

## ARGUMENT

Les références à l'expérience, l'expérimentation et à la démarche expérimentale sont aujourd'hui omniprésentes dans le discours pédagogique concernant l'enseignement des sciences. Mais que recouvrent exactement ces termes pour les différentes disciplines scientifiques ? Font-ils sens au-delà des sciences physiques ou des sciences de la nature et de la vie ? Quel rapport entretiennent-ils avec la façon dont les différents champs disciplinaires organisent leur rapport au réel, à la contingence ? Peut-on rabattre la notion de démarche expérimentale sur celle de démarche instrumentée ? Comment, enfin, penser la transposition à l'enseignement, et que nous apprend l'analyse des transpositions déjà tentées depuis plus d'un siècle ?

Ce sont ces questions que nous aborderons au cours de la journée 2009 de l'école doctorale : « Savoirs Scientifiques : Epistémologie, Histoire des sciences et Didactique des disciplines ». Comme c'est la tradition dans ces journées, il s'agira de nourrir la réflexion sur des problèmes communs en s'appuyant sur la multiplicité des approches, en croisant les perspectives épistémologiques, historiques et didactiques comme les disciplines.

## PROGRAMME

### La réplication d'expériences historiques en physique

Christine BLONDEL, CNRS, Cité des sciences et de l'industrie

### Concept formation in experimental science: historical cases and general perspectives

Friedrich STEINLE, Bergische Universität Wuppertal

### L'expérimentation mathématique

Jean-Paul DELAHAYE, Laboratoire d'informatique fondamentale de Lille, USTL

### Heurs et malheurs des expériences dans la construction de savoirs en Sciences de la vie et de la terre

Christian ORANGE, IUFM des pays de la Loire

### Introducing complex numbers

Emily GROSHOLZ, Penn State University

### Enseignement académique et enseignement pratique : évolution du rôle attribué au « faire par soi-même », en physique-chimie (XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles)

Danielle FAUQUE, GHDSO, Université Paris-Sud 11

### Table ronde et séance de questions

Christian GRATALOUP, GHSS, Université Paris Diderot-Paris 7

Martine MEHEUT, LDSP, Université Paris 12

Marie-Jeanne PERRIN-GLORIAN, DIDIREM, Université d'Artois, IUFM Nord Pas de Calais

9<sup>e</sup> journée d'étude de l'école doctorale  
« savoirs scientifiques » de l'Université Paris Diderot-Paris 7



Expérience,  
expérimentation,  
démarche  
expérimentale :

*Regards croisés*

11 mars 2009 9h-17h



*Intervenants*

Christine Blondel  
Jean-Paul Delahaye  
Danielle Fauque  
Emily Grosholz  
Christian Orange  
Friedrich Steinle

*Les interventions seront suivies par une table ronde avec :*

Christian Grataloup  
Martine Méheut  
Marie-Jeanne Perrin-Glorian

### Organisation

Renaud Chorlay, Fabrice Uandebrouck

### Renseignements

Sandrine Pellé : [sandrine.pelle@univ-paris-diderot.fr](mailto:sandrine.pelle@univ-paris-diderot.fr)

Université Paris Diderot-Paris 7  
Bâtiment Halle aux farines  
Salle des Thèses  
Salle 580 F, 5<sup>e</sup> étage  
10, rue François Dolto  
75013 Paris

UNIVERSITÉ  
PARIS  
DIDEROT  
PARIS 7

#### 9h : **Accueil et présentation de la journée**

Renaud CHORLAY, REHSEIS, Université Paris Diderot-Paris 7

Michèle ARTIGUE, Fabrice VANDEBROUCK, DIDIREM, Université Paris Diderot-Paris 7

#### 9h15 : **La réplication d'expériences historiques en physique. C. BLONDEL.**

Quel intérêt peut-il y avoir à reconstituer des expériences du passé ? Les interprétations théoriques n'en sont-elles pas aujourd'hui bien connues et les problèmes techniques posés par ces expériences ne sont-ils pas désormais parfaitement maîtrisés ? La « réplication » d'une expérience historique peut avoir des finalités et des apports sur les plans scientifique, historique et pédagogique. L'histoire des sciences met en effet en évidence la complexité du processus expérimental, le rôle des intuitions et des « théories fausses », l'importance des discussions et controverses, et permet de nuancer une approche trop empiriste de la physique. Les interprétations contradictoires avancées par les savants du passé peuvent ici rencontrer certaines difficultés des élèves à s'approprier le point de vue de la science contemporaine. Les réplifications d'expériences se sont ajoutées depuis quelques décennies aux sources traditionnelles des historiens des sciences, à savoir les écrits, imprimés ou manuscrits. Les premières réplifications répondaient à des questions plutôt épistémologiques. Il s'agissait de fournir des arguments au débat sur le rôle des expériences dans la démarche expérimentale, en particulier celle de Galilée. Ainsi de l'expérience du plan incliné ou de celle du mélange de l'eau et du vin : Galilée s'est-il appuyé sur des expériences en pensée ou sur des expériences réelles ? Dans une perspective voisine, on tenta d'évaluer les performances réelles des instruments anciens : microscope de Leeuwenhoek, télescope ou machines électriques. Plus récemment, les réplifications d'expériences se sont intégrées dans le mouvement d'intérêt des historiens des sciences pour les activités pratiques des scientifiques et non plus seulement pour leurs productions théoriques. Les instruments scientifiques et l'environnement technique deviennent essentiels pour mieux comprendre la science expérimentale du passé. Ces réplifications, comme celles de l'expérience de Joule sur l'équivalence travail-chaleur, ou celle de Coulomb sur la loi fondamentale de l'électricité, ont montré la difficulté de reproduire une expérience uniquement d'après les mémoires scientifiques qui les décrivent. L'historien-physicien retrouve alors l'importance des savoir-faire manuels et techniques, dont certains ont aujourd'hui disparu et des connaissances non-dites. La circulation des instruments et la dépendance vis-à-vis du système technique rappellent que le savant n'est pas un sujet pensant isolé. Il fait partie d'une communauté, il s'inscrit dans des traditions locales et historiquement situées.

#### 10h : **Concept formation in experimental science: historical cases and general perspectives. F. STEINLE**

How do we learn from experiments? A widespread view, often conveyed in textbooks, says that experiments are always tests of hypotheses or theories. But a look at the practice of experimental work quickly shows that there are various other and highly important ways to learn from experiments. A particularly intriguing one is found in cases in which the basic concepts, i.e. the very language by which a domain is grasped, are subject to revision and change in the context of experimentation. While the impact of those processes may be very strong, they have not been intensely studied. In my talk, I shall present three cases from the history of magnetism and electricity and discuss their wider implications.

*Pause*

#### 11h : **L'expérimentation mathématique. J.-P. DELAHAYE**

Carl Frederich Gauss expliquait qu'il atteignait la vérité mathématique par l'expérimentation systématique et c'est d'ailleurs de cette façon qu'il découvrit que le nombre de nombres premiers inférieurs à  $n$  est approximativement  $n/\log(n)$ , affirmation qui ne fut prouvée qu'un siècle plus tard. Le logicien Kurt Gödel, cohérent avec ses positions réalistes remarquait que « si les mathématiques décrivent un monde objectif, comme le fait la physique, il n'y a aucune raison pour que la méthode inductive ne puisse être appliquée en mathématiques comme elle l'est en physique ». Depuis que l'ordinateur s'est ajouté à la feuille, au crayon et aux instruments de tracé géométrique qui ont longtemps été les seuls outils des mathématiciens, l'expérimentation en mathématiques a pris une importance nouvelle. Créé en 1992, le journal électronique gratuit *Experimental Mathematics* traite de cette partie des mathématiques où l'ordinateur est devenu essentiel en donnant accès à une multitude d'informations qu'un mathématicien ne peut élaborer et maîtriser sans lui. Plusieurs livres récents sont consacrés à cette façon nouvelle de pratiquer la recherche mathématique avec un ordinateur comme

outil. Bien sûr cette évolution doit être prise en compte dans l'enseignement de la discipline. L'exposé exposera quelques exemples de travaux mathématiques fondés sur l'expérimentation et expliquera que l'ordinateur peut servir à la fois (a) comme outil d'aide à la découverte, (b) comme outil d'aide à la démonstration, (c) comme outils d'aide au contrôle des preuves, et bien sûr (d) comme outil d'aide à l'enseignement.

#### 11h45 : **Heurs et malheurs des expériences dans la construction de savoirs en Sciences de la vie et de la terre. C. ORANGE**

Il s'agira de discuter le discours commun, chez les enseignants, qui fait de l'expérience l'unique fondement des savoirs en biologie et en géologie. Loin de rendre justice à l'importance de l'expérimentation, elle la réduit à un simple constat plus ou moins techniquement outillé. Cette discussion sera menée à partir d'exemples de travaux scientifiques et de situations didactiques.

*Pause déjeuner*

#### 14h : **Introducing complex numbers. E. GROSHOLZ**

In their justly celebrated and widely employed textbook, *A Survey of Modern Algebra*, Garrett Birkhoff and Saunders Mac Lane introduce complex numbers in Chapter V. Complex numbers are introduced purely formally in the first section of the chapter, as an integral domain resulting from the adjoining of  $i$  satisfying the equation  $i^2 = -1$  to the complete ordered field of real numbers. In the second section, however, the authors introduce a new set of « paper tools » (to use Ursula Klein's term) which makes possible a novel range of thought experiments: the complex numbers are represented by polar coordinates on the Euclidean-Cartesian plane. Students can then « see » that the complex  $n^{\text{th}}$  roots of unity are the vertices of a regular polygon of  $n$  sides inscribed in the unit circle  $|z| = 1$ ; that the fundamental theorem of algebra, the Euler-Gauss Theorem, must hold; and that non-real complex roots of a polynomial equation with real coefficients must occur in conjugate pairs. I will argue that geometry serves here to introduce an « experimental » dimension to the pedagogical situation; and that mathematical pedagogy would be enhanced by the further introduction of historical background. In fact, the 18th and 19th c. investigation of complex numbers did not « get off the ground » until geometrical representations enriched mathematicians' algebraic resources for studying them. When students learn about the historical considerations that led to the combination of geometrical and algebraic, and consequently analytical, representations of complex numbers and the stunning discoveries that resulted, their own learning processes take on new cognitive dimensions and dramatic affect. Nothing moves a student like a good story well told, not even a wonderful proof.

#### 14h45 : **Enseignement académique et enseignement pratique : évolution du rôle attribué au « faire par soi-même », en physique-chimie (XIX<sup>e</sup>-XX<sup>e</sup> siècles). D. FAUQUE**

La prise de conscience du rôle que prend le « faire par soi-même », dans l'apprentissage des sciences physicochimiques au niveau de ce qu'on appelle aujourd'hui l'enseignement secondaire, commence réellement dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle. En sciences physiques, la réforme de 1902 qui introduit les exercices pratiques, la réforme des années 1970, qui se base sur les propositions de la commission Lagarrigue, les réformes successives de la fin du XX<sup>e</sup> siècle, qui conduisent à l'institution d'une épreuve pratique au baccalauréat scientifique au début des années 2000, ponctuent l'évolution de la pratique de l'expérience par l'élève, et de l'idée que le corps enseignant s'en fait, au cours de la période. Cette évolution n'est pas propre à la France, et nous compléterons notre propos par quelques exemples pris dans les pays anglo-saxons sur la même période. La didactique des sciences physiques, naissante en France au cours des années 1960-1970, a aussi joué un rôle déterminant dans l'idée que l'on se faisait de l'expérience-élève, et de son rôle cognitif. Des personnalités scientifiques, ou (et) des institutions savantes ont, à chacune de ces périodes, appuyé cette évolution de l'enseignement des sciences physicochimiques, ce qui peut révéler la place que pouvaient et peuvent tenir les conceptions épistémologiques et scientifiques du corps savant dans l'évolution de l'enseignement expérimental dans l'enseignement secondaire. Au cours de cet exposé, nous essayerons de donner un tableau synthétique de ces différents aspects.

*Pause*

#### 15h45 -17h00 : **Table ronde et séance de questions**

Christian GRATALOU, Martine MEHEUT, Marie-Jeanne PERRIN-GLORIAN