

## Plan de leçon

Évaluation	Activités, carte de sortie
Interdisciplinaire	Physique

### Attentes

- D2. analyser, en appliquant la méthode scientifique, la nature des processus internes et superficiels de la Terre.
- D3. évaluer des conséquences des processus géologiques internes et superficiels sur la société.

### Objectifs d'apprentissage

- Je sais utiliser les termes suivants : onde sismique, onde de volume, onde de surface, onde S, onde P, onde L, onde R, sismographe, épicentre.
- Je peux décrire les caractéristiques des quatre principaux types d'ondes sismiques.
- Je comprends les effets de la vitesse des ondes sur la distance par rapport aux graphiques de temps et de décalage.
- Je peux localiser l'épicentre d'un tremblement de terre au vu des données séismographiques appropriées.
- Je comprends les limites de l'utilisation des données séismographiques.

### Contenus d'apprentissage

- D3.1 évaluer l'impact sur la société de méthodes de surveillance et de prédictions d'activités sismiques (p. ex., tremblement de terre, tsunami, éruption volcanique).
- D2.6 analyser les trois types d'ondes sismiques à l'aide de simulations à l'ordinateur ou de modèles en décrivant leur propagation et le mouvement induit dans le milieu traversé.
- D2.7 déterminer l'épicentre d'un tremblement de terre à partir de données sismiques (p. ex., analyser des courbes de temps de parcours enregistré par trois observatoires de surveillance).

### Description:

Dans cette leçon, les élèves comprendront que les tremblements de terre sont détectés à l'aide de sismographes, qui sont des instruments qui enregistrent la secousse de la terre et décriront les caractéristiques des quatre principaux types d'ondes sismiques. **Cette leçon est destinée au niveau préuniversitaire.**

---

## Matériel

Repère graphique des notes sur les ondes sismiques (élève et enseignant)

Matériel pour le groupe de localisation du tremblement de terre via la marche/course : 2 chronomètres, du ruban masqué, 50 m de ruban à mesurer,

Accès à « Virtual Earthquake » à

<http://www.sciencecourseware.com/virtualearthquake/>

Activité de marche/course (élève et enseignant)

Épicentre et magnitude (élève et enseignant)

Carte de sortie (élève et enseignant)

## Notes de sécurité

Les élèves doivent faire attention aux risques de chute pendant l'activité de marche/course.

---

## Introduction

Les élèves commencent par regarder la vidéo « Comment se forme un tsunami ? » <http://www.futura-sciences.com/planete/dossiers/geologie-dix-questions-seismes-1666/page/2/>

Les tremblements de terre ont lieu généralement le long des lignes de faille entre les plaques tectoniques. La pression due au magma chaud de la Terre s'accumule le long de ces lignes de faille et font bouger les plaques, les frotter les unes contre les autres et se chevaucher. Lorsque les plaques bougent, la pression au niveau de ces failles entraîne des **ondes sismiques** qui se propagent sur la terre. D'autres types de processus dans (ou sur) la terre peuvent entraîner la propagation de ces ondes, des explosions et des volcans; il y a toujours des ondes d'amplitude plus petite et de fréquence plus faible qui se propagent en raison des activités humaines, des phénomènes atmosphériques et des vagues océaniques. Il existe deux types d'ondes, les ondes de **volume** et les ondes de **surface**. De ces deux types, les ondes sont divisées en types selon le mouvement du sol et la façon dont elles se propagent.

## Types d'ondes

Ensuite, ils découvriront les différents types d'ondes sismiques à l'occasion d'une activité de casse-tête. Chaque groupe doit être composé de 4 élèves. Chaque groupe désigne alors un élève comme chef de file. Attribuez à chaque élève une section des ondes sismiques à apprendre. Chaque groupe aura des ondes S, des ondes P, des ondes L ou des ondes R. Décrivez **le type** d'onde dont il s'agit, **où** on le trouve et son **sens de propagation**. Cherchez un exemple de vidéo de ce type d'onde et préparez un croquis avec légende. Ensuite, formez des « groupes d'experts » temporaires en demandant à un élève du groupe de casse-tête de rejoindre d'autres élèves affectés à la même section. Demandez aux élèves de retourner dans leurs groupes de casse-tête. Demandez à chaque élève de présenter sa section au groupe, où ils partageront l'information sur l'onde et complèteront la note.

Prenez des notes sur ces différents types d'ondes à l'aide du Repère graphique des notes sur les ondes sismiques.

Voici quelques liens sur les différents types d'ondes sismiques :

<http://www.futura-sciences.com/planete/definitions/structure-terre-onde-sismique-13869/>

<https://www.edumedia-sciences.com/fr/media/426-les-3-types-dondes-sismiques>

Les tremblements de terre sont détectés à l'aide de *sismographes*, ou sismomètres, qui sont des instruments qui enregistrent la secousse de la terre et créent un *sismogramme* (le graphique ondulé). À l'intérieur du support d'un sismographe se trouve une masse suspendue. Une fois que la terre commence à secouer, le sismographe lui-même reste immobile alors que le support autour bouge. Les sismographes modernes sont des *électroaimants* : un aimant permanent est utilisé pour la masse et le support extérieur contient de nombreuses bobines de fil mince. Les mouvements de l'aimant induisent de petits courants qui passent à travers les fils et la mesure de ces courants permet à l'appareil d'enregistrer l'amplitude du mouvement de façon numérique. Dans un appareil, il y a plusieurs sismographes pour enregistrer le sens du mouvement.

Regardez cette vidéo pour avoir une explication simple.  
Comment mesure-t-on les tremblements de terre.

<https://youtu.be/DHY3lhtjnl8>

La distance jusqu'à l'*épicentre* d'un tremblement de terre peut être déterminée en mesurant le décalage entre les ondes S et P sur le sismographe comme vous le verrez dans la prochaine activité.

---

## Action

Ensuite, les élèves découvriront l'utilisation possible des décalages sur les sismogrammes pour déterminer la distance jusqu'à l'épicentre d'un tremblement de terre.

Localisation du tremblement de terre, marche/course (voir le lien)

Matériel de groupe

- 2 chronomètres
- Du ruban masqué
- 50 m de ruban à mesurer
- Accès à « Virtual Earthquake » à <http://www.sciencecourseware.com/virtualearthquake/>

Instructions

1. Réalisez cette activité par groupes de trois.
2. Avec le ruban masqué, marquez des intervalles de 2 m le long d'un chemin droit sur 50 m.
3. Deux élèves commenceront à marcher ensemble au point zéro. Une personne marchera naturellement et l'autre marchera « talon/pointe » le long du chemin. Les deux marcheurs doivent essayer de maintenir des vitesses constantes.
4. Chaque marcheur doit laisser l'horloge tourner entre les marqueurs et indiquer le temps à chaque marqueur pour que la troisième personne puisse noter.
5. Répétez l'essai de temps 3 fois et trouvez la moyenne de vos résultats.
6. Tracez un graphique *Distance contre temps* de vos résultats. Utilisez une échelle adaptée pour les résultats des deux marcheurs sur un seul graphique. Dessinez une courbe bien adaptée pour les deux personnes et calculez leur *vitesse moyenne* dans des unités adéquates. (N'oubliez pas :  $\text{vitesse moyenne} = \text{distance totale parcourue} / \text{temps pris}$ )
7. Calculez la différence entre le temps ( $t_1 - t_2$ ) qu'il faut aux deux personnes pour atteindre chaque distance, à savoir le « *décalage* ».

8. Tracez un autre graphique de *Décalage contre distance* et dessinez une courbe bien adaptée jusqu'aux points de données.

Maintenant, avant de poursuivre, terminez la section « Épicentre et magnitude » du module en ligne « Virtual Earthquake » à : <http://www.sciencecourseware.com/virtualearthquake>. Répondez à l'évaluation en ligne et imprimez votre certificat de suivi. Commencez à « Exécuter un tremblement de terre virtuel » près du bas de la page

### Discussion

Pour l'activité de marche/course :

- Lequel de vos graphiques doit passer par le point de départ?
- Dans quelle mesure le graphique *Décalage contre distance* changerait-il si la personne qui marche devait courir à une vitesse moyenne constante?
- Quel serait l'effet sur chaque graphique d'une personne qui changerait sa vitesse pendant le test?
- Que passe-t-il pour l'écart entre S et P alors que la distance augmente?

Remarque : L'activité présentée ici suppose que les ondes sismiques se déplacent à une vitesse constante entre l'épicentre (le point sur terre se trouvant directement au-dessus de l'évènement sismique réel) d'un tremblement de terre et le détecteur des ondes sismiques. En réalité, la vitesse d'une onde sismique changera selon le type de structure par laquelle elle passe et l'épicentre peut être déterminé de façon plus précise si la répartition de la vitesse régionale est connue. De plus, si l'hypocentre (le point réel du tremblement de terre) est très profond, il est plus difficile à localiser.

### Épicentre et magnitude

L'emplacement de l'*épicentre* d'un tremblement de terre est le point au niveau du sol auquel les ondes sismiques commencent. Il se trouve à une certaine distance d'une station sismique. Si un cercle est centré sur le sismographe, l'épicentre est sur sa circonférence à un certain rayon. Les lectures de trois stations sont alors nécessaires pour « trianguler » l'emplacement de l'épicentre où les trois cercles se croisent. L'intervalle de temps S - P peut alors être utilisé pour déterminer la distance parcourue par les ondes depuis l'origine jusqu'à cette station.

Dans l'activité sur l'épicentre et la magnitude en ligne, des sismogrammes à des distances connues sont utilisés pour mesurer le moment auquel l'onde S ou P a atteint le sismographe et le décalage entre les deux ondes à ce stade, mais dans l'activité de marche/course, le graphique *Décalage contre distance* est réalisé directement (là encore, les distances sont connues). Une fois que les distances de l'épicentre sont déterminées à partir du graphique *Décalage contre distance*, des cercles, centrés sur les stations sismiques, peuvent être dessinés avec ces rayons et le point auquel ils se croisent est l'épicentre.

## Discussion

- a) Quelles suppositions sont faites sur la vitesse des ondes P et S dans la région?
- b) Quel(s) facteur(s) contribueraient à ce que vos cercles ne se croisent pas à un moment?
- c) Quelles sont les limites de cette façon de déterminer la magnitude d'un tremblement de terre?

(Cette activité est une adaptation de <https://stao.ca/cms/all-documents/resources/secondary-resources/curriculum/1102-ses4u-2002-curriculum-earth-and-space-investigations/file>)

---

## Consolidation/Extension

Le laboratoire sismologique de UC Berkley a créé une application gratuite pour les téléphones Android, qui utilise l'accéléromètre déjà présent dans votre téléphone intelligent pour détecter les tremblements de terre, et qui s'appelle MyShake. Il y a plus de 2,6 milliards de téléphones intelligents dans le monde entier qui peuvent détecter des tremblements de terre d'une magnitude de 5 et plus, à une distance maximale de 10 km. Ils espèrent créer un réseau d'information venant des participants du monde entier.

L'information de ce réseau peut être utilisée pour confirmer qu'un tremblement de terre a eu lieu et pour estimer l'heure, le lieu et la magnitude de l'évènement. Cette information peut également être utilisée pour améliorer des algorithmes visant à identifier et prévoir les tremblements de terre. À l'avenir, ils espèrent être en mesure de pouvoir envoyer des signaux précoces aux utilisateurs de téléphones jusqu'à quelques minutes avant que les ondes sismiques atteignent leur emplacement.

Regardez la vidéo pour en savoir plus.

<http://www.reuters.com/video/2016/03/10/myshake-app-a-personal-tsunami-warning-s?videoId=367686218>

Carte de sortie (voir le lien)

Plusieurs systèmes d'alerte sismique précoce ont été élaborés dans les régions sujettes aux tremblements de terre telles que la côte ouest du Canada, les États-Unis et le Japon. Certains, comme par exemple ShakeAlarm, Quake-Catcher Network et ShakeAlert sont composés de sismomètres qui envoient des signaux à des ordinateurs d'un système, qui doivent ensuite être reliés à un réseau. D'autres réseaux, tels que le Tweet Earthquake Dispatch (TED) utilisent des gazouillis contenant certains mots, comme « tremblement de terre », pour fournir aux sismologues des alertes initiales de tremblements de terre ressentis dans le monde entier via Twitter en moins de deux minutes. Quels seraient les avantages/inconvénients d'une application sur téléphone cellulaire telle que MyShake ou un système d'alerte précoce?