Les élèves conçoivent, réalisent et utilisent un dispositif pour enregistrer des secousses telluriques ou artificielles.

## QUESTIONS DE RECHERCHE

- **Comment enregistrer une vibration sismique ?**
- **Quels sont les principes de la sismométrie ?**
- **Comment réaliser un appareil de mesures sismométriques ?**

## ACTIVITÉS PROPOSÉES


### Sismo Bille 10

Réfléchir sur un dispositif très simple, capable de détecter une secousse ponctuelle et artificielle. Réaliser et utiliser une maquette à partir des plans et des explications fournis.

### Sismo Graphe 12

Construire un sismomètre horizontal mécanique à partir des plans et des explications donnés. Comprendre le principe de fonctionnement de ce dispositif afin de l'utiliser judicieusement.

### Sismo Piézo 14

Réaliser, à l'aide de capteurs piézométriques, une série de mesures concernant la propagation des ondes sismiques dans différents matériaux. Modéliser la propagation des ondes dans le sous-sol.

### Sismo Station 16

Installer une station sismologique numérique dans l'établissement scolaire. Visualiser le mouvement du sol lors de secousses artificielles ou naturelles. Récupérer les données enregistrées.

### Sismo Table 18

Réaliser une table vibrante à l'aide d'un dispositif simple.
Une telle table pourra reconstituer les mouvements de surface provoqués par les ondes.

# SISMO BILLE

**THÈME**
Capteurs.

**OBJECTIFS**
Étudier les solutions techniques pour la détection de secousses telluriques. Comprendre le principe d'un tel détecteur en vue de sa fabrication.

**MOTS-CLÉS**
Capteur, vibration, secousse.

**CHAMPS DISCIPLINAIRES**
Sciences, Technologie.

**DÉROULEMENT**
On se propose de réfléchir à la conception d'un objet permettant de détecter une secousse artificielle ou naturelle.
On présente alors aux élèves divers dispositifs qu'ils vont peut-être par eux-mêmes imaginer.
On peut s'intéresser aux premiers appareils décrits par l'histoire des sciences.

## 1re ÉTAPE

À travers différents textes ou documents iconographiques, montrer l'intérêt qu'a suscité depuis des siècles la détection des tremblements de terre. On peut, par exemple, proposer à la réflexion le premier sismographe inventé en Chine **(➤ document 1)**.

## 2e ÉTAPE

Les élèves sont invités, à leur tour, à réfléchir à la conception d'un détecteur de secousse simple à réaliser.
Diverses solutions techniques sont possibles.
Les élèves présentent leur projet, sous forme de schémas, par exemple **(➤ documents 2a, 2b)**.

## 3e ÉTAPE

En fonction des projets imaginés et des moyens disponibles, il s'agit soit de réaliser un objet permettant de détecter une secousse, soit d'en comprendre le principe **(➤ document 2c)**.

**NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS**
Plans de fabrication des appareils **(➤ annexe 5)**.

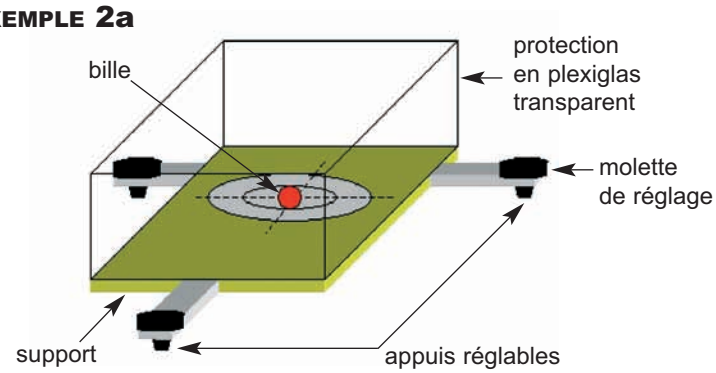
**➤ DOCUMENT 1**

## Un exemple de détecteur de séisme (Chine, IIe siècle)

Huit dragons tiennent une bille de bronze dans leur gueule. Un mécanisme interne, déclenché par la plus infime vibration du sol, ouvre la gueule d'un des dragons et libère la bille qui tombe dans le gosier d'un crapaud en métal.

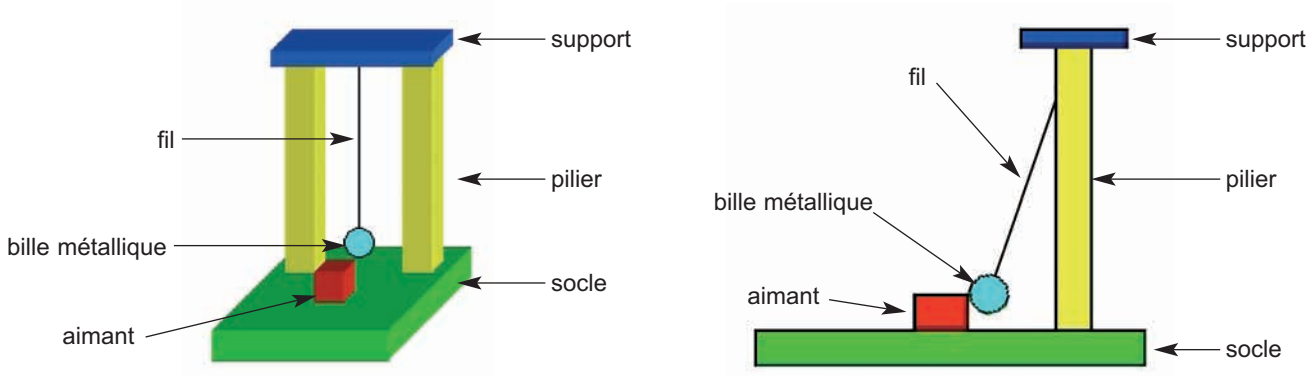
**➤ DOCUMENT 2** **Exemples de détecteurs conçus par les élèves**

### Exemple 2a




Les molettes des appuis doivent être ajustées de façon à ce que le plan support soit parfaitement horizontal.
La bille est placée au centre des cercles. Le capot transparent protège le dispositif d'éventuels courants d'air.
Lorsqu'une secousse se produit, la bille quitte son emplacement et vient se placer sur un des cercles gravés sur le support.

### Exemple 2b




AVANT LE SÉISME

APRÈS LE SÉISME

Il s'agit d'un pendule composé d'une bille métallique suspendue à un support par un fil. Un aimant est placé à hauteur de la bille, à la limite de l'attraction. Lorsqu'une secousse se produit, le pendule oscille et la bille est fixée par l'aimant.

### Exemple 2c

Un autre exemple de dispositif avec une cellule piézo électrique à la base d'un cylindre, surmontée d'une bille.

À la suite de la secousse, la bille oscille et déclenche, par effet piézo-électrique, un courant électrique qui pourra être enregistré.

# SISMO GRAPHE

**THÈME**
Capteurs.

**OBJECTIFS**
Comprendre le principe d'une mesure.
Réaliser des mesures.

**MOTS-CLÉS**
Sismométrie, sismographie.

**CHAMPS DISCIPLINAIRES**
Sciences, Technologie.

**DÉROULEMENT**
Comment enregistrer une secousse du sol ? Maîtriser la partie mécanique puis électrique d'un appareil de mesure sismologique.

## 1RE ÉTAPE

Les élèves prennent connaissance du plan d'assemblage du sismographe. Ils vont assembler l'appareil fourni en pièces détachées. Ils doivent respecter le plan de montage (➤ **document 1 et annexe 5**).

## 2E ÉTAPE

Une fois constatée la capacité d'oscillation de l'appareil lors d'une secousse de la table, les élèves vont devoir imaginer un principe d'enregistrement graphique ou numérique des oscillations.

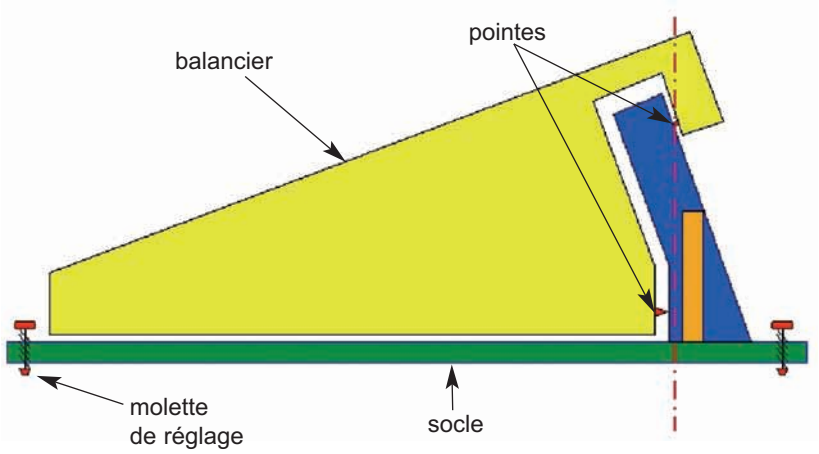
## 3E ÉTAPE

À partir de cette étape, il ne reste plus qu'à procéder à l'acquisition de mesures à partir d'une démarche expérimentale.
On expérimente sur des chocs provoqués dont on fait varier la nature, l'intensité. On peut aussi mettre en place un enregistrement durant la journée dans la salle de classe : entrée, sortie des élèves… (➤ **document 2**).

## NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS

- Utiliser une table vibrante à fréquence variable pour évaluer les caractéristiques de l'appareil de mesures (➤ **sismo table**).
- Réaliser le dispositif d'enregistrement (sismographe) à l'aide du plan de fabrication de l'**annexe 5**.

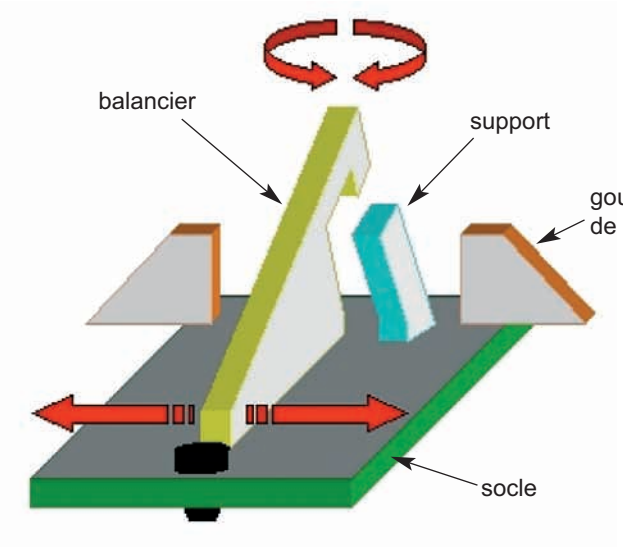
## ➤ DOCUMENT 1 Assemblage du sismomètre horizontal



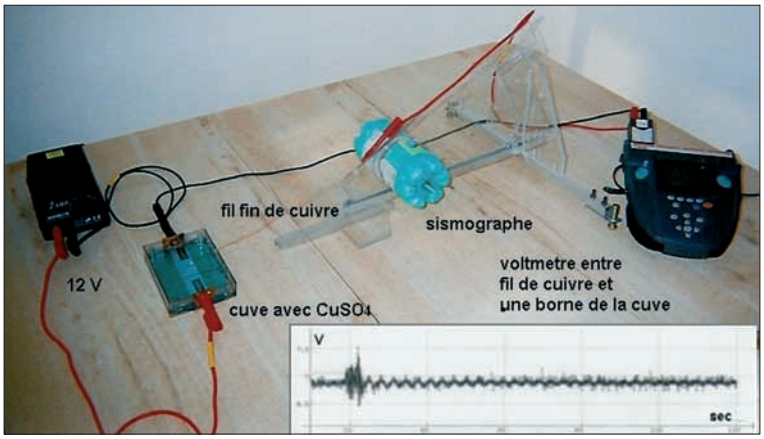

Le fonctionnement de ce sismomètre est simple.
Il repose sur le principe de la porte désaxée.
Le socle est solidaire du sol, il doit être disposé horizontalement à l'aide de 3 molettes de réglage.
Le balancier est posé sur le socle, par 2 pointes.
La droite imaginaire formée par ces 2 points d'appui est très légèrement inclinée par rapport à l'axe vertical en pointillé.

Quand le capteur est "perturbé" par une secousse, le balancier agit comme un pendule et oscille autour de cet axe faiblement incliné.
On notera que plus l'angle d'inclinaison est faible, plus le sismomètre sera sensible à des ondes basse fréquence.

On vient de fabriquer un sismomètre "longue période" ➤




## ➤ DOCUMENT 2 Enregistrement des oscillations du sismomètre




Les oscillations du balancier, suite à un choc sur la table, entraînent le mouvement du fil de cuivre dans la cuve alimentée par un courant continu de 12 V. Les oscillations du fil de cuivre produisent une tension variable visible sur le voltmètre. En reliant ce dernier à un oscilloscope à mémoire ou à une interface numérique, on peut obtenir un enregistrement graphique du comportement du pendule à la suite du choc.

# SISMO PIÉZO

**THÈME**
Capteurs.

**OBJECTIF**
Rechercher les paramètres susceptibles de modifier la vitesse des ondes sismiques.

**MOTS-CLÉS**
Sismométrie,
vitesse des ondes,
densité des matériaux.

**CHAMPS DISCIPLINAIRES**
Sciences, Technologie.

**DÉROULEMENT**
Différentes observations et mesures permettent de formuler l'hypothèse que la vitesse de propagation des ondes dépend de la densité du matériau traversé. On doit donc pouvoir montrer que la vitesse des ondes n'est pas identique pour des matériaux de densité différente.

## 1RE ÉTAPE

On crée un choc sur le support (ex : béton, acier) à l'aide d'un marteau **(➤ document 1)** et on enregistre, grâce au logiciel *Audacity**, le passage du train d'ondes par le premier puis le deuxième capteur piézo qui sont reliés à la "carte son" de l'ordinateur.

MATÉRIEL : barres de matériaux différents (bois, acier, béton, polystyrène) et **➤ annexe 4** : cellules piézo-électriques.

## 2E ÉTAPE

- Sur le détail de l'enregistrement, on repère le front d'ondes et on note la différence de temps **(➤ documents 2a et 2b)**.
- Connaissant la distance entre les deux capteurs, ce délai va alors permettre de calculer la vitesse de propagation des ondes dans le matériau **(➤ documents 1 et 2)**.
- On réalise deux séries de mesures :
  une avec du béton **(➤ document 2a)**,
  une autre avec une barre métallique **(➤ document 2b)**.

## 3E ÉTAPE

Mesure et calcul des vitesses enregistrées dans les divers matériaux et mise en relation avec les densités de ces matériaux.
Par exemple

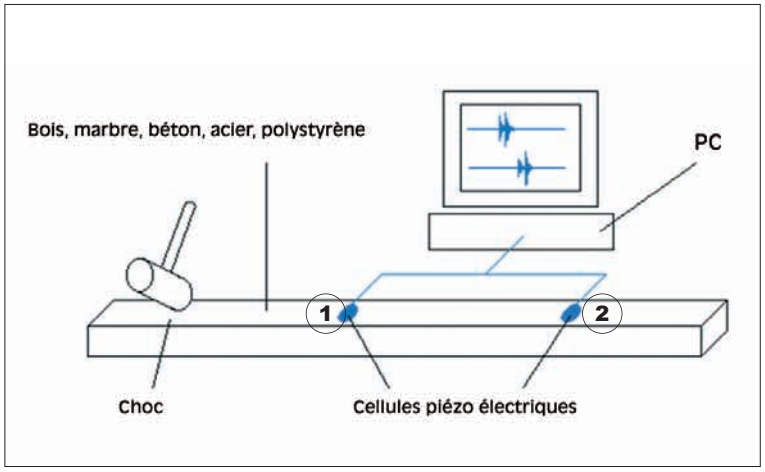
| MATÉRIAU | acier | béton |
|---|---|---|
| DENSITÉ MESURÉE | 7,5 | 2,2 |

MESURES OBTENUES :
la vitesse mesurée des ondes qui se propagent dans le béton est inférieure à celle qui se propage dans l'acier. La vitesse de propagation des ondes semble dépendre de la densité, car elle augmente avec la densité des matériaux.

## NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS

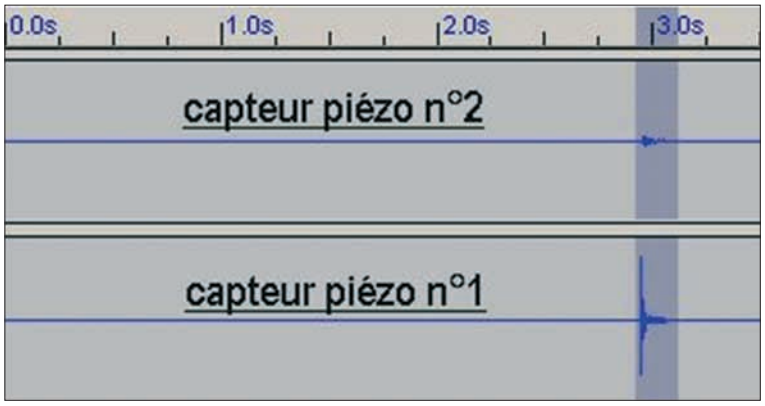
* *Audacity* est un éditeur audio libre et facile d'utilisation pour Windows, Mac OSX, GNU/Linux. Il est téléchargeable gratuitement sur Internet (http://audacity.sourceforge.net).
Mettre en relation ces données avec le comportement des ondes lors de leur traversée des diverses zones profondes du globe terrestre **(➤ sismo manteau)**.
En calibrant le choc provoqué, on peut aussi travailler sur l'influence du matériau sur la propagation des trains d'ondes (atténuation de l'amplitude par exemple).

## ➤ DOCUMENT 1 Schéma du dispositif



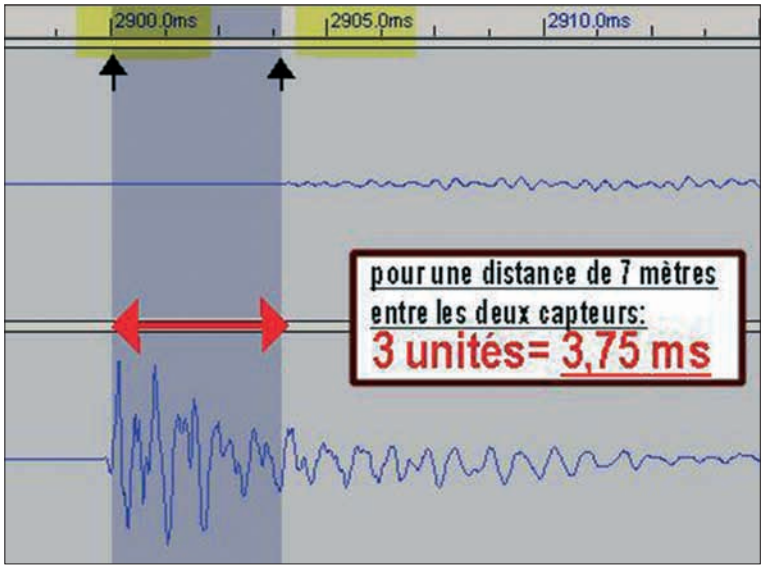

Mesures de vitesse d'ondes, réalisées à l'aide de cellules piézo-électriques disposées sur divers matériaux.
Les deux cellules piézo-électriques sont raccordées à la "carte son" de l'ordinateur (entrée ligne).

*NB :*
- *Les mesures sont réalisables avec des lames de 1 m à 1,5 m (acier, granite, bois, polystyrène…)*
- *Le choc doit être assez fort de manière à bien visualiser le front d'ondes.*




Les deux capteurs ont bien enregistré le passage d'un train d'ondes généré par le choc.
On passe de l'enregistrement brut au détail grâce à l'option "loupe" du logiciel *Audacity.*

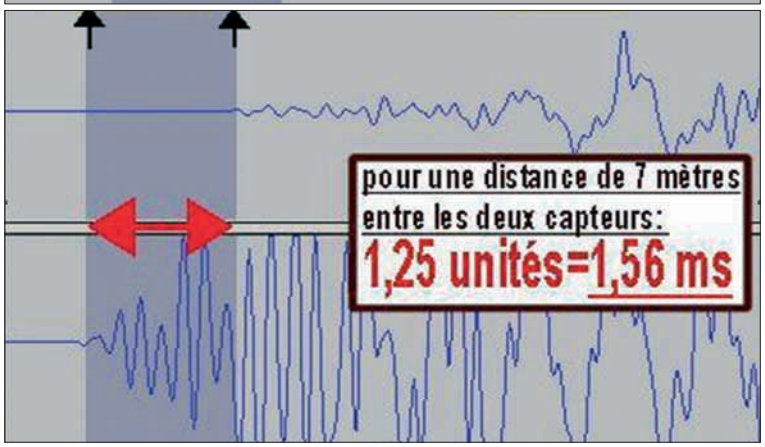
## ➤ DOCUMENT 2 Deux exemples de mesures prises avec de l'acier et du béton




### EXEMPLE 2a : AVEC DU BÉTON

Sur l'écran de l'ordinateur, la base de temps en millisecondes permet de connaître avec précision le temps mis par les ondes pour passer du premier au deuxième capteur.

Connaissant la distance entre les deux capteurs (ici 7 m) et le temps (3,75 ms), on peut calculer la vitesse de propagation dans le béton : **1,8 km/s.**




### EXEMPLE 2b : AVEC DE L'ACIER

Connaissant la distance entre les deux capteurs (7 m) et le temps (1,56 ms), on peut calculer la vitesse de propagation dans l'acier : **4,3 km/s.**

# SISMO STATION

**THÈME**
Capteurs.

**OBJECTIFS**
Mettre en place une station sismologique numérique dans son établissement et sauvegarder les mesures acquises par le sismomètre.

**MOTS-CLÉS**
Station sismologique, capteur, donnée.

**CHAMPS DISCIPLINAIRES**
Sciences, Technologie.

**DÉROULEMENT**
Si l'installation proprement dite de la station n'est pas, en général, réalisée par les élèves, il est important qu'ils aient conscience du rôle des différents éléments qui la composent, des contraintes liées à sa mise en place dans un établissement scolaire et de l'exploitation qu'ils vont pouvoir en faire.

## 1re ÉTAPE

Au préalable
- Montrer l'intérêt de disposer de réseaux de stations pour enregistrer l'activité sismique locale, régionale et mondiale.
- Expliquer le fonctionnement global d'un réseau sismologique (➤ **document 2 et page 8**).

## 2e ÉTAPE

- Détailler les éléments qui composent la station sismique, expliquer le rôle de chacun d'entre eux (➤ **document 2**).
- Discuter de l'emplacement de ces éléments en tenant compte des différentes contraintes qui leur sont propres.

## 3e ÉTAPE

Après l'installation de la station, les élèves sont invités à découvrir comment récupérer les données enregistrées quotidiennement, à les visualiser et à les confronter avec celles provenant d'autres stations sismologiques (➤ **annexe 1** pour le principe de téléchargement et de visualisation des données).

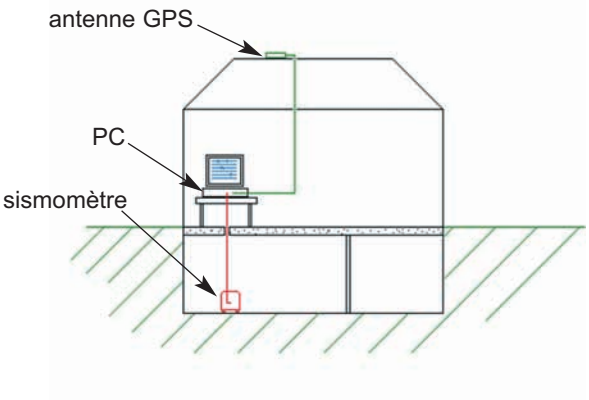
**NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS**
- Visualiser le mouvement continu du sol en temps réel (➤ **sismo signal**).
- Mesurer des mouvements du sol provoqués par des phénomènes autres que sismiques (nuit/jour, récréation, travaux, etc.).

## ➤ DOCUMENT 1 Réflexion préalable

Il est important, plusieurs semaines avant l'installation de la station, de discuter avec les élèves de l'opportunité d'avoir une station sismique au sein de l'établissement, d'en expliquer le fonctionnement et de réfléchir à l'utilisation qu'ils vont en faire.

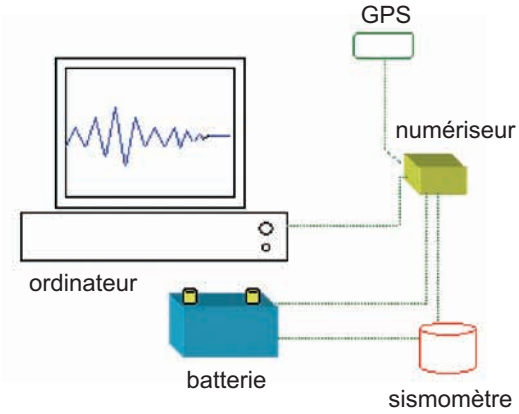
## ➤ DOCUMENT 2 Installation de la station sismique

La station sismologique installée dans les établissements scolaires se compose des éléments suivants :




- **le sismomètre** :
  il enregistre le mouvement du sol en continu et doit être placé le plus près possible du rocher.
- **le GPS** :
  il dialogue avec les satellites GPS et donne l'heure universelle de façon très précise. Il devra être placé de façon à avoir la plus grande ouverture céleste possible, généralement sur le toit du bâtiment.
- **le numériseur et l'ordinateur** :
  le numériseur récupère les données du capteur et les transforme pour qu'elles soient "lues" par l'ordinateur qui gère l'acquisition et le transfert des données. Le numériseur peut être interne à l'ordinateur.

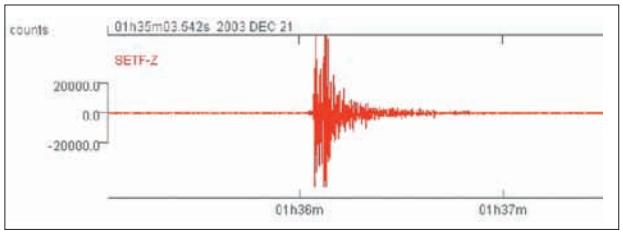
Sur l'écran de l'ordinateur, le mouvement du sol est visible en continu. Il peut être judicieux de placer l'écran de la station dans un endroit fréquenté pour montrer l'activité sismique en direct. De même, les dernières heures d'enregistrement peuvent rester affichées à l'écran. Ainsi, les élèves peuvent voir le signal du séisme, notamment quand il s'agit d'un fort tremblement de terre lointain.



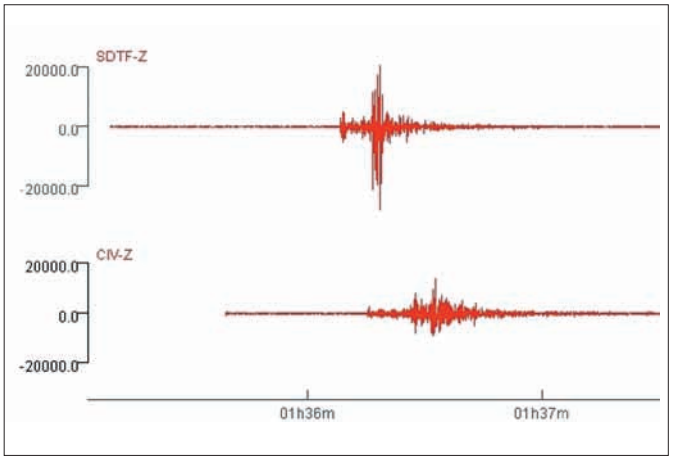

La station est reliée par internet à un ordinateur central, situé en général dans un institut de recherche. Chaque nuit, les données sont envoyées vers ce centre régional et sont ensuite publiées automatiquement sur le Web.
Les élèves peuvent alors visualiser ou récupérer les données enregistrées par leur station, mais aussi les données enregistrées par toutes les stations du réseau. Il devient dès lors possible de réaliser un nombre important d'activités autour de la sismologie, en utilisant des données réelles.

## ➤ DOCUMENT 3

### Télécharger les données de la station et les comparer aux sismogrammes d'autres stations




*enregistrement de la station*




*sismogrammes d'autres stations sismologiques*

# SISMO TABLE

**THÈME**
Capteurs.

**OBJECTIFS**
Reconstituer les mouvements de surface provoqués par les ondes émises lors de la rupture de matériaux et visualiser les effets du séisme en utilisant une table vibrante.

**MOTS CLÉS**
Ondes sismiques, secousses, vibration, risque sismique.

**CHAMPS DISCIPLINAIRES**
Géosciences, Physique, Technologie.

**DÉROULEMENT**
Avec la sismo table, on reconstitue les mouvements de surface provoqués par des ondes générées et amplifiées.
La vulnérabilité des bâtiments peut être ainsi modélisée.

## 1RE ÉTAPE

Après avoir réalisé une table vibrante simple (➤ **annexe 5**), on peut visualiser et observer le comportement de maquettes de bâtiments. Ainsi, on a une première approche de la vulnérabilité du bâti suite à des vibrations provoquées, dans ce cas, par un générateur de basses fréquences (➤ **document 1**).
Les bâtiments peuvent être réalisés avec divers matériaux simples (plastique, bois,etc.).

## 2E ÉTAPE

La table vibrante peut être aussi pilotée par un ordinateur transmettant à celle-ci des sons amplifiés (➤ **document 2**).
On peut, en effet, obtenir un signal, à l'aide d'*Audacity** et d'une cellule piézo électrique (➤ **sismo rupture**).
Dans un second temps, le signal enregistré est envoyé, après amplification, par la sortie casque au haut-parleur de la sismo table (➤ **document 3**).

## 3E ÉTAPE

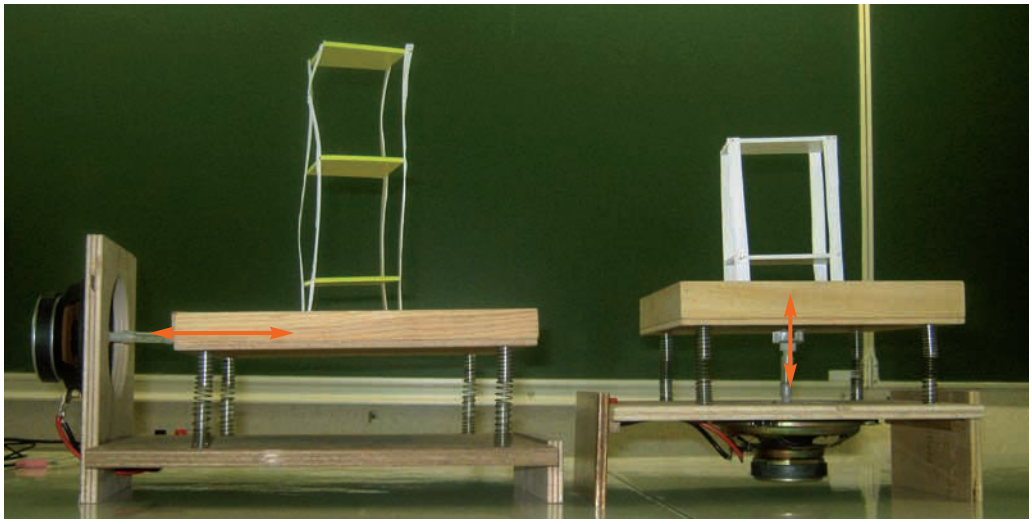
Lorsque l'on dispose de sismogrammes enregistrés près de la source sismique, on peut convertir ces tracés (au format .sac) en fichiers audio (au format .wav) à l'aide du logiciel *SeisGram 2K* (➤ **annexe 2**).
Une fois converti en son, le sismogramme peut donc être édité par *Audacity**. On recrée alors la succession de vibrations enregistrées sur site lors d'un séisme réel et important.

## NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS

* *Audacity* est un éditeur audio libre et facile d'utilisation pour Windows, Mac OSX, GNU/Linux. Il est téléchargeable gratuitement sur Internet (http://audacity.sourceforge.net).

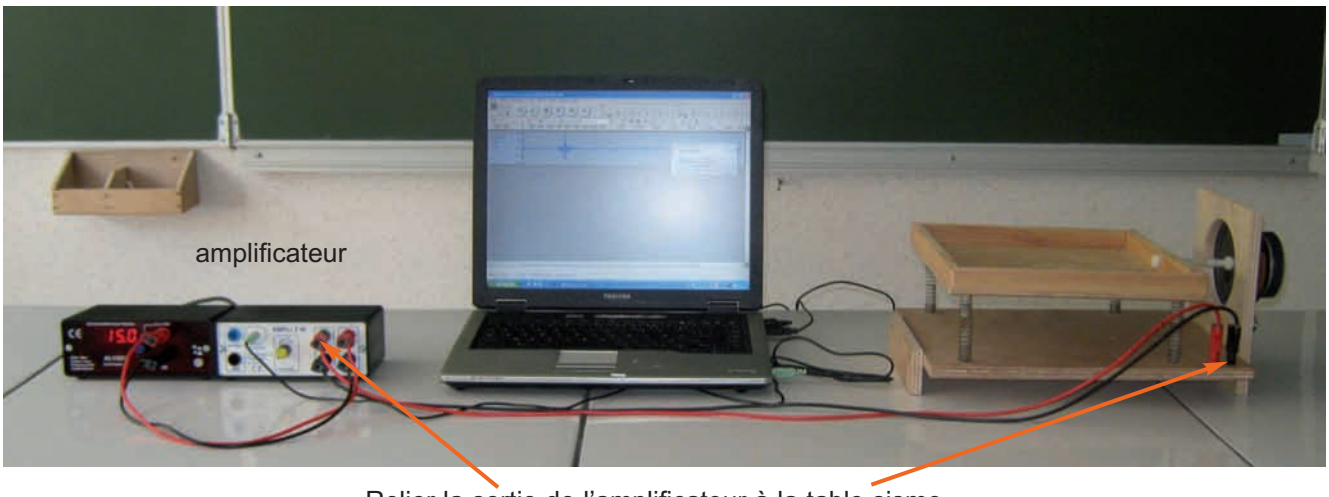
## ➤ DOCUMENT 1 Exemples de tables vibrantes

On peut utiliser deux variantes de la sismo table : composante horizontale ou verticale.



## ➤ DOCUMENT 2 Dispositif permettant de piloter la table vibrante

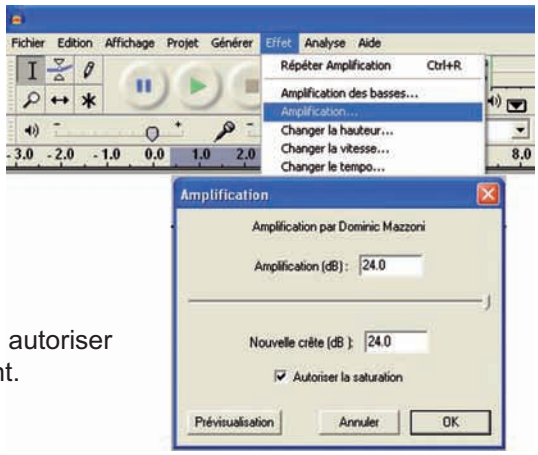
Relier la sortie casque de l'ordinateur à l'entrée de l'amplificateur




Relier la sortie de l'amplificateur à la table sismo

## ➤ DOCUMENT 3 Amplifier les vibrations transmises par la table vibrante

Sélectionner la zone de l'enregistrement à amplifier.
Cliquer sur Effet /Amplification




Choisir le taux d'amplification maximum et autoriser la saturation pour obtenir un effet important.

## NOTES, COMPLÉMENTS, EXTENSIONS