

Technologie - Histoire

## Comment les Romains et les Grecs soulevaient-ils des charges lourdes ?

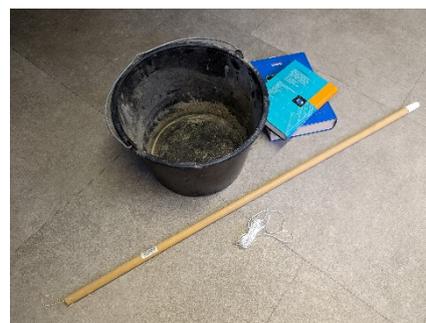
*Les élèves étudient comment le principe de la poulie permettait déjà dans l'Antiquité de soulever de lourdes charges avec un minimum d'effort.*

**Cycle :** 2 - 4

**Durée :** environ 1 leçon

### **Matériel nécessaire :**

- Fil de nylon fin
- Manche à balai
- Seau muni d'une anse
- 1 à 2 livres ou autres objets (pierres, chèvres) lourds (qui servent de poids)



Le matériel listé suffit pour une seule expérience. Vous devez donc adapter les quantités données en fonction de la méthode de travail (nombre d'élèves, travail individuel ou travail en groupe, etc.).

### **Consignes de sécurité**

Cette expérience n'est pas dangereuse.

### **Conseils pratiques**

Le manche et le fil doivent avoir une surface lisse.

Vous avez as des conseils pratiques supplémentaires ? Alors contactez-nous [ici](#).

### **Déroulement**

Afin de vous familiariser avec le déroulement de l'expérience et le matériel, il est important que vous réalisez l'expérience une fois avant le cours.

Vous souhaitez que vos élèves documentent l'expérience ? À la fin de cet article (au-dessus de la boîte à infos), vous trouverez une fiche de recherche (PDF avec deux pages DIN A4), qui pourrait être utile à vos élèves.

#### **Étape 1 : Posez une question et émettez des hypothèses**

La question que vous abordez dans cette unité est la suivante :

Comment les Romains et les Grecs soulevaient-ils des charges lourdes ?

#### **Proposition d'introduction :**

Montrez aux élèves des images de monuments connus de l'Antiquité, tels que l'Acropole ou le Colisée. Montrez-leur aussi des gros plans de colonnes sur lesquels on distingue bien qu'elles sont constituées de pierres individuelles géantes empilées les unes sur les autres. De quelle époque datent ces constructions ?



*Ruines d'un temple antique dans le parc archéologique de Paestum et Velia, dans le sud de l'Italie. Photo : FNR*

Les enfants peuvent-ils imaginer comment les gens construisaient ces monuments à l'époque ? Quels moyens ont été employés pour empiler les lourdes pierres ?

Laissez les élèves énoncer leurs hypothèses (affirmations, suppositions). Dessinez notez vos propositions. Partagez-les avec la classe et motivez vos réflexions. Notez les hypothèses au tableau. À ce stade, le fait de trouver la bonne réponse est secondaire. Il s'agit plutôt de développer des idées et de découvrir ce que les élèves savent déjà.

### **Hypothèses possibles :**

- Ils ont construit une grue
- Beaucoup d'esclaves ont dû aider à porter les blocs de roche
- Ils ont utilisé des animaux
- À l'aide d'une poulie (Vous vérifieriez cette hypothèse dans l'expérience.)

Demandez aux enfants s'ils ont une idée comment tester l'hypothèse à l'aide d'une expérience. Pour les guider vers l'expérience proposée, vous pouvez aussi leur montrer le matériel de l'expérience.

### **Étape 2 : Réalisez l'expérience**

Pour découvrir comment soulever des charges lourdes en déployant un minimum de force, les enfants se familiarisent avec le principe du palan dans l'expérience.

Suivez chaque étape avec les enfants mais laissez-les réaliser l'expérience eux-mêmes :

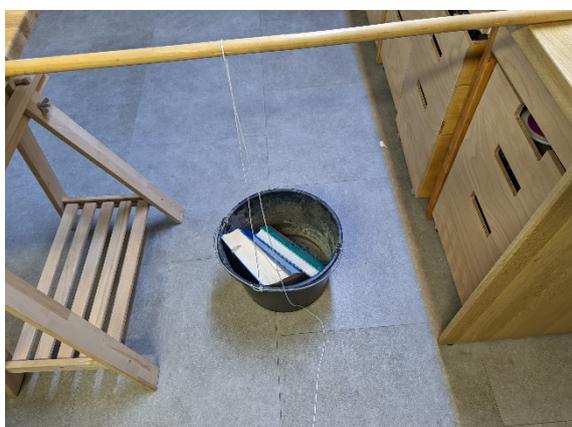
- 1) Placez le manche à balai entre deux tables, de manière à former un pont.
- 2) Placez le poids (livres ou pierres) dans le seau.
- 3) Fixez une extrémité du fil à l'anse du seau et faites passer le fil par-dessus le manche du balai.
- 4) Tirez sur l'extrémité libre pour soulever le seau avec son poids. C'est lourd, n'est-ce pas ?
- 5) Défaites le nœud du seau et attachez l'extrémité du fil au manche à l'aide d'un nouveau nœud.
- 6) Passez le fil dans l'anse du seau, puis remontez et passez par-dessus le manche de balai en laissant l'extrémité du fil pendre librement. Tirez sur l'extrémité libre du fil pour soulever le seau avec son poids.
- 7) Répétez l'étape 6. Veillez à ce que le fil ne se croise pas.
- 8) Répétez à nouveau l'étape 6.



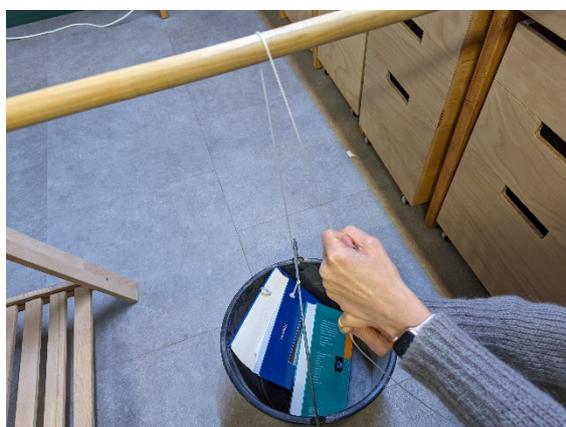
1) Placez le manche à balai entre deux tables.



2) Placez le poids dans le seau.



3) Fixez une extrémité du fil à l'anse du seau et faites passer le fil par-dessus le manche du balai.



4) Tirez sur l'extrémité libre pour soulever le seau avec son poids.



5) Défaites le nœud du seau et attachez l'extrémité du fil au manche à l'aide d'un nouveau nœud.



6) Passez le fil dans l'anse du seau, puis remontez et passez par-dessus le manche de balai en laissant l'extrémité du fil pendre librement. Tirez sur l'extrémité libre du fil pour soulever le seau avec son poids.



7) Répétez l'étape 6. Veillez à ce que le fil ne se croise pas.



8) Répétez à nouveau l'étape 6.

Comment la force nécessaire pour soulever le poids change-t-elle successivement ? Qu'en est-il de la longueur du fil que vous devez tirer vers vous pour soulever le poids sur la même hauteur ? Ces changements sont-ils constants ?

### Étape 3 : Observez ce qui se passe

Demandez aux enfants de raconter ce qu'ils ont observé après chaque soulèvement.

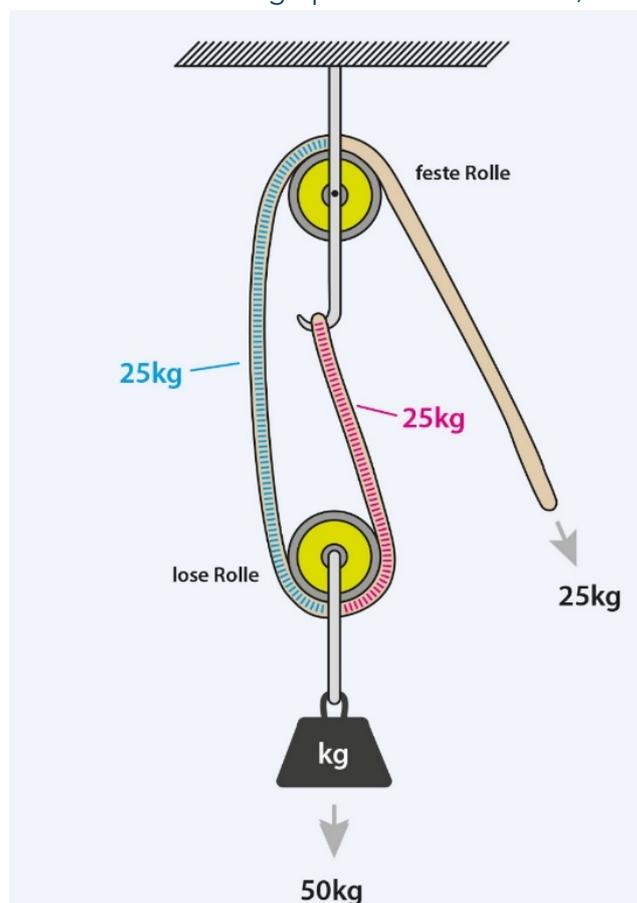
Les enfants constateront que la force nécessaire diminue d'essai en essai. Plus le nombre de boucles autour du manche et de l'anse est élevé, plus la charge semble « légère ». Il faut bien entendu chaque fois disposer d'un fil plus long. Les élèves remarqueront toutefois aussi qu'après plusieurs tours, la différence ne semble plus aussi importante.

#### Étape 4 : Expliquez le résultat

Dans notre expérience, le palan est constitué du manche à balai et de l'anse du seau. Généralement, on utilise des poulies. On distingue les poulies fixes ou poulies de renvoi (manche à balai) et les poulies mobiles (anse). Le poids est suspendu à la poulie mobile. Une corde est mise en place sous la poulie fixe, descend sur la roue mobile avant de remonter sur la roue fixe. Si l'on souhaite soulever le poids, la force qu'il faudrait déployer sans palan est répartie sur deux morceaux de corde, et donc divisée par deux. On peut augmenter le nombre de poulies à volonté. Ici, la règle veut que la force à appliquer pour soulever le poids est divisée par le nombre de morceaux de corde porteurs. Notre expérience ne permet pas de confirmer complètement cette règle : il y a beaucoup de frottement lorsqu'on tire sur la corde qui fait des boucles sur l'anse du seau et le manche à balai. C'est pourquoi après plusieurs tours, la différence ne semble plus aussi importante.

Une autre caractéristique du palan est que la longueur de corde nécessaire pour soulever un poids augmente avec le nombre de poulies. (Règle d'or de la mécanique : pour économiser des forces, il faut parcourir un chemin plus long, Galilée.)

Les palans sont également utilisés aujourd'hui pour déplacer des charges lourdes avec peu d'énergie : par exemple les grues dans les ports de conteneurs, le mécanisme de levage pour les ascenseurs, les voiliers (tension des voiles), ...



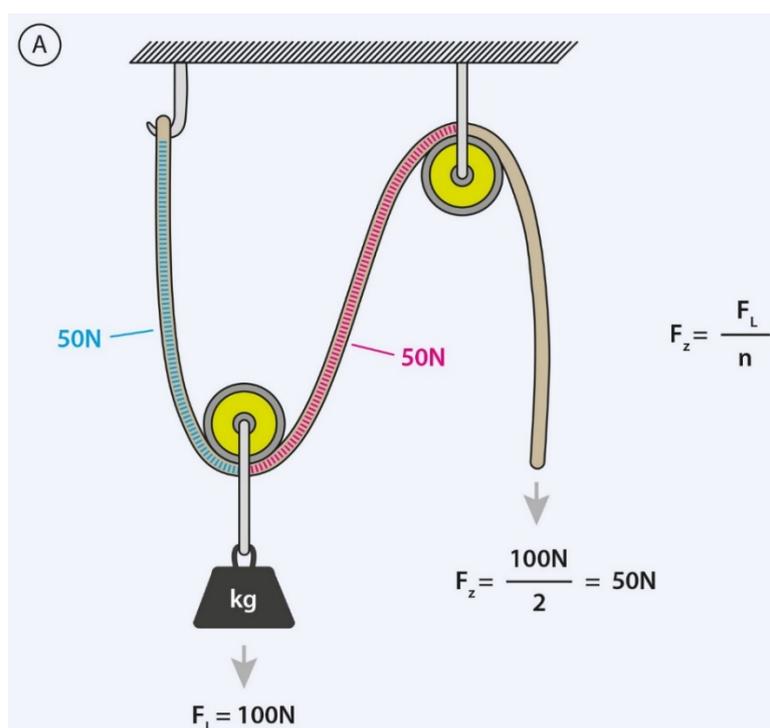
Vous trouverez une explication détaillée ainsi que d'autres informations supplémentaires dans l'infobox ci-dessous.

Remarque : en tant qu'enseignant, vous ne devez pas nécessairement, dans un premier temps, connaître toutes les réponses et explications. Dans cette rubrique « Idées pour l'enseignement des sciences à l'école fondamentale », il s'agit avant tout de familiariser les élèves à la méthode scientifique (question - hypothèse - expérience - observation/conclusion) afin qu'ils apprennent à l'utiliser de façon autonome. Vous pouvez, dans un deuxième temps, chercher ensemble la (les) réponse(s) / explication(s) dans des livres, sur internet ou en questionnant des experts.

Souvent, l'expérience et l'observation (étapes 2 & 3) font émerger de nouvelles questions. Prenez le temps de vous concentrer sur ces questions et de répéter les étapes 2 et 3 en prenant compte des nouvelles découvertes et des autres variables.

### **Explications supplémentaires**

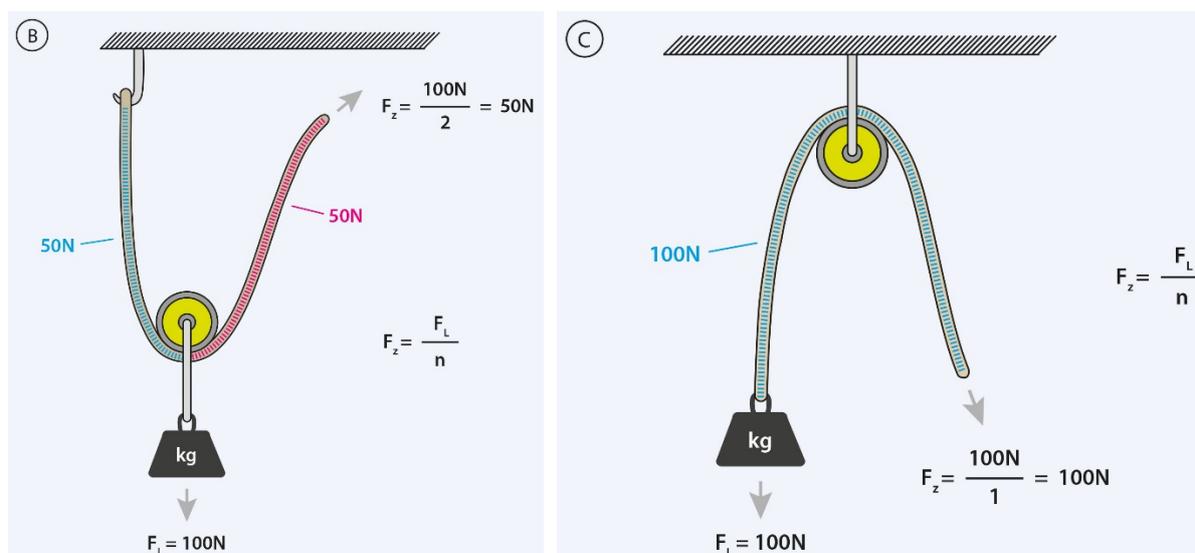
Un palan simple se compose d'une corde avec une extrémité fixe, d'une poulie mobile à laquelle est accroché un poids et d'une poulie fixe. En partant de l'extrémité fixe, on fait passer la corde sous la poulie mobile munie du poids, puis on la fait remonter par-dessus la poulie fixe (figure A). Vous pouvez à présent tirer vers le bas l'autre extrémité de la corde pour soulever le poids au niveau de la poulie mobile. Dans le cas de figure le plus simple - une poulie mobile et une poulie fixe - la force à fournir pour soulever le poids est réduite de moitié. La figure A correspond aux étapes 5 à 7 de l'expérience réalisée par les élèves. On fait passer l'extrémité fixe de la corde (sur le manche à balai) par-dessus une poulie mobile (anses du sac), puis par-dessus une poulie fixe (le manche à balai). Ensuite, on tire la corde vers le bas.



Le principe d'un palan repose sur la répartition du poids sur les sections de corde porteuses. Dans le cas que nous venons de décrire, il s'agit des deux sections de corde dans le brin desquelles se trouve la poulie mobile. La section de corde sur laquelle on tire n'est pas porteuse. La poulie fixe lui transmet le poids qui repose sur la section de corde précédente (entre la poulie mobile et la poulie fixe).

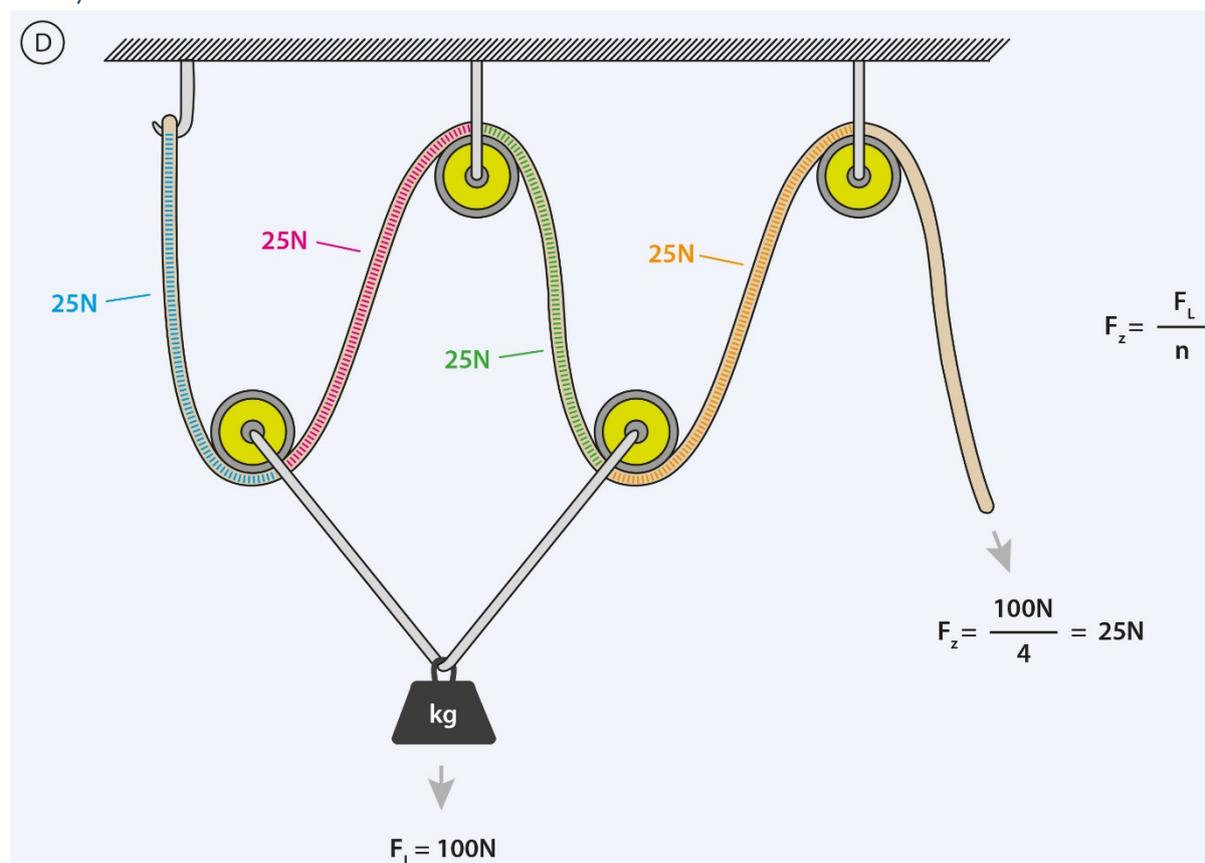
Si la force de pesanteur ( $F_L$ ) d'un poids est de 100 N, il faut appliquer une force de traction ( $F_Z$ ) de 50 N pour soulever le poids en répartissant la force de pesanteur sur deux sections de corde porteuses ( $n = 2$ ). Le Newton (N) est l'unité de mesure de la grandeur physique force. Il faut appliquer 1 N pour qu'un corps d'une masse de 1 kg prenne une vitesse de 1 mètre par seconde en 1 seconde. Pour les palans, la règle suivante s'applique :  $F_Z = F_L/n$ .

Le même effet peut être obtenu sans poulie fixe (figure B). Si on fixe la corde en haut et qu'on la fait passer en dessous d'une poulie mobile (munie du poids) et qu'on tire dessus vers le haut, il faut aussi appliquer seulement la moitié de la force. La section de corde sur laquelle on tire est porteuse dans ce cas. Si on laisse toutefois de côté la poulie mobile et que le poids se trouve à l'extrémité d'une corde passant par-dessus une poulie fixe accrochée au support en haut, il faut tirer vers le bas la dernière section de corde (figure C). Pour soulever le poids, toute la force doit être appliquée. Le poids total se trouve sur la section de corde porteuse avant la poulie fixe et la poulie fixe transmet la force à appliquer à la section de corde sur laquelle on tire ( $F_Z = F_L$ ).



Si on multiplie par deux le premier dispositif, la force de pesanteur repose sur quatre sections de corde au total et la force à appliquer est à nouveau réduite de moitié, elle est donc divisée par quatre (figure D). Le poids est désormais fixé sur deux poulies libres qui se trouvent au niveau des brins de la corde et la corde passe par-dessus deux poulies fixes. La force de pesanteur se répartit sur : la section entre la fixation de la corde et la première poulie mobile, la section entre la première poulie mobile et la première poulie fixe, la section entre la première poulie fixe et la deuxième poulie mobile et la section entre la deuxième poulie mobile et la deuxième poulie fixe. La force de traction devant être appliquée à la dernière section de corde pour soulever le poids équivaut à :  $F_Z = F_L / n$  (dans l'exemple avec une force de pesanteur de 100 N :  $25 = 100/4$ ). L'étape 8 de l'expérience réalisée par les élèves correspond à peu près à ce cas de figure. En partant de

l'extrémité fixe, la corde a d'abord été passée le long d'une poulie mobile (les anses du sac), puis par-dessus une poulie fixe (le manche à balai), puis à nouveau le long de la poulie mobile (les anses du sac) et enfin une nouvelle fois par-dessus une poulie fixe (le manche à balai).



La règle d'or de la mécanique stipule que pour les poulies, la force économisée doit être ajoutée sous forme de chemin à parcourir. Cela signifie que plus le poids a été réduit, plus la corde doit être tirée sur une longue distance. Si le poids est réparti sur deux cordes portantes, la distance sur laquelle la corde doit être tirée pour hisser le poids à la même hauteur que si l'on n'utilisait pas le palan est doublée (figure C). Si la force à appliquer est quatre fois moindre, le chemin à parcourir est quatre fois plus long. Galilée a formulé la règle d'or de la mécanique en 1594.

Dans les combinaisons de poulies, ces dernières ne sont généralement pas fixées les unes à côté des autres, mais les unes derrière les autres, de sorte que les différentes sections de corde sont parallèles. Les palans sont utilisés par exemple sur les grues. On peut utiliser une variante du dispositif illustré à la figure A (le poids et l'extrémité libre de la corde se trouvent en bas) pour l'autosauvetage en montagne. La personne à secourir doit toutefois se servir d'une corde fixée plus haut qui descend dans sa direction. Il peut se hisser le long de cette corde à l'aide d'une deuxième corde et de simples mousquetons. Dans ce cas de figure, les mousquetons remplacent les poulies mobiles et fixes.

### **Expérience avancée**

Une épreuve de force entre ami·e·s : Vous avez besoin d'une corde de quatre mètres de long, d'un manche à balai et d'un poteau fixe avec une surface lisse, par exemple le poteau

fin d'un lampadaire. Attachez une extrémité de la corde au lampadaire à l'aide d'un noeud solide. Deux enfants tiennent le manche à balai. Faites passer la corde du poteau au manche à balai, puis à nouveau par-dessus le poteau. Un troisième enfant se place à côté des premiers élèves, tire fermement sur l'extrémité libre de la corde et essaie de leur faire perdre l'équilibre.

### **Concernant le concept de cette rubrique : transmettre la méthode scientifique**

La rubrique « Idées pour l'enseignement des sciences à l'école fondamentale » a été élaborée en coopération avec le Script (Service de Coordination de la Recherche et de l'innovation pédagogiques et technologiques) et est destiné principalement aux enseignantes et enseignants de l'école fondamentale. L'objectif de cette rubrique est de vous épauler, dans votre rôle d'enseignant, avec de petits articles, afin de vous aider à transmettre la méthode scientifique. Pour ce faire, il n'est pas nécessaire que vous sachiez déjà tout sur le thème de sciences naturelles en question. Il s'agit plutôt de créer un environnement dans lequel les élèves pourront expérimenter et observer. Un environnement, dans lequel les élèves apprendront à poser des questions et à formuler des hypothèses, à développer des idées et à trouver les réponses à travers l'observation.

C'est pourquoi nous structurons toujours nos articles selon le même schéma (question, hypothèse, expérience, observation/conclusion),\* que l'expérience soit réalisée de façon autonome en classe ou qu'elle soit présentée par visionnage d'une vidéo. Ce schéma peut en fait être appliqué à tous les thèmes scientifiques.

Nous fournissons, en plus des connaissances de base, des explications supplémentaires afin de permettre aux enseignants intéressés de s'informer et de pouvoir répondre aux éventuelles questions. Cela donne également la possibilité aux élèves d'effectuer eux-mêmes des recherches sur science.lu.

Nous espérons que nos articles vous seront utiles et que vous pourrez les appliquer en classe. Nous serions heureux que vous nous fassiez part de votre feedback et de vos suggestions et nous sommes prêts à améliorer constamment nos articles. Vous pouvez nous contacter ici.

*\*Dans la pratique, le processus scientifique ne se déroule pas toujours de manière aussi linéaire. Cependant, pour des raisons de simplicité, nous procédons normalement de manière linéaire dans cette rubrique.*

### **Excursions au Luxembourg et alentours en rapport avec le sujet**

Au **Luxembourg Science Center**, les visiteurs ont la possibilité de se hisser eux-mêmes à l'aide de poulies à l'entrée de la salle d'exposition.

Site Internet : [www.science-center.lu](http://www.science-center.lu)

### **SciTeach Center: Matériel d'expérimentation & apprentissage basé sur la recherche et la découverte**

Au [SciTeach](#) Center les enseignants peuvent emprunter du matériel d'information, d'expérimentation et d'exposition. Ils peuvent ainsi se familiariser avec l'apprentissage

basé sur la „recherche-découverte“ centré sur l'élève lors de formations continues offertes par le centre.

Alors que notre rubrique vise à permettre aux élèves de s'accoutumer à la méthode scientifique à l'aide d'instructions, le concept de l'apprentissage basé sur la recherche et la découverte consiste à donner aux élèves une plus grande liberté de création. En tant qu'enseignant, vous ne ferez que mettre un peu de matériel à disposition ou poser quelques questions. Les élèves décident ensuite eux-mêmes ce qui les intéresse ou ce qu'ils ont envie d'essayer. Votre rôle en tant qu'enseignant est de les accompagner et de les soutenir dans leur travail.

Au SciTeach Center, l'apprentissage des compétences en cours de sciences naturelles doit être encouragé. Pour ce faire, le SciTeach Center offre aux enseignants la possibilité de développer de nouvelles idées et activités pour leurs cours de sciences naturelles, en collaboration avec d'autres enseignants et le personnel scientifique du SciTeach Center. Ce travail collectif a également pour but de renforcer la confiance dans son propre cours et d'évacuer les peurs éventuelles face à des expériences libres en classe. Les réunions sont animées par des collaboratrices scientifiques de l'Université du Luxembourg et par des enseignantes.

### **Également intéressant :**

Kann een en Auto mat eegener Kraaft ophiewen?

<https://science.lu/de/flaschenzuch/kann-ee-en-auto-mat-eegener-kraaft-ophiewen>

*Auteurs : Marianne Schummer, Olivier Rodesch (SCRIPT), Michèle Weber (FNR), scienceRELATIONS (Insa Gülzow)*

*Concept : Jean-Paul Bertemes (FNR), Michelle Schaltz (FNR), Joseph Rodesch (FNR), Yves Lahur (SCRIPT)*

*Révision : Tim Penning, Thierry Frentz (SCRIPT), Michèle Weber (FNR)*