

# Tremblements de terre – module d'introduction

## Principes de base et principaux concepts

Version juin 2025

Les ressources éducatives développés par le Service Sismologique Suisse (SED) à l'ETH de Zurich en collaboration avec l'Université de Lausanne et le Centre Pédagogique Prévention Séisme (CPPS) à Sion.

### Date de publication

Publié

### Solutions

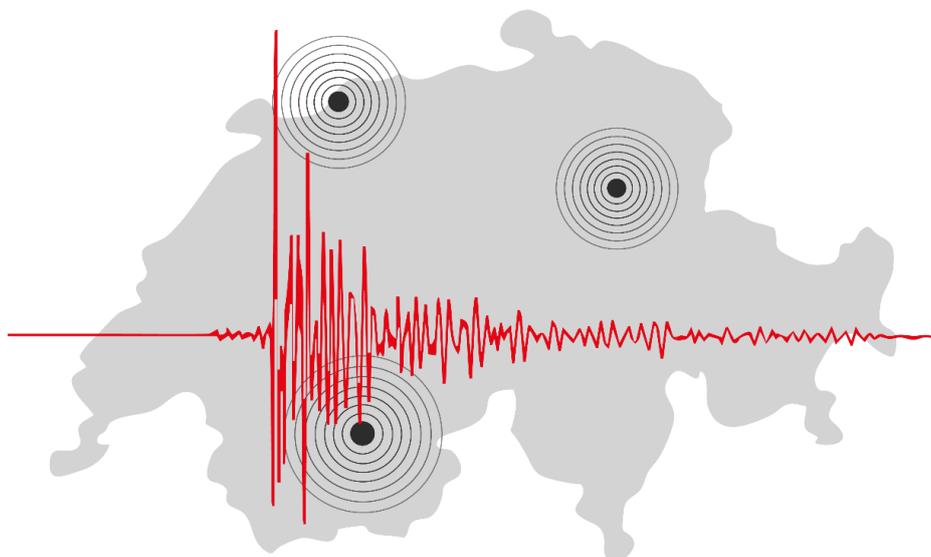
Nous vous enverrons les solutions de ce module sur demande. Pour cela, veuillez nous contacter par e-mail : [seismo\\_at\\_school@sed.ethz.ch](mailto:seismo_at_school@sed.ethz.ch).

### Mentions légales

La présente unité d'enseignement peut être téléchargée sans restriction et utilisée gratuitement à des fins pédagogiques. Les modifications et adaptations sont également autorisées. La mention de l'origine du matériel ainsi que la mention des sources, par exemple pour les graphiques et les images, ne doivent pas être supprimées.

### Informations complémentaires

Vous trouverez de plus amples informations sur cette unité d'enseignement et sur d'autres modules sur le site Internet du Service Sismologique Suisse (SED) à l'ETH de Zurich à l'adresse suivante : [www.seismo.ethz.ch/fr/news-and-services/for-schools](http://www.seismo.ethz.ch/fr/news-and-services/for-schools)



## Vue d'ensemble

<b>Durée</b>	– 2 x 45 min (double période)
<b>Connaissances préalables</b>	– Aucune, il s'agit d'une introduction au thème des tremblements de terre. – La structure de la Terre est un avantage (lithosphère, etc.).
<b>Objectifs d'apprentissage</b> (Niveaux cognitifs)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Les élèves connaissent des termes importants liés aux séismes et sont capables de les expliquer avec leurs propres mots et de les utiliser correctement (p. ex. hypocentre, épicentre, magnitude, intensité, tectonique des plaques). (C1)</li> <li>2. Les élèves sont conscients de la fréquence et des effets des tremblements de terre en Suisse et dans le monde. (C1)</li> <li>3. Les élèves connaissent les différents types d'ondes sismiques. (C2)</li> <li>4. Les élèves savent comment se produisent les séismes et connaissent les différents types de failles. (C2)</li> <li>5. Les élèves comprennent la différence entre magnitude et intensité et peuvent ainsi expliquer de manière compréhensible les effets d'un séisme à différents endroits. (C3)</li> <li>6. Les élèves sont capables d'évaluer, pour différents endroits, quels effets secondaires peuvent être déclenchés par des séismes. (C4)</li> <li>7. Les élèves savent quelles sont les recommandations de comportement avant, pendant et après un séisme. (C1)</li> </ol>
<b>Matériel nécessaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ordinateur portable</li> <li>– Internet</li> <li>– Slinky (ressort magique)</li> <li>– Éponge pour l'exercice de déplacement de plaques</li> </ul>
<b>Informations complémentaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Géografie: Wissen und verstehen – Ein Handbuch für die Sekundarstufe II; Hans-Rudolf Egli, Martin Hasler, Matthias Probst</li> <li>– Service Sismologique Suisse : <a href="http://www.seismo.ethz.ch">www.seismo.ethz.ch</a></li> <li>– Rapports sur les séismes d'importance internationale (en anglais) : <a href="http://www.earthscope.org/news/geophysical-events/?geophysical_event_category=earthquake">www.earthscope.org/news/geophysical-events/?geophysical_event_category=earthquake</a> (16.12.2024) <ul style="list-style-type: none"> <li>– En cliquant sur un séisme, vous pouvez télécharger des transparents sur cet événement pour l'enseignement sous « Teachable Moments ».</li> </ul> </li> <li>– Expérience en éponge sur les types de failles : <a href="http://www.bgs.ac.uk/download/earthquake-classroom-activities-fault-models-using-foam-blocks/">www.bgs.ac.uk/download/earthquake-classroom-activities-fault-models-using-foam-blocks/</a> (16.12.2024)</li> </ul>



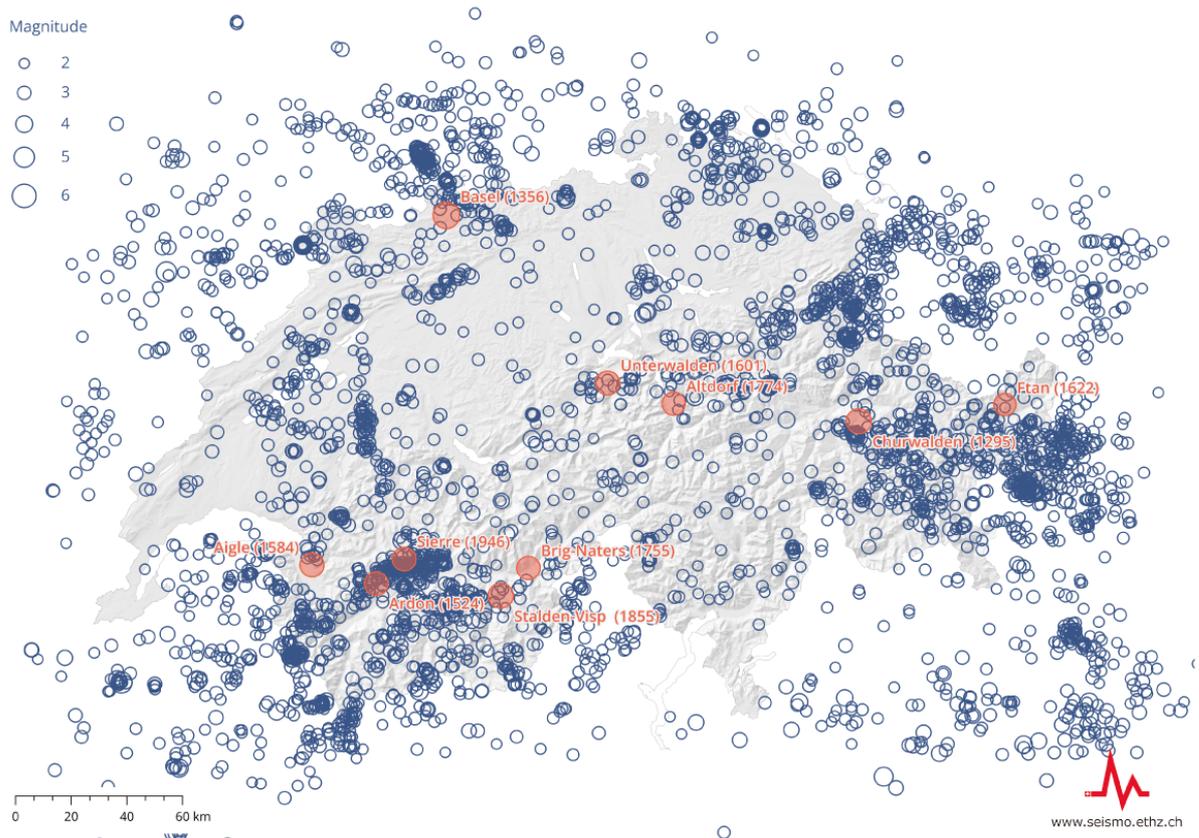
Source : British Geological Survey BGS ©UKRI

---

## Structure et contenu du module

<b>Causes des tremblements de terre .....</b>	<b>5</b>
Tectonique des plaques .....	5
Types de failles .....	6
Les tremblements de terre et leur localisation .....	9
Vidéos sur la tectonique des plaques et l'origine des tremblements de terre .....	9
<b>Les ondes sismiques .....</b>	<b>10</b>
Qu'est-ce qu'un hypocentre et un épicentre ? .....	11
Caractéristiques des différents types d'ondes.....	12
Alerte précoce de tremblement de terre .....	15
<b>Magnitude et intensité .....</b>	<b>16</b>
Magnitude .....	17
Intensité .....	19
<b>Le risque sismique et les effets des tremblements de terre .....</b>	<b>22</b>
Risque sismique .....	22
<b>Protection contre les tremblements de terre .....</b>	<b>25</b>
Construction parasismique .....	25
Assurance tremblements de terre .....	25
Recommandations de comportement.....	25
<b>Matériel pédagogique supplémentaire .....</b>	<b>29</b>

## Question initiale : Quelle était la magnitude des plus grands séismes documentés à ce jour en Suisse et dans le monde ?



**Figure 1** Carte des épicentres de tous les séismes de magnitude supérieure à 2 enregistrés par les instruments de 1975 et 2024 (points bleus), ainsi que des dix tremblements de terre les plus puissants du dernier millénaire en Suisse (points rouges).

### Plus d'informations

Rapports sur les séismes d'importance internationale : [www.earthscope.org/news/geophysical-events/?geophysical\\_event\\_category=earthquake](http://www.earthscope.org/news/geophysical-events/?geophysical_event_category=earthquake)



## Causes des tremblements de terre

### Tectonique des plaques

La croûte terrestre est composée de sept grandes **plaques lithosphériques** et de nombreuses autres, plus petites. Celles-ci « flottent » lentement sur le **manteau terrestre**, qui est visqueux, et peuvent se rapprocher, s'éloigner ou se chevaucher – c'est le phénomène de la tectonique des plaques. Aux frontières des plaques, les forces de frottement entravent leur mouvement continu. Des contraintes s'accumulent donc au fil du temps. Lorsqu'elles deviennent supérieures aux forces de frottement, les plaques se libèrent soudainement par à-coups : un tremblement de terre se produit. L'énergie ainsi libérée se propage sous forme **d'ondes sismiques à travers la Terre** et à sa surface, provoquant des secousses que nous ressentons et qui peuvent causer des dégâts.

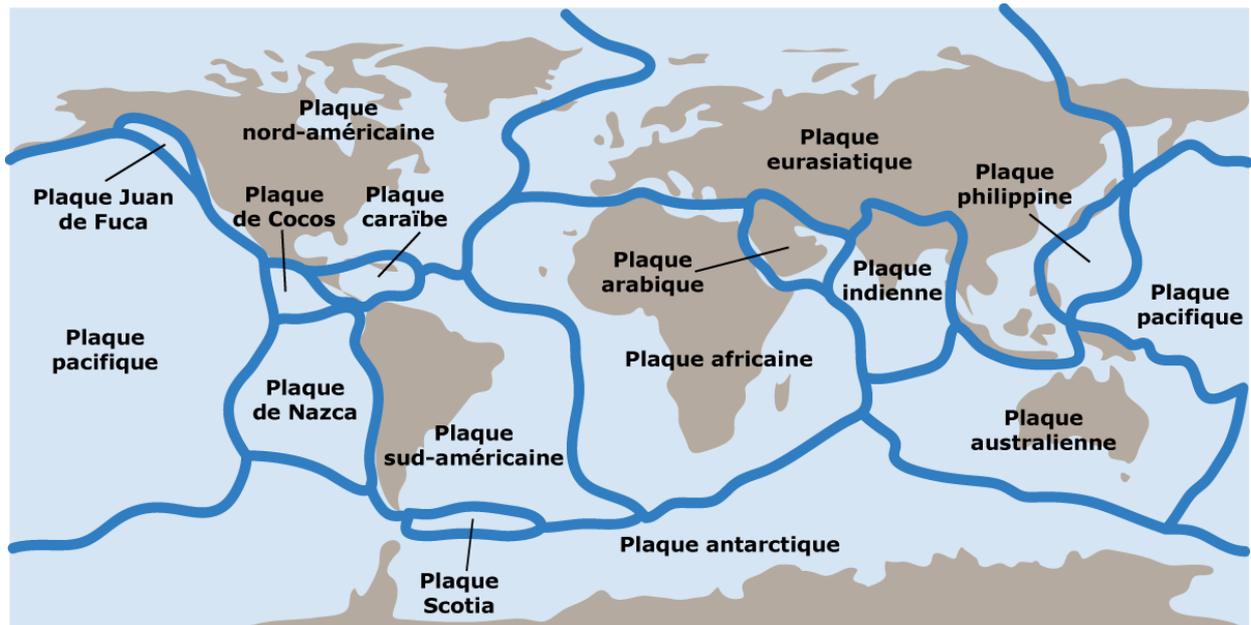
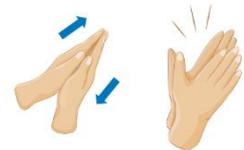


Figure 2 Les plaques tectoniques.

### Exercice 1 : Comment se produisent les tremblements de terre ?

Imagine que tes mains sont deux plaques de terre qui se rencontrent. Appuie fermement tes paumes l'une contre l'autre et essaie ensuite de faire glisser une main le long de l'autre. Continue ainsi jusqu'à ce qu'une main se détache.

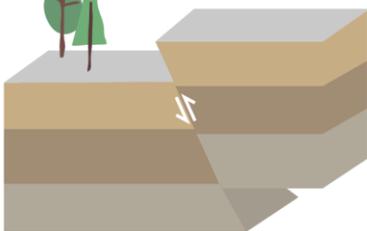
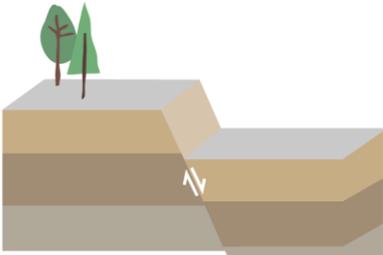
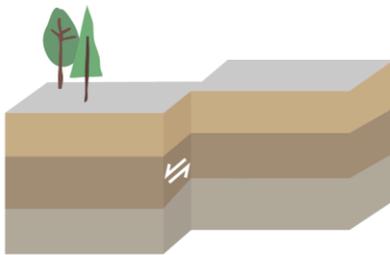
Qu'as-tu remarqué ? Comment la main s'est-elle détachée ?



## Types de failles

Selon la manière dont les plaques lithosphériques se déplacent les unes par rapport aux autres, nous distinguons trois principaux types de failles : Si les plaques se rapprochent les unes des autres, on parle de déplacement **convergent**. Si elles s'éloignent l'une de l'autre, on parle de déplacement **divergent**.

Dans le cas d'un déplacement **transforme** (décrochement ou déplacement en cisaillement), les plaques se déplacent horizontalement les unes par rapport aux autres. Dans la réalité, ces trois types de failles se présentent rarement sous forme pure. La plupart du temps, il existe des formes mixtes de déplacement convergent et de décrochement ou de déplacement divergent et de décrochement.

	<b>Faille inverse (Convergentes)</b>	<b>Faille normale (Divergente)</b>	<b>Décrochement (Transformantes)</b>
<b>Déplacement de plaques</b>			
<b>Mouvement et effets</b>	Les plaques se rapprochent l'une de l'autre : <b>Formation des montagnes</b>	Les plaques s'éloignent l'une de l'autre : Formation de fissures et de <b>fossés</b>	Les plaques coulisent l'une par rapport à l'autre : <b>Formation de fissures/fractures</b>
<b>Exemples</b>	Ceinture de montagnes, p. ex. Alpes (Europe), Himalaya (Asie), Faille de Papatea (Nouvelle-Zélande)	Dorsale médio-atlantique en Islande, Grand rift africain	Faille de San Andreas (États-Unis)
			

**Figure 3** Faille de Papatea en Nouvelle-Zélande, activée par le séisme de Kaikōura (magnitude 7,8). Photo : Kate Pedley / Université de Canterbury

**Figure 4** Dorsale médio-atlantique en Islande. Photo : Sansculotte /GNU free Documentation License

**Figure 5** Fracture après le séisme de magnitude 7,1 dans la Searles Valley (faille de San Andreas) en Californie. Photo : G.K. Gilbert

### Plus d'informations

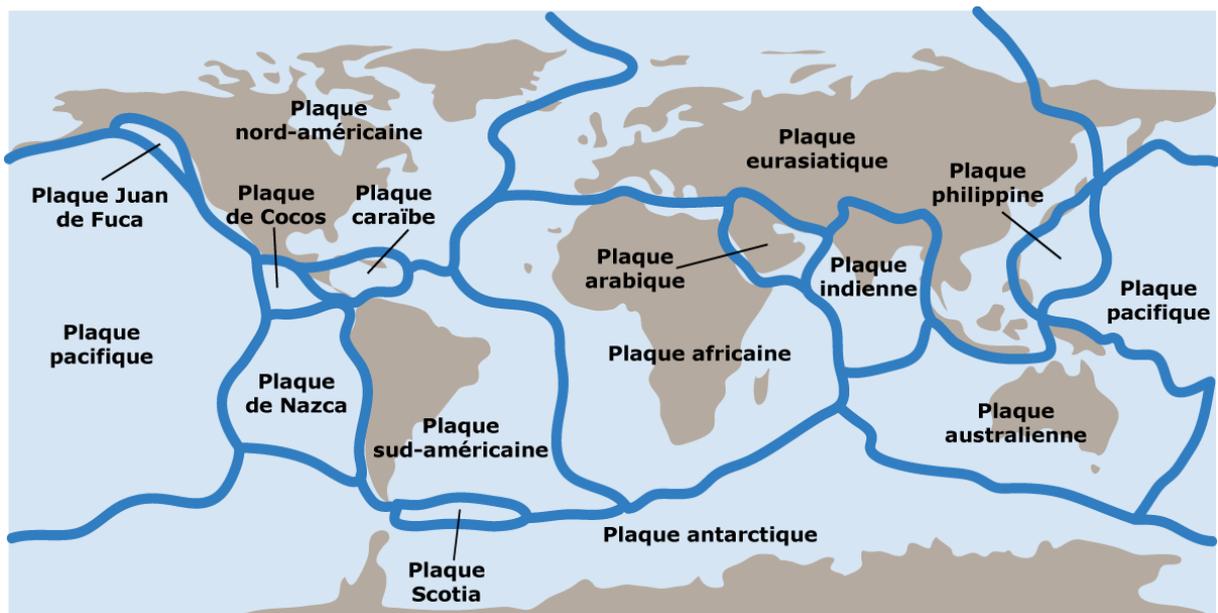
Expérience en éponge sur les types de failles : [www.bgs.ac.uk/download/earthquake-classroom-activities-fault-models-using-foam-blocks/](http://www.bgs.ac.uk/download/earthquake-classroom-activities-fault-models-using-foam-blocks/)



## Exercice 2 : Tremblements de terre dans le monde

Réponds aux questions suivantes à l'aide du navigateur interactif de tremblement de terre :

1. Combien de séismes de magnitude supérieure à 5 et supérieure à 7 se sont produits dans le monde en 2023 ?
2. Indiquez sur la carte ci-dessous où se sont produits la plupart des séismes de magnitude supérieure à 5.
3. Où se sont produits les séismes de magnitude supérieure à 5 les plus profonds dans le monde ?



Va sur le site web suivant : <https://ds.iris.edu/ieb> et utilise le menu à droite :

1. Règle le nombre maximal de tremblements de terre (Maximum earthquakes) sur 5 000 :

Maximum earthquakes:  ▼

**Warning:** Allow more time when large numbers of quakes are displayed.

2. Laisse le paramètre « Select earthquakes by » sur « Newest ».
3. Décoche d'abord les deux cases de « Time Range » afin de définir la période pour l'année 2023 :

**Time Range:**

Earliest Available (c.1970)

Latest Available

4. Sous « Magnitude Range », tu peux limiter quels séismes doivent être affichés et avec quelle magnitude.

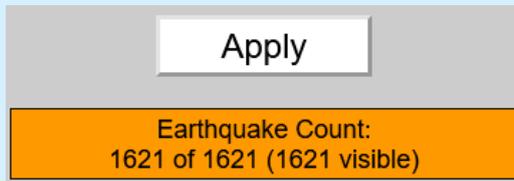


Magnitude Range:

All Values

5 ≤ Magnitude ≤ 10

5. Affiche les limites des plaques sur la carte en sélectionnant « on » dans le menu déroulant « Show plate boundaries ».
6. Clique sur « **Apply** ». Remarque : ne zoome pas sur la carte, sinon seuls les séismes visibles seront comptabilisés.



Apply

Earthquake Count:  
1621 of 1621 (1621 visible)

Cet outil te permet d'explorer encore plus de choses, par exemple en sélectionnant d'autres périodes, magnitudes ou régions. En outre, tu peux visualiser ta sélection de séismes sous forme d'animation.

## Les tremblements de terre et leur localisation

Plus de 90% des tremblements de terre, en particulier les plus importants, se produisent le long des frontières de plaques, en majorité autour de l'océan Pacifique entre l'Asie et l'Amérique, également connu sous le nom de « **Ring of Fire** » (Ceinture de feu du Pacifique).

Les tremblements de terre se produisent également le long des **chaînes des montagnes** comme les Alpes, l'Himalaya ou les Andes. Les autres tremblements de terre se produisent au niveau de failles tectoniques mineures, souvent à l'intérieur des plaques, qui sont liées aux contraintes dues à la tectonique des plaques, mais qui peuvent être éloignées des limites des plaques. D'autres phénomènes naturels peuvent également générer des tremblements de terre, comme la remontée de magma (**séismes volcaniques**), les soulèvements isostatiques et l'écroulement de grottes (**séismes d'effondrement**). Il existe également des **séismes induits**, provoqués par des activités humaines telles que la géothermie, le remplissage de lacs artificiels ou l'extraction de gaz naturel.

## Vidéos sur la tectonique des plaques et l'origine des tremblements de terre



Figure 6 La tectonique des plaques, Source : Youtube [www.youtube.com/watch?v=Iojl8H-kJCU&t=6s](https://www.youtube.com/watch?v=Iojl8H-kJCU&t=6s) (11.02.2025)



Figure 7 Qu'est-ce que la tectonique des plaques ? Source : Youtube [www.youtube.com/watch?v=xn3aS3m09PQ](https://www.youtube.com/watch?v=xn3aS3m09PQ) (20.02.2025)

## Les ondes sismiques

Les tremblements de terre libèrent de l'énergie sous forme **d'ondes sismiques**. Ces ondes élastiques se propagent dans toutes les directions depuis le foyer du séisme (**hypocentre**) situé à l'intérieur de la Terre, jusqu'à ce qu'elles atteignent la surface de la Terre. Depuis la surface, les ondes sismiques sont à nouveau réfléchies et continuent de se propager.

**Exercice 3 : Qu'est-ce qui est le plus rapide ? Associe les vitesses en conséquence.**

**20 000 km/h**  
(environ 6 km/s)

**1 200 km/h**  
(environ 330 m/s)

**1 milliard de km/h**  
(environ 300 000  
km/s)

**3 000 km/h**  
(environ 830 m/s)



**Ondes sismiques**



**Avion de chasse**



**Onde sonore  
dans l'air**



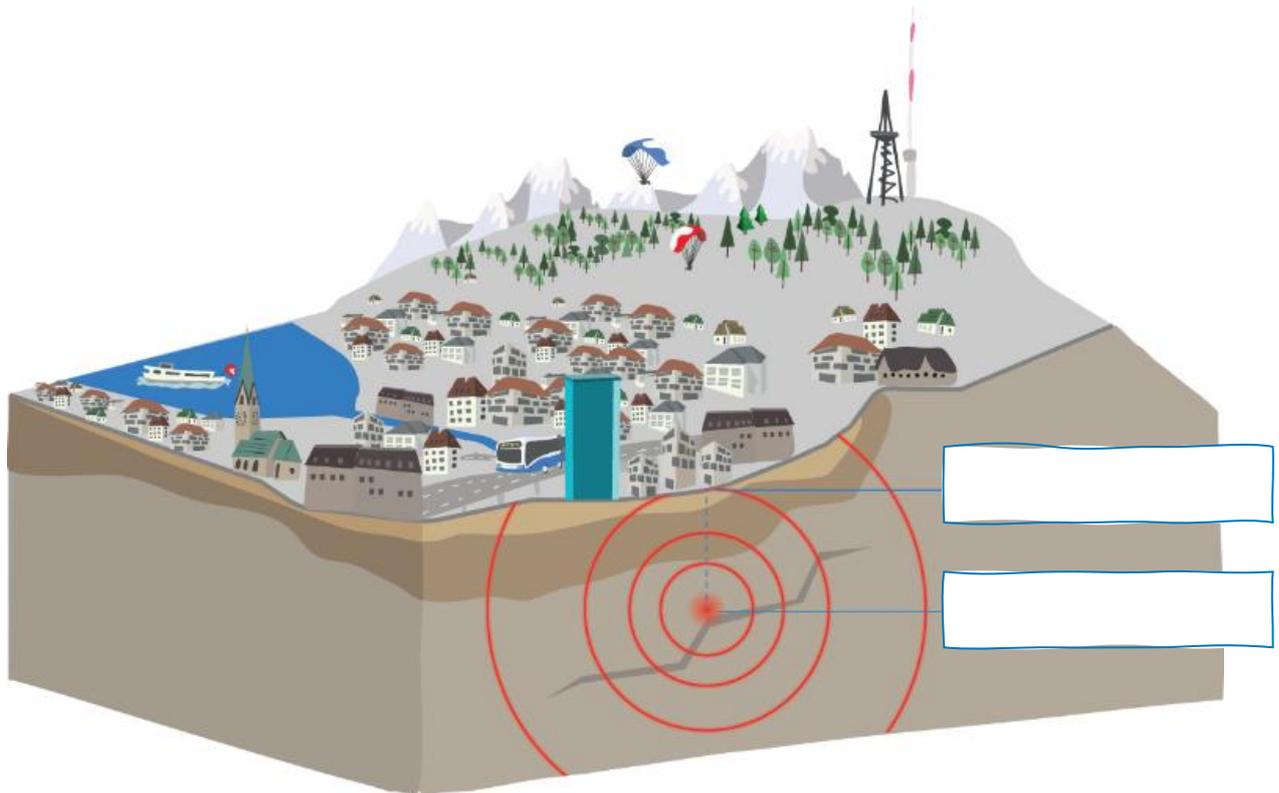
**Ondes électro-  
magnétiques**

### Qu'est-ce qu'un hypocentre et un épicentre ?

Les ondes sismiques se propagent dans toutes les directions à partir du foyer du séisme (**hypocentre**). Lorsqu'elles atteignent la surface de la terre, les sismomètres peuvent enregistrer les secousses. Selon l'intensité et la distance du séisme et en fonction du lieu d'observation (effets de site), les secousses sont également perçues par l'homme comme étant plus faibles ou plus fortes. L'hypocentre est décrit par la profondeur du séisme et ses coordonnées géographiques (longitude et latitude).

**L'épicentre** d'un séisme se situe à la verticale de l'hypocentre à la surface de la Terre. Il est décrit par sa longitude et sa latitude. En règle générale, les secousses d'un séisme sont plus fortes à l'épicentre et diminuent au fur et à mesure que l'on s'en éloigne. Lors d'un séisme d'intensité moyenne, les dégâts sont souvent limités à l'épicentre. En cas de séisme plus fort, la zone touchée est nettement plus étendue et peut s'étendre sur des centaines de kilomètres le long de la faille rompue.

#### Exercice 4 : Insère les termes corrects dans les cases vides !



**Figure 8** Différence entre l'hypocentre (foyer du séisme) dans le sous-sol et l'épicentre à la surface de la terre.

### Caractéristiques des différents types d'ondes

Les sismologues font la distinction entre les **ondes de volume** (ondes P et S) et les **ondes de surface** (ondes de Love et de Rayleigh). Les ondes de volume se propagent à travers l'intérieur de la Terre, les ondes de surface le long de la surface terrestre. Les ondes ont des caractéristiques différentes (mode de propagation, vitesse). Comme les ondes se propagent à des vitesses différentes, elles sont enregistrées à des moments différents dans les stations de mesure et consignées dans le **sismogramme**.

	Ondes de volume		Ondes de surface	
	Ondes P (ondes de compression)	Ondes S (Ondes de cisaillement)	Ondes de Love	Ondes de Rayleigh
Vitesse de propagation	5-8 km/s <i>Dans la croûte terrestre et le manteau supérieur de la Terre</i>	3-5 km/s <i>Dans la croûte terrestre et le manteau supérieur de la Terre</i>	2-4,5 km/s	2-4,0 km/s
Propagation	Par l'intérieur de la terre		Le long de la surface de la terre	

Sismogramme

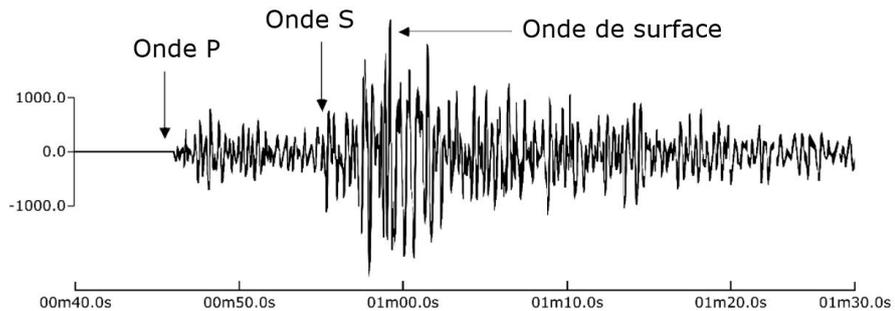


Figure 9 Sismogramme d'un tremblement de terre avec les différents types d'ondes.

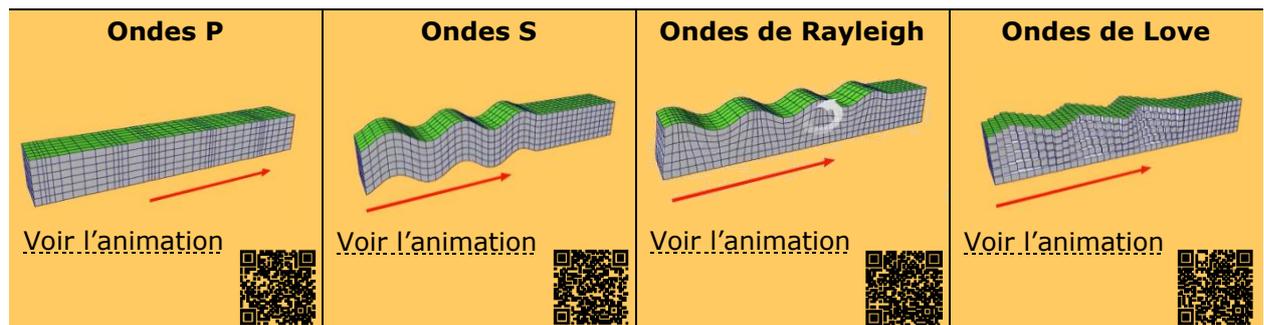


Figure 10 Illustration du mouvement des ondes de volume et de surface. Liens individuels ci-dessous<sup>1</sup> (source : britannica.com, 11.02.2025)

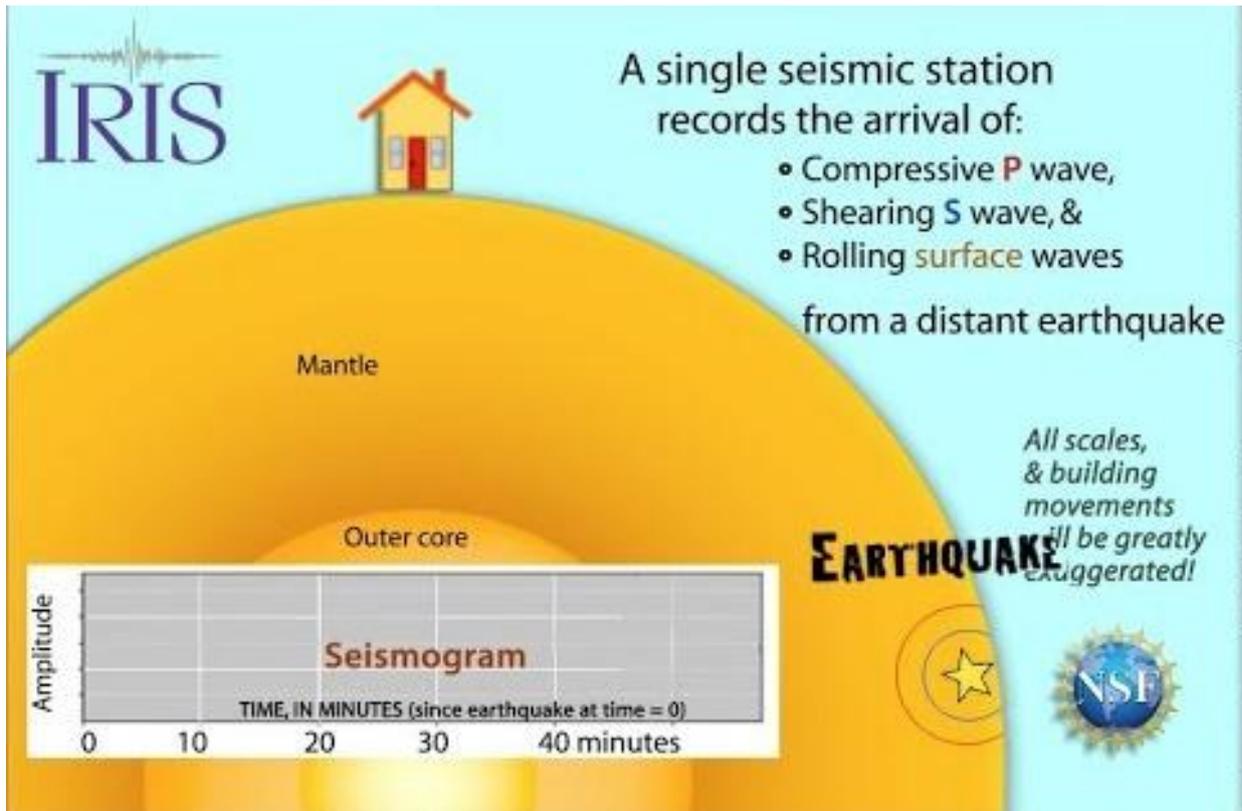
Les ondes de volume comprennent les **ondes primaires** (ondes P) et les ondes secondaires (ondes S) qui se propagent de manière sphérique à partir de l'hypocentre. Les ondes P se propagent en comprimant (compression) et en étirant le sous-sol. Ce mouvement est comparable à celui d'un ver de terre.

Les **ondes S** font vibrer la roche perpendiculairement à leur direction de propagation. Ces oscillations peuvent se déplacer horizontalement (d'un côté à l'autre) ou verticalement (de haut en bas), comme un serpent.

<sup>1</sup> Ondes P : [www.britannica.com/video/P-wave/-2820](http://www.britannica.com/video/P-wave/-2820); ondes S : [www.britannica.com/video/S-wave/-2821](http://www.britannica.com/video/S-wave/-2821); ondes de Rayleigh : [www.britannica.com/video/20704/Rayleigh-wave](http://www.britannica.com/video/20704/Rayleigh-wave); ondes de Love : [www.britannica.com/video/20705/Love-wave](http://www.britannica.com/video/20705/Love-wave) (11.02.2025)

Les ondes de surface se forment lorsque les ondes P et S atteignent la surface de la terre. Les **ondes de Rayleigh**<sup>2</sup> sont excitées par les ondes P, les **ondes de Love**<sup>3</sup> par les ondes S. Dans le cas des ondes de Love, la roche oscille parallèlement à la surface de la terre (horizontalement en va-et-vient). Dans le cas des ondes de Rayleigh, le mouvement se fait dans le sens de la rotation elliptique (verticale). En raison de leur direction de mouvement verticale, les ondes de Rayleigh ont généralement des **amplitudes** nettement plus grandes que les autres ondes sismiques, et provoquent donc souvent les secousses et les dégâts les plus importants.

L'animation ci-dessous (Figure 11) montre comment les ondes spatiales et de surface se propagent à partir d'un tremblement de terre et comment elles sont enregistrées sous la forme d'un sismogramme (en anglais).



**Figure 11** Animation sur la propagation des ondes de volume et de surface.  
 Source : IRIS Earthquake Science [www.youtube.com/embed/TLdXyFyQwbq?feature=oembed](https://www.youtube.com/embed/TLdXyFyQwbq?feature=oembed) (25.02.2025)

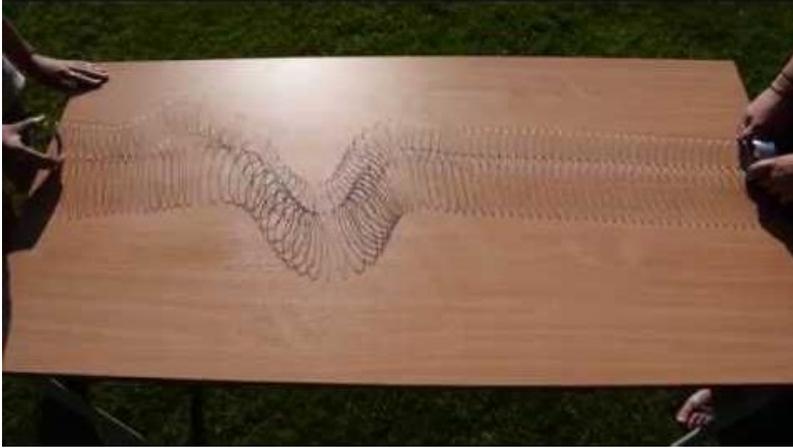


<sup>2</sup> Nommé d'après le mathématicien anglais John William Strutt Lord Rayleigh (1842-1919)

<sup>3</sup> Nommé d'après le mathématicien anglais Augustus Edward Hough Love (1863-1940)

### Exercice 5 : Slinky (Ressort magique)

Démonstration en classe : deux élèves tiennent chacun une extrémité du Slinky et se placent à une certaine distance de manière que le Slinky soit tendu. Ensuite, il est possible d'imiter d'abord les ondes P, puis les ondes S. Les élèves peuvent ensuite se concentrer sur les ondes P et sur les ondes S.



Lien: [www.youtube.com/watch?v=BxtiKodKq\\_E](https://www.youtube.com/watch?v=BxtiKodKq_E) (25.02.2025).

### Exercice 6 : Les ondes humaines

Démonstration en classe : 5 élèves volontaires forment une chaîne et démontrent la propagation des ondes P et S.

Ondes P



Ondes S



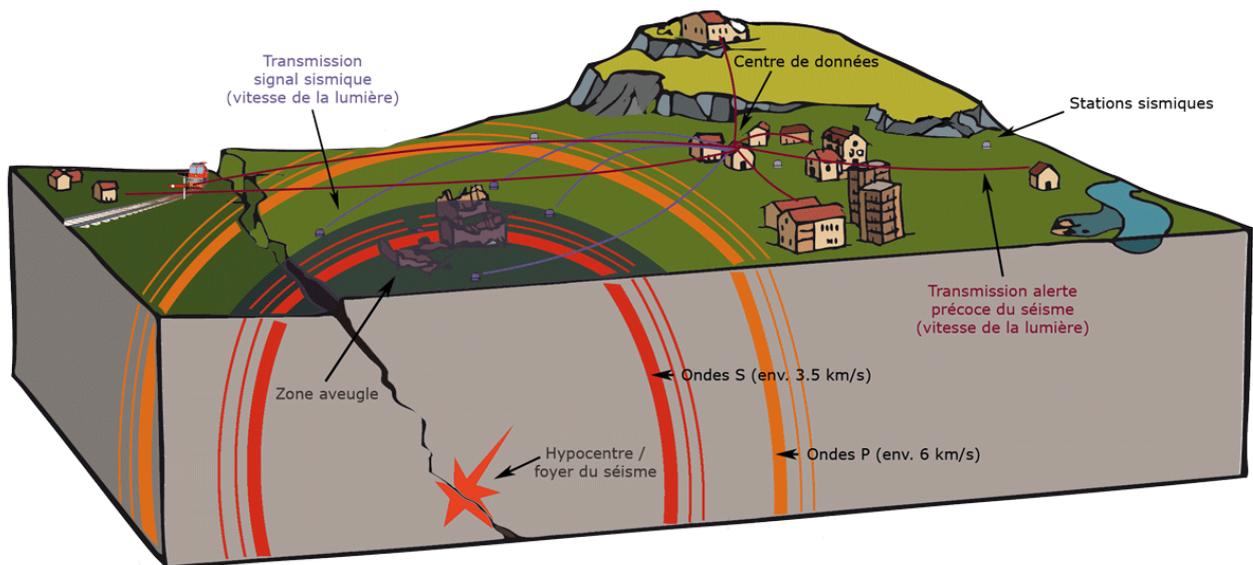
Vidéo explicative : [www.youtube.com/watch?v=gjRGIpP-Qfw](https://www.youtube.com/watch?v=gjRGIpP-Qfw) (25.02.2025).



## Alerte précoce de tremblement de terre

L'alerte précoce aux tremblements de terre a pour objectif d'avertir les personnes ou les systèmes des secousses **avant** même qu'on ne les ressent à un endroit donné. Contrairement aux alertes météorologiques, il ne s'agit toutefois **pas d'une prévision**, puisque **le séisme a déjà eu lieu**. En raison des **différentes vitesses** de propagation des ondes P et S et de la transmission rapide des informations numériques qui voyagent à la vitesse de la lumière, les zones à risque peuvent être prévenues à partir d'une certaine distance du séisme, avant que les secousses ne se produisent. Le temps d'alerte précoce n'est alors généralement que de **quelques secondes**.

Figure 12 montre la représentation schématique de l'alerte précoce aux tremblements de terre. Cliquez sur l'image pour voir la vidéo explicative.



**Figure 12** Comment fonctionne l'alerte précoce aux tremblements de terre. Vidéo explicative de © SRF Einstein sur [http://seismo.ethz.ch/static/sedvideos/alert/alert\\_FR.html](http://seismo.ethz.ch/static/sedvideos/alert/alert_FR.html) (12.06.2025).

## Magnitude et intensité

La magnitude d'un tremblement de terre est typiquement exprimée sur deux échelles :

- La **magnitude** mesure l'énergie libérée par le séisme (indépendante du lieu, une seule valeur par séisme).
- **L'intensité** décrit l'étendue de la destruction (construction, paysage) et la perception subjective de l'observateur lors d'un séisme (dépend du lieu, pour un seul séisme, valeurs typiquement plus élevées près de l'épicentre et plus faibles à mesure que l'on s'en éloigne).

	Magnitude	Intensité
Que mesure-t-on ?	Énergie libérée (Force du séisme)	Effets locaux des secousses à la surface de la terre
Combien de valeurs y a-t-il par séisme ?	Une valeur par séisme (Indépendamment de la distance)	Plusieurs valeurs par séisme (Diminue avec la distance)
Dépendant du lieu ?	Indépendant du lieu	Dépend du lieu
Échelle	Pas de limitation ; Tremblement de terre en principe perceptible à partir d'une magnitude de 2,5 ; Plus grand séisme mesuré jusqu'à présent, d'une magnitude de 9.5, au Chili.	I-XII, EMS-98 (échelle macrosismique européenne de 1998)

### Exercice 7 : Comparaison de la magnitude et de l'intensité

Formez des groupes de deux et observez l'image ci-dessous. Imaginez que la **lampe** représente l'**hypocentre** d'un tremblement de terre.

En vous basant sur les définitions de la **magnitude** et de **l'intensité** données ci-dessus, essayez d'expliquer comment ces deux termes peuvent être appliqués à l'image.



**Figure 13** Concept de magnitude et d'intensité expliqué à l'aide d'une ampoule électrique. Source : [www.iris.edu/hq/inclass/activities/magnitude\\_and\\_intensity](http://www.iris.edu/hq/inclass/activities/magnitude_and_intensity). (25.02.2025).

## Magnitude

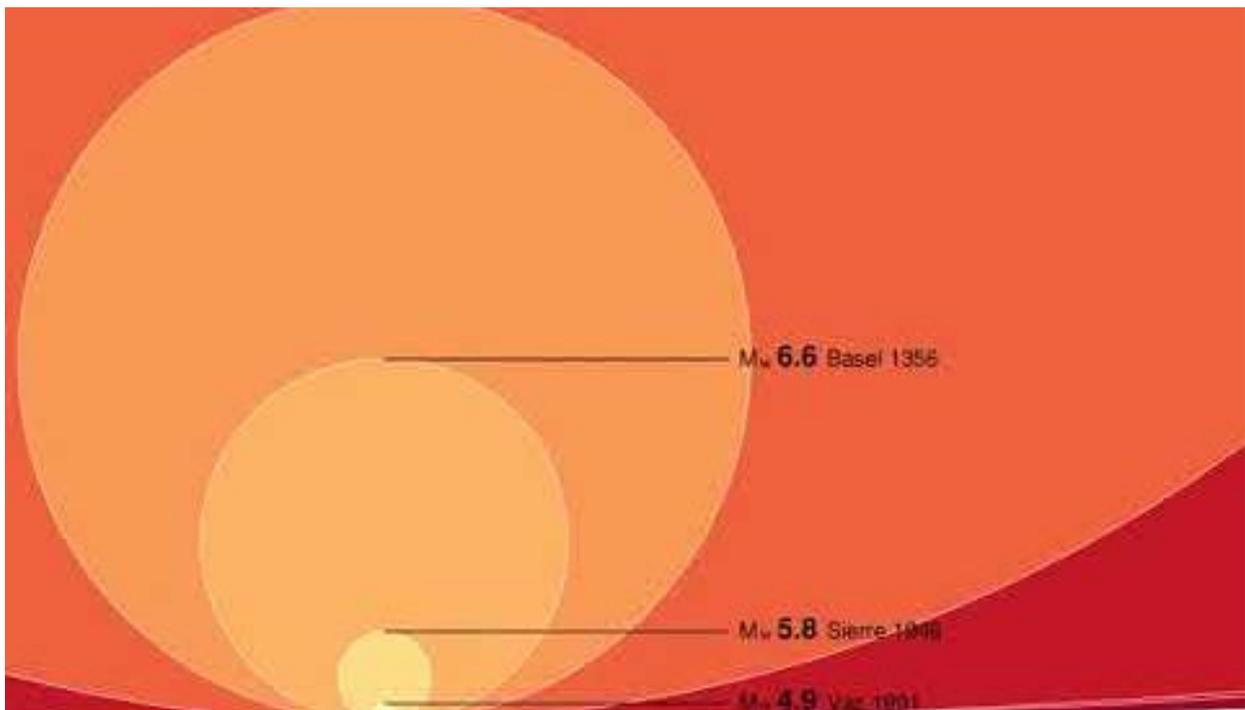
Au début du 20<sup>e</sup> siècle, les sismomètres ont fourni des enregistrements de plus en plus précis des mouvements du sol et ont finalement permis de calculer la magnitude d'un tremblement de terre. En 1935, le sismologue américain Charles Francis Richter (1900-1985) a introduit la magnitude (de Richter) comme mesure objective de **l'énergie libérée au foyer du séisme** (hypocentre). La magnitude est calculée à partir de :

- l'ampleur du mouvement maximal du sol (amplitude maximale),
- la distance entre les stations sismiques et le foyer du séisme.

Ces deux paramètres peuvent être déterminés à partir d'un sismogramme.

**L'échelle** de magnitude est théoriquement **illimitée** vers le haut et vers le bas. D'un point de vue scientifique, il est toutefois difficile d'imaginer des séismes d'une magnitude supérieure à 10, car cela correspondrait à une longueur de rupture d'environ 14 000 km, soit environ un tiers de la circonférence de la Terre. Le tremblement de terre le plus fort mesuré à ce jour s'est produit en 1960 au Chili. Il avait une magnitude de 9,5 et une longueur de rupture d'environ 1'000 kilomètres.

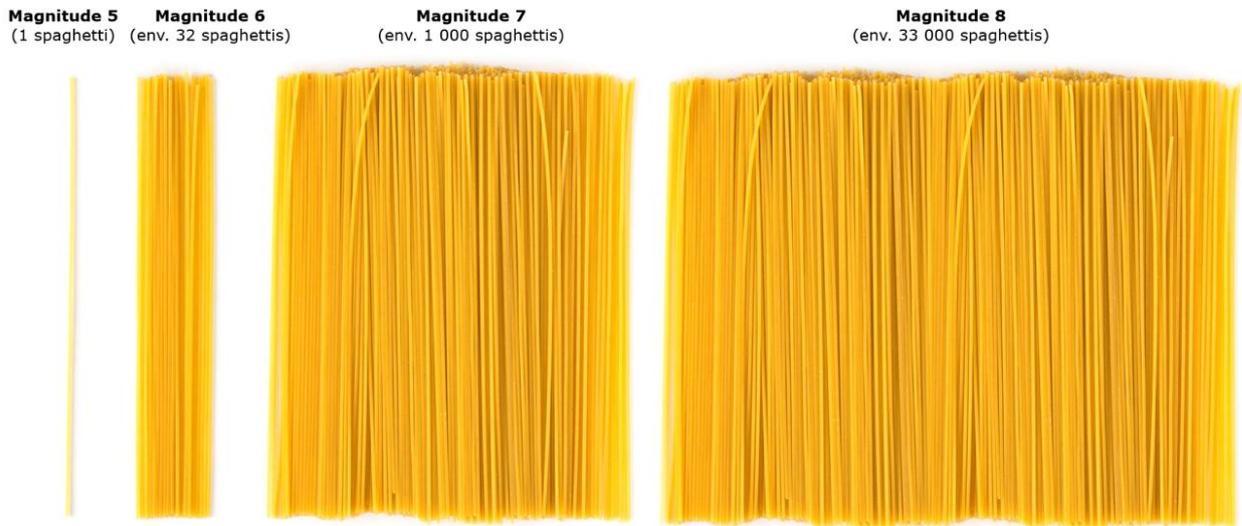
La magnitude est une **valeur logarithmique**. Une augmentation d'une unité de magnitude correspond à une énergie libérée **32 fois plus importante**. Un séisme de magnitude 6 libère donc 32 fois plus d'énergie qu'un séisme de magnitude 5 et environ 1 000 fois (environ 32x32) plus d'énergie qu'un séisme de magnitude 4 (Figure 14).



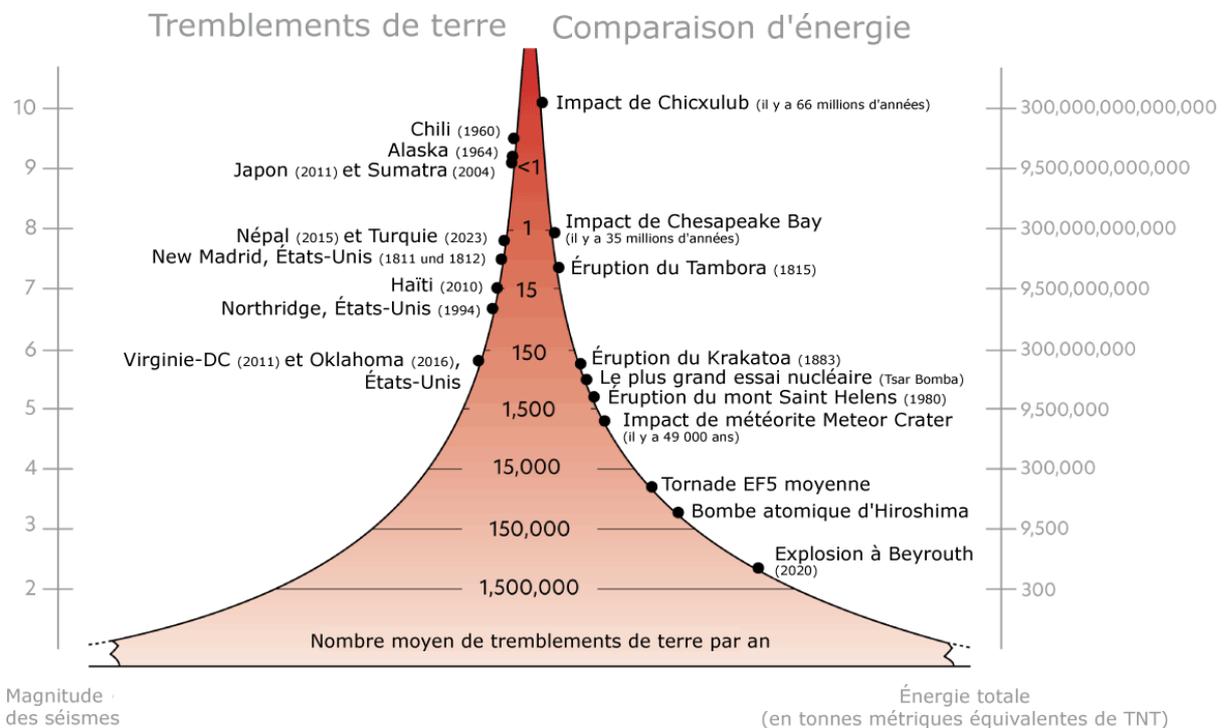
**Figure 14** L'animation montre l'augmentation de la libération d'énergie des tremblements de terre de magnitude croissante. La surface de chaque cercle est proportionnelle à l'énergie libérée par le tremblement de terre correspondant, [www.youtube.com/embed/PwhDyKLVWuI?feature=oembed](https://www.youtube.com/embed/PwhDyKLVWuI?feature=oembed) (25.02.2025)



Pour mieux comprendre l'échelle logarithmique, imagine qu'un tremblement de terre de magnitude 5 correspond à l'énergie nécessaire pour casser un spaghetti. Pour un séisme de magnitude 6, il faudrait 32 spaghettis, pour un séisme de magnitude 7, environ 1 000 spaghettis et pour un séisme de magnitude 8, près de 33 000 spaghettis. Déjà à partir de 1 000 spaghettis, il est pratiquement impossible de les casser.



**Figure 15** Illustration de l'augmentation logarithmique de l'énergie par unité de magnitude. Animation disponible en anglais : [www.youtube.com/watch?v=g2HhVZqBFnY](https://www.youtube.com/watch?v=g2HhVZqBFnY) (13.02.2025).



**Figure 16** Quelle quantité d'énergie est libérée lors de différents événements ? Le graphique compare l'énergie libérée par une sélection de séismes de différentes magnitudes à celle d'autres phénomènes naturels, d'impacts de météorites et d'explosions historiques. (Graphique original de ©EarthScope traduit en français : [www.iris.edu/hq/inclass/factsheet/how\\_often\\_do\\_earthquakes\\_occur](https://www.iris.edu/hq/inclass/factsheet/how_often_do_earthquakes_occur))

## Intensité

Les secousses sont les effets directs des tremblements de terre. L'intensité décrit l'ampleur de ces effets locaux. Elle se base sur l'étendue des dégâts (bâtiments, paysage) et sur la perception subjective des secousses par les personnes qui les subissent.

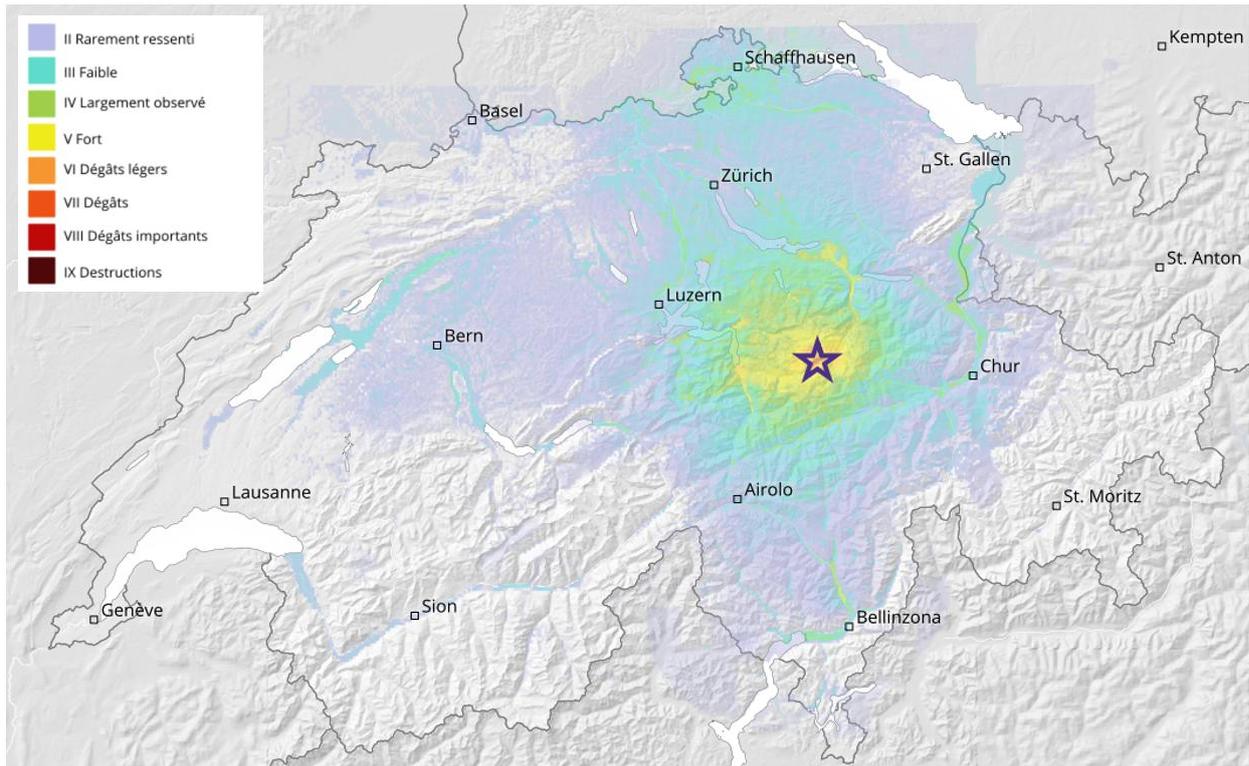
Il y a plus de 200 ans déjà, on a commencé à évaluer l'intensité des secousses sismiques à l'aide d'une échelle des dégâts. En 1902, le sismologue et volcanologue italien Giuseppe Mercalli (1850-1914) a introduit l'échelle de Mercalli à 12 degrés. Cette échelle a été adaptée à plusieurs reprises. En Europe, l'**échelle d'intensité EMS-98** (Échelle Macrosismique Européenne 1998) est officiellement en vigueur depuis 1998.

EMS-98 Intensité	Ressenti	Effets	Magnitude (Approximation)	Dégâts des bâtiments (Maçonnerie)
I	Non ressenti	Non ressenti		
II-III	Faible	Ressenti à l'intérieur des habitations par quelques personnes. Les personnes au repos ressentent une vibration ou un léger tremblement.	2	
IV	Léger	Ressenti à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes, à l'extérieur par très peu. Quelques personnes sont réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent.	3	
V	Modéré	Ressenti à l'intérieur des habitations par la plupart, à l'extérieur par quelques personnes. De nombreux dormeurs se réveillent. Quelques personnes sont effrayées. Les bâtiments tremblent dans leur ensemble. Les objets suspendus se balancent fortement. Les petits objets sont déplacés. Les portes et les fenêtres s'ouvrent ou se ferment.	4	
VI	Fort	De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Chute d'objets. De nombreuses maisons subissent des dégâts non structuraux comme de très fines fissures et des chutes de petits morceaux de plâtre.		
VII	Très fort	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Les meubles se déplacent et beaucoup d'objets tombent des étagères. De nombreuses maisons ordinaires bien construites subissent des dégâts modérés: petites fissures dans les murs, chutes de plâtres, chutes de parties de cheminées; des bâtiments plus anciens peuvent présenter de larges fissures dans les murs et la défaillance des cloisons de remplissage.	5	
VIII	Violent	De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à rester debout. Beaucoup de maisons ont de larges fissures dans les murs. Quelques bâtiments ordinaires bien construits présentent des défaillances sérieuses des murs, tandis que des structures anciennes peu solides peuvent s'écrouler.		
IX	Très violent	Panique générale. De nombreuses constructions peu solides s'écroulent. Même des bâtiments bien construits présentent des dégâts très importants: défaillances sérieuses des murs et effondrement structural partiel.	6	
X+	Extrême	La plupart des bâtiments bien construits s'effondrent, même ceux ayant une bonne conception parasismique sont détruits.	7	

**Figure 17** Échelle macrosismique européenne 1998 (EMS-98). Dans l'usage classique, les chiffres romains entre I (tremblement non ressenti) et X+ (ressenti extrême) sur l'EMS-98 sont déterminés de manière subjective.

Aujourd'hui, l'intensité peut être mesurée **à l'aide d'instruments** en fonction des **accélération et vitesses maximales du sol** enregistrées aux stations, ce qui permet de la déterminer de manière objective. Cette méthode offre rapidement une vue d'ensemble des conséquences possibles d'un tremblement de terre, sans qu'il soit nécessaire de commencer par interroger la population touchée ou d'estimer les dégâts. Pour distinguer l'intensité déduite des observations et celle mesurée par les sismomètres, on désigne la première par **intensité macrosismique** et la seconde par **intensité instrumentale**.

La répartition spatiale des intensités lors d'un tremblement de terre est généralement représentée sous forme de cartes des secousses (**ShakeMaps**) (Figure 18). Ces cartes permettent d'évaluer rapidement le mouvement du sol généré par le tremblement de terre et ses effets.



**Figure 18** ShakeMap (carte des secousses) du tremblement de terre de magnitude 4,6 qui a eu lieu près de Linthal (GL) le 6 mars 2017. <sup>4</sup>

#### En savoir plus

Vous trouverez de plus amples informations sur ShakeMaps dans cette brochure :

[www.seismo.ethz.ch/export/sites/sedsite/knowledge/galleries/pdf\\_brochures/Flyer\\_Shakemap\\_FR.pdf\\_2063\\_069264.pdf](http://www.seismo.ethz.ch/export/sites/sedsite/knowledge/galleries/pdf_brochures/Flyer_Shakemap_FR.pdf_2063_069264.pdf)



<sup>4</sup> Carte interactive: [http://map.seismo.ethz.ch/map-apps/map-seismo/index.html?config=startpage\\_ch\\_event\\_fr.json&availableLayers=std,swisstopo,osm,watermarks,cities\\_ch,osm\\_places,broadband\\_fr,accelerometers\\_fr,shortperiod\\_fr,stations4location\\_fr,eq\\_ch\\_90d\\_fr,eq\\_ch\\_2002\\_fr,eq\\_ch\\_felt\\_2002\\_fr,eq\\_int\\_ch\\_i6\\_fr,eq\\_ch\\_fr,eq\\_ch\\_m1\\_2002\\_fr,eq\\_ch\\_m2\\_1984-2001\\_fr,eq\\_ch\\_m3\\_1975-1983\\_fr,eq\\_ch\\_m4.5\\_prev1975\\_fr,expl\\_ch\\_90d\\_fr,expl\\_ch\\_fr,massmove\\_ch\\_90d\\_fr,massmove\\_ch\\_fr,event\\_ch\\_marker\\_fr,felt\\_reports\\_fr,shakemap\\_ems98\\_fr,shakemap\\_pga\\_fr,shakemap\\_pgv\\_fr,shaking\\_extent\\_ch\\_fr,hazard\\_5hz\\_475yr\\_fr,tectonic\\_ch\\_fr&defaultLayers=std,watermarks,cities\\_ch,event\\_ch\\_marker\\_fr,shakemap\\_ems98\\_fr&extent=550000,70000,820000,340000&LOCID=%27c21pOmNoLmV0aHouc2Vkl3NjM2Evb3JpZ2luL05MTC4yMDE4MDEyMjE3MjgwMzI3MTg0NDMuOTYxMzI=&date\\_ch=2017-03-06&time\\_ch=21:12:07&region=Linthal%20GL&magnitude=4.6](http://map.seismo.ethz.ch/map-apps/map-seismo/index.html?config=startpage_ch_event_fr.json&availableLayers=std,swisstopo,osm,watermarks,cities_ch,osm_places,broadband_fr,accelerometers_fr,shortperiod_fr,stations4location_fr,eq_ch_90d_fr,eq_ch_2002_fr,eq_ch_felt_2002_fr,eq_int_ch_i6_fr,eq_ch_fr,eq_ch_m1_2002_fr,eq_ch_m2_1984-2001_fr,eq_ch_m3_1975-1983_fr,eq_ch_m4.5_prev1975_fr,expl_ch_90d_fr,expl_ch_fr,massmove_ch_90d_fr,massmove_ch_fr,event_ch_marker_fr,felt_reports_fr,shakemap_ems98_fr,shakemap_pga_fr,shakemap_pgv_fr,shaking_extent_ch_fr,hazard_5hz_475yr_fr,tectonic_ch_fr&defaultLayers=std,watermarks,cities_ch,event_ch_marker_fr,shakemap_ems98_fr&extent=550000,70000,820000,340000&LOCID=%27c21pOmNoLmV0aHouc2Vkl3NjM2Evb3JpZ2luL05MTC4yMDE4MDEyMjE3MjgwMzI3MTg0NDMuOTYxMzI=&date_ch=2017-03-06&time_ch=21:12:07&region=Linthal%20GL&magnitude=4.6)

## Exercice 8 : Intensités dans les différents lieux

Examine de plus près la ShakeMap du tremblement de terre du 6 mars 2017 à Linthal (GL) (Figure 18). Tu peux également utiliser la [carte interactive](#)<sup>5</sup>.

Réponds ensuite à la question suivante :

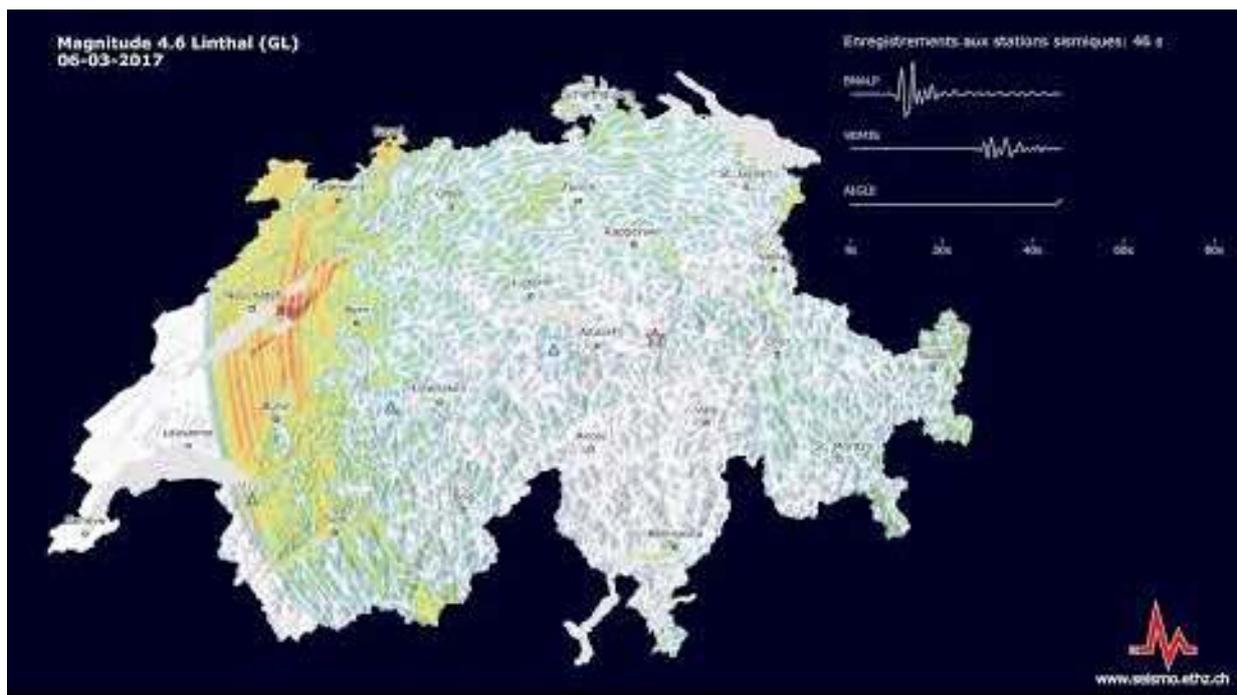
**Pourquoi le tremblement de terre a-t-il été ressenti « largement » ou même « fortement » dans des régions plus éloignées ?**

**a)** Il y a une erreur sur la carte, c'est impossible.

**b)** La géologie (la nature du sous-sol) influence l'intensité des secousses, en plus de la magnitude et de la distance par rapport à l'épicentre.

**c)** Ces régions sont densément peuplées, il y a donc plus de chances que quelqu'un ait ressenti le tremblement de terre.

L'animation suivante illustre la propagation des ondes sismiques du tremblement de terre de Linthal (GL). Selon le sous-sol local, les secousses peuvent être plus fortes dans des endroits plus éloignés, en particulier si le sol est meuble.



**Figure 19** Animation du tremblement de terre de Linthal (GL) du 6 mars 2017 sur la propagation des ondes sismiques. Les couleurs indiquent l'amplitude de l'oscillation (= force ou encore déviation de l'oscillation), mesurée en vitesse (mm/s). Source : <https://youtu.be/Tq2q6XWtGgs> (25.02.2025)

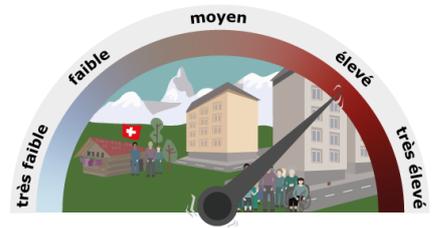
<sup>5</sup> Lien dans l'en-tête à la page 20

## Le risque sismique et les effets des tremblements de terre

### Exercice 9 : Quels dégâts peuvent être causés par les tremblements de terre ?

Choisis un ou plusieurs des trois scénarios suivants et réfléchis aux dégâts et autres effets qu'un fort tremblement de terre pourrait avoir dans la région concernée.

Possible également comme exercice en binôme suivi d'une discussion en plénière.



**Scénario 1 :**  
Un fort tremblement de terre dans une grande ville densément peuplée (p. ex. Genève)

**Scénario 2 :**  
Un fort tremblement de terre dans les Alpes suisses (p. ex. près de Zermatt)

**Scénario 3 :**  
Un fort tremblement de terre dans un lieu proche de la mer (p. ex. au Costa Rica)

### Risque sismique

Le risque sismique chiffre les effets possibles des secousses d'un tremblement de terre, par exemple le nombre de bâtiments endommagés et détruits, de personnes blessées et sans abri ou de décès.

Pour déterminer plus précisément le risque sismique, différentes valeurs sont combinées :

- **Aléa sismique** : où, avec quelle intensité et quelle fréquence la terre tremble.
- **Influence du sous-sol local** : plus le sous-sol est meuble, plus les ondes sismiques sont amplifiées et plus les secousses du sol sont importantes.
- **Vulnérabilité des bâtiments** : quels dommages subissent les bâtiments en cas de séisme d'une certaine intensité.
- **Personnes et biens concernés** : Le risque sismique n'existe que là où se trouvent des personnes et des biens.



Figure 20 Composants pour le calcul du risque sismique.

## Conséquences humaines



### Personnes blessées et décès :

Les tremblements de terre peuvent directement causer des blessures et des décès en raison de l'effondrement de bâtiments, de la chute de débris et d'autres dangers.



### Effets psychologiques :

Les tremblements de terre peuvent avoir des effets psychologiques tels que la peur, le traumatisme et le stress chez les personnes touchées, en particulier si elles ont subi des pertes ou des blessures graves.

## Conséquences économiques et financières



### Dommmages aux bâtiments :

Les tremblements de terre peuvent endommager les bâtiments, ce qui peut, dans le pire des cas, entraîner leur effondrement.



### Dégâts aux infrastructures :

Les routes, les ponts, les voies ferrées et d'autres infrastructures peuvent être endommagés, ce qui peut entraver les opérations de secours.



### Pertes économiques :

La destruction de biens et d'infrastructures peut entraîner des pertes économiques considérables, y compris la perte de moyens de subsistance et d'emplois.

Selon le lieu et l'intensité, les tremblements de terre peuvent déclencher des effets/risques secondaires :

**Mouvements de terrain** : les tremblements de terre peuvent déstabiliser davantage les pentes instables et provoquer des glissements de terrain, des chutes de pierres ou des avalanches.

**Tsunamis** : les tremblements de terre sous-marins peuvent déclencher des tsunamis (c'est-à-dire un raz-de-marée) en mer et dans les lacs, qui peuvent causer de nombreux dégâts sur les côtes.

**Inondations** : les séismes peuvent endommager les barrages ou bloquer les cours d'eau, ce qui peut entraîner des embâcles et des inondations, en particulier dans les zones de terrain plat ou à proximité des côtes.

**Liquéfaction des sols** : dans certains types de sols, les secousses sismiques peuvent entraîner une perte temporaire de la résistance du sol, qui se comporte alors comme un liquide, ce qui peut endommager les bâtiments.

**Déformations du sol** : les tremblements de terre peuvent provoquer des fissures et des déplacements visibles à la surface de la terre et modifier le paysage.

**Répliques sismiques** : après un tremblement de terre de forte magnitude, il faut s'attendre à des répliques sismiques. Celles-ci peuvent causer d'autres dommages et compliquer les opérations de sauvetage et de reconstruction.



## Protection contre les tremblements de terre

Les tremblements de terre sont impossibles à prévoir. Des moyens simples permettent cependant de réduire les conséquences et dégâts possibles, chez soi et en vacances.

### Construction parasismique

La meilleure protection face aux conséquences d'un tremblement de terre est une construction parasismique ainsi que la sécurisation des objets qui pourraient tomber ou se renverser. La construction parasismique a pour but d'éviter l'effondrement d'un bâtiment et donc les décès et les blessures. En outre, elle aide si possible à préserver les fonctionnalités du bâtiment en cas de tremblement de terre, et à limiter les dommages consécutifs, par exemple provoqués par les incendies.

En Suisse, ce sont les législations cantonales qui règlent la construction de bâtiments. Certaines lois exigent explicitement le respect des normes en vigueur de la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA). En outre, de plus en plus de cantons imposent des règles parasismiques spécifiques dans le cadre de la procédure de permis de construire. Cependant, la mise en œuvre de constructions parasismiques relève de la responsabilité des propriétaires et des planificateurs spécialisés mandatés par ces derniers.

### Assurance tremblements de terre

La souscription d'une assurance tremblement de terre est la mesure classique pour se prémunir contre les dommages financiers causés par un tremblement de terre. En effet, même si les bâtiments sont construits de manière à résister aux séismes, ils peuvent subir des dommages importants.

### Recommandations de comportement

**Exercice 10 : Note en mots-clés comment tu te comporterais dans les différentes situations si la terre se mettait soudain à trembler.**

1. Dehors, dans la rue



Voilà comment je me comporterais :

## 2. À la maison, dans le salon



Voilà comment je me comporterais :

## 3. En vacances à la plage



Voilà comment je me comporterais :

## Avant un séisme fort



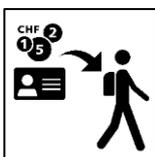
### Nouvelles constructions, transformations, rénovations

- La construction parasismique offre la meilleure protection face aux conséquences d'un tremblement de terre. Elle a pour objectif prioritaire d'éviter l'effondrement d'un bâtiment entraînant des pertes de vie et des blessés.
- Vérifier si la souscription d'une assurance tremblements de terre pourrait être judicieuse afin de réduire le risque (financier) personnel.



### Sources de danger à l'intérieur des bâtiments

- Fixer les objets qui peuvent, en raison des secousses, être endommagés et/ ou chuter et causer ainsi des blessures. Par exemple, les revêtements de plafond, les étagères et leur contenu, les téléviseurs et les chaînes stéréo ou les éclairages.



### Se tenir prêt (face aux tremblements de terre et aux autres situations d'urgence)

- Réfléchir au comportement nécessaire lors d'un séisme.
- Constituer une trousse de premier secours et tenir prêtes les provisions d'urgence.
- Copier les documents importants tels que passeport ou permis de conduire et les avoir à disposition en cas d'événement.
- Préparer une lampe de poche pour pallier les pannes de courant ainsi qu'une radio alimentée par piles ; avoir à disposition du cash (retrait au distributeur éventuellement impossible).
- Savoir où se trouvent les vannes et les fusibles principaux pour le gaz, l'eau et l'électricité et comment les couper.

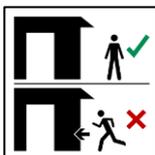


## Pendant un séisme fort



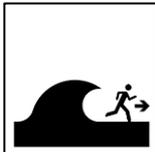
### A l'intérieur des bâtiments

- Se mettre à l'abri (p. ex. sous une table solide).
- Faire attention aux objets qui tombent ou qui se renversent (p. ex. étagères, meubles lourds, téléviseurs, chaînes stéréo et éclairage) et éviter la proximité des fenêtres et des parois vitrées qui pourraient se briser.
- Ne quitter le bâtiment que si l'environnement est sûr (p. ex., si aucun autre objet, comme des briques, ne tombe).



### A l'extérieur

- Rester à l'extérieur, ne pas se réfugier dans un bâtiment.
- Éviter la proximité de bâtiments, de ponts, de pylônes électriques, de grands arbres et d'autres objets susceptibles de s'effondrer ou de chuter.
- Près des plans d'eau, quitter la zone côtière.





### Dans un véhicule

- Arrêter le véhicule et ne pas le quitter pendant la durée du séisme.
- Si possible, ne pas s'arrêter sur les ponts, dans les tunnels ou les passages souterrains.
- Éviter la proximité des bâtiments situés au bord de la route (risque d'effondrement).

## Après un séisme fort

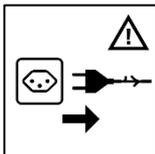


### Dans la zone sinistrée

- S'attendre à des répliques sismiques.
- Apporter de l'aide, sans se mettre en danger.
- Examiner les bâtiments pour déceler les dommages. En cas de dommages importants, quitter le bâtiment.



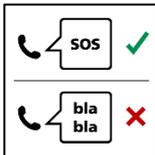
- Prudence en quittant le bâtiment. Il pourrait y avoir des chutes d'une partie de la maçonnerie, d'éléments de décor de la façade, de tuiles, etc.
- Inspecter les bâtiments et les environs à la recherche d'éventuels foyers d'incendie. Eteindre si possible les feux de faible importance et / ou alerter les pompiers.



- Contrôler les conduites de gaz, d'eau et d'électricité et les couper en cas de doute.



- S'informer par la radio, télévision ou internet.
- Suivre les instructions des forces d'intervention.



- Ne téléphoner qu'en cas d'urgence. Garder le réseau libre pour les véritables urgences.
- Pas de trajets privés en voiture. Garder les routes libres pour les forces d'intervention.
- Les pannes de courant sont probables.

© pictogrammes : Office fédérale de la protection de la population OFPP

### Brochure d'information

« Au secours, la terre tremble ! Que faire en cas d'événement sismique ? »

[www.seismo.ethz.ch/export/sites/sedsite/knowledge/.galleries/pdf\\_brochures/20220202\\_Flyer\\_Verhalten\\_FR.pdf\\_2063069264.pdf](http://www.seismo.ethz.ch/export/sites/sedsite/knowledge/.galleries/pdf_brochures/20220202_Flyer_Verhalten_FR.pdf_2063069264.pdf)



---

## Matériel pédagogique supplémentaire

Vous voulez en savoir plus sur les séismes ? Découvrez plus d'informations ici :

---



### **Aléa et risque sismique en Suisse**

[Télécharger](#)

---



### **Fausse information et éducation médiatique**

[Télécharger](#)

---



### **Sismicité induite**

[Télécharger](#)

---



### **Surveillance sismique et Raspberry Shake**

[Télécharger](#)

---

Vous trouverez de plus amples informations sur les tremblements de terre sur le site Internet du Service Sismologique Suisse de l'ETH Zurich à l'adresse [www.seismo.ethz.ch](http://www.seismo.ethz.ch).

Nous sommes à votre disposition pour répondre à vos questions et suggestions concernant les modules d'apprentissage ou d'autres sujets liés à l'enseignement des tremblements de terre dans les écoles.

E-mail : [seismo\\_at\\_school@sed.ethz.ch](mailto:seismo_at_school@sed.ethz.ch)

