

<b>Thème III</b>	<b>Chapitre A</b>	<b>Les séismes et leur origine</b>
	<b>Fiche de réussite</b>	
<b>Notions et mots-clés (ce que je dois savoir)</b>		
Séisme (intensité, magnitude), réplique, épicentre, sismographe/sismomètre, sismogramme, faille, tsunami, conséquences des séismes		Foyer, contraintes (forces), libération d'énergie
<b>Compétences et exemples de consignes (ce que je dois savoir faire)</b>		
<input type="checkbox"/> Expliquer ce qu'est un séisme. <input type="checkbox"/> Décrire les conséquences d'un séisme à partir d'un exemple (sur le paysage, sur la population humaine, etc.). <input type="checkbox"/> Expliquer comment on enregistre et on surveille un séisme. <input type="checkbox"/> Décrire la propagation d'un séisme à partir de sismogramme.		
<input type="checkbox"/> Décrire et expliquer le déclenchement d'un séisme. <input type="checkbox"/> Concevoir un modèle pour simuler un séisme à partir d'exemples de matériel. <input type="checkbox"/> Critiquer le modèle d'un séisme par rapport à la réalité. <input type="checkbox"/> Expliquer l'origine d'un séisme à partir d'un exemple.		

Je suis capable de (compétences travaillées) :

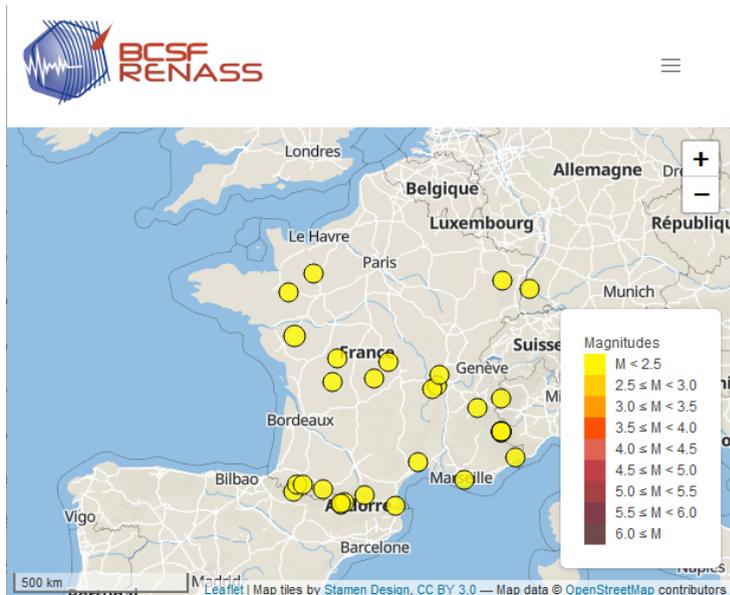
**C1** : Communiquer sur ses démarches, ses résultats et ses choix, en argumentant.

**C2** : Communiquer, traiter et conduire des recherches (internet) fiables afin de répondre à un problème scientifique.

**C3** : Expliquer un phénomène à l'écrit et à l'oral.

**Situation de départ** : En allant sur le site du BCSF-Renass (Bureau central et sismologique français - Réseau national de surveillance sismique) qui répertorie les séismes récents, on peut constater que la France est soumise à de nombreux séismes pour la plupart peu ressentis. Les séismes sont donc des événements très courants. Mais certains peuvent être dangereux voire meurtriers.

Site : <https://renass.unistra.fr/fr/zones/>



**Problème** : Comment se manifeste un séisme ?

1 – En utilisant le format de son choix, **réaliser** un exposé écrit **expliquant** comment se manifeste un séisme : **(C1 à 3)**

- **Expliquer** de façon simplifiée ce qu'est un séisme.

Un séisme ou tremblements de terre est une série de secousses se propageant dans le sol et venant des roches du sous-sol. Un séisme produit une série d'ondes sismiques.

- **Décrire** les conséquences (matérielles, humaines, sur le paysage) du séisme de Tōhoku, de Sumatra et de Haïti sous forme d'un texte ou d'un tableau ;

Séismes	Tōhoku	Sumatra	Haïti
Date	11 mars 2011	26 décembre 2004	12 janvier 2010
Épicentre	130 km de Sendai	160 km de la côte indonésienne	25,3 km de Port-au-Prince
Magnitude	9	9,1 à 9,3	7,0 à 7,34
Nombre de victimes	23 000 morts et disparus	290 000 morts estimées 125 000 blessés 46 000 disparus 1,69 million déplacés	280 000 morts 300 000 blessés 1,3 million de sans-abris Conditions sanitaires dégradées (épidémie de choléra)

<b>Dégâts matériels</b>	Arrêt d'une quinzaine de réacteurs nucléaires, villes devenues radioactives, 147 milliards d'euros	130 milliards de dollars de dégâts matériels	Nombreux bâtiments détruits (palais national, cathédrale, etc.)
<b>Impacts sur le paysage/Manifestations directes</b>	Faïlle, tsunami, zones devenues radioactives	Tsunami (35 m de hauteur, vitesse de 800 km/h)	Sans doute faille, déformation du sol

Tableau de comparaison de différents séismes meurtriers avec leurs caractéristiques

- **Expliquer** comment on enregistre et surveille les séismes (outils, réseau, ce qu'on peut mesurer, etc.).

On peut surveiller l'activité sismique grâce aux stations sismiques formant un réseau mondial (Geoscope). Chaque station possède des sismographes permettant de détecter les vibrations du sol. Ces vibrations forment des tracés appelés des sismogrammes montrant la propagation d'ondes sismiques. Cela permet de savoir d'où est parti un séisme et de connaître sa puissance qu'on appelle la magnitude. À la suite d'un séisme, on peut aussi mesurer l'intensité du séisme en analysant les dégâts.

- **Expliquer** avec le séisme de Bam pourquoi on a des heures d'enregistrement différentes et donc comment se propage un séisme dans la Terre.

Avec les différentes stations sismiques à la surface du globe même de l'autre côté de la Terre, on constate que pour un séisme donné, les temps d'arrivée des ondes sismiques (et donc du signal) seront décalés. On peut en déduire que les ondes mettent un certain temps avant d'être détectées car elles doivent se déplacer jusqu'aux stations. Cela montre qu'un séisme se propage dans toutes les directions dans la Terre.

Les recherches peuvent s'effectuer par des recherches internet et/ou les ressources données par le professeur. L'exposé écrit pourra être fait sous format papier ou format numérique en PDF et envoyé via l'ENT.

Bonus : un exposé oral de 5 min sur un séisme peut être fait devant la classe pour les volontaires.

2 – **Compléter** le bilan 1 avec les mots suivants :

- *destruction, ondes sismiques, épicentre, sismogramme, impact négatif, paysage, magnitude, séisme, sismographes, intensité*

**Bilan 1** : Un séisme est une mise en mouvement brève et brutale du sol. Il entraîne des modifications parfois visibles dans les paysages (faïlle, déformation du sol, tsunami, etc.), la destruction des infrastructures humaines et un fort impact négatif sur la population (décès, blessés, sinistrés, etc.).

Les séismes sont enregistrés par des sismographes qui permettent de surveiller l'activité sismique du globe terrestre. L'enregistrement obtenu ou sismogramme indique qu'un séisme se propage sous forme d'ondes sismiques (de différents types) qui se dispersent dans toutes les directions. Il permet de mesurer la magnitude d'un séisme, c'est-à-dire sa puissance.

La magnitude ne doit pas être confondue avec l'intensité d'un séisme. L'intensité est mesurée d'après l'importance des dégâts et du ressenti. Elle est maximale à l'épicentre du séisme puis diminue progressivement lorsqu'on s'éloigne de celui-ci.

## Dossier documentaire : Des exemples de séismes

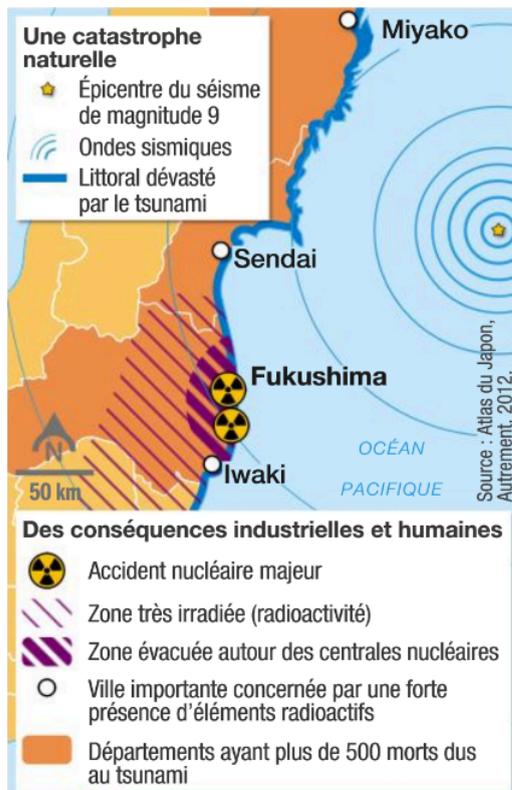
### Document 1 : Le séisme de 2011 de la côte Pacifique du Tōhoku

« Il y a un an, le 11 mars 2011, la Terre tremblait à l'est du Japon. Baptisé séisme de Tōhoku, du nom de la province la plus proche de l'épicentre, avec sa magnitude 9 [situé à 130 km de Sendai], ce tremblement de terre est le plus important que le pays n'ait jamais connu. Le tsunami qu'il a provoqué, une vague d'environ 15 mètres, a dévasté la côte est de l'île de Honshu et particulièrement la province de Fukushima, menant à la pire catastrophe nucléaire de tous les temps, après Tchernobyl. Si les dégâts matériels et humains de ce tremblement de terre et de ses conséquences sont exceptionnels, le contexte géologique l'est tout autant. »  
Ce séisme a été suivi par de nombreuses répliques dont les plus fortes ont atteint 7 de magnitude.



*D'après Livrescolaire SVT - Cycle 4 et du site futura-sciences.com, mars 2012*

**Remarques** : L'épicentre d'un séisme est l'endroit à la surface de la Terre où le séisme a été le plus ressenti. Le séisme produit des vibrations appelées, ondes sismiques, qu'on représente par des cercles qui s'écartent de l'épicentre pour montrer la propagation des ondes et donc du séisme à la surface de la Terre. Un séisme est suivi en général par d'autres séismes associés moins puissants qui sont à proximité. On parle de répliques sismiques.



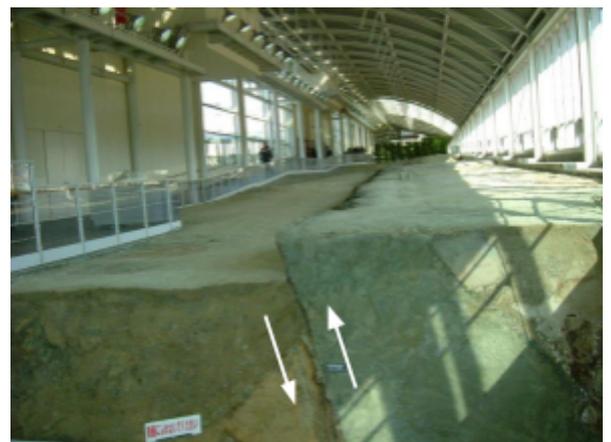
### Document 2 : Les dégâts causés par le séisme

Le séisme de Tōhoku a fait des ravages : 23 000 morts et disparus, arrêt d'une quinzaine de réacteurs nucléaires, 147 milliards d'euros de dégâts.

Animation d'un modèle de tsunami de Tōhoku : <https://www.youtube.com/watch?v=jH3-hQjTGdQ>

### Document 3 : Photo de la faille de Nojima, au Japon

Cette faille préservée a été à l'origine du séisme de Kobé en 1995. Ce séisme de magnitude 7,2 a été très meurtrier à l'époque.



## Document 4 : Séisme de Sumatra

Le séisme du 26 décembre 2004 dans l'océan Indien est un tremblement de terre qui s'est produit au large de l'île indonésienne de Sumatra avec une magnitude de 9,1 à 9,3. L'épicentre se situe à 160 km de la côte. Ce tremblement de terre a été la troisième magnitude la plus puissante jamais enregistrée dans le monde. Il a soulevé jusqu'à 6 mètres de hauteur une bande de plancher océanique longue de 1600 kilomètres. Ce séisme bien que puissant n'a fait aucun dégât car il s'agit d'un séisme sous-marin. C'est les conséquences de ce séisme qui a été dévastateur. Le tremblement de terre a engendré



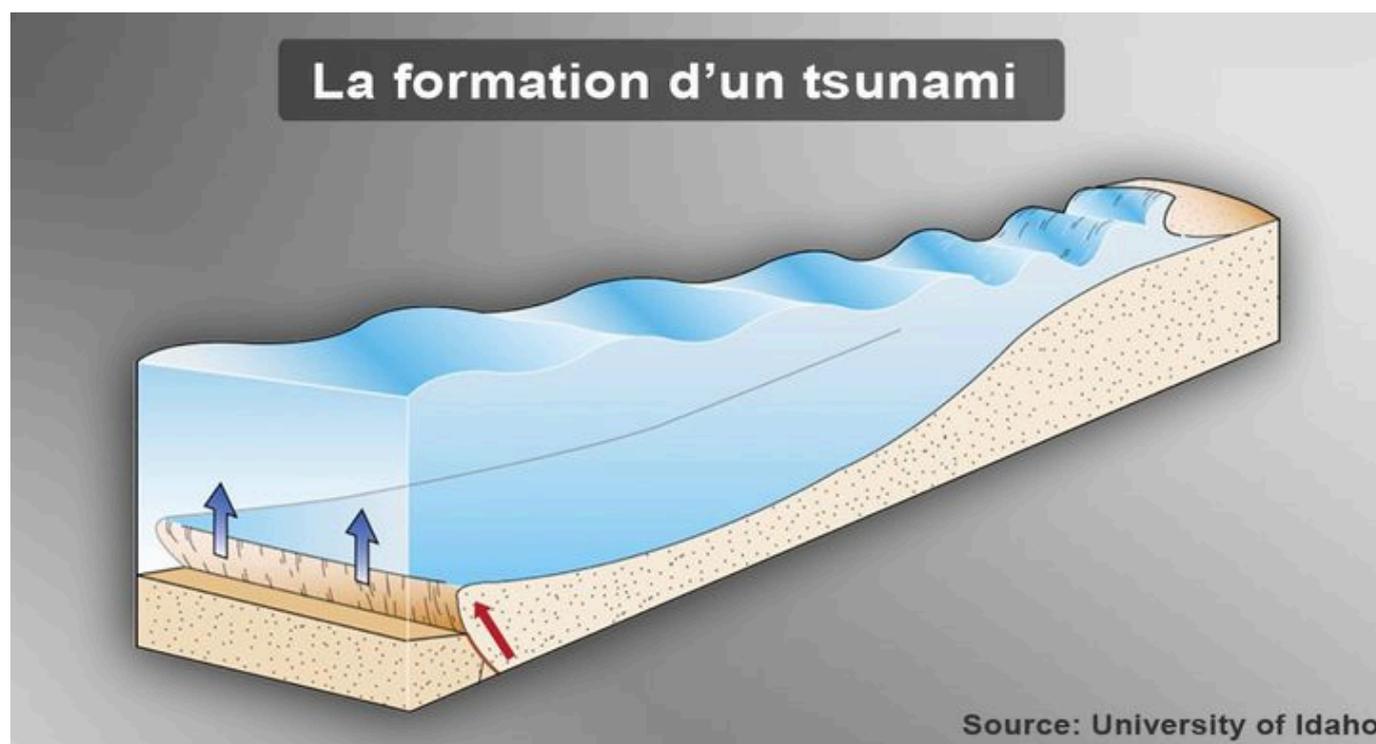
un tsunami qui s'est propagé depuis l'épicentre vers les côtes des pays de l'océan Indien et jusqu'en Afrique. Ce tsunami, constitué de plusieurs séries de vagues de très grande longueur d'onde (= grande hauteur), a été le plus meurtrier de ceux jamais relatés.

Cette vague n'a été que de 50 cm de hauteur au milieu de l'océan et s'est déplacée à 800 km/h en direction des côtes. C'est en approchant des terres, quand le plancher océanique remonte, que la vague géante s'est formée. Dans le cas présent, la vague a atteint jusqu'à 35 mètres de hauteur en frappant l'île indonésienne de Sumatra.

La catastrophe a fait plus de 230 000 morts (290 000 estimées), 125 000 blessés, 46 000 disparus, 1,69 million déplacés et a laissé 1,5 million de personnes sans abri avec 130 milliards de dollars de dégâts matériels. C'est le tsunami le plus puissant malheureusement vécu.

Remarque : En jaune sur la carte, on peut voir tous les pays touchés par la vague.

## Document 5 : Formation d'un tsunami



Voir animation : <https://www.youtube.com/watch?v=pHcHqVFOu5w>

## Document 6a : Le séisme de 2010 en Haïti

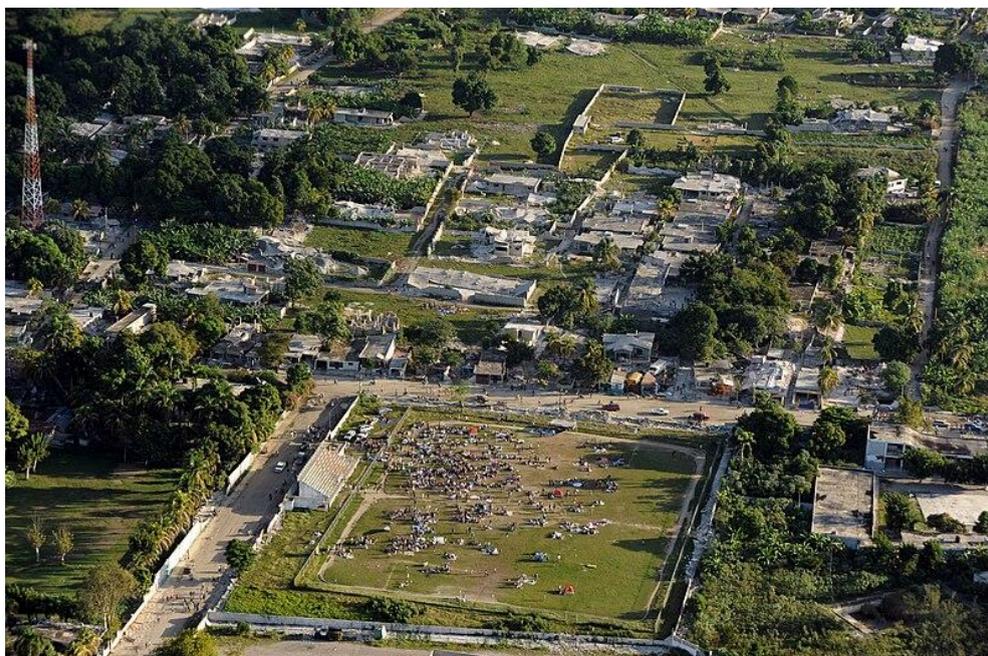
Le séisme de 2010 en Haïti est un séisme d'une magnitude de 7,0 à 7,34 survenu le 12 janvier 2010 à 16 heures 53 minutes et 10 secondes, heure locale. Son épicentre est situé à environ 25,3 km de Port-au-Prince (capitale du pays). Une réplique (sur 52) avec une magnitude de 6,1 est survenue le 20 janvier 2010 à 6h03, heure locale. L'épicentre est situé à environ 59 km à l'ouest de Port-au-Prince. Le 9 février 2010, Marie-Laurence Jocelyn Lassegue, ministre des Communications, confirme plus de 280 000 morts, 300 000 blessés et 1,3 million de sans-abris.

Les structures et l'organisation de l'État haïtien ont souffert de la catastrophe ; au bout de trois jours, l'état d'urgence a été déclaré sur l'ensemble du pays pour un mois. De très nombreux bâtiments ont également été détruits, dont le palais national et la cathédrale Notre-Dame de Port-au-Prince.

En octobre 2010, une épidémie de choléra apparaît dans le pays à la suite des dégradations des conditions sanitaires dues au séisme, et tue en un an plus de 5 000 personnes.

*D'après Wikipédia*

## Document 6b : Photos prises après le séisme de 2010 en Haïti



Vol de reconnaissance au-dessus du ville de Haïti (Léogâne)

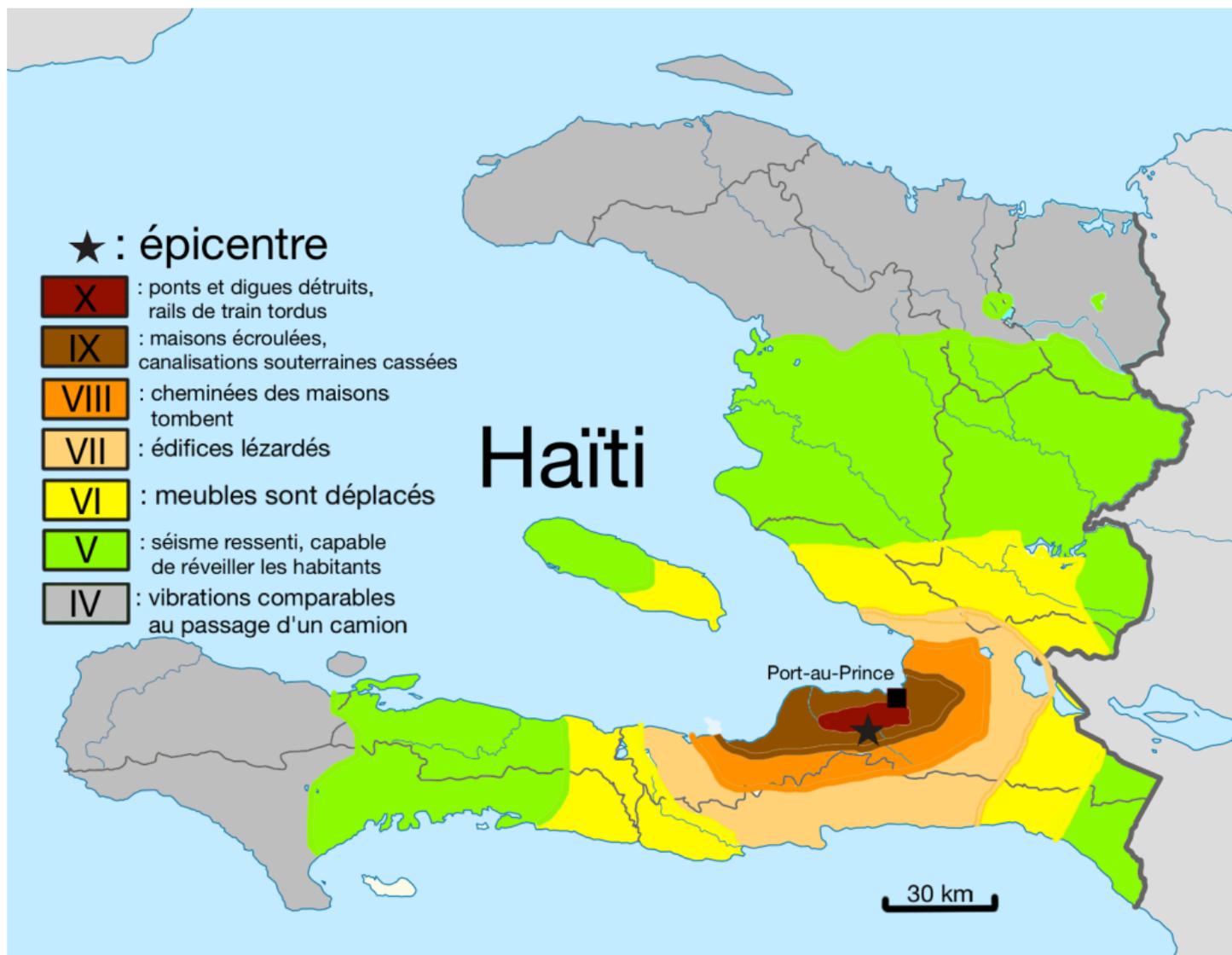


Le Palais national, le 13 janvier 2010



Camp de sinistrés installé par l'armée brésilienne

## Document 7a : Carte de l'intensité du séisme de 2010 en Haïti (échelle MMI)



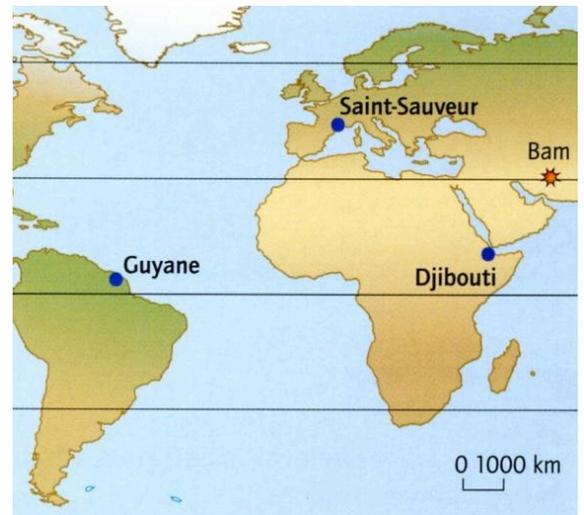
*D'après USGS/PAGER et Antonin Cabioc'h*

## Document 7b : Échelles d'intensité

On peut évaluer l'intensité d'un séisme d'après les dommages observés dans une région sinistrée : on a établi alors des échelles basées sur les dégâts et le ressenti. On peut alors tracer des lignes isoséistes comme indiquées sur la carte ci-dessus. Dans la zone de forte intensité, on trouve l'épicentre du séisme, c'est-à-dire l'endroit où l'intensité du séisme est maximale et donc l'endroit d'où provient le séisme. Différentes échelles ont été utilisées comme l'échelle Mercalli ou l'échelle MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik). Maintenant, en Europe, les sismologues préfèrent utiliser pour les séismes actuels une échelle plus récente et améliorée appelée EMS 98 (European macroseismic scale 1998) depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2000. En Amérique du Nord, on utilise plutôt l'échelle MMI (échelle Mercalli modifiée). Le Japon utilise sa propre échelle d'intensité (échelle de Shindo). En effet, les échelles sont adaptées au type de constructions locales.

## Document 8a : Réseau Geoscope et propagation des ondes sismiques

Le réseau Geoscope est un réseau de stations de surveillance des séismes réparties sur les 5 continents. Chaque station est équipée de sismographes qui enregistrent en continu les séismes à la surface de la Terre. Les sismogrammes obtenus après un séisme permettent d'avoir une idée des ondes émises grâce au réseau. Les stations d'enregistrement nous montrent qu'un séisme peut être ressenti partout sur Terre (même de l'autre côté de la Terre), tout dépend bien sûr de sa puissance et du lieu d'émission. On peut connaître avec précisions grâce aux enregistrements la distance entre la zone de départ du séisme et la station et on peut aussi calculer la magnitude, c'est-à-dire la puissance du séisme.



*D'après Belin, 2007*

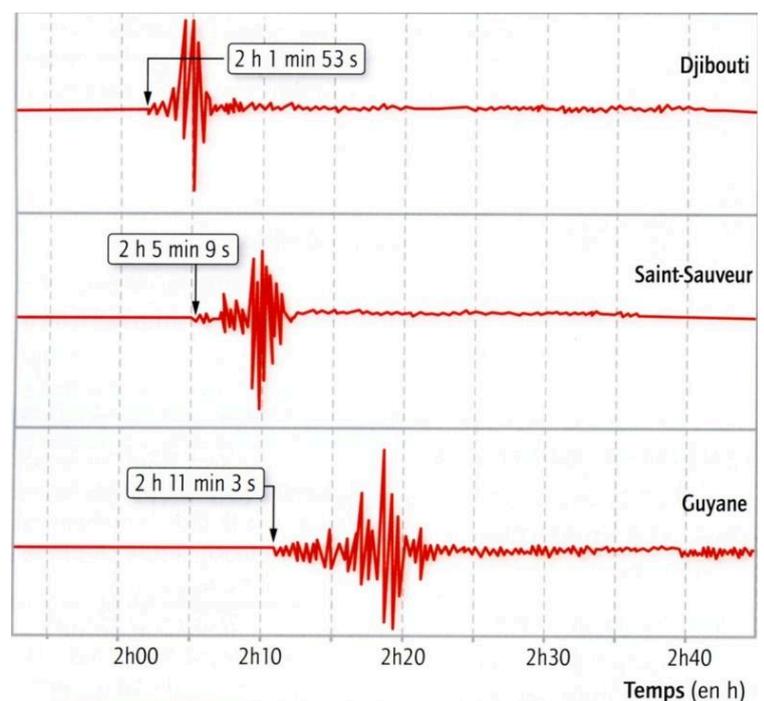
## Document 8b : Sismogrammes enregistrés après le séisme de Bam dans 3 stations du réseau Géoscope

On peut prendre l'exemple d'un séisme très meurtrier en Iran. Ce séisme a eu lieu à Bam le 26 décembre 2003 à 1h 56min 52s.

Ce séisme a pu être enregistré par des sismographes placés dans des stations de surveillance des séismes du réseau Geoscope à Guyane, à Saint-Sauveur et à Djibouti (voir ci-contre).

Les flèches sur les sismogrammes représentent le temps d'arrivée des ondes sismiques (et donc ressenties et mesurées par les sismographes).

On a pu déterminer l'endroit exact où il a débuté : à 10 km au Nord-Est de Bam et qu'il a une magnitude de 6,3 à 6,6.



*D'après Belin, 2007*

## Document 9 : Magnitude d'un séisme

La magnitude est la puissance d'un séisme, c'est-à-dire l'énergie libérée lors du séisme liés aux fractures du sous-sol de la Terre. L'échelle de Richter est un exemple d'échelle qui permet de déterminer la magnitude d'un séisme. C'est une échelle ouverte qui part de 0 à l'infini. Maintenant, on préfère utiliser l'échelle de magnitude de moment ( $M_w$ ). Le maximum qui a été enregistré est celui de Valdivia (de magnitude 9,5) qui a eu lieu au Chili le 22 mai 1960, suivi d'un tsunami dévastateur.

Magnitude	Description	Énergie libérée (équivalence par Tonnes en TNT/explosif)	Effets et exemples	Fréquence en séismes
2	Très mineur	0,0015	Généralement non ressenti mais détecté/enregistré	1000 par jour
4	Léger	15	Glissement de roches de 2 à 5 cm	6200 par an
6	Fort	15 000 (1,2 fois la bombe atomique d'Hiroshima)	Glissement de roches de 20 à 50 cm (Séisme de Bam en 2003 avec 6,6)	120 par an
8	Important	15 000 000 (1200 fois la bombe d'Hiroshima)	Glissement de roches de 5 à 10 m (Séisme de San Francisco en 1906 avec 8)	1 par an
9 <	Exceptionnel	475 000 000	Dévaste des zones à des milliers de kilomètres à la ronde	1 tous les 20 ans

#### Exemples de magnitude ( $M_w$ )

Remarque : Deux paramètres sont utilisés pour mesurer la force des séismes : la magnitude et l'intensité. Il ne faut pas les mélanger.

En effet, la magnitude caractérise l'énergie libérée par la rupture de faille à l'origine des secousses, tandis que l'intensité est liée à l'effet des secousses à un endroit donné (par exemple : ressenti des habitants, chute d'objets, dégâts...).

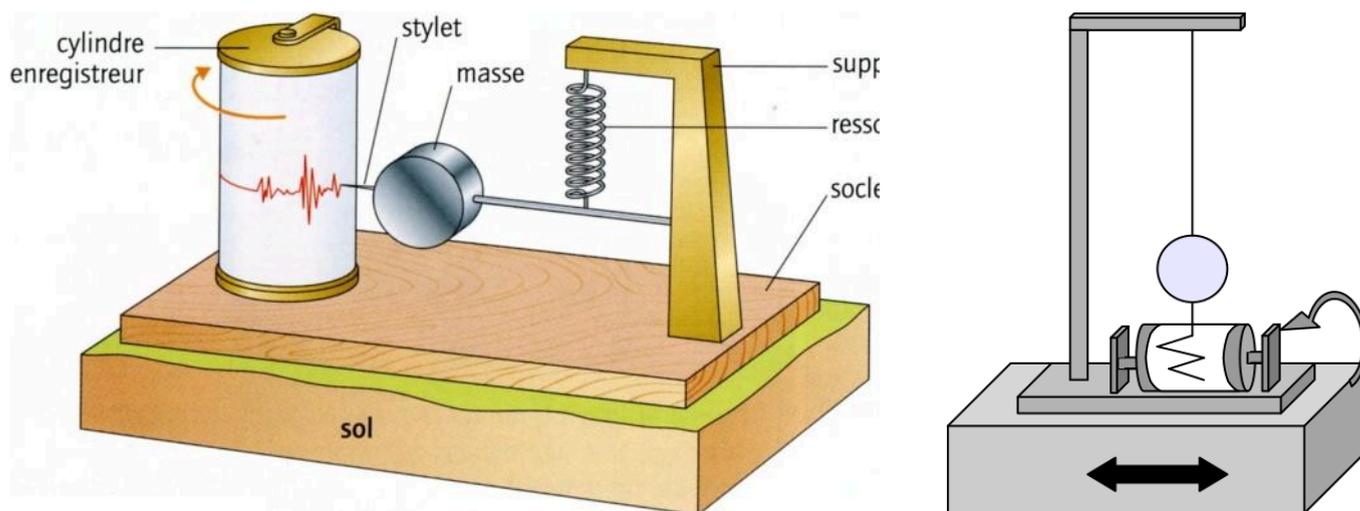
Le séisme n'ayant pas les mêmes effets partout, l'intensité sismique varie d'un site à un autre pour un même séisme alors que la magnitude est la même pour un séisme donné.

*D'après [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)*

#### Document 10a : Le principe et le fonctionnement du sismographe ou sismomètre

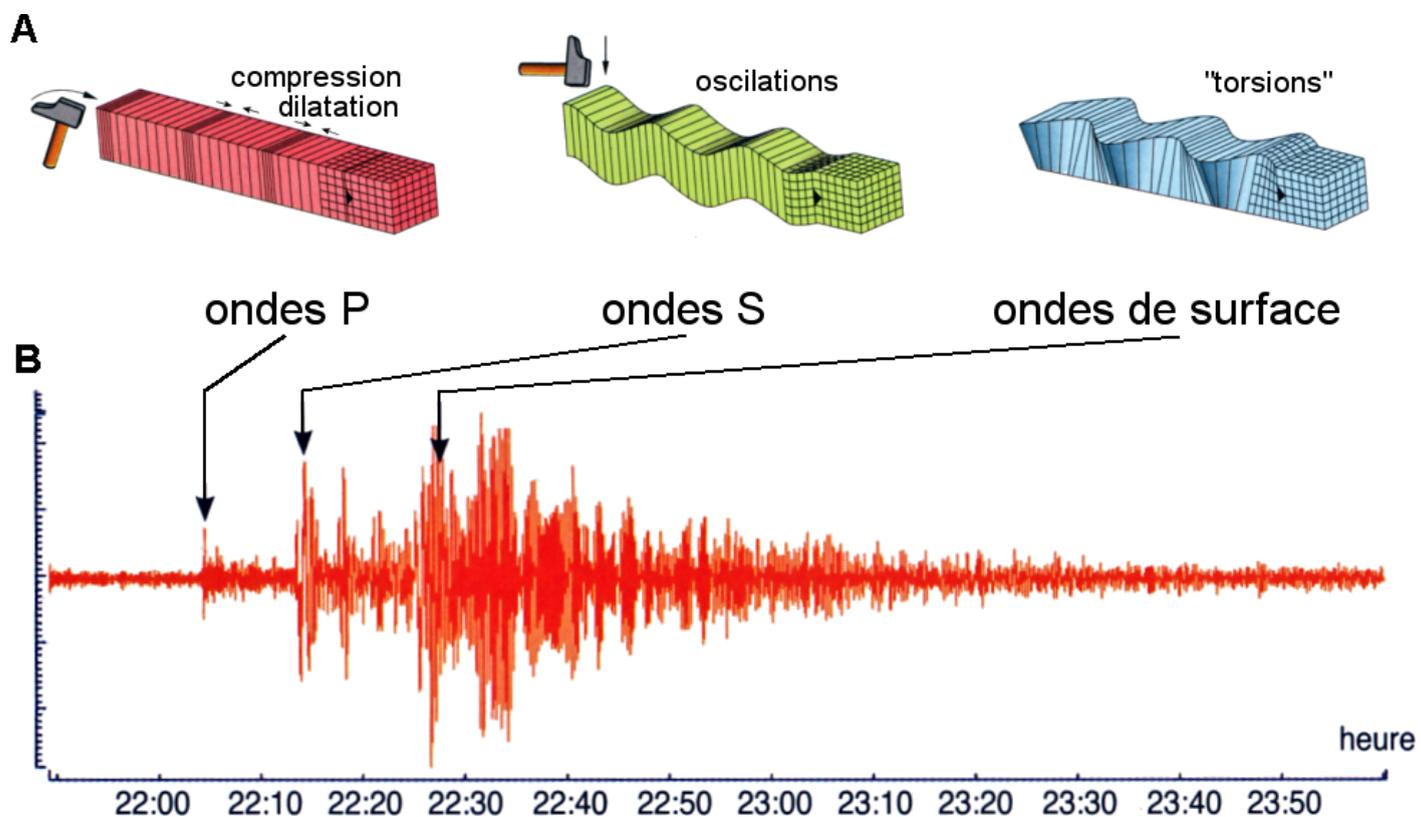
Un séisme est une série de secousses du sol. Les premières manifestations d'un séisme peuvent se voir sur un sismographe ou sismomètre. Les vibrations provoquées par un séisme sont dues à des ondes sismiques qui se propagent dans toutes les directions. Les ondes sont enregistrées par un sismographe : le socle de l'appareil et le cylindre enregistreur (fixés au sol) vibrent, la masse suspendue tend à rester immobile. Les mouvements du sol enregistrés sont verticaux ou horizontaux. Le sismographe donne un tracé ondulatoire qu'on appelle un sismogramme.

Document 10b : Schémas simplifiés de sismographes pour les vibrations verticales du sol (à gauche) et pour vibrations horizontales du sol (à droite)



Document 10c : La compréhension des ondes sismiques

Les vibrations créées par un séisme forment plusieurs types d'ondes sismiques qui sont enregistrés par les sismographes. Ces ondes sismiques dépendent de la façon dont vibre le sol comme on peut le voir sur ce sismogramme :



**Je suis capable de (compétences travaillées) :**

**C1 :** Proposer un modèle permettant de rendre compte de l'origine d'un séisme.

**C2 :** Interpréter des résultats et en tirer des conclusions.

**C3 :** Suivre un modèle donné et savoir le critiquer pour trouver ses limites.

**C4 :** Exploiter un document constitué de divers supports : schémas et cartes.

**Situation de départ :** La Turquie est une région géologiquement très active avec quelques volcans et des séismes :

- Séismes de Kahramanmaras : le 6 février en 2023 de magnitude 7,5 et 7,8 (avec de nombreuses répliques) à la frontière Turquie et Syrie faisant 56 000 morts ;
- Séisme d'Izmit : le 17 août 1999 de magnitude 7,2 à 7,6, proche d'Izmit (17 km). Ce séisme a provoqué 17 480 morts et 23 781 blessés ; environ 10 000 personnes ont été portées disparues et des centaines de milliers se sont retrouvés sans abri.

On aimerait connaître l'origine de cette zone géologiquement très active notamment au niveau des séismes.

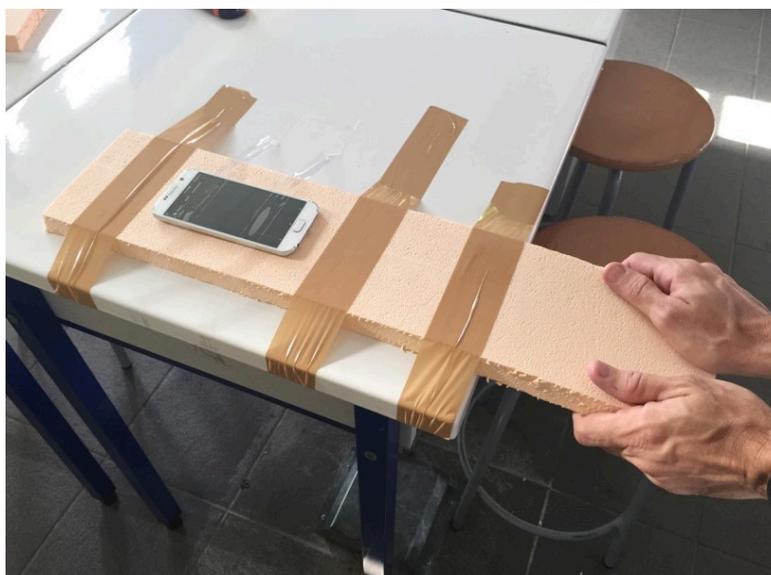
**Problème :** Comment expliquer l'activité sismique en Turquie ?

1 – À partir du document 1, **expliquer** le déclenchement d'un séisme et ce qu'il se passe au niveau du foyer. **(C4)**

Le séisme se déclenche en profondeur. Les roches en profondeur sont soumises à des contraintes qui s'accumulent au cours du temps. En effet elles sont en permanence comprimées, ces contraintes déforment peu à peu la roche mais au bout d'un certain temps elles ne peuvent plus accumuler davantage d'énergie et vont rompre. Cette cassure de la roche crée les ondes sismiques qui vont se déplacer dans toutes les directions. Au niveau où la roche casse, une faille se crée. Plus la faille créée est importante et plus le séisme sera violent (car il aura emmagasiné pendant plus longtemps de l'énergie). La faille s'active lors d'un séisme et les blocs rocheux de part et d'autre se déplacent.

2 – À partir du matériel du document 2, **concevoir** un modèle pour simuler un séisme et son enregistrement. **(C1)**

Exemple en photo d'un montage :



3 – **Réaliser** alors l'enregistrement d'un faux séisme et **compléter** le tableau ci-dessous : (C3)

	Éléments du modèle	Ce qu'il représente en réalité
<b>Construction du modèle</b>	Lame de polystyrène ou de bois	Sol/roche/lithosphère
	Smartphone avec Vibrometer ou écouteur avec audacity	Sismographe
	Pression des mains	Contraintes
<b>Résultats du modèle</b>	Zone de rupture (cassure)	Faillle
	Zone de départ de la cassure (point de fragilité)	Foyer
	Vibrations mesurées (profil d'ondes sonores)	Séisme (vibrations du sol/sismogramme du séisme)

Tableau de comparaison entre le modèle d'un séisme et la réalité

4 – **Comparer** alors le modèle à la réalité (tableau + document 1) et **critiquer** alors modèle de simulation d'un séisme (côtés positifs et négatifs).

On a modélisé les roches du sol avec du bois ou du polystyrène. Les forces (contraintes) constituent à appuyer sur la lame. Pour l'enregistrement, ce n'est pas un vrai sismographe mais un logiciel ou application qui détecte le son ou les vibrations avec le gyroscope du smartphone. Il s'agit plutôt d'un bon modèle mais le matériau n'est pas le meilleur et les ondes sismiques sont des vibrations des roches pas du son par exemple.

5 – À partir des documents 3 et 4, **en déduire** l'origine du séisme d'Izmit et des prochains séismes du pays.

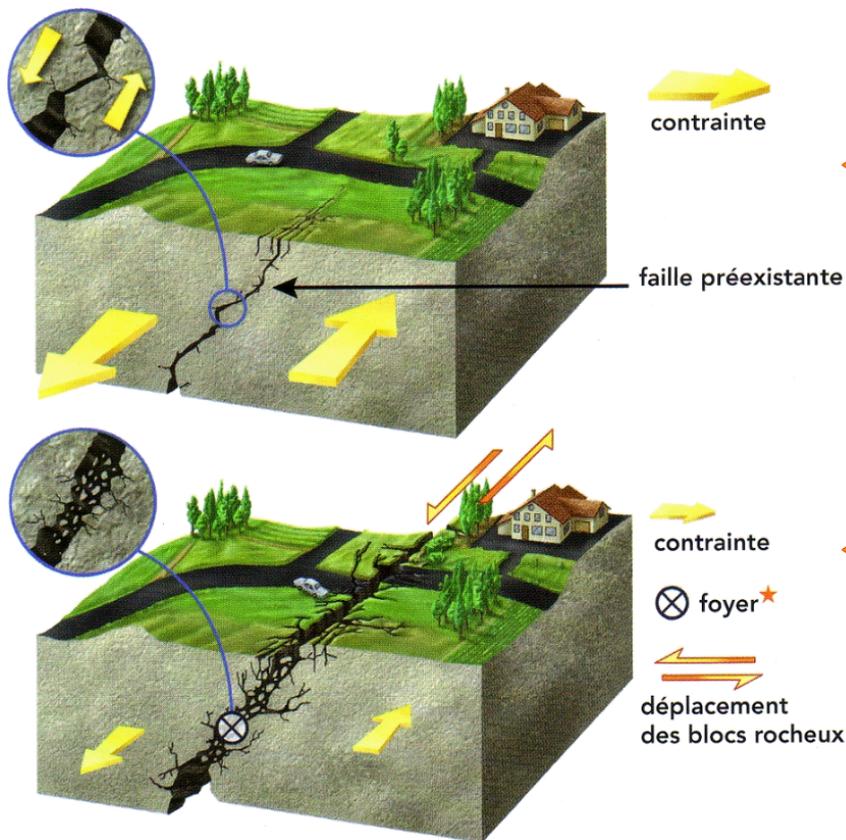
On constate que la Turquie se trouve sur le long d'une grande faille et qu'il y a un coulissement de gros blocs continentaux de part et d'autre qu'on peut voir grâce aux balises GPS. Il y a un déplacement de 20 mm/an d'un côté. Donc les roches le long de la faille accumulent de l'énergie. C'est ce qu'on peut voir dans le document 4. Le long de la faille au niveau d'Istanbul ou d'Izmit, on constate que les contraintes sont très élevées. Après le séisme d'Izmit, il y a eu libération d'énergie brutale, la faille a rompu et les contraintes ont fortement diminué.

**Bilan 2 :** Un séisme est dû à une rupture brutale et imprévisible (donc la prédiction des séismes est pour l'instant impossible) des roches en profondeur sous l'action de contraintes (forces) qui s'exercent sur ces roches. Cette rupture se produit au niveau du foyer qui se trouve à l'exacte verticale de l'épicentre en surface.

Lors d'un séisme, de l'énergie est libérée (donnée par la magnitude du séisme). Cette énergie libérée peut entraîner une forte intensité si le foyer est proche de la surface (peu profond par rapport à l'épicentre).

Des déplacements à la surface de la Terre exercent des contraintes sur les roches du sous-sol. Les roches qui sont rigides, finissent par casser lorsque l'énergie accumulée est trop importante au niveau d'une faille existante et forme alors le séisme.

## Document 1 : La formation d'un séisme



Contraintes s'exerçant sur les roches en profondeur. Des contraintes s'exercent en permanence sur les roches dans une direction déterminée. Elles augmentent au niveau des failles, et plus particulièrement au niveau des aspérités. Sous leur effet, les roches accumulent de l'énergie : une faille peut ainsi rester « bloquée » pendant de longues périodes.

Rupture brutale et déplacement des roches. Les roches cassent brutalement à l'endroit où les contraintes sont maximales : le foyer\*. En se rompant, les roches libèrent d'un coup l'énergie accumulée. Les deux blocs rocheux peuvent alors coulisser « librement » l'un par rapport à l'autre. De ce fait, les contraintes diminuent.

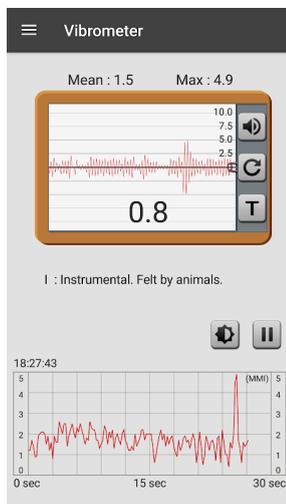
**Remarque :** Une contrainte est une force qui s'applique sur les roches à un endroit donné et qui peut provoquer leur rupture.

## Document 2 : Matériel proposé pour réaliser l'enregistrement d'un faux séisme

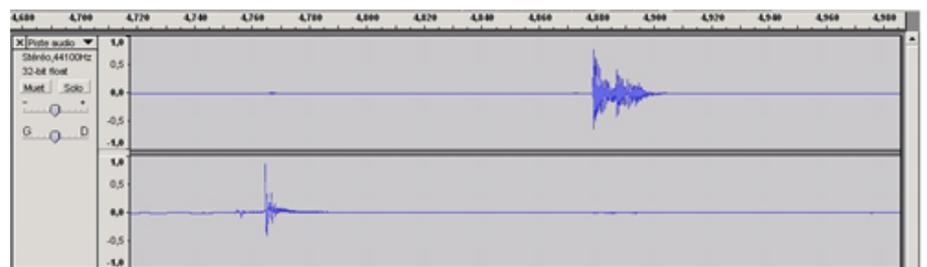
Un modèle, pour rappel, est une représentation simplifiée, et souvent idéale, de la réalité d'un phénomène. Ici, le modèle va permettre de comprendre ce qui peut se passer lors d'un séisme.

Voici le matériel à disposition :

- une lame de polystyrène ou de bois avec scotch ou serre-joint pour fixer à une paille ;
- un smartphone avec l'application « Vibromètre : sismomètre » ou des écouteurs branchés à un ordinateur avec Audacity (permettant d'enregistrer le son) ;
- les mains d'un expérimentateur pour fournir une force.

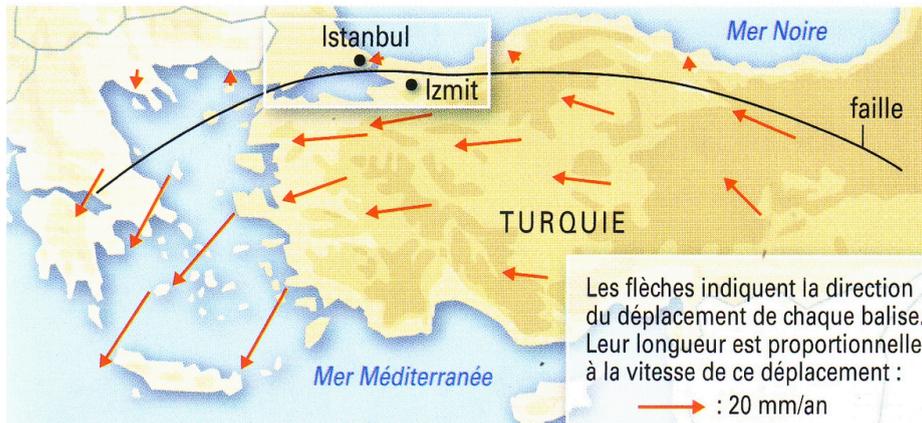


Exemple avec Vibromètre : sismomètre



Exemple avec Audacity et des écouteurs

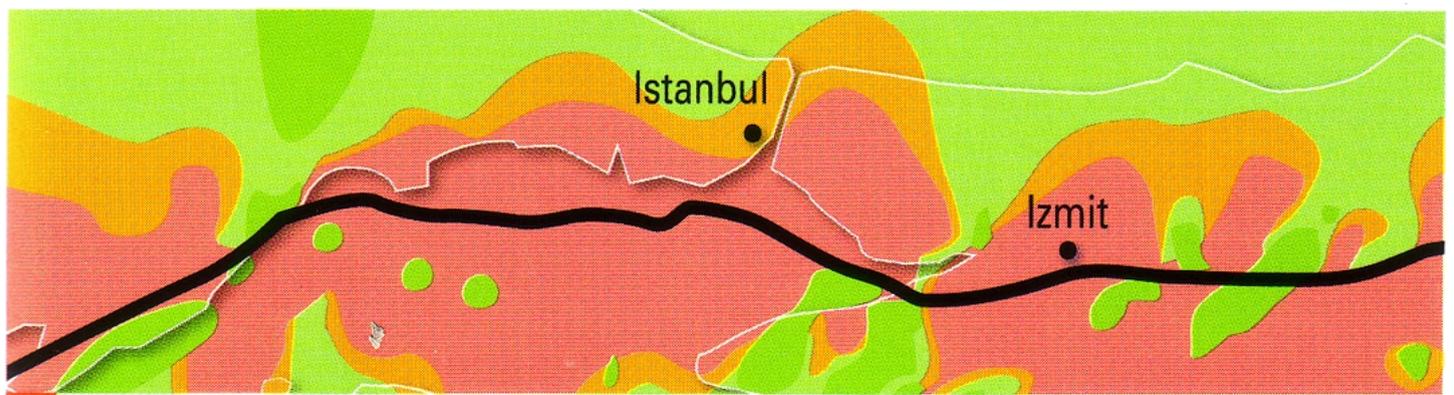
### Document 3 : Les déplacements de la faille qui traverse la Turquie mesurés par satellite



En 2004, un système GPS a permis de mesurer le déplacement de balises fixées au sol, de part et d'autre d'une faille de 1000 kilomètres de long en Turquie.

Au niveau de la faille, la résistance des roches s'oppose à leur déplacement.

### Document 4 : Mesures des contraintes en Turquie avant et après le séisme d'Izmit



**a** Emplacement des contraintes avant le séisme d'Izmit du 17 août 1999.



**b** Emplacement des contraintes après le séisme d'Izmit du 17 août 1999.

50 km

Région où les contraintes exercées sur les roches sont :

■ élevées    ■ moyennes    ■ faibles

— Faille    — Partie de la faille rompue le 17 août 1999.

**Remarque** : On estime que la magnitude (= la quantité de l'énergie libérée) a été de 7,2 à 7,6 le 17 août 1999

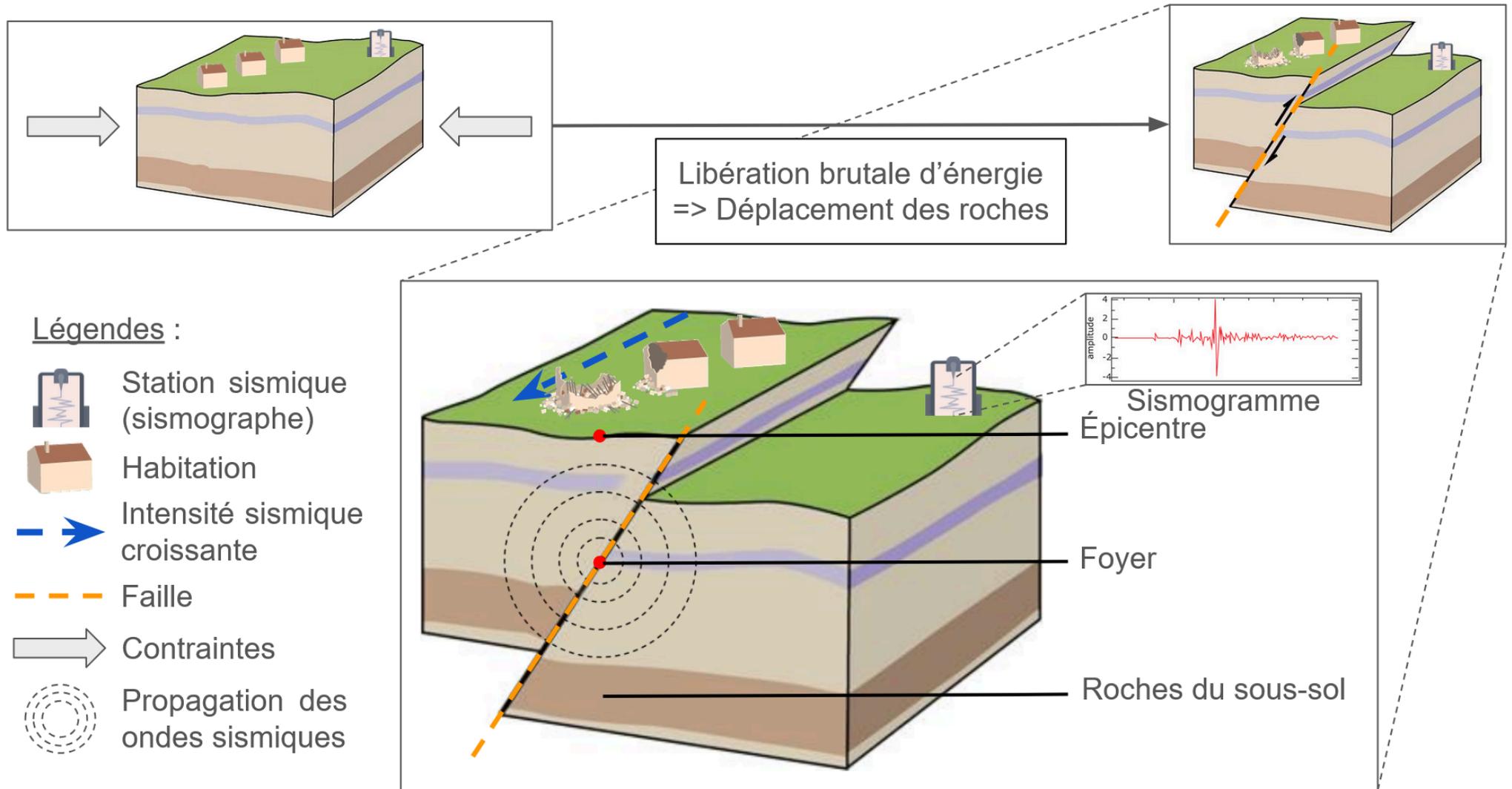


Schéma simplifié du déclenchement et des effets d'un séisme