

3

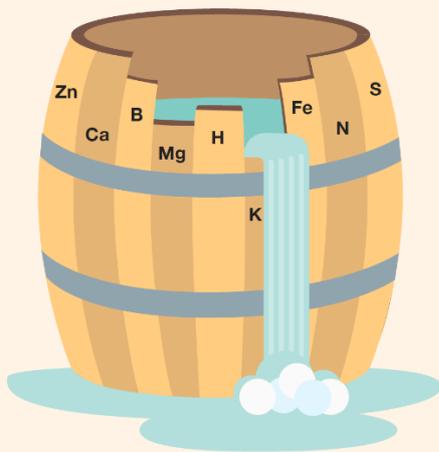
Modélisation :

Utiliser des modèles pour faciliter la compréhension



Les modèles sont un élément essentiel du développement et du partage du savoir scientifique, et ils existent depuis aussi longtemps que les scientifiques s'expliquent leurs idées les uns aux autres (Figure 1). Les modèles sont essentiels, car la science implique souvent de travailler sur des phénomènes et des concepts inaccessibles à nos sens du quotidien. La réalité est complexe et les modèles peuvent aider à simplifier les choses et à les rendre plus faciles à gérer et à comprendre.

Figure 1 - L'analogie du tonneau pour les facteurs limitants.



Justus von Liebig (1803-1873) a utilisé l'analogie d'un tonneau (Figure 1) pour expliquer l'effet des nutriments limitant sur la croissance des plantes. La hauteur de l'eau représente la croissance de la plante et chacune des planches en bois représente un des nutriments dont la plante a besoin pour grandir. Dans cet exemple, le taux de croissance est limité par le potassium, K.

Les bons enseignants utilisent tout le temps des modèles pour faire des ponts entre les idées initiales des élèves et la nouvelle compréhension à laquelle ils doivent accéder. Les modèles sont des façons de penser la « chose réelle », et il en existe de nombreux types (voir Encadré 1). En étant explicite sur les modèles, vous pouvez aider vos élèves à comprendre leur propre réflexion. En les invitant à commenter et à améliorer les modèles, vous pouvez leur donner des informations supplémentaires.

Encadré 1 : Les modèles souvent utilisés par les enseignants

Les modèles souvent utilisés par les enseignants incluent :

- *Les modèles en trois dimensions* – par exemple, un modèle en plastique avec boules et bâtonnets d'une molécule organique, ou un modèle en plastique coloré du système circulatoire humain ;
- *Les modèles écrits et verbaux* – par exemple, des analogies comme l'écoulement de l'eau pour le courant électrique ;
- *Les modèles mathématiques* – par exemple, les équations du mouvement et les formules chimiques ;
- *Les visuels* – comme les graphiques, les schémas et les animations ;
- *Les modèles numériques* – comme les simulations de la croissance d'une population.

Où sont les « preuves » ?

La recherche montre que la modélisation est répandue dans l'enseignement des sciences. Les études se concentrent généralement sur la manière d'optimiser l'utilisation des modèles plutôt que sur la valeur des modèles eux-mêmes. Les données suggèrent que :

- Les idées sur lesquelles reposent les modèles doivent être familières aux élèves, faute de quoi ils pourraient plus les embrouiller qu'autre chose ;
- Il est important que les élèves comprennent en quoi les modèles diffèrent de l'idée enseignée et apprennent l'idée sous-jacente plutôt que le modèle.

3-a : Utilisez des modèles pour aider les élèves à développer une compréhension approfondie des concepts scientifiques

La connaissance scientifique est difficile à apprendre, car nous évoluons constamment entre les observations que nous pouvons faire avec nos sens, les explications des observations et la représentation symbolique de ces explications. Vous pouvez utiliser des modèles pour lier des observations à des explications et des représentations.

L'idée de trois niveaux de connaissances scientifiques a été développée pour la première fois par Alex Johnstone, qui l'a initialement utilisée pour expliquer les trois niveaux de connaissances en chimie. La figure 2 montre le triangle de Johnstone.

Le triangle de Johnstone peut être étendu pour inclure tout l'apprentissage des sciences. En physique, les trois niveaux peuvent être « le macro » (par exemple, les objets physiques), « l'invisible » (comme les forces, les réactions et les électrons) et « le symbolique » (formules). En biologie, les trois niveaux peuvent être « le macro » (par exemple, les plantes ou les animaux), « le micro » (comme les cellules) et « le biochimique » (par exemple, l'ADN).

Chacun de ces niveaux aide à créer une compréhension individuelle d'un phénomène, et les scientifiques experts développeront une compréhension qui combine les trois niveaux. Cependant, les élèves opèrent souvent au niveau macroscopique et ont du mal à relier leurs expériences du phénomène aux niveaux infra-microscopique et symbolique - d'autant qu'ils ne peuvent pas observer ces deux niveaux. Les modèles aident les élèves à relier les observations aux niveaux infra-microscopiques et symboliques et à construire une compréhension plus riche.

Figure 2 : Le triangle de Johnstone – pour les 3 niveaux de connaissances en chimie.

Les trois niveaux de description sont :

- le **macroscopique** – comprenant les connaissances descriptives acquises par l'expérience, soit directement (par nos sens), soit indirectement (par la mesure), par exemple :

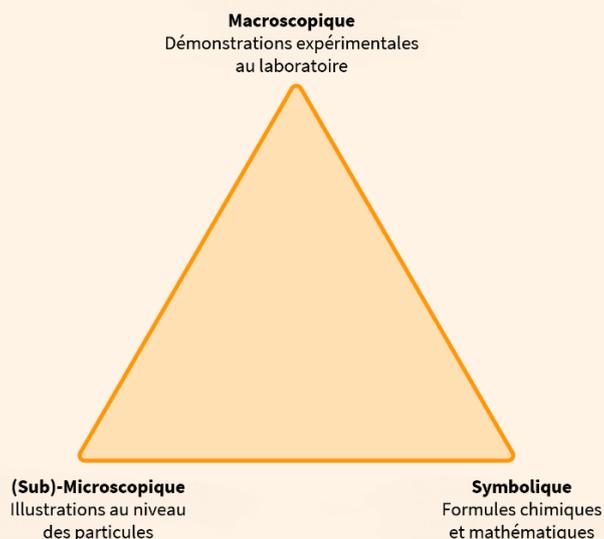
Le gaz naturel brûle en présence d'air et peut être utilisé pour réchauffer les choses ;

- l'**infra-microscopique** – comprenant les modèles explicatifs que les scientifiques ont développés pour donner un sens aux observations au niveau macroscopique ; on ne peut pas observer directement les choses à ce niveau. Par exemple :

Le gaz naturel est principalement composé de méthane, un composé chimique qui subit une réaction de combustion avec l'oxygène de l'air, produisant deux nouvelles substances, le dioxyde de carbone et l'eau, et libérant de l'énergie sous forme de chaleur et de lumière ;

- le **symbolique** – comprenant les symboles chimiques, les formules et les équations mathématiques :

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O + \text{énergie.}$



3-b : Sélectionnez les modèles que vous utilisez avec soin

En tant que professeur de sciences, vous avez de nombreux modèles dans votre répertoire. Les modèles ne devraient être utilisés que s'ils facilitent la compréhension – et il existe de nombreux concepts qui peuvent être enseignés sans utiliser de modèles.

Réfléchissez bien aux modèles que vous allez utiliser avant, pendant et après les cours.

L'approche FAR (*Focus, Action et Réflexion*) (Encadré 2) est une méthode pratique pour s'interroger.

Assurez-vous que les élèves connaissent l'idée sous-jacente sur laquelle repose le modèle prévu. Si le modèle est tout aussi inconnu que le nouveau concept enseigné, le modèle peut gêner plutôt que faciliter l'enseignement.

Encadré 2 : L'approche FAR pour utiliser des modèles

Focus (avant le cours)	
Concept qui sera enseigné durant le cours	Le concept ou le processus est-il difficile, inconnu ou abstrait pour les élèves ?
Elèves	Quelles idées les élèves connaissent-ils déjà à propos du concept ou du processus que le modèle va décrire ?
Modèles	Les élèves sont-ils familiers du modèle en lui-même ?

Action (durant le cours)	
Discussion	Discutez des caractéristiques du concept scientifique et du modèle
Similarités	Etablissez les similarités entre le concept et le modèle
Différences	Discutez en quoi le modèle est différent du concept

Réflexion (durant le cours)	
Conclusions	Est-ce que le modèle était clair et utile, ou embrouillant ?
Améliorations	Comment pourrait-on améliorer le modèle pour une utilisation future ? Est-ce que la classe a besoin de revoir cette idée ?

Adapté de Treagust *et al.*, 1998

3-c : Enseignez explicitement aux élèves les modèles et encouragez-les à les critiquer

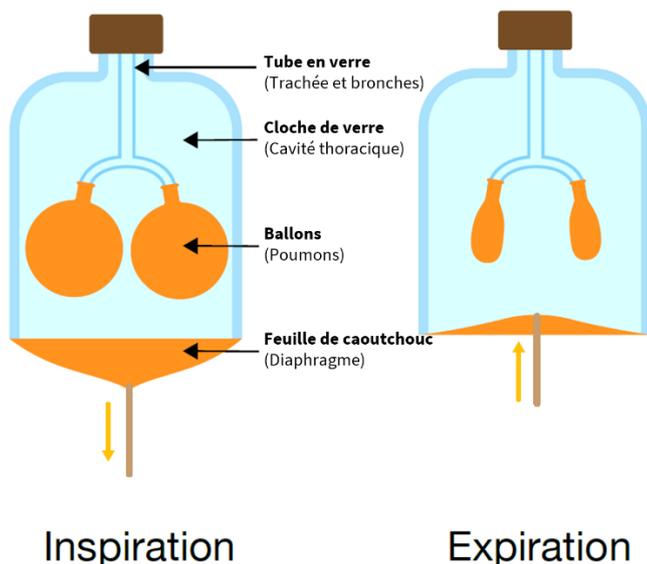
Pour que les élèves tirent le meilleur parti des modèles, ils ont besoin de comprendre comment les modèles se rapportent à la réalité et pourquoi ils sont utilisés. C'est une étape importante pour développer leur capacité à « raisonner comme un scientifique ».

Les trois niveaux pour comprendre la « nature des modèles » sont :

- **débutant** - « Je pense que les modèles sont une copie directe de la réalité et je ne vois pas en quoi ils diffèrent de la réalité » ;
- **intermédiaire** - « Je comprends que les modèles ne sont pas des copies directes de la réalité et je comprends que les modèles sont utilisés pour m'aider à développer ma compréhension scientifique » ;
- **expert** - « Je sais que plusieurs modèles différents peuvent être utilisés pour expliquer différents aspects d'une idée ; je comprends que les modèles ont des atouts et faiblesses et que les modèles existants peuvent être modifiés et améliorés. Je sais que les modèles peuvent être utilisés pour tester des idées et sont créés à des fins spécifiques ».

La plupart des modèles sont limités. Par exemple, un modèle physique des poumons montrant des ballons se gonflant à l'intérieur d'une cloche en verre sous vide est utile (Figure 3) – mais il est limité, parce que la paroi thoracique n'est pas rigide comme un bocal en verre, et que le rôle des côtes et des muscles intercostaux ne sont pas expliqués par ce modèle. Faites attention à ce que les modèles ne conduisent pas les élèves à être embrouillés ou à développer des conceptions erronées.

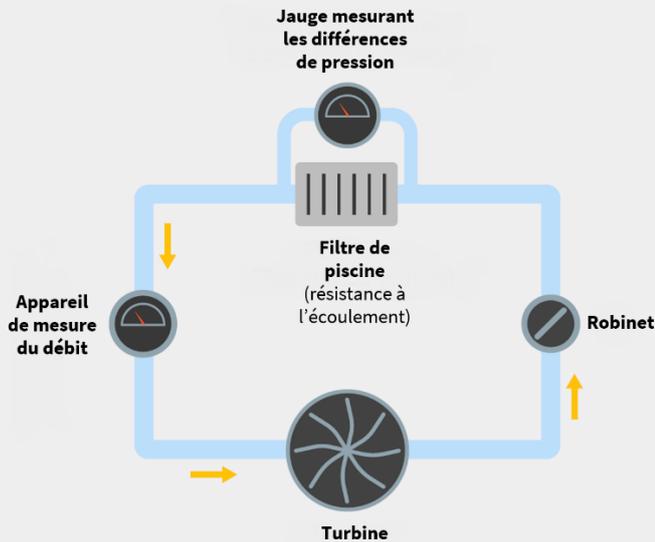
Figure 3 : Le modèle des poumons avec cloche de verre



Évitez que les élèves apprennent le modèle plutôt que le concept qu'il est censé expliquer. Vous pouvez le faire en orientant explicitement les élèves vers les similitudes et les différences entre le modèle et le concept. Une façon d'y parvenir est de leur fournir un large éventail de types de modèles, puis à les inviter à comparer les modèles existants. Par exemple, ils pourraient comparer trois modèles représentant le courant électrique (voir Encadré 3).

Encadré 3 : Différents modèles du courant électrique et leurs limites

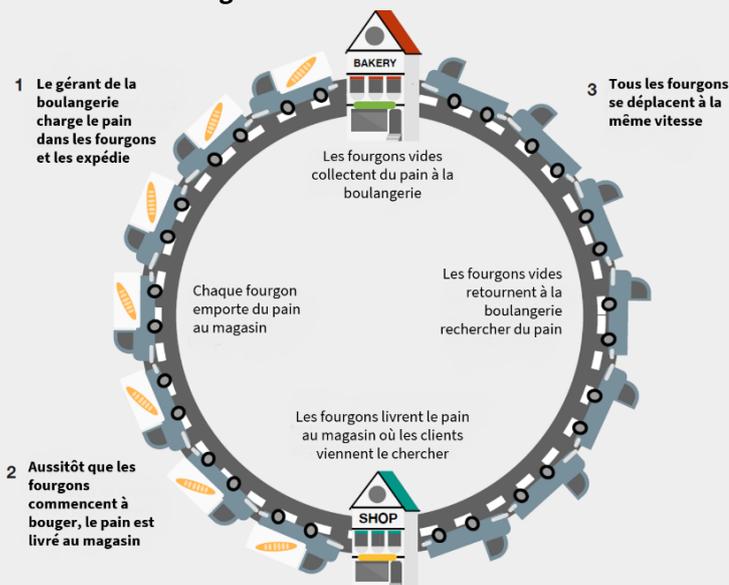
Le modèle du circuit d'eau



Trois modèles sont couramment utilisés pour le courant électrique : le modèle du circuit d'eau, le modèle de la corde et le modèle du fourgon de livraison.

Le modèle du circuit d'eau est un modèle auquel les élèves peuvent facilement s'identifier. Cependant, ils doivent être conscients des différences avec leurs expériences quotidiennes avec de l'eau et des tuyaux. Par exemple, contrairement à l'eau sortant de la plomberie par les robinets, l'électricité ne peut pas quitter le circuit.

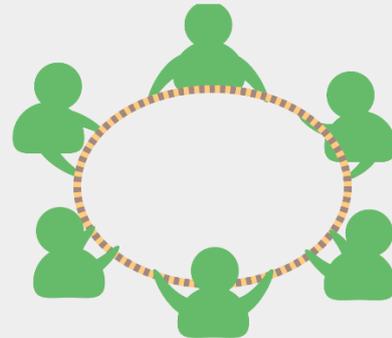
Le modèle du fourgon de livraison



2 Aussitôt que les fourgons commencent à bouger, le pain est livré au magasin

3 Tous les fourgons se déplacent à la même vitesse

Le modèle de la corde



Le modèle de la corde est utile pour développer l'idée de flux d'énergie et pour montrer la constance du courant dans un circuit. Pourtant, ce modèle a une utilisation limitée car il n'y a pas de composant dans le circuit qui effectue le transfert d'énergie. C'est concret : les élèves peuvent se tenir en cercle et tenir et sentir la corde et cela peut démontrer un chauffage dans un circuit électrique.

Le modèle du fourgon de livraison est utile pour montrer que le mouvement des électrons dans un circuit s'accompagne d'un transfert d'énergie. La limitation ici est que l'énergie est vue comme une substance plutôt qu'un concept. Il est également important que les fourgons de livraison soient considérés comme étant en ligne continue plutôt qu'avec des espaces entre eux, sinon le modèle ne décrit pas comment les électrons se déplacent autour du circuit.



Le but ici n'est pas de choisir un modèle, mais d'utiliser la comparaison entre les modèles pour aider les élèves à développer une compréhension à la fois du concept et de la nature des modèles.

Lors de la discussion des trois modèles, les questions de discussions typiques peuvent être :

- Dans chaque modèle, comment représenteriez-vous :
 - Une augmentation du courant ?
 - Une augmentation de la tension ?
- Quel modèle trouvez-vous le plus utile ? Pourquoi ?
- Comment pourriez-vous améliorer les modèles ?
- Comment pourriez-vous développer chaque modèle pour représenter le courant alternatif ?

Pour aller plus loin

Gilbert, J. K. and Justi, R. (2016) *Modelling-based Teaching in Science Education*, Switzerland: Springer International.

Ce livre fournit des détails sur la recherche dans ce domaine et sur comment mieux utiliser les modèles comme une part entière de l'enseignement des sciences.

Inefficace



Sélectionnez les modèles que vous utilisez

Je ne choisis pas les modèles avec précaution. Ils sont utilisés quand ils ne sont pas nécessaires, ce qui ajoute une complexité inutile.
Le concept sur lequel le modèle est basé est inconnu des élèves, ce qui signifie que le modèle pourrait inhiber l'apprentissage.

Intermédiaire



Les modèles sont utilisés à des moments appropriés et sont choisis en fonction de leur pertinence pour les élèves, ce qui évite une complexité inutile.
Quand j'enseigne hors de ma spécialité, j'ai des difficultés à sélectionner des modèles adaptés.

Exemplaire



Les modèles sont utilisés à des moments appropriés et sont choisis en fonction de leur pertinence pour les élèves, ce qui évite une complexité inutile.
Je réfléchis régulièrement à l'impact des modèles que j'ai utilisés, et je mets à jour mon répertoire. Je partage les modèles que j'utilise avec les enseignants d'autres spécialités.

Utilisez des modèles pour développer une compréhension approfondie

Je n'intègre pas l'utilisation des modèles dans les séquences d'apprentissage, et je ne les relie pas à la théorie sous-jacente.

Je relie convenablement les modèles aux connaissances enseignées, et j'aide les élèves à comprendre les idées auxquelles ils n'ont pas directement accès par l'expérience.

Je relie les modèles aux connaissances enseignées, et j'aide les élèves à comprendre les idées auxquelles ils n'ont pas directement accès par l'expérience.
Les modèles sont utilisés pour relier les choses que les élèves peuvent observer aux explications sous-jacentes de ces choses.

Enseignez aux élèves la nature des modèles et encouragez-les à les critiquer

Les élèves apprennent le modèle plutôt que l'idée qu'il décrit. Les élèves pensent que le modèle est une copie directe de la réalité.

Les élèves ont compris que les modèles ne sont pas des copies directes de la réalité, et savent qu'ils sont utilisés pour aider les scientifiques à développer leur compréhension.
Les élèves sont encouragés à critiquer les modèles et à identifier les similarités et les différences entre le modèle et le concept.

Les élèves ont compris que différents modèles peuvent être utilisés pour expliquer différents aspects d'une idée. Ils sont encouragés à critiquer les modèles et à faire des suggestions pour les améliorer.
Ils sont capables de comparer des modèles alternatifs d'une même idée et d'identifier les différentes forces et faiblesses de chacun.