

Mesure du séisme à l'impact

Physique,
SVT/Séismes

Défi scientifique : Chute de météorites (2/2)

Collège

Durée du défi	55 minutes
Matériel	<p>Par groupe d'élèves :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un téléphone ou une tablette avec l'application FizziQ ; • une règle ou un mètre ; • des billes de masses différentes (ou des petits objets de masses différentes) ; • de la pâte à modeler ; • une balance ; • deux à trois paquets de semoule de 1 kg ; • une bassine ou un saladier (de préférence avec un diamètre compris entre 20 et 25 cm) ; • (facultatif) un support de laboratoire. <p>Pour le rangement : prévoir des entonnoirs pour remettre la semoule dans les paquets, ainsi qu'une pelle, une balayette, un aspirateur... pour nettoyer le sol.</p>
Phénomènes ou notions approchés	<ul style="list-style-type: none"> - Explorer et expliquer certains phénomènes géologiques liés au fonctionnement de la Terre (séismes, tremblements de terre). - Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie. - Développer des modèles simples pour expliquer des faits d'observations et mettre en œuvre des démarches propres aux sciences (modélisation de la chute d'une météorite). - Mesurer des grandeurs physiques de manière directe ou indirecte (ondes sismiques).
Lexique	Chute, séisme, tremblement de terre, onde sismique, vibration, sismographe, énergie potentielle, énergie cinétique

Positionnement du défi

Ce défi peut s'insérer dans la séquence d'activités « [Cratères et météorites, question d'énergie !](#) » (ou « [Cratères et météorites](#) ») qui permet d'introduire de façon expérimentale le concept d'énergie dès la sixième et dont vous retrouverez l'intégralité sur le site de la Fondation *La main à la pâte*.

Les élèves émettent des hypothèses, puis réalisent des expériences pour comprendre l'origine des différentes tailles de cratères observés sur des photos du sol lunaire.

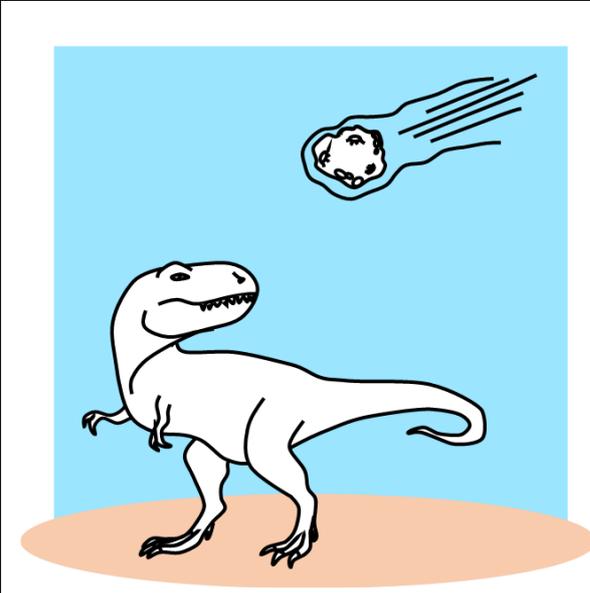
Deux défis ont été imaginés pour accompagner cette séquence d'activités, l'un à la suite de l'autre ou en parallèle :

- le défi « Chute de météorites : Mesure de la vitesse d'impact », qui traite de la modélisation de la chute d'une météorite et des paramètres faisant varier la vitesse d'impact ;
- le défi « Chute de météorites : Mesure du séisme à l'impact », qui interroge sur les ondes sismiques créées au moment de l'impact de la météorite.

Chacun de ces défis peut aussi être mené indépendamment de la séquence « Cratères et météorites, question d'énergie ! ».

Défi lancé aux élèves

Lilian lit le paragraphe suivant dans un livre :



Il y a environ 65 millions d'années, à la fin du Crétacé, un **astéroïde** tombe sur Terre, à l'emplacement actuel du golfe du Mexique. La chute de cette énorme masse rocheuse de 10 km de diamètre est à l'origine de différents phénomènes qui conduiront à l'extinction des dinosaures.

En particulier, l'impact a généré une gigantesque explosion, projetant une énorme quantité de poussières et de débris dans l'atmosphère et **provoquant des ondes de choc et des tremblements de terre à travers le monde.**

La dernière phrase l'intrigue : il pensait que les séismes étaient liés à une libération d'énergie lors du mouvement des plaques tectoniques de la Terre. Lilian s'interroge donc : quelle est l'énergie à l'origine des ondes sismiques qui sont mesurées après un impact de météorite ?

Lilian se rappelle aussi que ses amis Adam et Cécilia ont étudié l'influence de différents paramètres (la masse et la hauteur de chute) sur la vitesse d'impact d'une météorite. Lilian se demande si ces paramètres auront aussi une influence sur le tremblement de terre créé par l'impact.

En t'aidant de l'application FizziQ, peux-tu aider Lilian à modéliser la chute d'une météorite et à étudier les ondes sismiques qui en résultent ?

Tu imagineras un protocole à mettre en œuvre avec ton groupe pour répondre aux interrogations de Lilian et tu réaliseras les tests après validation par ton professeur. Bonnes recherches !

Réalisation du défi

Avant de répondre au défi

L'enseignant précise qu'on ne peut pas reproduire des impacts météoritiques et que l'on va donc devoir modéliser le phénomène. Il présente le matériel disponible pour faire émerger une proposition de modélisation : on peut utiliser la semoule pour représenter le sol et les météorites seront modélisées par des billes de différentes masses, par exemple. Une bille sera ainsi lâchée dans la semoule pour simuler la chute d'une météorite. L'enseignant peut rappeler que l'objet de la séance sera ensuite d'étudier les séismes qui pourraient être générés par cette chute.

Plus précisément, la mesure de l'énergie libérée par la météorite au moment de l'impact pourra ainsi être mise en relation avec la mesure de la « vibration » du support (la table, par exemple) grâce à la mesure de l'accélération de ce support à cet instant : le capteur « Accéléromètre » présent dans les smartphones et auquel l'application FizziQ a accès permet cette observation.

Vous pouvez laisser une dizaine de minutes aux élèves pour qu'ils explorent l'application FizziQ, individuellement ou en groupe, selon le nombre de téléphones ou de tablettes à disposition. La fiche en annexe de cette ressource peut être proposée aux élèves s'ils ne connaissent pas déjà l'application, et en particulier la mesure « Accéléromètre ».

Il peut s'avérer difficile de réitérer des mesures de l'accélération du support qui soient suffisamment « reproductibles » avec des objets de petites masses. Dans un premier temps, il est alors conseillé d'effectuer des mesures en lâchant des billes de différentes hauteurs pour mettre en évidence le lien entre l'impact sur le support et la vibration de celui-ci, puis de refaire les mesures en faisant chuter des objets plus lourds : les mesures présentées dans la suite de cette ressource ont été faites en laissant tomber 1 kg de semoule de différentes hauteurs et sur différents supports.

Points de vigilance :

- Pour la première partie du défi, si vous ne pouvez pas vous procurer des billes de même nature (en verre, par exemple) et de masses différentes, vous pouvez aussi, en amont de la séance, fabriquer des boules à l'aide de petits objets que vous entourerez de pâte à modeler.



Pour modéliser les météorites, ces deux boules ont été fabriquées en recouvrant le cube en acier et la bille en verre rouge de pâte à modeler

- Veillez à choisir un saladier ou une bassine avec un diamètre qui permette d'avoir une couche suffisante de semoule et également d'éviter les effets de bord. Si le contenant est trop grand, la couche de semoule ne sera pas assez épaisse et les billes toucheront le fond. Prévoir, par exemple, entre un et deux paquets de semoule (grain moyen) de 1 kg pour une bassine ou un saladier d'un diamètre intérieur de 20 à 25 cm.
- Le téléphone ne doit pas être trop éloigné du lieu d'impact : on peut laisser les élèves explorer ce paramètre. Ils constateront assez aisément que l'accélération mesurée diminue en fonction

de la distance entre l'impact et l'appareil de mesure. Des liens peuvent être faits avec les positions des sismographes sur Terre et la déperdition d'énergie en fonction de la distance vis-à-vis de l'impact (notion à mettre en lien avec celles d'épicentre et de foyer d'un séisme).

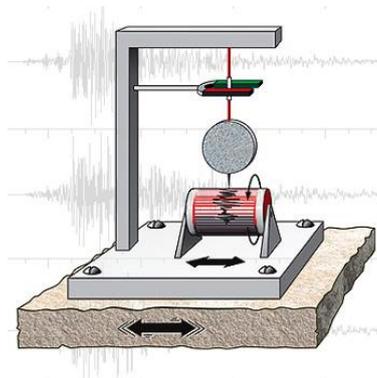
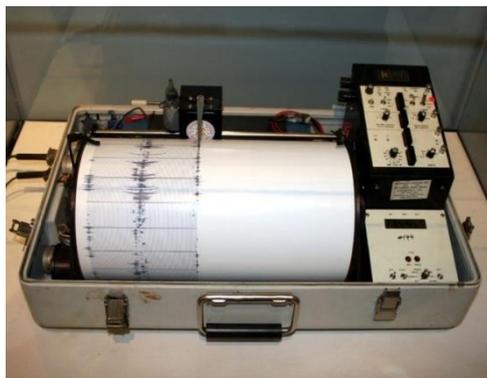
- Mais il ne faut pas être trop près non plus : attention à ne pas écraser le téléphone sous la météorite !
- Pour rendre comparables les différentes mesures, il est important de fixer la distance entre le téléphone et la zone d'impact. Évoquez ce point avec les élèves et convenez d'un système permettant de repérer sur le support l'emplacement du téléphone et la zone de chute avec un peu de ruban adhésif (type *masking tape*) ou un trait de stylo si la surface le permet.

Exemples de mesures

On cherche à vérifier l'hypothèse de Lilian qui se demande si l'impact de la météorite peut provoquer des séismes et, si oui, quels paramètres influencent la force des ondes ressenties.

L'enseignant pourra introduire le défi en interrogeant les élèves sur les outils qu'ils connaissent qui permettant de détecter des tremblements de terre ou des séismes. Les élèves ont souvent déjà entendu parler du sismographe. L'enseignant peut expliquer qu'il s'agit d'un instrument de mesure équipé d'un capteur des mouvements du sol (le sismomètre), qui est capable de les tracer et Les enregistrer sur un support visuel qu'on appelle le sismogramme.

C'est la mesure de la mise en mouvement du sol (autrement dit sa « vibration »), soit à travers sa vitesse, soit à travers son accélération, qui permet de repérer un séisme.



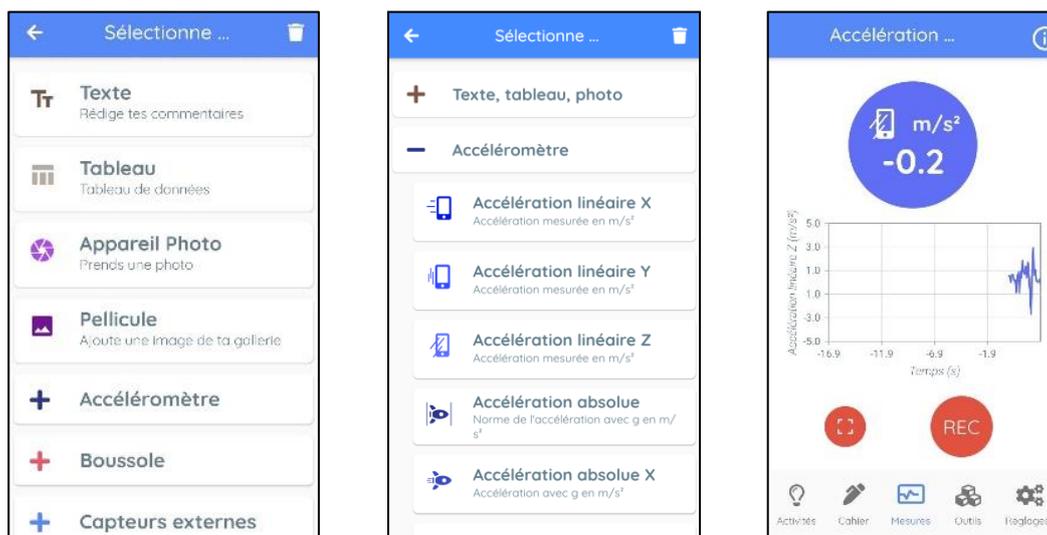
À gauche, photographie d'un sismographe.

À droite, dessin illustrant le principe de la mesure d'un mouvement horizontal par un sismographe : le stylo est maintenu immobile par le poids du disque, tandis que la structure se déplace de gauche à droite.

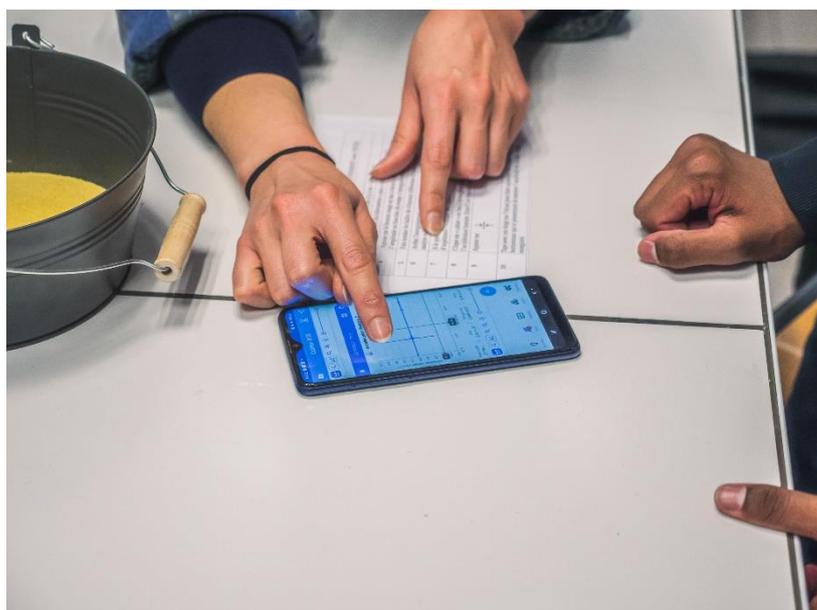
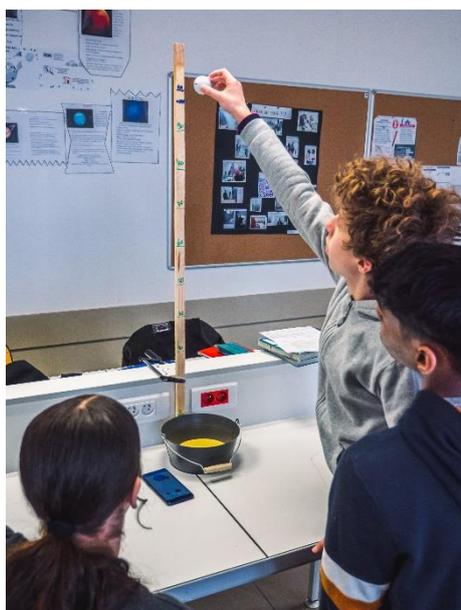
Il peut être judicieux de prendre le temps de discuter avec les élèves de la grandeur qui permettra de caractériser les différents séismes générés à partir des graphiques, en particulier la notion d'amplitude du signal, en les faisant mimer des vibrations plus ou moins fortes : ils comprennent aisément que plus la vibration est importante, plus l'amplitude du signal sera élevée.

Les élèves sont ensuite invités à modéliser la chute de plusieurs météorites et à mesurer, grâce à un smartphone qui agira comme un « sismographe », les vibrations du support pour déterminer l'amplitude maximale des ondes sismiques.

L'enseignant pourra indiquer aux élèves que les smartphones sont équipés d'accéléromètre pouvant mesurer l'accélération du téléphone dans les trois directions. Après discussion (et tests), il paraît plus simple d'enregistrer l'accélération « suivant Z » en posant le téléphone sur le support, près de l'endroit où a lieu l'impact.



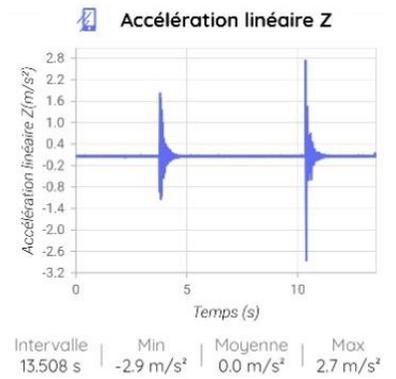
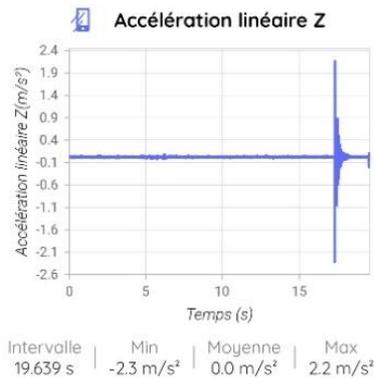
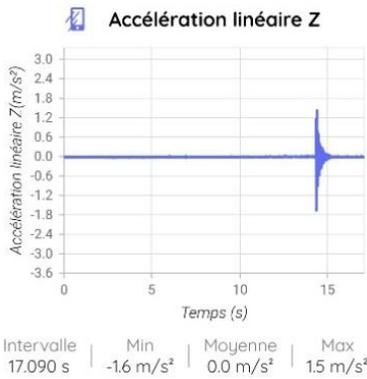
Sélection de l'instrument de mesure « Accéléromètre » (à gauche), puis « Accélération linéaire Z » (au milieu) et écran de mesure (à droite) : la valeur peut être lue dans le cercle à un instant donné et on peut suivre son évolution au cours du temps sur le graphique, à la manière d'un sismogramme.



A gauche : Exemple de dispositif utilisé pour ce défi lors d'une séance en classe : les élèves ont repéré différentes hauteurs sur un bâton qu'ils placent derrière le saladier rempli de semoule ; un smartphone est placé sur la table, à proximité, afin de réaliser les mesures de l'accélération de la table. A droite : L'enseignante indique aux élèves le pic enregistré au moment de l'impact sur l'application FizziQ.

Les élèves peuvent mettre en évidence le lien entre l'accélération du support et l'impact de billes, en fonction de la masse de ces dernières, de la hauteur de chute ou encore de la nature du support sur lequel les billes tombent.

À noter que pour des objets de petite masse, il peut être difficile de reproduire précisément des mesures de l'accélération (voir ci-dessous). Toutefois, les élèves peuvent remarquer qualitativement que les vibrations ressenties sont plus fortes lorsque la masse des billes augmente.



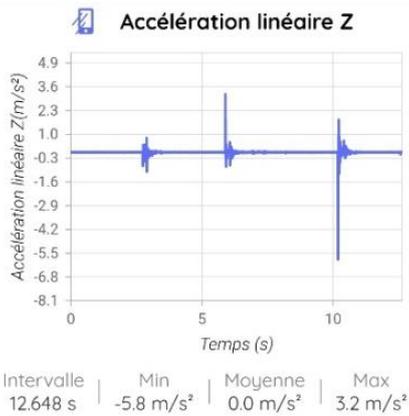
On réalise une première mesure à la suite du lâcher à une hauteur de 50 cm d'une bille de 28 g (à gauche), puis d'une bille de 65 g (au milieu) : l'amplitude maximale de l'accélération est alors environ de 1,5 m/s², puis de 2,2 m/s². On réitère cette expérience et on mesure les deux chutes, l'une à la suite de l'autre (à droite) : l'amplitude maximale de l'accélération est alors environ de 1,8 m/s², puis de 2,7 m/s².

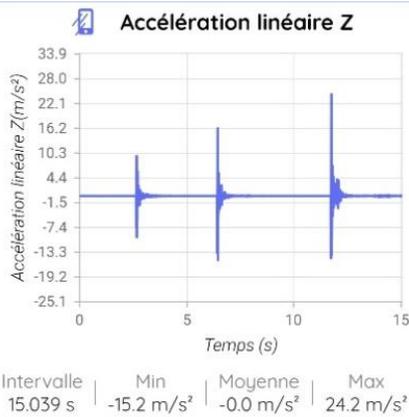
Pour améliorer la reproductibilité des expériences, une possibilité est de mesurer des accélérations dues à des impacts plus importants, en utilisant par exemple un paquet de 1 kg de semoule. Ci-dessous, voici des exemples de mesures réalisées en laissant tomber le paquet depuis différentes hauteurs (20 cm, 40 cm, puis 60 cm) et sur divers supports (différents emplacements de la paillasse, du sol...).

Note pédagogique :

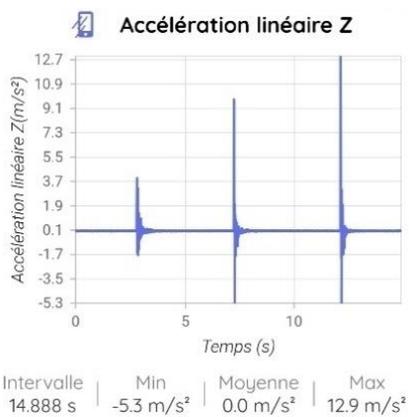
- Ces différentes études peuvent être menées en lien avec le professeur de SVT (étude des séismes) et le professeur de technologie (étude des différentes propriétés des matériaux).

Il sera intéressant d'attirer l'attention des élèves sur le point de repère choisi pour le lâcher de l'objet, afin de faciliter les comparaisons entre les différentes chutes : ici, le bas du paquet correspond à la hauteur de chute.

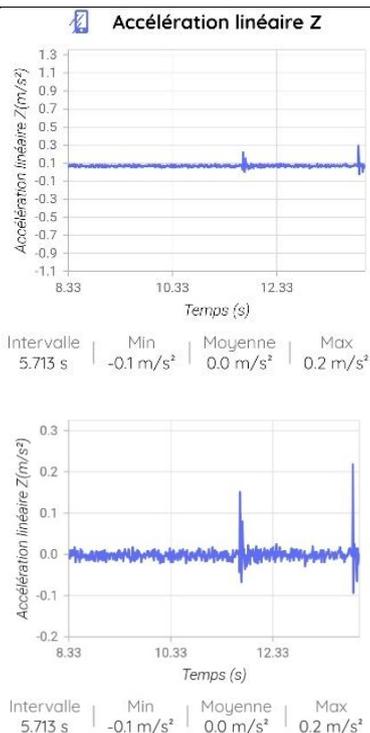
Dispositif expérimental	Mesure	Commentaires et observations
		<p>Le support vibre, mais assez peu, car l'impact a lieu au niveau d'un pied de la table.</p>



Les mesures sont réalisées sur la même table, mais éloignées du pied. On constate que l'amplitude augmente avec la hauteur de chute. Par ailleurs, les vibrations sont plus « symétriques ».



On utilise le même dispositif que précédemment, mais une planche de polystyrène de 12 mm a été placée sur la table. Les accélérations relevées sont moins importantes et moins « symétriques ». Cela signifie que l'onde est plus vite amortie : la couche de polystyrène réduit la transmission des vibrations et l'amplitude du signal mesuré est plus petite. Mais la tendance, en fonction de la hauteur de chute, reste la même : l'amplitude maximale augmente avec la hauteur de chute.



Dans ce dernier exemple, l'impact sur le sol ne se voit pas à l'enregistrement pour une hauteur de 20 cm. Quant aux hauteurs de 40 et 60 cm, l'impact est minime et nécessite de « zoomer » pour lire les valeurs.

Variante :

- Si le défi « Chute de météorites : Mesure de la vitesse d'impact » n'a pas été mené en parallèle de cette activité ou au cours d'une séance précédente, il sera intéressant de filmer les différentes chutes pendant les expériences, afin de pouvoir procéder à une analyse vidéo du mouvement (ici, de la chute de la météorite). L'enseignant peut alors expliquer (ou rappeler) que l'analyse vidéo permet la mesure de la vitesse de l'objet au cours du temps et le calcul d'énergie (cinétique notamment).

Ainsi, il peut être intéressant de traiter cette séquence en fin d'année (par exemple en troisième), après avoir introduit les notions de mouvement et de vitesse, ainsi que l'analyse de chronophotographies. L'application FizziQ peut être utilisée pour faire des analyses de mouvement (photo et vidéo), et plusieurs ressources faisant usage de cet outil dans cette optique sont disponibles sur le site de la Fondation *La main à la pâte*.

Vous pouvez en particulier consulter les défis « [Chronophotographie](#) » et « [Analyse vidéo d'un mouvement](#) ».

Conclusion



Après chaque mesure, les élèves ont noté l'amplitude maximale du signal enregistré au moment de l'impact dans un tableau à double entrée : chaque ligne correspond à une balle différente (ici : balle de golf, bille en bois, pâte à modeler, balle de ping-pong, bille en verre et boule de graisse pour nourrir les oiseaux) et chaque colonne à une hauteur de chute. Ils peuvent également utiliser le cahier d'expériences de FizziQ.

À la fin de la séance, l'enseignant invite les élèves à écrire les conclusions de leurs expériences dans le cahier et, éventuellement, à partager ce dernier avec lui, sous la forme d'un PDF. Puis il leur demande de présenter rapidement à l'oral le protocole qu'ils ont mis en place, ainsi que leurs conclusions.

L'enseignant revient alors sur les notions abordées et propose une synthèse. Si l'analyse vidéo du mouvement et les calculs de vitesse ont été menés au cours d'une séance précédente (voir défi « Chute de météorites : Mesure de la vitesse d'impact »), il peut rappeler les conclusions de cette activité : la vitesse d'impact d'un objet en chute libre dépend de la hauteur à laquelle on le lâche.

Un exemple de formulation de la synthèse de cette activité serait : « Nous avons modélisé la chute d'une météorite en lâchant des objets sur différents supports.

Nous avons étudié les ondes sismiques générées par l'impact grâce à l'accéléromètre de notre téléphone, qui agit comme un "sismographe" : il mesure la mise en mouvement du support (c'est-à-dire son accélération). L'amplitude maximale des vibrations ressenties est un indicateur de l'énergie libérée par le séisme.

Nous avons fait varier plusieurs paramètres (la masse, la hauteur de chute et la nature du support) et avons constaté que :

- les vibrations ressenties dépendent de la nature du support sur lequel l'objet tombe ;
- pour une hauteur donnée et sur le même support, plus l'objet a une masse importante, plus l'amplitude de la vibration du support est grande ;
- pour une masse donnée et sur le même support, plus la hauteur de chute est élevée, plus l'amplitude de la vibration du support est importante. »

Pour ce dernier point, si l'activité est menée en parallèle ou à la suite du défi « Mesure de la vitesse d'impact », l'enseignant pourra être plus précis et faire le lien entre la hauteur de chute et la vitesse d'impact : « Pour une masse donnée et sur le même support, plus la hauteur de chute est élevée, plus la vitesse d'impact et l'amplitude de la vibration du support sont importantes. »

Cela permet à l'enseignant d'introduire la notion d'énergie (énergie cinétique et énergie de position, conversion), qu'il pourra choisir de développer davantage en fonction du niveau de la classe et en s'appuyant au besoin sur les résultats d'énergies calculés par FizziQ après le pointage des vidéos.

Message à emporter

- Un séisme correspond à une mise en mouvement brève et brutale de la partie superficielle du globe terrestre. Un sismographe permet de repérer un séisme en mesurant la mise en mouvement du sol (son accélération).
- Au moment de l'impact d'un objet sur un support (par exemple à la suite de la chute d'une météorite), une partie de son énergie se propage dans le support sous forme d'ondes sismiques. Ces ondes se propagent différemment selon les matériaux traversés.
- Pour un matériau donné, l'amplitude de la vibration du support générée par la chute de l'objet augmente avec la hauteur de chute et avec la masse de l'objet.

Prolongements possibles

- **[Séquence d'activités]** Cette ressource peut s'insérer comme un prolongement des séquences d'activités « [Cratères et météorites](#) » et « [Cratères et météorites, question d'énergie !](#) » (disponibles sur le site de la Fondation *La main à la pâte*) qui introduisent de façon expérimentale le concept d'énergie.
- **[Séquence d'activités]** La séquence « [Bille qui roule n'amasse pas mousse](#) » (disponible sur le site de la Fondation *La main à la pâte*) permet de mettre en évidence les transformations d'énergie de position en énergie cinétique, et inversement. Elle peut faire suite à une première approche du concept d'énergie, d'énergie de position et d'énergie cinétique, et constitue un bon prolongement (réinvestissement et approfondissement des notions ayant été abordées) de la séquence « [Cratères et météorites](#) » et, a fortiori, de ce défi.

Programme

Technologie :

- Mobiliser des outils numériques ;

Sciences :

- [SVT] Explorer et expliquer certains phénomènes géologiques liés au fonctionnement de la Terre.
- [Physique] Identifier les sources, les transferts, les conversions et les formes d'énergie.
- Mesurer des grandeurs physiques de manière directe ou indirecte.
- Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer des conclusions et les communiquer en argumentant.
- Développer des modèles simples pour expliquer des faits d'observations et mettre en œuvre des démarches propres aux sciences.
- Utiliser des outils d'acquisition et de traitement de données, de simulations et de modèles numériques.

Crédits

- La photo du sismographe de la page 4 est issue de Wikipedia et a été produite par Yamaguchi先生 (licence Creative Commons CC BY-SA 3.0).
- Le dessin illustrant le principe du sismographe à la page 4 est issu de Wikipedia où il a été déposé par Dollynarak sans restriction d'usage et de diffusion (Free Art License).
- L'illustration de la page 2 a été créée par Pauline Bacle pour cette ressource.
- Les captures d'écran sont issues de l'application FizziQ.
- Les photos des pages 5 et 8 ont été prises par Guillaume Soto-Lena pour la Fondation *La main à la pâte* lors d'une séance au collège Cesária Évora de Montreuil.

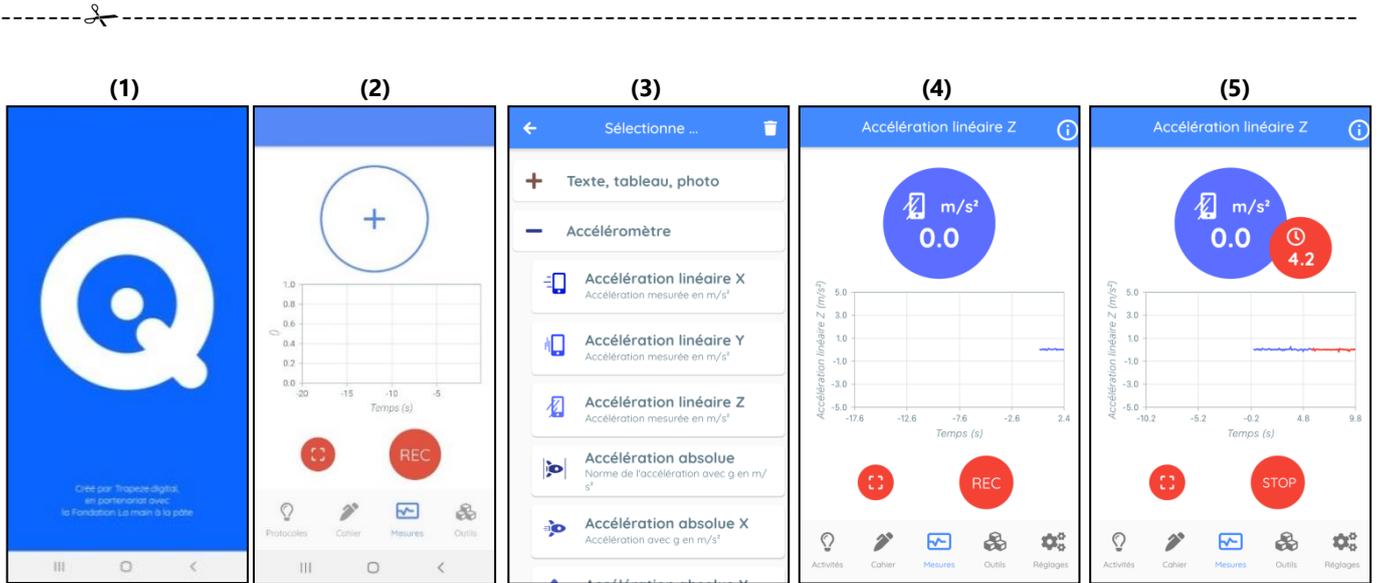
Aides

Liens vers quelques sites utiles et notices

- <https://www.fondation-lamap.org/fr/fizziq> : vous retrouverez ici les différents documents pédagogiques proposés en lien avec l'utilisation de l'application FizziQ, notamment des défis pour les élèves que vous pouvez adapter en fonction de vos objectifs et de vos classes.
- <https://www.fizziq.org/> : vous y retrouverez notamment des protocoles dont vous pouvez vous inspirer pour créer vos propres protocoles.

Guidage pour les élèves (selon besoins)

Ce guidage « pas à pas » pourra être distribué aux élèves pour gagner du temps s'ils sont bloqués, s'ils ne connaissent pas ou ne sont pas à l'aise avec l'application, et pour les aider à tirer des conclusions et à répondre au défi.



- Ouvre l'application FizziQ **(1)**.
- Appuie sur le bouton  pour choisir un instrument de mesure ou va dans l'onglet « Mesures » **(3)** : le capteur « Accéléromètre » permet de mesurer l'accélération du téléphone (c'est-à-dire comment sa vitesse varie au cours du temps).
- On peut par exemple mesurer l'accélération linéaire Z **(4)**. Observe comment varie la grandeur quand tu laisses ton téléphone immobile, ou quand tu mimes une vibration en montant et en descendant successivement ton téléphone.
- Le bouton « REC » permet d'enregistrer la mesure pendant un certain temps **(5)**.

Conception et rédaction

Pauline BACLE pour la Fondation *La main à la pâte*

Contributeurs

Aline CHAILLOU pour la Fondation *La main à la pâte*, Katia ALLÉGRAUD pour la Fondation *La main à la pâte*, Frédéric PÉREZ pour la Fondation *La main à la pâte*, Antoine HUPELIER, Joël PETIT, Émilie FAKHRI et Fatima-Zohra MEDJOUB et leur classe de troisième du collège Cesária Évora (Montreuil, 93).

Cette ressource a été produite avec le soutien de CGI et de la Fondation Sciences Éducation Solidarité

CGI



En partenariat avec Trapeze.digital

TRAPEZE.DIGITAL

FizziQ

Date de publication

Mai 2023

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'utilisation commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

www.fondation-lamap.org



FONDATION
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE