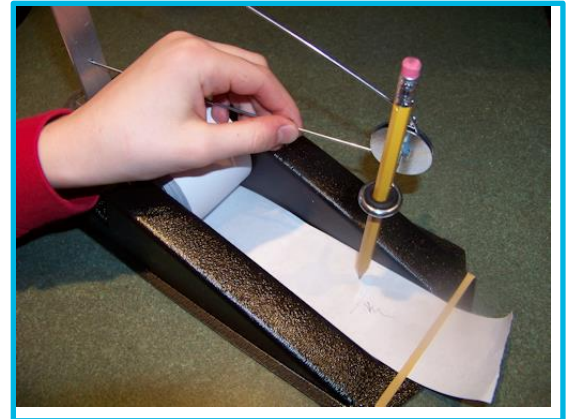


Objet de la leçon

Cette leçon s'attache à expliquer comment le développement des sismographes a contribué à sauver des vies à travers le monde. Les élèves travaillent en équipes pour concevoir leur propre sismographe à l'aide d'objets courants, puis testent la capacité de celui-ci à enregistrer un tremblement de terre simulé en classe. Les élèves évaluent leur sismographe et ceux des autres équipes, puis présentent leurs observations à la classe.



Sommaire de la leçon

L'activité « Ça bouge avec les sismographes ! » explore les principes d'ingénierie des sismographes et comment la technologie permet d'enregistrer avec plus de précision les tremblements de terre. Les élèves travaillent en équipes pour construire un simple sismographe à l'aide d'objets d'usage courant, testent celui-ci lors d'une simulation de tremblement de terre en classe, évaluent leurs résultats et présentent leurs observations à la classe.

Niveaux d'âge

8 à 18 ans.

Objectifs

- ◆ Étudier la technologie des sismographes.
- ◆ Étudier la conception technique.
- ◆ Apprendre le travail d'équipe et la résolution des problèmes.

Résultats escomptés à la fin de la leçon

Au terme de cette activité, les élèves devraient acquérir une compréhension des sujets suivants :

- ◆ les sismographes
- ◆ les liens entre la technologie et les questions d'environnement
- ◆ la conception technique
- ◆ le travail d'équipe

Activités de la leçon

Les élèves découvrent comment les sismographes enregistrent et contribuent à la prévision des tremblements de terre et autres mouvements de la croûte terrestre. Ils explorent l'impact positif que peut avoir la technologie sur le monde. Les élèves travaillent en équipes pour concevoir leur propre sismographe à l'aide d'objets courants, puis testent la capacité de celui-ci à enregistrer un tremblement de terre simulé en classe. Les élèves évaluent leur sismographe et ceux des autres équipes, puis présentent leurs observations à la classe.

Ça bouge avec les sismographes

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org

© 2018 IEEE – All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

Ressources/Matériaux

- ◆ Documents de ressource aux enseignants (en pièces jointes)
- ◆ Fiche de ressource aux élèves (en pièce jointe)
- ◆ Feuille de travail des élèves (en pièce jointe)

Alignement sur les structures des programmes scolaires

Voir la fiche ci-jointe décrivant l'alignement des programmes scolaires.

Liens Internet (en anglais)

- ◆ TryEngineering (www.tryengineering.org)
- ◆ USGS Earthquake Hazards Program Learning Resources (<https://earthquake.usgs.gov/learn/topics/>)
- ◆ USGS Global Seismographic Network (<https://earthquake.usgs.gov/monitoring/>)

Lecture recommandée (en anglais)

- ◆ An Introduction to Seismology, Earthquakes and Earth Structure by Seth Stein and Michael Wysession (ISBN: 0865420785)
- ◆ Earthquakes by Bruce Bolt (ISBN: 0716775484)
- ◆ Introduction to Seismology by Peter M. Shearer (ISBN: 0521708427)

Activités d'écriture facultatives

- ◆ Rédigez une dissertation ou un paragraphe expliquant pourquoi les ingénieurs civils doivent évaluer l'activité sismique avant de commencer un chantier de construction.
- ◆ Rédigez une dissertation ou un paragraphe expliquant comment les technologies séismologiques actuelles auraient pu contribuer à réduire le nombre de victimes du tremblement de terre de 1960 au Chili.

Pour les enseignants :

Alignement sur les structures des programmes scolaires

Remarque : Tous les plans de leçons de cette série sont alignés sur les normes nationales pour l'enseignement des sciences (*National Science Education Standards*), établies par le Conseil national de recherche des Etats-Unis (National Research Council) et approuvées par l'Association nationale des enseignants des sciences des Etats-Unis (National Science Teachers Association), et le cas échéant, sur les normes internationales d'enseignement de la technologie pour l'alphabétisation technologique (International Technology Education Association's Standards for Technological Literacy) ou sur les principes et normes en matière de mathématiques scolaires établis par le Conseil national américain des enseignants en mathématiques (National Council of Teachers of Mathematics' Principals and Standards for School Mathematics).

◆ Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la maternelle au primaire (4 à 9 ans)

NORME DE CONTENU A : Enquête scientifique

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :

- ◆ Les aptitudes nécessaires pour réaliser des enquêtes scientifiques
- ◆ Une compréhension de l'enquête scientifique

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ◆ La position et du mouvement des objets

NORME DE CONTENU D : Sciences de la terre et de l'espace

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :

- ◆ Des changements de la terre et du ciel

NORME DE CONTENU E : Science et technologie

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :

- ◆ Des aptitudes de conception technologique
- ◆ Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :

- ◆ Des changements de l'environnement
- ◆ De la science et de la technologie dans les enjeux locaux

NORME DE CONTENU G : Histoire et nature de la science

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ◆ La science en tant qu'aventure humaine

◆ Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la CM2 à la quatrième (10 à 14 ans)

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :

- ◆ Des mouvements et des forces
- ◆ Du transfert d'énergie

NORME DE CONTENU E : Science et technologie

Au terme des activités effectuées de la CM2 à la quatrième, tous les élèves devraient acquérir :

- ◆ Des aptitudes de conception technologique
- ◆ Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :

- ◆ Des populations, des ressources et des environnements
- ◆ Des risques naturels
- ◆ De la science et de la technologie dans la société

Ça bouge avec les sismographes

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org

© 2018 IEEE – All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

Pour les enseignants :

Alignement sur les structures des programmes scolaires (suite)

◆ Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la troisième à la terminale (14 à 18 ans)

NORME DE CONTENU A : Enquête scientifique

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :

- ◆ Les aptitudes nécessaires pour réaliser des enquêtes scientifiques
- ◆ Une compréhension de l'enquête scientifique

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :

- ◆ Des mouvements et des forces
- ◆ Des interactions entre l'énergie et la matière

NORME DE CONTENU D : Sciences de la terre et de l'espace

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :

- ◆ L'énergie dans le système terrestre

NORME DE CONTENU E : Science et technologie

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :

- ◆ Des aptitudes de conception technologique
- ◆ Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :

- ◆ Des risques naturels et d'origine humaine
- ◆ De la science et de la technologie dans les enjeux locaux, nationaux et mondiaux

NORME DE CONTENU G : Histoire et nature de la science

Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :

- ◆ Des perspectives historiques

◆ Normes pour l'alphabétisation technologique - Tous âges

La nature de la technologie

- ◆ Norme 3 : Les élèves acquerront une compréhension des relations entre les technologies et des liens entre la technologie et d'autres champs d'étude.

Technologie et société

- ◆ Norme 5 : Les élèves acquerront une compréhension des effets de la technologie sur l'environnement.
- ◆ Norme 6 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle de la société dans le développement et l'utilisation de la technologie.
- ◆ Norme 7 : Les élèves acquerront une compréhension de l'influence de la technologie sur l'histoire.

Conception

- ◆ Norme 8 : Les élèves acquerront une compréhension des attributs de conception.
- ◆ Norme 9 : Les élèves acquerront une compréhension de la conception technique.
- ◆ Norme 10 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle de la recherche des défaillances, de la recherche et du développement, de l'invention et de l'innovation, et de l'expérimentation dans la résolution des problèmes.

Aptitudes pour un monde technologique

- ◆ Norme 11 : Les élèves acquerront des aptitudes d'application du processus de conception.

Le monde, objet de conception

- ◆ Norme 17 : Les élèves acquerront une compréhension et des aptitudes de sélection et d'utilisation des technologies d'information et de communication.

Pour les enseignants : Ressources aux enseignants

◆ But de la leçon

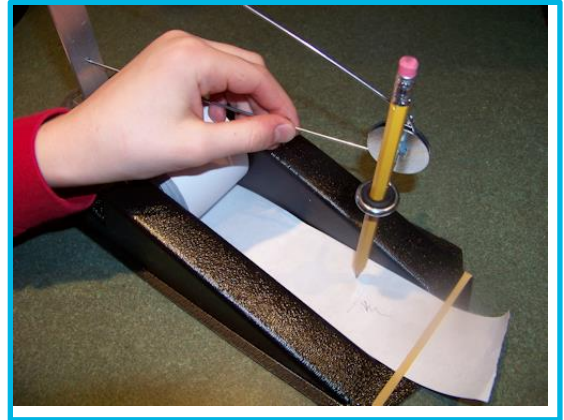
Explorer les sismographes et la manière dont la technologie peut contribuer à prévenir la société de dangers imminents. Cette leçon s'attache à expliquer comment le développement des sismographes a contribué à sauver des vies à travers le monde. Les élèves travaillent en équipes pour concevoir leur propre sismographe à l'aide d'objets courants, puis testent la capacité de celui-ci à enregistrer un tremblement de terre simulé en classe. Les élèves évaluent leur sismographe et ceux des autres équipes, puis présentent leurs observations à la classe.

◆ Objectifs de la leçon

- ◆ Etudier la technologie des sismographes.
- ◆ Etudier la conception technique.
- ◆ Apprendre le travail d'équipe et la résolution des problèmes.

◆ Matériaux

- Fiches de ressource aux élèves
- Feuilles de travail des élèves
- Un jeu de matériaux par équipe d'élèves : Ficelle, fil, papier, crayon, marqueur, trombones, colle, carton, carton pour affiche, papier aluminium, élastiques, ruban adhésif, bac ou plateau, argile
- Echelle ou tabouret (d'où une balle sera lâchée pour simuler le tremblement de terre) ; morceaux de ficelle de 50 cm, 1 m et 1,5 m de long
- Accessoire optionnel : Kit de construction d'un sismographe d'American Educational Products (disponible sur www.amep.com/standarddetail.asp?cid=664 ou sur Amazon.com au prix d'environ 30 euros)



◆ Marche à suivre

1. Montrez aux élèves la fiche de référence à leur disposition. Ce document peut être lu en classe ou donné à lire à la maison la veille.
2. Remettez à chaque équipe un jeu de matériaux et demandez-leur de construire leur propre sismographe, qui leur permettra d'enregistrer l'intensité d'un tremblement de terre simulé en classe. Le meilleur concept permettra d'enregistrer la moindre perturbation.
3. Les équipes d'élèves présentent leur concept à la classe et expliquent comment l'enregistrement s'effectue.
4. Testez le sismographe de chaque équipe en le plaçant sur une petite table. L'enseignant simulera une perturbation en lâchant une balle en caoutchouc posée sur la table de trois hauteurs différentes (50 cm, 1 m et 1,5 m). Afin d'assurer l'uniformité et l'équité du test, nous vous recommandons de vous tenir sur une échelle stable et de mesurer à l'aide des morceaux de ficelle précoupés le point à partir duquel la balle tombera (remarque : vous pouvez utiliser des balles de tailles différentes, comme par exemple, une balle de tennis).
5. Les élèves enregistrent et examinent leurs résultats et ceux des autres équipes, puis présentent leurs réflexions à la classe.

◆ Temps nécessaire

Une ou deux sessions de 45 minutes.

Ça bouge avec les sismographes

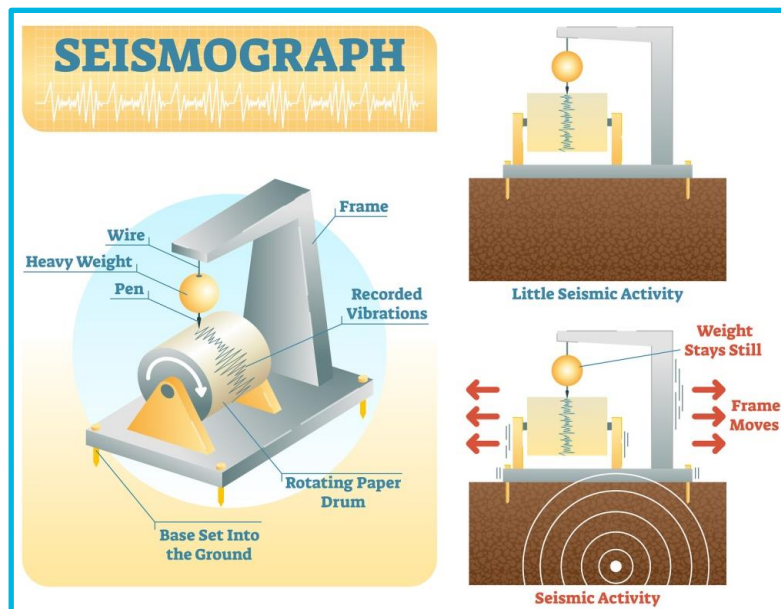
Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org

© 2018 IEEE – All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

**Ressource aux élèves :
 Qu'est-ce qu'un sismographe ?**

Les sismographes sont des instruments qui mesurent et enregistrent les mouvements du sol, notamment les ondes sismiques générées par les tremblements de terre, les explosions nucléaires et autres sources sismiques. Les ondes sismiques enregistrées permettent aux sismologues de cartographier l'intérieur de la terre, de localiser puis de mesurer la taille de ces différentes sources. Le mot « sismographe » vient du grec « seismós » (σεισμός) qui signifie secousse ou séisme, du verbe « seíō » (σειώ) qui veut dire secouer et du verbe « métron » (μέτρον) qui désigne l'action de mesurer.



Un sismographe, ou sismomètre, est un instrument qui sert à détecter et à enregistrer les tremblements de terre. Il se compose généralement d'une masse rattachée à une base fixe. Pendant un tremblement de terre, la base se déplace, alors que la masse reste inerte. Le mouvement de la base par rapport à la masse est normalement converti en tension électrique. La tension électrique est enregistrée sur papier, bande magnétique ou tout autre support d'enregistrement. Cet enregistrement est proportionnel au mouvement de la masse du sismographe par rapport à la terre, mais peut être mathématiquement converti en un enregistrement du mouvement absolu du sol. En règle générale, le terme sismographe désigne le sismomètre et son dispositif d'enregistrement.

◆ **Sismoscope de Zhang Heng**

En 132 apr. J.-C., le chinois Zhang Heng, de la dynastie des Han, inventa le premier sismoscope, appelé « Houfeng Didong Yi ». C'était une grande jarre en bronze d'environ 2 mètres de diamètre, ornée de huit têtes de dragons renfermant chacune une bille en bronze. Lors d'un séisme, l'une des bouches de dragon s'ouvrait et libérait une bille qui tombait dans une grenouille en bronze à la base : cela produisait un son et indiquait la direction du tremblement de terre. A une occasion au moins, probablement au moment d'un important tremblement de terre dans la province de Gansu en 143 apr. J.-C., le sismoscoperegistra un séisme, bien que celui-ci ne fut pas ressenti. Selon les archives de l'époque, la jarre renfermait une colonne centrale qui pouvait se déplacer le long de huit chemins de roulement, ce qui tend à faire penser au mécanisme d'un pendule, quoiqu'on ne puisse pas expliquer exactement en quoi cela déclencherait l'ouverture d'une seule bouche de dragon. Le premier tremblement de terre jamais enregistré par ce sismographe aurait eu lieu quelque part à l'est. Quelques jours plus tard, un cavalier venant de l'est annonça qu'un séisme s'était produit. L'image de droite est un dessin du sismoscope de Zhang Heng, tel que l'a imaginé l'artiste Wang Chen-To (1936).

Ressource aux élèves : Surveillance des tremblements de terre

◆ L'échelle de Richter

L'échelle de magnitude de Richter a été développée en 1935 par Charles F. Richter, de l'Institut de technologie de Californie, comme un outil mathématique permettant de comparer l'amplitude des tremblements de terre. Dans un premier temps, l'échelle de Richter ne pouvait être appliquée qu'aux enregistrements provenant d'instruments de fabrication identique.

Aujourd'hui, ces instruments sont soigneusement calibrés les uns par rapport aux autres.

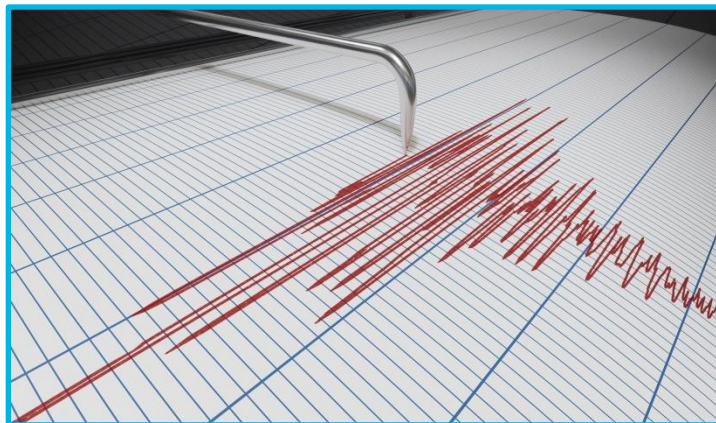
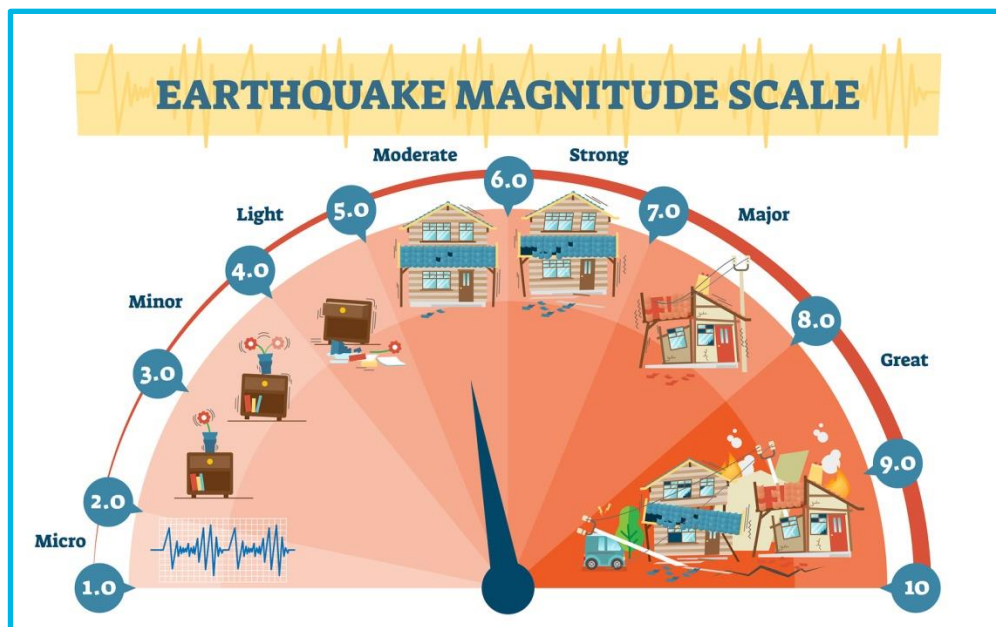
La magnitude d'un séisme peut donc être calculée à partir de l'enregistrement de n'importe quel sismographe calibré. L'échelle indique l'intensité du mouvement de la croûte terrestre sur une échelle de 1,0 à 10,0.

Les tremblements de terre les plus faibles ont une magnitude de 1,0 ou inférieure. Chaque niveau de l'échelle de Richter augmente par paliers de 10.

Une augmentation d'1 point signifie donc que l'intensité d'un séisme est 10 fois supérieure au niveau précédent. Un tremblement de terre d'une magnitude de 2,0 est 10 fois plus puissant qu'un tremblement de terre d'une magnitude de 1,0. Un tremblement de terre d'une magnitude de 3,0 est 10 X 10, soit 100 fois plus puissant qu'un séisme d'une magnitude de 1,0.

◆ Le plus gros tremblement de terre

Le tremblement de terre le plus puissant jamais mesuré est survenu le 22 mai 1960 au Chili, faisant près de 1 655 victimes, 3 000 blessés, plus de 2 000 000 sans-abri et environ 500 millions d'euros de dégâts matériels. Ce séisme a atteint une magnitude de 9,5 sur l'échelle de Richter. Regardez ci-dessous le sismogramme de ce tremblement de terre !



Ressource aux élèves : Les sismographes pendulaires

◆ Le pouvoir des pendules

Avant que l'électronique ne permit l'enregistrement des tremblements de terre de forte amplitude, les scientifiques ont élaboré d'énormes sismomètres dotés de pendules à ressort pour enregistrer les mouvements produits par ces séismes sur de longues périodes. Le plus grand pesait près de 15 tonnes. A Mexico, un sismomètre de ce genre, de taille moyenne et d'une hauteur équivalant à trois étages, est encore en service.

Le « sismomètre » à pendule inversé de James Forbes (Forbes, 1844) est un autre exemple (voir l'illustration de droite). Il était constitué d'une tige métallique verticale qui tenait sur un câble cylindrique vertical en acier.

En réglant la rigidité du câble ou la hauteur de la boule suspendue à celui-ci, on pouvait inverser le mouvement du pendule. Un crayon suspendu à la tige « inscrivait » sur du papier une ligne indiquant le mouvement de la croûte terrestre.

◆ Technologies actuelles

Le projet « Advanced National Seismic System » (ANSS) est une initiative de l'institut géologique des Etats-Unis (United States Geological Survey) dont la vocation est de moderniser et de développer les moyens de contrôle sismique aux Etats-Unis. Ce projet s'articule principalement autour du développement de systèmes de surveillance aux niveaux national, régional, urbain et structural. L'objectif final de l'ANSS est de disposer d'un réseau national d'au moins 7 000 systèmes de mesure des secousses, au sol et dans les bâtiments, qui fournissent au personnel d'intervention d'urgence des informations sismiques en temps réel, aux ingénieurs des informations sur la vulnérabilité des constructions et des sites, et aux sismologues des données de qualité qui leur permettent de mieux comprendre les processus sismiques, ainsi que la structure et la dynamique de la croûte terrestre. Par ailleurs, le réseau sismographique mondial (Global Seismographic Network)

(<https://earthquake.usgs.gov/monitoring>) est un réseau numérique permanent de capteurs sismologiques et géophysiques ultramodernes reliés par un réseau de télécommunications, et servant de centre scientifique à vocation multiple et de ressource de surveillance, de recherche et d'enseignement pour la société. Le GSN assure une surveillance quasi-uniforme des activités sismiques sur toute la planète, avec plus de 150 stations sismiques équipées des technologies les plus récentes.

De plus, le traitement de données sismiques terrestres et marines, en 2D et en 3D, permet d'observer les mouvements à la fois en profondeur et dans le temps. En Norvège, la société Spectrum ASA est spécialisée dans le traitement de ces données 2D et 3D et gère une bibliothèque de données et de rapports multi-clients concernant les grandes régions pétrolifères de la planète.



Ça bouge avec les sismographes

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org

© 2018 IEEE – All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

Feuille de travail des élèves :
Construisez votre propre sismographe

Vous êtes une équipe d'ingénieurs chargés de concevoir un sismographe permettant d'enregistrer de manière fiable les activités sismiques dans votre classe. Votre machine doit être capable d'enregistrer ces mouvements de manière visuelle, à l'aide d'une échelle de votre invention. La machine qui sera capable d'enregistrer la plus petite perturbation sera considérée comme le meilleur concept.

◆ Phase d'étude/de préparation

1. Lisez les différents documents de référence que vous avez reçus.

◆ Planification en équipe

2. Votre enseignant vous a remis des matériaux de construction. Vous pouvez demander des matériaux supplémentaires.

3. Concertez-vous en équipe pour concevoir votre sismographe et dresser une liste des matériaux de construction dont vous aurez besoin. Rappelez-vous que votre sismographe doit enregistrer l'intensité d'un tremblement de terre simulé en classe en lâchant une balle de trois hauteurs : 50 cm, 1 m et 1,5 m.

4. Dessinez le plan de votre sismographe dans l'encadré ci-dessous ou sur une feuille volante. Notez la liste de matériaux que vous avez l'intention d'utiliser pour construire votre instrument. Présentez votre concept à la classe. Vous avez la possibilité de changer votre plan en fonction des commentaires que vous recevez de la classe.

Matériaux nécessaires :
Décrivez votre échelle :

Feuille de travail des élèves (suite) :

◆ Phase de construction

5. Construisez votre sismographe et le cas échéant, annotez tout matériau supplémentaire dont vous avez eu besoin.

◆ Mise à l'essai

6. Votre sismographe sera placé sur une petite table stable. Votre enseignant simulera trois tremblements de terre en lâchant une balle en caoutchouc posée sur la table de trois hauteurs : 50 cm, 1 m et 1,5 m. Votre machine devra enregistrer chacun de ces tremblements de terre. Les meilleures machines seront les plus sensibles, c'est-à-dire qu'elles seront capables de détecter les moindres secousses. Annotez vos observations dans le tableau ci-dessous :

Séisme	50 cm	1 m	1,5 m
Mesure du séisme selon votre échelle			
Observations physiques (qu'avez-vous remarqué avec votre machine pendant le test...qu'est-ce qui a fonctionné, qu'est-ce qui n'a pas fonctionné ?)			

◆ Présentation

7. Présentez vos observations et les résultats de vos tests à la classe. Soyez attentif aux différences de concepts et aux résultats des différents sismographes créés dans votre classe.

◆ Phase d'évaluation

8. Comparez et évaluez les résultats et méthodes de mesure de votre équipe avec ceux des autres équipes.

9. Remplissez la fiche d'évaluation.

Feuille de travail des élèves : Réflexion

◆ Utilisez cette feuille de travail pour évaluer votre expérience lors de la leçon « Ça bouge avec les sismographes ! » :

1. Avez-vous réussi à créer un sismographe capable d'enregistrer, sur une échelle, les trois tremblements de terre simulés ?
2. Avez-vous eu besoin de demander des matériaux supplémentaires lors de la construction de votre sismographe ?
3. Pensez-vous que les ingénieurs doivent adapter leurs plans d'origine pendant le processus de fabrication des produits ? Si oui, pour quelle raison ?
4. Si vous deviez adapter votre sismographe de façon à ce qu'il puisse enregistrer un vrai tremblement de terre, quelles modifications faudrait-il apporter ?
5. Si vous deviez tout recommencer, que changeriez-vous dans votre plan d'origine ? Pourquoi ?
6. Avez-vous remarqué, dans les autres équipes, des concepts ou méthodes qui vous ont paru bien fonctionner ? Lesquels en particulier ?
7. Pensez-vous que vous auriez pu réaliser ce projet plus facilement si vous aviez travaillé seul ? Expliquez...