

**Galison Peter, *Ainsi s'achèvent les expériences. La place des expériences dans la physique du XX<sup>e</sup> siècle*, Paris, Editions La Découverte, 2002 (*How Experiments End*, Chicago, The University of Chicago Press, traduit de l'anglais (USA) par B. Nicquevert, 1997).**

**Mots clés :** Histoire de la physique, rapport expérimentations/théories, robustesse.

**Domaines objet :** Histoire et philosophie de la physique XX<sup>e</sup> siècle.

**Résumé :** L'auteur a pour objectif de rendre explicite les relations entre théories et expériences, sans proposer comme cela est souvent le cas, que l'une prévaille sur l'autre ou, plus exactement, que l'une vienne avant l'autre. Etant entendu que la théorie est impliquée dans le travail expérimental, cet ouvrage constitue une exploration de l'autonomie partielle de la sous-culture des expérimentateurs. La question de la manière dont s'achèvent les expériences intéresse fortement l'auteur car elle correspond au moment, dans les activités de laboratoires, où l'instrumentation, l'expérience, la théorie, le calcul et la sociologie se rencontrent. A travers une analyse historique resserrée, l'auteur identifie les arguments, les signaux, les compétences et le matériel qui conduisent les chercheurs à conclure que des traces qui, dans un premier temps, pouvaient être très évanescences sont bien réelles ou artificielles. La décision de clore une expérience est cruciale, et ce d'autant plus qu'au XX<sup>e</sup> siècle, en général, les expériences supposent des coûts financiers importants. L'auteur fait un tour d'horizon des différentes postures philosophiques et sociologiques quant aux rapports que peuvent entretenir dans le travail probatoire les théories et les phases expérimentales ou observationnelles. L'auteur reprend ainsi tour à tour les thèses sur ce sujet des empiristes logiques, de K. Popper, de T. Kuhn et N. R. Hanson, puis celles de ceux qu'il nomme « les sociologues de l'intérêt » (B. Barnes, D. Bloor, H. Collins, A. Pickering) afin de mettre en évidence les limites de chacune de ces thèses. Le projet de l'auteur est donc d'éviter les écueils d'une vision qui voudrait placer en premier soit l'observation, soit la théorie, car à son sens, ce type de posture ne permet d'éclairer que partiellement la nature de l'expérimentation. Il rappelle que les expérimentateurs ne sont pas attachés à chaque pas aux théoriciens, et que très fréquemment, leurs expériences portent sur plusieurs théories particulières, et même sur des groupes de théories. C'est pourquoi l'auteur se propose d'analyser en détail le cas de quelques expériences afin de mettre à jour leurs hypothèses théoriques et leurs continuités techniques. L'auteur privilégie la période postérieure à 1926. Il relate ainsi dans le détail trois expériences : la découverte du muon, la mesure du ratio gyromagnétique de l'électron et la découverte des courants neutres faibles (voir le résumé long sur ce point). L'analyse de ces expériences conduit l'auteur à exposer sa propre conception des relations entre théorie et expériences. Dans ce cadre-là, il définit des contraintes théoriques et expérimentales à long, moyen et court terme, permettant de rendre compte du fait que les expérimentateurs continuent à croire en leurs résultats, même lorsque ces conclusions défient les théories auxquelles ils adhèrent. Pour conclure, l'auteur examine les caractéristiques de l'argumentation expérimentale et leurs évolutions au cours du XX<sup>e</sup> siècle.

**Développements :** 1/ L'auteur s'élève fortement contre la perspective des « théoriciens de l'intérêt » (Barnes, Bloor, Collins, Pickering). Selon l'auteur, la théorie de l'intérêt discrédite le rôle de la nature et suppose que les présuppositions scientifiques, soutenues par les intérêts des scientifiques, conditionnent les phénomènes recevables de manière à faire d'une théorie particulière et de ses expériences un système clos et autoréférentiel. Ainsi, pour ce type de théoriciens, les essais expérimentaux n'ont aucun pouvoir de trancher entre plusieurs théories. L'auteur expose trois types de problèmes posés par cette théorie de l'intérêt :

- il est injuste de chercher dans les arguments expérimentaux des implications à toute épreuve, pour imputer, une fois que les expériences n'ont pas donné lieu à une conclusion logique, les croyances des expérimentateurs à leurs seuls « intérêts ». Il est naïf de croire, comme semblent le faire les théoriciens de l'intérêt, que les expériences seraient comme les mathématiques. Il est plus prometteur d'observer la manière dont les expérimentateurs raisonnent, construisent et vérifient afin d'obtenir un argumentaire convaincant, même si les raisons à la base de ces croyances n'ont pas la forme d'une démonstration mathématique.

- La théorie de l'intérêt exagère la flexibilité interprétative, les théories n'étant dès lors conçues que comme des moules dans lesquels on coule un monde de phénomènes malléables pareils à de la glaise. Les expériences s'achèvent quand elles se glissent parfaitement dans un schéma théorique préconçu. Or ce n'est pas seulement l'incompétence de certains chercheurs qui empêche un nombre arbitraire d'explications viables de coexister en physique des particules. Les contraintes mathématiques et physiques ne se laissent pas écarter si aisément.

- La troisième objection est liée à la précédente. Les théoriciens de l'intérêt négligent les contraintes qu'imposent les compétences et les techniques du travail des expérimentateurs sur leurs conclusions. Ainsi, puisqu'ils mettent en avant la théorie, ils sont plus intéressés par la manière dont les théoriciens utilisent les expériences que par les procédures des expérimentateurs. Or, les théoriciens autant que les expérimentateurs connaissent des ruptures dans leurs traditions respectives, mais elles ne sont pas systématiquement simultanées. De plus, l'auteur souligne qu'au cours du XX<sup>e</sup> siècle, la séparation entre les expérimentateurs et les théoriciens est devenue un élément significatif des sciences physiques. Le développement de deux cultures ne signifie pas qu'elles ne communiquent pas entre elles, mais qu'il reste à écrire une histoire de la vie des expériences, histoire qui traiterait des préoccupations de laboratoire qui n'ont que peu de rapport avec la théorie de haut niveau et tout à voir avec la manière dont les expérimentateurs en arrivent à la conviction qu'il existe des neutrinos, des positrons et des courants neutres.

2/ L'auteur propose une nouvelle approche des liens entre théories et expérimentation/observation pour répondre tout à la fois à l'approche trop réductionniste des empiristes logiques ou de K. Popper et aux sociologues de l'intérêt. Il emprunte à Fernand Braudel l'idée que pour comprendre l'histoire d'une civilisation (ou, dans le cas de Galison, une recherche expérimentale et théorique en physique), il faut prendre en compte différentes strates temporelles (long, moyen et court terme). Ceci permet à l'auteur d'explicitier la façon dont les croyances expérimentales et théoriques préalables restreignent les solutions que l'expérimentateur considère comme des croyances et des actions acceptables. Usant de tous les outils disponibles, le calcul, la conception, l'interprétation, la manipulation, ainsi que son expérience du métier, l'expérimentateur vise à écarter des interprétations alternatives d'un phénomène. Ce processus d'exclusion culmine avec la décision de mettre un terme au projet expérimental d'où le titre de l'ouvrage de Galison : *Ainsi s'achèvent les expériences...*

**Les contraintes à long terme :** Elles vont des engagements métaphysiques jusqu'aux méthodes, et comprennent des objectifs qui transcendent le développement et l'abandon de croyances particulières concernant la nature de la matière. L'auteur s'appuie sur le corpus qu'il vient d'étudier dans l'ouvrage pour donner plusieurs exemples : la conservation de l'énergie au XIX<sup>e</sup> siècle, l'existence d'un Dieu qui augmenterait l'ordre de l'univers ; de nos jours, ce serait par exemple la croyance que l'unification des différentes théories physiques est possible. Les contraintes à long terme ne sont pas nécessairement théoriques. Elles peuvent être expérimentales. Par exemple, l'auteur met bien en évidence l'existence de sous-cultures instrumentales ou de traditions instrumentales. Il donne l'exemple de la physique des particules. Cet exemple constitue d'ailleurs le matériau du second ouvrage de Galison : *Image*

*and Logic*. En physique des particules, deux traditions expérimentales ont coexisté pendant longtemps. Il y avait d'une part en Europe au CERN, ceux qui utilisaient pour détecter de nouvelles particules des détecteurs visuels, comme la chambre à brouillard ou les chambres à bulles. Des particules traversent une chambre à brouillard ou à bulles et laissent une trace enregistrée sous forme d'image. D'autre part, ceux qui, aux Etats-Unis, utilisent des détecteurs électroniques comme des compteurs Geiger ou des chambres à fils. Les premiers recherchent avant tout ce que l'auteur appelle « l'événement en or », c'est-à-dire une image qui produit des détails fins et précis à propos du passage d'une particule donnée. La seconde tradition avec ses détecteurs électroniques recueille moins d'informations précises sur un événement donné, mais en revanche, considère le nombre d'événements comme étant le critère pertinent. De ce fait, ils recouraient aux statistiques pour traiter leurs données et un événement devait se répéter des milliers de fois pour avoir une valeur réelle. Bien évidemment, l'idée qu'un seul événement en or puisse être considéré comme une preuve leur est étrangère.

Pour écrire une histoire à long terme de la culture expérimentale qui soit correcte, nous devons redescendre d'un niveau, selon l'auteur, jusqu'aux pratiques instrumentales transmises par apprentissage d'une génération de scientifiques à l'autre. A ce niveau inférieur, on verra se superposer trois continuités historiques : a) Une histoire du développement technique, dans laquelle des dispositifs particuliers et des pratiques particulières sont communs à des instruments successifs dans la même tradition. b) Une histoire de la continuité pédagogique qui montrera des étudiants d'une tradition poursuivant au sein de la même tradition mais sur des détecteurs différents. c) Une histoire de l'argumentation qui comprendra des usages différents des statistiques et des événements en or. Dans le cas de la physique des hautes énergies, ce n'est qu'au début des années 1980 que ces deux traditions convergent au moment où les détecteurs électroniques deviennent capables de produire des images reconstruites par ordinateur possédant une résolution suffisante pour que des événements individuels y acquièrent une signification.

**Les contraintes à moyen terme :** Moins durables que ces grands thèmes que sont par exemple l'unification, figurent les objectifs programmatiques théoriques et expérimentaux particuliers. Ceux-ci correspondraient au « temps social » chez Braudel. L'auteur prend l'exemple du physicien Barnett qui au début du XX<sup>e</sup> siècle avait en vue des problèmes et des expériences qui devaient faire la lumière sur le magnétisme terrestre. Ses théories du mécanisme précis du champ magnétique de la terre changèrent, mais son engagement au niveau moyen en faveur du sujet ne se modifia pas tout au long de la première partie de sa carrière. De la même façon qu'il existe des engagements théoriques programmatiques, il existe des pratiques de laboratoire programmatiques. L'expérimentateur peut bien croire qu'en général les microscopes, les télescopes, les chambres à étincelles ou les compteurs Geiger sont des instruments valables pour des recherches sur une certaine portion du monde phénoménal. Faire confiance à ce microscope ou à cette chambre à étincelles est une question qui reste ouverte. C'est généralement en recourant à des tests de calibration ou aux réponses comparées à des sondes identiques que les physiciens prennent une telle décision. Une fois l'instrument comparé à d'autres instruments et aux calculs de ses performances, l'appareil acquiert une fiabilité en tant que tel.

**Les contraintes à court terme :** l'auteur puise dans son corpus pour illustrer son propos en distinguant des contraintes à court terme sur le plan théorique et sur le plan expérimental. La conception et l'interprétation d'expériences peuvent être influencées par des théories et des modèles spécifiques, qui constituent des contraintes approximativement analogues au « temps individuel » de Braudel. Plusieurs modèles théoriques différents peuvent être compatibles avec les vastes contraintes d'un programme donné. Mais c'est précisément parce que ces modèles

conduisent à des prédictions quantitativement déterminées qu'ils sont redoutablement efficaces pour réfréner la décision de l'expérimentateur de mettre un terme à une expérience. Ainsi dans le cas de la mesure du ratio gyromagnétique de l'électron, les modèles proposés par Einstein et Haas conduisaient à de prédictions deux fois supérieures à celles de Barnett. Il existe également des contraintes expérimentales à court terme, même après que l'expérimentateur ait acquis confiance en un certain type d'appareillage. La question reste posée : peut-on se fier à cette campagne d'expériences ou à cette image-là de chambre à bulles ? Parfois, les critères d'acceptabilité seront de pure routine. L'événement est-il au-dessus d'une certaine énergie ? Y a-t-il une autre trace à proximité ? On utilise fréquemment d'autres tests, souvent moins formels, pour évaluer la performance d'un instrument sur une série ou un événement particulier. De telles décisions peuvent paraître extrêmement arbitraires pour l'observateur extérieur. Séparer de cette manière les contraintes de la théorie de celles de l'expérience permet d'éviter le recours à l'image traditionnelle de la science comme une toile d'un seul tenant, se déroulant depuis la théorie de haut niveau jusqu'aux régularités observationnelles. Philosophiquement, on pourrait penser que les lois de niveau supérieur sont nécessaires pour justifier celles de niveau inférieur. Dans la pratique de la science, les expérimentateurs peuvent tout à fait renoncer aux convictions de haut niveau les plus abstraites tout en conservant celles des niveaux inférieurs. Anderson découvreur du positon, écarta la théorie du « cri de naissance des atomes » de son mentor Millikan sans pour autant modifier la plus grande partie de ses procédures expérimentales conçues pour l'étude des énergies des rayons cosmiques à savoir des chambres à brouillard. Il continua à travailler avec des chambres à brouillard, principal instrument de son mentor, même quand il finit par rallier le camp honni par son mentor, celui des théoriciens quantiques de son époque.

3/ Tout au long de son ouvrage, l'auteur réévalue la place de l'expérimentation dans l'élaboration des savoirs scientifiques. Ce qui le frappe, c'est le caractère solide des conclusions expérimentales. En effet, l'auteur souligne que les conclusions expérimentales ne sont pas forcément dociles. Elles ont une persistance qu'un changement théorique ne peut annuler. Cette solidité vis-à-vis de conditions fluctuantes impressionne les expérimentateurs eux-mêmes, même si les théoriciens ne partagent pas toujours leur point de vue. L'auteur caractérise la formation de cette solidité selon deux axes : le caractère direct croissant de la mesure et la stabilité grandissante des résultats. Par direct, l'auteur entend toutes les démarches de laboratoire qui permettent au raisonnement expérimental de franchir un pas supplémentaire sur l'échelle causale (la mesure d'un bruit de fond préalablement calculé, la mesure séparée de deux sources d'un effet qui n'était auparavant mesurée que de manière simultanée). Le caractère direct peut aussi concerner le signal lui-même (Street, voulant convaincre Anderson que ses compteurs Geiger étaient valables, met une chambre à brouillard entre deux compteurs et ainsi montre directement que des particules uniques entrent dans le dispositif). Par stabilité, l'auteur pense à toutes les procédures qui font varier les procédures expérimentales : changements de la substance testée, de l'appareillage, de l'agencement, de l'analyse des données qui ne modifient pour ainsi dire pas les résultats. Chaque variation rend plus difficile de postuler une histoire causale différente qui satisfasse toutes les observations.

Tout au long de ce livre, l'auteur met l'accent sur les procédures établissant la stabilité et le caractère direct permettant de décider si les effets considérés ont été réels ou de simples artefacts. L'objet central de l'ouvrage consiste à délivrer le message suivant : les expériences ont pour but de construire des argumentaires convaincants, de ceux qui vont résister à l'accusation. Elles y parviennent en explorant les nombreuses branches détaillées des arbres qui décrivent les relations causales entre l'effet et le bruit de fond. Cette exploration progresse en soumettant les résultats à des contraintes exercées selon deux directions : en améliorant le caractère direct d'une expérience, en rendant les résultats plus stables.

4/ L'auteur ne veut ni élaborer des règles rationnelles de découverte, ni réduire les arguments de la physique à des vaguelettes à la surface d'un océan d'intérêts professionnels comme le font certains sociologues des sciences relativistes qu'il brocarde vertement tout au long de l'ouvrage en les dénommant les « sociologues de l'intérêt ». La tâche entreprise est de saisir l'élaboration d'un raisonnement convaincant portant sur le monde qui nous entoure, même en l'absence de la certitude du logicien.

**Démarches** : Analyses historiques très fouillées de trois études de cas étayant une réflexion philosophie et sociologique.

## Compléments

### **Bibliographie sur laquelle s'appuie l'auteur :**

**Apports spécifiques** : Etudes de cas très fouillées relatives aux pratiques expérimentales. L'étude de cas sur la physique des particules vient compléter celle proposée par Andrew Pickering. D'autre part, bien que le terme de robustesse ne soit jamais employé dans l'ouvrage, c'est bien de construction de la robustesse qui est traitée tout au long de l'ouvrage.

### **Commentaires :**

#### **Divers :**

Cette notice a été réalisée par Catherine Allamel-Raffin :  
[catherine.allamelraffin@unistra.fr](mailto:catherine.allamelraffin@unistra.fr)