

**2<sup>e</sup> COLLOQUE CATHY DUFOUR**

**L'ERREUR EN SCIENCES**

Jeudi 22 et vendredi 23 novembre 2012

Faculté des sciences de Nancy

*Le colloque se déroule à l'amphi 7 à l'exception de la conférence spectaculaire qui aura lieu à la salle SC10.*

Le colloque annuel **Cathy Dufour** est soutenu par le Laboratoire d'Histoire des Sciences et de Philosophie - Archives Henri Poincaré, l'Institut Jean Lamour, l'Institut Élie Cartan de Nancy, l'Irem de Lorraine, les départements de physique et de chimie de l'Université de Lorraine, l'UFR Connaissance de l'Homme de l'Université de Lorraine, la Maison des Sciences de l'Homme Lorraine (opération Kultmat), la Société Française de Physique et l'École doctorale informatique, automatique, électronique, mathématiques (IAEM) de l'Université de Lorraine.

Jeudi 22 novembre (14h-17h) :

14h-14h15

*Quelques mots autour du colloque*

14h15-17h15

## **Qu'est-ce qu'une erreur en sciences ?'**

Jean-Pierre Kahane, (Paris Sud Orsay & Académie des sciences)

### *Des erreurs de Fourier aux erreurs sur Fourier*

Les mathématiques offrent un grand champ à l'erreur : erreur dans les énoncés, erreur dans les constructions ou les démonstrations, rôle de l'erreur dans l'histoire des mathématiques, et dans l'histoire personnelle des mathématiciens, utilisation des erreurs dans les apprentissages et la pédagogie, etc. J'en dirai un mot, avec des exemples ou des références, pour ne pas trahir par omission le titre de la session : qu'est-ce que l'erreur en sciences ? Mais ensuite j'insisterai sur les erreurs de jugement, sur le redressement de ces erreurs, sur les controverses, sur l'origine des grands programmes, sur les anticipations, et c'est là que je rejoindrai le titre de mon exposé, avec l'exemple emblématique de Joseph Fourier. Sur les erreurs d'appréciation, d'orientation, de jugement, il y aurait bien d'autres exemples, et c'est une composante importante de l'erreur dans les sciences.



Joseph Fourier (1768-1830)

Fabien Grégis (Sphère-Reisheis-Paris 7)

### *L'erreur de mesure, entre incertitude et confiance*

Ce qui est appelé «erreur de mesure» est un écart quantitatif entre la valeur effectivement obtenue par une mesure et la valeur de la grandeur que l'on souhaite mesurer. Cet écart est incorporé dans les théories scientifiques elles-mêmes au travers d'une «analyse d'erreur» - aujourd'hui appelée «analyse d'incertitude». Peut-on en ce cas considérer qu'une «erreur de mesure» est une erreur scientifique? Pour répondre à cette question, il est nécessaire d'en comprendre plus précisément la nature - et de savoir quelle en est la spécificité.

Aucune mesure n'est parfaite. En effet, tout résultat de mesure est inexact, imprécis. L'erreur de mesure inhérente à chacun de nos résultats se présente sous un jour négatif en faisant obstacle à notre connaissance: elle est source d'incertitude.

Pourtant, si les savants des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles ont développé le concept d'erreur de mesure, c'était avant tout pour répondre positivement à des difficultés, apparues d'abord en astronomie et en géodésie: ils expliquaient ainsi pourquoi les résultats issus de la mesure répétée d'une même grandeur dans des conditions considérées comme identiques n'étaient pas eux-mêmes tous identiques. Cela marquait les débuts d'une «théorie des erreurs» qui allait accompagner l'évolution de la conception des probabilités et le développement des statistiques.

Des travaux philosophiques (Hon, Mayo, Schickore, ...) ont permis de montrer le rôle positif que pouvait jouer l'erreur, de manière générale, dans la démarche scientifique. Je cherche ici à prolonger ces réflexions en montrant en quoi ce rôle peut être mis en évidence dans le cas plus spécifique de

la mesure. Je m'appuierai pour cela sur un matériau scientifique puisant en particulier dans des considérations récentes en métrologie.

En premier lieu cependant, c'est un exemple de controverse portant sur la notation des copies au baccalauréat, initié par une étude de Suchaut en 2008, qui me permettra d'illustrer pourquoi nous parlons d'«erreur de mesure», pourquoi nous pensons en commettre, et comment nous y réagissons. Cela révélera l'existence de deux comportements-types, optimiste et pessimiste, vis-à-vis de l'erreur dans la mesure, et cela permettra également d'initier l'idée selon laquelle l'erreur est aussi ce qui rend possible la mesure.

La conception de l'erreur de mesure a connu une évolution progressive depuis le milieu du XXe siècle environ, pour céder la place à un concept proche mais distinct d'«incertitude de mesure». Cette évolution est une caractéristique de ce qui est appelé le «tournant épistémique» en métrologie, qui redéfinit à la fois les méthodes d'évaluation de l'erreur et les modes d'interprétation de la mesure et des résultats qu'elle produit.

À partir de ces éléments, j'interrogerai la façon dont on peut passer d'une réflexion sur l'«incertitude», que cause l'erreur et qui traduit une limitation de nos connaissances, à une réflexion sur la «confiance», qui intègre l'erreur, qui traduit alors notre capacité à dépasser certains problèmes expérimentaux ou philosophiques, et qui voit l'erreur comme un élément consubstantiel à la mesure physique qui, par conséquent, participe à notre connaissance.

Le lien entre «erreur de mesure» et erreur scientifique se situe alors à un niveau supérieur, dans l'usage que l'on fait du résultat (que ce soit à des fins théoriques ou pratiques) et dans la façon dont l'analyse d'erreur y est mise à contribution. Cela éclaire en quoi la prise en compte de l'erreur de mesure dans les sciences expérimentales permet le progrès scientifique.

17h45-19h

## Conférence spectaculaire

Olivier Vallet (Compagnie Les Rémouleurs)

### *Oculus Imaginationis*

*Oculus Imaginationis* rassemble les boîtes optiques et machines de théâtre mises au point par Olivier Vallet ces dix dernières années. Inventeur autodidacte, créateur d'images inédites et surprenantes, Olivier Vallet donne ses lettres de noblesse à la Science Brute, sœur jumelle de l'Art Brut. Au cours d'une conférence érudite et fantasque, Olivier Vallet nous expose des théories scientifiques ayant eu leur heure de gloire avant de se révéler totalement erronées. Pour illustrer son propos, il réveille, en actionnant ses machines, des techniques de projections d'images tombées dans l'oubli à l'arrivée du cinéma : *camera lucida*, catoptrique, projection de caustiques, épiscopes... et bien sûr, le Miroir Liquide, sa dernière invention (prix ARTS 2009).

Il s'agit donc à la fois d'un spectacle de manipulation, dans lequel les marionnettes traditionnelles auraient été remplacées par les éléments (lumière, images, reflets, films de savons) et d'une réflexion savante et drôle sur l'erreur scientifique.



Vendredi 23 novembre

9h-12h

## Vertiges de l'erreur

Norbert Schappacher, (IRMA-Strasbourg)

### *Le pudendum mathematicum au vingtième siècle Honte et fertilité de l'erreur dans les mathématiques fortement formalisées*

Partant du constat que les mathématiciens craignent l'erreur plus que tous les autres scientifiques, nous confronterons d'abord deux textes, respectivement du début et de la fin du XXe siècle, pour nous lancer ensuite dans une étude de cas centenaire (1891 - 1991), surprenante de plusieurs points de vue, qui permettra de cerner un peu le rôle de l'erreur en tant qu'incubateur de l'évolution.

Christian Brouder (Lmcp-Paris 6)

### *Les erreurs scientifiques sont-elles immortelles ?*

Max Planck disait :

« Une vérité scientifique nouvelle ne triomphe pas en convaincant ses adversaires, mais plutôt parce qu'ils finissent par mourir. »

En effet, certaines théories réfutées semblent avoir une extraordinaire longévité. Elles continuent à vivre dans des niches écologiques alors que la communauté scientifique les croit éliminées depuis longtemps. Je voudrais illustrer cette remarque avec trois exemples : la fusion froide, la mémoire de l'eau et les rayons mitogéniques.



Alexander Gavrilovich Gurwitsch (1874-1954)

14h-17h

## L'erreur en fondement

Danielle Fauque (Ghdso-Paris Sud)

### *« Sans le secours du phlogistique » : Lavoisier et le mémoire de 1785 ou comment combattre une théorie fausse.*

La découverte de nombreux gaz dans la seconde moitié du XVIIIe siècle conduit les savants à s'interroger sur leur nature. Sont-ils une modification de l'élément air ou des corps nouveaux, aux propriétés singulières ? Leur étude entre-t-elle dans le domaine de la chimie ou de la physique ? On crée alors une sous-branche : la chimie pneumatique.

Avec bien des difficultés, les chimistes essaient d'adapter les doctrines admises par la communauté afin d'y faire entrer les faits nouveaux, mais c'est au prix d'une contorsion intellectuelle dont les ressorts sont aujourd'hui difficilement compréhensibles qu'ils pensent y arriver.

Interpellé dès le début des années 1770 par ces phénomènes, Lavoisier ne transige pas avec la simple logique livrée par l'expérience. Dans la calcination d'un métal, là où les chimistes traditionnels considèrent une perte du principe phlogistique ou matière du feu, Lavoisier relève principalement l'augmentation de poids. Une étude comptable le conduira à rejeter peu à peu ce phlogistique.

C'est en avocat général qu'il condamne définitivement ce principe en 1785 dans son mémoire,

*Réflexions sur le phlogistique*, qui est en fait un aboutissement en même temps qu'une addition à un de ses premiers mémoires sur la combustion des chandelles lu en 1777 à l'Académie royale des sciences. On peut s'étonner d'un temps si long pour livrer le fond de sa pensée. Mais il n'est pas facile lorsqu'on vit dans un monde où la réputation est plus importante que la vie de mettre à bas un système accepté par tous.

Nous rappellerons les différents caractères de la doctrine chimique traditionnelle, dite doctrine ou théorie du phlogistique, les explications données par les chimistes sur la structure de l'air et de l'eau, sur l'opération de calcination effectuée sur un métal, ainsi que les conceptions achevées de Lavoisier telles qu'elles apparaissent dans le *Traité élémentaire de chimie* de 1789. Puis nous analyserons les arguments de Lavoisier démontant les arguments des phlogisticiens.

Mais qui dit démontrer une théorie fausse ne veut pas dire la remplacer par une théorie vraie. Lavoisier était-il toujours sur la vraie voie ? En dénonçant une erreur, Lavoisier en introduit une nouvelle. Si la notion de changement de paradigme selon Thomas Kuhn s'applique très bien au cas Lavoisier, la thèse de Karl Popper, s'y appliquerait tout autant.



Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) & son épouse Marie-Anne Pierrette Paulze (1758-1834)

André Pichot (Archives Poincaré-CNRS)

### ***L'hérédité est-elle une erreur ?***

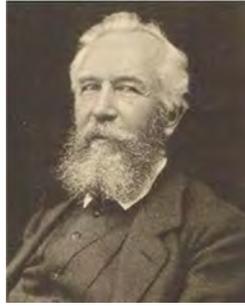
On pense souvent que l'hérédité est une sorte de fonction physiologique (comme la digestion) ; une fonction connue depuis la nuit des temps et qu'une science (la génétique) aurait à étudier. En réalité, l'hérédité biologique est une invention de la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, une invention calquée sur l'hérédité juridico-économique, alors seule connue (la transmission, à leur mort, des biens des parents aux enfants).

Jusqu'au milieu du XIX<sup>e</sup>, la biologie ne connaissait pas l'hérédité, sauf pour quelques maladies (principalement la tuberculose, la syphilis et la rougeole) qu'elle pensait transmises des parents aux enfants et que, par analogie avec l'hérédité des biens, elle qualifiait d'héritaires.

En revanche, il n'y avait pas d'hérédité dans les théories de la génération. Celle-ci n'était pas censée prolonger les parents dans leurs enfants (comme aujourd'hui le fait l'hérédité) ; mais elle devait assurer la conservation de l'espèce par la perpétuation de la forme spécifique (aussi curieux que cela puisse sembler aujourd'hui, les enfants d'autrefois n'avaient pas à ressembler à leurs parents, il suffisait qu'ils soient de la même espèce qu'eux).

L'hérédité biologique est apparue quand, avec la montée de l'évolutionnisme et la régression du préformationnisme, la notion de forme spécifique a disparu. L'individu a alors été « atomisé » en une multitude d'hypothétiques caractères distincts, dont chacun était transmissible (mais pas toujours transmis) à la descendance. C'est cette transmission qui a été appelée « hérédité », par analogie avec l'hérédité juridico-économique des biens, sur le modèle de ce qui avait déjà été fait pour les supposées « maladies héréditaires » précédemment citées.

La construction d'une hérédité biologique sur cette base fut longue et complexe. Divers biologistes s'y attachèrent dans le plus grand désordre. Mais son principal auteur est Haeckel. C'est lui qui, en l'associant à l'évolutionnisme, a donné à l'hérédité une place centrale en biologie, place qu'elle ne quittera plus.



Ernst Haeckel (1834-1919)

Pour Haeckel, l'hérédité était une mémoire. Elle servait à articuler l'ontogenèse et la phylogenèse, et ainsi à unifier la biologie en reliant l'explication physique (embryologie, physiologie et biochimie) et l'explication historique (évolutionnisme) de l'être vivant. En tant que mémoire, c'était une sorte de notion à deux faces – physique et historique – qui articulait deux types hétérogènes d'explication (une explication par le jeu actuel des lois physiques, et une explication par le jeu passé de ces lois tout au long de l'évolution des espèces).

L'hérédité connut une vogue immense à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, où elle fut popularisée par les biologistes, mais aussi par divers idéologues et par la littérature dite « naturaliste ». Au XX<sup>e</sup> siècle, elle fut fétichisée, au point que les biologistes oublièrent que c'était une de leurs créations, et qu'ils y virent une sorte de fonction physiologique naturelle, et même une fonction centrale et autonome déterminant l'être et sa vie.

Alors qu'initialement l'hérédité biologique était la réponse au problème posé par la duplicité (physique et historique) de l'explication de l'être vivant, elle est ainsi devenue elle-même un objet biologique naturel qu'il s'agissait d'expliquer. Cet « objet biologique » avait un organe (le plasma germinatif et tous ses avatars) et une fonction (la transmission, des parents aux enfants, de caractères soumis à la sélection naturelle).



# 2<sup>e</sup> Colloque Catherine Dufour

## L'erreur en sciences

Faculté des sciences de Nancy

Amphi 7

22-23 novembre 2012

### Programme

*Jeudi 22 novembre :*

14h-14h15                      Quelques mots autour du thème du colloque

14h15-17h15                    **Qu'est-ce qu'une erreur en sciences ?'**

Jean-Pierre Kahane (Paris Sud Orsay & Académie des sciences)

*Des erreurs de Fourier aux erreurs sur Fourier*

Fabien Grégis (Sphère-Reisheis-Paris 7)

*L'erreur de mesure, entre incertitude et confiance*

17h45-19h

### **Conférence spectaculaire**

Olivier Vallet (Compagnie Les Rémouleurs)

*Oculus Imaginationis*

*Vendredi 23 novembre*

9h-12h

### **Vertiges de l'erreur**

Norbert Schappacher (IRMA-Strasbourg)

*Le pudendum mathematicum au vingtième siècle*

*Honte et fertilité de l'erreur dans les mathématiques fortement formalisées*

Christian Brouder (Lmcp-Paris 6)

*Les erreurs scientifiques sont-elles immortelles ?*

14h-17h

### **L'erreur en fondement**

Danielle Fauque (Ghdso-Paris Sud)

*« Sans le secours du phlogistique » :*

*Lavoisier et le mémoire de 1785 ou comment combattre une théorie fausse.*

André Pichot (Archives Poincaré-CNRS)

*L'hérédité est-elle une erreur ?*