Pour estimer le risque sismique, les élèves auront à prendre conscience des enjeux humains et à les mettre en relation avec les paramètres géologiques et les contraintes liées à la construction des bâtiments.

QUESTIONS DE RECHERCHE

- **Comment peut-on mesurer l'intensité d'un séisme en observant ses effets sur notre environnement ?**
- **Quels peuvent être les effets directs ou induits d'un séisme important sur les infrastructures ?**
- **Comment se préparer à l'éventualité d'une secousse à l'école ?**

ACTIVITÉS PROPOSÉES

Sismo Mercalli 34

Comprendre le fonctionnement de l'échelle de Mercalli. Reconstituer les courbes isoséistes sur une carte à partir de témoignages ou de documents d'archive.

Sismo Bâtiment 36

À l'aide de jeux de construction, réfléchir au renforcement des bâtiments et à l'amoindrissement des effets d'un tremblement de terre.

Sismo Réflexes 38

Préparer la communauté scolaire à l'éventualité d'une secousse et apprendre à adopter un comportement adapté en cas de séisme.

Sismo Tsunami 40

Étudier, à partir de documents (cartes, photos…), les différents effets indirects d'un fort tremblement de terre sur le littoral marin comme un tsunami. Modéliser ces effets à l'aide de maquettes.

Sismo Résonance 42

Comprendre l'importance de la fréquence des ondes émises lors d'un séisme, dans l'estimation du risque sismique.

SISMO MERCALLI

THÈME
Risque.

OBJECTIF
Localiser l'épicentre d'un séisme à partir d'une carte isoséiste.

MOTS-CLÉS
Échelle d'intensité, carte isoséiste, enquête macrosismique, épicentre.

CHAMPS DISCIPLINAIRES
Géosciences, Mathématiques.

DÉROULEMENT
Vous venez de ressentir un séisme ?
En France, pour tout tremblement de terre supérieur à la magnitude 3,5 sur l'échelle de Richter, une enquête macrosismique (analyse des effets d'un séisme sur l'Homme et sur les constructions) est déclenchée dans le but d'établir une carte des intensités ressenties.
Le Bureau Central de Sismologie Français (BCSF) est chargé de collecter et d'archiver les formulaires.
À partir des enquêtes macrosismiques, on peut construire une carte isoséiste (carte reliant entre eux les lieux d'égale intensité par une courbe appelée isoséiste) et localiser l'épicentre d'un séisme.

1RE ÉTAPE

Prendre connaissance des résultats du dépouillement d'une enquête macrosismique (par exemple, le séisme de Nice du 25 février 2001).

On trouve sur le site du BCSF [(Bureau Central Sismologique Français) http://www.franceseisme.fr] les résultats de l'enquête de terrain, à savoir, l'intensité ressentie du séisme pour de nombreuses communes de la région (➤ **document 1)**.
Il est possible de consulter le formulaire d'enquête afin de connaître le type de renseignements collectés. Ce formulaire ainsi que l'échelle macroscopique européenne EMS 98 utilisée pour déterminer l'intensité sont disponibles sur le site internet.

2E ÉTAPE

Sur un fond de carte de la région où figure le nom des communes, les élèves reportent pour chaque commune indiquée l'intensité du séisme en utilisant un code couleur puis tracent sur la carte les courbes appelées courbes isoséistes qui délimitent les zones d'égales intensités.

➤ **navigation sur le site** http://www.franceseisme.fr :
Accueil > Données > Intensités macrosismiques.

3E ÉTAPE

Localiser l'épicentre à partir de la carte isoséiste construite.
À partir de la carte isoséiste, on demande aux élèves de proposer une localisation possible de l'épicentre de ce séisme.
Ils sont ensuite invités à vérifier la localisation de l'épicentre à partir d'un site et constatent que celui-ci est situé en mer (➤ http://www.edusismo.org).
En utilisant leurs connaissances sur la propagation des ondes à partir du foyer, ils peuvent expliquer cette localisation et observent que l'épicentre macrosismique (lieu de plus forte intensité ressentie) peut être différent de l'épicentre réel calculé grâce aux stations sismiques.

NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS

On peut travailler sur les effets de sites car de nombreuses communes éloignées de l'épicentre ont ressenti le séisme avec une forte intensité.

➤ DOCUMENT 1 Extrait du résultat de l'enquête de terrain 2001

À partir du dépouillement de l'enquête sur le terrain et de l'échelle macroscopique européenne EMS 98, l'intensité du séisme a été déterminée pour de nombreuses communes de la région.

http://www.franceseisme.fr
Accueil
> Données
> Intensités macrosismiques
> Année 2001

> Envoi

COMMUNES	INTENSITÉ EMS 98	Qualité de l'intensité estimée
06 ANDON	I	A
06 ANTIBES	IV	A
06 BEAULIEU-SUR-MER	IV	B
06 BIOT	III	B
06 BREIL-SUR-ROYA	IV	B
06 CARROS	II	A
06 CAUSSOLS	III	B

➤ DOCUMENT 2 Élaboration d'une carte isoséiste

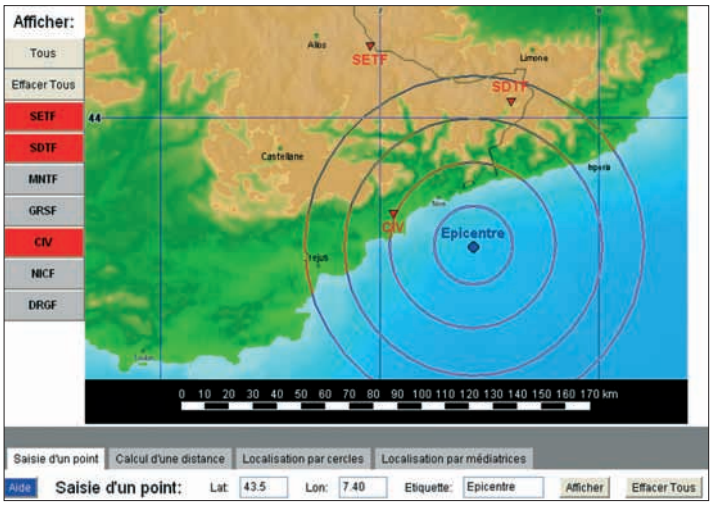
Sur un fond de carte régionale, on reporte pour chaque localité, l'intensité du séisme en respectant un code couleur.
On peut alors tracer les courbes isoséistes.

➤ DOCUMENT 3 Localisation de l'épicentre

Sur le site "Sismos à l'École" on peut cartographier l'épicentre à l'aide du module "Éducarte".

Cliquer sur
> Événements sismiques
> Sismogrammes sélectionnés par le réseau
> Année 2001

> Afficher avec Éducarte



Carte extraite du site http://www.edusismo.org

SISMO BÂTIMENT

THÈME
Risque.

OBJECTIF
Étudier l'architecture d'une construction afin de la rendre parasismique.

MOTS-CLÉS
Architecture, parasismique, vibration, secousse.

CHAMP DISCIPLINAIRE
Technologie.

DÉROULEMENT
On présente des photos de constructions détruites à la suite d'un séisme (➤ **document 1**).
Puis, on propose aux élèves de réfléchir à la conception d'une maison afin de la rendre assez résistante aux séismes.
Une maquette pourra servir de test aux différentes solutions techniques envisagées.

1re ÉTAPE

Explication de l'objectif principal des constructions parasismiques.
Contrairement à ce qui se passe lors d'autres catastrophes naturelles, comme les avalanches ou les inondations, ce sont les chutes d'objets et l'effondrement des édifices qui rendent les séismes meurtriers. La réglementation parasismique a pour objectif de sauvegarder un maximum de vies humaines lorsqu'une secousse sismique se produit. Tout en subissant des dommages parfois irréparables, un édifice construit selon les normes ne s'effondrera pas sur ses occupants. En cas de secousse moins violente, l'application des dispositions définies dans les règles parasismiques doit aussi permettre de limiter les destructions et, ainsi, les pertes économiques. La construction parasismique représente souvent un surcoût ; mais des principes et des solutions simples et adaptables existent, même dans les régions pauvres : ossatures de bois, renforcement des angles, solidarité de la structure et matériaux traités contre le pourrissement. La construction parasismique est avant tout une question de bon sens.

2e ÉTAPE

En utilisant la maquette (➤ **document 2**), les élèves constatent que la maison s'effondre lors d'un séisme.
À l'aide des renforts (➤ **document 3**), ils sont invités à rendre la construction parasismique. En fin de séance, les élèves présentent leur construction en complétant le schéma (➤ **document 4**).
Plusieurs solutions techniques sont possibles (➤ **document 5**).

3e ÉTAPE

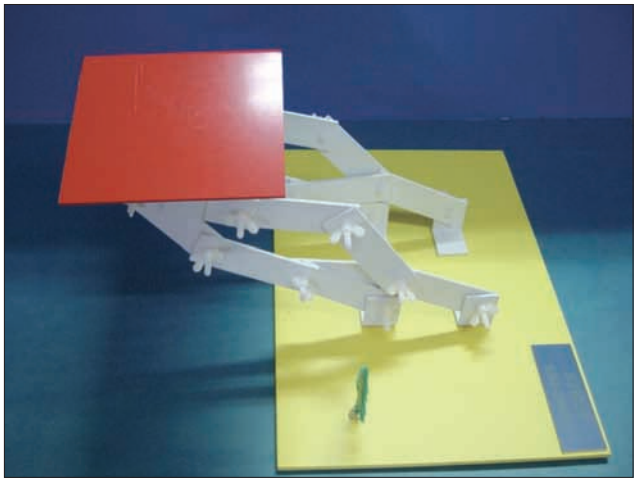
Suivant le matériel disponible et les classes concernées par ces activités, on peut comparer la réaction des maquettes de maisons identiques lors d'un séisme mais en changeant la nature du sol (sable, pierre…).

NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS
Comparer le comportement de la construction en fonction de la nature des secousses, de la nature du sous-sol, etc.

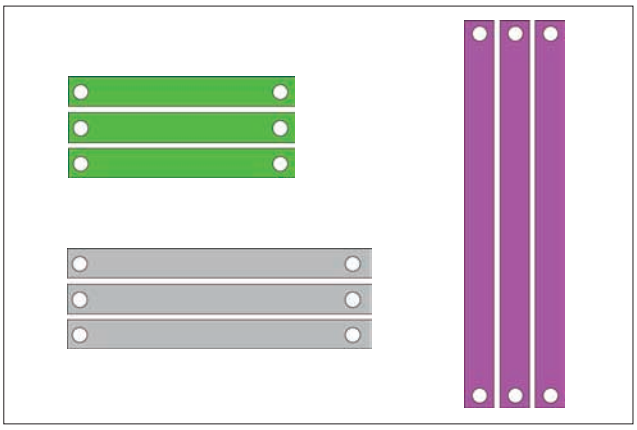
➤ DOCUMENT 1 Dégâts causés par une secousse tellurique

Séisme de l'Aquila (Italie) - 6 avril 2009

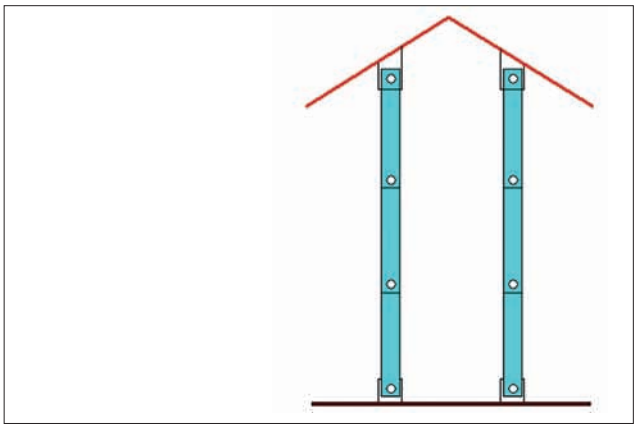
➤ DOCUMENT 2 Une maison à rendre plus résistante…



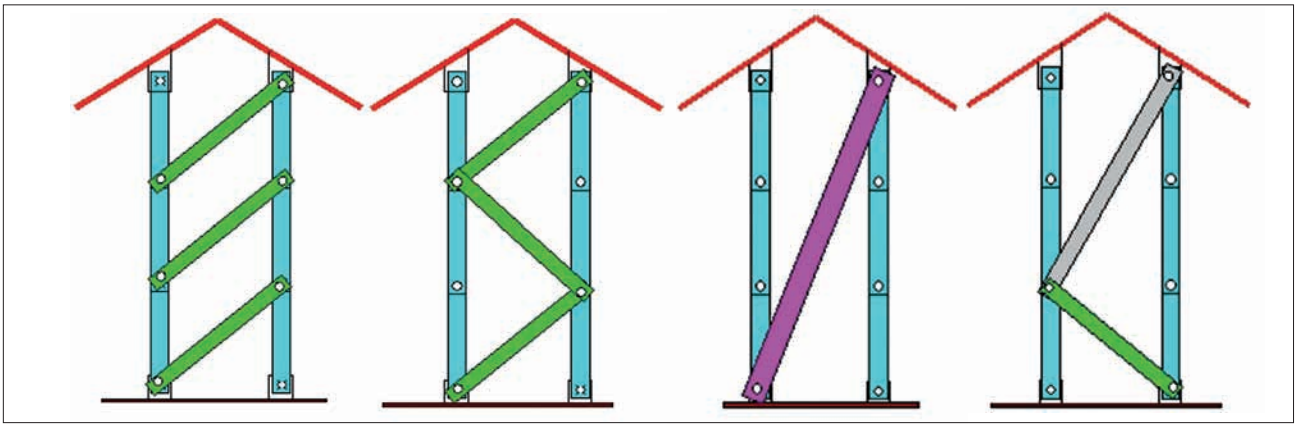
➤ DOCUMENT 3



➤ DOCUMENT 4



➤ DOCUMENT 5 Solutions techniques imaginées par les élèves



SISMO RÉFLEXES

THÈME
Risque.

OBJECTIFS
Comment se préparer à l'éventualité d'une secousse tellurique à l'école ?
Comment organiser une information sur l'aléa et le risque sismique auprès de la communauté scolaire ?

MOTS-CLÉS
Comportement, citoyenneté, aléa, risque.

CHAMPS DISCIPLINAIRES
Géosciences,
Éducation Civique.

DÉROULEMENT
On va préparer, avec une classe, un exercice de simulation d'une secousse tellurique dans l'établissement scolaire.

1RE ÉTAPE

Faire réaliser aux élèves un document d'information à destination de la communauté scolaire sur l'aléa sismique dans la région et la notion de risque sismique (➤ **document 1**).
Les élèves devront être convaincants et réalistes en se basant sur les sources documentaires qu'ils devront rechercher : sismicité régionale actuelle et historique, mise en relation de l'aléa et des enjeux humains pour définir le risque.
En cas de secousse, description des comportements à adopter.

2E ÉTAPE

Le document d'informations réalisé par les élèves est distribué et commenté : "nous vivons dans une zone sismique à risque modéré mais non négligeable" (➤ **document 2**).
Il faut convaincre, argumenter sur la notion de risque sismique modéré mais non négligeable encouru dans la région.
Il faut expliquer le comportement à adopter en cas de secousse par rapport à l'architecture et aux plans d'évacuation du bâtiment.
Il faut répondre aux questions posées.

3E ÉTAPE

Les élèves préparent la simulation d'une secousse tellurique (➤ **document 3**).
Il faut imaginer le bruit (basse fréquence) d'une secousse qu'ils pourront reproduire avec un magnétophone et un haut-parleur dans les couloirs. Il faut imaginer la vibration notamment des murs qu'ils pourront provoquer eux-mêmes.
Il faut imaginer que certaines issues sont bloquées après la secousse (bandes adhésives larges pour matérialiser l'issue bloquée). Il faut visualiser si les consignes sont bien respectées par les élèves "cobayes" (caméra vidéo).

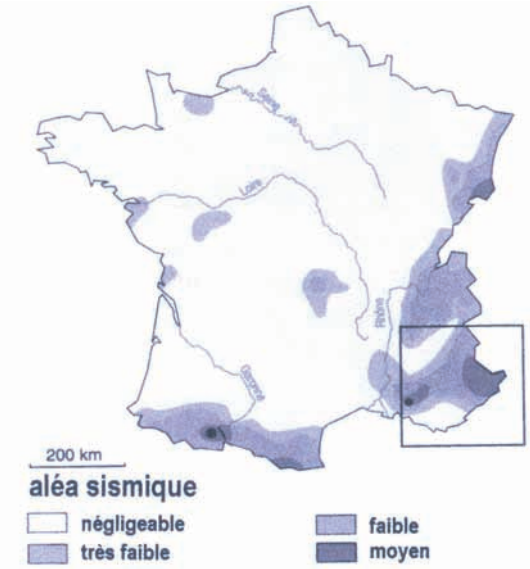
MATÉRIEL ➤ Haut-parleur et magnétophone, bandes adhésives larges, caméra vidéo.

NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS

- Constater les dysfonctionnements, les passages non appropriés et provoquer au sein de l'école une réflexion approfondie sur la gestion du risque sismique.
- Contacter les services du SDIS départemental pour qu'ils viennent aider, conseiller, valider le travail des élèves.
- Prolonger le travail par une réflexion sur le risque sismique à la maison ou le risque majeur en général.
- Utiliser une affichette d'information sur les comportements à adopter (➤ **annexe 6**).

➤ DOCUMENT 1 Aléa et risque sismique en Provence-Alpes-Côte d'Azur

extrait d'un travail d'élève



Comme on peut le constater sur la carte ci-contre, notre région est classée dans les zones de sismicité moyenne.
Le sismographe installé au CIV enregistre d'ailleurs de fréquentes secousses régionales de faible magnitude. En fait, la Côte d'Azur connaît environ trois cents secousses par an ; seulement trois ou quatre d'entre elles sont ressenties par la population.
La dernière en date remonte au 25 février 2001 ; une secousse de magnitude 4,6 sur l'échelle de Richter, ressentie dans toute la région P.A.C.A.
L'aléa sismique n'est donc pas négligeable chez nous.

De plus, notre région est aujourd'hui peuplée et compte de nombreuses infrastructures (écoles, routes, usines, habitations…). Un séisme de magnitude 5 ou 6 constitue alors un risque majeur pour la région car
Risque sismique = aléa + enjeux humains
et notre région n'est pas à l'abri de telles secousses. On a d'ailleurs connu, dans l'Histoire, des séismes meurtriers en Provence-Alpes-Côte d'Azur.
Citons par exemple, le séisme de Lambesc (1909) et celui de Ligurie (1887).

➤ DOCUMENT 2 Comportement à adopter en cas de secousses telluriques – *extrait d'un travail élève*

… On peut cependant, si l'on vit dans une région à aléa sismique, se préparer au tremblement de terre et limiter le risque par un comportement adapté.

… Tu es en classe :

pendant les secousses : il faut rester à l'intérieur.
Tout se met à bouger, des objets tombent de partout, on entend un grondement sourd.
Évite de crier, essaie de garder ton calme.
Place-toi rapidement sous la table et ne te déplace pas avant l'arrêt des secousses.

après les secousses : il faut regagner l'extérieur.
Chacun doit connaître à l'avance les itinéraires d'évacuation et les zones dangereuses à éviter.
Le professeur vérifie que la voie d'évacuation prévue est sûre (libre).
N'emporte que des objets strictement nécessaires (médicaments, manteau…).

… Aide tes camarades en difficulté (handicapés, blessés…). Si une réplique survient : suis la consigne donnée par ton professeur, essaie de te protéger des chutes d'objets ou de débris…

➤ DOCUMENT 3 Réalisation de la simulation d'une secousse

(après campagne d'information)

Réalisation technique de la secousse - Travail par groupes spécialisés : bruit, vibration, observations…

Vibration des murs

Vérification du respect des consignes

Surveillance des opérations d'évacuation

SISMO TSUNAMI

THÈME
Risque.

OBJECTIFS
Mettre en relation un aléa sismique avec la genèse d'un tsunami.
Donner une explication scientifique à un phénomène naturel destructeur et prévisible.

MOTS-CLÉS
Tsunami, raz de marée, foyer.

CHAMPS DISCIPLINAIRES
Géosciences, Physique.

DÉROULEMENT
Les élèves ont été interpellés par la catastrophe du tsunami du 26 décembre 2004.
Ils s'interrogent sur l'origine de ce phénomène si destructeur. Le but est d'objectiver la catastrophe autour de l'explication de la genèse d'un raz de marée suite à un séisme sous-marin.

1RE ÉTAPE

Visualiser et analyser divers documents photographiques de la catastrophe (➤ **document 1**). On peut aussi trouver sur internet des témoignages (surtout en anglais). Cartographier les régions touchées. On définit ainsi une grande aire affectée par le raz de marée dont le phénomène s'exprime par des inondations, des destructions de bâtiments, de voies de communication et malheureusement de pertes humaines.

➤ **site internet** : images de régions quelques heures après le passage du raz de marée.

2E ÉTAPE

On s'interroge alors sur l'origine de ce phénomène si destructeur.
On peut retrouver dans les bases de données, un événement sismique ce jour-là, le 26 décembre 2004*.
On peut ainsi visualiser le sismogramme et étudier les trains d'ondes sismiques parvenues jusqu'en Europe ce jour-là (➤ **document 2**).
Le délai d'arrivée des premières ondes sismiques (de l'ordre de 12 min) permet de soulever le problème de la prévision d'un raz de marée et de sa genèse à partir de l'aléa sismique.

* ➤ Cette recherche se fait à partir du site **"Sismos à l'École" > Événements sismiques > Sismogrammes sélectionnés par le réseau > Année 2004.**

3E ÉTAPE

On veut montrer que la rupture de la lithosphère au fond de l'eau, mesurée par les ondes sismiques, peut aussi générer un déplacement de la couche d'eau qui se transformera en raz de marée à l'approche du littoral. Un dispositif (➤ **document 3**) permet de visualiser la relation séisme (ou déplacement d'un volume dans l'eau) avec la genèse de vagues. Il reste à comprendre la différence entre les ondes sismiques se propageant à très grande vitesse dans le globe terrestre (40 000 km/h) et les ondes sous-marines de tsunamis (se déplaçant à 700 km/h). D'où l'intérêt dans certains cas (comme dans le Pacifique), de mettre en place des systèmes d'alerte au tsunami avec en particulier des sismomètres.

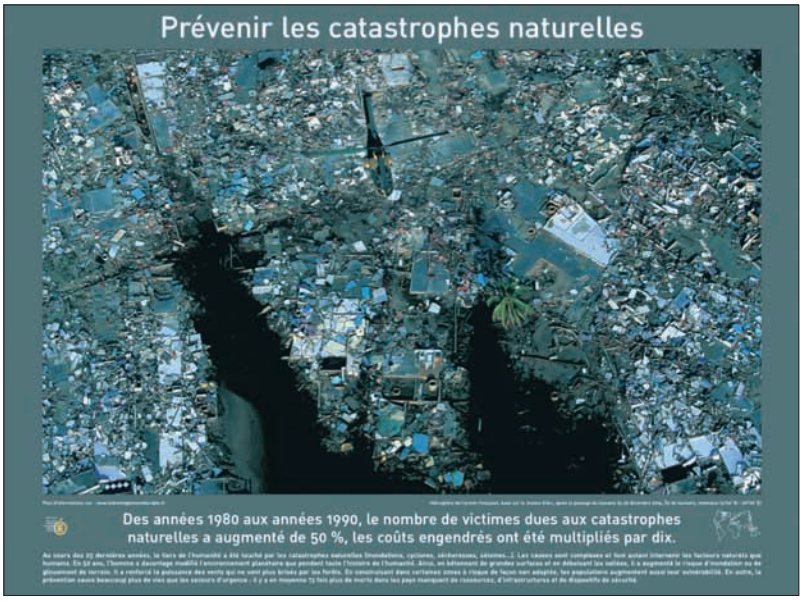
MATÉRIEL ➤ Maquette à partir d'un aquarium.

NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS

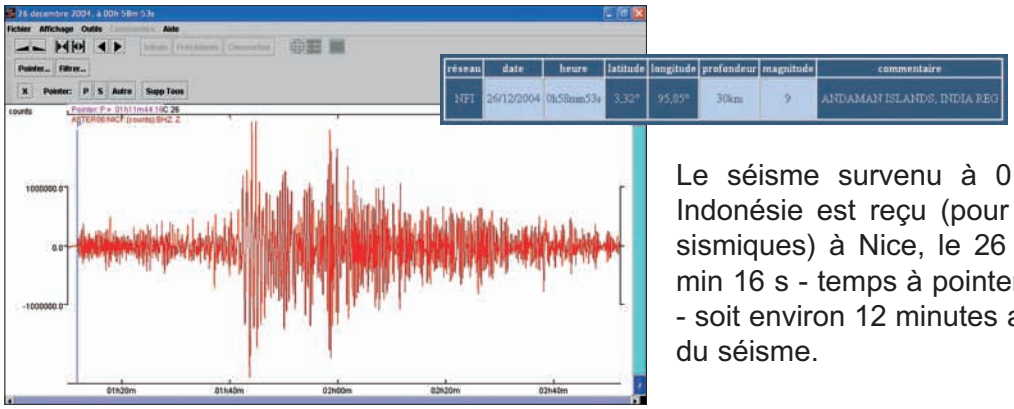
- On peut comparer la vitesse de propagation et le chemin parcouru par les ondes sismiques et les vagues sous-marines.
- On peut faire réaliser le quiz en ligne sur les tsunamis :
http://www.prim.net/education/quizz_tsunamis/quiz_intro.html
- On peut coupler cette activité avec l'affiche d'information (➤ **annexe 6**).

➤ DOCUMENT 1

Exposition de Yann Arthus-Bertrand ou exemples d'images trouvées sur l'internet :
http://www.ledeveloppementdurable.fr



➤ DOCUMENT 2 Sismogramme enregistré dans le réseau "Édusismo" le 26 décembre 2004

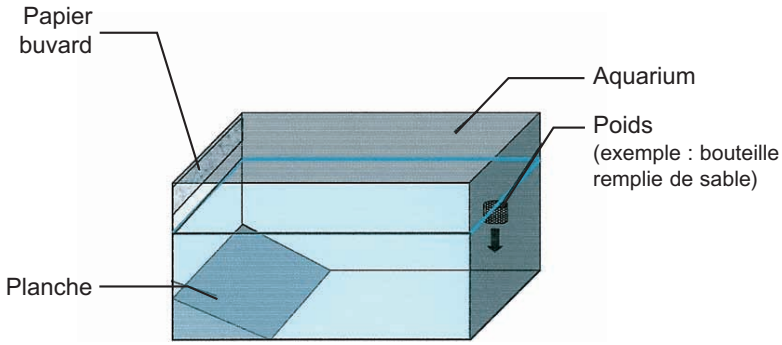


réseau	date	heure	latitude	longitude	profondeur	magnitude	commentaire
NFI	26/12/2004	0h58mn53s	3,32°	95,85°	30km	9	ANDAMAN ISLANDS, INDIA REG

Le séisme survenu à 0 h 58 min 53 s en Indonésie est reçu (pour les premières ondes sismiques) à Nice, le 26 décembre à 01 h 11 min 16 s - temps à pointer sur le sismogramme - soit environ 12 minutes après la date d'origine du séisme.

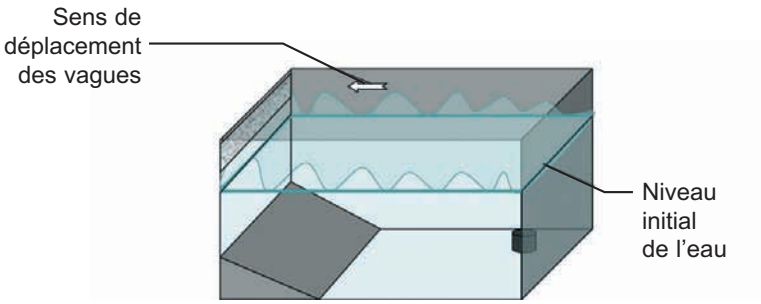
➤ DOCUMENT 3 Modélisation

Un poids situé à 1 cm sous le niveau de l'eau (à maintenir avant le début de l'expérience) est lâché. La planche modélise la côte. Le papier buvard sert à estimer le niveau de la montée d'eau.



La colonne d'eau qui se trouve au-dessus du poids descend. Le choc en profondeur fait bouger l'eau en surface.
À l'approche de la "côte" comme la profondeur diminue, la hauteur de la vague augmente.

Un caméscope peut être utile pour enregistrer le mouvement de l'eau (assez furtif) dans l'aquarium.



d'après un travail d'Aurélie Steiger, Professeur de SVT au Lycée Bergson de Paris

SISMO RÉSONANCE

THÈME
Risque.

OBJECTIF
Comprendre l'importance de la fréquence d'une secousse dans l'évaluation du risque sismique.

MOTS-CLÉS
Onde sismique, fréquence, résonance, risque sismique.

CHAMPS DISCIPLINAIRES
Physique, Technologie.

DÉROULEMENT
Le point de départ de l'activité est le suivant : lors de certains tremblements de terre dévastateurs, on observe que les édifices affectés ont souvent une hauteur comparable.
On se propose d'étudier le lien entre la taille des bâtiments et les dégâts occasionnés. Il est alors nécessaire d'introduire les notions de fréquence et de résonance.

1RE ÉTAPE

Faire prendre conscience aux élèves, à travers divers exemples historiques, de l'influence de la taille des édifices sur les dommages.
Le séisme de Mexico de 1985 se prête bien à cette observation (➤ **document 1**).

2E ÉTAPE

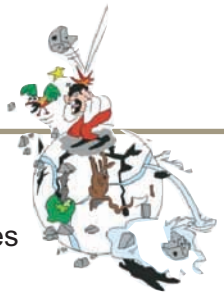
Afin de vérifier l'hypothèse de travail, les élèves sont invités à réaliser une maquette modélisant des édifices de tailles différentes et à observer comment ils se comportent lors d'une secousse. Ils abordent alors la notion de résonance et de fréquence propre des bâtiments.
On peut rappeler que la période propre T_0 est proportionnelle à $\sqrt{H}$ (H est la distance au sol du centre de gravité de l'immeuble qui oscille). Donc, si H augmente, T_0 augmente aussi et $f_0 = 1/T_0$ diminue. La résonance se produit quand la fréquence de l'onde excitatrice est égale (ou au moins voisine) à la fréquence propre de l'objet qui entre en résonance.

MATÉRIEL ➤ **document 2** : modélisation d'immeubles de tailles différentes fixés sur un support en bois.

3E ÉTAPE

Après avoir observé que plus un bâtiment est haut, plus il réagit à des vibrations de basse fréquence, l'élève est amené à montrer que la fréquence des ondes sismiques dépend grandement de la distance épicentrale et à conclure quant à son influence sur l'évaluation du risque.

MATÉRIEL ➤ **document 3** : sismogrammes de séismes régionaux et de télé séismes téléchargés depuis une base de données.



NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS

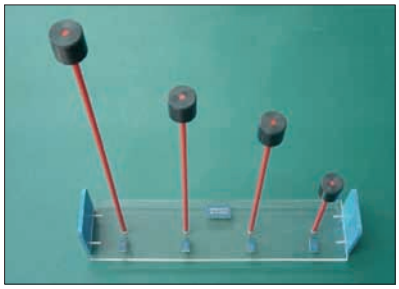
- Faire calculer la fréquence de résonance d'un bâtiment de l'école et prévoir la fréquence du séisme qui l'affectera.
- Montrer que la taille n'est pas le seul paramètre à prendre en compte. Faire varier les matériaux de construction, la largeur des bâtiments modélisés, etc.
- Utiliser une table vibrante pour maîtriser les vibrations imposées au dispositif.

➤ DOCUMENT 1 Étude de textes et de documents historiques

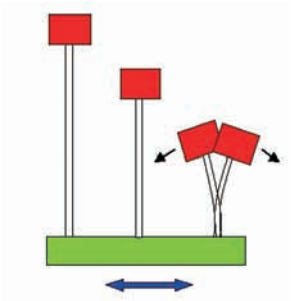
Lors du terrible tremblement de terre de Mexico en 1985, la plupart des dommages survenus dans la ville, située à 400 kilomètres de l'épicentre, se sont produits dans les édifices élevés, ayant une période propre de 2 secondes.

➤ DOCUMENT 2 Réalisation et utilisation de la maquette

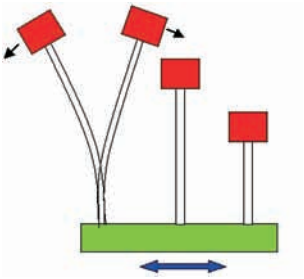
La maquette est composée d'un socle en bois, symbolisant le sol, reposant sur 2 cales, en bois également.
Trois bâtiments sont ici représentés. Chacun d'eux est modélisé par une tige filetée et une masse de bois, servant simplement à amplifier le mouvement d'oscillation.
Le diamètre des tiges est de 4 mm, leur longueur varie entre 30 cm et 90 cm.



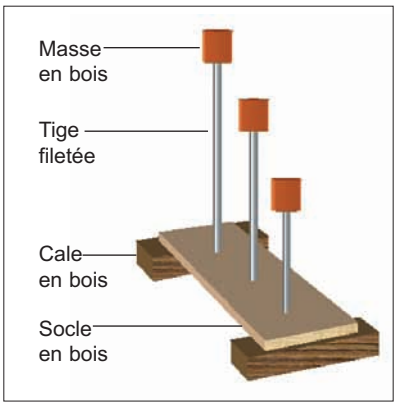
La maquette peut être également fabriquée en PVC



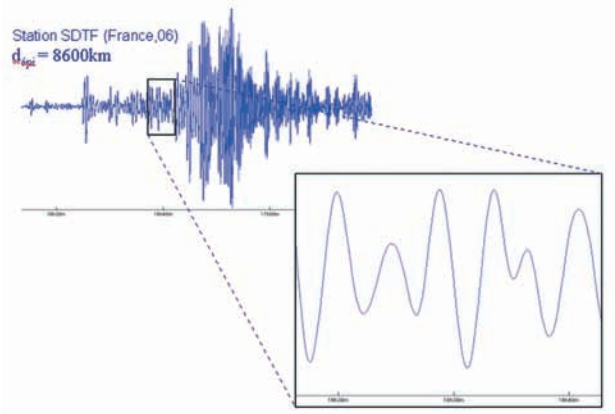
Pour une secousse rapide (fréquence élevée), la tige la plus courte subit la vibration la plus forte.
Les bâtiments les plus bas seront les plus gravement endommagés.

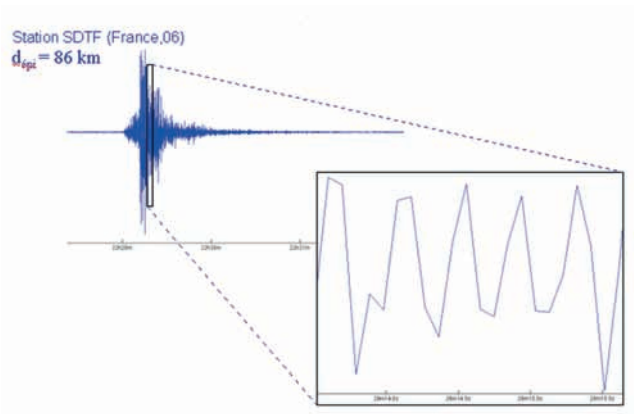


Pour une secousse lente (fréquence faible), la tige la plus haute oscille plus que les autres.
Ce sont donc les bâtiments élevés qui risquent d'être affectés.



➤ DOCUMENT 3 Analyse des sismogrammes





En analysant plusieurs séismes, enregistrés avec des distances épicentrales variées, on observe que la fréquence des ondes est d'autant plus grande que le séisme est proche. Ainsi, on montre que les édifices les plus bas seront plus endommagés par des séismes proches, dont le foyer est situé à quelques kilomètres. En revanche, les bâtiments plus élevés, pour un mode de construction similaire, réagissent à des vibrations plus lentes. Ces constructions sont donc affectées par des séismes plus lointains, qui se produisent à plusieurs dizaines, voire centaines de kilomètres.

NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS