

Qu'est-ce que l'observable ?

Atelier LARSIM-ESNT

V. Bontems* and A. Grinbaum†

Centre de Saclay, IRFU/Laboratoire des Recherches sur les Sciences de la Matière, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

T. Duguet‡

*Centre de Saclay, IRFU/Service de Physique Nucléaire, F-91191 Gif-sur-Yvette, France and
KU Leuven, Instituut voor Kern- en Stralingsfysica, 3001 Leuven, Belgium and
National Superconducting Cyclotron Laboratory and Department of Physics and Astronomy,
Michigan State University, East Lansing, MI 48824, USA*

F. Raimondi§

Department of Physics, University of Surrey, Guildford GU2 7XH, United Kingdom

Atelier du *Laboratoire de Recherche sur les Sciences de la Matière*
organisé pour

l'Espace de Structure et réactions Nucléaires Théorique

18-22 Juin 2018

CEA/SPhN, Orme des Merisiers, bat. 703, pièce 135, F-91191 Gif-sur-Yvette Cedex

I. OBJECTIFS DES ATELIERS LARSIM-ESNT

L'objectif récurrent des ateliers proposés par les philosophes du Laboratoire de Recherche sur les Sciences de la Matière (LARSIM) aux physiciens de l'Espace de Structure et réactions Nucléaires Théorique (ESNT) est de mener sur le long terme une réflexion portant sur la recherche en physique dans le but d'en questionner les fondements et les pratiques. La spécificité de cette réflexion réside dans le fait qu'elle mobilise en même temps des physiciens, aussi bien théoriciens qu'expérimentateurs, et des philosophes. Le caractère ouvert et participatif des ateliers organisés dans ce cadre, dont celui organisé cette année est le sixième, a permis la mobilisation d'un public aux provenances diverses, des doctorants et jeunes chercheurs aux scientifiques plus confirmés, et l'émergence d'idées originales et de collaborations ponctuelles et plus organiques.

Les sujets traités dans les ateliers LARSIM-ESNT depuis 2013, dont le détail est disponible sur le site web esnt.cea.fr, ont permis, entre autres, de mener une réflexion progressive sur la nature des objets physiques, des théories et modèles qui tentent de les décrire et sur les limites des représentations que les physiciens imposent, de manière plus ou moins explicite et consciente, sur la nature.

Dans ce contexte, la sixième édition, organisée cette année, se propose de questionner et approfondir la notion d'observable et la façon dont elle intrique le sous-jacent théorique et la mesure expérimentale au moyen d'outils phénoménotecniques.

II. CONTEXTE DE L'ATELIER

Les sciences de la nature se construisent, depuis Galilée, en fonction de l'adéquation entre des prédictions dérivées d'une théorie et les résultats d'expérimentations ou d'observations. Il ne faudrait cependant pas réduire la compréhension de la science contemporaine à l'ancien modèle positiviste, où la physique et les sciences mathématisées consistaient

*Electronic address: vincent.bontems@cea.fr

†Electronic address: alexei.grinbaum@cea.fr

‡Electronic address: thomas.duguet@cea.fr

§Electronic address: f.raimondi@surrey.ac.uk

seulement en une correspondance passive et, pour ainsi dire, seconde entre la mesure de phénomènes directement observables et les prédictions de lois induites à partir de leur régularité. La recherche de l'adéquation en physique est en soi un processus dont les modalités sont à questionner, en particulier en ce qui concerne les théories effectives. Faut-il toujours postuler, à priori, l'existence d'une correspondance non ambiguë et aux propriétés quantifiables entre l'application des théories physiques d'une part, et, d'autre part, les observables expérimentalement produites ? L'attention portée à la possibilité même d'une telle mise en regard soulève l'enjeu de son caractère conventionnel et les éventuels biais méthodologiques sous-jacents à sa mise en application.

On peut noter que ce processus comparatif repose sur l'élaboration, d'emblée complexe et dialectique, du domaine de validité d'une théorie physique et de ce qui est en droit observable dans un phénomène. Alors qu'on pourrait naïvement considérer que la définition des structures théoriques et des entités puissent se développer sur des voies parallèles et indépendantes, il faut souligner que la recherche d'une observable physique ne questionne pas que le "phénomène en soi", mais sa nature profonde et éventuellement la capacité de l'homme à la mettre en évidence parmi d'autres éléments considérés comme secondaires. Car les structures mathématiques développées au sein d'une théorie induisent, de manière plus ou moins explicite et contraignante, ce qui est effectivement observable au moyen des dispositifs observationnels et expérimentaux.

La notion d'observable apparaît donc immédiatement comme un entrelacement conceptuel de contraintes théoriques et techniques. Tout d'abord, la qualification des caractéristiques d'une observable ne peut pas être isolée des déterminations qui découlent du procédé utilisé pour la mettre en évidence; par exemple du référentiel dans lequel se situe l'observateur et des procédures expérimentales et calculatoires au terme desquelles sont établies les observations. D'autre part, les présupposés et le cadre théorique, la spécificité des opérateurs mathématiques pertinents et le choix des degrés de liberté du système physique, sélectionnent et structurent les mécanismes observationnels et expérimentaux. De cette intrication épistémologique, il ne faudrait pas non plus tirer de conclusions abstraites et péremptoires quant à la nature conventionnelle de la notion d'observable. Une telle problématique ne livre son sens que lorsqu'elle est elle-même analysée et objectivée au sein d'une discipline, et plus particulièrement lorsque cette discipline est déclinée dans l'actuation de sa pratique. On pourrait à ce propos reprendre les termes de Gaston Bachelard lorsqu'il parle d'une discipline en acte comme d'une "région" du rationalisme appliqué.

La préconisation de saisir l'observable au moment de sa propre effectivité et dans son intrication principielle avec le cadre théorique de son émergence est d'autant plus indispensable que cette notion risque de disparaître au travers de la traduction sémantique qui intervient au moment de l'interprétation finale des résultats. En effet, l'analyse critique et quantitative d'observations dans le but de supporter, corroborer, préciser, rectifier ou invalider une théorie physique ne tolère pas d'être menée sans indiquer une définition précise des observables, sous peine de s'exposer par précipitation ou négligence à une faute méthodologique majeure. La nécessité de contrôler critiquement et de manière récurrente le rôle de l'observable, sa fonction et son domaine de pertinence, est cruciale lorsqu'on perçoit le risque d'une régression, plus ou moins volontaire et conscient, vers le positivisme décrit plus haut, qui oublie ou au mieux néglige la dépendance du résultat de la comparaison entre théorie et expérience à l'égard du choix des observables.

Ce risque est patent et clairement identifié en mécanique quantique, où le rôle de l'observateur et le choix d'opérateurs spécifiques (i.e. linéaire et auto-adjoint) agissant sur l'espace de Hilbert des états physiques possibles constituent un processus méthodologique de définition restrictive de ce qui est observable. Cependant, l'évolution des moyens expérimentaux permettant, par exemple, la mise en évidence à l'échelle macroscopique d'interactions entre particules subatomiques, et l'utilisation massive de représentations diagrammatiques dans le développement de modèles basés sur la théorie quantique des champs, ont contribué à cacher la nature conventionnelle et intriquée des observables au regard des théories dont elles sont issues. On peut par exemple rappeler à cet égard la confusion générée parfois par l'utilisation des diagrammes de Feynman à travers lesquels la notion classique de trajectoire refait surface en tant que qualificatif d'une amplitude qui n'est que la condensation d'un champs quantique.

Pour éclairer provisoirement le statut de l'observable inscrit en creux dans toute interprétation des expériences, on peut recourir à la structure heuristique du "triangle sémiotique". Ce dernier, conçu pour la sémantique du langage, décrit les dimensions du sens en distinguant le signe, le référent et la référence. Dans le cas de l'observable, le signe réside, en particulier en physique, dans le formalisme mathématique qui exprime la notion d'opérateur et s'identifie volontiers avec une définition mathématique autoconsistante et non ambiguë. Le référent, quant à lui, est davantage associé à fonction de l'observateur, dont les contraintes techniques et interprétatives influencent sa capacité à accéder de manière précise au signe en tant qu'opérateur mathématique abstrait. Enfin, la référence soulève l'enjeu du corrélat ontologique de l'observation et de son interprétation en tant que questionnement sur l'existence et l'accessibilité de propriétés de la nature dont les observables seraient l'expression.

Muni de cette traduction minimale des orientations sémantiques multiples de la notion d'observable, nous proposons de présenter et questionner ses fondements et son évolution épistémologique, d'en analyser certains engagements dans des dispositifs expérimentaux, théoriques ou encore diagrammatiques contemporains, mais aussi d'esquisser des comparaisons avec d'autres champs disciplinaires tels que l'histoire, la musicologie, l'art, la linguistique ou la gestion des connaissances. À l'instar des précédentes éditions des ateliers LARSIM-ESNT, ce séminaire de la durée d'une

semaine, s'adresse à des physiciens théoriciens et expérimentateurs, indépendamment de leurs connaissances et ou de leur formation en philosophie des sciences. Le caractère progressif et participatif des ateliers permet à tous les participants d'évoluer dans la réflexion de manière balisée et personnelle, tout se nourrissant des suggestions et de l'expérience des autres participants.

III. OBJECTIFS DE L'ATELIER

En résumé, les objectifs de l'atelier peuvent être exprimé schématiquement comme suit:

1. Interroger la notion d'observable, ses origines, son domaine d'application et de validité en sciences physiques
2. Nourrir la réflexion à propos de la relation entre la notion d'observable et celle d'observateur, d'observation et d'opérateur
3. Fournir des clés interprétatives et des suggestions méthodologiques dans la comparaison de résultats expérimentaux et prédiction théoriques associés à une observable physique
4. Poursuivre sur le long terme la collaboration entre le LARSIM et l'ESNT, en particulier dans la réflexion sur les fondements et les pratiques de la recherche

IV. PROGRAMME

• Première partie : Le progrès paradoxal des observations

1. Observables; les faits et les cygnes [V. Bontems, philosophe]
2. La révolution quantique : mesure et interaction [E. Klein, philosophe]
3. Phénoménotéchnique et observables [V. Bontems, philosophe]
4. Euclid : à la découverte du noir par le noir [M. Sauvage, physicien]

• Deuxième partie : Opérateurs et observables quantiques

1. Première partie
 - (a) Reduction and explanation in physics [J. Rosaler, philosophe]
 - (b) De l'observable aux distributions de partons généralisées en physique hadronique [H. Moutarde, physicien]
 - (c) Symétries et surplus mathématique [J. Ladyman, philosophe]
 - (d) Observable et quasi-observable dans l'analyse du spin du nucléon [C. Lorcé, physicien]
2. Deuxième partie
 - (a) Théorie de la mesure en mécanique quantique [R. Balian, physicien]
 - (b) Qu'est-ce qu'un observateur quantique ? [A. Grinbaum, philosophe]
 - (c) La leçon de l'enchevêtrement quantique: "événement" et "système" comme substituts des notions "d'objet" et "d'observable". [G. Mauro d'Ariano, physicien]
 - (d) Observable et nature de l'opérateur associé [B. W. Roberts, philosophe]

• Troisième partie : Qu'observe-t-on dans les sciences humaines ?

1. Les traces de la comptabilité babylonienne [G. Chambon, historien]
2. Des observables communes à l'histoire et à la physique des matériaux ? [L. Bertrand, physicien]
3. Du « triangle musical » partition*exécution*perception [F. Nicolas, musicologue et compositeur]

• Quatrième partie: Algorithmes et diagrammes

1. Observable et données en masse [S. Abiteboul, informaticien]
2. La détection au Cern [L. Chevalier, physicien]
3. Savoir tacite et diagrammes [J.-L. Ermine, expert en knowledge management]

4. Observable quantique et diagrammes à N corps [M. Drissi, physicien]

Lundi 18	Mardi 19	Mercredi 20	Jeudi 21	Vendredi 22
09h15 Accueil				
09h30 Bontems	09h30 Rosaler	09h30 Chambon	09h30 Balian	09h30 Abiteboul
10h30 Pause Café	10h30 Pause Café	10h30 Pause Café	10h30 Pause Café	10h30 Pause Café
11h00 Bontems	11h00 Moutarde	11h00 Bertrand	11h00 Grinbaum	11h00 Chevalier
12h00 Klein				12h00 Ermine
12h45 Déjeuner	12h00 Déjeuner	12h00 Déjeuner	12h00 Déjeuner	13h00 Déjeuner
14h00 Bontems	14h00 Ladyman	14h00 Nicolas	14h00 D'Ariano	14h00 Drissi
15h00 Pause Café	15h00 Pause Café	15h00 Pause Café	15h00 Pause Café	15h00 Pause Café
15h30 Sauvage	15h30 Lorcé	15h30 Fin	15h30 Roberts	15h30 Fin
16h30 Fin	16h30 Fin		16h30 Fin	