# Résumés DEMIMES - Cours

# La physique quantique du laboratoire à la salle de cours : Comment modéliser les électrons dans la matière ?

Christophe Durand
Université Grenoble Alpes,
Enseignant-Chercheur à Polytech Grenoble, Laboratoire CEA/IRIG/PHELIQS

Les électrons vont déterminer la plupart des propriétés de la matière, comme les propriétés thermiques, électriques ou optiques. L'enjeu est de savoir modéliser ces électrons pour expliquer et prévoir les propriétés des nouveaux matériaux. Cette modélisation est très complexe car elle doit tenir compte de l'infiniment petit *via* la physique quantique et de l'infiniment grand en considérant tous les électrons ($10^{24}$ $cm^{-3}$). Le calcul exact étant limité à une centaine d'électrons, il est nécessaire de faire des fortes approximations (méthode des perturbations, méthode des liaisons fortes, …).

Dans les laboratoires, cette modélisation se base sur des méthodes *ab initio* complexes qui font l'objet de recherches encore actives aujourd'hui. On peut citer les deux approches dites du « champ moyen » et « perturbative », qui peuvent être mises en œuvre seulement par des experts. Récemment, un outil de simulation appelé *Nextnano* a été développé permettant à la communauté des chercheurs d'avoir accès à un modèle assez simple à mettre en œuvre pour décrire de manière réaliste les observations expérimentales.

Dans ce contexte se pose la question de comment enseigner cette modélisation si complexe des électrons, d'autant plus que la modèle de l'atome isolé est fortement ancrés chez les étudiants. Pour lever ces résistances, nous avons fait un double choix. Premièrement, un choix épistémologique en introduisant une approche graduelle des atomes non-isolés en partant de 2 atomes, puis 4, puis 22, jusqu'à $10^{24}$. Nous montrons que le formalisme établi pour quelques atomes devient inutilisable face aux très grands nombres, et *in fine* de comprendre la nécessité d'introduire de nouveaux concepts pour opérer ce changement d'échelle. Deuxièmement, un choix pédagogique en utilisant l'Apprentissage Par Problème (APP). Cette pédagogie socio-constructiviste permet de dépasser l'obstacle épistémologique de l'atome en interaction en marquant les esprits des étudiants à travers des conflits cognitifs, qui imposent de passer d'un modèle à un autre plus complexe, mais plus réaliste. Nous décrirons la mise en œuvre de l'APP et les résultats sur les ressentis et les notes des étudiants avant et après la mise en place de l'APP (Dare et al. 2021). Cette approche graduelle « *d'un modèle à l'autre* » permet de réfléchir sur la notion de modèles et de leurs limites, de changer en profondeur la représentation des électrons dans les solides et de rendre accessible aux étudiants la complexité de cette modélisation.

**Référence**

Darie, C.; Durand, C. Fusion d'un Cours de Chimie et de Physique Par l'apprentissage Par Problèmes (APP) : Mise En Place, Améliorations et Incidences Chez Les Étudiants. Les Ann. QPES 2021, 1 (3). https://doi.org/10.14428/qpes.v1i3.62123.

## La modélisation mathématique et les parcours d'étude et de recherche : Formats d'enseignement et écologie au niveau universitaire

Berta Barquero.
Faculté Éducation. Section de Didactique des Mathématiques.
Université de Barcelone. bbarquero@ub.edu

Ce cours porte sur l'analyse des conditions et des contraintes institutionnelles sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation mathématique dans l'enseignement des mathématiques au niveau universitaire. Nous présenterons tout d'abord l'évolution du domaine de recherche sur la modélisation mathématique au niveau universitaire (González-Martin et al., 2021), ainsi que les avancées dans la mise en œuvre des dispositifs pour son enseignement.

Nous introduirons le cadre théorique de la théorie anthropologique du didactique (TAD) et les parcours d'étude et de recherche (PER) développés dans ce cadre.

Dans notre équipe de recherche, nous travaillons depuis plus de dix ans, sur la conception et la mise en œuvre des PER dans les systèmes d'enseignement universitaires. Ces dispositifs didactiques permettent de dépasser certaines des contraintes qui empêchent les mathématiques de jouer leur rôle comme outil de modélisation.

Nous présenterons des exemples particuliers de PER dans le contexte universitaire (Barquero et al. 2013 et 2018; Florensa et al., 2018), en identifiant des outils méthodologiques pour leur conception et des formats d'integration au sein des différents institutions universitaires. Nous mettrons en évidence comment les PER ont été utilisés pour créer des conditions favorables pour l'enseignement de la modélisation mathématique. Nous montrerons également l'existence de fortes contraintes institutionnelles qui limitent leur diffusion.

**Références**

Barquero, B., Bosch, M., & Gascón, J. (2013). The ecological dimension in teaching of mathematical modelling at university. *Recherches en didactique des mathématiques, 33*(3), 307–338.

Barquero, B., Monreal, N., Ruiz-Munzón, N., & Serrano, L. (2018). Linking Transmission with Inquiry at University Level through Study and Research Paths : the Case of Forecasting Facebook User Growth. *Int. Journal of Research in Undergraduate Math. Ed., 4*(1), 8–22.

Florensa, I., Bosch, M., Gascón, J., & Winsløw, C. (2018). Study and Research Paths: A New tool for Design and Management of Project-Based Learning in Engineering. *International Journal of Engineering Education, 34*(6), 1848–1862.

González-Martín, A., Gueudet, G., Barquero, B., & Romo-Vázquez, A. (2021). Mathematics for engineers – Modelling – Mathematics and other disciplines. In V. Durand-Guerrier, R. Hochmuth, E. Nardi, & C. Winsløw (Eds.), *Research and Development in University Mathematics Education. Overview Produced by the International Network for Didactic Research in University Mathematics* (Chapter 12, pp. 169-189). Routledge.

# L'algorithme: pourquoi et comment le définir et l’enseigner

Emmanuel Beffara
Université Grenoble Alpes - Laboratoire d’Informatique de Grenoble

La question de la définition de ce qu'est un algorithme est récurrente. Elle se trouve dans l'enseignement, à différents niveaux et singulièrement le secondaire du fait des évolutions récentes au collège at au lycée, avec des conséquences immédiates dans le supérieur. Elle se trouve dans la médiation, avec les différentes sens dont le mot « algorithme » est chargé dans l’espace médiatique. Elle se trouve aussi dans la recherche, avec des enjeux dans différentes branches de l'informatique, depuis les fondements en calculabilité et complexité jusqu'aux applications dans le traitement des données massives.
Au delà du problème de la définition, c'est la raison d'être de la notion d'algorithme qu'il convient de questionner: que veut-on en faire et de quels enjeux est-elle le nom ? C'est en cherchant à préciser cela que l'on peut identifier les éléments didactiques susceptibles d'enseigner l'algorithme, en interaction avec les mathématiques ou pas et à différents publics.

**Apport de la théorie des champs conceptuels à la didactique des mathématiques**
**Hommage à Gérard Vergnaud**

Nicolas Balacheff
CNRS - Laboratoire d'Informatique de Grenoble

La théorie des champs conceptuels est une "théorie de la conceptualisation du réel", annonce Gérard Vergnaud. Qu'en est-il pour les mathématiques ? domaine auquel Gérard Vergnaud a apporté une contribution majeure. Je reprendrai les principaux concepts de la théorie, notamment ceux de schème, de concept et de théorème-en-acte. J'aborderai aussi la question de la double valence prédicative et opératoire des connaissances, et celle de la compétence. Enfin, j'aborderai la question de la relation entre concept et représentation sémiotique, en discutant l'affirmation : "les mathématiques ne sont pas un langage, mais une connaissance". La conclusion montrera comment la théorie psychologique construite par Gérard Vergnaud permet l'intégration de l'élève, sujet épistémique *et* mathématique, dans la problématique de la didactique des mathématiques.

# Autour de la démonstration : principes et pratiques

Catriona Mac Lean
Université Grenoble Alpes - Institut Fourier

Cette séance discutera de l'importance de la démonstration dans l'activité mathématique, des difficultés spécifiques à son enseignement, et fera un retour sur expérience sur une tentative de basculement des Travaux Dirigés de mathématiques en classe inversée.

# Théorie des Situations Didactiques et situations de preuve

Cécile Ouvrier-Buffet
LDAR, Université de Paris-Est Créteil

Le cadre de la théorie des situations didactiques s'est construit dans des travaux « d'épistémologie expérimentale ». Il permet d'interroger les mathématiques et les situations d'apprentissage. L'exposé présentera les moyens mathématiques et expérimentaux issus de cette théorie pour penser une typologie de situations à usage didactique. Un focus sera fait en particulier sur les variables didactiques et le schéma de situation de preuve. Deux exemples permettront d'illustrer ces aspects. Issus des domaines de la théorie des jeux d'une part et de l'arithmétique d'autre part, ils seront discutés et revisités : la Course à 20 (Brousseau, 1998) et le problème de Frobenius (Ramirez Alfonsin, 2006).

**Références**

Brousseau, G. (1998). *La théorie des situations didactiques*. Grenoble : la Pensée Sauvage.
Ramirez Alfonsin, J.L. (2006). *The Diophantine Frobenius Problem*. Oxford University Press.

## Résumés Dispositifs

## Dispositif du Débat Scientifique

Grégoire Charlot[1] et Thomas Lecorre[2]
[1]Institut Fourier, Université Grenoble Alpes
[2]Laboratoire Bonheurs, Université de Cergy-Pontoise

Le débat scientifique en classe est une forme d'adaptation aux contraintes spécifiques du supérieur de la théorie des situations conçue initialement dans le cadre de l'école primaire. Ce dispositif permet de problématiser les savoirs mathématiques de manière concomitante au développement de la démarche mathématique. L'atelier consistera en une concrétisation de ce dispositif, suivi d'éléments de théorisation, et d'un approfondissement.

**Des dispositifs de formation sur la démarche de recherche en mathématiques : focale sur la nature et le rôle de la mathématisation dans une activité de modélisation.**

Marie-Line Gardes[1] et Sonia Yvain[2]
[1] Haute Ecole Pédagogique du Canton de Vaud, Lausanne, Suisse
[2]LDAR, CY Cergy Paris Université, France

Mettre l'étudiant en position de recherche : dans quelles situations ? Avec quelles mises en œuvre ? Pour quels apprentissages mathématiques ?
Pour aborder ces questions, nous proposerons d'abord aux participants de se mettre en situation de recherche de problèmes afin d'analyser et de comparer les démarches de recherche mises en œuvre. Nous chercherons en particulier à identifier différents invariants caractérisant la résolution de problèmes. Puis, à partir de la présentation de deux dispositifs de formation sur la démarche de recherche en mathématiques, nous analyserons les conditions favorisant la posture de « chercheur » en cours de mathématiques. Enfin, nous proposerons une étude spécifique de la nature et du rôle de la mathématisation dans une activité de modélisation pour enrichir ces réflexions autour de l'appropriation et de la diffusion de la démarche de recherche en mathématiques.

**« Jeux mathématiques et raisonnements combinatoires » : une UE en Licence pour pratiquer la démarche de recherche en mathématiques**

Denise Grenier
Maths discrètes et didactique, Institut Fourier – Université Grenoble Alpes
Équipe fédérative de recherche Math-à-modeler

Cette UE est pérenne depuis 20 ans en Licence dans notre université. Son objectif est d'initier les étudiants à la pratique de la recherche et de leur faire construire les savoir-faire fondamentaux qui sont à la base de toute activité mathématique – expérimenter, faire des conjectures et les étudier, modéliser, prouver ...
Nous proposons des problèmes originaux et un dispositif en séance devant permettre une recherche collaborative entre étudiants et avec le chercheur/enseignant. Dans cet atelier, après avoir décrit les compétences visées, le dispositif en classe et les critères d'évaluation (la note finale doit refléter l'apprentissage des savoirs-faire visés), nous donnerons des exemples de problèmes construits dans le modèle didactique « situation de recherche pour la classe » (SiRC).
Puis les participants seront invités à la résolution d'une SiRC et à discuter des apprentissages qu'elle permet.

# Deux exemples de dispositifs à l'interface informatique-mathématiques

Antoine Meyer
Université Paris Est - Marne-la-Vallée
LIGM

Cet atelier décrit deux unités d'enseignement de première et deuxième année des licences de mathématiques et d'informatique de l'Université Gustave Eiffel (UGE), à Marne-la-Vallée.
Le premier dispositif, au premier semestre de L1, s'adresse à des étudiants ayant déjà une expérience de l'informatique à leur entrée à l'université (notamment par le biais de la nouvelle spécialité NSI). Il s'inscrit dans une modalité qu'on pourrait qualifier d'"approche par problèmes". À plusieurs reprises, les étudiants sont chargés de réaliser, par petits groupes et dans une relative autonomie, un logiciel présentant un certain nombre de fonctionnalités imposées et portant sur un thème peu familier.
Le second dispositif, bi-disciplinaire, se situe au premier semestre de L2, juste avant la séparation en deux cohortes. Il propose une suite de travaux pratiques assez guidés, sur divers thèmes mêlant programmation, algorithmique, mathématiques pures et appliquées. Ce dispositif a vocation à mobiliser la capacité des étudiants à s'inscrire dans une démarche expérimentale, et à tirer parti de leurs appétences et points forts dans l'une ou l'autre discipline, tout en mettant en perspective les interactions possibles entre elles.
Nous présenterons quelques exemples du matériel utilisé dans chacun de ces dispositifs, et proposerons aux participants une réflexion sur les apprentissages qu'ils sont susceptibles de permettre, notamment en terme de démarche scientifique.

# Résumés Ateliers

# Atelier DEMIPS
# Mathématiques et Physique à l'université : une autre transition ?

Ghislaine Gueudet[1], Nathalie Lebrun[2] et Fabrice Vandebrouck[2],
[1]Université Paris-Saclay, UR Etudes sur les Sciences et les Techniques, 91400 Orsay
[2]LDAR, Université Paris Cité

Le point de départ de cet atelier est un constat qui donne lieu internationalement à un nombre croissant de recherches en didactique (Gonzalvez-Martin et al. 2021) : à l'université, les mathématiques dans les enseignements de mathématiques et celles qui sont pratiquées dans les enseignements de physique ne sont pas les mêmes.
Les recherches en didactique permettent de dépasser et d'éclairer ce constat. Que signifie « pas les mêmes » ? S'agit-il d'une différence dans les exigences théoriques, dans les notations, dans les raisonnements menés ? Est-ce que les attentes différentes dans les deux disciplines sont perceptibles pour les étudiants ?
Dans cet atelier, nous inviterons les participant.es à travailler ces questions en réalisant des analyses comparatives de supports d'enseignement de mathématiques et de physique recourant aux même notions mathématiques, comme par exemple les équations différentielles et/ou les vecteurs.
Nous proposerons aux participants d'utiliser le cadre théorique de la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD, Chevallard 2000) et des outils d'analyse des tâches proposés par la Théorie de l'Activité Adaptée à la Didactique des Mathématiques (TADM, Vandebrouck, 2008) pour analyser ces supports, et mettre en évidence les écarts qui peuvent se constituer en difficultés pour les étudiant.es. Nous mènerons avec les participants une réflexion sur les conséquences à tirer de telles analyses pour nos enseignements. Nous évoquerons par ailleurs les apports des recherches en didactique sur ces questions, notamment celles menées au sein du GDR DEMIPS (Didactique et Épistémologie des Mathématiques, liens avec l'Informatique et la Physique, dans le Supérieur).

**Références**

Chevallard, Y. (2000). La recherche en didactique et la formation des professeurs: problématiques, concepts, problèmes. In M. Bailleul (Ed) Actes de la Xe École d'été de didactique des mathématiques, (pp. 98-112). Houlgate. IUFM de l'académie de Caen.
Gonzalvez-Martin, A., Gueudet, G., Barquero, B., & Romo-Vasquez, A. (2021). Mathematics and other disciplines, and the role of modelling: advances and challenges. In V. Durand-Guerrier, R. Hochmut, E. Nardi, & C. Winsløw, C. (Eds) *Research and Development in University Mathematics Education*, (pp. 169-189) London: Routledge.
Vandebrouck, F. (Ed.). (2008). La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants. Toulouse : Octarès Editions.

# Atelier Médiation

Mickaël Da Ronch[1] , Eric Duchêne[2] et Aline Parreau[3]
[1]Université de Grenoble Alpes, Haute Ecole Pédagogique du Valais
[2]Université de Lyon, LIRIS
[3]CNRS, LIRIS

Au cours de cet atelier nous proposerons des situations à l'interface entre les mathématiques et l'informatique. Durant la première partie, les participants seront invités à expérimenter les situations dans le but de proposer des premières pistes de résolution. Par la suite, nous proposerons une situation alternative à ces situations dans le cadre de l'informatique débranchée. Nous présenterons ensuite deux modèles visant à outiller les participants pour l'évaluation de ressources, la conception d'ingénierie didactique de médiation et le repérage de traces d'activité — mathématique — d'individus placés en résolution de problème dans ce cadre. A cette fin, ce premier modèle donnera des conditions épistémologiques, didactiques et ergonomiques et le second proposera des éléments méthodologiques permettant de traiter et d'analyser les actions des individus afin de repérer des traces potentielles de leur activité mathématique.