

La lettre Physique-Chimie Grenoble



Dans ce numéro

- **Actualités : des découvertes scientifiques récentes**
- **Des vidéos pour faire de la pédagogie inversée**
- **La sécurité dans les salles de TP**
- **La semaine du cerveau**
- **Conférence**
- **Revue de presse**

Dossier

La modélisation dans l'enseignement de la physique et de la chimie.

ÉDITO

Dans ce numéro de notre newsletter Physique-Chimie Grenoble, nous avons décidé de vous présenter des découvertes scientifiques récentes pouvant être intégrées dans les séances d'enseignement et discutées avec les élèves afin de leur montrer comment fonctionnent les sciences. Nous vous proposerons également un site avec des vidéos pouvant être utilisées pour des séances de pédagogie inversée ainsi que deux événements à suivre au mois de mars : la semaine du cerveau et la conférence grand public d'un spationaute grenoblois.

Le dossier thématique du mois est consacré à une activité au cœur de la démarche scientifique : la modélisation.

ACTUALITÉS : des découvertes scientifiques récentes

Quatre nouveaux éléments chimiques

L'IUPAC a annoncé la découverte de quatre nouveaux éléments chimiques (les **éléments 113, 115, 117 et 118**) qui manquaient dans la 7^{ème} ligne de la classification périodique. À découvrir :

- sur le site de l'**IUPAC** (en anglais) :

<http://www.iupac.org/news/news-detail/article/discovery-and-assignment-of-elements-with-atomic-numbers-113-115-117-and-118.html>

- sur le site de **La Recherche** :

<http://www.larecherche.fr/actualite/chimie/quatre-nouveaux-elements-chimiques-tableau-periodique-19-01-2016-203240>

Une neuvième planète découverte ?

Des éléments en faveur de l'existence d'**une neuvième planète plus massive que la Terre** ont été présentés par deux scientifiques américains comme le relatent plusieurs revues. Cette information peut être l'occasion de montrer aux élèves le « fonctionnement des sciences ».

À découvrir, par exemple, sur le site de **Pour la science** :

http://www.pourlascience.fr/ewb_pages/a/article-planete-9-des-arguments-convaincants-36463.php

Dépolluer avec des tissus lumineux

« Une équipe de chercheurs lyonnais a mis au point un textile "intelligent" capable d'absorber certains polluants présents dans l'environnement, en intégrant des fibres optiques dans le tissu » (journal du CNRS).

Une courte vidéo présente le principe de leur découverte qui utilise le procédé de la **photocatalyse** :

<https://lejournal.cnrs.fr/videos/depolluer-avec-des-tissus-lumineux>

Les ondes gravitationnelles

Le LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) a annoncé le 11 février avoir détecté des ondes gravitationnelles un siècle après la prédiction d'Einstein. Pour avoir plus d'informations sur cet événement, consultez :

- les articles et les vidéos du **journal du CNRS** : <https://lejournal.cnrs.fr/articles/a-detecte-des-ondes-gravitationnelles>

- le communiqué de presse du CNRS : http://www2.cnrs.fr/sites/communique/fichier/cp_cnrs_fr_ok_charte.pdf

DES VIDÉOS POUR FAIRE DE LA PÉDAGOGIE INVERSÉE

La série **FuseSchool**, présente sur le site de l'Université Lille 1 Sciences et technologies, propose **66 courtes vidéos** pouvant être utilisées à la maison pour une séance de pédagogie inversée ou pour revoir les notions travaillées en classe. Les thèmes abordés sont variés et concernent aussi l'enseignement secondaire : « Chromatographie sur papier et sur couche mince », « Les groupes fonctionnels », « Les acides et les bases conjugués », « Eau dure et eau douce » ...

Adresse du site : <https://www.youtube.com/playlist?list=PLWfc4QDrcvkPYd6LGnkBYJ1M2QAW3kbfX>

LA SÉCURITÉ DANS LES SALLES DE TRAVAUX PRATIQUES

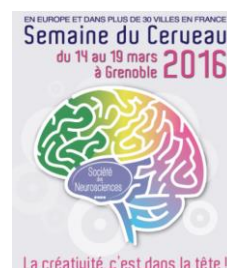


La brochure « **Laboratoires d'enseignement en chimie-Salles de travaux pratiques et laboratoires de recherche** » (décembre 2015) est disponible sur le site de l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%201506>

LA SEMAINE DU CERVEAU

La semaine du cerveau aura lieu à Grenoble du **14 au 19 mars 2016**. Cet événement européen vise à informer le grand public sur les recherches en neurosciences. Le thème de l'édition 2016 est la plasticité cérébrale. Pour avoir plus d'informations sur les conférences et les expositions prévues, vous pouvez consulter le programme de cet événement disponible à l'adresse :

https://espe.ujf-grenoble.fr/sites/default/files/ESPE/actualites/sdc16_programme_v08_bd.pdf



CONFÉRENCE

La conférence "**Un scientifique dans l'espace**" de Jean-Jacques Favier, un spationaute grenoblois, aura lieu le **24 mars 2016 à 14h30** à l'amphi Weil sur le campus de Saint-Martin-d'Hères. Cette conférence qui durera entre 45 et 60 minutes (questions non comprises) concerne aussi le public scolaire.

REVUE DE PRESSE

■ Le Bup

Le Bup n° 980 - janvier 2016

Adaptation Bac pro - BTS. Les difficultés en sciences physiques liées à l'utilisation de l'outil mathématique par Florent Holst - p. 7-19.

Méthode d'investigation en DNL : la méthode PROFILES par Brigitte Blanchard - p. 49-52.

Réforme du collège : partage d'idées-Exemples d'EPI pour la rentrée 2016 par Roseline Primout - p. 81-90.

Groupe de réflexion interassociations sur l'enseignement de la physique au lycée-Quelques propositions par Rémi Barbet-Massin et al. - p. 165-182.

■ L'actualité chimique



L'impact sociétal des polymères et des matières plastiques-Perspectives et rôle de l'enseignement par Thierry Hamaide, Jean-Charles Mougenel, Gérard Pignault et Bernard Sillion. *L'actualité chimique*-n° 403-janvier 2016 - p. 42-47.



CONTACT

- Direction de la publication : Inspection de physique-chimie
- Rédaction : Agnès Berthet : Agnès-Paule.Berthet@ac-grenoble.fr
- Adresse du site académique : <http://www.ac-grenoble.fr/disciplines/spc/>

DOSSIER : La modélisation dans l'enseignement de la physique et de la chimie

Ce dossier présente une synthèse de travaux de recherche récents et d'expérimentations pédagogiques sur une activité au cœur de la démarche scientifique : la modélisation. Les apports des conférences tenues lors des JIREC 2016 (Journées pour l'Innovation et la Recherche dans l'Enseignement de la Chimie) sur ce thème complètent ce dossier et permettent de faire le bilan des réflexions menées sur les modèles, les théories et les expériences ainsi que les usages de la simulation dans l'enseignement secondaire et l'enseignement supérieur.

1. LES FONCTIONS DE LA MODÉLISATION

Une activité importante pour les scientifiques

La modélisation, qui consiste à mettre en relation des données expérimentales avec des constructions théoriques, est une activité primordiale pour les scientifiques. Les intérêts d'un modèle résident dans son **rôle explicatif et prédictif**, ainsi que dans sa **simplicité**. En effet, en sélectionnant et en représentant uniquement certaines propriétés du réel, un modèle apparaît comme un système simple fonctionnant avec ses propres règles (des grandeurs, des concepts et des lois). Il permet de décrire, interpréter et prévoir des phénomènes, ce que certains nomment « faire de la physique et de la chimie ».

Une activité importante pour les enseignants

De nombreuses études sur la modélisation dans l'enseignement scientifique ont montré l'importance de ce type d'activités [1 à 5]. Ces travaux, qui emploient parfois les termes de « monde des théories et modèles » (le monde de la théorie) et « monde des objets et événements » (le monde du réel) [2], insistent tous sur la nécessité d'établir des liens entre ces deux mondes pour comprendre les concepts de physique ou de chimie. Les élèves doivent confronter leurs représentations à la réalité (qui se manifeste au niveau de l'expérimentation) et effectuer des **allers-retours entre théorie et expérience**. Comme le rappelle le programme de la classe de seconde de 2001, la sélection d'informations à prendre en compte lors de la modélisation d'une situation est indispensable : « la pratique expérimentale dans l'enseignement ne favorise la formation de l'esprit scientifique que si elle est accompagnée d'une pratique du *questionnement et de la modélisation*. On entend par là le travail d'élaboration d'une *représentation abstraite* simplifiée d'un phénomène, nécessitant d'identifier les paramètres

pertinents et ceux qui sont négligeables dans la situation donnée. » [6].

Cette appropriation des notions enseignées repose également sur un travail approfondi sur les théories et les modèles sous-jacents. Il faut en plus que les élèves sachent :

- ce qu'est un modèle [5] ;
- qu'un modèle a un domaine de **validité** ;
- que deux **modèles différents** peuvent être utilisés pour **une même situation** mais que l'un des deux peut être plus adapté pour répondre à la question posée (par exemple, lors de l'étude de la chute verticale d'un solide, le modèle de la force de frottement fluide en « $k v$ » convient mieux que celui en « $k v^2$ » lorsque la vitesse du solide est faible) ;
- qu'un **même modèle** peut décrire **plusieurs phénomènes** ;
- qu'un modèle peut **évoluer ou être abandonné** (par exemple en fonction des progrès de la science comme le modèle de l'atome) ;
- qu'un modèle est considéré comme **valide** tant qu'il n'est pas mis en défaut.

Les connaissances de la vie quotidienne doivent aussi être prises en compte afin que les élèves puissent donner du sens aux notions étudiées [5]. Ces différentes tâches s'avèrent très difficiles pour eux. Elles présentent, néanmoins, l'avantage de leur montrer comment fonctionnent la physique et la chimie, en faisant apparaître les sciences comme moins dogmatiques.

Les difficultés des élèves

La modélisation a donné lieu à de nombreux travaux qui ont notamment permis d'identifier les difficultés des élèves et les apports pour l'apprentissage de la physique-chimie [1 à 5].

Compréhension des représentations utilisées (ou registres sémiotiques)

La modélisation se sert de différents langages : le langage naturel, les schémas, les symboles, les équations, les graphiques ... Les travaux de Duval sur les registres sémiotiques ont montré que pour s'approprier le concept représenté, l'élève a besoin de **donner du sens aux différentes représentations**. Il doit comprendre leurs règles de fonctionnement et être capable de passer d'un registre à un autre [7]. Il est d'autant plus fondamental d'explicitier ces règles aux élèves que certains modèles nécessitent des outils mathématiques employés différemment en physique-chimie. C'est, par exemple, le cas des notations des dérivées rencontrées en mécanique. **Deux difficultés supplémentaires** sont aussi souvent mentionnées pour l'apprentissage de la **chimie** : le niveau microscopique de description de la matière [8] ainsi que les nombreuses représentations des molécules [9] qui interviennent dans les modèles enseignés.

Interférence avec la vie quotidienne

En classe, l'élève utilise souvent des éléments issus de sa vie quotidienne pour interpréter des phénomènes. Si ces représentations, conceptions et modèles personnels ne fonctionnent pas pour toutes les situations, il éprouve

pourtant des difficultés à les abandonner et à privilégier le modèle proposé par l'enseignant.

Évolution d'un modèle

Certains travaux internationaux mettent en évidence des difficultés pour le **passage d'un modèle à plusieurs modèles**. On peut citer l'exemple des modèles de l'atome. En effet, certains élèves n'ont pas compris qu'un modèle était construit pour expliquer uniquement une partie de la réalité. Le fait qu'il faille faire évoluer le modèle (ou le changer) selon les phénomènes interprétés peut alors être source d'incompréhension pour eux, mais leur montre le « fonctionnement de la science ».

Liens entre la théorie et l'expérience

Lors des activités expérimentales, les élèves n'établissent **pas spontanément des relations entre le modèle étudié et l'expérience** si les consignes de l'enseignant ne les contraignent pas [4]. Soit ils manipulent des formules reliant les grandeurs qui interviennent dans le modèle sans faire de correspondance avec l'expérimentation qu'ils effectuent, soit ils mettent en œuvre leur protocole expérimental sans essayer de faire le lien avec la théorie.

2. COMMENT ENSEIGNER LA MODÉLISATION ?

La modélisation dans les programmes

Lors des JIREC 2016, Marie-Blanche Mauhourat (membre du groupe physique-chimie de l'IGEN) a rappelé que la modélisation est en **lien avec tous les programmes** (de l'école jusqu'au niveau bac + 2). L'apprentissage de la modélisation démarre dès l'école avec la réalisation d'expériences et les premières observations, puis se poursuit, au collège, avec une formation à la démarche scientifique et la découverte des premiers modèles.

Les programmes des différents niveaux d'enseignement accordent une place importante à la modélisation. Une partie du programme du cycle terminal de la série S est consacrée à l'étude du thème « Comprendre : lois et modèles » [10] tandis que la modélisation est indiquée dans le préambule des programmes de 1^{ère} des séries STI2D et STL comme étant « une composante essentielle de la démarche scientifique » [11].

Au collège, le programme actuel de la classe de 4^{ème} stipule que « l'élève doit être capable de faire la différence entre la réalité et la simulation » [12] et le volet 1 des nouveaux programmes du cycle 4 mentionne que « l'abstraction et la modélisation sont bien plus présentes désormais » [13].

Apprendre des modèles ou apprendre à modéliser ?

Aux JIREC 2016, les intervenants se sont accordés sur l'importance d'**apprendre aux élèves à modéliser** pour s'approprier la notion de modèle. Leurs propos rejoignent les préconisations du groupe SESAMES (Situations d'Enseignement Scientifique : Activités de Modélisation, d'Évaluation, de Simulation), un groupe composé d'enseignants du secondaire et de chercheurs.

Des conseils pour aider les élèves

La formation à la modélisation doit faire l'objet d'un **apprentissage progressif** durant la scolarité, en laissant du temps aux élèves pour qu'ils s'approprient ce qu'est un modèle.

Il est nécessaire de bien **distinguer l'expérience du modèle enseigné** en indiquant, par exemple, dans les documents proposés aux élèves d'une part « la réalité » (ou « les observations ») et d'autre part « le modèle » (ou « le modèle permettant d'expliquer les observations »). Il est aussi conseillé de faire attention aux termes employés, en privilégiant, par exemple, la phrase « on *représente* l'état solide par des particules très proches les unes des autres ... » à la place de « l'état solide *est constitué* de particules ... ». Le **domaine de validité du modèle** peut être mentionné dans la mesure du possible.

Il est recommandé de proposer souvent des activités qui amènent les élèves à **confronter le modèle et la réalité** [14] et de favoriser les passages entre ces deux « mondes » **dans les deux sens**. Si la démarche proposée durant les activités expérimentales amène souvent à « partir des faits observables pour aller vers le modèle », il est aussi intéressant de « partir du modèle et d'aller vers les faits observables » en effectuant, par exemple une prédiction déduite du modèle.

Il est conseillé à l'enseignant d'**expliquer aux élèves les choix de simplification effectués**, en particulier lorsqu'il emploie un dispositif expérimental dédié à l'enseignement. Il peut aussi proposer aux élèves de **modéliser la situation** plutôt que de donner un exercice dans lequel la modélisation a déjà été réalisée. Ce dernier cas est fréquent en mécanique puisque les énoncés précisent souvent les paramètres qui doivent être pris en compte et ceux qui peuvent être négligés comme les forces de frottement. Une discussion avec les élèves leur permettra de comprendre les choix effectués.

Lorsque c'est possible, l'enseignant peut présenter aux élèves une situation **qui nécessite d'utiliser plusieurs modèles** pour interpréter les phénomènes étudiés (choix du modèle pour la force de frottement fluide en mécanique).

Si les activités de modélisation proposées dans l'enseignement secondaire consistent souvent à utiliser un modèle pour le comprendre et parfois pour découvrir son domaine de validité, certaines situations se prêtent bien à **l'élaboration d'un modèle** (comme le modèle particulière enseigné au collège) [15].

3. LES USAGES DE LA SIMULATION

Lors de sa conférence aux JIREC 2016, Jean-François Le Maréchal (enseignant et chercheur en chimie à l'ENS de Lyon) a présenté les plus-values pédagogiques des logiciels de simulation [16]. Utilisé à bon escient, un simulateur peut être un outil efficace pour permettre aux élèves de donner du sens aux phénomènes chimiques (et physiques) en s'appropriant les modèles scientifiques et leurs représentations.

Des avantages nombreux

Les avantages de la simulation sont nombreux : elle permet de simuler des **expériences qui ne sont pas réalisables** (par exemple pour étudier le mouvement d'un satellite) ou de faire des **économies de temps et d'argent**. Elle ne remplace pas l'expérience, mais la complète en permettant de **réaliser des tests supplémentaires**. Elle peut ainsi aider les élèves à s'approprier des phénomènes délicats, en particulier lorsqu'ils nécessitent une bonne compréhension de la courbe tracée durant l'expérience. C'est notamment le cas lors du titrage d'une solution acide ou basique.

Grâce à **l'obtention rapide et à la visualisation de plusieurs courbes** $\text{pH} = f(V)$ obtenues en faisant varier les différents paramètres (concentration de la solution titrante, concentration de la solution titrée et volume d'eau distillée ajoutée dans le bécher), les élèves peuvent faire plus facilement le lien entre la courbe tracée et l'expérience et ainsi avoir une meilleure compréhension de l'équivalence d'un titrage. L'utilisation d'un logiciel de simulation les aide également à élaborer un protocole expérimental en anticipant et en visualisant sur l'écran les résultats de l'expérimentation conçue : ils peuvent ainsi la corriger si elle ne permet pas de répondre à l'objectif de

l'expérience. Le recours spontané à la simulation est d'ailleurs quelquefois observé pour une « réalisation raisonnée des expériences » [17]. Un simulateur permet aussi d'obtenir **plusieurs représentations du phénomène étudié** et les met parfois en **relation dynamique**, ce qui est une aide pour « faire fonctionner » le modèle sous-jacent.

Des précautions à prendre

Si la simulation présente des avantages évidents pour l'enseignement, il faut être conscient de **ses limites** et les expliquer aux élèves. Le choix du sujet et du scénario pédagogique est primordial. L'enseignant peut d'abord

guider les élèves lors de la découverte du simulateur, puis leur laisser du temps pour qu'ils s'approprient les différentes représentations visibles sur l'écran et pour qu'ils explorent ensuite le modèle en autonomie. Lorsque l'enseignant utilise lui-même le logiciel de simulation, les élèves sont souvent « spectateurs » et n'ont pas le temps de comprendre la situation modélisée [16]. Pour que l'utilisation de la simulation soit pertinente, les élèves doivent être conscients qu'ils **visualisent une modélisation et non la réalité**. Une **représentation trop réaliste** peut parfois être source de confusion chez eux et des **éléments esthétiques** peuvent être pris en compte pour élaborer leur propre modèle.

RÉFÉRENCES

- [1] GAIDIOZ P., VINCE J. & TIBERGHIE A. (2004). **Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne**. *Bull. Un. Phys.*, vol. 98, n° 866. p. 1029-1042.
- [2] TIBERGHIE A. (2011). **Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation**. Dans « *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique*. ». Ouvrage coordonné par M. GRANGEAT. ENS Lyon-INRP. p. 195-213.
- [3] Numéro d'Aster coordonné par M. COQUIDÉ et J.-F. LE MARÉCHAL. (2006). **Modélisation et simulation**. *Aster*, vol. 43.
- [4] BÉCU-ROBINAULT K. (1997). **Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels : introduction expérimentale du concept de puissance**. *Didaskalia*, n° 11, p. 7-37.
- [5] COINCE D., MIGUET A.-M., PERREY S., PERREY S., TIBERGHIE A. & VINCE J. (2008). **Une introduction à la nature et au fonctionnement de la physique pour des élèves de seconde**. *Bull. Un. Phys.*, vol. 102, n° 900. p. 3-20.
- [6] **Programme d'enseignement de la classe de seconde générale : physique-chimie**. Bulletin officiel HS n° 2 du 30 août 2001.
- [7] DUVAL R. « **Sémiosis et pensée humaine - Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels** ». Collection Exploration - volume 91. 396 p. Année de publication : 1995.
- [8] LE MARÉCHAL J.-F. & CROSS D. (2010). **Difficultés d'apprentissage liées aux représentations en chimie**. *Bull. Un. Phys.*, vol. 104, n° 928, p. 1025-1035.
- [9] EL BILANI R., MONTPIED P. & LE MARÉCHAL J.-F. (2007). **Autonomie et motivation lors de l'apprentissage avec un simulateur**. *Didaskalia*, n° 31, p. 11-45.
- [10] **Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de physique-chimie. Classe terminale de la série scientifique**. Bulletin officiel spécial n° 8 du 13 octobre 2011.
- [11] **Physique-chimie en classe de 1ère des séries STI2D et STL**. Bulletin officiel spécial n°3 du 17 mars 2011.
- [12] **Programme du collège : physique-chimie**. Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008.
- [13] **Programmes d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4)**. Bulletin officiel n° 48 du 24 décembre 2015.
- [14] BARBET-MASSIN R., BRUNEL Y., BOISSÉ P. BOUYRIE G. OLIVIER S., PARBELLE V. & VINCE J. (2016). **Groupe de réflexion interassociations sur l'enseignement de la physique au lycée-Quelques propositions**. *Bull. Un. Phys.*, vol. 110, n° 980. p. 165-182.
- [15] CHOMAT A., LARCHER C. & MÉHEUT M. (1988). **Modèle particulière et activités de modélisation en classe quatrième**. *Aster*, n° 7, p. 143-184.
- [16] Conférence de J.-F. LE MARÉCHAL (laboratoire de chimie de l'ENS Lyon et équipe Coast). **Simulation et modélisation**. JIREC (14 janvier 2016).
- [17] BUTY C. **Richesses et limites d'un « modèle matérialisé » informatisé en optique géométrique**. (2004). *Didaskalia*, n° 23, p. 39-64.