une modification du paysage après un séisme ancien. (6 pts)



Voici ci-contre un affleurement qui montre une paroi rocheuse dans une région touchée par un séisme. ([Photo MC Rygel/Wikimedia](#))

21- Relevez dans l'illustration ci-dessus l'indice qui permet d'expliquer l'origine du séisme ?

22 - Réalisez un schéma qui explique comment ce genre «d'indice» a pu se former.

3 - Étude d'une faille (5 pts)

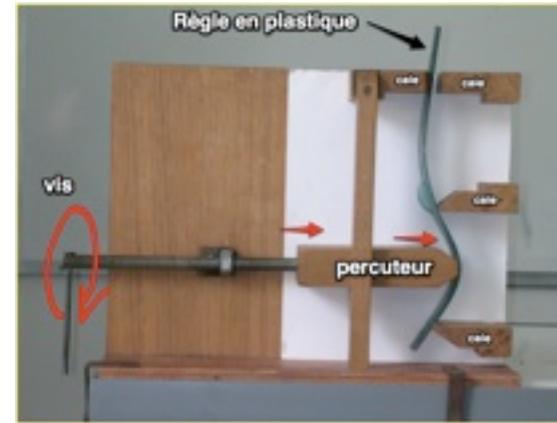


L'illustration ci-dessus présente une faille (Photo [Wikimedia/mikenorton](#)). Schématisez, titrez et légendez la photo ci-dessus.

4 - Étude d'un modèle qui explique les séismes (10 pts)

Les élèves d'une classe cherchent à comprendre comment se déclenche un séisme. Ils formulent, d'un commun accord, l'hypothèse que des forces dans le globe sont capables de déclencher des séismes.

Pour savoir si un tel phénomène est possible, ils réalisent avec leur professeur le modèle ci-dessous (photo d'après [académie de Dijon](#) / [animation flash](#)).

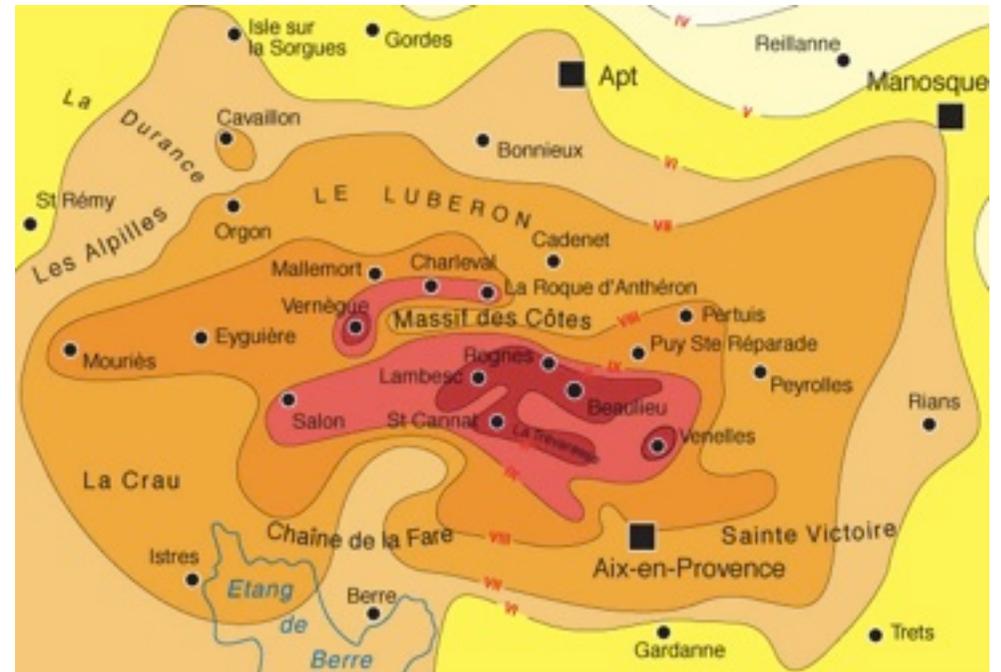


41 - Indiquez quel est l'intérêt de passer par un modèle pour comprendre le fonctionnement des séismes.

42- réalisez un tableau qui montre ce que mime la règle, le couple vis/percuteur.

43 - quand le modèle fonctionne, on observe que la règle casse et le bruit de cette rupture. Proposez 2 critiques en faveur de ce modèle et 2 négatives.

5 - Étude d'un séisme en France



Il y a un peu plus de 100 ans, en 1909, la région des Bouches-du-Rhône fût secouée par un séisme de forte intensité. On déplora 46 morts, 250 blessés et des milliers de bâtiments endommagés ou détruits. Le document ci-dessous vous montre les zones qui ont été secouées avec la même intensité sismique. (source site [ENS](#))

51- Indiquez, en relevant les informations dans la carte, l'intensité du séisme ressentie dans les villes suivantes : *Manosque, Istres, Lambesc, Aix-en-Provence, Salon*. Répondre sous la forme d'un tableau que vous construirez.

52 - En déduire, en vous justifiant, la localisation de l'épicentre de ce séisme.

Des centres d'études de géologie réalisent des travaux complémentaires et construisent cette carte de la région:

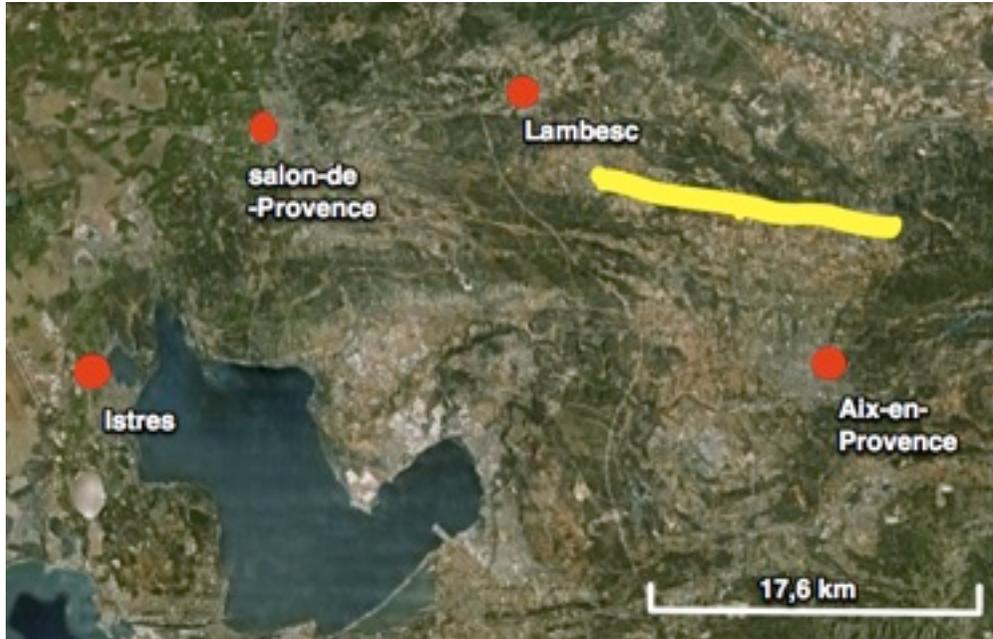


Image satellite de la région de Lambesc. Une faille est surlignée en jaune. Schéma DS d'après Google Earth.

53 - Indiquez le lien existant entre le séisme et la faille signalée sur la carte

54 - Proposez, en vous justifiant, une explication qui permet de comprendre pourquoi la ville d'Istres ait pu ressentir des secousses alors qu'elle se trouve loin de l'épicentre. Réaliser un schéma est obligatoire.

55 - Les ondes sont invisibles. Imaginez donc une petite manipulation qui permet de les voir.

CORRECTIONS

Questions de cours :

1- L'étude du séisme de Haïti, mais aussi celui de Kobé, montre les événements suivants :

- un bruit plus ou moins important
- des secousses du sol
- des modifications qui peuvent être importantes du paysage telles que des fissures dans le sol et les bâtiments, mais aussi parfois la présence d'une grande cassure nommée faille
- des dégâts de bâtiments et des victimes humaines si le séisme se produit dans une ville.

2 - Cachée dans le sous-sol lors du séisme Haïti, et affleurante dans l'exemple du tremblement de terre de Kobé: c'est la faille.

3 - Une faille est une cassure des roches du sous-sol qui a la particularité de décaler les blocs de roche. Ses dimensions importantes, ainsi que ce décalage, la distingue de la fissure. Schéma d'une faille: voir page 11.

4 - La zone de rupture de la roche située sur la faille en profondeur du sol est appelée foyer du séisme. Directement au-dessus du foyer, à sa verticale et à la surface du sol, les dégâts sont très importants : c'est l'épicentre du séisme. Schéma montrant l'épicentre et le foyer du séisme.

5 - Une onde peut être définie simplement par un mouvement qui se déplace dans un milieu donné.

6 - Les ondes sismiques peuvent être enregistrées et visualisées grâce à un appareil appelé sismographe.

Colles :

1- Les témoins situés tout autour du foyer ont ressenti des vibrations liées au séisme. Tout cela est possible parce que des ondes sismiques naissent du foyer et se propagent dans le sol dans toutes les directions de l'espace. Ce sont elles qui sont responsables des vibrations.

2 - L'élève qui prononça cette phrase n'a pas bien compris l'origine d'un séisme ainsi que ses conséquences. En effet les tremblements du sol ne sont pas responsables de la création d'une faille. C'est l'inverse qui se produit: la faille engendre les tremblements.

3 - Tableau montrant l'origine et les effets des séismes intenses dans deux environnements différents:

| Environnement | Origine du séisme | conséquences |
|---------------|-------------------|---|
| urbain | Faïlle | Destruction des bâtiments, effondrement, ruptures des canalisations d'eau et de gaz, dégâts causés aux voies de communication, nombreuses victimes. Paysage très fortement modifié. |
| rural | Faïlle | Chute de branches, arbres fragiles déracinés, éboulements éventuels. Pas ou peu de grandes modifications du paysage. |

Questionnaires à choix multiples :

Affirmations fausses: 1, 3, 4, 5, 6, 8

2 - Exact ! Les failles desquels les blocs de terrain parce que ce sont d'importantes cassures des roches du sol.

7 - C'est vrai ! Il s'agit d'un point inaccessible parce qu'en profondeur qui représente le lieu où la roche a cédé aux forces.

9 - Lorsque la roche casse, la faille apparaît. Cette cassure engendre les ondes sismiques qui se propagent dans toutes les directions de l'espace à partir du foyer du séisme.

10 - Par définition, une onde est un mouvement qui se déplace dans le sol. Lors d'un séisme il n'y a pas qu'un mouvement, mais plusieurs. Ce sont ces trains de mouvement que l'on ressent lors du séisme: ce sont les vibrations de la terre qui sont ressenties lors du séisme.

11 - Le modèle utilisé dans le cours démontre que des forces sont capables d'engendrer des cassures de roche sous forme de failles lorsqu'elles sont bien plus importantes que la résistance de la roche. Il est donc vrai que les forces du globe sont à l'origine des séismes.

12 - Une maquette ne peut en aucun cas faire comprendre l'origine des séismes parce que, par définition, une maquette ne représente que l'aspect généralement externe de l'objet sans s'intéresser aux mécanismes. Les scientifiques utilisent donc des modèles simples pour comprendre comment se déroule un phénomène.

13 - Le sismographe est effectivement un appareil qui permet de recueillir, visualiser et mesurer les ondes sismiques. Les ondes sont représentées par des ondulations sur les

écrans. Plus elles sont accentuées et plus le séisme a une intensité importante en un lieu donné. La «hauteur» de l'onde est appelée amplitude.

EXERCICES :

1 - Une nouvelle hypothèse sur l'origine des séismes (4 pts)

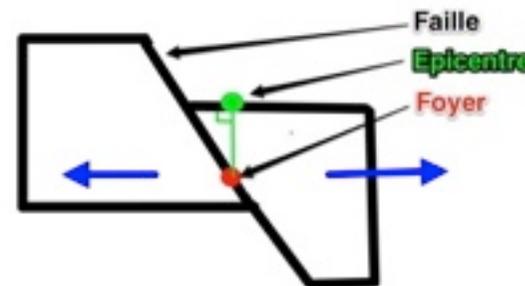
11 - L'élève pense que les séismes sont déclenchés par la foudre qui tombe sur les roches. Si tel était le cas, on devrait observer des séismes lors des orages avec éclairs puisque ces derniers seraient responsables des tremblements. Or, nous avons tous observé des orages et nous avons pu constater qu'il n'y avait pas de tremblements lorsque les éclairs apparaissaient.

Réciproquement, si l'hypothèse est vraie nous devrions observer sur les films de séisme ou des photos de séisme la présence d'orage avec éclairs. Or, ce n'est pas le cas, les séismes sont indépendants de la météo. L'hypothèse de cet élève ne peut être retenue comme valable : les séismes n'ont pas pour origine les éclairs.

12 - Nous avons vu que des forces sont capables de casser des roches et d'engendrer des failles. Ceci possible lorsque ces forces sont supérieures à la résistance des roches. L'apparition de cette faille induit la création d'ondes sismiques qui se déplacent dans toutes les directions d'espace. Une onde est un mouvement qui se déplace. Elle est responsable du tremblement de terre.

2 - Étude d'une modification du paysage après un séisme ancien. (6 pts)

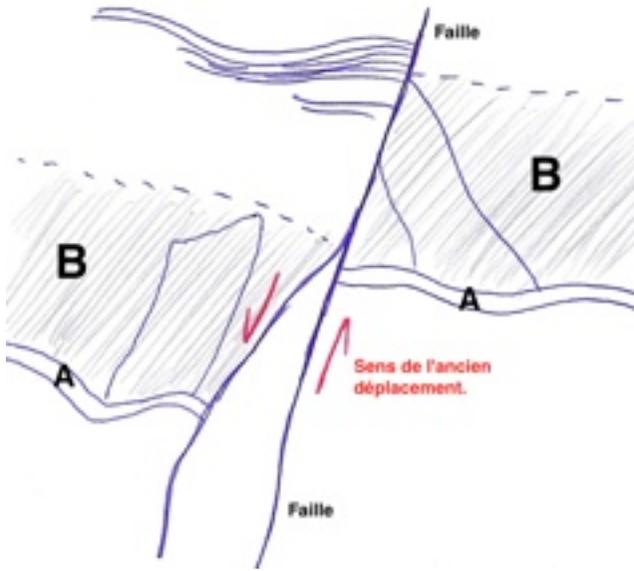
21- Sur cette photo, nous pouvons clairement apercevoir un décalage dans les couches repères du flanc de la montagne selon une ligne directrice oblique (voir schéma ci-dessous). Cette ligne souligne la faille dans la roche. Or nous savons que la présence des failles est liée à celle des séismes.



22 - Les failles résultent de la cassure des roches du sol par des forces très importantes et bien supérieures à la résistance des roches. Ainsi, le schéma (titre: formation d'une faille) doit permettre de visualiser ces fameuses forces. Dans l'exemple ci contre, les forces agissant sur la roche sont représentées par des flèches bleues.

3 - Étude d'une faille (5 pts)

Décalage de roches de part et d'autre d'une faille.



Sur ce schéma, on a représenté, de part et d'autre de la faille, en forme de «Y» inversé, le décalage des couches de roches. La fine strate blanche, A, est ainsi décalée, tout comme la couche B, qui la surplombe, et contient de grandes pierres plates.

Les flèches rouges indiquent, d'après la position de ces strates, quel a été le sens de déplacement des roches de part et d'autre de cette faille dans le passé. *Schéma RR.*

4- Étude d'un modèle qui explique les séismes.

41- Il est impossible de se rendre sur un séisme pour en étudier le fonctionnement parce que l'on ne peut pas prévoir le jour de son déclenchement, et il s'agit d'un phénomène naturel très dangereux. Ainsi, les scientifiques utilisent des modèles pour comprendre leur fonctionnement. Les modèles permettent de maîtriser tous les aspects du phénomène étudié. Dès lors, le scientifique peut décider de faire varier qu'un seul aspect: la résistance de la règle en plastique, la puissance du percuteur, la vitesse de percussions...

42 - Tableau montrant ce que miment les éléments du modèle:

| Éléments du modèle | règle | vis et percuteur |
|--------------------|--------|------------------------------|
| Dans la réalité | roches | forces exercées sur la roche |

43 - Ce modèle est intéressant parce qu'il montre convenablement l'origine des séismes. En effet, si la force, mimée par l'avancée du percuteur, est supérieure à la résistance de la règle, alors elle casse (ce qui mime le séisme).

Le deuxième point positif de ce modèle est le bruit que l'on peut entendre lors de la rupture de la règle. Un bruit analogue accompagne le tremblement de terre. Ce son est lié à la rupture des roches.

En revanche, nous pouvons proposer deux critiques au modèle présenté.

La première concerne le percuteur. En réalité il n'en existe pas de tel dans les roches du sol. Le percuteur mime des forces qui sont invisibles dans la réalité, mais qui existent bel et bien. Toutefois, ces forces ne se concentrent pas en un point, comme dans le cas du percuteur, mais sur une région plus vaste.

L'autre point négatif est le matériel utilisé. Dans la réalité les roches ne sont pas en plastique, et donc peuvent réagir et se comporter différemment.

5 - Étude d'un séisme en France

51- Intensité du séisme ressentie dans les villes :

| Ville | Manosque | Istres | Lambesc | Aix-en-Provence | Salon |
|-----------|----------|--------|---------|-----------------|-------|
| Intensité | VI | VII | X | VIII | IX |

52 - Localisation de l'épicentre de ce séisme.

Comme c'est à l'épicentre du séisme que l'intensité du séisme est la plus grande, l'épicentre se situe dans la zone rouge de la carte. Pour être plus précis, on doit se souvenir que les ondes sismiques semblent être, en surface, centrées sur l'épicentre, projection en surface du foyer. On peut placer grossièrement ce point «central» au milieu d'un segment de droite joignant Lambesc et Beaulieu.

53 - La faille signalée sur la carte ne se trouve qu'à quelques km au sud-est de l'épicentre du séisme (donc, en profondeur, de son foyer). On peut donc supposer que ce sont les forces s'exerçant sur cette faille qui sont à l'origine de ce séisme. Peut être cette faille à t'elle «glissée» au cours de celui ci.

54 - La ville d'Istres a pu ressentir des secousses alors qu'elle se trouve loin de l'épicentre car les ondes sismiques se propagent dans toutes les directions à partir du foyer. Elles voyagent dans les roches et ont donc pu atteindre Istres quelques instants après Lambesc. Toutefois, ayant parcouru un plus long chemin, elles y ont été moins intenses.

Schéma: similaire à celui de la page 17, avec en A, Lambesc, et Istres au point C.

55 - Pour rendre une onde visible, il suffit de percuter doucement la surface d'une petite étendue d'eau calme: il se forme des ondes qui s'éloignent progressivement du point d'impact. En déformant la surface de l'eau en cercles concentriques, ces ondes deviennent en parti visibles.

Glossaire

Palais national d'Haïti, fortement endommagé par le séisme du 12/01/2010. [Photo Wikimedia/ UNDP.](#)

Les définitions des termes techniques à connaître (en gras), mais aussi des mots d'un emploi peu commun en quatrième, et utilisés dans ce chapitre. N'est donné ici que le sens dans lequel ils sont employés dans le manuel.

Aérodrome: c'est un terrain qui permet le décollage et atterrissage des avions.

Affleurer : se dit de quelque chose qui arrive à la surface du sol et que l'on peut voir.

Ambassade: c'est un bâtiment officiel qui héberge des personnes qui représentent un pays à la place du président.

Amplitude: c'est l'écart entre deux points les plus séparés.

Cause: c'est une relation logique qui accorde à un évènement son origine, son déclenchement.

Centres d'études géologiques: bâtiment qui regroupe des personnes qui étudient le fonctionnement de la terre

CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique

Conséquence: c'est une relation logique qui positionne un évènement comme étant le résultat d'un autre évènement

Contrainte: force appliquée de façon continue sur une certaine surface ou dans un certain volume de roche.

Critique: c'est une idée, positive ou négative, sur une autre idée.

Démarche scientifique: c'est une suite logique d'étapes de recherche qui amène à une conclusion sur un fait que l'on observe dans le monde.

Divinité : se dit d'une personne qui a le statut d'un Dieu.

Épicentre : lieu qui a subi les plus gros dommages lors d'un séisme.

Érosion : mécanisme impliquant l'eau, le vent, la glace et qui enlève les grains des roches, qui les use.

Estampe: image réalisée sur du papier à partir d'une gravure sur bois.

Exclusivement: uniquement par ce moyen

Faille: c'est une cassure de grande étendue qui décale les roches en deux blocs après l'action de forces dans la terre.

Fissure: cassure de petite taille et qui ne décale pas les roches, une petite fente.

Force: c'est ce qui permet de modifier un objet, de le faire bouger ou de modifier son mouvement.

Foyer: point qui représente l'endroit, sur la faille, qui a cassé en premier sous l'action des forces de la terre.

Fumerolle: petit trou dans un sol proche d'un volcan d'où sortent des gaz et des fumées.

Géologie : c'est une matière scientifique qui étudie le globe terrestre.

Geyser: trou dans un sol proche d'un volcan d'où sortent, de temps en temps, de l'eau chaude et de la vapeur.

Hypothèse : se dit d'une idée supposée vraie jusqu'à ce que l'on démontre qu'elle est fautive par une démarche scientifique.

Intensité: se dit de la violence d'un phénomène. Pour les séismes elle dépend du lieu où l'on se trouve.

Lame: vague.

Maquette : objet en miniature qui représente fidèlement un objet

Marqueur: trace observable d'un phénomène.

Mimer: imiter.

Modèle: en sciences, se dit d'un objet qui tente de reproduire un phénomène en vue de l'expliquer et de pouvoir le prévoir.

Mythe: histoire légendaire.

Ondes: une vibration qui se déplace dans les solides, les liquides ou les gaz.

Origine: c'est le point de départ d'un évènement.

Piston: dispositif mécanique qui transmet une pression.

Pression: force appliquée sur une surface d'un objet.

Rationnellement: en utilisant sa raison, son intelligence.

Région PACA: région de Provence Alpes Côte d'Azur.

Rejet: c'est la marche réalisée par le décalage de deux blocs de roches faillés.

Réseau: ensemble dont les éléments sont liés entre eux.

Rural: qui se rapporte à la campagne.

Schématiser: réaliser une représentation simple de ce que l'on voit en ciblant le fonctionnement.

Séismes : tremblement de terre ayant pour origine une faille.

Sismogramme: tracé réalisé par un sismographe.

Sismographe: appareil qui mesure l'intensité des ondes d'un séisme.

Systematiquement: de manière constante et régulière, en envisageant toutes les possibilités.

Strates : couches de roches superposées.

Virtuel: que l'on ne peut pas toucher.

Autour des séismes...

La destruction de Lisbonne par un séisme le 1/11/1755 inspira de nombreux artistes. Détail d'une gravure d'époque.

Idées de voyage

Si l'envie vous prend de «faire l'expérience» involontaire d'un séisme (la plupart sont de faible intensité), voici deux régions du monde, culturellement passionnantes, où ces derniers sont très fréquents:

- La Californie (côte ouest des USA)
- Le Japon

Idées de lecture

Sans surprise, les auteurs japonais sont à l'honneur:

- **Après le tremblement de terre**, d' Haruki Murakami
- **Le Grand Tremblement de terre du Kantô**, d'Akira Yoshimura et Sophie Rèfle.

Idées de films

La plupart des films mettant en scène un tremblement de terre sont assez peu convaincants pour les spécialistes, voire franchement fantaisistes! Les producteurs ne se fatiguent pas à trouver des titres originaux. Citons:

- Tremblement de Terre, [de M. Robson](#), 1974
- Séisme, de L. [Elikann](#), 1990
- Tremblement de Terre, de T. Takacs, 2004
- Aftershock, un même titre pour deux «oeuvres»: un [film chinois](#) de F. Xiaogang, 2010; et un téléfilm sous-titré «tremblement de Terre à New York», produit en 1999 par USA network.

Un témoignage.

De 1831 à 1836, le jeune Charles Darwin, qui deviendra un des plus grands biologiste de tous les temps, accomplit un tour du monde à bord du navire «le Beagle». En Amérique du Sud, il fait pour la première fois l'expérience d'un séisme:

20 février. — Jour mémorable dans les annales de Valdivia, car on a ressenti aujourd'hui le plus violent tremblement de terre qui de mémoire d'homme se soit produit ici. Je me trouvais sur la côte, et je m'étais couché à l'ombre dans le bois pour me reposer un peu. Le tremblement de terre commença soudainement et dura deux minutes. Mais le temps nous parut beaucoup plus long, à mon compagnon et à moi. Le tremblement du sol était très-sensible. Les ondulations nous parurent venir de l'est ; d'autres personnes soutinrent qu'elles venaient du sud-ouest ; ceci prouve combien il est parfois difficile de déterminer la direction des vibrations. On n'éprouvait aucune difficulté à se tenir debout ; mais le mouvement me donna presque le mal de mer : il ressemblait en effet beaucoup au mouvement d'un vaisseau au milieu de lames fort courtes, ou, mieux encore, on aurait dit patiner sur de la glace trop faible qui ploie sous le poids du corps.

Un tremblement de terre bouleverse en un instant les idées les plus arrêtées ; la terre, l'emblème même de la solidité, a tremblé sous nos pieds comme une croûte fort mince placée sur un fluide ; un espace d'une seconde a suffi pour éveiller dans l'esprit un étrange sentiment d'insécurité que des heures de réflexion n'auraient pu produire. Le vent, au moment du choc, agitait les arbres de la forêt ; aussi je ne fis que sentir la terre trembler sous mes pieds sans observer aucun autre effet. Le capitaine Fitz-Roy et quelques officiers se trouvaient alors dans la ville ; là l'effet fut beaucoup plus frappant, car, bien que les maisons construites en bois n'aient pas été renversées, elles n'en furent pas moins violemment ébranlées. Tous les habitants, saisis d'une folle terreur, se précipitèrent dans les rues. Ce sont ces spectacles qui créent chez tous ceux qui ont vu aussi bien que ressenti leurs effets cette indicible horreur des tremblements de terre. Dans la forêt, le phénomène est fort intéressant, mais il ne cause aucune terreur.

Charles Darwin — [Voyage d'un naturaliste autour du monde - 1845.](#)