



# **Kairos**

## **Revista de Filosofia & Ciência**

### **Journal of Philosophy & Science**

#### **Artigos / Papers**

Interfaces sciences du vivant et sciences humaines  
et pensée morphologique  
**Luciano Boi**

Reference, Success and Entity Realism  
**Howard Sankey**

A Self-Descriptionist Theory of Knowledge  
**Robert Hudson**

The problem of "meaning change" in Friedman's notion  
of constitutive a priori principle  
**Roberto Angeloni**

Programas Moleculares y Sistemas Lógico-formales  
**Ángel Nepomuceno-Fernández y Mario de J. Pérez-Jiménez**

A pedra parideira e a panaceia universal:  
Robert Boyle e a constituição da ciência instrumental  
**Manuel Silvério Marques**

**Dossier**  
**Gaston Bachelard**

#### **Recensões / Book Reviews**

Joshua C. Gregory, *A Short History of Atomism from Democritus to Bohr*

Lancelot Law Whyte, *Essay on Atomism, from Democritus to 1960*

Jean Salem (Org.), *L'Atomisme aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles*

**Kairos 5**

Novembro  
November  
2012

**Kairos. Revista de Filosofia & Ciência**

**Kairos. Journal of Philosophy & Science**

**ISSN: 1647-659X**

<p><b>Direcção / Editors</b></p> <p><b>Olga Pombo</b> (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)</p> <p><b>Nuno Melim</b> (CFCUL)</p> <p><b>Comissão Editorial / Editorial Board</b></p> <p><b>Olga Pombo</b></p> <p><b>Catarina Pombo Nabais</b> (CFCUL)</p> <p><b>João Luís Cordovil</b> (CFCUL)</p> <p><b>Lídia Queiroz</b> (CFCUL)</p> <p><b>Nuno Jerónimo</b> (CFCUL)</p> <p><b>Nuno Melim</b></p>	<p><b>Comissão Científica / Scientific Board</b></p> <p><b>Andrea Pinotti</b> (Università degli Studi di Milano)</p> <p><b>Angel Nepomuceno</b> (Universidad de Sevilla)</p> <p><b>Byron Kaldis</b> (Hellenic Open University)</p> <p><b>Danièle Cohn</b> (Université de Paris X)</p> <p><b>Francisco J. Salguero</b> (Universidad de Sevilla)</p> <p><b>John Symons</b> (University of Texas, El Paso)</p> <p><b>José Nunes Ramalho Croca</b> (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa)</p> <p><b>Juan Manuel Torres</b> (Universidad Nacional de Cuyo, Argentina)</p> <p><b>Juan Redmond</b> (Universidad de Valparaíso, Chile)</p> <p><b>Marcelo Dascal</b> (Universidad de Tel-Aviv)</p> <p><b>Nathalie Gontier</b> (Vrije Universiteit Brussel)</p> <p><b>Rudolf Bernet</b> (Husserl-Archives Leuven: The International Centre of Phenomenological Research)</p> <p><b>Shahid Rahman</b> (Université de Lille)</p>
--	---

**Edição: Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa**

# Índice / Index

**Resumos / Abstracts** 5

## **Artigos / Papers**

**Interfaces sciences du vivant et sciences humaines  
et pensée morphologique**  
**Luciano Boi** 13

**Reference, Success and Entity Realism**  
**Howard Sankey** 31

**A Self-Descriptionist Theory of Knowledge**  
**Robert Hudson** 43

**The problem of “meaning change” in Friedman’s notion  
of constitutive a priori principle**  
**Roberto Angeloni** 57

**Programas Moleculares y Sistemas Lógico-formales**  
**Ángel Nepomuceno-Fernández y Mario de J. Pérez-Jiménez** 77

**A pedra parideira e a panaceia universal:  
Robert Boyle e a constituição da ciência instrumental**  
**Manuel Silvério Marques** 91

## **Dossier: Gaston Bachelard**

**Nota de Abertura**  
**Lídia Queiroz** 143

**A complexidade fundamental da atomística**  
**Gaston Bachelard** 145

**On Atomistic Intuitions and their Classifications. Some Remarks  
on Gaston Bachelard’s Les Intuitions atomistiques (Essai de  
classification)**  
**Christoph Lüthy** 155

## **Recensões / Book Reviews**

**Joshua C. Gregory, A Short History of Atomism from Democritus to Bohr,  
London, A. & C. Black Ltd, 1931**  
**Cláudia Ribeiro** 171

**Lancelot Law Whyte, Essay on Atomism, from Democritus to 1960,  
Middletown, Wesleyan University Press, 1961,**  
**Cláudia Ribeiro** 177

**Jean Salem (Org.), L’Atomisme aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, Paris,  
Publications de la Sorbonne, 1999**  
**Cláudia Ribeiro** 183



## **Resumos / Abstracts**



## **Interfaces sciences du vivant et sciences humaines et pensée morphologique**

**Luciano Boi**

Nous cherchons à montrer que l'épigénèse, la morphogénèse, l'auto-organisation, les sciences de la complexité, sont des modèles explicatifs qui visent à répondre à la grande énigme de la construction du vivant à l'ère post-génomique. Ces modèles permettraient notamment de montrer que la vie n'est pas contenue dans un programme, mais découle d'une cascade de causalités qui s'enchaînent de manière non linéaire et par des discontinuités qualitatives successives. Par contraste avec le paradigme du "tout génétique", l'épigénétique permet d'appréhender d'une nouvelle manière les interactions entre organismes vivants et milieux naturels et culturels, ainsi que la coappartenance de la diversité et de l'unité du vivant à un même processus historique complexe et changeant.

## **Reference, Success and Entity Realism**

**Howard Sankey**

The paper discusses the version of entity realism presented by Ian Hacking in his book, *Representing and Intervening*. Hacking holds that an ontological form of scientific realism, entity realism, may be defended on the basis of experimental practices which involve the manipulation of unobservable entities. There is much to be said in favour of the entity realist position that Hacking defends, especially the pragmatist orientation of his approach to realism. But there are problems with the position. The paper explores two issues that reflect negatively on Hacking's version of the entity realist position. The first issue relates to the role of description in fixing the reference of theoretical terms. The second issue relates to Hacking's claim that the argument for entity realism based on experiment is a different kind of argument from the standard argument for scientific realism based on the success of science.

## **A Self-Descriptionist Theory of Knowledge**

**Robert Hudson**

This paper addresses the question, When can a knowledge claim be said to be justified? On my approach, for someone to have a justified belief she must be able to supply an account of the causal genesis of her belief, or as I will say, 'self-describe' the causal circumstances under which she came to have this belief. This approach to

knowledge I call ‘self-descriptionism’. My plan here is motivate self-descriptionism, which I do by showing that self-descriptionism has the resources to vindicate epistemic deontology, where by the deontological character of knowledge I mean the view that having knowledge is praiseworthy, and that a lack of knowledge is a form of failure. Correlatively, we achieve a vindication for an internalist view of justification, the view that the justification for a belief must be cognitively accessible to a potential knower.

### **The problem of “meaning change” in Friedman’s notion of constitutive *a priori* principle**

**Roberto Angeloni**

Recently, some specialists (Tsou 2010, for instance) have stressed Friedman’s notion of constitutive *a priori* principle in light of Putnam’s positive account of apriority. Friedman and Putnam’s notions of relativized *a priori* are presented as similar insofar as they both affirm the existence of principles in science, which are revisable and relativized to a particular body of knowledge. However, the similarities do not take into account that Friedman ascribed a meaning change to coordinating principles that are constitutive of the new framework. Could Putnam subscribe such a meaning change? This paper aims to analyse Friedman’s notion of constitutive *a priori* principle in relation to the problem of meaning change by taking into account Putnam’s theory of meaning and his notion of framework principle.

### **Programas Moleculares y Sistemas Lógico-formales**

**Ángel Nepomuceno-Fernández**

**Mario de J. Pérez-Jiménez**

Presentamos una ejemplificación de la relación entre sistemas formales y programas moleculares de un modelo de computación molecular. Para ello, se asocia un sistema lógico-formal, mediante una lógica pura de segundo orden, a cada programa molecular que resuelve un problema de decisión y se justifica que la verificación formal de dicho programa (respecto del problema en cuestión) equivale a establecer la adecuación, o corrección, y la completitud del sistema formal asociado. En un primer apartado introducimos la lógica de segundo orden, teniendo en cuenta la tradicional distinción entre *semántica estándar* y *semántica de Henkin*; se estudia un sistema lógico-formal de segundo orden cuyo lenguaje no tiene variables individuales ni funcionales, se esboza un cálculo deductivo y se establecen su adecuación y su completitud. Sigue un apartado dedicado a introducir una sencilla explicación de qué son los programas moleculares; se da una formalización de un programa molecular y se asocia a éste un sistema lógico-formal basado en la lógica de

segundo orden estudiada. En el último apartado se caracteriza la verificación formal de programas moleculares en términos de las propiedades metateóricas del sistema lógico-formal asociado. Concluimos con unas breves consideraciones finales y una bibliografía básica.

**A pedra parideira e a panaceia universal:  
Robert Boyle e a constituição da ciência instrumental**  
**Manuel Silvério Marques**

A ciência de hoje é, para muitos dos seus praticantes e utilizadores, no seu melhor, um *Ersatz* da panaceia universal. Trato aqui da origem desta esperança e desta quimera através do estudo da obra de Robert Boyle (1627-1691), considerado (com Galileu, Descartes, Huygens, Newton) o patrono da filosofia mecanicista e do método experimental. Boyle foi um dos fundadores da Royal Society, o mais importante protagonista do corpuscularismo e um dos principais “desmistificadores” da filosofia preternatural e do pensamento escolástico. Alguns tópicos da medicina pré-moderna, da alquimia e da filosofia natural proporcionam o contexto histórico indispensável para tratar aspectos “fundacionais” da filosofia química de Boyle e da “invenção” das “ciências indutivas”. Para tal discuto, no capítulo central deste texto, a obra *The Origin of Forms and Qualities according to the Corpuscular Philosophy* de Robert Boyle (publicado em 1665-6) e a refutação da doutrina das qualidades e da forma substancial. Foco (parcialmente) representações, metáforas e categorias epistémicas e/ou cognitivas típicas do mecanicismo e do corpuscularismo e discuto o estatuto ontológico de objectos e instrumentos baconianos, do *gás* helmontiano à máquina pneumática. Positivamente, seguindo uma indicação de Robert Lenoble, e de acordo com Alan Chalmers, distingo três “atomismos”, sublinhando que o de Boyle, químico, pouco tem a ver quer com o precedente, “metafísico”, quer com o da física estatística. Finalmente, deixo uma nota acerca da emergência do axioma científico moderno, a imanência, a qual alimenta a *alegria na rigidez* da ciência que impressionou Bachelard e se adivinhava nos austeros protocolos de Boyle.



## Artigos / Papers



# Interfaces sciences du vivant et sciences humaines et pensée morphologique

Luciano Boi  
(ÉHÉSS, Centre de Mathématiques et Equipe de Morphologies, Paris)  
[luciano.boi@chess.fr](mailto:luciano.boi@chess.fr)

“[...] je ne dirais pas que les routes de l’homme traversent le milieu de vie du hérisson mais c’est bien la rencontre de deux histoires : l’homme et le hérisson se retrouvent sur la même route à un moment donné et j’espère bien arriver à freiner et à ne pas écraser le hérisson.”

Jean Giraudoux, “Monologues du Mendiant”, *Electre*, 1937.

## 1. Le contexte général

Une révolution est en cours dans les sciences de la vie. Autour des mots épigenèse, morphogenèse, auto-organisation ou coévolution se cache une vision nouvelle de la vie et de l’évolution, qui a des conséquences majeures sur notre conception de l’humain.

Pendant un demi siècle on a cru que l’ADN recélait les secrets du vivant. L’ensemble des instructions codées sur chaque gène formait, du moins le pensait-on jusqu’à récemment, un « programme génétique ». En décodant ce programme, inscrit sur la longue chaîne d’ADN, on allait parvenir à percer le langage de la vie. Mais cet espoir s’est révélé vain et, en fait, depuis deux bonnes décennies déjà, les biologistes ont commencé à prendre conscience que le séquençage du génome n’ouvrait pas la voie au décodage du « programme génétique », pour la simple raison que ce dernier était une leurre.

À la même époque, d’autres recherches étaient en train de changer la façon de penser la construction du vivant. Les biologistes ont fait des découvertes qui tournaient autour de notions et disciplines nouvelles : épigenèse, morphogenèse,

embryogenèse et théorie évo-dévo<sup>1</sup>. Celles-ci portent une nouvelle conception de la vie. En particulier, il apparaissait de plus en plus que les organismes ne sont pas construits à partir d'un seul programme contenu dans ses gènes. L'idée de programme génétique s'effondrait. La première grande brèche dans l'idée de programme génétique est l'épigénèse. L'épigénétique s'intéresse aux mécanismes d'activation des gènes par des facteurs intérieurs et extérieurs. En particulier, l'épigénétique montre que les gènes doivent être exprimés (activés) pour servir dans la construction du vivant. Ainsi, un même embryon, donc un même ADN, peut produire plusieurs individus d'un même animal, en fonction de certains facteurs extérieurs. Au départ, un même ADN, à l'arrivée, des organismes variés.

L'environnement occupe un rôle central dans ce nouveau paysage théorique et expérimental. Il agit en activant les gènes comme on compose des airs différents en appuyant sur telle ou telle note d'un même clavier. Le génome n'est donc pas un grimoire sur lequel est consigné le secret de la vie. Il ressemble plutôt à un alphabet de quelques milliers de lettres : mais comment ces lettres se combinent-elles pour former des mots (les molécules), des phrases (les cellules), des textes (les organismes) ? C'est une autre histoire, et cette histoire peut être écrite seul par une collaboration entre sciences de la vie et sciences sociales. Dans quelques publications, j'ai avancé la thèse que, selon la période de vie et le type d'activité du génome, l'environnement peut se comporter comme *promoteur* d'une vulnérabilité ou un *révélateur* d'une résistance.

Il s'agit ainsi d'explorer les nouvelles interactions entre les sciences du vivant et les sciences humaines. Pour y arriver, il faudrait développer une démarche à la fois mathématique, épistémologique et historique. Le point important est que les sciences de la nature et du vivant soient considérées un domaine à part entière des recherches et des travaux en sciences humaines et sociales. Cette insertion du naturel et du vivant dans les études philosophiques, historiques, anthropologiques et esthétiques doit être développée aux plans méthodologique, épistémologique et scientifique. Comment ? En explorant surtout les relations complexes entre génétique/épigénétique, inné/acquis, aléatoire/déterminé, contingent/nécessaire, ordre/désordre, local/global, réversible/irréversible.

---

<sup>1</sup> L'évolution et le développement sont désormais conçus comme deux moments profondément interdépendants dans la construction ontogénétique des individus et aussi dans leur processus d'individuation morphologique, physiologique et cognitive. Les contraintes d'ordre anatomique, morphologique voire fonctionnel de l'embryogenèse ont des effets sur la manière dont les organismes vivants peuvent évoluer dans des contextes naturels, culturels et sociaux différents, et, en retour, l'histoire naturelle et les facteurs contingents de l'évolution peuvent produire des variations plus ou moins importantes sur le processus de construction et de croissance de l'embryon.

Plus précisément, il faudrait axer les recherches autour de trois grands thèmes.

(i) L'épigénèse, la morphogénèse, l'auto-organisation, les sciences de la complexité ou la théorie évo-dévo, sont des modèles explicatifs qui visent à répondre à la grande énigme de la construction du vivant à l'ère post-génomique. On peut chercher à utiliser tous ces modèles pour montrer que la vie n'est pas contenue dans un programme, mais découle d'une cascade de causalités qui s'enchaînent de manière non linéaire et par des discontinuités qualitatives successives. En même temps on peut montrer, en maniant les théories topologiques et dynamiques des immersions et des nœuds, qu'il existe cependant des schémas directeurs initiaux, des boucles de rétroactions, des niveaux d'organisation morphologique interdépendantes, des chemins d'évolutions, des bassins d'attractions et des logiques de coévolution, qui convergent vers des formes stables et récurrentes.

(ii) Avec l'épigénèse et la fin du tout génétique, une autre idée est venue bouleverser les sciences du vivant, celle de coopérativité. La vision du vivant qui domine dans le darwinisme est celle d'une âpre « lutte pour la vie », une lutte de tous contre tous où individus et espèces se combattent et rivalisent entre elles. Or, depuis quelques années, comme je l'ai montré dans quelques travaux récents portant sur les processus embryogénétiques et morphogénétiques (voir la bibliographie), la biologie a mis en évidence combien la vie serait aussi solidaire et coopérative. Dans le monde vivant, il existe plusieurs espèces animales et végétales qui réalisent une forme de donnant entrecroisé (que l'on pense à la relation entre abeilles et fleurs), donnant indispensable à la vie de chacun. On appelle cela le mutualisme. Mais il existe dans la nature une forme d'association plus intégrée encore : la symbiose. On a longtemps cru que ces associations étaient exceptionnelles. Depuis peu, les biologistes, mais aussi certains éthologues et anthropologues, ont pris conscience de l'importance et de l'omniprésence des relations de coopérations et de symbiose dans le monde vivant. L'exemple des bactéries qui vivent dans l'estomac de chaque être humain et tout à fait éclairant : nous nourrissons ces bactéries qui, en échange, nous aident à manger. Cette forme de coexistence et d'interdépendance entre organismes vivants et milieux naturels variés est très répandue et elle apparaît essentielles, à toutes les échelles, pour permettre la naissance et la construction des formes vivantes. Le but est de montrer qu'une telle symbiose constitue l'un des processus fondamentaux qui sous-tend l'équilibre des écosystèmes et la régénération de la biodiversité.

(iii) On peut chercher à approfondir l'étude de ces associations organiques entre êtres vivants en faisant appel à la biologie des systèmes ou biologie intégrative. Une connaissance plus profonde de ces processus complexes de symbiose pourrait contribuer à une mutation paradigmatique dans les sciences du vivant. Au lieu de

concevoir des organismes isolés en compétition, il s'agit de percevoir plutôt des individus (bactéries, micro-organismes, végétaux, sociétés animales, communautés humaines) comme des entités liées organiquement entre elles et vivant en échange constant et en étroite interaction avec leurs milieux : chacun étant membre d'une unité plus large ou contenant en lui des unités plus petites. En quelque sorte, l'idée même d'individu isolé se dissout : chacun est un peu à l'intérieur de l'autre, au sens qu'il fait partie d'un collectif plus large. L'idée est que la nature et le vivant sont plus solidaires de ce qu'on pense : les organismes ne sont pas des isolats vivant et agissant les uns indépendamment des autres. D'ailleurs, l'existence de propriétés dites « collectives » représente l'une des principales caractéristiques des systèmes complexes, comme j'ai pu le montrer dans quelques travaux récents consacrés à mettre en évidence leurs propriétés morphologiques intrinsèques. Cette vision de la vie a des conséquences majeures sur notre représentation de l'humain. Un être humain se construit, comme tous les autres organismes vivants, à partir d'un substrat biologique qui n'est pas intégralement inscrit dans le programme génétique. L'embryon humain oriente son développement en fonction des apports nutritifs de la mère puis des aliments extérieurs. Comme tous les mammifères, l'enfant a besoin de lait pour vivre et se développer. Ce lait peut être apporté par la mère. Or aucune mère ne pourrait vivre seule sans support social extérieur, quelle que soit la société des primates, humains compris. L'enfant a besoin d'une mère qui a besoin d'un groupe social (qui lui-même ne pourrait exister sans un minimum de règles). Le développement biologique est donc enraciné dans des milieux naturels et sociaux qui sont indispensables à leur entretien. Inversement, les réseaux sociaux, culturels, symboliques des humains ne pourraient exister et se déployer sans enracinement dans le monde vivant. La création de la plus petite unité sociale suppose que ses membres disposent de tout l'équipement mental et émotionnel permettant la communication et le lien social. Lorsque cet équipement est modifié (comme dans les troubles neuro-développementaux tels que l'autisme), la socialisation est gravement altérée et l'essor de la vie sociale impossible. De nombreuses espèces – abeilles, rats, oiseaux, félins, primates sont les humains – ont développé au cours de l'évolution une palette d'instincts, d'émotions et de compétences sociales leur permettant de vivre ensemble et de coopérer. Sans cet équipement de base, aucune société complexe ne peut s'édifier.

(iv) Tout système est unique dans son genre puisqu'il est le résultat d'un parcours épigénétique dans lequel différents éléments et systèmes se sont combinés dans une succession de bifurcations contrôlées et d'événements aléatoires. L'organisation est assurée par la présence d'une interface qui permet de moduler les

relations et les échanges entre le système et l'environnement extérieur et influe sur son évolution. En utilisant des outils conceptuels fins de la théorie des systèmes dynamiques et des singularités topologiques, on espère mettre en évidence que les systèmes vivants sont des structures morphogénétiques, auto-organisées et dissipatives complexes capables de s'organiser en des formes cohérentes et de les entretenir au cours du temps. Ces structures présentent deux propriétés fondamentales : a) ce sont des systèmes ouverts, c'est-à-dire qu'ils sont en relation avec un environnement extérieur avec lequel réalisent constamment des échanges d'énergie et de matière ; b) ce sont des structures complexes de type adaptatif du fait qu'ils forment des configurations d'ensemble cohérentes en mesure de s'adapter aux sollicitations provenant des milieux extérieurs et de s'auto-organiser.

## **2. L'intrication scientifique et épistémologique entre sciences du vivant et sciences humaines**

Demandons-nous pourquoi les sciences humaines et sociales devraient s'intéresser aux sciences du vivant ? La réponse est que la biologie devient de plus en plus la scène où se reflètent avec le plus d'acuité les métaphores, les sensibilités et les enjeux de la pensée contemporaine. Dans ce rôle, elle remplace peu à peu la physique, qui sert de point de référence depuis plus d'un siècle. Réciproquement, ce qui est en train de se produire dans les sciences de la société d'une part, et dans les neurosciences (des maladies neurodégénératives aux troubles cognitives) de l'autre, et qui peut être du moins en partie éclairé par les acquis récents dans les sciences du vivant, est le reflet d'un profond changement de paradigmes et de pratiques dans la pensée moderne sur ce qu'est la "nature humaine" (ou les "natures humaines") et l'histoire évolutive (ou les histoires évolutives). Pour le dire autrement, les problèmes des sciences du vivant sont un microcosme où se reflètent les problèmes philosophiques et sociétaux plus vastes qui nous sollicitent aujourd'hui. La manière dont on considère les systèmes naturels et les organismes vivants va conditionner nos rapports avec les êtres sensibles, la vie, l'environnement, la santé et de la communication entre les humains. Il s'agit en particulier d'explorer les pointes les plus avancées de ce changement et de réfléchir sur ses conséquences aux échelles plus générales de la société et de la culture. Pour ma part, j'ai la conviction profonde que l'étude des capacités organisationnelles et cognitives du vivant, de son fonctionnement complexe et plastique, de son autonomie endogène (biologique) et exogène (culturelle), de son intentionnalité, doit être soustraite du contexte mécaniste

et réductionniste dans lequel elle a été considérée des derniers cinquante ans et être remplacée sous un éclairage profondément différent. Cet effort d'intelligibilité et de réinvention doit s'appuyer, pour être efficace, sur les concepts clés d'*intégration relationnelle* (intégration du tout et de ses parties, du génétique et de l'épigénétique, du développement et de l'évolution, des organismes et de leurs milieux naturels et culturels), d'*auto-organisation régulatrice* et de *plasticité complexe et multiéchelle*.

À partir de l'idée que les systèmes vivants sont des entités douées d'auto-organisation et d'une signification intrinsèque qui se construit dynamiquement dans l'espace et le temps en relation avec des contextes co-évolutifs et cognitifs, il faut arriver à montrer qu'une pluralité de niveaux ontologiques et morphologiques, irréductibles au modèle d'explication mécanique et/ou moléculaire, doivent être intégrés à une définition plus complète et riche du vivant. La vie ne peut pas être expliquée uniquement par physique et de la chimie. Dit autrement, aujourd'hui il n'est pas possible de se contenter de la double hélice de l'ADN pour rendre compte de la vie. Les objets de base qui permettent la genèse de certains processus nécessaires pour définir un organisme vivant sont des molécules, mais l'organisation correspondante possède une échelle qui a un caractère macroscopique : le dialogue entre échelles différentes est une caractéristique essentielle de la vie. Il s'y ajoute un rôle essentiel du temps (comme générateur d'histoires possibles, de dynamiques imprévues) ; la vie ne se manifeste que dans un devenir. L'introduction du temps s'est avéré un élément essentiel dans l'étude des mécanismes de la croissance, de la physiologie complexe et de l'évolution des organismes vivants. Il permet un changement de paradigme. Ce n'est plus le côté pythagoricien des nombres qui apparaît ici. La profondeur logique des êtres biologiques se relie beaucoup plus au contraire à la distinction aristotélicienne entre potentialité et réalité. Elle donne les raisons qui font qu'on ne devrait jamais parler en termes de potentialité comme on le fait en termes de réalité. Seuls les faits qui sont engendrés mécaniquement, à la manière de l'enchaînement régi par le temps des horloges, pourraient conduire à une assimilation aussi grossière. Cette mécanique-là, typique de l'image du Grand Horloger qui réglait le monde au XVIIIe siècle, est celle qui, longtemps, a fait confondre le déterminé et le prévisible. Mais s'il est plusieurs mécanismes biologiques qui sont déterminés à une échelle donnée, à une autre échelle, où émergent d'autres propriétés et comportements des systèmes vivants, les processus biologiques peuvent prendre une allure discontinue, non linéaire, imprévisible et historiquement contingente. C'est en général le cas des changements macroévolutifs ou des spéciations. Malheureusement cette image est encore pensée par certains biologistes lorsqu'ils décrivent les processus moléculaires à l'œuvre dans la cellule, ou même – et c'est plus surprenant – lorsqu'ils prennent en

compte les propriétés spécifiques du système nerveux. Mais cela ne peut correspondre à la réalité sous-jacente, infiniment plus riche, et surtout créatrice. En effet, dans la cellule, l'expression du programme génétique peut produire de l'ontogénétiquement neuf ; dans l'organisme, l'activation des différents systèmes physiologiques étend considérablement ses capacités de régulation, métaboliques et motrices ; dans notre cerveau, l'interaction entre plasticité neuronale et diversité et variabilité des milieux culturels favorise une plus grande flexibilité et créativité dans nos capacités cognitives.

Ces niveaux d'organisation complexes dans le monde vivant font intervenir des mécanismes épigénétiques, des principes non mécaniques et des processus auto-organisés, sous la forme notamment de propriétés holistiques émergentes, coopératives et rétroactives. Une propriété d'un système complexe est dite « émergente » lorsqu'elle est qualitativement différente de celles qui s'observent au niveau élémentaire, alors même qu'elle résulte uniquement des caractéristiques des constituants du système et de leurs interactions. Par exemple, un lac pourra présenter des vagues qui n'ont pas de sens au niveau des molécules d'eau, la dispersion d'un nuage de particules sera irréversible alors que les mouvements individuels inverses peuvent être observés, une colonie de bactéries pourra présenter des formes remarquables voire un mouvement collectif. L'adjectif « émergent » contient implicitement l'idée d'un changement d'échelle entre le niveau des éléments et le niveau de la propriété émergente qu'ils produisent. Un exemple très important est celui des rythmes cellulaires, où le comportement périodique représente une propriété émergente des systèmes biologiques liés à leur régulation. Résultant des processus de rétroaction au sein des systèmes biologiques, les rythmes fournissent un exemple emblématique de propriétés systémiques de l'organisation biologique ; ils représentent en effet une propriété émergente des réseaux de régulation.

Or le fait de concevoir le vivant de cette manière permet tout à la fois d'aller au-delà du déterminisme génétique selon lequel le vivant est entièrement déterminé par les gènes, et de l'idéal de la sélection naturelle fondé sur des purs mécanismes aveugles et sur des variations génétiques totalement aléatoires auxquelles les individus et les espèces doivent passivement s'adapter afin de survivre. On cherche à montrer que ce ne sont pas là les seuls modèles possibles pour penser les organismes vivants et leurs relations avec les milieux naturels et humains. Il est important de souligner aussi qu'à toutes les échelles de grandeur et à tous les niveaux d'organisation, les êtres vivants sont les systèmes les plus complexes et les plus organisés que l'on trouve dans la nature, que l'on se place du point de vue morphologique, de celui de leur fonctionnement ou dans une perspective cognitive. Ce sont littéralement des structures

chargées d'histoire puisqu'elles sont aptes à préserver la mémoire des formes et des fonctions acquises dans le passé, au cours de longues périodes qui furent celles de l'évolution biologique, écologique et éthologique. Les organismes vivants ne sont pas des observateurs extérieurs, ni des mécanismes passifs ; ce sont bien au contraire des entités actives qui croissent et évoluent selon plusieurs dimensions spatiales et temporelles en modifiant leurs contraintes internes, leur environnement et leur comportement, et qui, au cours de cette croissance et évolution, réalisent plusieurs formes, fonctions et significations.

Ces derniers temps une plus grande attention a été portée à des phénomènes biologiques complexes (différenciation cellulaire et développement, vieillissement cellulaire, adaptation...) et également aux effets des modifications épigénétiques et des micro et macroenvironnements sur l'expression des gènes et sur l'activité cellulaire. Il est utile de préciser, à ce propos, que les facteurs environnementaux ne peuvent pas se résumer aux substances chimiques auxquelles l'individu est exposé mais inclure des composantes dynamiques (développement embryonnaire, modifications épigénétiques) et spatiales (conditions physiques, stimuli neurosensoriels). Les enjeux sociétaux sont tout aussi importants, car les altérations et autres variations des mécanismes de régulation génique sous-tendent de nombreuses pathologies humaines, y compris certains types de cancers, et également sont responsables d'une part considérable de la composante héritable de certains traits complexes. Un aspect important des liens entre épigénétique et environnement concerne donc la santé humaine : aujourd'hui on sait que l'alimentation, les styles de vie, les stress physiques et psychologiques sont parmi les facteurs déclencheur de certaines maladies non géniques ou polygéniques. Les affections polygéniques sont en effet plutôt rares, et, dans ces cas, à chaque gène correspond une mutation spécifique. Les affections polygéniques sont plus communes et, contrairement aux affections monogéniques, on a ici des assortiments de gènes avec mutations et/ou épimutations (avec donc intervention de facteurs environnementaux), les thérapies exclusivement géniques se révèlent dans la plupart des cas inefficaces ; les thérapies/interventions épigénomiques concernent les médicaments mais aussi les régimes alimentaires et les comportements physiques.

### **3. Le paysage actuel de la biologie et ses conséquences pour les sciences humaines : questions ouvertes et nouvelles perspectives**

Des recherches récentes en biologie se dégagent clairement plusieurs perspectives importantes.

(i) Le rôle que les facteurs épigénétiques jouent dans l'hérédité, le développement et pour l'intégrité de l'organisme semble être plus important que le rôle du code génétique. Pour le fonctionnement normal de notre organisme, le matériel génétique et les facteurs épigénétiques doivent agir de manière concertée et être déchiffrés correctement par la cellule. De plus, l'information épigénétique doit être préservée au cours du cycle cellulaire et pendant plusieurs générations ; son altération peut compromettre le développement normal d'un organisme ou favoriser l'apparition de certaines maladies, ainsi que le vieillissement cellulaire.

(ii) L'environnement exerce une grande influence sur notre épigénome pendant le développement et le vieillissement et peut expliquer, par exemple, pourquoi deux jumeaux monozygotes (génétiquement identiques) ne développent pas forcément les mêmes attitudes ou les mêmes maladies. La séquence d'ADN est identique chez les vrais jumeaux<sup>2</sup>, l'épigénome en revanche ne l'est pas. Ces différences se multiplient par trois entre l'âge de trois ans et 50 ans. Cette différence est davantage marquée si l'environnement diverge beaucoup. En effet, l'épigénome est en perpétuel changement d'état, une entité toujours en évolution ; il y a potentiellement autant d'épigénomes que des cellules ou des tissus à l'intérieur d'un seul organisme vivant, en fonction des contextes micro-environnementaux. On voit donc que des décennies de séquençage et de dissection du génome humain ont confirmé que les causes réelles des problèmes de santé sont en partie environnementales, écologiques et sociales. Ce ne sont pas en effet les messages génétiques qui sont codés dans l'ADN génomique, mais bien des modifications épigénétiques induites par l'environnement, qui sont des déterminants de certaines maladies.

(iii) Ces résultats remettent en question les principes fondamentaux de l'hérédité, et notamment le déterminisme génétique, qui a dominé la biologie pendant environ un siècle: c'est-à-dire la conviction que l'environnement ne peut pas influencer directement sur les gènes et que les caractères acquis au cours de la durée de la vie ne peuvent pas être hérités. L'épigénétique a mis un terme au déterminisme génétique (*sensu stricto*), mais ne soutient pas non plus la notion d'un déterminisme d'origine

---

<sup>2</sup> In en de même avec les vaches clonées de J.P. Renard : même génome mais phénotypes différents, il n'y en pas deux qui se ressemblent.

environnementale. La marque de l'hérédité épigénétique est son dynamisme et sa plasticité. Bien que l'influence épigénétique de l'environnement puisse persister pendant des périodes variables, et peut se trouver transmise entre plusieurs générations, elle peut aussi être inversée, ou être modifiée en changeant les conditions de l'environnement d'une manière appropriée, notamment en réduisant des stress extérieurs comme les ultraviolets, les produits chimiques, les agents toxiques, etc. On peut dire que l'hérédité s'opère au moins en quatre dimensions : (a) l'hérédité génétique, c'est-à-dire le mode de l'hérédité généralement accepté de la transmission du génome d'une génération à une autre ; (b) l'hérédité épigénétique, à savoir la transmission d'informations non génétiques des cellules parentales aux cellules filles ; (c) l'hérédité comportementale, ou la transmission culturelle de caractères acquis ; (d) l'hérédité ou transmission symbolique d'informations à travers des représentations abstraites, et notamment par le langage chez les humains. Ces différents modes de l'hérédité fournissent des variantes sur lesquelles la sélection agit, non pas de manière unique ou complètement au hasard, mais suivant plusieurs parcours évolutifs, historiques, et sous l'influence de facteurs différenciés qui s'organisent en plusieurs dimensions spatiales et divers régimes de temporalité. L'évolution et l'hérédité sont donc des phénomènes historiques multidimensionnels et elles se réalisent grâce à une interaction dynamique entre les quatre modes d'organisation indiqués.

#### **4. Sur les interactions entre le vivant et les milieux naturels et sociaux en relation avec la question de la maladie et de la santé**

À une époque où la pensée biologique connaît un bouleversement conceptuel des plus importants qu'il soit, et où nous assistons à un tournant fondamental qui marque la transition d'une conception gène-centrée à une vision à la fois plus intégrative et différenciée du vivant, il apparaît important qu'une nouvelle idée philosophique et anthropologique de la santé soit développée. Il s'agit de penser la vie et les êtres humains dans un cadre complexe, pluriel et ouvert. Le philosophe et l'anthropologue intéressés à comprendre les bases biologiques des êtres vivants se doivent de saisir les individus et les sociétés dans la diversité de leurs milieux de vie. L'anthropologue autant que l'ethnologue peuvent contribuer, avec les biologistes et le philosophe, à changer la conception de la vie et de la santé tournée depuis un demi siècle vers une démarche moléculaire dans le traitement de la maladie, et donc axée autour d'une intervention exclusivement pharmacologique sur les symptômes du patient. Mais la conception et pratique médicales ne sauraient être dissociées de la vie sociale et

interpersonnelle qui s'élabore dans le contexte des conditions quotidiennes d'existence.

La conception moléculaire des organismes vivants et de la santé de la personne connaît un regain d'intérêt mais sous une nouvelle forme, dû essentiellement au tournant géno-technologique que nous vivons aujourd'hui, tournant qui fait apparaître une nouvelle médecine, dite *prédictive*, en même temps qu'il tend à redéfinir la maladie et la santé sur l'horizon de la biologie moléculaire. Mais cette démarche montre toutes ses limites, notamment face aux nouvelles pathologies chroniques, non transmissibles, comme les pathologies cardio-métaboliques, le diabète, certains cancers, etc., ou face à des états comme le surpoids et l'obésité, qui caractérisent nos sociétés d'abondance. Il est clair aujourd'hui qu'une certaine approche sociale et anthropologique de la santé doit prendre en compte des facteurs comme l'inégalité sociale et l'exclusion souvent liées à un déficit criant de justice sociale et à un manque d'équité dans la distribution de la richesse collective. L'étude et la pratique thérapeutique des pathologies rappelées exigent désormais l'intégration de ce qu'il convient d'appeler les *déterminants sociaux* de la santé.

Une nouvelle approche de la biologie et de la santé ne peut plus ignorer que les génomes s'expriment toujours, par-delà leur structure formelle, dans des actes d'interprétation et de communication qui se font dans des histoires et milieux spécifiques. C'est cette approche sensible aux liaisons entre formes de vie et milieux naturels et culturels que les sciences sociales doivent développer. Face à une certaine médecine et à une certaine biologie qui tendent à détacher les organismes vivants et les êtres vivants de leurs milieux, à l'amputer de leur histoire et à ramener la complexité des processus de vie à un programme donné à l'avance, immobile inscrit dans les gènes, les sciences sociales, la philosophie et l'anthropologie se doivent de souligner que la logique binaire des ordinateurs ne peut produire qu'une conception naïve et simplificatrice du vivant et de l'humain. Une vision plus riche et plurielle du vivant et de l'humain invite à comprendre ces phénomènes au carrefour des interactions entre environnement, biologie, organisation sociale, valeurs culturelles, histoire familiale et biographie individuelle. Pas d'individu sans communauté, sans lignage et sans héritage ; pas d'humanité sans sociétés, sans groupes ethniques, sans culture ; pas d'histoires individuelles et collectives sans milieux ; pas de biologie sans liens dynamiques entre génétique, épigénétique et environnements. Biologie, environnement et société apparaissent ainsi indissociables dans l'interprétation qu'aujourd'hui beaucoup de biologistes, philosophes et anthropologues proposent de la vie et de l'humain. Des limites et des possibilités à la

fois, aucune validité absolue du déterminisme génétique, mais déploiement dynamique des formes organiques et des trajectoires évolutives.

## **5. Quelques réflexions épistémologiques sur la question de la plasticité et complexité du vivant**

Soulignons maintenant un point fondamental qui a été évoqué plusieurs fois dans les pages précédentes.

Le programme génétique de l'homme, qu'il partage avec le reste du règne vivant, ne détermine entièrement son existence. Son individualité n'obéit pas à une programmation physico-chimique, mais elle est construite, et se réalise par à un projet. En d'autres termes, la spécificité humaine est en grande partie le fruit d'une histoire qui n'est plus inscrite dans les gènes. Notre identité biologique, et, à fortiori, notre identité intellectuelle, n'est pas la résultante d'un programme génétique, mais la conséquence d'interactions dans lesquelles l'environnement joue un rôle capital. Le déterminisme génétique n'est donc pas une conception fondée. Lors de sa formation *in utero*, l'embryon écoute, perçoit, vibre en rapport avec le milieu dans lequel il se trouve, et la mise en place notamment des réseaux neuronaux dépend à la fois de la génétique et du cadre matériel, mais aussi de l'environnement affectif et culturel. Cela apparaît clairement lorsqu'on suit les avancées des neurosciences, montrant que dans le cerveau rien n'est à jamais figé, ni programmé à la naissance, car la structuration du cerveau se fait en grande partie par interaction avec l'environnement culturel et social. Les propriétés plastiques du cerveau apportent un éclairage nouveau sur les processus qui contribuent à forger nos identités. C'est l'interaction avec l'environnement familial, social, culturel qui va orienter le développement de certaines aptitudes et contribuer à forger les traits de la personnalité. Autrement dit, la quantité et la qualité des connexions entre les cellules nerveuses (neuroplasticité) sont des variables déterminées tout au long de la vie d'un individu par ses interactions avec le monde. Dans cette dynamique, la structuration de la matière cérébrale est le reflet intime de l'expérience vécue. Le dilemme classique d'une opposition entre nature et culture est dépassé. L'homme est non seulement un animal social, mais un animal qui ne peut s'individualiser que dans un ensemble plus large, une communauté d'humains ou dans une société. On pourrait dire, avec le philosophe Michel Foucault, que l'Homme abstrait, avec un grand H, n'existe pas réellement : c'est une construction culturelle inscrite dans un lieu et dans une époque.

Les questions : qu'est-ce que la vie ? Qu'est-ce qu'un être vivant ? Qu'est-ce que sont les « natures » et les « cultures » humaines ? se posent aujourd'hui avec plus de force par rapport au passé en raison notamment de l'interdépendance entre nouvelles technologies et phénomènes vivants, et elles exigent des réponses inédites. Au cours des deux dernières décennies, les sciences du vivant ont avancé à pas de géant (trop rapidement peut-être ?) et ont bouleversé notre compréhension de la vie. Au début du 20<sup>e</sup> siècle, l'homme a domestiqué l'atome. Il sait à présent, en ce début du 21<sup>e</sup> siècle, manipuler les processus biologiques et même fabriquer des chimères. Il importe de réfléchir sur la portée d'une telle « révolution », et d'agir face aux conséquences d'un tel changement de « paradigme ». Toutes les disciplines, des mathématiques à l'histoire, en passant par l'anthropologie et la philosophie, sont concernées. Les mathématiques sont concernées parce que le foisonnement théorique et les résultats des expériences en biologie vont certainement alimenter une bonne part des mathématiques à venir. Mais les mathématiques du vivant restent à inventer. L'histoire naturelle et l'histoire culturelle sont aussi directement concernées, car on assiste à une sorte de relecture entrecroisée des mécanismes et des rythmes évolutifs des espèces, des langues et des cultures à travers les divers espaces géographiques et les différentes périodisations temporelles. Il apparaît de plus en plus clairement que l'évolution phénotypique et génotypique des espèces et des individus est influencée par des conditions biogéographiques, des grandes migrations démographiques et des conditions physiques relatives aux milieux spécifiques à chaque région spatiale existant sur la planète. L'anthropologie est pleinement touchée par les transformations inédites que connaissent les sciences du vivant, transformations qui remettent profondément en question les objets et les modèles théoriques, classiques et récents, et conduisent à repenser des concepts clé comme ceux de « nature », de « culture », de « mythe ». La philosophie est, elle, deux fois concernée : autant par cet extraordinaire essor du savoir que par les inquiétudes que suscite le pouvoir de modifier le vivant.

## **6. Trois axes prioritaires de recherche à développer**

Les recherches à venir dans les sciences du vivant auront à se développer autour de trois axes de réflexion et de recherche.

1. Le développement galopant des sciences de la vie et de la biomédecine influent considérablement sur la définition des maladies, les soins et, au-delà, sur notre vie quotidienne. Plus généralement, les questions liées à la vie et au vivant sont

aujourd'hui au cœur des préoccupations individuelles et collectives. Après un demi siècle de molécularisation de la vie culminée dans le séquençage du génome humain, on est entré depuis les années 1980 dans une nouvelle époque post-génomique, marquée par la révolution de l'épigénétique, qui transforme profondément notre conception du vivant en accordant une place beaucoup plus grande aux effets de micro et macroenvironnements et en démontrant l'influence parfois déterminante que peuvent exercer les milieux naturels et sociaux sur l'expression des gènes, l'activité cellulaire et donc la construction des organismes. Cette "révolution", qui s'appuie sur les concepts clés de plasticité (développementale, phénotypique et cognitive) et de complexité (la construction et la diversité des organismes vivants sont le fruit de processus morphogénétiques et auto-organisées subtiles), permet aussi de redessiner en des termes inédits les relations entre génétique/épigénétique, inné/acquis, naturel/culturel, et montre que la frontière entre ces mondes est beaucoup plus perméable et poreuse que l'on avait pas cru, et qu'il s'agit plutôt d'une interface souple et variable. Pour faire le lien entre mutations de la vie biologique et celles de la vie sociale, il nous faut prendre conscience de ce que la vie n'est pas seulement un concept scientifique et/ou philosophique, mais aussi une expérience vécue d'êtres humains situé dans des formes culturelles et sociales.

2. La biologie moléculaire, à travers le décryptage du génome, ou la biologie synthétique, à travers l'intégration de nanotechnologies au corps humain, on a voulu réduire l'être humain à un phénomène naturel pouvant être décrit par des lois de nature physico-chimique. Mais, d'une part, l'épigénétique a fait sauter en éclat une telle prétention en montrant que tout être humain est le fruit de plusieurs niveaux d'organisation de complexité croissante, où les bases biologiques se trouvent dans une intrication avec des facteurs environnementaux et sociaux et où à chaque niveau supérieur apparaissent de nouvelles propriétés dite émergentes ; de l'autre, les nombreuses recherches récentes en biologie intégrative montrent toutes limites de l'approche synthétique du vivant, car elles mettent en évidence un aspect fondamental des systèmes biologiques, à savoir l'interdépendance de leurs parties ou sous-systèmes, donc l'impossibilité d'en isoler telle ou telle partie sans tenir compte des effets que cela peut avoir sur le tout. La biologie intégrative conçoit tout système vivant un tout intégré, formé d'un réseau de fonctions physiologiques qui interagissent entre elles. Cette compréhension holistique des organismes biologiques, comme de tout écosystème naturel, pose des limites fondamentales aux tentatives de fabrication artificielle de l'humain.

3. Le darwinisme a été appliqué aux sciences humaines et sociales pour expliquer l'évolution de l'homme. Mais c'est là une vision trop linéaire et réductrice

de l'humain. Il s'agit de mettre en évidence que nous sommes « à part », c'est-à-dire des êtres cognitivement et culturellement singuliers dans l'arbre de l'évolution, et néanmoins nous faisons partie du monde animal. Notre caractère à part résulte des processus neurobiologiques, historiques et anthropologiques de l'évolution, non d'une prétention à un statut supérieur. Dans la vie humaine il n'y a pas de progression constante, déterministe, mais des étapes différentes, discontinues qui se déploient en fonction des projets historiquement enracinés dans les structures des communautés humains et sociales. Il n'existe pas de déterminisme biologique que l'on puisse appliquer aux sciences humaines ; en d'autres termes, il n'existe pas de contrôle génétique des comportements sociaux de l'homme. De nombreuses pratiques symboliques et formes rituelles de régulation sociale sont des caractéristiques adaptatives, et en ce sens elles sont à la fois davantage naturelles et culturelles (où le naturel et le culturel forment un ensemble indivisible) et non pas génétiques. Nous sommes à la fois particuliers et communs. La principale caractéristique de notre singularité biologique nous permet de douter du fait que nos comportements culturels et sociaux soient directement contrôlés par des gènes spécifiques. Cette caractéristique est évidemment la forme et la fonction de notre cerveau, sa plasticité morphologiques et structurelle et sa complexité fonctionnelle et physiologique. Ces deux propriétés génèrent ce que l'on peut appeler la complexité cognitive spécifique des êtres humains. Connexions neuronales, mémoires, capacités perceptives, apprentissages, ce sont là autant de phénomènes événementiels à la base de nos comportements sociaux, et tout comportement est une forme d'apprentissage non programmé et non soumis au contrôle génétique direct. Ainsi, la souplesse, la variabilité, la plasticité morphologique et cognitive pourrait bien être l'un des éléments fondamentaux de la conscience. Et à ce moment-là la construction de la culture et des comportements sociaux n'est plus uniquement adaptative, comme dans la plupart des espèces animales, mais génératrice, créatrice.

## **Références bibliographiques**

Atlan, H., *La fin du «tout génétique» ? Vers de nouveaux paradigmes en biologie*, INRA Éditions, Paris, 1999.

Bateson, G., *Mente e Natura*, Adelphi, Milano, 1984.

Benecke, A., "Genomic plasticity and information processing by transcriptional

corregulators”, *ComPlexUs*, 1 (2003), 65-76.

Berque, A., *Écoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*, Belin, Paris, 1987.

Berque, A., *Être humains sur la terre*, Gallimard, Paris, 1996.

Bertalanffy, L. von, *Théorie générale des systèmes*, Dunod, Paris, 1973.

Blandin, P., *Biodiversité. L'avenir du vivant*, Albin Michel, Paris, 2010

Boi, L. (éd.), *Symétries, Brisures de Symétries et Complexité, en mathématiques, physique et biologie*, Peter Lang, Berne, 2006.

Boi, L., “Complessità, biodiversità ed ecodinamica: come tessere nuovi rapporti tra natura e cultura”, in *Paesaggi della complessità. La trama delle cose e gli intrecci tra natura e cultura*, R. Barbanti, L. Boi, M. Neve (éds.), Mimesis Editore, Milan, 2011, 187-261.

Boi, L., “Epigenetic Phenomena, Chromatin Dynamics, and Gene Expression. New Theoretical Approaches in the Study of Living Systems”, *Rivista di Biologia/Biology Forum*, 101 (3), 2008, 405-442.

Boi, L., “Geometrical and topological modelling of supercoiling in supramolecular structures”, *Biophysical Reviews and Letters*, 2 (3-4), 2007, 287-299.

Boi, L., “Geometry of dynamical systems and topological stability: from bifurcations, chaos and fractals to dynamics in the natural and life sciences”, *International Journal of Bifurcations and Chaos*, 21 (3), 2011, 815-867.

Boi, L., “Il senso del vivente 2. Morfologie, dinamiche e significati dei sistemi biologici”, *Pubblicazioni del Centro Internazionale di Morfologia e Semiotica*, 392 (2010), serie A, 1-64.

Boi, L., “Les formes vivantes : de la biologie à la philosophie”, in *Vie, monde, individuation*, J.-M. Vaysse (éd.), Georg Olms Verlag, Hildesheim, 2003, 159-170.

Boi, L., “Limites du réductionnisme et nouvelles approches dans l'étude des phénomènes naturels et des systèmes vivants”, in *La Fabrication du psychisme*, S. Mancini (éd.), Éditions de La Découverte, Paris, 2006, 207-239.

Boi, L., “Looking the World From Inside: Intrinsic Geometry of Living Systems”, in *Science: Image in Action*, Science and Culture – Astrophysics Series, B. Zavidovique & G. Lo Bosco (eds.), World Scientific, Singapore, 2011, 169-192.

Boi, L., “Méthodes mathématiques, processus biologiques et philosophie de la nature”, *Eikasia*, 35 (2010), 267-297.

Boi, L., “Plasticity and Complexity in Biology: Topological Organization, Regulatory Protein Networks and Mechanisms of Gene Expression”, in *Information and Living Systems. Philosophical and Scientific Perspectives*; G. Terzis and R. Arp (eds.), The MIT Press, Cambridge, Mass., 2011, 287-338.

Boi, L., “Sur quelques propriétés géométriques globales des systèmes vivants”, *Bulletin d'Histoire et d'Epistémologie des Sciences de la Vie*, 14 (1), 2007, 71-113.

Boi, L., “Topological knots models in physics and biology”, in *Geometries of Nature, Living Systems and Human Cognition*, L. Boi (ed.), World Scientific, Singapore, 2005, 203-278.

Boi, L., “When Topology Meets Biology for ‘Life’. Remarks on the interaction between topological form and biological functions”, in *New Trends in Geometry. Their Interactions with the Natural and Life Sciences*, C. Bartocci, L. Boi, C. Sinigaglia (eds.), Imperial College Press, Londres, 2011, 241-302.

Boi, L., *Morphologie de l'Invisible. Transformations d'objets, formes de l'espace, singularités phénoménales et pensée diagrammatique (topologie, physique, biologie, sémiotique)*, Presses Universitaires de Limoges (PULIM), 2011.

Bouligand, Y. (éd.), *Biologie Théorique*, Éditions du CNRS, Paris, 1989.

Bouligand, Y., “Niveaux d'organisation et morphogenèse : le point de vue de D'Arcy Thompson”, in *Morphogenèse. L'origine des formes*, P. Bourguine et A. Lesne (éds.), Éditions

Belin, Paris, 2006, pp. 264-287.

Bourgine, P., Lesne, A. (éds.), *Morphogenèse. L'origine des formes*, Éditions Belin, Paris, 2006.

Calame, C., *Prométhée généticien - Profits techniques et usages des métaphores*, Les Belles Lettres, Paris, 2010.

Camazine, S., et al., *Self-Organization in Biological Systems*, Princeton University Press, Princeton, 2003.

Canguilhem, G., *La connaissance de la vie*, Vrin, Paris, 1992.

Carbone, A., Gromov, M., Prusinkiewicz, P. (éds.), *Pattern Formation in Biology, Vision and Dynamics*, World Scientific, Singapore, 2000.

Carroll, S.B., "Endless Forms: The Evolution of Gene Regulation and Morphological Diversity", *Cell*, 101 (2000), 577-580.

Del Re, G., "Organization, Information, Autopoiesis : From Molecules to Life", in *The Emergence of Complexity in Mathematics, Physics, Chemistry, and Biology*, B. Pullman (ed.), Pontificia Academia Scientiarum/Princeton University Press, 1996 (pp. 277-293).

Diamond, J., *De l'inégalité parmi les sociétés*, Gallimard, Paris, 2000.

Eccles, J. C., *Évolution du cerveau et création de la conscience*, Flammarion, "Champs", Paris, 1994.

Eldredge, N., *Life in the Balance. Humanity and the Biodiversity Crisis*, Harvard University Press, 1998.

Gierer, A., "Theoretical approaches to holistic biological features. Pattern formation, neural networks, and the brain-mind relation", *Journal of Biosciences*, 27 (3), 2002, pp. 195-205.

Goodwin, B., Webster, G., *Form and Transformation. Generative and Relational Principles in Biology*, Cambridge University Press, Cambridge, 1996.

Gould, J.S., Lewontin, R.C., "The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm", *Proceedings of the Royal Society of London B*, 205 (1979), 581-598.

Gould, J.S., *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*, W. Norton & CO., New York, 1989.

Gould, S. J., *Darwin et les grandes énigmes de la vie*, Éditions du Seuil, Paris, 1997.

Grange, T., Pâques, F., "Architecture du noyau et régulation transcriptionnelle", *Médecine/Sciences*, 18 (2002), pp. 601-612.

Hubert, B., *Pour une écologie de l'action*, Editions Arguments, 2004.

Husserl, E., *Ideen II: Phänomenologische Untersuchungen zur Konstitution*, édité par M. Biemel, Martinus Nijhoff, The Hague, 1971.

Jacob, F., *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité*, Gallimard, Paris, 1970.

Jacob, F., *Le jeu des possibles, essai sur la diversité du vivant*, Fayard, Paris, 1981.

Jannerod, M., *La nature de l'esprit*, Odile Jacob, Paris, 2002.

Jonas, H., *Le phénomène de la vie. Vers une biologie philosophique*, De Boeck Université, Paris, 2001.

Kandel, E., *À la recherche de la mémoire, une nouvelle théorie de l'esprit*, Odile Jacob, Paris, 2007.

Kauffman, S.A., *Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press, Oxford, 1993.

Lambert, D., Rezsöházy, *Comment les pattes viennent au serpent. Essai sur l'étonnante plasticité du vivant*, Flammarion, Paris, 2004.

Lewontin, C. R., *Gène, organisme et environnement*, Éditions du Seuil, Paris, 2001.

May, R., *Stability and Complexity in Model Ecosystems*, Princeton University Press, Princeton, 1973.

Meinhardt, H., *Models of Pattern Formation*, Academic Press, New York, 1982.

- Merleau-Ponty, M., *La nature*. Notes de Cours du Collège de France, Seuil, Paris, 1995.
- Minelli, A., *Forme del divenire. Evo-devo: la biologia evolucionista dello sviluppo*, Einaudi, Turin, 2007.
- Mistelli, T., “Beyond the sequence: cellular organization og génome function”, *Cell*, 128 (2007), 787-800.
- Morange, M., “Post-genomics, between réduction and emergence”, *Synthese*, 151 (2006), 355-360.
- Newman, S. A., “Developmental mechanisms: putting genes in their place”, *J. Biosci.*, 27 (2), 2002- 97-104.
- Newman, S. A., Müller, G. B., “Epigenetic mechanisms of character origination”, *Journal of Experimental Zoology*, 288 (2000), 304-317.
- Nicolis, G., Prigogine, I., *À la rencontre du complexe*, Press Universitaires de France, Paris, 1989.
- Nijhout, H. F., “Problems and paradigms: metaphores and the role of genes in development”, *BioEssays*, 12 (9), 441-446.
- Paillard, J., “Réflexions sur l’usage du concept de plasticité en neurobiologie”, *Journal de Psychologie Normale et Pathologique*, 1 (1976), 33-47.
- Pigliucci, M., *Phenotypic Plasticity: Beyond Nature and Narture*, Johns Hopkins University Press, New York, 2003.
- Prochiantz, A., *Géométries du vivant*, Fayard, Paris, 2008.
- Raff, R.A., *The shape of life: development and the evolution of animal forms*, University of Chicago Press, Chicago, 1996.
- Salazar-Ciudad, I., Jernvall, J., Neuwman, S.A., “Mechanisms of pattern formation in development and evolution”, *Development*, 130 (2003), 2027-2037.
- Schaeffer, J.-M., *La fin de l’exception humaine*, Gallimard, “Essais”, Paris, 2007.
- Schiffmann, S.N., “Le cerveau en constante reconstruction : le concept de plasticité cérébrale”, *Cahiers de psychologie clinique*, 1 (6), 2001, 11-23.
- Simondon, G., *L’individu et sa genèse physico-biologique*, Presses Universitaires de France, Paris, 1964.
- Smet-Nocca, C., Paldi, A. et A. Benecke, “De l’épigénomique à l’émergence morphogénétique”, in *Morphogenèse. L’origine des fromes*, P. Bourguine et A. Lesne (éds.), Éditions Belin, Paris, 2006, pp. 153-178.
- Tattersall, I., *L’émergence de l’homme*, Gallimard, Paris, 1998.
- Thom, R., “Une théorie dynamique de la morphogenèse”, in *Toward a Theoretical Biology I*, C.H. Waddington (ed.), University of Edinburgh Press, 1966.
- Thom, R., *Stabilité structurelle et morphogenèse. Essai d’une théorie générale des modèles*, InterÉditions, Paris, 1977.
- Thompson, D’Arcy W., *On Growth and Form*, Cambridge University Press, Cambridge, 1917.
- Tiezzi, E., *Tempi storici, tempi biologici*, Maltemi, Milano, 1984.
- Turing, A., “The chemical basis of morphogenesis”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 237 (1952), 37-72.
- Valéry, P., *Cahiers*, t. I, coll. Pléiade, Gallimard, Paris, 1974.
- Varela, F., *Autonomie et connaissance, essai sur le vivant*, Seuil, Paris, 1988.
- Waddington, C.H., *The strategy of genes*, Allen & Unwin, Londres, 1957.
- West-Eberhard, M.J., *Developmental Plasticity and Evolution*, Oxford University Press, New York, 2003.
- Wolffe, A., *Chromatin: Structure and Function*, Academic Press, Londres, 2000.

# Reference, Success and Entity Realism

Howard Sankey  
(School of Historical and Philosophical Studies, University of Melbourne)  
[chs@unimelb.edu.au](mailto:chs@unimelb.edu.au)

## 1. Introduction

According to scientific realism, the aim of scientific inquiry is to discover the truth about observable and unobservable aspects of a mind-independent, objective reality. We may be confident that science has made considerable progress toward this aim because of the success of science. For the best explanation of the success of science is that the theories proposed by scientists increasingly approximate to the truth, and that contemporary theories are closer to the truth than the earlier theories which they have replaced. Absent a better explanation of the success of science, we should adopt the realist explanation of success as the correct interpretation of science.

But scientific realism is not uncontroversial. A number of anti-realists have criticized scientific realism in respect of the role played by truth in the realist's account of science. Larry Laudan and Bas van Fraassen provide two well-known examples of such anti-realist critics. Laudan (1981) objects to the realist's abductive argument that the best explanation of the success of science is that its theories are true or approximately true, and that the terms used by the theories genuinely refer. For his part, Fraassen (1980) argues that empirical adequacy rather than truth should be seen as the aim of science.

Scientific realists respond to the anti-realist attack in various ways. One reaction is to emphasize reality rather than truth. A number of philosophers suggest that scientific realism is open to anti-realist attack because it places undue emphasis on the truth of theories and on the correspondence theory of truth. But, they say, it is possible to defend scientific realism by retreating to an ontological form of realism which focuses on the reality of theoretical entities rather than the truth of theories. Such ontologically-minded scientific realism is called *entity realism*.

In this paper, I will discuss the version of entity realism presented by Ian Hacking in his book, *Representing and Intervening* (1983), and summarized in his paper ‘Experimentation and Scientific Realism’ (1984). Hacking thinks that an ontological form of scientific realism may be defended by focussing on experimental practice which involves the manipulation of unobservable entities. I have much sympathy for the position developed by Hacking, especially the pragmatist orientation of his approach to realism. Nevertheless, I point to two issues that reflect negatively on Hacking’s version of the entity realist position.<sup>1</sup>

## 2. Hacking’s *Representing and Intervening*

Ian Hacking thinks that philosophers of science have placed too much stress on scientific theories and the question of whether theories represent reality. Too little attention has been paid to practice and the way scientists intervene in reality. That is the central theme of his book, *Representing and Intervening* (1983).

Hacking thinks that philosophers’ preoccupation with linguistic and theoretical representation of reality is excessive. The preoccupation generates undue concern with questions about the nature of reference and correspondence truth. Such an emphasis on issues of representation leaves the way open for anti-realist critique of the notions of reference and truth, as well as of the epistemological basis for belief in the truth of theories and the reference of theoretical terms.

Philosophical concern with representation suggests a *spectator theory of knowledge*, which the pragmatist John Dewey thought characteristic of traditional epistemology (1983, pp. 62 ff). According to the spectator theory of knowledge, the objects of knowledge exist “out there” in the external world. The knower is a spectator who observes them. The objects of knowledge are distinct from the knower, whose thoughts and concepts and words reflect or represent or correspond to reality.

By contrast, the pragmatist emphasizes that human knowers are not just spectators viewing reality. They are also agents or actors actively engaged with the world, where they have to act. Hacking follows John Dewey’s pragmatist rejection of the spectator theory. His advice is to “think about practice, not about theory” (1983, p. 274). In particular, Hacking says, look at how scientists work in the laboratory. Look at their action, and what they do. Notice how scientists intervene in reality in the

---

1. The restriction to Hacking’s version of entity realism is important. Clarke (2001) shows that Hacking’s experimental argument for realism differs from that employed by Cartwright in support of her version of entity realism. Some of the points made in this paper may not apply to other versions of entity realism such as Cartwright’s.

course of laboratory work, how they cause things to happen, produce effects, “create phenomena” (1983, p. 220).

Hacking seeks to rescue scientific realism from anti-realist attack by placing it in a pragmatist setting. Here are two passages from *Representing and Intervening*, which illustrate this:

Most of today’s debate about scientific realism is couched in terms of theory, representation, and truth. The discussions are illuminating but not decisive. This is partly because they are so infected with intractable metaphysics. I suspect there can be no final argument for or against realism at the level of representation. When we turn from representation to intervention, to spraying niobium balls with positrons, anti-realism has less of a grip. (1983, p. 31)

To attempt to argue for scientific realism at the level of theory, testing, explanation, predictive success, convergence of theories, and so forth is to be locked into a world of representations. No wonder that scientific anti-realism is so permanently in the race. It is a variant on the ‘spectator theory of knowledge’. (1983, pp. 273-4)

Hacking’s idea is that the representational approach lets anti-realism in the door. To focus on practice as the grounding for scientific realism leaves anti-realism with less room to manoeuvre.

### **3. Entity realism vs. theory realism**

Hacking distinguishes between two forms of scientific realism, which he calls theory realism and entity realism (1983, p. 29). Theory realism emphasizes issues of representation and is open to anti-realistic attack. Entity realism emphasizes the reality of unobservable entities and can be grounded in experimental practice.

Entity realism is a minimal form of scientific realism. Hacking describes entity realism as the thesis that “a good many theoretical entities exist” (1983, p. 27). Entity realism does not say that scientific theories are true. It says simply that certain entities posited by scientific theories really exist.

Because entity realism asserts that we may have a basis to believe in the existence of particular theoretical entities, it contrasts directly with two forms of *anti*-realism. The instrumentalist denies that unobservable theoretical entities really exist. Theoretical entities are theoretical fictions, useful in making predictions. By contrast, constructive empiricism holds that, while unobservable entities may exist, we cannot know that any given theoretical entity is real. So we must reserve judgment about their existence, and not accept entity realism.

Entity realism also contrasts with theory realism. The main theses of theory realism involve the truth of theories. Theory realism holds that science aims at the truth. Toward this end, science aims to produce true theories. It also says that “scientific theories are either true or false independent of what we know” (1983, p. 27). That is, whether our theories are true or not is determined by the way the world is, rather than by our thinking that they are true or false.

#### 4. Are entity realism and theory realism distinct?

One might object that there is no genuine distinction between entity and theory realism. On the one hand, if a theory says that an entity exists, and that entity really does exist, then what the theory says is true. On the other hand, if a theory says something true about an entity, then the entity must exist. So, surely entity realism and theory realism come to the same thing.

Hacking argues that this is not the case on two grounds.

On the one hand, theoretical terms may be interpreted as not referring to real entities. They may be understood as complex *logical constructions* which refer only to observable properties or things.

It might seem that if you believe a theory is true, then you automatically believe that the entities of the theory exist. For what is it to think that a theory about quarks is true, and yet deny that there are any quarks? Long ago Bertrand Russell showed how to do that. He was not, then, troubled by the truth of theories, but was worried about unobservable entities. He thought we should use logic to rewrite the theory so that the supposed entities turn out to be logical constructions. The term ‘quark’ would not denote quarks, but would be shorthand, via logic, for a complex expression which makes reference only to observed phenomena. Russell was then a realist about theories but an anti-realist about entities. (1983, p. 27)

That is, a theory which is interpreted so that its apparent reference to theoretical entities is construed as reference to observables could still come out true, provided its observable consequences were true. If this is right, a theory might be true though it refers to no unobservable entities. One could then be a theory realist but not an entity realist.

On the other hand, Hacking argues that one may be a realist about entities without being a realist about theory. Hacking says that we may:

... have good reason to suppose that electrons exist, although no full-fledged description of electrons has any likelihood of being true. Our theories are constantly revised; for different purposes we use different and incompatible models of

electrons which one does not think are literally true, but there are electrons, nonetheless. (1983, p. 27)

According to Hacking it is perfectly possible to believe in electrons without believing in any particular theory about electrons. In fact, one could reject all electron theories as false and still accept the existence of electrons. Given this, an entity realist need not be a theory realist.

## **5. Musgrave's hobgoblin objection**

Hacking's idea that one might believe in a theoretical entity, such as electrons, but in no theory about electrons is open to objection.

Alan Musgrave is critical of entity realism on these grounds:

We are to believe in scientific entities (believe that theoretical terms refer), without thinking true any theory about those entities. We are to be 'entity-realists' without being 'theory-realists' ... This is incoherent. To believe in an entity, while believing nothing further about that entity, is to believe nothing. I tell you that I believe in hobgoblins (believe that the term 'hobgoblin' is a referring term). So, you reply, you think there are little people who creep into houses at night and do the housework. Oh no, say I, I do not believe that hobgoblins do that. Actually, I have no beliefs at all about what hobgoblins do or what they are like. I just believe in them. (Musgrave, 1996, p. 20)

In other words, Musgrave argues, it makes no sense to say that you believe in something but that you do not believe anything at all about it. So it is impossible to be an entity realist who believes in electrons but believes nothing about them.

However, Hacking does not hold that belief in a theoretical entity involves *no* knowledge or belief about the entity whatsoever. He says that there is:

... a family of causal properties in terms of which gifted experimenters describe and deploy electrons in order to investigate something else, for example weak neutral currents and neutral bosons. We know an enormous amount about the behaviour of electrons. (1983, p. 272)

Hacking's view is that belief in electrons involves a certain amount of detailed knowledge of how electrons behave. But such belief need not involve belief in the truth of any particular theory about the nature of electrons. In other words, one may believe in electrons, and believe a number of things about electrons, without believing in any particular theory of electrons.

## 6. Entity realism and the causal theory of reference

The problem raised by Musgrave leads to a question about the reference of theoretical terms, which must be faced by the entity realist.

Musgrave asks how one may believe in hobgoblins without believing *anything* about them. It makes no sense to say that one believes in hobgoblins but one does not have any beliefs about them. One must have *some* beliefs about hobgoblins – e.g., that they are small creatures that come out at night and clean the dishes – in order for one's belief to be a belief *about* hobgoblins. For without believing that hobgoblins possess *some* identifying characteristics, there is no way to distinguish them from anything else. In which case, there is no way to individuate a thing as a hobgoblin, rather than another thing.

The question of whether one must have *some* beliefs about the way hobgoblins are in order to even have a belief *about* hobgoblins leads to the issue of reference. The question of what is required in order to have a belief about a thing is a question about what is required in order to refer to something. To frame the discussion, we may distinguish between the two major approaches which have been taken to the question of reference.

On the one hand, the traditional approach of Frege and Russell is the so-called *description theory of reference*. According to the description theory of reference, reference is determined by a description that is associated with a term. A term refers to the set of things that satisfies the description associated with the term. For example, to refer to electrons, a correct description of electrons must be employed. The term 'electron' refers to electrons because the description is true of them.

On the other hand, a more recent approach due to Kripke and Putnam is known as the *causal theory of reference*. According to the causal theory, reference is fixed at the introduction of a term by causal relations into which speakers enter with objects in their environment. This account is most readily applicable to the ostensive introduction of names for particular objects. But it may be extended to theoretical terms that refer to unobservable entities. Thus, the term 'electron' refers to the entities responsible for observed electrical phenomena, where the phenomena may be specified by ostensive means. Introduction of a theoretical term may require use of a minimal description, such as 'the cause of that phenomenon', where the phenomenon is specified by ostension. But the reference is fixed by the causal relation between language user and observed phenomenon, combined with the causal relation between the phenomenon and its underlying cause. Presumably the causal relations may

include the sort of experimental manipulation of entities to which Hacking draws attention in his discussion of laboratory practice.

Because the description theory requires that a description be true of the entities to which a term refers, the description theory fits well with theory realism. If, as the theory realist suggests, theories are to be regarded as purportedly true descriptions of their domains, then it is no great step to likewise suppose that reference is secured to the entities in a theory's domain by means of the descriptions that the theory provides of those entities. By contrast, the causal theory allows that reference may be determined in a non-descriptive manner. Hence, it does not require that a theory provide a true description of theoretical entities in order to secure reference to them. Given this, the causal theory seems well-suited for entity realism.

At least, this appears to be Hacking's view of the matter.<sup>2</sup> Hacking appeals to the causal theory of reference in his development of entity realism. He calls it a 'referential model of meaning'.<sup>3</sup>

It was once the accepted wisdom that a word such as 'electron' gets its meaning from its place in a network of sentences that state theoretical laws. Hence arose the infamous problems of incommensurability and theory change ... Putnam saved us from such questions by inventing a referential model of meaning ... J.J. Thomson, H.A. Lorentz, Bohr and Millikan were, with their different theories and observations, speculating about the same kind of thing, the electron ... The stereotype of the electron has regularly changed, and we have at least two largely incompatible stereotypes, the electron as cloud and the electron as particle ... Johnstone Stoney, Lorentz, Bohr, Thomson and Goudsmit were all finding out more about the same kind of thing, the electron. (1984, pp. 157-8)

Thus, a further component of Hacking's response to Musgrave's hobgoblin objection is simply that reference may indeed be secured independently of theory, since, as the causal theory shows, reference need not be determined by description.

Of course, this is not unproblematic. As is well known, the causal theory must be modified to allow a significant role for description in order to deal with the problem of the reference of theoretical terms.<sup>4</sup> This point is most easily illustrated by

---

2. See Resnik (1994, pp. 398-400) for a similar point.

3. The fact that Hacking describe the causal theory as the 'referential model of meaning' reflects the fact that a theory of reference may also be understood as a theory of meaning. Indeed, both the description theory and the causal theory may be understood as theories of meaning as well as reference. However, for present purposes, it is only necessary to consider them as theories of reference. This is because the question of present interest is whether the reference of the terms employed by scientific theories may be fixed by description or by causal relationship between speaker and referent.

4. For detailed discussion of the issue, see Sankey (1994, ch. 2). Apart from the problem of the reference of theoretical terms, there is another more basic problem, the so-called *qua* problem. As Devitt and Sterelny (1987) note, categorial expressions are required in order to specify

considering the failure of reference of such terms. If a theoretical term is introduced in order to refer to the unobservable cause of some observable phenomenon, then it cannot fail to refer, given that the observable phenomenon exists. But theoretical terms that have been introduced in the history of science have sometimes failed to refer (e.g. ‘phlogiston’). To allow for the failure of reference of theoretical terms, some descriptive apparatus must be employed in conjunction with causal relations in order to fix the reference of theoretical terms. It is only if this supplementary reference-fixing description fails to be satisfied that the theoretical term may fail to refer. The modified causal theory of reference that results from granting an enhanced role to description is usually known as a *causal descriptive theory of reference*.<sup>5</sup>

In light of the need to grant a role to description in reference-fixing, the use made by Hacking’s entity realism of the causal account of reference is open to criticism. The need to incorporate a role for description places pressure on the entity realist to abandon a pure causal account of reference in favour of a causal descriptive approach, thereby drawing the entity realist closer to theory realism. Conversely, to the extent that entity realism is committed to a pure causal account of reference, the problem of the reference of theoretical terms provides a basis to prefer a position closer to theory realism than the entity realist alternative.

## 7. The experimental argument for scientific entity realism

Hacking claims that there is an argument based on considerations about experimental practice that provides strong support for entity realism. Since entity realism does not involve assumptions about the truth and reference of theories it may resist anti-realist attacks such as van Fraassen’s and Laudan’s, which raise problems about the truth of theories. Thus, Hacking’s argument for entity realism is meant to support a form of realism which is resistant to anti-realist attack.

Hacking’s central claim is that it is what scientists do with theoretical entities that establishes their reality. He mentions an experiment which studies free quarks that a scientist-friend told him about. In the experiment, a niobium droplet weighing

---

reference at the introduction of a term. The problem is most clearly illustrated in the case of the ostensive introduction of a natural kind term in the presence of a sample of an observable natural kind. Ostension alone (i.e. mere pointing) is unable to specify the kind to which the sample belongs. The use of ostension at the introduction of a term must be supplemented by the use of categorical term that specifies the kind to which the sample belongs (Devitt and Sterelny 1987, p. 73). Similar remarks apply to the ostensive introduction of names for particular objects (Devitt and Sterelny 1987, p. 65).

5. For discussion, see Devitt and Sterelny (1987), as well as Sankey (1994).

less than  $10^{-4}$  grams has an electric charge placed on it. The charge on the droplet is gradually altered. If it changes in a particular way, that is a sign that a free quark is present.

Hacking says,

Now how does one alter the charge on the niobium ball? “Well, at that stage,” said my friend, “we spray it with positrons to increase the charge or with electrons to decrease the charge.” From that day forth I’ve been a scientific realist. *So far as I’m concerned, if you can spray them then they are real.* (1983, p. 23)

Hacking’s point is not that the experiment proves the existence of quarks. Rather, it proves the reality of electrons and positrons!

If you can routinely build instruments which emit streams of electrons and positrons, in order to produce knowledge about other things, then electrons and positrons have got to exist. In short, given such practice, we should be realists about electrons and positrons.

According to Hacking, what can be done by means of unobservable entities within the context of experimental practice supports entity realism.

Experimental work provides the strongest evidence for scientific realism. This is not because we test hypotheses about entities. It is because entities that in principle cannot be ‘observed’ are regularly manipulated to produce a [sic] new phenomena and to investigate other aspects of nature. They are tools, instruments not for thinking but for doing. (1983, p. 262)

Here Hacking’s pragmatism is evident in his emphasis on practical activity, and his grounding of entity realism in such practice. When scientists can do things with unobservable entities in experimental practice, their incorporation into practice establishes their reality.

He claims, further, that:

The more we come to understand some of the causal powers of electrons, the more we can build devices that achieve well-understood effects in other parts of nature. By the time that we can use the electron to manipulate other parts of nature in a systematic way, the electron has ceased to be something hypothetical, something inferred. It has ceased to be theoretical and has become experimental. (1983, p. 262)

In short, being able to systematically manipulate unobservable entities to intervene in nature makes such entities *experimental* rather than merely *theoretical* or *hypothetical* entities. Experimental entities are real, which supports entity realism.

## 8. Hacking's argument

What is Hacking's argument from experimental practice to accepting the reality of such experimentally manipulable but unobservable entities? How does he propose to support entity realism on the basis of such practice?

The standard argument for scientific realism is the *success argument*. According to the success argument, the best explanation of the success of science is that the terms of mature scientific theories refer and that such theories are true, or at least close to it. On Hacking's analysis, the success argument is designed to support theory realism. This is because it focuses on reference and truth. Given the latter, it is open to the sort of anti-realist objections due to Laudan and van Fraassen, which were briefly mentioned at the start of this paper.

In contrast with the success argument, Hacking calls the argument for entity realism based on experimental practice the *experimental argument for realism*. He insists that it differs from the success argument.

The argument ... is not that we infer the reality of electrons from our success. We do not make the instruments and then infer the reality of the electrons... (1983, p. 265).

The instruments which emit electrons are not treated as hypotheses which are accepted because they have passed tests. And it is not accepted that the instruments really do emit electrons because emission of electrons best explains the successful use of such instrumentation. Rather, Hacking says,

We are completely convinced of the reality of electrons when we regularly set out to build – and often enough succeed in building – new kinds of device that use various well-understood causal properties of electrons to interfere in other more hypothetical parts of nature. (1983, p. 265)

Once upon a time the best reason for thinking that there are electrons might have been success in explanation ... [but] ability to explain carries little warrant of truth ... Luckily we no longer have to pretend to infer from explanatory success ... [Scientists] don't explain phenomena with electrons. They know how to use them. (1983, pp. 272-2)

Anti-realism about atoms was very sensible ... a century ago. Anti-realism about *any* submicroscopic entities was a sound doctrine in those days. Things are different now. The 'direct proof' of electrons and the like is our ability to manipulate them using well-understood low-level causal properties. (1983, p. 274)

In these passages, Hacking suggests that the experimental argument for realism is not an inference to the best explanation of the success of science. Rather, we are *convinced* of the reality of electrons before we build instruments which use them. We

do not *infer* the reality of electrons from the success of explanations that refer to electrons. We do not infer electrons because we use and manipulate electrons. It is a mistake to speak of inference because the reality of electrons is *directly proven* by the fact that we employ them to intervene in other things. Our practical activity which uses electrons to spray them at other things shows that they are real.

## **9. Is this a success argument?**

As appealing as Hacking's appeal to practice may be, the claim that it is not an argument to the best explanation fails to be persuasive. The point is elaborated at length by David Resnik in his detailed discussion of the experimental argument (Resnik, 1994).

Hacking's argument is in fact an inference to the best explanation of successful experimental practice. It proceeds roughly as follows. Scientists think that they employ some instruments to emit streams of electrons. The experiments that they conduct using these instruments are successful. The best explanation of the success of these experiments is that there really are electrons, and that electrons really are emitted by the instruments. Otherwise, it would be very difficult to explain why the experiments and instruments work so well. If electrons were not real entities, then it would be extremely difficult to explain why experimental practice based on such instrumentation works as well as it does.

This argument for entity realism is an argument from the success of routine experimental practice to the existence of entities. It is, therefore, an argument for entity realism from the best explanation of a certain form of scientific success. So Hacking is wrong to present it as differing from the standard success argument for realism.

It is true that the argument is an argument for entity realism rather than for theory realism. So it *may* enable realism to escape some anti-realist attacks. But it is still an argument for realism based on the claim that realism is the best explanation of the success of science.

## **10. Conclusion**

Where, then, do things stand with Hacking's entity realism? In this paper, I have highlighted two issues that seem to me to militate against Hacking's version of

entity realism. First is the issue of the reference of theoretical terms. Hacking's entity realism seems to assume that the reference of theoretical terms may be fixed without any descriptive apparatus. But this seems implausible: the need for at least some descriptive content leads away from an entity realism in its purest form. Second is the issue of the experimental argument itself. Hacking insists that the experimental argument is not a success argument, and so avoids the pitfalls of the success argument. But, as we have seen, the experimental argument is a success argument applied to the success of experimental science. Any reservations we might have about the success argument are of clear relevance to the experimental argument for entity realism.

## References

- Clarke, Steve (2001), 'Defensible Territory for Entity Realism', *The British Journal for the Philosophy of Science* 52: 4, pp. 701-722.
- Devitt, Michael and Kim Sterelny (1987), *Language and Reality: An Introduction to the Philosophy of Language*, Blackwell, Oxford.
- Hacking, Ian (1983), *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hacking, Ian (1984), 'Experimentation and Scientific Realism', in J. Leplin (ed.), *Scientific Realism*, University of California Press, Berkeley, Calif., pp. 154-172.
- Laudan, Larry (1981), 'A Confutation of Convergent Realism', *Philosophy of Science* 48, 19-49.
- Musgrave, Alan (1996), 'Realism, Truth and Objectivity', in R.S. Cohen, R. Hilpinen and Q. Renzong (eds.), *Realism and Anti-Realism in the Philosophy of Science*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 19-44.
- Resnik, David (1994), 'Hacking's Experimental Realism', *Canadian Journal of Philosophy* 24, 395-412.
- Sankey, Howard (1994), *The Incommensurability Thesis*, Avebury, Aldershot
- Van Fraassen, Bas (1980), *The Scientific Image*, Oxford University Press, Oxford.

# A Self-Descriptionist Theory of Knowledge

Robert Hudson  
(Department of Philosophy, University of Saskatchewan)  
[roh784@mail.usask.ca](mailto:roh784@mail.usask.ca)

## 1. Introduction

Suppose you believe some claim to be true, say a perceptual claim that there is a cup on the table. And suppose someone then asks whether you not only believe this claim, but also know it to be true. How should you respond to this challenge?

A reflective person will focus on the causal process that leads to this belief. This person will ask, “Why is it that I believe this claim?”, or more technically, “What is the causal process that leads to my believing it?” The purpose of these questions isn’t necessarily historical. This person may judge that a process functioning independently of the reality of a (perceived) cup had initially caused her belief; for example, she may suspect that she is a part of a contrived scientific experiment designed to give her false cup beliefs. But that may not stop her from reinventing and re-describing the causal source of her belief. She may decide that, independently of the original cause of her belief, there is good reason to believe that a cup is on the table; for instance, she may believe that the original experiment has been terminated and that nonetheless her perception of the cup continues, or that the experiment focuses solely on visual experiences and that she has a set of informative tactile sensations that lead to an identical conclusion. In this way she might repudiate the original causal process and put in place a different one. The new causal process could be one that explicitly involves a form of reasoning. Indeed this is probably what the new causal process would be like: in answering the question, “How does one know?”, one usually gives reasons designed to appropriately cause one’s beliefs, as opposed to simply outlining some non-cognitive causal process outside of one’s conscious control. In the perceptual case, one says things like, “I know it’s a cup because I see a cup and any experiment that artificially produces in me a cup belief has terminated”, or “I know

it's a cup because I have a tactile sensation that corresponds to the presence of a cup". One doesn't, alternatively, simply bypass the option to give reasons and give reference to some undescribed though presumably reliable causal process. It wouldn't be much of a response to say that one knows some claim because one has been reliably caused to believe this claim. That would be essentially to restate the problem and prompt the further question, "How do you know that you have been reliably caused to believe this claim?"

So again, in answering the question, "How does one know (some claim)?", one looks to the causal source of one's belief in this claim, and from here one could authorize this source and recapitulate its authority in words. About the perceived cup one could say that there is a real cup in the world with properties exactly like the perceived cup that causes one's perception of the cup, perhaps adding for reassurance that one's physiological, perceptual capacities are in good working order and that the presence of the perceived cup coheres with other perceived and remembered facts. Or again, as above, one could repudiate the original source of the belief and institute another causal story regarding the source (or perhaps simply the maintenance) of this belief. Whichever causal story is chosen, the key point to bear in mind is that it is the prospective knower of a claim who supplies the relevant causal story for why she believes this claim. That is, the causal story for why someone believes a claim, if we wish to find out whether this person knows this claim as well, is not one that applies only externally to the prospective knower, as is claimed by externalist epistemologists. For such epistemologists, one knows a claim if one's belief in this claim is causally connected to the world in the right sort of a way, independently of how the knower/believer rationalizes this causal connection (so long as this rationalization doesn't disrupt the effectiveness of the relevant causal link). As such, an individual can be said to know the claim that *p* so long as her belief that *p* is caused by the fact that *p*, even if this individual is unable to provide an account of the pertinent causal connection. Such an approach allows (for example) children and animals to count as knowers despite their cognitive limitations. It also allows more cogent individuals to count as knowers about matters for which they often lack a suitable internal justification, such as with memorial and perceptual beliefs. Such a liberal approach to determining who and under what circumstances someone can be said to know a claim are contested on the approach I am suggesting which requires that, to be a knower, the knower/believer must supply an account of the causal genesis of her belief. She must, as I will say, 'self-describe' the causal circumstances under which she came to this belief. For this reason the line I am advocating on knowledge I call 'self-descriptionism'.

Self-descriptionism combines features of both externalism and internalism. It is externalist in so far as it makes reference to the causal genesis of a belief in determining whether this belief counts as knowledge. It is internalist in that it requires the knower to have access to the justification that grounds the attribution of knowledge to her, a justification that on my account is recorded in her self-description of the causal source of her belief. My view is that self-descriptionism combines the best of both internalism and externalism while avoiding their respective pitfalls. My plan in this paper is motivate self-descriptionism, which I do by showing that self-descriptionism, to the limited extent that we have described this theory thus far, has the resources to vindicate epistemic deontology. By the deontological character of knowledge, I mean the view that having knowledge is praiseworthy, and that a lack of knowledge (i.e., ‘ignorance’), where knowledge could have been had, is a form of failure. Put simply, people should strive to know claims and not just possess true beliefs about them, and most certainly should not have false beliefs. On the basis of this deontological view, one can argue straightaway in support of internalism, which we define as the view that justifiers for beliefs must be cognitively accessible to potential knowers (i.e., accessibilism): specifically, if we are to be praised for possessing knowledge or blamed for being ignorant, then we need to have had access to the justificatory process that leads to knowledge or, alternatively, to ignorance. (As Conee and Feldman 2004, 56-64, point out, one cannot argue from deontology for an internalist position stronger than accessibilism, such as the position they call ‘mentalism’.) The opposite of a deontological view is one where the possession of knowledge says nothing necessarily about the personal credit of the knower – one’s status as a knower may be solely a matter of luck. Such a view is usually adopted on the assumption that the knowledge-acquisition process is inaccessible to the knower, and thus largely not a matter of her responsibility.

Our foremost strategy in performing a vindication of deontology is to respond to criticisms of deontology offered in Greco (2010). Our secondary strategy is to respond to criticisms of internalism found in Alston (1989) and Goldman (1999), criticisms similar in spirit to Greco’s critique of deontology relating to the problematic role of rules and epistemic principles in internalist justifications. Though I dispute the need to invoke rules in deontological accounts of justification (contra Greco), rules and their kin clearly play a role in internalism more generally. Thus, by repelling this problem for internalism, in consideration of the intimate connection between internalism and deontology, such a defense of internalism further extends the vindication of deontology.

## 2. The Vindication of Deontology

As the reader is no doubt already aware, my definition of deontology is somewhat loose, as simply the view that possessing knowledge is a commendable trait for the knower and lacking knowledge is a blameworthy trait, or in stronger terms, there is an obligation to possess knowledge (as opposed to only possessing a true belief, or worse, possessing a false belief) and an obligation not to be ignorant. By contrast, on a non-deontological view, one typically held by externalists, states of knowledge fortuitously ‘happen’ to people; whether a person possesses knowledge depends on worldly factors beyond her awareness and ability to control. In this respect, normal adults are in a similar position to young children and animals in their status as knowers. It all depends on whether their belief states are connected in the right sort of way to external states of the world, and not so much on what the knower does in terms of providing evidence for her beliefs. To put an emphasis on what is at stake here, consider these comments from the non-deontologist Greco:

once we adopt externalism about knowledge-relevant normative status – once we are reliabilists, or causal theorists, or safety theorists about such status – it is hard to see why evidence itself should be so important. (2010, 65)

In other words, for Greco, with the right etiology in place there is no need to even bother with evidence. Thus, the praise we place on those who excel at collecting evidence and the obligation felt by some to adequately justify their beliefs (using evidence) to others in social situations, turns out to be somewhat misplaced. All that matters is that we have “reliable cognition” (Greco, 65), however that comes about. Resistance to such an externalism, as Greco makes clear, can be found from a Sellarsian perspective, according to which in Greco’s words, “knowledge so-called involves abilities to articulate and give one’s reasons, and to defend one’s knowledge and reasons against relevant objections” (66). The obligation to make oneself rationally accountable to others seems widespread in society, and is particularly intense in science: as Keith Lehrer comments, “[such an obligation] is required both for the ratiocination of theoretical speculation in science and practical sagacity in everyday life. To do science . . . one must be able to tell whether one has correct information or not” (Lehrer 2000, 6, quoted in Greco 2010, 67). Obligations of this sort do not sound unreasonable, not even for Greco (67) – except for problems he raises concerning weak and strong interpretations of deontology. In addition there are related problems posed by William Alston and Alvin Goldman concerning the accessibility of cognitive rules, rules that seem to be needed to properly justify beliefs. If it’s the case that self-descriptionism can solve these problems, then we’ve

opened the door to a workable epistemic deontology. So let's see what self-descriptionism can do for us.

According to Greco (2010), “the main idea of deontological theories is that some relevant merit, moral or epistemic, is a function of whether one’s activity is licensed by some relevant set of rules” (18). The role of rules in assessing what Greco calls the “knowledge-relevant normative status of beliefs” can be interpreted on his account either weakly or strongly. On Greco’s ‘weak’ interpretation, a praiseworthy epistemic state is one that is consistent with the correct epistemic rules, rules of which the prospective knower is aware; on his ‘strong’ interpretation, to be in a praiseworthy epistemic state one is not only aware of these rules, but one’s relevant beliefs are “governed by” (or, “a result of”) these rules. (20) On Greco’s view, both these interpretations lead to serious problems for deontology. On the one hand, ‘weak deontology’ leads possibly to a situation where someone possesses good reasons to believe a claim, reasons that justify this claim in accord with a correct epistemic rule, but where this person believes the claim for different and faulty reasons. The sort of example Greco provides to illustrate this possibility involves two math students, both of whom possess the relevant axioms to derive a theorem, one of whom believes the theorem by an appropriate derivation from the axioms whereas the other believes the theorem on the basis of a form of fallacious reasoning. (22) With weak deontology we derive the wrong result that not only the former but also the latter student has a belief with ‘knowledge-relevant normative status’ or, as I will put it, is in a praiseworthy epistemic state. Surely one can’t be in a praiseworthy epistemic state by reasoning fallaciously. ‘Strong deontology’, on the other hand, generates the correct result that the latter student’s epistemic state is not praiseworthy – her belief in the theorem is not ‘governed by’ or ‘a result of’ the axioms. Strong deontology, though, faces the mirror problem of wrongly discounting intuitively epistemically praiseworthy states. As Greco points out, what we are calling a rule has the feature that we are “in some sense *cognitively* aware that the antecedents of such rules are fulfilled” (27, his italics; it is taken for granted that we would be cognitively aware of the outputs of these rules, since they are beliefs). But it seems possible for knowledge states to not issue from rules in this sense. Greco cites blindsight as an example where a perceptual belief is generated by an antecedent state (say, a physical property in the world, or a sub-representational psychological state) of which one is not aware (not even dispositionally if blindsight is due to a physiological problem). (35) Thus the purported rule that issues in blindsight lacks the requirement that one be cognitively aware of the fulfillment of the antecedent of such a rule. He further cites the case of connectionist models of cognitive processing that involve computational functions that are not only beyond the awareness of cognizers but would not even be

expressible in dispositions that are “describable [(consciously representable)] at the cognitive level” (38). He leaves it open whether such a connectionist model of cognition might be accurate as regards the generation of a praiseworthy epistemic state; but if it is, such a model can’t be understood as involving the deployment of rules since the relevant antecedent states – the ‘arguments’ for the computational functions – will not be subject to conscious awareness.

One might legitimately be concerned that Greco’s conception of deontology is somewhat narrow: to say that someone has an obligation to possess knowledge, and should be praised accordingly, does not necessarily mean that she has in mind some specific rule to follow. A deontological view of knowledge implies, generally, that states of knowledge accrue to the credit of the knower, that possessing a justification sufficient for knowledge (everything else being equal) is a laudable achievement. This laudability could be a result of having followed the correct epistemic rule, as Greco has it. Or, alternatively, it could be a result of having emulated an epistemic authority, or for having generated a sought-for epistemic consequence (say, an explanation of some observable phenomenon). The point with deontology is that epistemic merit depends on the conscious abilities of knowers, and not solely on fortuitous circumstances that, unbeknownst to them, reliably generate their true beliefs. These conscious abilities could perhaps be enhanced by the utilization of epistemic ‘rules’, but acting (epistemically) correctly doesn’t necessitate the formulation of such rules.

Nevertheless, there is a legitimate point to be made here regarding the status of epistemic rules, and of rules generally – logical, probabilistic, scientific and otherwise – in an internalist epistemology. Internalist support for a knowledge claim, if it is to be thorough, will likely include abstract principles the nature of which will depend on the subject matter. These principles will in many cases be complex and beyond the capacities of normal knowers. But even if they are relatively mundane, as Alston (1989) and Goldman (1999) have it, such principles pose a substantive problem for internalism. Both philosophers consider the case of a justificatory relation where justifiers (beliefs or statements for Goldman 1999, 282; experiences for Alston 1989, 221) support a particular belief in an entirely unproblematic way (such as with the logical rule of conjunction, discussed in Conee and Feldman 2004, 76-77). From here both Alston and Goldman consider the justification relation itself, and suggest that with internalism this relation must be accessible to a knower if the adduced justifiers are to support a belief. But now the problems begin, for being aware of the abstract principles that underlie a justification relation is the precisely sort of condition that Conee and Feldman suggest “few of us are able to satisfy” (2004, 75, paraphrasing Alston); “none of these . . . relations”, Goldman (1999) asserts, “is itself a mental state, either a conscious state or a stored state” (282), and for Goldman matters only

become worse for internalism when we consider more complicated relations, such as those requiring the use of truth-tables (285). How then should an internalist deal with the status of principles or rules that govern the relation between justifiers and the justified?

Conee and Feldman's (2004) response is, on the one hand, to suggest that for some cases the justifier (p) and the justified (q) are so close semantically that "it is part of understanding p that one grasps the connection between p and q" (77), and so no explicit principle or rule needs to be formulated. On the other hand, they express equanimity about the prospect that such principles or rules may need to be formulated after all: they comment,

it is not any (sic.) implausible requirement that one have information about justification. It is merely a requirement that one have evidence that there is a supporting connection – for instance, the logical consequence relation – between what is ordinarily regarded as one's evidence and what it is evidence for. (77)

In the end their attitude is resolutely diffident: "it is not crucial to answer this question here. What is important for present purposes is that internalists have plausible options" (77). Can an internalist be more decisive as regards the question whether epistemic principles need to be explicitly formulated and referred to when justifying a belief?

This is where self-descriptionism plays a role. I had said that self-descriptionism is internalist in requiring that a knower have access to the justification grounding an attribution of knowledge. This justification I further suggested is recorded in the self-description a potential knower provides of the causal source of her belief. So let us take a case where someone, call her 'S', arrives at a belief that a maple tree is present (to borrow a case from Comesaña 2006, 35). In self-describing how she came to this belief, S can suppose either 1) that she was caused to have this belief independently of her conscious reasoning processes, or 2) that she came to this belief by means of such a process. So, for example, she can 1) suppose that she subconsciously noticed a tree with 7-pointed leaves, which caused in her a belief that a maple tree is present by a process she otherwise knows nothing about, or alternatively with 2) suppose that the process by which she arrived at this belief involved, on her behalf, a reflection on her states of her perceptual awareness (which perhaps directly reveals to her the seven-pointed nature of the leaves on the tree), which then prompts her to reason to the claim that a maple tree is present. One or other of these self-descriptions, or related versions thereof, could have been adopted by S. The key point at this stage is that there are no normative constraints here on what self-description is relevant for epistemic analysis. It is a purely descriptive issue: specifically, how does S understand the causal process by which she arrived at a belief that a maple tree is present? Moreover, this is an issue

that is manageable in a completely internalist way on the approach I am suggesting, for S will have complete access to the justification that grounds a (potential) attribution of knowledge to her since, after all, she invented this justification in the first place by self-describing the causal process by which she arrived at this belief.

But does S's self-description of the causal source of her belief really constitute the justification of her belief? Couldn't S have a conception of how she was caused to have a belief yet have a completely different conception of how this belief is justified? A perfect example of such a possibility occurs with arithmetical knowledge. One might have been caused to believe that five times five is twenty-five simply as a result of blind obedience to the dictates of a teacher in the context of instruction at the primary educational level. Further, one might retrospectively self-describe the causal source of one's belief in this case by saying, "I now believe that five times five is twenty-five because when I was young I blindly obeyed the dictates of my primary school teacher who taught me this fact". Still, one could deny that having one's belief caused in this way amounts to a justification of this belief. One might provide an alternative justificatory story, and say something along the lines of: "When I was caused to have the belief that 'five times five is twenty-five' in primary school, I didn't really understand why this claim is justified; now I understand why this claim is justified – one simply has to count up five sets of five objects and arrive at the total twenty-five". So, at least with this case, why would one suppose here that one's self-description of the causal source of one's belief could stand as a justification for one's belief, when the causation of one's belief and its justification clearly involve different factors?

And in fact it is true that, if one looks to the stated causal story as the justification for one's belief that 'five times five is twenty-five', then one will be disappointed: blind obedience to the dictates of primary school teachers is unlikely to be a source of knowledge, if it means that students will believe whatever a teacher tells them even when he is deceptive. Alternatively, if one had assurance that one's primary school teacher was ineluctably responsible, and would encourage the blind obedience of students only when students were assured of reliably believing true claims, then the causal story would fare better as a justification of 'five times five is twenty-five'. Such cases of testimonial knowledge are commonplace; for many knowledge claims, all we have to support them is the good word of an informant, media source or educator. And they are perfectly legitimate forms of knowledge. For instance, in the arithmetic case, if one self-described the causal source of one's belief as "blindly believing the dictates of a teacher who is ineluctably responsible, and who would encourage the blind obedience of students only when students were thereby assured of believing true claims", then in this case the causal story and the

justification for one's belief converges. One could add further justification, if one wanted, along the lines of, "(to check my teacher's veracity) I counted up five sets of five objects and arrived at the total of twenty-five". But doing this is quite unnecessary; most of us have not done this check for most arithmetical calculations, but still we feel confident claiming knowledge about such things. Going back then to the original scenario, where we lacked a specific assurance about the responsible behavior of the teacher, it is once again true that the cause of the belief as self-described ('blind obedience to a primary school teacher (without assurance of his ineluctable responsibility)') does not underwrite a worthwhile justification for 'five times five is twenty-five'. Here it is true that the cause of the belief detaches from its justification. Yet the problem in this case is that the cause is not adequate to the job of justification, not that causes and justifications necessarily always detach. Where the cause is (as self-described) sufficient for justification, no detachment occurs, as we have seen.

Let us look closer at the original scenario where the cause of the belief that 'five times five is twenty-five' and its justification detach. In such a situation, what would be one's view of the cause of one's belief? To help our analysis, we can distinguish between two kinds of causes: 'original' and 'sustaining' causes. The two are different in the following sense. For a living, sexually dimorphic, biological being, we might call its 'original cause' the merging of two germ cells to make a zygote, or perhaps the particular activity of the parents of this being that lead to this merging. By comparison, the 'sustaining cause' of the being is whatever currently occurs to keep this being alive: it could be that it just ate something, or that something shielded it from a potential fatal threat, or some other factor. In light of this distinction, when one speaks about the cause of this being, or more exactly the cause of its life, one could be referring to either its original cause or to its sustaining cause – and my suspicion is that for everyday purposes it is more usual to advert to the sustaining cause. For example, why am I now alive? Here I could refer to my original cause: but so many events temporally closer to my current existence have happened since my original cause that making reference to my original cause would likely be irrelevant. In fact, in causally explaining why I am now alive one would likely refer to events that are causally closest in time. For example, if I recently survived a car crash, I would likely cite the effective functioning of my airbag (or something similar), and not to any event prior to that. Or again, to explain why I have survived the past month, I would likely refer to (something like) the fact that I have been eating and sleeping regularly. In neither of these cases would it make much sense to refer to my original cause, that is, to the past event of the merging of certain germ cells.

My proposal is to apply a similar sort of thinking to the causes of beliefs. In the situation we have been examining, the original cause of the belief that ‘five times five is twenty-five’ was one’s blind obedience to the dictates of a primary school teacher. But here too, many events have happened since then. In a subsequent educational episode, one may have been asked the question, “five times five equals \_\_\_\_\_?”, have replied with the response “twenty-five”, and then received a glowing checkmark, thus confirming what had been taken to be the teacher’s original instruction. Indeed, this experience may have been a formative one – even though ‘five times five is twenty-five’ had already been believed, having this belief confirmed through a test result may have served as an effective sustaining cause of the belief. Moreover, this may be how one would describe the causal source of the belief in a self-description, something along the lines of, “though I originally believed that five times five is twenty-five as a result of blind obedience to the dictates of my primary school teacher who first taught me this fact, the real (sustaining) cause of my belief in this arithmetical fact was when I received a checkmark on a test confirming this belief”. An even better form of a sustaining cause in this case, as found in the context of a self-description, might be, “my initial blind obedience notwithstanding, counting up five sets of five objects and arriving at the total twenty-five gave me a firm belief in this arithmetical fact”. Overall, what is interesting to note here is that, with beliefs, as opposed to living beings, one can subsequently disavow the ‘original cause’. One could decide that the original cause of the belief was epistemically ineffective, and thus withdraw one’s belief, if this were possible, and provide a new cause for this belief based perhaps on a form of reasoning; or should the belief be involuntary, one could as an alternative reflectively distance oneself from the original cause of the belief and seek an epistemic ground that would have been counterfactually a more reliable cause. Either way, this ‘new’ cause could be recorded in one’s self-description of the causal source of one’s belief, a self-description that then forms the basis of an assessment of the justifiedness of the belief. Comparatively, with regard to the original cause of a living being, there is not much room here for disavowing this cause: practically speaking one can’t ‘turn back the clock’ and set up a new causal story – not even hypothetically, if one wants to retain the identity of the living being.

Let us then grant that the justification for a belief is to be found in the self-description a potential knower provides of the causal source of a belief. How does this help us understand the status of cognitive rules in an internalist epistemology, given the apparent need of such rules to adequately link the justified to its justifiers, but given as well the fact that many knowers are oblivious to such rules, and sometimes may not even have the capacity to comprehend them? Recall that, on the account I am suggesting, a knower S has complete access to the justification that grounds a

(potential) attribution of knowledge to her; this is true because she invented this justification in the first place by self-describing the causal process by which she arrived at this belief. Thus, if an internalist justification for a claim involves the use of rules, it follows that a potential knower will have access to these rules since they are part of the self-description she provides of the cause of her belief. It won't ever be the case that some rule has an internal role to play in connecting justifiers to the justified, but is beyond the ken of the potential knower; it will be within her ken by virtue of her being the cognitive source of the rule. This is not to deny that there could be rules to which S could advert if she wanted, but that don't play a role in S's self-description. In fact, it might be the case that such rules, if S were to use them, might enhance the quality of the justification that emanates from her self-description. The existence of such rules, however, has no bearing on the quality of S's internalist justification, since S's internalist justification is recorded exclusively in her self-description. It is along similar lines that self-descriptionism can generate a response to the problem raised by Greco's 'weak' interpretation of deontology. Recall that with weak deontology a praiseworthy epistemic state is simply one that is consistent with the correct epistemic rules, rules of which the prospective knower is aware even if she does not in fact apply them (call these 'sub-described' rules). The problem raised by deeming sub-described rules as epistemically relevant (as with Greco's weak interpretation) is that someone can then be said to be in an epistemically praiseworthy state, even if she doesn't bother to use the correct (sub-described) rules – and in no less a praiseworthy state than someone who does use them. Clearly, this sort of situation does not arise for self-descriptionism since such sub-described rules will not occur in a potential knower's self-description of the cause of her belief, and so play no role in assessing the justifiedness of her belief.

Self-descriptionism also effectively responds to the problem raised by Greco's strong interpretation of deontology. On the strong interpretation, recall, to be in a praiseworthy epistemic state requires that one's belief formation process be governed by the correct (and relevant) epistemic rules. The problem with such an interpretation is that it has the potential to wrongly discount (as lacking 'knowledge-relevant normative status') certain presumably epistemically praiseworthy states. One of Greco's examples to illustrate how this can occur adverts to a connectionist model of cognitive processing. If such a connectionist model of cognition is accurate, Greco takes this to show that cognition is not rule governed in the sense required by internalists because it would involve the deployment of computational functions that are beyond the awareness of cognizers. Of course, this is a problem only if internalists and deontologists are always committed to the presence of cognitive rules (i.e., rules the antecedent of which a potential knower could be aware) in justifying potential

states of knowledge. I indicated that this is not always the case with deontologists: one's personal obligation to effectively justify one's beliefs does not necessarily involve paying heed to cognitive rules. Similarly, a self-descriptive internalism in which potential knowers describe the causal source of their beliefs need not involve the explicit statement of any cognitive rules. To illustrate, consider again the case where our potential knower S arrives at a belief that a maple tree is present. We had said that in self-describing the causal source of her belief, S can suppose either that 1) she was caused to have this belief independently of her conscious reasoning processes, or 2) that she came to this belief by means of such a process. Under 1), as an example, she might self-describe as having undergone a subconscious process wherein she visually notices (subliminally) a tree with 7-pointed leaves which causes in her a belief that a maple tree is present. From here she might add further detail, for example, that the viewing conditions are ideal (e.g., the local environment contains sufficient lighting and she is close enough to the tree to inspect its leaves), that she is not subject to the maniacal manipulations of Cartesian scientists, her cognition is describable (say) in terms of reliable connectionist processing, and so on. Moreover, it is perfectly legitimate here for S to decline to introduce cognitive rules in her self-description: she could describe the causal process that generates her belief as entirely unconscious and non-cognitive. Thus, there is no exclusion here of the connectionist type of process (or whatever other type of non-cognitive process) that Greco sets up as a foil to internalism. All it takes to incorporate such a process in an internalist account is for the potential knower to self-describe the causal genesis of her belief in these terms, a self-description whose internalist credentials result from the inherent accessibility of this self-description (again, this self-description is S's invention).

Alternatively, under 2), S might self-describe the causal process that leads to her belief as involving a form of reflection on her visual states. We can imagine her squinting at the look of the leaves, adjusting her glasses and carefully counting the points. She then feels comfortable on the basis of rough statistical analysis to assert that practically all of the leaves have seven points, from which she infers that the leaves are from a maple tree. To perform this inference she might explicitly formulate a rule that licenses this inference. There are various options here, such as, "All and only maple trees have 7-pointed leaves", or "All and only maple trees have 7-pointed leaves in this part of the country", or "it is very likely the case that a 7-pointed leaf comes from a maple tree". Which of these options is applicable, if any of them is applicable (i.e., S might not explicitly formulate any rule at all), is determined solely at S's discretion in terms of her self-description of how she is caused to believe that a maple tree is present.

Overall, then, there is a lot of flexibility in self-descriptionism as regards the sort of causal process that is presumed to be in place that leads to the formation of a belief. The causal process, as self-described, could be unconscious or conscious, and if conscious, it could rule-governed or not, and if rule-governed, all variety of rules might be playing a role. Additionally, there might be, in cases of perception, associated phenomenal states (such as the appearances of 7-pointed leaves) or no such states at all. With reference to this last pair of alternatives, we have an answer to Greco's other case that purportedly forms an obstacle to internalism, the case involving blindsight. There is, contra Greco, no requirement with internalism that perceptual knowledge necessarily involve, on behalf of a potential knower, cognitive awareness of a perceptual state on the basis of which a rule is applied that leads to a perceptual belief. This is because whether such a state plays a role in perceptual knowledge depends on how the knower self-describes the process by which she is caused to have the belief that underlies this knowledge. It is open to her to exclude any putative role for perceptual awareness in her self-description, just as it is open for her to include it. Thus it is not the case that blindsight necessarily forms an objection to internalism. On self-descriptionism (as a form of internalism) one could self-describe the causal genesis of one's state of perceptual knowledge as not involving any prior, conscious state of perceptual awareness.

### **3. Conclusion**

Everything we have stated here as a defense of internalism applies as well as a defense of (epistemic) deontology. We have cast doubt on the notion that deontology requires that potential knowers follow rules; but even if we do require the presence of rules, self-descriptionism allows deontology to avert the threats posed by Greco against both weak and strong interpretations of deontology. Self-descriptionism also defuses the problem facing deontology concerning of the accessibility of rules. If rules are required, they are set forth in a potential knower's self-description of the causal source of her belief/state of knowledge and so, by that very fact, are accessible to her. Along these lines, we are able to vindicate (epistemic) deontology.

## Bibliography

Willam Alston, "Internalism and Externalism in Epistemology". In: William Alston, *Epistemic Justification: Essays in the Theory of Knowledge*, Ithaca, Cornell University Press, 1989, 185-226.

Earl Conee and Richard Feldman, "Internalism Defended". In: Earl Conee and Richard Feldman, *Evidentialism*, Oxford, Oxford University Press, 2004, 53-82.

Juan Comesaña, "A Well-Founded Solution to the Generality Problem", *Philosophical Studies*, 129, 2006, pp. 27-47.

Alvin Goldman, "Internalism Exposed", *Journal of Philosophy*, 96, 1999, pp. 271-293.

John Greco, *Achieving Knowledge*. Cambridge, Cambridge University Press, 2010.

Keith Lehrer, *Theory of Knowledge*, 2<sup>nd</sup> edition. Boulder, Westview Press, 2000.

# The problem of “meaning change” in Friedman’s notion of constitutive *a priori* principle

Roberto Angeloni  
(Department of Pedagogy, University of Cagliari)  
[robert\\_angeloni@hotmail.com](mailto:robert_angeloni@hotmail.com)

## 1. Introduction

The last decade has seen a renewed interest in the original Kantian notion of constitutive *a priori* principle that Michael Friedman deserves the merit of having brought back to the forefront of philosophical debate since the Nineties (Friedman 1997, 1999, 2001).

As is well known, it was the tradition of logical empiricism that pointed out the twofold meaning of *a priori*, which was already clear and distinct within the original Kantian conception: “necessary and un-revisable, true for all time” on the one side, and “constitutive of the object of [scientific] knowledge”, on the other (Reichenbach 1920/1965). Such a distinction was fundamental not only to Reichenbach (1920), but even to Carnap (1934), who both inspired Friedman’s idea of a “relativized *a priori*”.

In his 1920 *Theory of Relativity and A Priori Knowledge*, Reichenbach formulated a revised concept of the synthetic *a priori* in order to reconcile Einstein’s general relativity with the Kantian transcendental system. It is in such a framework that the *a priori* was presented in its constitutive (and coordinating) function between a concept and its object, and it was also regarded as relativized by means of the so-called *procedure of the continuous expansion*, which makes it “technically possible to discover inductively new coordinating principles that represent a successive approximation of the principles used until now” (Reichenbach 1920/1965, pp. 68-9). Moreover, Friedman himself quoted a passage from section 82 of Carnap’s *Logical Syntax of Language*, in which he asserts that:

[A]ny sentence of the language of mathematical physics, including L-rules or analytic sentences, may be revised in light of a ‘recalcitrant’ protocol-

sentence...Nevertheless, the L-rules, in sharp contrast with the P-rules, *define* what it means for a protocol-sentence to stand in logical relations to a synthetic sentence in the first place (Friedman 2001, p. 72).

It is clear that both Reichenbach and Carnap sustained the revisable and constitutive nature of the *a priori* while rejecting its absolute necessity and unrevisability. What both the two Neo-empiricists and Friedman argued is basically that such principles are *a priori* in as much as they are prior to experience: they set the necessary conditions for establishing empirical knowledge. Nevertheless, Friedman himself recognized that it would be comprehensible to doubt the maintenance of this “constitutive relationship” in face of the scientific development.

In response to such doubts, Friedman devoted great part of his *Dynamics of Reason* to explaining in what sense constitutive principles are necessary conditions of the possibility of properly empirical laws. Of course, Friedman was aware of the puzzling idea of calling “*a priori*” principles that change in response (not only) to empirical findings, above all in a “post-Quinean philosophical environment” (Friedman 2001, p. 71).

What I want to point out is the “meaning change”<sup>1</sup> that Friedman ascribes to terms and principles, which he calls *a priori*, in the transition from the old framework to the new.

This captures the sense, in particular, in which there has indeed been a “meaning change” in the transition from the old framework to the new: even if the *same terms and principles* reappear in the new framework they do not have the same meaning they had in the old (Friedman 2001, p. 99, ft. 37, emphasis added).

Following Friedman, we should admit that the same words possess different meanings in different frameworks. In fact, terms and principles that are empirical in an old framework may shift to constitutive status in the new framework, and vice-versa. If Friedman’s account seemed to entrust the prospective rationality of science to constitutive *a priori* principle, the notion of meaning change suggests instead that Friedman’s argument upholds the Kuhnian account of incommensurability, while we were expecting he aimed to mitigate it. As he clearly states in the passage to follow:

The later framework is not translatable into the earlier framework, of course, simply because the concepts used in formulating the later framework have not yet come into existence (Friedman 2001, pp. 98-9).

---

<sup>1</sup> I am particularly indebted to discussions at Uppsala University with Prof. Lars Göran Johansson, who led me to reflect on the notion of meaning and, in particular, the problem of meaning change. Here we had the occasion to compare the analytical and the, broadly speaking, “continental” views on meaning.

Friedman’s account purports to emphasize that a transition from empirical laws to principles, and vice-versa, should imply a conceptual shift. But is “meaning change” the appropriate expression that may describe such a conceptual shift? What does the word “concept” mean for Friedman? How are concepts related to the meaning of terms? What does the “meaning” mean in Friedman’s view? What is the relation between terms and theories? Does theory change entail a meaning change of scientific terms, that is, do terms determine theory change (i.e. difference in theories is *ipso facto* difference in terms)?

Recently, some specialists (Tsou 2010, for instance) have stressed Friedman’s notion of constitutive *a priori* principle in light of Putnam’s positive account of apriority. Friedman and Putnam’s notions of relativized *a priori* are presented as similar insofar as they both affirm the existence of principles in science, which are revisable and relativized to a particular body of knowledge. However, the similarities do not take into account that Friedman ascribed a meaning change to coordinating principles that are constitutive of the new framework. Could Putnam subscribe such a meaning change?

This paper aims to analyse Friedman’s notion of constitutive *a priori* principle in relation to the problem of meaning change by taking into account Putnam’s theory of meaning and his notion of framework principle.

## **2. The twofold meaning of constitutive *a priori* principles**

According to Friedman, each scientific theory consists of three asymmetrically functioning parts: a mathematical part, a mechanical part, and a physical or empirical part. The mathematical part includes basic mathematical theories that are employed to describe the spatio-temporal framework in question, viz. infinite Euclidean space, four-dimensional Minkowski space-time, semi-Riemannian space-time manifolds. The physical part uses the theories in the mathematical part to formulate empirical laws describing concrete empirical phenomena, viz. the law of universal gravitation, Maxwell’s equations for the electro-magnetic field, and Einstein’s equations for the gravitational field. The third component (coordinating principles) comprising the mechanical part, functions to set up a correspondence between the mathematical part of the programme and concrete empirical phenomena. For example, the Newtonian laws of motion, the light principle, the principle of equivalence, the quantum of action would show such a coordinating function<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> The light principle (or the law of constancy of the velocity of light) coordinates concrete

It is thanks to coordinating principles that precise laws of nature formulated by means of the mathematical part of the programme or of the theory have empirical meaning. As Friedman put it:

Given such a tripartite structure, the laws of nature comprising the (properly) physical part can then be empirically tested: for example, by Newton's description of the solar system (including planetary perturbations) in *Principia*, Book III, or Einstein's calculation of the advance of the perihelion of Mercury (Friedman 2001, p. 80).

However, Friedman remarked, the function of coordination between the mathematical part and empirical phenomena has not to be regarded as a straightforward empirical test of these two components. For the mathematical part of the theories is in no way tested by such a procedure:

“what is empirically tested – Friedman adds – is rather the particular coordination or correspondence in virtue of which some or another mathematical structure is used to formulate precise empirical laws about some or another empirical phenomena” (Friedman 2001, p. 80).

We may say that the aforementioned “procedure” of coordination helps us to work out one of the ambiguities we encounter confronting Friedman's notion of constitutive *a priori* principle: its formulation as necessary condition for possession of a truth-value of an empirical law. As we also observed above, constitutive principles are expressed in terms of necessary conditions of the possibility of properly empirical laws, that does not mean that A is a necessary condition of B if B implies A, rather, as Friedman exemplifies, that A is necessary for B's meaningfulness, or, in other words, that A is a presupposition of B. However, the idea of presupposition is too weak to grasp the meaning of constitutive function of such principles. Rather, what really captures the sense is the reference to that particular correspondence function in virtue of which a mathematical structure can formulate certain empirical laws about some or

---

physical phenomena with the Lorentzian (or infinitesimally Minkowskian) character of the new four dimensional space-time metric. Einstein introduced the principle of equivalence after rejecting the notion of absolute simultaneity in the special relativity theory. On such a basis, it follows that the classical Newtonian theory of gravitation is also untenable. Therefore, Einstein formulated a new theory of gravitation compatible with the new relativistic space-time structure. As far as the quantum of action is concerned, the elevation of the quantum of action to *a priori* principle has to be connected with Bohr's work since 1922, when he recognized that within *the idea of a correspondence* between process of transition and components of motion lay a logical relation capable of establishing a dependence between spectrum and motion similar in all respects to that whereby in classical theory the intensity of the radiation emitted by a particle in the course of its harmonic oscillation depends upon its amplitude. But a specific study of this last point is required.

another empirical phenomena. It is the case of Einstein’s principle of equivalence in general relativity theory, in absence of which Einstein’s field equations would remain a purely mathematical description of a class of abstract (semi-) Riemannian manifolds with no empirical meaning.

Friedman emphasized the increasing abstractness of modern mathematical physics, from the sixteenth centuries onwards, in relation to pre-modern physics, whose theoretical concepts of space, time, and motion, were immediately suitable for the world they represented. Thus, the more the mathematical representations become abstract the more their coordination with experience becomes cogent. Conversely, it would be a purely logical view of inferential relationships that would lead into Quinean holism.

To summarize, Friedman seems to introduce a twofold function of constitutive principles: i) coordinating principles as presuppositions of empirical laws; ii) coordinating principles as “mediators” between abstract mathematical structure and empirical phenomena.

The laws of motion, in the context of Newtonian physics, therefore function as what Reichenbach...aptly calls coordinating principles (axioms of coordination). They serve as general rules for setting up a coordination or correspondence between the abstract mathematical representations lying at the basis of Newtonian physics (infinite Euclidean space, uniformly traversed straight lines in this space, abstract temporal intervals during which such states of uniform motion traverse equal spatial intervals) and concrete empirical phenomena to which these representations are intended to apply (the observable relative motion in the solar system, for example), (Friedman 2001, pp. 76-7).

The distinction is subtle, as Friedman himself pointed it out in the quotation to follow:

The Newtonian laws of motion are thus presuppositions of the properly empirical laws of Newtonian physics (such as the law of gravitation) in the sense considered earlier, *but they are also presuppositions of a very special sort*. Their peculiar function is precisely to mediate between abstract mathematical representations and the concrete empirical phenomena these abstract mathematical representations are intended to describe (Friedman 2001, p. 77, emphasis added).

The difference between coordinating principles as presuppositions and coordinating principles in their peculiar function of mediating between mathematical structures and concrete empirical phenomena lies on the formal notion of “function”, as it was articulated by Ernst Cassirer in a paper of 1907, “Kant und die moderne Mathematik”, and more extensively in *Substance and Function* of 1910 (Padovani 2011). Cassirer began to elaborate the idea of function or of a continuous series to see

“how such idea can be *a priori* generated step-by-step” (Friedman 2001). There exists coordination among the elements of the series, which are constituted by the relations each element bears to the other members of the same series. It is such a connecting relation that is constitutive of the object of scientific knowledge. Moreover, Cassirer’s idea of function entails a dynamical process of the abstract structures, which are ordered by mathematical relations (Friedman 2001):

It is the functional form itself that changes into another; but this transition never means that the fundamental form absolutely disappears, and another absolutely new form arises in its place. The new form must contain the answer to questions, proposed within the older form; this one feature establishes a logical connection between them, and points to a common forum of judgment, to which both are subjected (Cassirer 1910/1923, pp. 268-69; cf. Padovani 2011).

Cassirer’s reading of the historical development of mathematics lies at the basis of his “genetic” conception of knowledge that inspired both Reichenbach and Friedman’s notion of relativized *a priori* principle. As it was recently noted, Reichenbach’s concept of probability, which emerges from his doctoral dissertation of 1916, is largely indebted to Cassirer’s general approach presented in *Substance and Function* (Padovani 2011). As we observed above, Cassirer articulated a concept of function as constitutive of the object of scientific knowledge, which encompasses the notion of coordinating principle, and gives account of the conceptual shift of certain theoretic components in different scientific frameworks. In particular, Reichenbach referred precisely to Cassirer’s dynamical role of functions to explaining the conceptual development of the constants in nature:

[E]very constant is presented as a function; the natural constant which is simply given for certain laws and whose measurement several experiments are dedicated is brought into connection with completely different quantities, so that it appears as a function whose specific value in the previous laws is only attained under special circumstances. [...] This is the general approach of physics: to resolve constants into functions, to find more general laws that contain the previous laws as a special case. No end of this process is in sight (Reichenbach 1916/2008, p. 115, Cassirer 1910, pp. 351 ff.).

Cassirer’s notion of function might help to clarify the twofold meaning Friedman attributes to coordinating principles, as “mediators” between abstract mathematical representations and sensory phenomena, on the one hand, and as presuppositions of empirical laws, on the other. Nevertheless, Cassirer’s genetic conception of knowledge does not suffice to explain Friedman’s account of ascribing the “elevation” of an empirical law to the status of a convention. As in the case of special relativity theory, when Einstein used his light principle “empirically to define

a fundamentally new notion of simultaneity and, as a consequence, fundamentally new metrical structures for both space and time”.

It is in precisely this way, as writers under the influence of Poincaré are fond of putting it, that Einstein has “elevated” an empirical law to the status of a convention – or, as I myself would prefer to put it, to the status of a coordinating or constitutive principle. It is precisely here that an essentially non-empirical element of “decision” must intervene, for what is at issue, above all, is giving a radically new space-time structure a determinate empirical meaning – without which it is not even empirically false but simply undefined (Friedman 2001, p. 88).

An alternative explanation for giving account of the notion of coordinative definition to which Friedman appeals might be offered by Poincaré’s philosophical reflection, although his main insight was not to designate certain empirical principles as having coordinative status. He simply regarded certain principles as non-empirical. Moreover, as it will be shown in the paragraph to follow, Friedman used the same example of Einstein’s light principle to point out the empirical motivations for choosing a new coordinating principle.

Therefore, Friedman’s puzzling reference to conventionalism still remains: a similar element of decision does not seem to have any role, for instance, in formulating the principle of free mobility because it simply fails to make an empirical claim. One could argue, in more general terms, that concepts to which a certain principle refers to are not definable independently of the principle itself.

### **3. How can constitutive *a priori* principles grant continuity to different frameworks?**

One of the main teachings of Prof. Friedman is to present philosophy as it played a decisive role in making paradigm clashes possible. In his view, philosophical reflection plays a special and characteristic function in transitions between radically different conceptual frameworks during scientific revolutions. In particular, it is thanks to philosophical reflection if empirical laws would be elevated to the status of a coordinating principle. Friedman deserves the merit of having shed light on the role of philosophy in science, not only as a general heuristic tool, in the sense suggested by Gerald Holton, but as an objective tool of scientific research. As it was noted, he has taken up some insights of Kant and logical positivists, as that of considering the aims and methods of the philosophy of science, but, above all, he stressed the role that philosophy plays in the evolution of science focusing on the conceptual shifts that physics has passed through in the last three centuries (Di Salle 2002). He aimed to

point out how new scientific concepts can emerge from a critical reflection on established beliefs, whose resulting philosophical insight would not be a mere motivation for the new theory, rather an essential part of the theory itself. Coherently with this interpretation of scientific progression, Friedman's reconstruction describes a dialectical evolution of science, and seems to prevent himself from Kuhn's criticisms against the so-called cumulative conceptions of science. Ironically, the enquiry on the role of philosophy in science becomes the watershed between two radically different conceptions of scientific enterprise.

Indeed, Kuhn regarded philosophical views as merely subjective, in the sense that philosophical reflection can influence scientists when no strictly rational decision is possible: when scientists fail to solve problems by applying the methods sanctioned by the leading paradigm, they have to turn to debate about the fundamentals that is characteristic of philosophy and of the sciences in their immature, pre-paradigm phase (Kuhn 1970, p. 6).

Friedman's intention was to mitigate Kuhn's view by stressing the role of philosophy as a source of new ideas as being part of scientific discourse, "that is not itself scientific in the same sense" (Friedman 1999, p. 19). The main difference between the two approaches lies on the special status of such fundamental concepts: while scientific practice takes them for granted, philosophical reflection can provide new concepts by criticising the old ones. However, this activity is not confined to periods of revolution or inter-paradigmatic change, as Kuhn affirmed, but it is a significant part of the so-called "normal science". For instance, Einstein was able to appeal to practitioners of the preceding paradigm in classical mathematical physics "by placing his articulation of fundamentally new coordinating principles within the long tradition of reflection on the question of absolute versus relative motion going back to the seventeenth century" (Friedman 2001, p. 105). But this tradition of reflection, as Friedman claimed, is largely philosophical. One of the main characteristics Friedman ascribed to the distinction between philosophical and scientific reflection is that the former fails to reach the communicatively rational consensus achieved by the latter. So one has to ask oneself how philosophical reflection could help in mediating such rational agreement during scientific revolutions. According to Friedman, the answer to this difficulty is threefold:

First, the consensus we require in the case of a radically new scientific paradigm is...relatively weak: we require only that the new constitutive framework becomes a reasonable and responsible live option. Second, although we do not...attain a stable consensus on the results of distinctively philosophical debate, we do, nonetheless, achieve a relatively stable consensus on what are the important contributions to the debate and, accordingly, on what moves and arguments must be taken seriously.

Third, characteristically philosophical reflection interacts with properly scientific reflection in such a way that controversial and conceptually problematic philosophical themes become productively intertwined with relatively uncontroversial and unproblematic scientific accomplishments; as a result, philosophical reflection can facilitate interaction between different (relatively uncontroversial and unproblematic) areas of scientific reflection, so as, in particular, to facilitate the introduction and communication of a new scientific paradigm at the same time (Friedman 2001, p. 107).

Einstein’s so-called light principle that light has the same velocity in all inertial frames, for instance, could be seen as a coordinating principle for the definition of simultaneity: it represented a line of demarcation between Einstein’s thinking and the nineteenth century physics, but its roots are deeply entrenched in nineteenth century philosophy.

It is worth remarking that Kuhn ignored that the process of concept redefinition is a self-conscious and rational act, with a combination of scientific and philosophical motivations, that is itself constitutive of a new conceptual framework (Di Salle 2002, p. 194). Such motivations, in Friedman’s view, are responsible for the elevation of an empirical law to the status of a convention. However, it is here that Friedman lays himself open to criticism: to claim that an empirical law has been elevated to the status of constitutive principle raises some perplexities because of the different functioning part of constitutive principle with respect to the “original” empirical law.

Robert Di Salle pointed out that it would be more appropriate to say that it is the interpretive extension of an empirical law to become a constitutive principle, and in addition to that he specified that it would be also a mistake to regard certain principles as empirical, simply because it is not we who grant the new status, but constitutive principles do possess such status inherently. That the speed of light is the same in all inertial frames is a constitutive principle in the sense that it is part of the definition of an inertial frame – a concept that is not clearly defined independently of this principle.

The principle appears to be a straightforward empirical claim, at least if the notion of inertial frame is taken for granted, as indeed it appears to be in Einstein’s proposal that “the same laws of electrodynamics and optics will be valid for all frames of reference for which the equations of mechanics hold good” (1905, 1952, p. 37). To assume this, however, is to assume that we can begin with an inertial frame and determine, as a matter of empirical fact, the velocity of light in that frame. Clearly the Michelson-Morley experiments assumed this much, as did the entire Maxwell-Lorentz theory. The remarkable difference between the Lorentzian perspective and Einstein’s, then, is not Einstein’s reinterpretations of the results of such

measurements, but his recognition that such a measurement is, in the contemporary situation, impossible. The velocity of light cannot be measured relative to an inertial frame, because we can no longer assume that we have an independent way of constructing an inertial frame in advance (Di Salle 2002, p. 197).

To summarize Di Salle's view, Einstein came to the "light principle" not by taking a decision of elevating an empirical fact to its constitutive status, but through a conceptual analysis that allowed him to unfold the constitutive principle inherent in a given body of theory. However, such an alternative view of considering the "constitutive nature" of certain empirical laws seems to confine the role of philosophy to an undefined conceptual analysis, whose unproblematic scientific component might prevail over the problematic philosophical one. In such a way it would be arduous to show how problematic philosophical reflection becomes intertwined with properly scientific reflection. Nonetheless, stressing the element of decision, according to Friedman's account, does not mean to introduce a subjective element and hence to restrict the role of philosophy to an extra-scientific territory, as what he wants to point out is that a non-empirical element of decision intervenes as a consequence of the philosophical debate on the foundations of the discipline itself. In addition, Friedman admitted the existence of empirical motivations for preferring a new coordination to the former one, as in the case of Einstein's special relativity:

The new empirical discovery in question – undetectability of differences in inertial motion in electrodynamics – provides us with strong empirical motivation, not only for entertaining a new coordination, but also (as Einstein was apparently also the first to see) for doubting the adequacy of the classical coordination. For, if there were in fact an empirical counterpart to the classical notion of absolute simultaneity, then there would be (in the context of electrodynamics) an empirical counterpart to absolute velocity as well. But the new empirical discovery strongly suggests that there is no such empirical counterpart (otherwise differences in inertial motion would be empirically detectable after all), (Friedman 2001, pp. 88-9).

But he also reminded that the history of science provides us with cases of non-empirical under-determination, "where two empirically equivalent hypotheses face off against the background of a common constitutive framework, and methodological principles such as simplicity or conservativeness are then invoked to settle the question" (Friedman 2001, p. 89). Conversely, one could object that so-called methodological motivations as conservativeness or simplicity could be encompassed by Kuhn's notion of paradigm shift and lay themselves open once again to criticisms of subjectivism and relativism. On this point, it is clear that Friedman has a hard job to convince his critics how constitutive principles change and develop from empirical to *a priori*: whether in response to empirical findings or due to cognitive values or

presuppositions at the basis of the scientist’s decision. In the former case, it would be hard to show what is the role for philosophy in science, in the latter case Friedman should clarify why his presuppositions are more objective than the Kuhnian ones.

#### **4. Putnam’s notion of relativized *a priori***

Putnam’s early works on the *analytic and the synthetic* distinction is usually a common reference point while confronting the notion of relativized *a priori*. What sounds really surprising is that Friedman never quoted Putnam while explaining the notion of constitutive *a priori* principle. Among the specialists in the field of history and philosophy of science the idea is widespread that the two scholars’ different cultural perspectives could explain their, so-called, incommunicability. Moreover, as it was recently noted, there is a “curious difference” between Putnam and Friedman’s accounts: Putnam articulated his notion of relativized *a priori* through Quinean insights, whereas Friedman did not hide his opposition to Quine’s holistic view (Tsou 2010). However, whether Quine’s analytic-linguistic approach to philosophy of science could be viewed as the watershed between two ways of conceiving the reflection on scientific development, I wonder why both Friedman and Putnam never jointed their efforts against what should be considered as their natural opponent, the Kuhnian perspective of incommensurability and untranslatability between different paradigms.

Since his celebrated article “It ain’t necessarily so”, Putnam dealt with the momentous distinction between *statements necessary relative* to a body of knowledge and *statements contingent relative* to that body of knowledge. Indeed, Putnam was remarking that the notion of necessity must be erased even from relative statements, whose necessity is “merely psychological”. As Putnam wrote: “[T]he traditional philosophical distinction between statements necessary in some eternal sense and statements contingent in some eternal sense is not workable” (Putnam 1962a, p. 670). Elsewhere, Putnam attacked the traditional notion of *a priori* regarded as necessary truth “relative to the context of ‘all context’” that Quine’s analysis had already undermined.

In “Two dogmas revisited”, Putnam pointed out that Quine used one of the notions of analyticity as apriority. As is well known, Quine distinguished a linguistic notion of analyticity: “a sentence is analytic if it can be obtained from a truth of logic by putting synonyms for synonyms”, from “a notion of analytic truth as one that is *confirmed no matter what*” (Putnam 1976).

Putnam remarked that the latter is the traditional notion of apriority, or rather, one of its traditional notions. Thus, it is the notion of unrevisability that – given Putnam’s understanding of Quine – should be rejected. But Putnam envisaged another account of analyticity yet since “It ain’t necessarily so” and “The analytic and the synthetic” from 1962 by stressing the importance of analytic statements in science. For Putnam, there are certain particular laws acting as principles within a specific framework. They are analytic, so to speak, to a particular body of knowledge, serving as necessary presupposition for making empirical knowledge possible:

The principle ‘ $e = 1/2 mv^2$ ’ may have been introduced...by stipulation; the Newtonian law of gravity may have been introduced on the basis of induction from the behaviour of the known satellite system and the solar system (as Newton claimed); but in subsequent developments these two famous formulas were to figure on a par. Both were used in innumerable physical experiments until they were challenged by Einstein, without ever being regarded as themselves subject to test in the particular experiment. If a physicist makes a calculation and gets an empirically wrong answer, he does not suspect that the mathematical principles used in the calculation may have been wrong...nor does he suspect that the law ‘ $f = ma$ ’ may be wrong. Similarly, he did not frequently suspect before Einstein that the law ‘ $e = 1/2 mv^2$ ’ might be wrong or that the Newtonian gravitational law might be wrong.... These statements, then, have a kind of preferred status. They can be overthrown only if someone incorporates principles incompatible with those statements in a successful conceptual system (Putnam 1962b, pp. 45–6).

Moreover, Putnam brought the example of the axioms of Euclidean geometry as principles close to analytic statements before the work of Riemann, Lobachevskij, and others in the nineteenth century. However, the same axioms of Euclidean geometry lost their character of presuppositions they held in the pre-relativistic frameworks, in as much as they had to be revised after the development of general relativity theory. In Putnam’s terms, we shall call such principles “framework principles”:

‘[F]ramework principles’...have the characteristic of being so central that they are employed as auxiliaries to make predictions in an overwhelming number of experiments, without themselves being jeopardized by any possible experimental results. This is the classical role of the laws of logic; but it is equally the role of certain physical principles, e.g., ‘ $f = ma$ ’...the laws of Euclidean geometry, and the law ‘ $e = 1/2 mv^2$ ’, at the time when those laws were still accepted (Putnam 1962b, pp. 48–9).

It is worth noting that Putnam described framework principles also as “contextually a priori”, “necessary to a particular body of knowledge”, and “quasi-necessary relative to contextual scheme” given the abnormality of calling potentially

false statements “necessary” or “a priori”, whether these statements are contextualized or not (Tsou 2010). Following Putnam’s reasoning, framework principles are therefore immune to revision insofar it is not possible to disconfirm them on the basis of the theoretical background of which they are constitutive.

Putnam and Friedman’s accounts of relativized *a priori* are only apparently similar. Beyond doubt, they agree on the fundamental function of relativized *a priori* principles in science: they both affirm that these principles are also revisable and necessary relative to a particular framework and so on. However, I am quite sure that Putnam would not subscribe Friedman’s notion of meaning change delineated at the outset of this paper.

There is another point of divergence between Putnam and Friedman I wish to point out: Putnam saw such coordinating principles also as auxiliaries, a definition that Friedman would not accept.

For the sake of clarity, I wish to point out that it is my aim nor to propose the application of a lexical notion of meaning, in the wake of Putnam’s theory, to Michael Friedman’s notion of constitutive *a priori* principle, neither to detect eventual weak points in his conception of scientific development. Rather, I want to shed some light on Friedman’s notion of meaning change utilized to describe conceptual shifts throughout scientific theories. Furthermore, I would like to ascertain whether Friedman’s notion of conceptual shift either is or is not grist to Kuhn’s mill.

## **5. Why to talk about meaning?**

Putnam reminds us that the theory of meaning depends upon the idea that a natural language has rules. He also defined the “meaning” of a word as a function of the rules governing its employment. These rules determine which locutions are synonymous, which locutions have more than one meaning, which sentences are analytic on which readings, etc. What happens when someone asks for the meaning of a word? For example, what happens when one asks a typical native speaker of English for the meaning of the word “gold”?

As Putnam argues, the English native speaker would probably provide us with a mass of “empirical information” about gold: that it is precious, normally yellow, incorruptible, etc. Perhaps, he would add also the “essential linguistic information” that gold is the name of a metal. However, one should notice, if gold became as “cheap as dirt”, or began to rust, the meaning of the word “gold” would not change. Coherently with his realistic conception of meaning, Putnam put forward that the

meaning of the word “gold” would change only if we gave up using “gold” as the name of a metal.

The example of gold was used by Putnam to object to Feyerabendian doctrine of meaning, as Putnam ironically called it. On purpose, it is worth recalling briefly Putnam’s paper (Putnam 1965) against Feyerabend’s view of meaning presented in his 1962’s work.

Feyerabend identified the meaning of a term with a certain accepted theory containing the term. This is not to say that he claimed that the meaning of a term is a theory; rather, he slid from the term “meaning” to some such locution as “accepted usage” and then cited empirical beliefs containing the term as examples of the accepted usage. Feyerabend claims: “if the same term occurs in two different theories  $T_1$  and  $T_2$ , it cannot be supposed to have the same meaning” (Feyerabend 1962). Moreover, he puts it also that “meanings are not invariant with respect to the process of explanation”, i.e. the fact explained contains terms, which change their meaning when the statement in question is deduced from a theory (Feyerabend 1962). This position cannot be sustainable from a realistic point of view. Let’s take up Feyerabend’s example of the word “temperature”. Following Putnam’s “hard realistic” view of 1965, we could say that even though we revised our beliefs about the exact laws obeyed by the physical magnitude of temperature, we would continue to use the word “temperature” to refer to the same physical magnitude. The use of the term “temperature” lies on the empirical fact that there exists a single physical magnitude, which is responsible for differences in “felt warmth”. However, one theory is essential to the meaning of the word temperature:

[T]hat the magnitude we identify as “temperature”, and quantify by means of thermometers, or however, is the magnitude whose greater and lower intensities are measured by the human sensorium as *warmer* and *colder* respectively. This does not mean that the human sensorium never fooled, but that when it is not fooled, when the differences in felt warmth are accounted for by a difference in some property of the object rather than of the subject, it is generally a difference in “temperature” that is responsible (Putnam 1965, p. 128).

It is evident that the term “temperature” is theory loaded, but it is also true that a meaning change of that term does not occur just because of a change of beliefs. Following Feyerabend, and Putnam’s understanding of his doctrine, what Galileo meant by the synonymous Italian word for “temperature” was something different from what we mean today by the word “temperature”. Feyerabend explained this as a consequence of the fact that we have given up the proposition that “the temperature shown by a thermometer is not dependent upon the chemical composition of the fluid

used”, which Feyerabend took to be constitutive of the Galilean concept. As Putnam showed, this is not possible, because if this statement were actually constitutive of Galileo’s concept of temperature, then Galileo would not be in the conditions to grasp the denial of the aforementioned proposition.

What Galileo meant was that intrinsic property of the body which the thermometer measures, and not the result of the measurement. And Galileo could *understand* the statement that measured temperature does not exactly correspond to true temperature, and that measured temperature depends to some extent on the fluid used, just as well as you or I can, independently of our degree of physical sophistication (Putnam 1965, p. 122).

However, Feyerabend did not uphold the radical view that any change in theory is a meaning change of terms. What he wanted to show is that false theories are presupposed by ordinary language. Even in science, if we do not draw a line of demarcation between “ordinary language” and “common sense” (the everyday beliefs of most speakers), it is plausible that most people, and scientists among them, may believe “many false things”. Feyerabend’s view of meaning cannot be regarded as a theory of meaning, as his claim was that the rules of language in connections with some specific terms presuppose false theories.

If we followed Carnap’s approach we would be entitled to say that questions of verifiability enter into questions of meaningfulness, but not into questions of sameness or difference of meaning, which are rather questions concerning the semantical rules of the language. Therefore, it is the role of terms in empirical theories that renders them meaningful.

As we have observed above, Feyerabend rejected such an approach, as he claimed that the meaning of a term depends on a whole theory containing the term. Therefore, it is not surprising if Friedman has used Carnap’s theory of linguistic frameworks, where a change in status from analytic to synthetic would involve a change of meaning, as an analogy for meaning change of terms and principles in inter-paradigmatic transitions. What is not clear is why Friedman did not embark himself in the elaboration of a radically new theory of meaning for replying to possible realistic objections. Whereas it was not Feyerabend’s intention to propose a theory of meaning, Friedman’s work seems still halfway, instead.

Let me allow adding that through the analysis of Friedman’s account one can note that he speaks of *principles* and *terms*. Therefore, one needs to point out that meaning change in terms is not trivially meaning change in principles that should be dealt with in different ways and methods. Indeed, if a meaning change occurs in principles, what terms should change meaning which they are part of in order we are allowed to talk about meaning change of that principle?

Moreover, as far as the notion of meaningfulness is concerned, according to Friedman, we should regard as testable the particular coordinating function in virtue of which the mathematical structure of a theory is used to formulate empirical phenomena. Whatever terms and principles they will be, it is their role in the formulation of empirical theories what renders them meaningful. Even in this case questions of verifiability enter indirectly into questions of meaningfulness, but not into questions of difference of meaning. The problem of meaning change should rise from the inter-paradigmatic transition of either a term or a principle from empirical to *a priori*. Thus, we should ask ourselves what terms and principles are constitutive of a theory. Perhaps, Friedman used indifferently the expressions terms and principles because in some cases you can have a single constancy acting as a principle (the constancy of the velocity of light or the quantum of action, for instance), some others you can have laws (Newton's three laws of motion, for instance). But to be consistent he should have drawn a distinction between the notions "constitutive *a priori* principles" and "constitutive *a priori* terms", if any. The point still remains: how and why should they change meaning?

## 6. Meanings and Concepts

When for the first time I confronted with Friedman's thought, I was impressed by the proposition in which he states that change of theories entails meaning change of terms. According to Friedman, and to Kuhn as well, the emergence of new concepts in a new framework would render the earlier framework untranslatable in the new, if we took for granted the quotation cited in the introduction of this paper, Friedman 2001, pp. 98-9. To the extent that it seems that change of concepts entails meaning change of terms, which those concepts refer to, in different frameworks. As it is well known, such a conclusion would be untenable from a realistic point of view. The notion of concept Friedman deals with seems to refer to abstract entities, which can be grasped through an individual psychological act. According to this notion, theory of meaning would come to rest on two assumptions, which, as Putnam argued, are not satisfied by any notion of meaning:

- (I) That knowing the meaning of a term is just a matter of being in a certain psychological state [...].
- (II) That the meaning of a term (in the sense of intension) determines its extension (in the sense that sameness of intention entails sameness of extension), (Putnam 1975a, p. 219).

What Putnam has showed is that it is possible for two speakers to be in the same psychological state, although the extension of two equal terms used by the two speakers in their respective idiolects is different. In fact, extension is not determined by psychological state, therefore meanings are not concepts. Considering that meaning cannot be identified with extension either, as Putnam argued, it seems preferable to identify meaning with an ordered pair of entities, one of which is the extension. It comes out that meaning determines extension (i.e. difference in extension is *ipso facto* difference in meaning).

We have seen that the extension of a term “is not fixed by a concept that the individual speaker has in his head” (Putnam 1975a, p. 245), because extension is determined both socially and, in part, indexically. Putnam emphasized that social determination of extension is due to the division of linguistic labour.

Returning to the dichotomy “meaning change” or “change of theory”, it is worth noticing that Friedman’s account, given my understanding of his thesis, resembles Quine’s that meaning change and theory change cannot be sharply separated. But I do not think this conclusion was exactly one of Friedman’s aims!

A way out of this riddle can be found in Putnam’s revision of Quine’s notion of meaning change, but only admitting that meaning change can be forced by empirical discoveries, and at certain conditions.

If we discovered that we live in a non-Euclidean world it would change the meaning of “straight line”, although, as Putnam argued, “it would not be only a change of meaning”. In particular, “it would not be a change of extension: thus it would not be right to say that the parallels postulate was true in the former sense of the words” (Putnam 1975a, p. 256).

If a term has changed its meaning, it means that whatever of the ordered pair of entities (syntactic markers, semantic markers, stereotype, extension), which define, for Putnam, the meaning of a word as a finite sequence, or “vector”, has changed.

In my view, Putnam’s proposal helps to clarify many aspects of Friedman’s explicit conviction that there is a meaning change of terms in the transition from empirical laws to constitutive *a priori* principles. Friedman’s philosophical view hides the anti-realistic conception that the extension of a term is not tied to the notion of truth, but to its intra-theoretic notion. According to realism, the extension of a term is just what the term is true of. A realistic scientist would use scientific terms as if they were “approximately correct characterizations of some world of theory-independent entities” (Putnam 1975a, p. 237). In such a view, later theories would be better descriptions of the same entities that earlier theories referred to. It is the realistic hypothesis that this is *right* that will account for the communicability of scientific results. However, according to Friedman, communicability in science is

granted by the role philosophy plays in facilitating the introduction and communication of new scientific paradigms. What role should we assign to philosophy in a “so-to-speak” realistic environment? Putnam’s theory of meaning can pin down the role of philosophy in science. Philosophical debate, in fact, may play a special role in the process of social determination of extension that is forced by empirical discoveries. In particular, the “syntactical” role of philosophy in determining the meaning of a term may be identified in the process of stereotype’s formation.

As far as coordinating principles are concerned, no one will deny their centrality in a given body of knowledge from an analytical perspective, either. In inter-paradigmatic transition, they could be forced by empirical discoveries to changing not only the meaning, but also the truth-value.

## Conclusion

It was this paper’s aim to analyse Friedman’s notion of constitutive *a priori* principles in light of Putnam’s notion of framework principles that some specialists have already confronted without stressing the condition of meaning change Friedman assigns to coordinating principles in their evolution from empirical laws. This notion of meaning change appears to hide Friedman’s anti-realistic conception that meanings are tied to concepts, although analytical philosophy of language had already showed the un-tenability of this conclusion. However, a realistic theory of meaning does not entail the rejection of the notion of coordinating principle: it allows not falling into contradictions when discussing the problem of meaning change related to the change of “status” of such principles in their inter-paradigmatic transition. To be more precise, one could hold that following a new scientific discovery, and the advent of a new scientific framework, there could be a change of function of some terms and principles and, in Friedman’s view, this change of function *might* be followed by a meaning change of such terms. According to Putnam, this would not be a *mere* meaning change, due to neither a change of extension nor a concept change, but in light of later and more sophisticated theories, we could get better descriptions of the same entities that earlier theories referred to. Indeed, what was expressed in the former sense of these terms and principles could not be *true* in the new paradigm. What could happen if a principle influenced the stereotype of a word? This would cause a meaning change of that word.

As it could be the case in the “somewhat unlikely” event of the word “straightness”, whose meaning would change if the parallels postulate determined its

stereotype (of straightness) in the transition from Euclidean geometry to a non-Euclidean geometry.

As I see it, it is here that we can set the role of philosophy in science, in the stereotype’s formations of such words. It is precisely the ideal place where philosophical reflection can facilitate interaction between different (relatively uncontroversial and unproblematic) areas of scientific reflection Friedman was referring to. But a further discussion of it would take me away from my topic that aimed to compare Putnam and Friedman’s accounts of coordinating principles in respect to the notion of meaning.

## References

- Carnap, R (1934). *Logische Syntax der Sprache*, Wien: Springer. Translated as *The Logical Syntax of Language*. London: Kegan Paul, 1937.
- Cassirer, E. (1907). Kant und die moderne Mathematik. *Kant-Studien*, 12: 1–49.
- Cassirer, E. (1910). *Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik*, Berlin: Bruno Cassirer. Translated as *Substance and function*. Chicago: Open Court, 1923.
- Di Salle, R. (2002). Reconsidering Kant, Friedman, logical positivism, and the exact sciences. *Philosophy of Science*, 69: 191-211.
- Feyerabend, K. P. (1962). Explanation, reduction, and empiricism. In: H. Feigl & G. Maxwell (eds.), *Scientific explanation, space, and time: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. (Vol. 3). Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 28–97.
- Friedman, M. (1997). Philosophical Naturalism, *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association*, 71: 7-21.
- Friedman, M. (1999). *Reconsidering Logical Positivism*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Friedman, M. (2001). *Dynamics of Reason*, Stanford, CA: CSLI Publications.
- Kuhn, S. T. (1970): ‘Logic of Discovery or Psychology of Research?’. In I. Lakatos and A. Musgrave (eds.), 1970, *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 1-23.
- Padovani, F. (2011): Relativizing the relativized a priori: Reichenbach’s axioms of coordination divided, *Synthese*, 181: 41-62.
- Putnam, H. (1962a). It ain’t necessarily so, *Journal of Philosophy*, 59: 658-71.
- Putnam, H. (1962b). The analytic and the synthetic. In H. Feigl & G. Maxwell (eds.), *Scientific explanation, space, and time: Minnesota Studies in the Philosophy of Science* (Vol. 3). Minneapolis: MN: University of Minnesota Press. Reprinted in H. Putnam (1975b), pp. 33-69.
- Putnam, H. (1965). How not to talk about meaning. In R. Cohen and M. Wartofsky (eds.), *Boston Studies in the Philosophy of Science* (Vol. 11): In Honor of Philipp Frank. New York: Humanities Press Inc. Reprinted in H. Putnam (1975b), pp. 117-31.

- Putnam, H. (1975a). The meaning of meaning. In H. Putnam (1975b), pp. 215-71.
- Putnam, H. (1975b). *Mind, language and reality: Philosophical papers* (Vol. 2). Cambridge: Cambridge University Press.
- Putnam, H. (1976). 'Two dogmas' revisited. In G. Ryle (ed.), *Contemporary aspects of philosophy*. Stocksfield: Oriel Press. Reprinted in H. Putnam (1983), pp. 87-97.
- Putnam, H. (1983). *Realism and reason: Philosophical papers* (Vol. 3). Cambridge: Cambridge University Press.
- Reichenbach, H. (1916). *Der Begriff der Wahrscheinlichkeit für die mathematische Darstellung der Wirklichkeit*. Leipzig: Barth. Translated as *The concept of probability in the mathematical representation of reality*, F. Eberhardt & C. Glymour (eds.). Chicago: Open Court, 2008.
- Reichenbach, H. (1920). *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori*. Berlin: Springer. Translated as *The theory of relativity and a priori knowledge*, M. Reichenbach (ed.). Berkeley: University of California Press, 1965.
- Tsou, Y. J. (2010). Putnam's account of apriority and scientific change: its historical and contemporary interest, *Synthese*, 176: 429-45.

# Programas Moleculares y Sistemas Lógico-Formales

Ángel Nepomuceno-Fernández\*

Mario de J. Pérez-Jiménez\*\*

(\*Grupo de Lógica, Lenguaje e Información, \*\*Grupo de Computación Natural  
Universidad de Sevilla)

[nepomu@us.es](mailto:nepomu@us.es)

[marper@us.es](mailto:marper@us.es)

## 1. Introducción

Presentamos una ejemplificación de la relación entre sistemas formales y programas moleculares de un modelo de computación molecular. Para ello, se asocia un sistema lógico-formal, mediante una lógica pura de segundo orden, a cada programa molecular que resuelve un problema de decisión y se justifica que la verificación formal de dicho programa (respecto del problema en cuestión) equivale a establecer la adecuación, o corrección, y la completitud del sistema formal asociado.

En un primer apartado introducimos la lógica de segundo orden, teniendo en cuenta la tradicional distinción entre *semántica estándar* y *semántica de Henkin*; se estudia un sistema lógico-formal de segundo orden cuyo lenguaje no tiene variables individuales ni funcionales, se esboza un cálculo deductivo y se establecen su adecuación y su completitud. Sigue un apartado dedicado a introducir una sencilla explicación de qué son los programas moleculares; se da una formalización de un programa molecular y se asocia a éste un sistema lógico-formal basado en la lógica de segundo orden estudiada. En el último apartado se caracteriza la verificación formal de programas moleculares en términos de las propiedades metateóricas del sistema lógico-formal asociado. Concluimos con unas breves consideraciones finales y una bibliografía básica.

## 2. Lógica de segundo orden

En general, la lógica de segundo orden se diferencia de la de primer orden en que la cuantificación se define sin restricciones; es decir, en lógica de segundo orden, además de cuantificar variables de individuo, se cuantifican variables cuyo rango son subconjuntos del universo del discurso, y las relaciones definidas en el mismo, entendiéndose por rango justamente el conjunto de valores semánticos posibles que se pueden asignar a los signos no lógicos del lenguaje de que se trate. El cálculo deductivo de segundo orden, *CD2*, como una ampliación de un cálculo deductivo natural de primer orden, se define mediante axiomas y/o reglas que vienen a garantizar que el rango de las variables predicativas sea, según su aridad, una clase de subconjuntos *definibles* del universo de discurso, o subconjuntos *definibles* del correspondiente conjunto potencia. Por lo que respecta a la semántica en segundo orden, ésta puede ser descrita de dos maneras posibles. De una parte, dado un conjunto no vacío  $D$ , para cada aridad  $n \geq 1$ , se considera una clase  $D_n$  de subconjuntos de la potencia cartesiana  $n$ -ádica de  $D$  (es decir, los elementos de  $D_n$  son conjuntos de  $n$ -tuplas de  $D$ ) que es cerrada respecto de las operaciones conjuntistas de unión, intersección y complementario. Dicho con otras palabras, para cada  $R \in D_n$ , su conjunto complementario  $\neg R$  también está en  $D_n$ , y dados dos elementos de  $D_n$ , tanto su unión como su intersección son elementos de  $D_n$ . Para cada fórmula  $A(Y)$ , en la cual la única variable libre es la variable predicativa  $n$ -ádica  $Y$ , se verifica que el par  $(D, D_n)$  *satisface* la fórmula  $\exists YA(Y)$  si y sólo si –en adelante “syss”–, existe un elemento  $R \in D_n$  tal que  $(D, D_n)$  *satisface*  $A(R)$  –tomando  $Y$  precisamente  $R$  como su valor semántico–; simbólicamente, se suele expresar como sigue:

$$(D, D_n) \models \exists YA(Y) \text{ syss existe } R \in D_n \text{ tal que } (D, D_n) \models A(R)$$

En este caso estamos ante la *semántica de Henkin*, en la que, por así decir, todos los predicados o relaciones posibles son justamente los que son definibles. De otro lado, si  $D_n$  es el conjunto de “todas las relaciones posibles” (es decir, si  $D_n$  es el conjunto de todos los subconjuntos posibles de la potencia cartesiana  $n$ -ádica de  $D$ ), entonces pasamos a lo que se denomina *semántica plena* o *semántica en sentido estándar*.

Los sistemas formales de segundo orden constan de un lenguaje formal de segundo orden y de un *mecanismo deductivo*. Con estos sistemas se consigue una gran expresividad: el *principio de inducción completa* (también llamado *principio de inducción matemática*) es expresable, no ya como un esquema, como ocurriera en primer orden, sino como una sentencia (fórmula sin variables libres) de segundo orden; asimismo, son expresables la finitud, el *axioma de buen orden*, la *hipótesis del*

*continuo*, etc. No obstante, esa extraordinaria expresividad tiene un coste, a saber, la pérdida de ciertas ventajas que teníamos con sistemas lógicos menos expresivos. Podemos resumir las principales características del cálculo deductivo de segundo orden, *CD2*, en los puntos siguientes:

1. *CD2* es completo respecto de la clase de los modelos de Henkin; es decir, si una fórmula es válida en el sentido de la semántica de Henkin, entonces es demostrable en *CD2*,
2. Tomando la semántica de Henkin, a diferencia de lo que ocurre con la semántica estándar, se verifica *compacidad* (si cada subconjunto finito de un conjunto de fórmulas tiene un modelo de Henkin, entonces tal conjunto tiene un modelo de Henkin), así como el llamado *teorema de Löwenheim-Skolem* (si un conjunto de fórmulas posee un modelo, entonces tal conjunto posee un modelo a lo sumo numerable; es decir, con una cardinalidad no mayor que la de los números naturales-)
3. *CD2* es incompleto en el sentido de la semántica estándar; es decir, cabe hallar una fórmula válida en sentido estándar que no es demostrable en *CD2*: si *G* es la fórmula de Gödel y *AP* la formalización de los axiomas de Peano (en segundo orden, que resulta una fórmula como conjunción de las que formalizan cada uno de tales axiomas), entonces  $AP \rightarrow G$  es válida (en sentido estándar) pero no demostrable en *CD2*, pues si fuera demostrable, entonces *G* sería demostrable a partir de *AP*, lo que no puede ser debido a la incompletitud esencial de la aritmética elemental, probada por Gödel
4. Respecto de la semántica estándar, también falla compacidad y el teorema de Löwenheim-Skolem.

Se presentan otras características de interés en el estudio de fundamentos de la matemática clásica, que omitimos para abreviar. A este respecto, en [4] se indica que si un investigador F adopta una lógica de segundo orden con semántica estándar y otro investigador H adopta esta lógica pero con semántica de Henkin, ambos para formalizar pruebas, no hallaríamos diferencias esenciales entre ellos. En cualquier caso, tiene sentido adoptar una lógica de segundo orden con semántica de Henkin, en la cual, como hemos dicho, todas las relaciones posibles que se consideran son precisamente las *definibles* haciendo uso del correspondiente lenguaje formal.

Consideremos un sistema *lógico-formal puro* de segundo orden, similar al establecido en [1] -modificando en parte la notación-. El vocabulario del lenguaje formal correspondiente no contiene variables individuales ni variables funcionales, aunque contenga constantes individuales así como constantes funcionales; las únicas variables son variables predicativas de aridad 1, 2, ... Un modelo (en el sentido de la

semántica de Henkin)  $M=(D, \{Dk\}_{k \geq 1}, i)$ , donde  $D$  es un dominio no vacío,  $\{Dk\}_{k \geq 1}$  es la familia de dominios relacionales, tal que, para todo  $k \geq 1$ ,  $Dk$  es un conjunto de relaciones  $k$ -ádicas definidas en  $D$  (cerrado para las operaciones conjuntistas, como se indicó más arriba);  $i$  representa la función interpretación, de manera que para cada constante individual  $a$ ,  $i(a) \in D$ ; para cada constante funcional de  $f$  aridad  $k \geq 1$ ,  $i(f)$  es una función de esta aridad definida en  $D$ ; y para cada constante predicativa de aridad  $n \geq 1$ ,  $i(R)$  es un predicado de esta aridad definido en  $D$ . Para abreviar, anotaremos  $M=(D, i)$  en lugar de  $M=(D, \{Dk\}_{k \geq 1}, i)$ . Por otra parte, a cada variable  $Y$  de aridad  $n \geq 1$ , se asigna como valor semántico una relación de su misma aridad  $R \in Dn$ , siendo  $Dn$  el conjunto relacional  $n$ -ádico; es decir, el conjunto de las relaciones (posibles) definidas en  $D$ ; dada la función  $i$ , a una variable  $Y$  se asigna  $R$  como valor semántico, y para una fórmula  $B$  anotaremos  $B(R)$ , para indicar que consideramos el valor de la fórmula  $B$  habiendo asignado  $R$  a  $Y$ . Para completar la semántica (de Henkin), definimos recursivamente cuándo un modelo  $M=(D, i)$  satisface una fórmula (usando el símbolo  $\models$  para representar “satisfacción”),

1.  $M \models R_1 t_1 t_2 \dots t_n$  syss  $\langle i(t_1), \dots, i(t_n) \rangle \in i(R)$ , si  $R$  es una constante predicativa  $n$ -ádica; si la fórmula es  $\neg A$  syss no es caso que  $M \models A$
  2.  $M \models \neg A$  syss no es caso que  $M \models A$
  3.  $M \models A \vee B$  syss  $M \models A$  o bien  $M \models B$  -asimismo, *mutatis mutandis*, se evalúan las demás conectivas-
  4.  $M \models \exists Y B$  syss para algún  $R \in Dn$  ( $n \geq 1$  es la aridad de la variable  $Y$ )  $M \models B(R)$
  5.  $M \models \forall Y B$  syss para todo  $R \in Dn$  ( $n \geq 1$  es la aridad de la variable  $Y$ )  $M \models B(R)$
- Nótese que, en general, si  $A(Y)$  es una fórmula con la variable  $Y$  libre, entonces  $M \models A(Y)$  si se verifica que  $M \models A(R)$ , para todos los valores  $R$  que puedan ser asignados a  $Y$ ; es decir, para todos los valores posibles (que son las relaciones definibles) asignables a  $Y$ . Asimismo, podemos definir las nociones de *validez* y *consecuencia lógica*. Si  $\mathcal{S}$  es un conjunto de fórmulas,  $M \models \mathcal{S}$  indica que  $M$  satisface todas las fórmulas de  $\mathcal{S}$ .

**Definición 2.1** Dada una sentencia  $A$ , diremos que es universalmente válida en el sentido de la semántica de Henkin, en símbolos  $\models A$ , syss para todo modelo  $M$ ,  $M \models A$ .

**Definición 2.2** Dados un conjunto de sentencias  $\mathcal{S}$  y una sentencia  $A$ , diremos que  $A$  es consecuencia lógica de  $\mathcal{S}$  en el sentido de la semántica de Henkin, en símbolos  $\mathcal{S} \models A$ , syss para todo modelo  $M$ , si  $M \models \mathcal{S}$ , entonces  $M \models A$ .

Para completar la descripción del sistema lógico-formal puro de segundo orden, mediante *CDP2* nos referimos al mecanismo deductivo, que será un cálculo representado mediante  $\vdash$  y semejante al de primer orden, al cual se han de añadir las reglas (en su caso, axiomas) que rigen el comportamiento de los cuantificadores, cuyos únicos sufijos son variables predicativas, de acuerdo con el carácter del lenguaje adoptado. Teniendo en cuenta los cálculos definidos en [2], fijamos reglas de eliminación de  $\forall$  y de introducción de  $\exists$ , sin restricciones, como en las reglas de primer orden; en concreto, la eliminación de  $\exists$  y la introducción de  $\forall$ , se expresan en los esquemas

$$\frac{\exists Y A(Y); (A(Y) \vdash K)}{K}$$

donde  $(A(Y) \vdash K)$  representa una deducción subsidiaria (respecto de la principal, la cual comienza con una hipótesis auxiliar  $A(Y)$ , y concluye en  $K$ , cerrándose entonces tal hipótesis), siempre que  $K$  sea una fórmula en la que no ocurra libre la variable  $Y$  y que tampoco ésta ocurra libre en ningún supuesto previo o provisional (ya sea premisa o hipótesis auxiliar no cancelada) del cual dependa  $K$ , excepto la propia  $A(Y)$ .

Asimismo

$$\frac{A(Y)}{\forall Y A(Y)}$$

siempre que  $Y$  no ocurra libre en ningún supuesto previo o provisional del cual  $A(Y)$  dependa.

**Definición 2.3** *Dada una fórmula  $A$ , diremos que es deducible en *CDP2*, en símbolos  $\vdash A$ , si existe una sucesión de sentencias  $A_1, \dots, A_n$ ,  $n \geq 1$ , tal que para cada  $j \leq n$ ,  $A_j$  es un axioma o una consecuencia inmediata de fórmulas precedentes, y  $A_n$  es  $A$ . Dado el conjunto de fórmulas  $\mathcal{S}$ , diremos que  $A$  es deducible desde  $\mathcal{S}$  si existe una sucesión de sentencias  $A_1, \dots, A_n$ ,  $n \geq 1$ , tal que para cada  $j \leq n$ ,  $A_j$  es un axioma, o  $A_j \in \mathcal{S}$ , o  $A_j$  es consecuencia inmediata de fórmulas precedentes, y  $A_n$  es  $A$ .*

**Teorema 2.4** (*Adecuación/corrección*) *Para cada conjunto de fórmulas  $\mathcal{S}$  y la fórmula  $A$ , si  $\mathcal{S} \vdash A$ , entonces  $\mathcal{S} \models A$ .*

*CDP2* es una extensión del correspondiente cálculo de primer orden, que es adecuado. Las reglas específicas de los cuantificadores, como se comprueba fácilmente, garantizan, en cada modelo, el paso de fórmulas verdaderas a fórmulas verdaderas (si el antecedente es verdadero, el consecuente también), de manera que *CDP2* es también correcto.

**Teorema 2.5** (*Completitud*) Para cada conjunto de fórmulas  $\mathcal{S}$  y cada fórmula  $A$ , si  $\mathcal{S} \models A$ , entonces  $\mathcal{S} \not\models \neg A$ .

La demostración, en este caso, se puede hacer por reducción al absurdo. Supuesto que  $\mathcal{S} \models A$ , se supone después que no es el caso que  $\mathcal{S} \not\models \neg A$ ; entonces,  $\mathcal{S}$  junto con  $\neg A$  constituyen un conjunto consistente; en efecto, en otro caso,  $\mathcal{S}, \neg A \vdash \perp$ , es decir “lo falso” se deduciría de  $\mathcal{S}$  y  $\neg A$ , de donde tendríamos que  $\mathcal{S} \vdash \neg \neg A$  y por lo tanto  $\mathcal{S} \models A$ , pero ello contradice lo anteriormente supuesto. De acuerdo con el *lema de Lindembaun*, dicho conjunto consistente se puede extender a máximamente consistente y existencialmente saturado; a partir de éste, interpretando cada constante individual como ella misma y asignando a cada constante predicativa de aridad  $n \geq 1$  las  $n$ -tuplas de constantes individuales que son sus argumentos en las correspondientes fórmulas atómicas de tal conjunto, se define un modelo de Henkin (que es a lo sumo numerable) que lo satisface; por tanto también al conjunto consistente inicial. Ahora bien, de acuerdo con el punto de partida, todo modelo de Henkin que satisfaga a  $\mathcal{S}$  debe satisfacer a  $A$ ; pero el modelo definido satisface  $\mathcal{S}$  y satisface  $\neg A$ , o, lo que es lo mismo, no satisface  $A$ . Estamos, pues, ante una contradicción, de donde el segundo supuesto es de negar, de manera que finalmente  $\mathcal{S} \not\models \neg A$ .

Como corolario de la adecuación y completitud en sentido fuerte, en el sentido de la semántica de Henkin, tenemos los mismos resultados para el sentido débil: si  $\mathcal{S} \models A$ , entonces  $\mathcal{S} \not\models \neg A$ . En efecto, si una fórmula es demostrable (sin premisas), entonces es válida, lo cual se verifica como caso particular del primer teorema cuando el conjunto  $\mathcal{S}$  es vacío. De manera similar, en el caso de la completitud.

### 3. Programas moleculares

Un *modelo formal de computación molecular* consta, básicamente, de (a) una *estructura de datos* que se denominan *tubos* (abstracciones de los tubos de ensayo) asociados a un alfabeto prefijado; (b) una *sintaxis* que precisa las estructuras formales de las instrucciones básicas (*instrucciones moleculares*) y los procedimientos mecánicos del modelo (*programas moleculares*); y (c) una *función semántica* que describe la forma en que se ejecutan los programas moleculares cuando se le suministran datos de entrada.

Formalmente, un tubo  $T$  es un multiconjunto (es decir, un conjunto cuyos elementos pueden aparecer repetidos) finito de cadenas sobre el alfabeto  $SADN =$

$\{A, C, G, T\}$  y notaremos  $T \sqsubseteq (S^*ADN)$ , siendo  $S^*ADN$  el conjunto de todas las palabras sobre el alfabeto  $SADN$ . Las instrucciones moleculares básicas son abstracciones de operaciones bioquímicas que se pueden realizar en la actualidad, con bastante precisión, en un laboratorio de Biología Molecular, y los programas moleculares son sucesiones finitas de instrucciones moleculares junto con instrucciones estándares (bucles FOR, WHILE y asignación) que proporcionan la secuencia de ejecución de las instrucciones moleculares. La especificación o instanciación de las instrucciones moleculares básicas proporcionarán distintos modelos de computación molecular. La *función semántica* del modelo se define de manera natural, siendo para las instrucciones moleculares, la abstracción del resultado correspondiente de la operación bioquímica que representa. Las entradas de los programas moleculares son tubos y las salidas estarán codificadas en el tubo final del programa: diremos que el resultado de la computación es sí en el caso de que exista alguna molécula en el tubo final, y el resultado computación es no en el caso de que el tubo final esté vacío. En el primer caso, diremos que el programa molecular *acepta* la instancia del problema codificada por el tubo inicial, y en el segundo caso diremos que *rechaza* dicha instancia.

Los modelos básicos de computación molecular están basados en procedimientos de *filtrado*; es decir, las computaciones en dichos modelos parten de un tubo inicial que contiene cadenas (eventualmente repetidas) que codifican todas las posibles soluciones del problema que trata de resolver y, mediante un determinado criterio, se procede a realizar sucesivos filtrados hasta obtener un tubo de salida que debe contener todas las soluciones correctas del mismo, y sólo esas. En dichos modelos, las computaciones no alteran la estructura interna de las moléculas que aparecen en los tubos; es decir, la información que codifica cada molécula del tubo inicial es invariable a lo largo de todo el proceso de ejecución. Por ello, se suele decir que estos modelos de computación carecen de memoria de acceso aleatorio.

A la hora de trabajar con programas moleculares hay que distinguir claramente una *fase de inicialización o precomputación* y una *fase de ejecución*. En la primera, se construye un tubo de ensayo inicial con la condición de que toda posible solución del problema a resolver está codificada mediante una molécula de dicho tubo y, en la segunda, se van filtrando del tubo inicial las moléculas que satisfacen ciertas condiciones, de tal manera que en el tubo final aparezcan las cadenas que codifican las soluciones correctas del problema (y sólo esas).

Este tipo de programas moleculares permiten resolver *problemas de decisión*. No obstante, antes de hablar de este tipo de problemas, vamos a introducir unos problemas que son muy usuales en la vida real: los *problemas de optimización*.

**Definición 3.1** Un problema de optimización,  $X$ , es una tupla  $(I_X, s_X, f_X)$  en donde: (a)  $I_X$  es un lenguaje sobre un alfabeto, cuyos elementos se denominan instancias del problema; (b)  $s_X$  es una función cuyo dominio es  $I_X$  y para cada instancia  $a$  de  $X$  el conjunto  $s_X(a)$  es finito y sus elementos se denominan soluciones candidatas asociadas a esa instancia; y (c)  $f_X$  es una función, denominada función objetivo, que asigna a cada instancia  $a$  del problema y a cada solución candidata asociada  $c_a$ , un número racional positivo.

El número racional  $f_X(a, c_a)$  es el valor que la función objetivo le asigna a esa solución candidata y viene a ser un indicativo de la *bondad* de esa solución. La función objetivo  $f_X$  proporciona el *criterio* para determinar una *solución óptima*.

Un caso particularmente importante de problemas de optimización son los *problemas de decisión*. Informalmente, un problema de decisión es un problema abstracto que sólo admite como respuesta o salida sí o no.

**Definición 3.12** Un problema de decisión,  $X$ , es un par ordenado  $(EX, ZX)$ , donde  $EX$  es un lenguaje sobre un cierto alfabeto  $SX$  y  $ZX$  es un predicado booleano (“...es verdadero”, “...es falso”) sobre  $EX$ .

Los elementos del conjunto  $EX$  se denominan *instancias* o *datos de entrada del problema*. Para cada instancia  $a$  de  $EX$ , existe un conjunto finito  $S(a)$  cuyo elementos se denominan *soluciones candidatas* que permiten responder afirmativa o negativamente a la cuestión planteada por el problema.

Es interesante hacer notar algunas consideraciones. Los problemas de decisión son mucho más simple de tratar que los problemas de optimización. Ahora bien, si nos centramos en la resolución de problemas de decisión y análisis de su complejidad computacional, entonces no estamos restringiendo sustancialmente nuestro estudio. Esto quiere decir lo siguiente: a cada problema de optimización  $X$  es posible asociarle un problema de decisión  $D_X$  de tal manera que, en primer lugar, la construcción de  $D_X$  a partir de  $X$  se puede realizar consumiendo pocos recursos computacionales; y en segundo lugar que para cada solución del problema de decisión  $D_X$  se puede construir una solución del problema de optimización  $X$  de tal manera que esa construcción también consume pocos recursos computacionales. Dicho con otras palabras, es posible resolver de manera indirecta un problema de optimización  $X$  reduciéndolo a la resolución de un problema de decisión  $D_X$  de tal manera que una *buena solución* de éste, nos proporciona indirectamente una buena solución del problema de optimización  $X$ . Así pues, a la hora de resolver problemas importantes de la vida real, es suficiente que nos restrinjamos al estudio y resolución de problemas de decisión.

Sea  $P$  un programa molecular diseñado para resolver un problema de decisión  $X=(EX, ZX)$ . Para cada instancia  $a$  de  $EX$ , un tubo inicial con dato de entrada  $a$  es un multiconjunto de cadenas de  $SADN$  que contiene exactamente aquellas cadenas que representan o codifican todas las soluciones candidatas del problema que están asociadas a esa instancia. Notaremos  $I(P,a)$  el conjunto de todos los posibles tubos iniciales del programa  $P$  con dato de entrada  $a$ . Teniendo presente que cada tubo inicial es un elemento de  $M(S^*ADN)$  resulta que  $I(P,a)$  es un subconjunto del conjunto de partes finitas de  $M(S^*ADN)$ , es decir del conjunto  $\mathcal{P}(M\_F(S^*ADN))$ . Si  $T$  es un tubo inicial del programa  $P$  con dato de entrada  $a$ , entonces notaremos  $P(a,T)=1$  (respectivamente,  $P(a,T)=0$ ) para indicar que la ejecución del programa  $P$  a partir del tubo inicial  $T$  proporciona como resultado sí (respectivamente, no).

**Definición 3.3** *Un programa molecular  $P$  resuelve un problema de decisión  $X=(EX,ZX)$  si para cada instancia  $a$  de  $EX$  se tiene verifica: (1) si  $ZX(a)=1$ , entonces  $P(a,T)=1$ , para cada tubo inicial  $T$  de  $P$  con dato de entrada  $a$ ; y (2) si  $ZX(a)=0$ , entonces  $P(a,T)=0$ , para cada tubo inicial  $T$  de  $P$  con dato de entrada  $a$ .*

En este trabajo se trata de justificar que todo programa molecular diseñado para resolver un determinado problema de decisión se puede describir a través de un sistema formal de segundo orden, de tal manera que la verificación formal del programa molecular para ese problema (es decir, la prueba de que realmente el programa resuelve todas las instancias del problema) sea equivalente a establecer la corrección y completitud del sistema formal asociado.

Recuérdese que para *verificar* formalmente un programa molecular en relación con un problema de decisión, hay que establecer dos resultados relativos a cualquier tubo inicial  $T$  del programa asociado a un dato de entrada  $a$  del problema:

- (a) Toda cadena del tubo de salida que proporciona la ejecución del programa a partir del tubo inicial  $T$  representa una solución correcta del problema asociada a la instancia  $a$  (*corrección o adecuación del programa molecular*); es decir, si el tubo de salida no está vacío, entonces cada cadena de dicho tubo codifica una solución correcta del problema.
- (b) Toda cadena del tubo inicial  $T$  asociada a la instancia  $a$  que codifica una solución correcta del problema asociada a esa instancia, debe estar en el tubo de salida que proporciona la ejecución de dicho programa a partir del tubo inicial  $T$  (*completitud del programa molecular*); es decir, si el tubo de salida está vacío, entonces no existe ninguna solución correcta del problema.

**Definición 3.4** *Un sistema molecular es un par ordenado  $(X,P)$ , en donde  $X$  es*

un problema de decisión y  $P$  un programa molecular.

Verificar un sistema molecular  $(X,P)$  consiste en demostrar que el programa molecular  $P$  resuelve el problema de decisión  $X$ . Por tanto, para verificar un sistema molecular  $(X,P)$  hay que probar que para cada instancia del problema,  $a \in EX$ , y cada tubo inicial  $T \in I(P,a)$ , se tiene que  $P(a,T)=1$  syss  $ZX(a)=1$ ; es decir, que la salida del programa coincide con la respuesta del problema. La implicación “si  $P(a,T)=1$ , entonces  $ZX(a)=1$ ” recibe el nombre de *corrección* del programa  $P$  para el problema  $X$ , y la implicación recíproca “si  $ZX(a)=1$ , entonces  $P(a,T)=1$ ” recibe el nombre de *completitud* del programa  $P$  para el problema  $X$ . Esto justifica la siguiente definición:

**Definición 3.5** Diremos que el sistema molecular  $(X,P)$  está verificado syss para cada  $a \in EX$  y cada  $T \in I(P,a)$  se tiene que  $P(a,T)=1$  syss  $ZX(a)=1$ .

Así pues, un sistema molecular  $(X,P)$  está verificado syss el programa  $P$  es correcto y completo para el problema  $X$ . La verificación de un sistema molecular  $(X,P)$  equivale a que el programa molecular  $P$  resuelva el problema de decisión  $X$ , de acuerdo con la definición 3.3.

#### 4. Verificación de programas moleculares y CDP2

La formalización introducida tiene por objeto caracterizar la verificación formal de programas moleculares diseñados para resolver problemas de decisión, en términos de corrección y completitud de un cierto sistema formal asociado, como en el ejemplo que se propone a continuación. De acuerdo con lo que hemos indicado en la sección anterior, una metodología similar puede ser usada para resolver problemas de optimización mediante programas moleculares, debido a que a todo problema de este tipo se le puede asociar un problema de decisión de *manera natural* y de tal forma que la cantidad de recursos necesarios para implementar dicha construcción sea *razonable*.

Como se indicó más arriba, CDP2 representa el cálculo puro de predicados de segundo orden, que consta de axiomas y reglas establecidas como extensión del de primer orden. Mediante  $D$  nos referimos al conjunto de sus axiomas.

**Definición 4.1** Dado un sistema molecular  $(X,P)$ , se le asocia un sistema formal  $SCDP2(X,P)$ , de acuerdo con lo siguiente:

(a) El lenguaje de  $SCDP2(X,P)$  viene dado por  $EXUEADN$  y tiene como

constantes funcionales:  $f(a,T)=P(a,T)$ , siendo  $a$  una instancia del problema  $X$ ,  $T \in M(E^*ADN)$  un tubo inicial asociado a la instancia  $a$  y  $P(a,T)$  la ejecución del programa  $P$  con entrada el tubo inicial  $T$ .

(b) El conjunto de fórmulas de  $SCDP2(X,P)$  viene dado por los pares  $(a,T)$  en donde  $a \in EX$  y  $T \in I(P,a)$ .

(c) Una fórmula  $(a,T)$  del sistema es válida en  $SCDP2(X,P)$   $\text{sys} \text{ } ZX(a)=1$  (lo que proporciona un concepto de validez).

(d) Una fórmula  $(a,T)$  del sistema es demostrable en  $SCDP2(X,P)$   $\text{sys} \text{ } P(a,T)=1$  (lo que proporciona un concepto de deducción).

**Proposición 4.2** Sea  $(X,P)$  un sistema molecular. Se verifica:

a) El sistema formal  $SCDP2(X,P)$  es adecuado  $\text{sys} \text{ } P(a,T)=1$  para cada instancia del problema  $a \in EX$  y cada tubo inicial del programa asociado a esa instancia  $T \in I(P,a)$  se tiene que si  $P(a,T)=1$ , entonces  $ZX(a)=1$ .

b) El sistema formal  $SCDP2(X,P)$  es completo  $\text{sys} \text{ } ZX(a)=1$  para cada instancia del problema  $a \in EX$  y cada tubo inicial del programa asociado a esa instancia  $T \in I(P,a)$  se tiene que si  $ZX(a)=1$ , entonces  $P(a,T)=1$ .

### **Demostración**

a) En primer lugar, supongamos que el sistema  $SCDP2(X,P)$  es adecuado; es decir, que si una fórmula del sistema es demostrable, entonces es válida. Sea  $a$  una instancia del problema y  $T \in I(P,a)$  un tubo inicial asociado a esa instancia de tal manera que se verifique  $P(a,T)=1$ . En tal situación, la fórmula  $(a,T)$  es demostrable. Teniendo presente que el sistema  $SCDP2(X,P)$  es adecuado, resulta que la fórmula  $(a,T)$  es válida. Por tanto,  $ZX(a)=1$ .

Recíprocamente, supongamos ahora que para cada instancia del problema  $a \in EX$  y cada tubo inicial del programa asociado a esa instancia  $T \in I(P,a)$  se tiene que si  $P(a,T)=1$ , entonces  $ZX(a)=1$ . Vamos a probar que el sistema  $SCDP2(X,P)$  es adecuado. Caso contrario, existiría una fórmula  $(a,T)$  de  $SCDP2(X,P)$  que sería demostrable y que, en cambio, no sería válida. Puesto que la fórmula  $(a,T)$  es demostrable resultaría que  $P(a,T)=1$ , pero al no ser válida se tendría que  $ZX(a)=0$ . Lo cual sería una contradicción.

b) En primer lugar, supongamos que el sistema  $SCDP2(X,P)$  es completo; es decir, que si una fórmula del sistema es válida, entonces es demostrable. Sea  $a$  una instancia del problema y  $T \in I(P,a)$  un tubo inicial asociado a esa instancia de tal manera que se verifique  $ZX(a)=1$ . En tal situación, la fórmula  $(a,T)$  es válida. Teniendo presente que el sistema  $SCDP2(X,P)$  es completo, resulta que la fórmula  $(a,T)$  es demostrable. Por tanto,  $P(a,T)=1$ .

Recíprocamente, supongamos ahora que para cada instancia del problema  $a \in EX$  y cada tubo inicial del programa asociado a esa instancia  $T \in I(P,a)$  se tiene que si  $ZX(a)=1$ , entonces  $P(a,T)=1$ . Vamos a probar que el sistema  $SCDP2(X,P)$  es completo. Caso contrario, existiría una fórmula  $(a,T)$  de  $SCDP2(X,P)$  que sería válida y que, en cambio, no sería demostrable. Puesto que la fórmula  $(a,T)$  es válida resultaría que  $ZX(a)=1$ , pero al no ser demostrable se tendría que  $P(a,T)=0$ . Lo cual sería una contradicción.

**Corolario 4.3** *Son equivalentes las proposiciones siguientes:*

1. *El sistema molecular  $(X,P)$  está verificado*
2. *El sistema forma asociado  $SCDP2(X,P)$ , es adecuado y completo*

**Demostración:** En primer lugar, veamos que (1) implica (2). En efecto: si el sistema molecular  $(X,P)$  está verificado, entonces para cada instancia  $a \in EX$  y cada tubo inicial  $T \in I(P,a)$  asociado a esa instancia se tiene que  $P(a,T)=1$  syss  $ZX(a)=1$ . Por tanto, de la proposición 4.2 se deduce que el sistema  $SCDP2(X,P)$  es adecuado y completo.

A continuación, veamos que (2) implica (1). En efecto: si el sistema  $SCDP2(X,P)$  es adecuado y completo, entonces de la proposición 4.2 se deduce que para cada instancia  $a \in EX$  y cada tubo inicial  $T \in I(P,a)$  asociado a esa instancia se tiene que  $P(a,T)=1$  syss  $ZX(a)=1$ . En consecuencia, el sistema molecular  $(X,P)$  está verificado.

## 5. Consideraciones finales

El sistema formal de segundo orden CDP2 cuenta con los elementos e ingredientes necesarios para definir un sistema formal asociable a un programa molecular. De hecho, tanto el conjunto de constantes individuales, como el de las constantes funcionales y el de las constantes predicativas, son finitos o, a lo sumo, numerables, mientras que el conjunto de las variables predicativas es a lo sumo numerable. La semántica correspondiente es una semántica de Henkin, con lo que estamos ante una lógica correcta y completa, lo que permite una buena aplicabilidad, por así decir, en particular para establecer un conjunto de fórmulas que representan los pares “instancia del problema de que se trate y (la formalización de) tubo inicial asociado a la misma”. Así, si el conjunto de tubos iniciales asociado a una instancia  $a$  del problema, en la notación usada  $I(P,a)$ , del programa  $P$  relativos al dato de entrada  $a$ , es representado por la fórmula  $F(a)$  del lenguaje (de segundo orden) de CDP2,

$\exists YF(a)$  expresa que existe  $Y$  tal que es un tubo inicial del programa  $P$  relativo al dato de entrada  $a$ .

Es interesante hacer notar que el sistema formal asociado a un programa molecular, de acuerdo con lo descrito en el presente trabajo, puede describir la verificación formal del mismo en relación con un cierto problema de decisión, en el sentido siguiente: dado un programa molecular que ha sido diseñado para resolver un problema de decisión, es posible verificar dicha propiedad (es decir, que el programa realmente decide correctamente *todas* las instancias del problema) estudiando el sistema formal asociado; más concretamente, estableciendo la adecuación y completitud del sistema.

## **Agradecimientos**

El primer autor ha realizado este trabajo en el marco del proyecto FFI2011-29609-C02-00 del Ministerio de Ciencia e Innovación, así como del proyecto de excelencia P2010-HUM-5844 de la Junta de Andalucía. El segundo autor quiere agradecer la ayuda recibida del proyecto TIN2009-13192 del Ministerio de Ciencia e Innovación, así como del Proyecto de Excelencia con Investigador de Reconocida Valía P08-TIC-04200, para poder realizar este trabajo de investigación.

## **Referencias**

- [1] Denyer, N.: “Pure Second-Order Logic”, *Notre Dame of Formal Logic*, vol. 33, n. 2, 1991: 220-224
- [2] Nepomuceno-Fernández A.: “Sistemas de cálculo como formas de logicismo”, *Crítica*, vol. XXV, n. 73, 1993: 15-35
- [3] Pérez-Jiménez, M. J.: “Métodos formales en computación bioinspirada”, en *Lógica e Filosofia da Ciência*, O. Pombo, A. Nepomuceno (eds.), Centro de Filosofia das Ciências Universidade de Lisboa, 2009: 185-212
- [4] Väänänen, J.: “Second order logic and foundations of mathematics”, *The Bulletin of Symbolic Logic*, vol. 7, n. 4, 2001: 504-520



# A pedra parideira e a panaceia universal: Robert Boyle e a constituição da ciência instrumental

Manuel Silvério Marques  
(Médico, Centro de Filosofia da Universidade de Lisboa)  
[m.marques46@gmail.com](mailto:m.marques46@gmail.com)

“Understanding the forms is crude and confused, and only by analogies; nor is it true that our mind can grasp the likeness of a substantial form, for our senses have never done so.” (Scaliger, *Exoticarum exercitationem liber quintus decimus 'De Subtilitate ad H. Cardannus'*)

“Il semble que la Nature se soit plu à varier le même mécanisme d’une infinité de manières différentes.” (Diderot, *Pensées sur l’Interprétation sur la nature*)

“O tempo é ele próprio um elemento.” “Queda e choque: querer explicar através disso o movimento dos corpos físicos é autenticamente antropomorfismo (...)” (Goethe, *Máximas e Reflexões*)

“Seule un métaphysicien peut formuler, sans risque d’absurdité initiale, encore que finalement décelée, les principes d’une biologie mécaniste.” (G. Canguilhem, *La formation de la Théorie du Reflexe aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles*)

## Introdução

Volvidos outros dois lustros sobre os “passos em volta” pela Europa, o pupilo Robert Boyle, nascido em 1627, havia aprendido que o lema da sua vida seria o de tantos alquimistas e anatomistas, *melius est natura secare quam abstrahere*.<sup>1</sup> Porém viria a ser o portador de uma nova filosofia naturalista, mecanicista e teísta, rejeitando as doutrinas animistas ou vitalistas dos paracelsianos e seus sucessores e recusando também as doutrinas organicistas (para empregar um termo inventado pouco depois). Todavia, quer em *The Sceptical Chemist* de 1661, quer num livro cuja primeira edição é de 1663, *Some Considerations Touching the Usefulness of Experimental Natural*

---

<sup>1</sup> Jorge Calado, *Haja Luz, História da Química e de Tudo o Resto*, IST, 2011: 98 passim; Michael Hunter: *Boyle, Between Science and God* 2009: cap 3; Paolo Rossi, *A Ciência e a Filosofia dos Modernos*, 1992/1989, p. 174

*Philosophy*, Robert Boyle defenderá ainda a existência de “rudimentos seminais ou algo semelhante” nos minerais. Para tal invoca o testemunho, entre outros, do “insuspeito escritor Garcia ab Horta”, a propósito da geração das plantas e das rochas parideiras<sup>2</sup> de diamantes, visando mostrar que “(...) os corpos metálicos não são todos feitos no começo do mundo, mas que alguns têm o poder, mesmo lento, de propagar a sua natureza quando se encontram com matéria a tal disposta (...)”.<sup>3</sup> Aí, após referir Aristóteles, Lucrécio, Cícero e Descartes (1596-1650), retoma o argumento do desígnio e o *topos* da impossibilidade da escrita do *Livro do Genesis* por qualquer tipógrafo ou prelo aleatório.<sup>4</sup> E em *O Químico Céptico* acaba por separar-se do seu mentor nos segredos da alquimia, o notável médico João Batista van Helmont (1579-1664), concluindo que a pretensão de que todos os metais e minerais possam ser reduzidos à água está para além do demonstrável (que esse segredo de van Helmont morrera com ele!).<sup>5</sup> Mas o valor insubstituível do labor de laboratório, dos instrumentos passivos e activos e até da “mística” espagírica ficaram gravados na alma de Boyle: em 1676 publica (sob o pseudónimo BR!) nas *Philosophical Transactions*, nº 122, um artigo em inglês e em latim, destinado às audiências britânicas e continentais, intitulado “*An experimental Discourse on Quicksilver growing hot with Gold*”, atribuindo-se a descoberta do segredo do “mercúrio filosófico”<sup>6</sup>; este artigo determinou Isaac Newton a escrever ao secretário da Royal Society (Henry Oldenburg) alertando-o para o perigo público se tal conhecimento caísse em más mãos... Diz Michal Hunter que não mais as *Philosophical Transactions* se atreveram a publicar este tipo de “papers”.<sup>7</sup>

<sup>2</sup> A. Amorim da Costa, *Ciência e Mito*, IU Coimbra, 2011: 99 e também p. 97; Robert Lenoble, *Esquisse d'une Histoire de l'Idée de Nature*, Paris, Albin Michel, 1969: 295 ff., 428.

<sup>2</sup> Vd. § 7.

<sup>3</sup> Boyle, 1991, *An Essay Concerning a Requisite Digression, Concerning Those That would Exclude the Deity from Intermeddling with Matter*, 1663 (in M. A. Stewart, *Selected Philosophical Papers of Robert Boyle*, Hackett, 1979/1991: 167 – referido apenas como Boyle, 1991). Em referência às “pedras parideiras”, Boyle pensava possivelmente em passos como o seguinte do *Colóquio dos Simples e das Drogas da Índia* de Garcia da Horta: “Parece-me milagre que haja gemas assim (do tamanho de um ovo de galinha, etc.) que sejam criadas quase à flor da terra e completar-se no espaço de dois ou três anos, quando deviam aperfeiçoar-se nas vísceras da terra e por muitos anos” (vd. ed. de Carlos Clúcio, I, XLVII, JIU, trads. Jaime Walter, Pe Mel. Alves, 1964: 197).

<sup>4</sup> Boyle, 1991, *ibidem*.

<sup>5</sup> Boyle, *The Sceptical Chymist, The Classic 1661 Text*. Dover, 2003 (obra de difícilima descodificação e leitura, de resto); Hunter, 2009: 178ff; B.T. Moran: *Distilling Knowledge. Alchemy, Chemistry, and the Scientific Revolution*. Harvard, 2005: 140.

<sup>6</sup> Um agente que transformaria metais em ouro.

<sup>7</sup> Hunter: 2009:179

## 1. Propósito e âmbito

No campo da alquimia e da química há três motivos, persistente e repetidamente analisados nos laboratórios e debatidos nos salões e academias de então: a teoria dos vapores e dos gases, a descoberta dos ares e a química pneumática e a “explicação” da pólvora e da combustão.<sup>8</sup> Na verdade o projecto comum a Boyle, Locke (1632-1704) e Newton (1642-1727) de explicação da química pelos corpúsculos ínfimos (isto é, pela interacção mecânica entre átomos químicos) e, portanto, pelo mecanismo, era inviável: apenas permitiu tardiamente identificar alguns elementos e de algumas “partículas”, do oxigénio ao calórico com Lavoisier (1743-1794),<sup>9</sup> descobrir a lei das proporções definidas com Dalton (1766-1844)<sup>10</sup> e fixar as tabelas de afinidades e as fórmulas “algébricas” com Etienne Geoffroy (1672-1731) e Berzelius (1779-1848).<sup>11</sup> A filosofia natural mecanicista não esclarecia a acidez nem a alcalinidade, a metalicidade nem a salinidade, a combustão, a fermentação, nem a destilação,<sup>12</sup> e ainda menos elucidava a geração e a corrupção. Os quatro elementos de Empédocles, Hipócrates e Aristóteles, esses, persistiam, com os seus poderes tectónicos, nas fundações da física e da química experimentais: a solidez e fecundidade das terras, a expansão e mobilidade dos ares, o calor e subtileza das chamas, a ubiquidade e pureza das águas. Na química, o ar e o fogo eram os primitivos elementares e uma das “ideias essenciais” da revolução química foi a de que o ar não era um elemento único,<sup>13</sup> simples, mas sim um estado físico da matéria que muitas substâncias podiam assumir: na verdade, o conceito e o termo *gás* fora recentemente criado por van Helmont. Em medicina, as qualidades contrárias, quente e frio, seco e húmido articulavam-se, como é sabido, com as analogias bipolares do sistema humoral.<sup>14</sup>

A medida ou determinação da mola (*spring*), “elasticidade” e pressão do ar (um elemento empédocliano, notemos) foi efectuada, como é sabido, em sucessivas experiências por Boyle, e acabou por levar à famosa lei de Boyle dos gases perfeitos.<sup>15</sup> A proba e escrupulosa metodologia de pesquisa, desde o desenho,

---

<sup>8</sup> Thomas L. Hankins, *Ciência e Iluminismo*, Porto Editora, 2002/1985: 92.

<sup>9</sup> Calado, 2011: 204 *passim*.

<sup>10</sup> *Ibidem*: 294, 343 *passim*.

<sup>11</sup> Hankins, 2002: 110.

<sup>12</sup> Hankins, 2002 : 83.

<sup>13</sup> *Ibidem* : 84.

<sup>14</sup> M.S. Marques, “A febre, a fibra e o espasmo”, in A.Cardoso, A.Braz de Oliveira, M. S.Marques (Coords.) *Arte Médica e Imagem do Corpo. De Hipócrates ao final do Séc. XVIII*, Biblioteca Nacional de Portugal, 2010: 137-157.

<sup>15</sup> Note-se, para contextualizar, que a concepção leibniziana de elasticidade de todos os corpos do universo, sugerida por van Helmont (e contra Descartes), re-descrevia e redefinia o *conatus*

construção, calibração e utilização dos aparelhos, aos “protocolos” dos ensaios e à realização repetida e pública das experiências e à sua publicação cuidadosa, ficaram célebres. É adequado começar por *invocar* um dos documentos fundadores da praxis científica moderna: “*New Experiments Physico-Mechanical touching the Spring of the Air, and its Effects (Made for the most part, in a New Pneumatical Engine)*, de 1660.<sup>16</sup> Aí, o autor relata quarenta e três experiências, incluindo, por exemplo, a investigação do efeito do vácuo de Torricelli (exp. #17, testemunhada presencialmente pelo arquitecto e polímata Wren e pelo matemático Wallis, ambos oxonianos)<sup>17</sup> e a investigação do fenómeno da luminescência, diafanização e opacificação na interface ar/água e em solutos e tinturas (#37). Neste último trabalho, notavelmente, (i) insere o convite ao contraditório: “several things make this conjecture seem the less improbable”, (ii) institui a prática da citação rigorosa das fontes (a *Hist. Nat. E Moral das Índias* de José de Acosta), (iii) expõe-se, numa confissão *hipocrática* de ignorância acerca do fenómeno *sub judice* - a causa das variações devido à diferente luminosidade no Inverno e na Primavera: “(...) of being unable to give na account of these odde changes in our tincture (...) we could not but suspect that there may be in diverse Bodies, as it were Spontaneous Mutations, that is, such changes as depend not upon manifest Causes. (...)”<sup>18</sup> Conclui o artigo com uma *útil* e interessante reflexão sobre o fenómeno da respiração.<sup>19</sup> A conhecida lei dos gases de Boyle de 1662 marcou um facto e estabeleceu um precedente importante: a matematização da química, permitindo doravante “(...) fazer previsões quantitativas no domínio da química. (...) Algumas ideias anteriores de conservação (...) eram expressas por somas; a multiplicação é uma operação mais complexa. (...)”<sup>20</sup>

Quer o ar quer o fogo tinham a estranha propriedade de poderem ser “fixos”, escondidos, em substâncias sólidas ou líquidas. O calor e a própria temperatura eram substâncias: o calor latente, descoberto no século XVIII por Joseph Black, era fogo

---

espinosiano e o *impetus* aristotélico na linguagem do cálculo (sigo Orió de Miguel “Leibniz y la tradition Neoplatónica”. *Rev. Filosofia*, 1994, 7, 493-517). É num registo completamente diverso que Boyle investigou a elasticidade do ar e provou que o volume  $V$  dos gases perfeitos (a temperatura constante) variava inversamente com a pressão  $p$ , logo que o produto  $Vp$  era constante.

<sup>16</sup> Boyle, Works, I:141-306: 268ff (The Works of Robert Boyle, 1999, etc., Editors M. Hunter, E.B. Davies; *doravante* Works) ; vd. imagens em Calado, 2011:92 e Hunter, 2009:158.

<sup>17</sup> Works, I, *ibidem*: 192

<sup>18</sup> Works, I, *ibidem*: 268ff.

<sup>19</sup> Que apenas se começou a compreender melhor com Lavoisier e Laplace, embora limitadamente pois ainda confundiam calor e temperatura (Calado, 2011: 205).

<sup>20</sup> Calado, cit.: 97f.

“fixo” na matéria, tão ligado como o “ar fixo”.<sup>21</sup> Mas estas questões já saem fora do âmbito deste trabalho: é principalmente do químico teólogo e do estudioso de J.B. van Helmont e de Descartes que me ocupo, isto é dos princípios científicos da sua obra e apenas marginalmente refiro implicações filosóficas e/ou consequências históricas, uma das quais poderá ter sido, proponho, o estabelecimento da ciência universal como *Ersatz* da panaceia universal. Cunningham e Williams, entre outros, defenderam há quase vinte anos que a filosofia natural e a ciência são caminhos divergentes ou paralelos que nunca teriam coexistido; as narrativas de Edward Grant e de Jean-Robert Armogathe, mais recentemente proclamaram, com eloquência e abundância de dados, o contrário: há ou não uma *esquize* no pensamento ocidental?; acreditavam os europeus nos seus mitos? Deixando de fora estas perguntas, opto por tentar acender outras luminárias e dar relevo a uma série de interrogações mais “gerais” e transversais. É verdade que, como sucedeu com a medicina, desde a Idade Média até ao século XVII a filosofia natural tenha estado relativamente isenta de contaminações e excrescências teológicas, por intervenção da Cúria papal, etc., como afirma Grant?<sup>22</sup> E é certo que a fundamentação em filosofia natural tenha evoluído do campo metafísico para o campo epistemológico após e devido ao impacto da ciência pré-moderna (proposta que parece bem ancorada nos factos conhecidos)?<sup>23</sup> Desenha-se aqui a teoria da passagem do *epistema* clássico ao *epistema* moderno (para empregar categorias do Michel Foucault de *As palavras e as coisas*)? Espero que esta discussão “micro-histórica” possa contribuir também para este debate. Como pensar o modo de evidência e o regime de prova das ciências indiciárias ou prudenciais (ou moles) versus os das ciências galilaico-cartesianas (duras ou “exactas”)? Qual o potencial ontológico, de fixação do facto ou “reificador” do exemplo (paradigma), do caso, do specimen? <sup>24</sup> Até que ponto se verifica, em estudos mais “micro”, o carácter não-

---

<sup>21</sup> Hankins, 2002: 85. A refrigeração pela evaporação dos líquidos foi uma descoberta ulterior de William Cullen.

<sup>22</sup> E. Grant, *A History of Natural Philosophy. From the Ancient World to the Nineteenth Century*. Cambridge, 2007: 302. Também os trabalhos de Jean-Robert Armogathe: *La Nature du Monde. Science nouvelle et exégèse au XVII siècle*. Paris, 2007 e de Dennis Des Chenne, *Physiologia, Natural Philosophy in Late Aristotelian and Cartesian Thought*, Cornell, 1996, seriam preciosos para ver, por exemplo, o que nos conimbricenses favorece ou desfavorece a posição, muito bem documentada e da mais sólida historiografia, de Grant (o que aqui não cabe).

<sup>23</sup> Gaukrover, *The Collapse of Mechanism and the Rise of Sensibility, Science and the Shaping of Modernity, 1680-1760*, Oxford, 2010: 157. Calado: 97, 102 *passim*.

<sup>24</sup> Sigo, claro, os muitos e originais trabalhos de Fernando Gil em torno da Evidência, da Prova e da Convicção e indicações brilhantes de G. Agamben, *Signatura Rerum, Sur la méthode*, Vrin, 2009: 77 (sobre índices) e 35 (exemplaridade); lembro, contra certos pressupostos historiográficos da teoria “semiótica” de Foucault, o estudo original de João de São Tomás, o *Tractatus de Signis*.

histórico da história natural pré-moderna que Foucault tão incisivamente determinou? E que tipo de estruturas mentais, foram usadas, que categorias epistémicas e/ou cognitivas geraram o mecanicismo, o corpuscularismo, o atomismo?<sup>25</sup> Qual o estatuto ontológico de objectos e instrumentos (proto-)baconianos como a parafernália espagírica, a máquina pneumática, o *gás* helmontiano, o barómetro de Torricelli, o flogisto ou o calórico?<sup>26</sup> Estas perguntas, evidentemente, excedem o espaço disponível e serão reformuladas e “afuniladas” no correr deste escrito, concentrando-me, como se verá, na fronteira entre epistema (mecanicismo, “mecanização da visão do mundo”), epistemologia (matéria, corpúsculo, forma, qualidade, etc.) e cognição (imagem ou representação, experimentação, fixação do facto, positividade, falsificação, convicção, etc., como condições ou efeitos básicos de inteligibilidade).

Portanto, partindo da medicina anterior a Boyle e chegando ao instrumentalismo e operacionalismo modernos, foco duas das consequências epistémicas bem conhecidas das mudanças ocorridas nos saberes acerca da natureza e do homem nos séculos XVII e XVIII: a posição da máquina como novo *modelo* de compreensão do mundo natural e a correlativa impossibilidade de achar o *ponto arquimediano*, abandonando o ideal do *homo mensura* nas ciências físicas e químicas.<sup>27</sup> Mas mais profundamente, tento tirar partido de uma indicação preciosa de Guido Giglioni sobre a pertinência de uma leitura diversa do programa médico derivado do naturalismo de Bacon, Harvey e Boyle: simplesmente não é verdade que “the experimental and corpuscularian physiology of the ‘mechanical’ harveians were the only plausible and intelligible alternative to the medical tradition”, nem é verdade que as “naturalistic and hylozoistic reinterpretations of the medical tradition were simply a blind alley with no future developments.”<sup>28</sup> Confirmando passagens esclarecedoras de Paolo Rossi, e deixando de lado preocupações obsoletas de maior ou menor descontinuidade, ver-se-á a imagem da ciência a mudar, cambiando noções básicas como natureza, ordem, lei, artificial/artefacto, experimento e saber. A equivocidade herdada dos discursos renascentistas da natureza deverá estar presente em pano de fundo, na sua

<sup>25</sup> Esta, evidentemente, é uma grosseira e irresponsável interrogação e faz deste trabalho uma primeira, aberta e muito parcial aproximação. Entre muitas achegas que não serão focadas, a principal é, talvez, a sociologia da ciência (uma sucinta e interessante abordagem é a de Peter Machamer: “The Concept of the Individual and the Idea(l) of Method in Seventeenth-Century Natural Philosophy” in P. Machamer et al (Eds.) *Scientific Controversies*, Oxford, 2000: 81-99, onde é defendida a tese polémica – e aqui discutida marginalmente – de um individualismo neo-protagoreano na origem do método científico).

<sup>26</sup> E. Grant, cit.; J-R Armogathe, cit.

<sup>27</sup> Rossi, cit.: 136. Na sua linguagem inspirada de Hannah Arendt, em *The Human Condition* fala-nos das duas inversões da modernidade: contemplação/acção e mundo/ vida.

<sup>28</sup> Guido Giglioni, *The Genesis of Francis Glisson's Philosophy of Life*, PhD Dissertation, Baltimore, 2002:170

heterogeneidade, a saber, (i) coisas sobrenaturais (o divino), (ii) o inanimado (oporse-á à alma, cuja natureza lhe consente movimentos opostos) e (iii) tudo o que é mutável (a propensão à mudança), o mundo (o agregado dos corpos naturais estruturados hierarquicamente). Note-se que a escolha de um ou outro teatro determina “guiões” e delimita disciplinas diversas: assim, a primeira acepção, (i) concerne a essência e não diz respeito ao filósofo natural; pela definição (ii) exclui-se a actividade mental, a faculdade de conhecer, do estudo da natureza. O filósofo natural *clássico* ocupa-se dos três campos.<sup>29</sup>

## 2. Robert Boyle

Robert Boyle veio à luz – e esta expressão é certa – a 25 de Janeiro de 1627 e expirou no dia derradeiro de 1691. Sétimo e o último filho de uma família de abastados colonos ingleses da Irlanda, achava-se muito próximo da Corte e mais tarde de Cromwell. Que aos 5 anos e meio recebe o seu primeiro livro, a Bíblia, é-nos contado pelo mais recente biógrafo, sabe-se que aos seis possui as *Fábulas* de Esopo, que ao entrar na escola recebe uma *Flores Poetarum* e que no ano seguinte lerá o *De Gloria* de Dom Jerónimo Osório.<sup>30</sup> Foram quatro oferendas proféticas: a criança cresceu e tornou-se um exímio defensor da religião natural e um convicto praticante da anglicana, teve uma vida em ciência e na sociedade civil “fabulosa”, as suas inclinações amorosas concentraram-se no *amor seráfico*, e... alcançou a glória: foi um dos maiores expoentes da ciência e da filosofia natural do século XVII e, de acordo com alguns historiadores, a sua estrela só foi ofuscada no século seguinte pelo brilho de dois compatriotas e próximos, Newton e Locke. Podendo desfrutar de abastados recursos, saído da adolescência quase cego (pelo que teve notáveis

---

<sup>29</sup> *Ibidem*: 126ff. Aqui Rossi, um especialista de Bacon e da ciência moderna, comenta a obra de Jacopo Zabarella, *De Rebus naturalibus* (1590), professor na Universidade de Pádua, uma personalidade da transição entre humanistas e modernos (e, segundo alguns autores, o neo-aristotélico mais próximo de Bacon), para quem “A Natureza Universal nada mais é que a ordem de todas as coisas, isto é de todas as causas dispostas segundo uma ordem certa e dependente de um princípio primeiro, de forma a estabelecer para cada coisa algumas leis próprias que não podem ser evitadas.” (Rossi, cit: 132; W. A. Wallace, “Traditional natural philosophy”, in C.B. Schmitt, Q. Skinner (Eds) *The Cambridge History of Renaissance Philosophy*, 2003/1988, 201-235: 226 e E. Kessler, “The intellectual soul”, in *Ibidem*, 485-534: 530ff ; J. Zabarella é amplamente discutido também por J-R. Armogathe, cit.). Esta natureza ordenada de J. Zabarella, Pomponazzi e Galileu (o livro da Natureza escrito em caracteres matemáticos) opõe-se à natureza selvagem de um Francis Bacon ou John Wilkins (Rossi, cit.: 101ff; cp. Hunter, 2009: 89, 98, *passim*).

<sup>30</sup> Hunter, 2009: 25.

assistentes, dos quais se destaca Henry Oldenburg, o futuro secretário da Royal Society), foi servido por amanuenses que o ajudavam na experimentação, na escrita e na epistolografia.<sup>31</sup> Uma atmosfera intelectual efervescente tomou nesses tempos conta da Europa do Norte mercê de factores vários, desde as consequências da Reforma ao envolvimento dos judeus e cabalistas ibéricos exilados e é emblematicamente expressa no encontro de Coménio (1592-1670),<sup>32</sup> John Drey e Samuel Hartlib em 1641, em Londres, tendo em vista a instauração de uma nova ordem espiritual. Tal desiderato “resultou” na criação de um colégio invisível em Oxford, que incluiu figuras como John Wallis, John Wilkins, William Petty, Christopher Wren, Thomas Willis (1621-1675) e outros como Hooke (1635-1703) e Locke (alguns já nossos conhecidos, outros a apresentar adiante) – durante os três anos, de 1655 a 1658, em que Boyle viveu em Oxford. Os membros deste círculo “revolucionaram” a ciência britânica e por volta de 1652 já eram trinta os “intelectuais” que se ocupavam das novas ciências.<sup>33</sup> Sabemos que Boyle foi buscar muito ao médico Daniel Sennert (1572-1637) e muito deu ao médico e filósofo John Locke, sendo considerado justamente o “patrono” do chamado empirismo britânico. Robert viveu a última parte da sua vida na casa de Londres de sua irmã Lady Katherina Jones, uma eminente defensora dos parlamentaristas, cujo salão atraía muitas personalidades envolvidas na vida intelectual, científica e política durante os anos da guerra civil e da Restauração.

Não é meu intento ocupar-me com a biografia de Boyle, objecto de uma recente obra de um dos mais qualificados especialistas: Michael Hunter; também não me demoro em aspectos literários ou de estilo. Boyle, o “mecanicista racional” do laboratório, da acribia, da precisão mecânica, da repetição do ensaio, da retórica expositiva do resultado e... da filologia bíblica, é o mesmo Boyle químico “irracional” que arrancou do neoplatonismo e nunca se afastou completamente da alquimia, que recusa Aristóteles, as quatro causas e as qualidades e rejeita Paracelso e a *tria prima*.<sup>34</sup> Todavia, após Copérnico, Vesálio, Harvey, Bacon (1561-1626) e poucos mais, e com Galileu (1564-1642), Gassendi (1562-1655), Descartes, Huygens

<sup>31</sup> Hunter, 2009: 91.

<sup>32</sup> Coménio o esclarecido reformador da Educação e da Pedagogia, membro activo da comunidade judaica de Praga, sensível praticante de um proto-racionalismo laico, consagrado na fórmula “*Deus duce, ratione luce, sensu teste*” (cit por W. Pagel, *Religion and Neoplatonism in Renaissance Medicine*. 1985 (Ed. By M. Winder): 265).

<sup>33</sup> Hunter, 2009: 94, *passim*; R. Popkin, *The History of Scepticism*, Oxford, 2003: 208ff; R. Popkin, *The Religious Background of Seventeenth-Century Philosophy*, in D. Garber, M. Ayers (Eds.) *Cambridge History of Seventeenth-Century Philosophy*, vol.1, 1998, pp. 393-422.

<sup>34</sup> Hunter, 2009: 78ff, 111ff; H. Hirai, H. Hioschimoto, “Anatomie du Chimiste Sceptique. Robert Boyle et le secret de ses premières sources sur la croissance des métaux” in M. Dennehy, Ch. Ramond, *La Philosophie naturelle de Robert Boyle*, Vrin, 2009 : 91-116; Calado, 2011:89.

(1629-1695), Leibniz e Newton (entre outros), Boyle é, sem dúvida, talvez o primeiro e um dos maiores autores materiais e morais do *ethos* tecnocientífico moderno.<sup>35</sup> Grande conhecedor dos clássicos e dos modernos, da ciência experimental e da religião natural, foi uma personalidade moderna e antiga, um céptico e um crente,<sup>36</sup> um eminente teórico e um prático experimentado, um *public servant* e um académico sem cátedra, um “teólogo” amador e um filantropo empenhado; todavia, considerava-se sobretudo um naturalista, um filósofo natural. Co-fundador e *icon* da Royal Society (a qual iniciou as suas actividades em Londres em 1660), sócio nem sempre muito assíduo,<sup>37</sup> visou a ciência aplicada e empenhou-se na instituição da medicina em bases objectivas e indutivas para maior glória de Deus: não é sem razão que a sua obra mais lida foi *The Excellency of Theology, Compar'd with natural Philosophy and Some Considerations about the Reconcilabness of Reason and Religion* (1674).<sup>38</sup>

Tendo presente algumas das interrogações já levantadas, este ensaio limita-se a ser uma breve apresentação superficialmente contextualizada de *alguns* aspectos “fundacionais” da filosofia natural de Boyle e da “invenção” da prática e da teoria das “ciências indutivas” modernas, começando pela sua medicina. Quando estive pela primeira vez na excelente biblioteca do Wellcome Institute, há uns 15 anos, apenas conhecia o químico-físico do atomismo e encontrei um Boyle inesperado. Aprendi que fora agraciado, no final da vida, com o título de médico honorário pela Universidade de Oxford e dei com um artigo de Michael Hunter (o *scholar* editor das Obras Completas) intitulado *Boyle versus the Galenists: a Supressed Critique of Seventeenth-Century Medical Practice and Its Significance*.<sup>39</sup> É um trabalho notável pela variedade de elementos historiográficos, científicos e sociológicos; aí se fala da *persona* de Boyle (de que não me ocuparei) e se mostra aqui e ali a sua ambivalência face aos debates entre galenistas e “químicos”, entre alquimistas, médicos, boticários e cirurgiões. O Boyle adulto é-nos apresentado como o guardião do programa baconiano e alguém que “frequentou” os grandes pensadores heterodoxos do seu tempo: Daniel Sennert e João Batista van Helmont (como já disse), Tommaso Campanella (1568-1639) e Athanasius Kircher (1601-1680), Boyle foi também

---

<sup>35</sup> Convém recordar que Geber (Jabir ibn Hayyan) (c.721-c.813), o eminente alquimista e médico árabe é considerado um dos primeiros experimentalistas naturais e que, um século mais tarde, Razes fez no Hospital de Bagad o primeiro “ensaio clínico” com “grupo de controlo” de que há notícia (trepanar ou não trepanar em casos de frenite).

<sup>36</sup> E mesmo ingénuo: a história da sua ligação à cabala e à alquimia – o interesse por esta última nunca foi suspenso – através de Georges Pierre e do círculo de um tal “patriarca de Antióquia” mais parece o “conto do vigário”: entre as histórias que nos chegaram está a alegada produção de um homúnculo em tubo de ensaio por volta de 1680 (Hunter,2009:183ff).

<sup>37</sup> Hunter, 2009: 145.

<sup>38</sup> Ibidem: 176.

<sup>39</sup> Hunter, in *Medical History*, 1997, 41: 322-361.

(repito) um membro activo do clube de Hartlib e um activo “cartesiano” que, segundo o seu biógrafo Michael Hunter, teve como verdadeiros mestres o alquímico americano George Starker de Harvard<sup>40</sup> e o médico “harveyano” Nathaniel Highmore.<sup>41</sup> Highmore não foi apenas o primeiro autor a dedicar um livro a Boyle, o seu *The history of generation* (onde, utilizando o microscópio critica aspectos da teoria de Harvey), como o elogiou vivamente pela sua “pursuit of nature, ‘in her most intricate paths’ aludindo às suas experiências e sublinhando “his proclivity ‘to torture her to a confession’”.<sup>42</sup> Boyle privou intensamente com outras personalidades como Hooke – por muitos anos o seu ajudante de laboratório, excelente técnico,<sup>43</sup> seu “secretário pessoal” e, mais tarde seu par e crítico na Royal Society<sup>44</sup> –, Locke e Sydenham (1634-1689), seu vizinho e correspondente em Londres.<sup>45</sup>

Nas várias controvérsias em que se viu envolvido, Boyle assumiu uma posição que Hunter qualifica (em geral) de mediadora e pluralista e o facto de não ter publicado muitos dos manuscritos dedicados ao melhoramento da medicina através da observação anatómica<sup>46</sup> e da experimentação mecânica e química, mostra os escrúpulos e as hesitações, face às disputas entre as diversas facções. As relações de Boyle com Locke e com Newton serão aqui consideradas, por razões de espaço, mais uma vez, muito tangencialmente. Porém, as relações com Hobbes (1588-1679), Gassendi (1592-1655) ou Leibniz (1646-1716), entre muitas outras, não serão sequer estudadas (nesta ocasião).<sup>47</sup>

É correcto dizer, passe a grandiloquência, que Boyle, apesar de comprometido na religião natural e na defesa da fé, foi o primeiro a antecipar o destino da ciência “instrumentista”, a saber, de possível “salvação” ou pretensa “medicina” universal? É

---

<sup>40</sup> Aliás Eirenaeus Philatetes, um sábio seguidor de Hermes Trimesgisto e autor de escritos que muito impressionaram os jovens Robert Boyle e Francis Newton (os quais nunca desconfiaram nem souberam que era o próprio patrono, Starker).

<sup>41</sup> Hunter, 2009: 65,75ff.

<sup>42</sup> A *vexatio*, tortura, da natureza vem, claro, de uma célebre injunção de Bacon, *Novum Organon*, 1620, #1, 98: “As operações secretas da natureza revelam-se melhor sob as torturas das artes mecânicas do que no seu curso vulgar”.

<sup>43</sup> Construiu a primeira bomba de ar ou máquina de vácuo desenhada por Boyle e para este fazer as suas memoráveis experiências pneumáticas

<sup>44</sup> Robert Hooke seria mais sensível à exigência de exposição pública nas sessões da *Royal Soc.* e nas *Phil Trans.* dos resultados numéricos das experiências que o próprio Boyle (este sempre muito atento à execução das mesmas e às condições de produção do facto), in Hunter, 2009:135.

<sup>45</sup> Hunter, 1997: 326, 330.

<sup>46</sup> Que, note-se também praticou em Dublin por volta dos 27 anos com o médico cromwelliano do círculo Hartlib, William Petty (Hunter, 2009:91).

<sup>47</sup> S. Shapin, S. Shaffer, *Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle and the Experimental Life*. Princeton, 1985.

certo que o seu mecanicismo era bem distinto dos seus congêneres: para sua vantagem e sossego, Boyle não tentou *unificar* (segundo alguns modernos comentadores mais informados, como Alan Chalmers), as *suas* explicações dos processos pneumáticos, ópticos ou químicos com a *sua* teoria corpuscular (ao contrário das tentativas de determinação “unitária” e lógica de prescrições medicamentosas de simples e específicos). Isto é, contra Descartes, o filósofo químico não buscou a compatibilidade e consistência de todas as suas inúmeras experiências e práticas laboratoriais com a teoria mecanicista que defendia.<sup>48</sup>

A alquimia e a nova filosofia mecanicista			
	Alquimistas; <i>quimiatros</i>	Descartes	Boyle
monismo/dualismo	animismo ou vitalismo	“dualismo” com união	dualismo dogmático (?)
matéria elementar	<i>tria prima</i>	res extensa	corpúsculo (átomo)
“problemática” da transubstanciação	não	sim	não
propriedades básicas da matéria/do átomo	transmutação; “pedras parideiras”, sementes	extensão constituinte <i>per se</i> ; contra a inércia	inércia; universalidade; impenetrabilidade
propriedades do cosmos	<i>sympatheia</i> ; analogia macro/microcosmos	<i>plenum</i> ; <i>materia subtil</i> ; glóbulos celestes	vácuo, <i>corruptibilidade</i> e imperfeição do cosmos
modelos (mentais)	<i>arcana</i> ; causas ocultas	máquina (relógio)	máquina (relógio)
causas naturais secundárias	sim	sim	sim
qualidades primárias/ secundárias	reduzidas ?	<i>não pertinente ?</i>	sim; distingue-as como Locke
prova da divindade	variável	onto-teo-lógica e antropológica	designio; teísmo

<sup>48</sup> Chalmers, 1993, citado por Lisa Downing, “Robert Boyle”, in S. Nadler (Ed) *A Companion to Early Modern Philosophy*, Blackwell, 2002: 338- 353: 348; Hunter, 2009: 213. Repare-se que a descoberta das manchas solares (que tanto poderiam traduzir o alimento da estrela como a sua corrupção) mostra a *corruptibilidade* dos céus e é uma das descobertas e das doutrinas em “modo demonstrativo” – e portanto não-opinativa, não-opcional –, de Galileu (vd. Rossi, cit: 103,ff, 113).

Segundo a notável investigação historiográfica de Stephen Gaukrover, é aos sucessos da física experimental de Galileu que se deve a demonstração da pertinência de um novo tipo de causalidade horizontal (isto é, não-vertical, na terminologia de Gaukrover), entre entidades de um mesmo nível de realidade, um estilo de explicação dos fenómenos que foi adoptado por mecanicistas e corpuscularistas *não fundacionalistas*, designadamente por Boyle e Newton: o que está em questão é a explicação de fenómenos por outros do mesmo nível, logo a legitimação da *mathesis* e do recurso exclusivo a categorias como extensão, figura, número, peso e afins.<sup>49</sup> Associada a uma postura de respeito pela complexidade e de modéstia na avaliação das capacidades do espírito humano face ao Universo – as precauções cognitivas e empírico/pragmáticas de Boyle e Locke e o preceito *hypothesis non fingo* de Sydenham e de Newton – demarcam-se das explicações dominantes, holistas e/ou dogmáticas: é o assinalável *ethos* da ciência que fez escola, hoje designada ciência mertoniana, de que um generoso e prosélito defensor foi o Diderot da *Encyclopédie*, dos *Pensées sur l'Interprétation sur la nature* (1754) e do *Sonho de D'Alembert* (redigido em 1769).<sup>50</sup>

### 3. O médico *honoris causa*

A compreensão das doenças humanas no Ocidente atravessou as seguintes fases (sigo um pequeno ensaio de Roger French): período da herança hipocrática (entre Hipócrates e Galeno); período da revisão e fim do galenismo (até Vesálio, Paracelso, Harvey); a era moderna ou fase de desenvolvimento (as épocas de Amato Lusitano, Sydenham, Hoffmann, Boerhaave, Cullen, Lind); a fase da síntese anatomoclínica ou positivista (desde Morgagni, Bichat, Louis, Gavarret, Claude Bernard, Pasteur, Lister, Koch, Virchow, Osler, etc.); a fase de medicina molecular que culmina na actual deriva genética, abusivamente dita (no jargão do *marketing*) “medicina P4”.<sup>51</sup> A doutrina hipocrático-galénica dos humores, como vários historiadores e filósofos notaram, era uma teoria completa, densa, quase infalsificável que se enuncia com parcimónia: “ (...) O corpo do homem tem em si mesmo sangue, fleuma, bilis

---

<sup>49</sup> Gaukrover, 2010: 153ff. Cp. explicação ou compreensão vertical e horizontal em Robert Lenoble, cit.: 244,285.

<sup>50</sup> Vd. § 7.

<sup>51</sup> Independentemente da beleza da biologia molecular e da ciência do desenvolvimento, as lições de Manuel Sobrinho Simões permitem antecipar o que há (por enquanto) de falsas promessas e de falsas expectativas na medicina P4: “*predictive, personalized, preventive and participatory*”.

amarela e bÍlis negra: é essa a natureza do seu corpo e é isso que o faz sentir dor ou gozar de saúde. Ora ele goza maximamente de saúde quando estes [humores] estão numa justa medida uns em relação aos outros, quer no que respeita à mistura, quer no que respeita ao poder, quer no que respeita à quantidade, e quando estão maximamente misturados. Pelo contrário, sente dor quando algum desses [humores] está a menos ou a mais ou quando está separado no corpo e não se compõe com os outros com medida (...).<sup>52</sup> O humoralismo solidamente escorado nas quatro qualidades e no corpo *poroso*, tem/tinha uma óbvia pregnância sensorial e clínica, permitia analogias entre o micro e o macrocosmos, e comportava ainda alguma capacidade de quantificação, pela qual os humores bÍlis negra: bÍlis amarela: fleuma: sangue se compensam ou equilibram segundo uma regra proporcional, 1:2:4:8.<sup>53</sup> Muito esquematicamente, a “filosofia preternatural” da medicina galénica, obedece à seguinte ordem/desordem da natureza:<sup>54</sup>

A “filosofia” da medicina segundo o <i>Canon</i> de Avicena	
Naturais (constituintes do corpo)	Elementos, qualidades, complexões, humores, espÍritos, virtudes ou poderes, constituintes morfológicos
Preternaturais (alterações da doença)	Doença <i>qua</i> perturbação das leis naturais As causas das doenças As manifestações das doenças
Não-naturais ("constantes da cura")	Ar e meio ambiente Alimentos e bebidas Sono e vigÍlia Movimento e repouso Depleção e repleção Paixões da mente

<sup>52</sup> Hipócrates, *Natureza do Homem IV* (trad. de António Pedro Mesquita)

<sup>53</sup> W. Pagel, 1985: 303; G. Bachelard, *Le MatÉrialisme Rationel*, Paris, 1980/1953: 63.

<sup>54</sup> Sobre a interpretação do galenismo sigo as lições de L. Garcia Ballester, *Galen and Galenism*. (Ed by. J Arrizabalaga, M. Cabré et al.) Great Britain, Ashgate Variorum, 2002/1985; sobre a filosofia e ciência da ordem preternatural vd. L. Daston, K. Park, *Wonders and the Order of Nature. 1150-1750*, NY, 1998: 203, 323 passim – onde a mutação do maravilhoso, monstruoso ou singular repugnante, ao curioso e ao (cientificamente) interessante, tipicamente para um Boyle e para os membros das academias científicas, é sumptuosamente documentado e tratado.

A distinção entre estados naturais e preternaturais é surpreendentemente simples: são naturais os estados obedientes às leis “católicas” da Natureza, como diz, em “*Of the natural and preternatural state of Bodies Especially the Air*”, Boyle: “I know that not only in Living but even in Inanimate Bodies, of which alone I here discourse, men have universally admitted the famous distinction between natural and preternatural or violent state of Bodies, and do daily, without the least scruple, form upon it Hypothesis and Ratiocinations (...). These Bodies which are said to be in a violent state, may also be in a natural one (...)”. E adianta um exemplo que simultaneamente relativiza e complica as coisas: a manteiga no estado sólido é natural em Inglaterra, no estado líquido, derretida pelo fogo não o é, porém, na Índias e noutras regiões tórridas, é o contrário.<sup>55</sup>

Charles T. Wolfe, num artigo recente, sublinha que o mecanicismo, o corpuscularismo, a filosofia natural baconiana, a que se podem juntar as reflexões médicas helmontianas de Locke, e as suas reflexões filosóficas sobre a vida (e deveríamos acrescentar as de Boyle, seu inspirador) não se dirigem à questão do vivo, das formas de vida.<sup>56</sup> Esta problemática, no entanto, está, creio, no centro das filosofias do *De Vita Naturae* de Francis Glisson (1597-1677),<sup>57</sup> dos chamados Platonistas de Cambridge como Henry More (1614-1687) e Ralph Cudworth (1617-1687),<sup>58</sup> do famoso espanto auto-questionante de Leibniz e de Stahl (1660-1734): a vida, o que é? Todos, de modos diversos se apoiam na ideia neo-aristotélica da agência (actividade ou acção) da Natureza e nesse sentido são vitalistas, interessados em interrogar a natureza e os seres vivos.<sup>59</sup>

<sup>55</sup> *Works*, VII: 411-426: 421, 423. Repare-se que já antes Zabarella havia sublinhado uma ambivalência algo “comparável”: os raios e os ventos são naturais na formação mas violentos (*sic*) nos seus efeitos (in Rossi, cit.: 133).

<sup>56</sup> Wolfe, Ch. T., “Why was there no controversy over Life Science in the Scientific Revolution?” in V. Boantza, M. Dascal (Eds) *Controversies in the Scientific Revolution*. Amsterdam, 2010: 9. Mas talvez que até essa época tais categorias não estivessem nascidas, disjuntas, como Lenoble bem insistiu (op. cit.: 54, 123ff, 224: o *foedus*, a *leges*, a *ordo* aplicavam-se mágica, religiosa ou “misticamente” a todos os seres dos mundos supra e sub-lunares, inertes e animados, sem excepção – até ao mecanicismo).

<sup>57</sup> Glisson foi médico, anatomista, fisiologista e filósofo natural crítico de Suarez, com relevante pesquisa sobre o raquitismo, os movimentos gástrico e cardíaco, a vida e a percepção *natural*, autor da teoria da irritabilidade, hipótese explicativa da *passio* fibrilar e do tono muscular. Segundo Guido Giglioli (As forças da vida segundo Albrecht von Haller. in A. Cardoso, P.F. da Costa (Eds.). *Corpo, Poesia e Afecto em Albrecht von Haller*. Lisboa, 2010:13-26. A posição de Glisson sobre a vida foi um monismo original: a vida é *vis insita*, isto é, percepção natural, associada à “carnosidade” e tenacidade das fibras, as “unidades funcionais”: “quare triplex robur fibrarum hic considerandum, insitum, vitale & animale. (...) Robur insitum, uti dictum, potissimum consistit in fibrae justa carnositate & tenacitate (...)”.

<sup>58</sup> C.A. Partridges, *The Cambridge Platonists*, Cambridge, 1980/1969

<sup>59</sup> Giglioli, 2010: 17.

Com efeito, a interrogação filosófica da realidade com ou sem a “vocação” médica de um Descartes, um Boyle ou um Leibniz, não foi dar sempre, de caras, com a vida, a saúde e a doença?<sup>60</sup> No plano da história da medicina, foi provavelmente François Duchesneau quem, sem descurar a *complementaridade* entre mecanicismo e organicismo (que faz “sistema”, creio, no plural), não só mais insistiu no papel do conceito inaugural de irritabilidade (proposto por Glisson e reformulado por Haller, 1708-1787) na origem do iatromecanismo, como foi ele quem melhor determinou o significado do que designou por micro-estruturalismo da fibra: (i) a fibra é a estrutura elementar dos órgãos; (ii) a fibra é *resolutio ad minima* (com ou sem o microscópio); (iii) a fibra está no centro do debate ideológico materialista do século XVIII: é o corpo fibroso ou fibrilar do barroco.<sup>61</sup> Diga-se que, como para o “sistema” de Boyle,<sup>62</sup> as teorias de Glisson e de van Helmont (notar-se-á, bem diferentes) foram significativos na construção do pensamento “médico-biológico” (perdoe-se o anacronismo) de Leibniz.<sup>63</sup>

Naturalmente, as doutrinas e controvérsias médicas pós-cartesianas foram determinantes para a emergência da medicina solidista. Ora, o tom geral do pensamento médico boyleano revela a influência do *De Medicina Statica* (1613) de Santorio Santorio (1561-1636)<sup>64</sup> e é muito crítico da medicina galénica, como se pode

---

<sup>60</sup> A. Cardoso, M.L.R. Ferreira, *A Medicina dos Afectos. Correspondência entre Descartes e a Princesa Elizabeth da Boémia*. Oeiras, 2001; A. Cardoso, M.L.R. Ferreira, *Correspondência entre G.W. Leibniz e Lady Masham*, CFUL, Lisboa, 2010.

<sup>61</sup> M.S. Marques, *A febre...*, 2010. Para além dos sistemas médicos da medicina barroca, basta pensar em La Mettrie, Pinel e Maine de Biran, só para mencionar os autores francófonos. Em *Les Modèles du Vivant de Descartes à Leibniz* (Vrin, 1998: 184f), Duchesnaud sublinha e desenvolve a diversidade doutrinal ou “ideológica” dos fatores da modernização da medicina: Borelli, Malpighi, Stenon, Boerhaave, os “vitalistas” ingleses, como Glisson, Croone e Willis, os animistas como Perrault e os predominantemente clínicos como Baglivi.

<sup>62</sup> Hunter, 2009: 203.

<sup>63</sup> E contribuíram decisivamente para a formação de diversos *sistemas médicos* iatromecânicos, mormente o de Hoffmann (vd. § 5). Duchesneau, 1998, 369ff: “(...) Promoteur déterminé du mécanisme des modernes contre Stahl, Leibniz va tendre à inscrire ou réinscrire l’analyse de l’organisme vivant sous les exigences générales d’une science des phénomènes bien fondés (...). C’est dire qu’il ne saurât formellement y avoir d’organisme sans entéléchie qui prend forme d’une monade hégémonique (...). (...) du point de vu des monades hégémoniques, tout les phénomènes vitaux se conçoivent selon un enchaînement des représentations perceptives/appétitives s’étendant au champ de la conscience réflexive à celui de la pluralité infime des déterminations infra conscientes. (...) Mais Leibniz récusé les natures plastiques formelles (...et...) à ce titre l’âme stahlienne (...). (...) il importe de chercher la raison suffisante des effets physiologiques dans les mouvements subtils et les microdispositifs en interaction dynamique au sein de l’organisme (...)”“(...) Comment alors peut-on passer du territoire organique au territoire monadique et vice-versa? En se servant, aurait répondu Leibniz, de ces rapports réglés d’expression (...)”.

<sup>64</sup> Hunter, 2009: 209ff. E mostra pouca sensibilidade para as publicações de Leeuwenhoek (idem).

ler nas *Considerações sobre a Prática*, obra inédita dos anos 60 e re-escrita por volta de 1680: “(...) That in different Country’s the method of Physick dos’ considerably vary. That the Common Method may be good in some Diseases, and yet not in others. That Method is build upon artificiall (or particular) indications, and these for the most part, as they are the grounds of Methods are built upon Theories which Anatomical, or other Discoveries show to be false, or insufficient. That the Compleatnes of Method supposes as a sufficiency in its Instruments whereas really Physitians have not tooles to answer the Indication[s and] scopes. That oftentimes a Disease may proceed from several causes unknown to the Physitian, or at least not duely consider’d by him, and so may make the method improper or at least inferior to another. That common Experience shows the languidnes and imperfections of vulgar remedies & method. That there are some that follow quite differing methods from that which is receiv’d, and yet cure Diseases a [sic] successfully if not better than those that practice it. That where specificks are knowne there even formidable Diseases are often successfully cur’d without the help of a method built on Artificial Indications. (...) That our Methodists have not yet sufficiently examin’d the Materia Medica (...) Drugs & Medicins whether natural or factitious.(...)”.<sup>65</sup> Esta postura – alicerçada no argumento da sua não-existência na medicina chinesa – justifica a sua oposição às sangrias e ao método purgativo (ainda então dominante) e à teoria da plétora (ainda então vigente).<sup>66</sup>

Poderá afirmar-se que aqui se exibem *ad libitum* as razões de pertinência do *dictum* profético de Zabarella em 1607: “quem não é filósofo natural não pode ser bom médico, e ser bem médico significa começar onde o filósofo natural termina”.<sup>67</sup> A questão que este deixou por resolver – e Boyle solucionou – foi a invenção da experimentação, do “método” experimental, e a sua aplicação a problemas “bem-postos” da pneumática, da hidrostática, da óptica, da química, fisiologia da respiração, etc. Sementes da passagem da ciência das assinaturas e da *medicina das “assinaturas”* das doenças (dos sinais aos sonhos patognomónicos<sup>68</sup>) à medicina dos

<sup>65</sup> Hunter, Boyle *versus* the Galenists. A suppressed critique of Seventeenth-Century Medical Practice and its Significance. *Medical History*, cit., 1997: 332, onde comenta as já referidas *Considerations and doubts touching the Vulgar Prateice of Physick* de Boyle; cp. Hunter, 2009: 162.

<sup>66</sup> Registe-se que Sydenham, escrevia para Paris a Locke, comentando que certo mal-estar geral deste poderia ser atribuído à falta da sua sangria periódica (Kenneth Dewhurst, *Dr. Thomas Sydenham: his life and original writings*, Berkeley, 1966: 168).

<sup>67</sup> Mencionado por Rossi, cit.: 141.

<sup>68</sup> Estudei temas conexos em M.S. Marques: “O Fenómeno Sintomático” in M<sup>a</sup> L. Couto Soares, N. Venturinha, G. da Costa Santos (Eds.) *O Estatuto do Singular, estratégias e perspectivas*, Lisboa, 2008: 107-152 e M.S. Marques: “O Sonho patognomónico: nota em torno da evidência do sonho”, in F. Gil, P. Livet, J.P. Cabral (Eds.) *O Processo da Crença*. Lisboa,

órgãos (tecidos e células) doentes. Só dois séculos depois um Claude Bernard os soube aplicar à *medicina experimental*, o que aliás não fez (ainda?) da medicina uma ciência (“exacta”, “dura”).

Há uma imensidade de tópicos de *materia medica* abordados no vol. XII dos *Works of Robert Boyle*, sob a figura de curiosas e, em geral, convencionais prescrições para hemorragias, sezões (omite o pó jesuítas e a casca da quina a que o seu amigo Sydenham deu tão bom uso), escorbuto cutâneo (não fala de citrinos), etc. Acresce que Boyle, ao longo da sua vida realizou diversos estudos em torno de funções vegetativas vitais, a saber, a respiração, a natureza do sangue humano, a excreção urinária, etc. Mas não se imiscuiu profundamente, publicamente, em grandes polémicas sobre o corpo e a alma, ou, sobre questões aparentemente mais “prosaicas” como o lugar da anatomia na prática da clínica ou a melhor abordagem das febres. Eram temas, no entanto, na ordem do dia e dois dos seus próximos, Locke e Sydenham, nelas se envolveram com acutilância. Vejamos porque razões a questão das febres não lhe deveria ser estranha.

Pensava-se então a febre como uma *patologia do movimento* do sangue e/ou do coração: “(...) The iatrophysicists took circulation to be the primary motile force for materials within the human body. Fever was a disease caused by an obstacle to circulation in the form of a physical obstruction. The heart was forced to beat faster and harder to overcome the blockage to circulation, thereby producing two direct symptoms - an increased bodily temperature and a heightened pulse rate. The recommended treatment was aimed at removing the blockages present, with the perceived nature of the obstruction determining the specific approach to treatment that would be used. The iatrochemists took circulation to be an observable fact, but not a prime force. They believed that circulation was caused by a chemical fermentation process aimed at reducing heterogeneous materials to a homogeneous concoction. It was this chemical process which gave blood particles their activity and caused them to circulate. This same process attacked any foreign materials that might enter the bloodstream; but because these would be harder to break down, the process needed to be more violent. The result was a "preternatural" fermentation, which produced a quickened pulse and a greater bodily temperature. Treatment was aimed at reducing the violence of fermentation, if necessary, and aiding the body in eliminating

---

2004: 141-170; vd. a discussão em Agamben, 2009, cit.: 111, onde define o método arqueológico de Foucault (remetendo para uma ideia original de Enzo Melandri, 1967) como o contrário do modo genético clássico (origem vinda do alto, do mais, maternal/paternal e misteriosa), método arqueológico que se propõe “tornar a explicação do fenómeno *imanente* à sua descrição” (um ideal da ciência tardo-moderna?).

materials it could not break down. (...)”.<sup>69</sup> E foi necessário esperar pela invenção de termómetros fiáveis (de mercúrio) e da ulterior física do calor (ou da temperatura) e da atmosfera (a meteorologia) para inserir a patologia febril no campo do corpuscularismo.<sup>70</sup>

Como descrever (e identificar, classificar, abordar) as doenças febris; qual a melhor descrição de quadros epidémicos como o sarampo ou a varicela? Curiosamente é o método de Bacon e Boyle que explica o sucesso da postura clínica, parcimoniosa, individuante de Thomas Sydenham.<sup>71</sup> Sydenham ficou conhecido pelos estudos sobre as epidemias de Londres e sobre as febres e dedicou a Boyle o seu *Methodus Curandis Febris*, saído em 1666, em preito de gratidão: os seus livros exibem a sua excelência na descrição das doenças exantemáticas infantis em particular, a escolha presciente da quina como primeira arma terapêutica nas “sezões” e, uma ontologia realista (ou essencialista) e deflacionista da doença, inaugurando um programa de investigação consistente conhecido por “modelo botânico”.<sup>72</sup> Com o seu

<sup>69</sup> S.L.Sigal, “Fever Theory in the Seventeenth Century: Building Toward a Comprehensive Physiology” *Yale J. Biol Med.*, 51 (1978), 571-582, p. 580

<sup>70</sup> M.S. Marques, A.B. Oliveira, 2011 (“Medicine in the Tropics: José Pinto de Azeredo’s Essays on Fevers and Other Manuscripts” comunicação em *Portuguese Physicians in the Early Modern Period: Geographical Expansion and Medical Prudence*, The Warburg Institute, Londres, 18-19 Feb 2011, submetido para publicação); MS Marques, 2011, “Compte-rendu of Bas van Frassen: Scientific Representation. Paradoxes and Perspectives.” *Philosophia @LISBON*n.1

<sup>71</sup> Note-se que Sydenham, o “Hipócrates inglês” foi, com Locke, crítico da hegemonia da anatomia (ao contrário de Boyle), acolhendo, por outro lado, explicitamente, as lições de Bacon (vd. Kenneth Dewhurst, cit.).

<sup>72</sup> “(...) Something in the way of variety we may refer to the particular temperament of individuals; something also to the difference of treatment. Notwithstanding this, Nature, in the production of disease, is uniform and consistent; so much so, that for the same disease in different persons the symptoms are for the most part the same; and the selfsame phenomena that you would observe in the sickness of a Socrates you would observe in the sickness of a simpleton. Just so the universal characters of a plant are extended to every individual of the species (...)” – o que tem um forte “ar de família” ao discurso boyleano (citado por Bynum, in *Routledge Companion to the History of Medicine*, 1993, p. 341; vd. Denhurst, cit). Acerca do termo *species* aqui parece ser o termo dos naturalistas, isto é, o predicável de Porfírio, uma categoria lógica imediatamente superior à de indivíduo (p. ex. Phillip R. Sloan, “Natural History, 1670-1802”, in RC Olby, GN Cantor, JRR Christie, MJS Hodge, *Companion to the History of Modern Science*, Routledge, 1974/1996: 295-313: 305) Quatro regras definem a teoria da medicina de Sydenham: as várias doenças são redutíveis a poucas espécies (metáfora botânica); não devem fazer-se hipóteses; na descrição das doenças devemos separar os traços essenciais dos accidentais (p. ex., a idade do doente ou o efeito de tratamentos já feitos; regra de divisão); a estação do ano em que ocorre a doença deve ser determinada quando útil. Para Mirko Grmek esta concepção de Sydenham suspende a medicina hipocrática que se desejava *ciência do indivíduo*, fixando-se na doença (“Le Concept de Maladie”, in M.D. Grmek, B. Fantini, Eds. *Histoire de la Pensée Médicale en Occident, II*, Paris, 1997, 157-176: 169); curiosamente, o contrário sucede na interpretação de Gaukrover, para quem na teoria e prática

prestígio influenciou os grandes sistemas nosológicos do século seguinte, mormente o de Lineu (1707-1778).

Eis pois o Boyle médico na sua teia de relações, nas suas ambições, nos seus efeitos. Visitei-o neste capítulo de *captatio benevolentia* a partir da medicina pré-moderna e da história da ciência moderna. Como disse Guido Giglioni a filosofia mecânica de Boyle consagrou a rejeição de “noções veneráveis como *anima mundi* e faculdade natural e a reformulação dos termos tradicionais da questão (da natureza dos seres individuais): matéria, vida, percepção e consciência.<sup>73</sup>

Interessa-me aqui “apenas” a matéria, a vida e (a compreensão das leis de) a forma, sempre diluída e secreta na analogia, atendendo a que, di-lo Julius Caesar Scaliger (1484-1558), “não é verdade que a nossa mente possa atingir a semelhança na forma substancial, pois os sentidos jamais a alcançam”.<sup>74</sup> Como desapareceram *topos* aparentemente tão permanentes como o preternatural, a forma substancial, a *anima*, a “intuição” vitalista?<sup>75</sup> Ou: qual o impacto da *textura* da matéria (uma categoria boyleana primitiva) e da distinção operatória entre qualidades primárias e secundárias? Importam-me ainda interrogações metafísicas e ontológicas como a de Hans Jonas: o que é e o que significa o axioma científico moderno da imanência?<sup>76</sup> Ou: como foi evacuada, pelos actuais herdeiros da ciência clássica, a transcendência, a natureza, a vida, a pergunta pelo sentido? Deixo cair a surpresa pela superação da evidência, aparentemente inalienável, da finalidade (a entelêquia e a sua centralidade em Leibniz) e nem sequer me aproximo da teoria dos autómatos e da auto-

---

galénicas se partia de e se chegava à constituição (*katastasis*) do doente e à determinação do desequilíbrio humoral do corpo e teria sido Sydenham quem permitiu o retorno ao indivíduo doente e à individualização da abordagem diagnóstica, prognóstica e terapêutica (S. Gaukrover, 2010: 161ff).

<sup>73</sup> Giglioni, “Automata Compared. Boyle, Leibniz and the debate on the notion of life and mind”. *BJHP*, 1995,3, 2:250-278: 252

<sup>74</sup> Scaliger, *Exoticarum exercitacionem liber quintus decimus* ‘De Subtilitate ad H. Cardannus’, 1557 (in Boyle, Works, V: 339, exórdio a Of The Origin of Forms)

<sup>75</sup> Rever § 3.

<sup>76</sup> Imanência, que é, tema e “noxa” glosada por Leonardo Coimbra na sua magistral tese de filosofia (e história) da ciência, “*O Criacionismo*”, publicada no Porto em 1912, na Biblioteca da Renascença Portuguesa (aí, note-se, o subtexto é o “cousismo” ou a reificação – gêmeo da imanência – e a p. 47 é antecipada a noção de *pensamento preguiçoso*, a p. 92 o descontinuísmo e a p. 72, a excepcionalidade do *experimentum crucis*, etc.; além disso, como é sabido, é nessa obra impar inaugurada em Portugal, com fina inteligência e perspicácia (perdoemos a resistência à teoria darwiniana), a discussão das teorias modernas da relatividade e da imunidade, entre outras igualmente estruturantes da nossa visão do mundo. Cp. Hans Jonas, *Entre le Néant et l’Éternité*, Belin, 1996: 157 (Jonas discute com Bultmann ciência e fé, muito no espírito das tetra-centenárias *Boyle Lectures!*). Recordo o que disse em nota de pé de página pouco atrás, comentando Melandri e Agamben.

organização.<sup>77</sup> Veremos que uma inesperada e paradoxal “resposta” passa pela invectiva contra “laicos” e “académicos” que Latour lançou há alguns anos: nós nem sequer somos *modernos*!<sup>78</sup>

#### 4. A matéria corpuscular

Vimos algumas das circunstâncias e o lugar de discursos de Robert Boyle. Vimos de onde vem e ao que vai: contra Aristóteles, contra a escolástica, contra Paracelso. A crónica oficial panegírica, como é de justiça, assim reza: Boyle foi um dos primeiros experimentalistas, um autêntico cientista como diríamos hoje (a palavra e o conceito só surgiu no século XIX). Proponho-me neste capítulo apresentar uma análise sumária de *The Origin of Forms and Qualities according to the Corpuscular Philosophy* de Robert Boyle, publicado em 1665-6, mas produzido e variadamente comunicado durante os 15 anos anteriores noutras ocasiões e noutros textos, designadamente em *Certain Philosophical Essays*, 1661, talvez o mais importante e célebre dos seus escritos “não-religiosos”, segundo Hunter.<sup>79</sup> É aí que Boyle mostrou, pela primeira vez, com os argumentos robustos da experimentação – mormente o ciclo da análise e síntese do nitro<sup>80</sup> – que a doutrina peripatética das qualidades é falsa. É a espagíria na sua plenitude: a prática da separação de um misto, de uma substância, nos seus princípios constituintes e depois a sua reconstituição numa forma mais pura e activa.

---

<sup>77</sup> Classicamente o pensamento teleológico tem como domínios de aplicação especiais o princípio do hilemorfismo e a produção de monstruosidades. Uma alternativa possível é o chamado pensamento morfológico (goethiano). Investiguei o tema (a partir dos notáveis escritos de Maria Filomena Molder) em M.S. Marques, “O sopro, o múltiplo e a forma”, *Análise*, 12: 61-115, 1989 e *Auto-regulação*, in Enciclopédia Einaudi, vol. 34, 2000; Sloan, cit.: p. 297.

<sup>78</sup> Vd. § 7. Segundo, Merton e Ziman; cp. Latour, *Nous n'avons jamais été des Modernes*. Paris: La Découverte, 1997/1991, p. 193. Latour pratica uma sociologia que me arrisco a considerar de intervenção, um discurso da simetria (aqui não tematizados) e apresenta uma reavaliação opositiva da ciência clássica e da ciência “pós-moderna”, deslegitimando o projecto societário da panaceia universal.

<sup>79</sup> Hunter, 2009: 116f.

<sup>80</sup> Nitro, salitre ou nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>) utilizado com o enxofre e o carvão para o fabrico pólvora, decompõe-se a 336° C libertando “licor vital” (oxigénio) (Calado, 2011: 177, 198, 204). Vd. em Calado (*ibidem*: 221) a história fascinante da proto-descoberta do oxigénio pelo alquimista Sendigovius e do seu eventual uso pelo discípulo Cornelius Drebbel no primeiro submarino que mergulhou nas águas do Tamisa (Boyle, um companheiro dos tempos de Oxford, teve conhecimento desta “experiência”; vd. também Hunter, 2009:112).

#### 4.1. O toque e o choque

Contra o toque ou contacto sobrenatural (o transcendente) e o preternatural (tipicamente, a violência ou violação da imaginação da grávida, do mau olhado do mendigo, eram algumas das causas de monstrosidades e malformações segundo Ambroise Paré), a imagem cartesiana do choque, da colisão, fixou-se como um modelo cognitivo ou metáfora (ou hiponímia) radical da nova fisiologia e da nova filosofia natural.<sup>81</sup> A figura desgraciosa da explosão da pólvora do canhão será re-inscrita por Willis e por Croone nas suas investigações sobre a contracção muscular.<sup>82</sup> Na verdade, à luz do aforismo de Goethe - “Queda e choque: querer explicar através disso o movimento dos corpos físicos é autenticamente antropomorfismo (...)”<sup>83</sup> -, o contacto e a colisão parecem ser “afectos” entre os quais oscila a sensibilidade e os pólos do batimento emocional dos mecanicistas.

O facto de o filósofo-químico, em os *Essays* de 1661, retomar a atitude epistémica dos cépticos e o título de Montaigne, é prenhe de significado. Vimos que Boyle estava familiarizado com a obra de Bacon, mas que também havia “trabalhado” Gassendi e Descartes,<sup>84</sup> todavia no seu mecanicismo não foi tanto o defensor severo da filosofia corpuscular e da religião natural, como um filósofo que se bateu tenazmente *contra* os limites do conhecimento, segundo C. Wilson.<sup>85</sup> Eu arriscaria uma proposta (algo teleológica): Boyle lutou pela ciência, não só como tortura da

---

<sup>81</sup> Descartes, *Principes* IV, 47, AT IX-2: “Lorsque l’air est renfermé en quelque vaisseau dans lequel on en fait entrer beaucoup plus grande quantité qu’il n’a coutume d’en contenir, cet air en sort par après avec autant de force qu’on en a employé à l’y faire entrer; dont la raison est que, lorsque l’air est ainsi pressé, chacune de ses parties n’a pas à soi seule tout l’espace sphérique dont elle a besoin pour se mouvoir, à cause que les autres sont contraintes de prendre une partie du même espace, et que, retenant cependant l’agitation qu’elles avaient, à cause que la matière subtile, qui continue toujours de couler autour d’elles, leur fait retenir le même degré de chaleur, elles se frappent ou se poussent les unes les autres en se remuant, et ainsi s’accordent toutes ensemble à faire effort pour occuper plus d’espace qu’elles n’en ont. Ce qui a servi de fondement à l’invention de diverses machines, dont les unes sont des fontaines où l’air ainsi renfermé fait sauter l’eau tout de même que si elle venait d’une source fort élevée : et les autres sont des petits canons, qui, n’étant chargés que d’air, poussent des balles ou des flèches presque aussi fort... que s’ils étaient chargés de poudre” (cit por Delphine Kolesnik, *La machine du Corps*, Conf.<sup>a</sup> UNL, CHC, Lisboa 17 Dez. 2011); acerca da violência fundadora, viril e genitora da ciência baconiana vd. C. Merchant, “The violence of impediments”, *Isis*, 99:731-760, 2008.

<sup>82</sup> Thomas Willis e William Croone (1633-1684) são dois dos fundadores Royal Society. Os seus trabalhos são contemporâneos do *De L’Homme* de Descartes.

<sup>83</sup> Goethe, *Máximas e Reflexões*, 1987, trad. A. Teixeira da Mota: #1242.

<sup>84</sup> Hunter, 2009: 114.

<sup>85</sup> Catherine Wilson, Boyle, Motivations et Inclinations à l’Étude de la Philosophie Naturelle. in M.Dennehy, Ch. Ramond, *La Philosophie naturelle de Robert Boyle*, Vrin, 2009 : 23-46: 45.

natureza mas como desejo e esperança da “saúde” universal através de e na própria metodologia experimental. Haverá subjacente à sua *libido sciendi* uma mais forte *libido curandi*? A este favor fala a epistemologia de Boyle que não ficará pela inclinação (*clinamen*) e colisão dos átomos Lucrecianos, mas requer o contacto da “mão” ou do “sopro” do Criador, a sua intervenção no mundo material. Além do mundo dos corpos e do estado actual das coisas, a ontologia boyleana incluía: (i) “objects proportioned to our unassisted sight”; (ii) o “*dyoptical world*” dos seres minúsculos e “microorganismos” que vivem ocultos e (iii) o mundo espiritual de anjos, dos demónios e das almas (“separate human minds, that have either no body, or none that we can see”).<sup>86</sup> Foi Antonio Clericuzio que propôs uma re-interpretação dos textos iniciais de Boyle, salientando a importância da sua relação com o círculo de alquimistas e químicos de Hartlib e Worsley, círculo no qual pontificavam as ideias de J. B. van Helmont e de J. R. Glauber (1604-1668; um dos primeiros químicos a perceber que os sais resultam da reacção entre ácidos e bases). Clericuzio notou a marcada influência da teoria helmontiana do sémen (*semina* ou semente) nos primeiros textos de química de Boyle acerca da geração dos seres vivos, das formas e das qualidades.

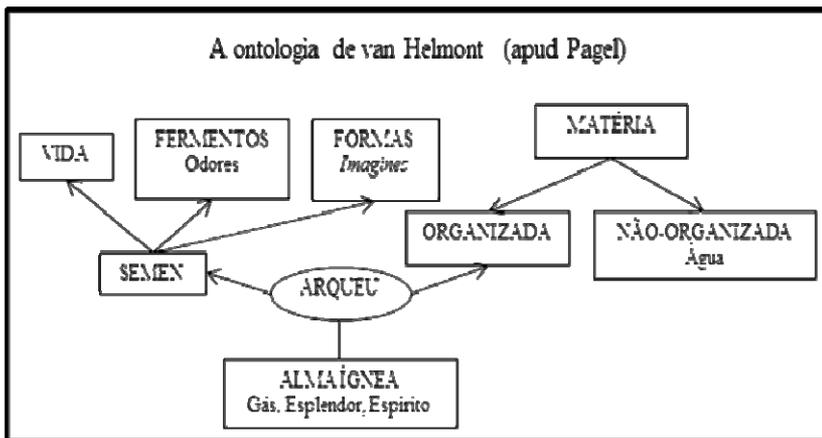
Pela sua significação matricial, importa agora enunciar e articular as categorias do sistema helmontiano. Recordemos que van Helmont foi um crítico eminente da tradição e um anti-académico, o inspirado hóspede de Lady Masham (e, por via desta, de Leibniz<sup>87</sup>), que pugnou por uma teoria unitária (psicossomática ou holista, diríamos hoje) do corpo, trazendo, contudo a persistência de imagens e metáforas arcaicas para a medicina literata de então, mesmo da mais progressiva: a vida individual está localizada no epigastro (região subfrénica, plexo solar) sob a forma de um princípio vital, o *arqueu* ou *arconte*, uma “representação visceral” que supera a inteligência no acesso à verdade. O significado da química filosófica de Boyle pode porventura demarcar-se melhor a partir do seguinte quadro (tirado de Pagel) que sintetiza o aparelho conceptual do grande iatroquímico:<sup>88</sup>

---

<sup>86</sup> Catherine Wilson, *ibidem*: 29.

<sup>87</sup> B. Orió de Miguel, cit., 1974 ; Guido, 1995; Cardoso, Ferreira, cit., 2010

<sup>88</sup> Pagel, 1985:184ff (=III , 21)



Ajudará na sua leitura ter presente duas preciosas indicações de Orió de Miguel - (i) o sémen ou semente é “uma enteléquia orgânica dotada de autoquinése ou *vis insita*, isto é, uma entidade real, *acto existens et agens*, que co-responde à *idea sigilata in aqua* de van Helmont” (pode perguntar-se: qualquer coisa entre a *materia signata quantitate* de São Tomás e a *pregnância Thomiana?*);<sup>89</sup> (ii) “as sementes e os seus progenitores (traduzo de *formadores, archei*) produzem organicamente as suas progenias diferenciadas (traduzo *envolvidas*) externas”.<sup>90</sup>

As *Reflexions on the Experiments vulgarly alledged to evince the 4 Peripatetic Elements, or ye the 3 Chymical Principles of Mixt Bodies* (obra de 1650 e primeira versão do *Sceptical Chymist*, segundo Mary Boas Hall que a publicou em 1954), tem suscitado ampla discussão pela extensão da dívida de Boyle a van Helmont. Ela é grande, mas em *Reflexions*, Boyle contraria uma ideia central do programa helmontiano, a ideia de que a água é o elemento primordial e indecomponível e põe em dúvida que os metais e os minerais possam ser gerados a partir da água; aceita, porém, a existência de princípios seminais na formação dos corpos naturais: “(...) I must admire the strange power of the formative power of the seeds of things, which doe not only fashion the obsequious matter according to the exigency of their owne natures, and the parts, they are to act; but doe also dispose and change the matter, they subdue, as to give it a consistency, which seem incapable of admitting (...)”.<sup>91</sup>

<sup>89</sup> Orió de Miguel, cit.: 162. No plano lógico esta *vis insita* é *notio* completa (*ibidem*).

<sup>90</sup> É sabido que Leibniz foi um firme defensor do pré-formacionismo (a mónada dominante), argumentando, essencialmente, que o mecanicismo é incapaz de gerar órgãos novos (Orió de Miguel, cit.: 155).

<sup>91</sup> Boyle, *Reflections*, p. 167 citado por Antonio Clericuzio, “Les debuts de la Carrière de Boyle”, in M.Dennehy, Ch. Ramond (Eds), *La Philosophie naturelle de Robert Boyle*, Vrin, 2009, 47-70: 69.

Segundo a historiografia mais recente, Boyle reinterpretou a noção de *semente* em termos corpusculares sem o animismo confesso de um van Helmont, nem os extremos epicuristas de alguns dos seus émulos: “(...) I likewise differ from Helmont in this, that whereas he ascribes almost all things, and even diseases themselves, to their Seeds, I am of opinion that besides the peculiar Fabrics of the Bodies of Plants and Animals (and perhaps also of some Metals and Minerals) which I take to be the effects of seminal principles, there are many other bodies in nature which have deserved distinct and Proper names, but yet do but result from such contextures of matter they are made of, as may without determinate seeds be effected by heat, cold, artificial mixtures and compositions (...)” e conclui que tanto é a natureza quanto o engenho humano que podem e sabem criar estes últimos tipos de “corpos”.<sup>92</sup> Mas vimos as suas hesitações acerca dos diamantes e das rochas parideiras nessa mesma obra. O quadro seguinte permitirá, *cum granum salis*, contrastar a doutrina quimiátrica de van Helmont com a de Boyle.

	Van Helmont	Boyle
Essencialismo (realismo da doença)	sim	não ??
Elemento “crítico”	semente; número 7=3+4 <i>separatio litigatum</i>	“semente” corpúsculo
Progresso da doença	químico	químico e não químico
Operador(es) metafórico(s) (ou metonímico(s))	<i>imperium salus</i> ; <i>ratio constitutiones</i>	mecanismos “de relojaria”/ física e matemática do pêndulo
Doutrina pontifícia	gaz; teoria do contágio	corpuscularismo
Fundamento/ Base	arqueu (epigastro); água	medicina “protoexperimental”

Convém mencionar, para concluir esta parte, uma consequência para a medicina clínica: foram “suplantados” os sistemas de Paracelso e de van Helmont pelos sistemas iatromecanicistas como os de Hoffmann e Boerhave e/ou pelos vitalistas como o de Stahl e Barthez (1734-1806), mas dos extremos emergirá uma medicina

<sup>92</sup> Boyle, *The Sceptical Chymist*, Dover, II: 356. Este texto capital de Boyle, talvez o mais lido e discutido na actualidade pelos químicos, mas o mais árduo, não é um ataque à seita dos paracelsianos e adeptos sérios da Alquimia (então com muito adeptos por toda a Europa) mas é um diálogo em que ele se esconde por detrás da dualidade das posições dos protagonistas para criticar os “venais” destiladores refinadores e outros (Hunter, 2009: 119); Clericuzio, 2009:70; Wilson, 2009:46.

mais “descritiva”, nosográfica, anatomoclínica, “narrativa” (*avant la lettre*), epistemicamente deflacionaria, na esteira de Sydenham e de seus émulos tardios, desde um José Pinto de Azeredo, no final do século XVIII, a um René Laennec pouco depois, a um William Osler, já no alvorecer do século XX.<sup>93</sup>

#### **4.2. A química céptica contra a forma substancial**

Não surpreende, portanto, que o Boyle da maturidade tenha combatido activamente a tradição galénica, a escolástica e a medicina de Paracelso, sem se desinteressar do alcaeste e da pedra filosofal, da terapêutica e da panaceia universal.<sup>94</sup> Em *A Free inquiry into the Vulgarly Received Notion of Nature* (de 1686, mas escrito cerca de 20 anos antes) resumem-se as principais decisões filosóficas baconianas e “occamianas” da nova filosofia corpuscularista. É de salientar que, entre outros *tropos*, os modelos e metáforas clássicas do tiro com arco e flecha (estocasticidade), da navegação e do governo (cibernética), a analogia macro e microcosmo (que Descartes rejeitara), e a imagem moderna do relógio são repetidamente utilizadas. A lista de “axiomas e epítetos” peripatéticos recusados dá-nos uma ideia da purga conceptual que Boyle e os outros membros da Royal Society haviam de provocar: vai abaixo todo o edifício “intuitivo” e “universal” que o renascimento da “mentalidade antiga” erguera. Dissiparam-se como fumos da Índia certezas “universais” que pareciam eternas: a natureza é sábia; a natureza nada faz em vão; a natureza não excede os seus fins; a natureza busca o melhor; a natureza escolhe o caminho mais curto; a natureza não desperdiça no excesso nem poupa no necessário; a natureza conserva o seu estado; a natureza é curativa; a natureza tem horror ao vácuo.<sup>95</sup> Mas Boyle, prudentemente, saneia o campo epistémico e (a prazo) médico, sem fazer concessões à complexidade da (resposta à) pergunta “*como?*”: “as he [the modern] cannot by the mechanical affections of the part of the universal matter, explicate a phenomenon, will not be much helped to understand how the effect is produced by being told that nature did it (...); whereas (...) he sufficiently understands how the parts that make up the engine [clock] are determined, by their constructions and the *series* of their motions, to produce the effect that is brought to pass”.<sup>96</sup>

Vejamos agora sucintamente a obra seminal sobre a *Origin of Forms and Qualities*. É de notar que é um texto sobre as origens, sobre a causalidade; trata-se

---

<sup>93</sup> Glaukover, 2010: 142, 165; sobre J- Pinto de Azeredo, Marques, cit., 2010.

<sup>94</sup> Hunter, 2009: 105, caps. 11,13.

<sup>95</sup> Boyle, 1991: 182f.

<sup>96</sup> Boyle, 1991: 186.

segundo Hunter e Stewart da junção de dois grupos de escritos: uma colecção algo desligada de “considerações e experiências” relativas às formas e às qualidades distribuídas em partes teóricas e empíricas históricas numeradas e, por outro lado, um texto mais “arranjado” em torno das formas substanciais e subordinadas. Esta última parte é longa, contem uma exposição da teoria corpuscular e é hoje um das mais citadas obras boyleanas sobre a doutrina mecanicista. Será comentada em conjunto com *A Free inquiry into the Vulgarly Received Notion of Nature* e com *About the Excellency and Grounds of the Mechanical Hypothesis* (uma só edição em 1674, foi inicialmente um apêndice a *The Excellency of Theology Compared with the natural Sciences*). O seu célebre *The Sceptical Chemist* também estará presente neste comentário, mesmo se pouco referido.<sup>97</sup> Revelam a consabida elevação dialéctica de Boyle (nobre *persona* pública empenhada na religião e na vida da Cidade) e a sua exigência intelectual e reputada lealdade aos problemas (para empregar uma expressão cara a Fernando Gil). Seja pois a *Origin*. A sua parte teórica versa o atomismo da matéria corpuscular, juntando, à extensão e divisibilidade cartesianas, a impenetrabilidade; aí se deduzem as suas “afecções” ou propriedades determináveis, se reduzem as qualidades secundárias e se abordam a natureza da *species* e as transformações (*químicas*, diríamos hoje) das substâncias (o sal, o enxofre, o mercúrio, os metais, entre outros, mas também o sangue e outros fluidos animais e humanos). A secção sobre *A Origem das Formas* aprofunda este tema e nega realidade e agência à forma substancial, excepto na medida em que participa da textura de corpos particulares.<sup>98</sup>

Com Lisa Downing resumo, de seguida, os principais passos do argumento de *Origins* que fundamentam o corpuscularismo:<sup>99</sup>

#1. a matéria de todos os corpos naturais é a mesma, a saber, uma substância extensa e impenetrável;<sup>100</sup> a matéria é católica ou universal (a mesma em qualquer tempo e lugar); nega, portanto, a doutrina dos quatro elementos de aristotélicos e galénicos e a *tria prima* dos químicos paracelsianos;

#2. se a matéria é extensa e impenetrável o que a distingue é o movimento, que é a primeira afecção da matéria;<sup>101</sup>

---

<sup>97</sup> Calado, 2011: 104ff.

<sup>98</sup> Acerca do conceito *species* rever nota 62. Hunter, 2009, cp. 116, *passim*, Stewart, 1979/1991: xviii, *passim*: trata-se do prefácio a e em Boyle, 1991).

<sup>99</sup> Boyle, 1991: 50ff; Works, V: 333ff; Downing, cit.: 340ff.

<sup>100</sup> Boyle, 1991: 50.

<sup>101</sup> Sobre o movimento, para contrastar e formar uma opinião sobre o alcance da viragem introduzida por Boyle e pelos experimentalistas ou empiristas da Royal Society, convém regressar às anotações de Paolo Rossi que, como disse, alude à atmosfera intelectual e epistémica em Pádua nos alvares da ciência. Para Zabarella, o filósofo natural ocupa-se do céu,

#3. o movimento torna possível a divisão da matéria, designadamente a divisão através da química em partes ínfimas;

#4. só Deus dá o movimento à matéria indiferenciada, criando a matéria; assim cada partícula tem o seu tamanho, forma, estado de movimento ou repouso, que são as afecções primárias da matéria;<sup>102</sup>

#5. estas partículas são os *minima naturalia*, indivisíveis,<sup>103</sup> excepto por Deus e por esforço mental (imaginário); existem também concreções primevas destes naturais mínimos, *clusters* de partículas, que tendem a permanecer estáveis nos processos naturais;

#6. a posição espacial das partículas gera novas qualidades: posição (postura), ordem, textura; para um corpuscularista, conhecer a textura (incluindo tamanho, forma e movimento das partículas) é conhecer a totalidade das determinações intrínsecas (de um corpo, substância, espécimen) naturais, sensíveis, etc.;

#7. é errónea a ideia ingénuo de que outras qualidades além das corpusculares existem *per se*: pelo contrário, são meras consequências da acção daquelas nos órgãos dos sentidos do nosso corpo; corresponde à distinção depois estabelecida por Locke entre qualidades primárias e secundárias (e antecipada já por Galileu e Descartes);

# 8 a #10. Boyle mostra a vantagem da substituição das categorias e argumentos peripatéticos. Retoma o argumento “se se pergunta a alguém ‘- o que é o ouro?’”,<sup>104</sup> a pessoa diz que “é um corpo muito pesado, muito maleável, dúctil, fundível, e no entanto fixado no fogo, amarelado (...)”.<sup>105</sup> O ouro é solúvel em água forte (mistura de ácidos) ou em água régia (ácido nítrico e clorídrico) que age pela sua capacidade de separar as partículas de ouro e de as dissolver. E interroga: poderia o corpo ser de cor branca e continuar a ser ouro?; e se resultar da transmutação artificial de outro

---

dos elementos, dos mistos e compostos, dos animais e da alma enquanto natureza ou faculdades naturais do homem. “A ciência natural é una e essa unidade depende da unidade do seu objecto”. A natureza é princípio interno de movimento (o do fogo para o alto, por ex.). Devem distinguir-se, como ensinou Aristóteles, *motus* ou *operatio imanens* e *motus* ou *operatio transiens* (Rossi, cit.: 128ff). Mas deve o princípio do movimento ser pensado como apenas passivo ou apenas activo? Neste último caso (teoria de Avicena), o movimento activo (*principium factionis*) implica a identidade entre Natureza e forma (dado que a matéria é passiva: nem o Céu seria então natureza, nem os movimentos celestiais seriam naturais). No caso contrário (tese de Simplicio), a Natureza é princípio passivo do movimento, mas pode receber movimentos contrários ou outros constrangimentos... (ibidem: 129). Em ambos os casos a matéria parece mais consonante com a forma substancial que com as formas accidentais (estas incluem as “artificiosas” ou artefactuais produzidas pelos seres humanos, *per habitum artis*, a meio caminho das máquinas e dos mecanismos, *formae artificiosae*) (p. 134).

<sup>102</sup> *Ibidem*: 51.

<sup>103</sup> *Ibidem*: 41.

<sup>104</sup> *Ibidem*: 18.

<sup>105</sup> *Ibidem*: 38.

metal, teria também uma forma substancial? “ - Estas formas substanciais (*material forms*) imaginárias fazem tanto mal à doutrina da corrupção como à da geração”.<sup>106</sup> Refuta assim que o ouro seja produzido pela forma substancial *aurifera* cuja destruição lhe retiraria a existência. Boyle diz ser essa uma “explicação” ininteligível (*sic*). A textura é que constitui a fonte invisível, oculta, das propriedades reais do ouro.

Com estes argumentos Boyle garante que as classes dos corpos naturais são baseadas nas suas qualidades tal como apreendidas pelos (nossos) órgãos dos sentidos quando afectados pela textura dos corpúsculos que os constituem: é uma explicação que substitui com vantagem, diz, a das formas substanciais. Noutro lugar em *Origins*, a respeito das qualidades (secundárias), argumenta com uma súplica de dados empíricos e de observações experimentais acerca de óptica e da cor, e pergunta se o traumatismo ocular (de que tinha a experiência pessoal que o levou à quase cegueira) e a perturbação da visão causada pela luz incidente na neve alva – contra os escolásticos, para quem é devida à propriedade da *brancura*, proveniente de uma qualidade de ser branco que se encontra em todas as coisas brancas –, não é devida à reflexão de partículas de luz pelos “corpos” brancos, simétrica da sua absorção pelos negros. Questão arrumada com clareza, parcimónia e eloquência.<sup>107</sup>

Ou seja, Boyle contribuiu decisivamente para a evacuação da problemática da forma substancial e da entelêquia,<sup>108</sup> ao mostrar que:

---

<sup>106</sup> *Ibidem*: 57.

<sup>107</sup> Chalmers, 2008: 102; e Dowling, 2002: 343 para a discussão de outro exemplo. Que a história da ideia de natureza não está fechada resulta da leitura de Lenoble, 1969, cit (vd. também prefácio de J. Beaudé).

<sup>108</sup> Questão “arrumada” de vez. Vd. o tratamento relativamente recente – de 1924 – da entelêquia na ontologia de Hans Driesch, o “penúltimo” grande biólogo vitalista (in *Metafísica*, Barcelona, 1930:36, 54, 114, passim). Driesch, um pós-kantiano, adopta um modo categorial de pensar e argumentar (recordando Nicolai Hartman) que abre com a introdução do conceito de ordem – por exemplo, ordem científica (e das várias ciências empíricas) ou metafísica, e, onde destaca a ordem da Natureza (p. 36); depois separa o em-si do para-si; o em-si é inacessível. Distingue as espacialidades e causalidades mecânicas das espacialidades e causalidades vitais (esta podem corresponder ao espaço metabólico da filosofia da vida de Hans Jonas), e acentua a necessidade de uma causalidade totalizadora (lembramo-nos da *Gestalt*, do “holismo”, da informação, do *feedback* e da cibernética, da auto-organização, da semântica e da descrição *interna* de Maturana e Varela, dos algoritmos e da geometria do *tempo biológico* de Thom, Winfree, Rosen ou Kaufman) chegando ao ponto crucial dos vectores endógenos de “intussuscepção” ou “autoregulação” (os termos traduzidos entre comas são meus). Estes vectores não são fenomenalizados e procedem directamente da entelêquia: o espacial é então apenas uma fracção do real, pelo que (pag. 114) se associa a sua “fractura”, a possibilidade de fractura da totalidade/unidade à degradação do real/Eu, isto é da entelêquia aristotélica e à génese (causação) da *dor*. Trata-se de uma definição muito clássica, a do autor hipocrático em *Lugares no Homem (ou no Corpo)* das condições de possibilidade da dor. Driesch acrescenta que á semelhança do que se fez com o espaço, se pode fazer para a matéria, para o tempo e para

(i) o todo pode ser explicado pela parte (cf. o “postulado” Glissoniano: o menos pode gerar o mais; ou o efeito pode exceder a causa, segundo a formulação de Leibniz<sup>109</sup>);

(ii) o facto de após “destilação” ou análise de um misto ou composto ( $C=A+B$ ), este poder ser reconstituído por reintegração ou “síntese” ( $A+B=C$ ) mostra a inexistência ou vacuidade da noção de forma substancial de A e B (ex.: a terebintina<sup>110</sup>);

(iii) o mecanismo do relógio é “sistema” fechado e resolvido no plano da explicação;

(iv) é possível determinar a identidade de mistos e de substâncias químicas naturais e artificiais quando existem;

(v) a mudança de propriedades – por exemplo, do vidro – dispensa a cooptação de qualidades para além das qualidades primárias: figura, dimensão, movimento, impenetrabilidade, etc.<sup>111</sup>

Boyle crê ter demonstrado a absoluta *ininteligibilidade* da ideia de forma substancial. Mas a *sua* teoria corpuscular, nos *seus* próprios termos, seria apenas uma *hipótese* plausível, como Dawling sublinhou.<sup>112</sup>

Um domínio privilegiado para explicitar os limites das ideias boyleanas acerca da doutrina da matéria e da forma é a teoria calor vital e da morte. Voltemos então a van Helmont. O *arqueu* conhece a realidade material da morte de um modo imediato:

“(…) apesar de o cadáver de um homem morto (...) não ser mais frio que o corpo de uma vaca morta... (o que o tacto pode verificar), nada é tão gélido como a sensação da mão que palpa o cadáver. O que só acontece pela apreensão do arconte que, tocando o cadáver, aborrece a morte. Em primeiro lugar sente a morte antes da imaginação, em segundo lugar tem pavor da morte, em terceiro lugar o espírito hegemónico retira-se e foge, em quarto, o resto que fica na mão é tão horrível que o indivíduo quase morre de medo; de tal modo que o arconte... guarda em si a imagem da morte... e só com muita dificuldade consegue reaquecer a mão, mesmo ficando uma hora à fogueira: o que mostra que a ideia de medo estava lá realmente, os efeitos seus são verificáveis e resultantes do *arconte* e não da imaginação (...).”<sup>113</sup>

---

a causa (p. 50). (Em Marques, 1989, 2000 e noutros trabalhos ulteriores tentei pensar a passagem desta classe de categorias ou gramáticas primordiais às do pensamento morfológico, da autopoiese e da narratividade, respeitando o mecanicismo e as constricções “topológicas” a partir da genética e da epigenética).

<sup>109</sup> Citado, respectivamente por Giglioli, *The Genesis of Francis Glisson's Philosophy of Life*. 2002. (PhD dissertation, Baltimore) e Orió de Miguel, cit.: 175 nota; 165, 174.

<sup>110</sup> Ou *turpentine*, in Dowling, 2002: 346.

<sup>111</sup> Chalmers, 2008: 102f.

<sup>112</sup> Downing, 1992:345.

<sup>113</sup> Citado por J.Pigeaud, *Poésie du Corps*, 1999:118; notar-se-ão aqui vislumbres de um *Self* visceral e alguns resquícios da hepatoscopia da medicina mágico-religiosa mesoptâmica.

Num notável escrito, *New Exposition about the relations between Air and the Flamma Vitalis of Animals* o filósofo químico descreve as famosas e (espectaculares) experiências com ratinhos e outros animais, submetidos a várias atmosferas rarefeitas de ar/licor vital e refuta a teoria tradicional de que a morte pela exalação ou levitação da *anima* causasse aumento de peso do cadáver (por perda de matéria subtil, de peso negativo).<sup>114</sup> Compare-se agora a incompreensível (para nós, não para leitores coevos) teoria de van Helmont com um escrito (apologético?, esotérico?) de Boyle de 1675 acerca da ressurreição do corpo, *Some Physico-Theological Considerations about the Possibility of Resurrection* (provavelmente mais legível ou inteligível por nós, hoje, embora seja uma perspectiva datada): “(...) body and body being but a parcel and a parcel of universal matter mechanically different, either parcel must successively put on forms in a way of circulation, if I may so speak, having only its mechanical affections altered. (...) and since the true notion of body consists either alone in its extension, or in that and impenetrability together, it will follow that the differences which make the varieties of bodies we see must not proceed from the nature of matter - of which, as such we have but one uniform conception – but from certain attributes such as motion, size, position, etc, that we are wont to call mechanical affections. (...) This portion of matter (...) will return to be what it was. (...)”.<sup>115</sup> O cadáver já não é o símbolo de um corpo sem calor vital, mas um resíduo, um resto inerte da matéria universal.<sup>116</sup> Mas é este mesmo filósofo empirista, objectivo e “racional” que ainda aceitava a teoria helmontiana da cura simpática das feridas por arma de fogo, seja pela aplicação à distância de unguento aplicado *na arma* responsável pela ferida (segundo a lição de van Helmont), seja de bálsamo de pólvora aplicado *na lesão*: para explicar o *mecanismo* deste efeito “magnético”, invocava casos, de William Harvey, da cura de tumores pela aplicação da *mão morta* (a mão de morto por doença consumptiva) no tumor.<sup>117</sup>

Em conclusão: os escolásticos, diz Boyle, “make very easy to solve All the Phaenomena in Generall, but make it impossible to explicate almost Any of them in Particular”.<sup>118</sup> Aqui, também, a filosofia mecanicista do mundo material, com o tamanho, o movimento, a forma, a dimensão e a textura das partículas, é explicativa: a macroestrutura explica-se pela microestrutura<sup>119</sup> sem necessidade de inventar qualidades e formas (substanciais). A recusa da pertinência física e metafísica da

<sup>114</sup> Works, VII, 115-123: 127.

<sup>115</sup> Boyle, 1991: 203; cp. o tom e discurso tão diverso de *Apocatastasis*, de Leibniz.

<sup>116</sup> Cp Des Chenne, 1996: 147,153,233f.

<sup>117</sup> Works, *The Usefulness of natural Philosophy*, III: 434; Clericuzio, 2009: 67; Hunter, 2009: 79ff.

<sup>118</sup> Works, V, p. 301; Boyle, 1991: 34ff; Hunter, 2009: 117.

<sup>119</sup> A não confundir indiscriminadamente com macro e microcosmos.

forma substancial é uma das maiores aquisições de Boyle; o estilo da argumentação é experimental, é a demonstração laboratorial de que a teoria da substância e do acidente não resiste aos factos produzidos acerca do comportamento da forma e textura da matéria “quimicamente” modificada. Nada impedirá doravante a produção de novas *species*, novos géneros naturais – físicos, químicos, inorgânicos ou orgânicos (recordar a síntese da ureia, por serendipidade, por Wöhler (1800-1882)<sup>120</sup> e os Fullerenos de carbono recentemente)<sup>121</sup> – ou “quasi-naturais”: híbridos da natureza e da técnica, artefactos e não fenómenos preternaturais (violentos), mágicos, milagrosos ou misteriosos. É curioso e algo surpreendente, como mencionei, que como Newton e contra alguns escolásticos incluindo os conimbrincenses, Boyle no fim da vida se tenha reaproximado do *Hereos* neoplatónico e dos fenómenos ditos paranormais.<sup>122</sup>

### 4.3. A filosofia natural face ao proto-atomismo

A historiografia mais recente, pela pena de Stephen Gaukrover, regista que Boyle e Newton constataram que para dar conta, de modo satisfatório, de alguns dos fenómenos observados, teriam que “deixar cair” o seu empenho nas explicações corpusculares. Como esta manobra alternando reorganização/suspensão do *explanandum*, a que se haviam racional e empiricamente cometido, requeria fortes e consistentes razões (que facto fixar?; que outra estrutura invocar?; que “tipo” de inteligibilidade exigir?; e por qual invisível complexo o trocar?), tais razões, afirmasse com Gil, Gaukrover e outros, foram obtidas no único *tipo* de fundamento possível: o próprio protocolo, o próprio *specimen*, o próprio aparelho de experiência, quando não a negação ou denegação mais ou menos inconsciente e “conveniente” do *facto experimental* – isto é, num acto verdadeiramente fundador.<sup>123</sup> São, pois, razões instrumentais; algumas das quais, no seu melhor, alcançam o estatuto fundacional.<sup>124</sup>

---

<sup>120</sup> Calado, 2011, 477: Wöhler descreveu essa “grande tragédia da ciência”: o assassinio de uma bela hipótese (o vitalismo, a força vital, por um facto feio, os cristais de ureia num tubo de ensaio).

<sup>121</sup> *Ibidem*: 391f.

<sup>122</sup> Hunter, 2009: Caps. 11-13.

<sup>123</sup> Algo discutido em S. Shapin, S. Shaffer, 1985 (aliás no espírito dos *social studies of science*).

<sup>124</sup> Gaukrover, 2010: 153f. F. Gil assinala na mesma linha de revisão do fundacionalismo, se bem compreendo, que o valor do gesto experimental, na produção do *specimen* constitui “des activités de fondation, déjà à l’oeuvre dans la fixation du fait scientifique” porque o trilho *projectado* pelo cientista “ne se trouve codifié en aucun manuel d’instructions, il consiste dans ce qu’il faut faire pour satisfaire l’esprit chaque fois qu’il est question d’identifier et de reconnaître : il est dans cette mesure même légitime de parler d’activité de fondation” (F.

O que se articula, internamente, creio, com a soberania da *causalidade horizontal*. Mas há outras implicações bem mais gerais: a história da química e do mecanicismo parecia até há poucos anos bem enxertada no atomismo e materialismo dos filósofos e médicos antigos e estar perfeitamente “pegada” e assente; recentemente, um dos filósofos da ciência que mais penetrantemente se debruçou sobre o tema, Alan Chalmers, revisitou o assunto e avançou outra narrativa dos acontecimentos, sugerindo que o atomismo metafísico dos antigos não se expressa, nem se prolonga no mecanicismo de Gassendi, Descartes ou Boyle, nem se continua no corpuscularismo químico de Boyle, Berzelius, Dalton, ou Mendelieff<sup>125</sup> e ainda menos se concretiza e completa no atomismo físico de Perrin, Einstein ou Bohr.<sup>126</sup>

O dilema dos empiristas e experimentalistas (e, creio, a asserção mais “decisiva” deste pequeno trabalho), era/é o seguinte: “(...) a mechanical atomist such as Boyle cannot afford to give much scope to them [the arguments that observable behavior carries over into the unobservable micro-realm] because *they run counter to and undermine the main tenets of that philosophy*. If the mechanical philosophy is true then the world of interacting minima is qualitatively different from the observable world. (...)”.<sup>127</sup> É uma situação aporética tão válida, *prima facie*, para Boyle como para o mecanicismo cartesiano. Neste, os observáveis têm extensão, figura, movimento (e conta, peso e medida, como dizia Hipócrates em *Da Medicina Antiga*), mas também cor, calor/frio, humidade/secura, dureza/elasticidade, cheiro, sabor, etc. Os átomos de Boyle carecem destas últimas propriedades ou qualidades secundárias (o que era/é problemático...).

Devemos assumir que o corpúsculo, a micropartícula (novo objecto baconiano), resulta da instabilidade estrutural dos conceitos físicos acerca da natureza em época de transformações socioculturais rápidas ou que exprime um diferente aparato

Gil, 1998, De l'Épistémologie à la Philosophie par le Laboratoire, in R. Gesnerie, F. Hartog, Eds., *Des Sciences et des Techniques: un Débat*: pp. 173-184. Vd. uma discussão mais documentada incluindo a questão da *métrica* em MS Marques, 2011, cit., *Philosophia @LISBON*n.1

<sup>125</sup> Chalmers, 2009: 391 remodelando uma formulação de Hankins (op. cit: 109f, 117ff), que mostra como é errado ver os mecanicistas dos séculos XVII e XVIII como precursores da visão contemporânea (ou seja, a físico-química como base da biologia e da fisiologia), no já mencionado *Esquisse d'une Histoire de l'Idée de Nature*, Paris, Albin Michel, 1969: 89ff (cp. prefácio de J. Beaudé: 19f) antecipa esta leitura da história da física e da ideia de natureza. Mas há mais “(...) a criação da biologia como disciplina separada só ocorreu depois de uma forte reacção contra a filosofia mecanicista ter separado o estudo das coisas vivas da natureza inanimada e ter explicado a ‘vida’ através de princípios que não se aplicavam ao mundo inanimado. (...)” (Hankins, cit:117).

<sup>126</sup> Chalmers, 2009: 242ff, 261ff.; Calado, 2011: 340, contra e qualificando a tese sobre a história do atomismo de Alan Chalmers, 2009.

<sup>127</sup> Chalmers, *idem*: 104.

ideológico e respectivos estilo de pensamento e regime de prova ou que significa uma mudança de “paradigma” face às pequenas bolas, *filets* e vórtices de Descartes ou, ainda, que é “meramente” o efeito da sensibilidade barroca e de diferente alucinação pública artefacto- ou tecno-dependente?<sup>128</sup> Para arriscar uma (tentativa de) resposta a esta última questão de índole epistémica (e com o onus de justificar os seus “pressupostos” cognitivos bem pesados, de resto, como diria Fernando Gil), e abreviando, por escassez de espaço, uma exposição que deveria ser mais “perfeita”, chamo em auxílio o filósofo britânico (recorrendo ao seu último argumento, apocalíptico): “(...) if we should conceive that all the rest of the Universe were annihilated, it is hard to say what could be attributed to it besides Matter, Motion (or Rest), Bulk, and Shape.”<sup>129</sup> Podemos então desenhar o mapa provisório, tosco e aproximado de algumas categorias e dispositivos erradicados e/ou radicados na criação da ciência moderna:<sup>130</sup>

---

<sup>128</sup> Gaukrover, 2010; Bas van Frassen, *Scientific Representation*, 2008/2010; Marques, cit. 2011 (on line); Vd. § 6.

<sup>129</sup> Works, 2000, V: 315.

<sup>130</sup> Trata-se claro de uma síntese “muito impressionista” baseada essencialmente na minha leitura de Lenoble, Crombie, Foucault, Blumemberg, Duchesnaud, Chalmers, Gaukrover, Calado, Moran. Vd. também Giglioni, 1995, 3,2: 249-278; Giglioni, 1997, “The Machines of the Body and the Operations of the Soul in Marcello Malpighi’s Anatomy”. In D. B. Meli. (Ed.) *Marcello Malpighi, Anatomist and Physician*. Firenze, Leo S. Olschki, 1997, pp. 149-174; Duchesnaud, 2009 (in M. Dennehy, Ch. Ramond (eds), *La Philosophie naturelle de Robert Boyle*, Vrin, 2009 (D/R)

Aproximação à “genealogia” da filosofia natural de Boyle e sucessores		
	contexto teórico	doutrina experimentalista
fontes	alquimia; metafísica (escolástica), (filosofia galénica: não anatómica)	filosofia natural, pneumática, hidrostática, anatomia, microscopia, química
metáforas e argumentos	analogia; símio; escritura/livro; autômatos; decifração (código cifrado)	autômatos; relógio (& relojoeiro); pêndulo
condição epistémica	elementos, entelêquia, forma substancial, etc. ; refutação ou acomodação de teorias; causas aristotélicas; humores; <i>vis insita...</i>	séries; relação macro-micro; verificação da teoria; artefactual = natural; corpúsculos; finalidade externa e interna
problemas pregnantes	problemas todo/parte; mente/corpo; éter; <i>natura naturans</i> ; geração; vida	vácuo; calor; temperatura; <i>natura naturata</i> ; corrupção
ponto crítico (teste)	agência e corporalidade ( <i>subjectum</i> )/ gravidade e electricidade	fixação do facto (matéria, <i>substracto</i> ; <i>objectum</i> ); reversibilidade
aporias	criação de hipóteses e conceitos	princípios de conservação; invariância de escala
objectos futuros	éter; <i>spatium</i> ; infinitesimais	cálculo diferencial; teoria do calor; dinâmica; termodinâmica; etc.

De sublinhar que os problemas e argumentos de Boyle envolviam e envolveram não só a evacuação da forma substancial, como antes mencionado, mas também a expulsão da pregnância explicativa e metafísica da ideia de qualidade secundária. Todavia, segundo Chalmers, Gaukrover e outros, o programa boyleano de conhecimento experimental, se cuidadosamente revisitado, pouco se aproxima do ideal positivista e “imperial” que lhe sucedeu e se cumpriu com Comte e Claude-Bernard. Será, porventura, por “desdobramento” (*disinvolutio*), da obra de Sydenham que Boyle, Locke e, por via destes, o próprio Newton (da *querie* da *Óptica* “(how) to find in specific attractions the explanations for all the reactons studied in chemistry”), são devedores?<sup>131</sup> Esta é a conclusão, bem escorada e belamente argumentada, de S. Gaukrover, re-enviando a *De Anatomia* e a *De Arte Medica* de Sydenham/Locke.<sup>132</sup>

<sup>131</sup> Entre muita outra literatura para contextualização, Moran, 2005: 172ff.

<sup>132</sup> Sydenham, in K Denhurst, 1966: 85-93. Gaukrover, 2010: 163: “(...) the *Anatomia* questions whether the search for the understanding principles of respiration – mentioning such postulated functions as cooling, fermentation, and mixing particles – are capable of resolution, and they are dismissed as being of no relevance to medicine.”! Este, diz Gaukrover, é um dos “cornos” do dilema de Boyle. Noutros termos, também de Sydenham/Locke (in Denhurst, 1966: 89): de

Como, de resto, é sugerido por outros autores, a respeito de Isaac Newton: “Newton laid down stringent conditions that needed to be satisfied if a claim is to be regarded as sufficiently confirmed by observation and experiment as a part of science. (...) Newton’s atomistic matter theory is best seen, like Boyle’s mechanical philosophy, as a speculative matter theory supported by accommodating it to, rather than confirming it by, the phenomena. (...)”.<sup>133</sup> Tãmanha reformulação da história do atomismo, se bem leio a tese de Chalmers, supõe uma dualidade (ou equivocidade) em Boyle que se pode analisar, seguindo o “espírito” algo foucaultiano do anterior “quadro”, como se segue.<sup>134</sup>

Dualidades a ambiguidades do mecanicismo de Boyle		
filosofia natural	método experimental	Refs. principais
éter; teoria atômica	ciência mecânica, ou do artefactual para Boyle (vs leis do movimento, força e gravitação universal para Newton)	Chalmers, 2008:130ff, 162 Moran, 2005: 140
teoria corpuscular (e não química) de Boyle	Pneumática (Boyle); óptica(Newton)	várias
críticas ao cartesianismo e ao leibnizianismo	afinidade, substancia, reacção e composto químico (pós-Dalton)	Chalmers, 2008: 140
genealogia: semente helmontiana	corpúsculos de Boyle ( <i>sem</i> propriedades químicas)	Chalmers, 2008: 156

O ponto é que o próprio corpuscularismo de Boyle, sobretudo quando bem acomodado na filosofia mecânica, barra o acesso e inibe a criação de conceitos fundadores da química, nomeadamente, afinidade, substancia, reacção e composto, que só se começaram a constituir com a tabela de Etienne François-Geoffroy e as fórmulas e equações de Berzelius e Dalton.<sup>135</sup> Em paralelo desenvolviam-se as teorias cinemática e da dinâmica, dos gases, da electricidade e do magnetismo, do éter e do

---

igual modo, saber quem é o relojoeiro que fabricou “este” relógio desta e daquela maneira (ou anatomia) não equivale a compreender o seu funcionamento e a saber consertá-lo quando se avaria; os dois autores haviam invocado antes os novos conhecimentos da vida microscópica (os micro-organismos – de Hooke?) invisíveis a olho nu e a ignorância da “fisiologia”, da *materia medica* e das causas das doenças.

<sup>133</sup> Chalmers, cit: 130.

<sup>134</sup> *Ibidem*: 130ff.

<sup>135</sup> *Ibidem* : 141.

calor (que aqui não cabem).<sup>136</sup> Qual o alcance cultural destes progressos do espírito humano (para usar a expressão de Condorcet)?

## 5. O fermento iatromecânico

Em *O véu de Isis* Pierre Hadot nota que, a partir de Galileu, a física e a mecânica começaram a fundir-se e que a ideia de mecanismo, especialmente através da fecunda metáfora do relógio, significa doravante que a natureza é “arte” mecânica, é pensável como artefacto, como técnica.<sup>137</sup> Se, por um lado, a mistificação ou personificação da natureza ainda visíveis em Bacon desaparecem com Descartes e Boyle, por outro, a explicação mecânica rebaixa-se ao estatuto de hipótese.<sup>138</sup> Mas esta hipótese é o núcleo duro de um programa de investigação que ainda persiste: reificador, materialista, reducionista, fiscalista: “I consider the frame of the world, already made, as a great and (...) pregnant automaton, that like a *woman*, or a *ship* furnished with pumps, ordnance, &c., is such an engine as comprises or consists of lesser engines. And this compound *machine*, in conjunction with the laws of motion freely established and still maintained by God among its parts, I look upon as a *complex* principle, whence resulted the settled order or course of things corporeal.”<sup>139</sup> E os teóricos ou práticos, metafísicos ou experimentalistas mais radicais, sem reboço e sem resquícios da angústia pascaliana, sentem e proclamam com Voltaire: “*L’univers m’embarrasse et je ne puis songer/ Que cette horloge existe et n’ait point d’horlogier*”. No entanto, diz Hadot, dois princípios metodológicos arcaicos persistem: a pluralidade de caminhos (*methodos*) e de explicações possíveis para um mesmo fenómeno (o voluntarismo teológico: *sic*) e a insistência (“religiosa” ou metafísica, termos meus) em “salvar os fenómenos”; conjuga-os dialecticamente a noção humilde e cartesiana da expectativa de obtenção de mera *certeza moral* através da ciência e a constatação de que afinal Deus não pode tudo, como Galeno dissera em

<sup>136</sup> Para um apontamento sobre a história da temperatura e especulações filosóficas acerca representação ou imagem, da medida e dos instrumentos de medida vd. Marques, Oliveira, 2011e Marques, 2011, cit., *Philosophia @LISBON*n.1; para a história mais global vd. J. Calado, 2011.

<sup>137</sup> Hadot, *La Voile d’Isis*, 2004 : 138f. Mas alguns filósofos e investigadores pensam que as ideias de Huygens e outros sobre os fenómenos periódicos e a matemática do pêndulo reclamarão uma ideia platónica, a teleologia, e, talvez, figuras de transcendência.

<sup>138</sup> *Ibidem*: 148, 143 respectivamente.

<sup>139</sup> Boyle (*A Free inquiry into the Vulgarly Received Notion of Nature*, 1686) 1991:191.

*Uso das Partes*.<sup>140</sup> Afinal quais os contornos da iatromecânica (e iatromatemática; vão juntas)? A que paisagem cultural conduziu o mecanicismo? Se o seu fundo é galilaico-cartesiano-boyleano as figuras principais são barrocas. Este capítulo é um escorço grosseiro de um pequeno “recanto médico” dessa paisagem.

Descartes refere em carta a Plempius (1601-1671)<sup>141</sup> de 3.X. 1637: “J’ai clairement expliqué que les âmes des bêtes ne sont rien d’autre que le sang, à savoir, celui qui est rechauffée dans le coeur et subtilisé en esprits, se répand depuis les artères par le cerveau, et de là dans tous les nerfs et les muscles”.<sup>142</sup> Esta é uma controvérsia que se desenvolve no ano seguinte em torno dos mecanismos da actividade muscular e do batimento cardíaco. Plempius invoca primeiro a autoridade galénica e fala da “faculdade pulsífica” mas, numa réplica, avoca um argumento cartesiano contra Descartes “(...) il paraît difficile, pour ne pas dire impossible, de parler de dilatation ou d’ébullition du sang dans un organe insuffisamment chaud pour provoquer ce changement physique: ‘Le cœur n’a pas autant de chaleur que le feu ; aussi ne peut-il faire ce que fait le feu. Bien plus, chez les poissons, qui ont aussi bien peu de chaleur, qui sont des animaux à sang froid, le cœur bat pourtant tout aussi vite que chez nous’ (...)”.<sup>143</sup> Porém, numa aparente reviravolta de índole quimiátrica, e em carta do início de 1638, Descartes exclui a ebulição como causa principal da rarefacção do sangue em benefício da *fermentação*, propondo como modelo a fermentação espontânea do feno e o *feu invisible* que “emite”: “ (...) ‘J’estime qu’elle [la dilatation] se fait de cette façon : lorsque le sang commence à bouillir dans le cœur, la majeure partie est déjà lancée dehors par l’aorte et la veine artérielle, mais il en reste aussi au-dedans une certaine quantité, qui remplit le fond des recoins des ventricules, acquiert un nouveau degré de chaleur, et devient comme une sorte de levain, qui fait lever la pâte du pain ou bouillir le vin ou la bière’. La réponse de

---

<sup>140</sup> Ibidem: 145. O que convoca a divindade pós-holocausto carente de ajuda no seu trabalho de criação, de um Hans Jonas. Os mais diferentes autores chamam a atenção para confusões e erros frequentemente repetidos na historiografia da revolução científica: a ideia que a filosofia do estagirita não permitia a observação e a experiência (o que também ignora os factos conhecidos da medicina hipocrático-galénica, e não apenas na sua fase alexandrina) e a falsa convicção de que a ciência e filosofia dos modernos excluía as causas ocultas e até a figura do Deus Criador, entidade que quer Boyle, quer Newton explicitamente reclamam como fundamento dose seus Sistemas do Mundo. Mas este é um Deus que se encolhe, que se recolhe, após o dia da Criação. (M. Tamy, “Atomism and The Mechanical Philosophy”, in RC Olby, GN Cantor, JRR Christie, MJS Hodge, *Companion to the History of Modern Science*, Routledge, 1974/1996: 597-608: 598).

<sup>141</sup> Médico holandês, porventura o maior opositor vivo de Descartes.

<sup>142</sup> Descartes (ed. Alquié), vol. I: 786-787, carta que remete a “prova” ao Levítico e ao Deuteronomíco.

<sup>143</sup> Carta de Janvier 1638, AT 498 (cit por Delphine Kolesnik, *La machine du Corps*, Conf.<sup>a</sup> UNL, CHC, Lisboa 17 Dez. 2011)

Plempius revient à retourner contre Descartes lui-même l'accusation initialement portée contre Plempius, Galien et Harvey, de recourir à des entités chimériques : 'vous recourez (...) à un ferment du cœur qui raréfie le sang ; j'ai peur que ce ferment ne soit imaginaire (...).'<sup>144</sup>

Podemos sintetizar então a matriz da fisiologia e da medicina cartesianas a partir da figura do triângulo hipocrático (o doente, médico, a doença), e constatar que configura uma relativa hibridação entre quimiatria e iatromecânica:

Fundações da Medicina Cartesiana ( <i>Traité de l'Homme</i> )		
Médico	Manter a saúde	Critério: prolongamento da vida
Doente	Centro: bomba cardíaca e fermentação União corpo-alma: imaginação	Curas da alma-e-do-corpo e curas do corpo
Doença	Causa; Remédios naturais	Explicação: estase sanguínea

Se a posteridade do mecanicismo no campo médico é melhor conhecida (a esmagadora – e salvadora – parafernália maquinal e instrumental dos nossos hospitais e laboratórios científicos), as suas difíceis e ambíguas origens são sistematicamente subestimadas. Seleciono a título ilustrativo dois pontos: a teoria do reflexo e a teoria da praxis clínica.

Em primeiro lugar a teoria do reflexo nos séculos XVII e XVIII. Sabemos, depois dos estudos de G. Canguilhem, que Descartes *não* inventa uma teoria do (arco nervoso) reflexo, mas apenas expõe uma mecânica de reflexão (analogia com a imagem no espelho?), pois a sua teoria da *res extensa* (e, correlativamente, da *mens*) operava como um obstáculo epistemológico à “aplicação” da ideia de movimento circular do sangue aos movimentos dos “espíritos” entre os nervos e o cérebro, como se observa nos desenhos no seu *Traité de l'Homme*.<sup>145</sup> Ao contrário, os iatromecânicos italianos, Borelli (1608-1679) e Baglivi (1666-1707) admitindo a existência de um suco nervoso em movimento de vaivém compreenderam a circularidade dos “sinais” nervosos.<sup>146</sup> A questão mais vasta e interessante releva, naturalmente, da heterogeneidade da *vis nervosa* e da natureza do espírito e Haller (médico, fisiologista, poeta) viu bem que a química tinha introduzido uma cesura definitiva, formulável em termos da oposição chama/luz. Assim, por um lado a

<sup>144</sup> Cit. por Delphine Kolesnik, *ibidem*, 2011.

<sup>145</sup> G. Canguilhem, *La formation de la Théorie du Reflexe aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles*, PUF, 1955 :47, 51.

<sup>146</sup> Ganguilhem, cit, 2005: 50ff.

centralidade da flama, do fogo e do ar, partilhados por Descartes, Berkeley e Willis versus a centralidade da *lux*, do éter, partilhado por Newton, Friederich Hoffman (1660-1742) e Haller – o que terá implicações na explicação da fisiologia do movimento muscular, da irritabilidade, da sensibilidade e da “reactividade”.<sup>147</sup> Por conseguinte, a fronteira entre a iatroquímica e a iatromecânica está longe de ser estática e estanque: Sylvius (François de la Bøe, 1614-1672) e van Helmont influenciaram o pensamento de Thomas Willis que Guyénot (com a aprovação de Canguilhem) valoriza.<sup>148</sup> Significativamente, recorde, Willis era um dos membros do círculo oxoniense de Boyle, e é a ele que se atribui a descoberta do movimento reflexo.

Quanto à praxis médica, o campo da clínica é de tal modo especial e singular, geral e particular, frágil e inseguro que *exige* evidentemente (entre outras “ferramentas”) uma noção do corpo e uma teoria da doença (nosológica, fisiopatológica, etiológica, etc.). Limite-me aqui a uma brevíssima “caricatura” da teoria de um médico mais tardio, do período das Luzes, Friederich Hoffmann (condiscípulo e depois adversário de Stahl), exemplar a vários títulos dos destinos do mecanicismo. Paul Hoffmann, que estudou a sua obra de considerável dimensão, salienta que nele “a ciência do vivo é uma fenomenologia transformada em sistema no qual se coíbiu de usar entidades nominais e animistas, como alma, sujeito, intencionalidade e inteligência” e que foi um assumido anatomista harveyano, para quem a origem do movimento é o éter (criado pela divindade), matéria subtil que penetra os corpos.<sup>149</sup> Revela que na base do sistema de F. Hoffmann uma indecisa escolha entre a alma triuna de Galeno e o dualismo de Descartes e sublinha a noção de *conspiratio* “maravilhosa” entre a *mens* e o sangue, de forma a que a desordem de um se comunica ao outro; para o *clínico* que foi, em Berlim, médico pessoal de Frederico I, a doença é “uma variação do movimento das partículas”.<sup>150</sup> F. Hoffmann cooptou ideias do mecanicismo cartesiano e ideias corpuscularistas, bem visíveis na abertura da sua fisiologia da saúde, da vida, da proporção e da natureza: 1. “O nosso corpo é como uma máquina ou autómato cujos órgãos variam em forma e dimensão e estão disposto e construídos numa posição e ordem particular. (...) 2. As partes do corpo são sólidas e fluidas (...). 7. A vida é efectuada por causas inteiramente mecânicas. A mente não dá vida ao corpo, nem a vida é orientada para a mente, mas

---

<sup>147</sup> *Ibidem*: 83.

<sup>148</sup> *Ibidem*: 57; E. Guyénot, *Les Sciences de la vie aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, L'idée d'Évolution*, Albin Michel, 1957 : 153.

<sup>149</sup> Paul Hoffmann, *Corps et Cœur dans la Pensée des Lumières*. Pr. Univ Strasbourg, 2000 : 56.

<sup>150</sup> Paul Hoffmann, *ibidem*: 69, 78.

para o corpo. 8. Quando o corpo humano morre não é a mente que se afasta do corpo mas o corpo da mente, uma vez que os órgãos do corpo se corrompem e a mente não mais os pode governar (...).”<sup>151</sup> Hoffmann, com Boyle e Descartes, foi das figuras que mais influência teve em Boerhaave (1668-1738), o famoso calvinista professor de Medicina da Universidade de Leiden, mecanicista, químico e botânico, “tutor de toda a Europa médica”, que revalorizou o exame clínico diário à cabeceira do doente e a introdução da rotina quotidiana da medida da temperatura.<sup>152</sup>

É instrutivo comparar (mesmo muito esquematicamente) as variações entre teorias da vida e do corpo (e da doença) de alguns médicos-filósofos e filósofos-médicos mais significativos dos séculos XVII e XVIII, que exprimem a evolução interna do mecanicismo, conservando porém traços da fisiologia de Descartes e de Boyle (para quem, aliás, a textura orgânica ou *fabrica* que não se identifica com corpo nem com vida). Seja a seguinte “pintura” a traços muito grossos:

Glisson: adopta e desenvolve o programa de *Da Geração*, de Harvey; propõe a teoria da irritação e irritabilidade baseada na teoria da fibra, dotada de *robur* ou *vis insita* e de percepção natural; corpo fibrilar/fibroso; hilozoísmo;

Boyle: o corpo é uma máquina hidráulica-pneumática; modelo do relógio; inicia o corpuscularismo precursor do atomismo químico moderno;

Baglivi: na lógica do autor de *De fibra motrice et morbosa* o corpo é químico-mecânico: o coração/sangue comanda as fibras motoras, musculares dos vasos & das entranhas; as fibras “percebem as sensações”;

Hoffmann: “o corpo humano não é uma ‘pura máquina’; centralidade do sangue e da sua fermentação; antecipa a ideia de “homeostase”;

Stahl: o corpo é um misto muco-adiposo de terra subtil, dotado de tenacidade e de ductilidade e é corruptível; o corpo é passivo; co-inventor do conceito de organismo; alma é *vis medicatrix naturae*;

Leibniz: o corpo é *machina hydraulica-pneumatica pyrotecnica*; co-inventor do conceito de organismo; a mónada; o *spatium*;

---

<sup>151</sup> Hoffmann, Fundamentos da Medicina, 1695 “Livro 1. Fisiologia - Cap. 4: Das partes sólidas e fluidas da máquina humana, especialmente do sangue. Cap. 5: do movimento vital da nossa máquina e da sensação. (...) 4. As fibras motoras, os seus vários entrelaçamentos e as suas várias tecituras, são o instrumento orgânico do movimento dos fluidos animais. (...); 8 Os espíritos animais, pela sua natureza móvel e expansiva, fluem para as fibras, que contraem e dilatam (...). A configuração do músculo muda, mas não a massa.” Livro 2. Patologia médica - Cap. 1: Das doenças em geral e das suas causas (...) Cap. 5: Das doenças originadas pela circulação sanguínea desigual ou difícil. 1. A circunstância mais importante da vida e da saúde reside na circulação do sangue. Aqui portanto devemos procurar a origem de muitas doenças. (...)” (in R. French, Ed, *History of Medicine Readings*, Penguin Books, 1971).

<sup>152</sup> R. Knoeff, *Herman Boerhaave (1668-1738): Calvinist Chemist and Physician*, Royal Neederlands Academy of Sciences, 2002.

Boerhaave: “(...) um médico deve apetrechar-se com e racionar com as verdades da anatomia, química e mecânica com a filosofia natural e experimental (...)”.

E assim se consumou a passagem da teoria dos humores e do galenismo para o mecanicismo e deste à sensibilidade das Luzes, eliminando (ou transmutando?) imagens, “mitemas” e “filosofemas” médico-escolásticos. Criando outros. O mecanicismo e a sensibilidade barroca e “pré-romântica” afinal não parecem tão descontínuos e antagónicos, pelo menos no campo médico: nem num Haller, para quem “a fibra está para a fisiologia como a linha para a geometria”, nem num Diderot, para quem o *prodígio* é a vida, isto é, a sensibilidade; a fibra seria específica do animal simples enquanto o homem é um animal composto; se a sensibilidade depende da acção dos nervos a irritabilidade depende dos músculos.<sup>153</sup>

Procurei analisar factual e contextualmente a heterogeneidade dos caminhos e a singularidade do destino do corpuscularismo, anotando as ambíguas transversalidades com a medicina: Goethe afirma, numa das pérolas que nos legou, que “as causas mais próximas que captamos são compreensíveis e, até mesmo por via disso, são as mais compreensíveis. Consequentemente pensamos de bom grado *mecanicamente* aquilo que é de ordem superior (ao puramente mecânico)”.<sup>154</sup> Teremos ou não razões suficientes para estar de acordo?

## 6. A lógica realista da (bio)química e o essencialismo

Poder-se-á pensar que, por linhas menos direitas, o judaísmo e o cristianismo alimentaram o atomismo e o mecanicismo (e a metafísica e a física, a mecânica e a medicina), enxertados nas cepas vigorosas da filosofia pré-socrática e da medicina metodista.<sup>155</sup> A inquirição modo judicial e o método testemunhal (o juramento), já estavam na medicina na anamnese e na observação (em grego *basanos*, nos textos do Corpo Hipocrático) e na ciência, na *vexatio* da natureza, na anatomia, na análise, no

---

<sup>153</sup> Compare-se com Cudworth (excerto de *The True Intellectual System...*, 1678 in C.A. Partridges, *The Cambridge Platonists*, Cambridge, 1980/1969: 288-325): a natureza plástica, determinada por princípios imateriais inconscientes que informam a matéria (depois de Deus), executa parte da acção providencial, a saber, o movimento da matéria (não se identifica com o hilozoísmo de Glisson). Escorado na pregnância da oposição mundo das qualidades e mundo das quantidades, Robert Lenoble (op. cit.: 242f, 273,331) defende a incompatibilidade e imiscibilidade entre vitalismo e mecanicismo, uma ideia que não parece resistir aos factos.

<sup>154</sup> Goethe, cit., # 1238.

<sup>155</sup> Desde o Génesis “ide e tomai posse do mundo”: Danton S. Sailor: *Moses and the Atomism*, J. Hist. Ideas, 25: 3-16, 1964; Hadot, cit.: 142.

choque, na explosão.<sup>156</sup> Ora é muito interessante que o topos *deisidaimonia* – superstição – tenha sido transferido, *manu medica*, para o campo das paixões da mente a exigir remoção ou reparação: como para a ira, há que excisar a superstição.<sup>157</sup> O ponto central, aqui, é que o cristianismo foi – contra a filosofia antiga – um antídoto mais poderoso que o veneno da *superstitio* e da magia, uma droga mais forte que a doença: bênçãos, “curativos” e exorcismos (perdão, “cura” da culpa, em nome de Deus, segundo a *sua* promessa). Contra o galenismo, contra o nominalismo ibérico,<sup>158</sup> iatroquímicos, iatromecânicos e filósofos naturais estavam a desbravar os nossos caminhos. A ciência moderna, sugiro, ofereceu uma panaceia mais forte e maquinal do que a medicalização e a domesticação da magia e da superstição, mas pagou alto preço e Goethe viu-o melhor que todos: “Que a Natureza que a nós (os homens de hoje) nos ocupa já não é nenhuma Natureza mas antes uma essência totalmente diferente daquela com que se ocupavam os gregos”.<sup>159</sup>

Num aforismo esclarecedor, Goethe afirma que “os gregos chamavam ‘entelecheia’ (enteléquia) a uma Essência que está sempre em função”.<sup>160</sup> É inegável, creio, que o médico tende espontaneamente, ou antes, é constrangido a privilegiar uma posição de realismo forte acerca da doença – e, por conseguinte, uma posição essencialista –, como, aliás, recentemente, defendeu Brian Ellis, a propósito da “filosofia química” do cientista da natureza e do filósofo natural.<sup>161</sup> Num tom acentuadamente neo-aristotélico Ellis recusa, como outros essencialistas, o “paradigma” ou modelo das ciências da linguagem e da imagem para iluminar os campos epistémico e epistemológico e reclama o regresso à coisa-ela-mesma, com os

<sup>156</sup> Hadot, op. cit.: 107 cita *Da Arte* do Corpo Hipocrático.

<sup>157</sup> Dale B. Martin (*Inventing Superstition. From the Hippocratics to the Christians*, Harvard, 2004: 120ff, 127) diz-nos que para a interpretação médico-filosófica, porventura originária, da noção de *deisidaimonia* (superstição) a figura central foi Celso. E terá sido Séneca que mais contribuiu para a inversão metonímica que converteu a *deisidaimonia*, *superstitio* numa paixão doentia como a vergonha e o medo, apesar da disposição tolerante do *Digesta* (12.5.51) de Justiniano que, volvidos três séculos, atribuía igual validade a todos os Juramentos, independentemente do deus invocado (ou não fora ele de origem eslava e Teodósia uma ex-“serva”). No dealbar da modernidade foram os filósofos libertinos quem melhor e mais audaciosamente combateu a superstição e o dogma (*Filosofia Clandestina. Cinco Tratados Franceses do século XVIII*, R. Schöpke e M. Baladi (Eds.), Martins Fontes, 2008).

<sup>158</sup> Des Chenne, 1996: 93.

<sup>159</sup> Goethe, cit: # 1364.

<sup>160</sup> Goethe, cit: # 1365

<sup>161</sup> Brian Ellis, *The Philosophy of Nature*, 2002. Acerca da lei natural e da necessidade, Ellis salienta a importância da distinção preliminar entre possibilidade epistémica e possibilidade metafísica. (*ibidem*:114).

seus nexos causais.<sup>162</sup> Espera Ellis, igualmente, “desenvolver uma lógica realista da química que não apenas explica o raciocínio instancial (*instance reasoning*) mas também ajude a alcançar o tipo de processo racional (*reasoning process*) que esteve envolvido no desenvolvimento da teoria química, visto que a teoria química é um excelente estudo-de-caso dos géneros naturais (*natural kinds reasonings*)” sem quaisquer concessões à complexidade do real (como Boyle ensinou).<sup>163</sup>

Resiste, ainda, sabemos, uma antiga arte: a praxis clínica, onde a *fenomenalidade* não pode deixar de reinar, a evidência (no sentido estrito, isto é, de auto-evidência, à maneira de Fernando Gil) era (é) originariamente posta por dispositivos hápticos e ópticos que um aparelho linguístico depois conjuga: as operações da evidência declinam-se como uma passagem ao acto (*acting out* e *acting in*).<sup>164</sup> Propõe no encontro clínico, como é sabido, a relação, o “contacto”, melhor dizendo, o “contágio” do (se) sentir, do (se) pensar, do (se) dizer (narrativo): a intersubjectividade, a escuta, a empatia, a narratividade, a transferência. Os quatro humores (fleuma, bÍlis amarela, bÍlis negra, sangue) da medicina hipocrática e os três elementos aristotélicos que representavam os três estados físicos da matéria (terra, água e fogo) foram desconstruídos pela revolução química: eram alucinações? A alucinação queima? Ou sangra? Mas viu-se que a água e o ar eram compostos e que havia uma variedade imensa de “terras”, todas se liquefazendo ou vaporizando se levadas a temperaturas suficientemente altas.<sup>165</sup> A sensibilidade, a metáfora da colisão (a potência explosiva da pólvora no canhão) o corpo próprio do experimentador foi crucial no dealbar da ciência moderna, como terá ficado demonstrado.<sup>166</sup> O atomismo químico, cuja ideia poderia ter emergido logicamente das discussões entre químicos a propósito da lei das proporções definidas proveio, na realidade, da teoria dos gases perfeitos e da teoria do calor e da termodinâmica: então se chega à teoria da valência química e à invenção da tabela periódica dos elementos com Mendelejeff (1834-1907).<sup>167</sup> “O empirismo elevado/intensificado ao incondicional é filosofia da

---

<sup>162</sup> Resolvendo, diz, o problema da indução (Ellis, cit.:134). Note-se que um argumento muito semelhante é utilizado por van Frassen, *Scientific Representation* (2008/2010), que tem uma orientação filosófica contrária.

<sup>163</sup> Ellis, cit.:139. As ciências indiciárias ou prudências apoiar-se-ão ainda no raciocínio instancial, na casuística, na singularidade, na racionalidade morfológica (como antigamente o pensamento preternatural, e com a mesma incerteza, os mesmo riscos, a mesma fluidez)? – cp. Daston, Park, cit.

<sup>164</sup> F. Gil, *Traité de l'Évidence*, Grenoble, 1993: 229.

<sup>165</sup> Hankins, 1985/2002:111

<sup>166</sup> Vd. também C. Lawrence, S. Shapin (Eds.) *Science Incarnate. Historical Embodiments of Natural Knowledge*. Chicago, 1998.

<sup>167</sup> Hankins, 1985/2002:110.

natureza”,<sup>168</sup> talvez por isso a biologia como ciência só nasceu após uma forte reacção romântica contra a filosofia mecanicista: o preço foi o axioma da imanência?<sup>169</sup> É desta arte de milenares purgas e sangrias que virá a panaceia universal? Não é o que todos desejam e esperam? Ou será mais uma grande e, porventura, fatal superstição?

Voltemos agora atrás, a Descartes, e notemos que a “resposta de Plempius significa devolver a Descartes a acusação inicial deste contra Plempius, Galeno e Harvey, de recorrerem a entidades quiméricas”;<sup>170</sup> em segundo lugar, voltemos à categoria de Boyle “que constitui a fonte invisível, oculta, das propriedades reais do ouro”, a textura;<sup>171</sup> em terceiro lugar, recordemos que a atracção não é da família da *sympatheia*, ou da conspiração universal e que apesar de oculta não é obscura como os vórtices, fluidos, polés e *filets* cartesianos, e é demonstrável por meio da observação, da experiência e da matemática; seja, em quarto lugar, o homúnculo de Leeuwenhoek (1623-1723), que foi, sem dúvida, um objecto imaginado, alucinatório, “mito-lógico” que, aliás, despertou uma vaga de justificado entusiasmo pela observação microscópica; ao contrário, em quinto lugar, as *tables de rapports* das substâncias químicas ou tabelas de intensidade de Étienne Geoffroy não fazem mais que descrever as afinidades relativas de substâncias metálicas, ácidas, alcalinas, etc.<sup>172</sup> Parece-me que se pode convocar, a respeito pelo menos de algumas destas entidades quiméricas e obscuras, a noção da alucinação como operador da evidência de F. Gil e esteio improvável de uma (necessidade) lógica realista. É o que me proponho fazer no resto de este trabalho para determinar o seu estatuto ontológico. Pode dizer-se que o problema de Boyle em *The Origin of Forms and Qualities according to Corpuscular Philosophy* e noutros textos afins, resultou do esvaziamento de sentido e perda de relevância de representações – então notoriamente inadaptadas, irreais, imaginárias, ininteligíveis, órfãs –, como forma substancial e qualidades essenciais, e, no fim de contas, sem poder explicativo nenhum, como a virtude pulsífica do coração ou virtude sonífera do ópio. Nesta perspectiva, a primeira pergunta é: o corpúsculo de Boyle não apenas consubstancia um problema bem posto, como se tratou de uma feliz alucinação?

Vejamos então para aproximação (mais fundada na ortodoxia) a uma resposta, de jusante para montante, uma outra interpretação consagrada acerca de *A ideia de natureza*. Collingwood afirma que na física moderna (atómica) “a matéria possui

<sup>168</sup> Goethe: # 1373.

<sup>169</sup> Assim se poderia talvez explicar a abolição da transcendência. Resistem, engendram, alguns *praedicamenta* transcendentais as ciências cognitivas e a nova genética/epigenética estão prenhes deles.

<sup>170</sup> Do § 5.3.

<sup>171</sup> Boyle, 1991: 57 e § 4.2.

<sup>172</sup> Moran, 2005: 177.

características próprias, sejam químicas ou físicas, apenas porque se move: o tempo é consequentemente um factor do seu próprio ser e esse é o fundamento do movimento” e determina os três principais dualismos da nova teoria da matéria:

- (i) impacto/ atracção,
- (ii) éter/ matéria bruta, e,
- (iii) quantidade física/ qualidade química.

A estes acrescenta as dualidades

- (iv) matéria/ movimento e
- (v) matéria/ espaço (e espaço-tempo com a relatividade).<sup>173</sup>

Salta à vista que estas categorias são impotentes para pensar a vida, a “geração”, a circulação e outras funções vitais, a “corrupção”, a doença, porventura o próprio cadáver (a morte).<sup>174</sup> E *a fortiori*, a agência (vontade), a paixão, o sofrimento, a dor. Sugiro que os quatro elementos, a forma substancial, as quatro qualidades (e as qualidades ocultas), o próprio elemento Tempo seriam pelo menos tão inaptos (para a sensibilidade e o pensamento *experimentalista* ou instrumental de um Boyle e de seus correligionários), para *descrever* e explicar os fenómenos naturais e a “fábrica do mundo”.<sup>175</sup> Qual é o *status*, o lugar do corpuscularismo? Do mecanicismo? Do atomismo? – A resposta imediata, numa primeira aproximação, só poderá ser a de campos do saber normalizados ou paradigmas à Kuhn, normativizados à Foucault, esteios de verdades científicas bem fundadas na sua época, resistentes aos “testes” empíricos, à falsificação, que permitiram... chegar mais longe.

Um *status* de ciência sem privilégios epistémicos nem cognitivos, a não ser – e já não é pouco – o poder fixar o facto (objectivo), definir o inteligível (e ininteligível), estabelecer o regime de prova (e demonstração), estatuir o protocolo e aparato experimental, produzir o tratamento estatístico dos dados e a norma de explicação racional... A tese elemental de F. Gil é a de que o operador decisivo de auto-evidência é alucinatório: é uma faculdade projectiva, a atenção na sua função *animata*, “animal”: *index sui et veri*.<sup>176</sup> O *self* pontual de um Locke e o saber encarnado de um Boyle supõem a teoria implícita em que “(...) a auto-estima e a

---

<sup>173</sup> Collingwood, *A ideia de natureza*, 1971: 164,188, respectivamente.

<sup>174</sup> Ninguém ignora as imprevisíveis dificuldades de diagnosticar hoje a morte (cerebral) em certos casos de coma, designadamente em estados vegetativos persistente ou nos chamados *minimal conscious states*.

<sup>175</sup> Boyle, 1991: 180; S. Shapin, “The Philosopher and the Chicken: On the Dietetics of the Disembodied Knowledge”, C. Lawrence, S. Shapin (Eds.) *Science Incarnate. Historical Embodiments of Natural Knowledge*. Chicago. University of Chicago Press, 1998, pp. 21-50.

<sup>176</sup> F. Gil, 1993, cit.: 113.

adesão a si não podem ser esquecidas (...)”; esta adesão a si é bem o teor fenomenológico mais aparente do eu: “(...) As suas dimensões são corporais e pulsionais, afectivas cognitivas (...) e metafísicas (...). O seu principal operador é uma imaginação que actua em todos os registos e não só no da percepção (...)”.<sup>177</sup> Os sucessivos operadores da evidência juntam imagens, representações, sentimentos, metonímias, metáforas, proposições (o sistema percepção/linguagem) em um acto cognitivo. O fundamento último da evidência é, de facto, alucinação primitiva: mais que cinestesia ou sensação visceral, menos que significante lacaniano reúne “(...) as condições negativas de um operador, é um pôr em forma sem significação própria, capaz de ordenar o sentido e de o transformar em realidade. A representação da palavra é nela representação de coisa, a qual não é representação, mas muito simplesmente coisa, pura estesia. O desbaste do sentido faz-se na direcção da exterioridade. (...)”<sup>178</sup>. Não deixa de ser extraordinário que um notável filósofo (e filósofo da ciência), van Frassen, proponha que os constructos científicos são quiméricos, ficcionais, *alucinações públicas*.<sup>179</sup> Parece-me encontrar aqui alguma proximidade de intuição com a de Fernando Gil, que não vai tão longe, no entanto. Com efeito cada representação (científica) é não só contentual e contextual, relacional e intensional, mas sobredeterminada pelo seu uso, e, ainda, é definicionalmente inexaurível. Se bem entendo, Van Frassen, descrente (?) do estruturalismo empírico, pois ele implica o isomorfismo estrutural *de dicto*,<sup>180</sup> parece projectar todos (?) os objectos baconianos no espaço alucinatório (“delirante”) dos colégios de sábios; F. Gil, ainda visa a legitimação da representação científica (e, numa glosa do *Tractatus* acerca da forma figurativa, responde) em obra de há uns anos: “(...) É sobre a representatividade da proposição que se estabelecem todos os sistemas representativos, assim como as metalinguagens em que são definidos (...)”;

<sup>177</sup> F. Gil, *Modos da Evidência*, Lisboa, 1998: 47.

<sup>178</sup> F. Gil, *Tratado da Evidência*, Lisboa, 1995: 226, 175n 103

<sup>179</sup> Van Frassen, 2008/2010, *op.cit.*: a “alucinação” ou imagem de uma coisa real, uma árvore reflectida num lago é (e tem) um invariante local (a árvore), em contraste com a miragem no deserto ou o arco-íris (p. 105). A situação aplica-se tanto a um van Leeuwenhoek ou Hooke com as suas lentes como a um Newton: “(...) essentially the very same sort of thing as Newton did with his prisms – namely, imitate the ability of nature to create public hallucinations (...)”; contudo sobre a imagem do microscópio podemos ainda perguntar: “(...) is it really of something real or is it not? That is always a question of fact transcending the experience itself.” (ibidem, pp. 105ff). Não tematizo aqui o “axioma” de van Frassen que faz da representação mental um oxymoron.

<sup>180</sup> Van Frassen: 2008/2010: 317, 386n8.

invertendo, depois o programa de Goodman: o que importa é discernir o fundo incondicionado e primitivo representativo.<sup>181</sup>

O que é a biomedicina, a medicina molecular, senão uma disciplina especial, uma quasi-ciência biológica, uma quasi-ciência humana (ou antropológica)? Enquanto clínica é uma arte prudencial, sempre dividida entre a parte o todo, sempre inventora de sentido, com *philia*, achado o *oligokairos*. “When a poor Patient lyes sick of a dangerous Disease, the aim of his recourse to a Physician is, to be cur’d by him, or at least to be reliv’d. But if he desired no more than that the Physician should do him no hurt, its surest course were not to send to a Physician at all; For then he needed not fear to be killed by him”.<sup>182</sup> Eis numa fórmula lapidar a violência originária da medicina, o princípio *primo non nocere*<sup>183</sup> questionado a propósito das doenças agudas e do “acaso” (para empregar a expressão hipocrática), mas, sobretudo, a incompressível incerteza na decisão e no resultado, hoje tão difíceis de admitir, reconhecer e aceitar... tudo ancorado numa lógica realista da química e bem fagocitado pelo essencialismo histórico-eliminativo, a imanência científica e outras meta-categorias de uma filosofia natural tardo-moderna.

## **7. Conclusão: que imanência? que panaceia universal?**

Não sendo o lugar para comentar as recentes propostas de Bruno Latour e seus seguidores sobre a teoria da acção-rede, quero focar para concluir o axioma da imanência tal como discutido por Hans Jonas e opor alguns contextos e traços sociológicos dos saberes científicos da era clássica e os da tecnociência de hoje, com achegas de Merton e Ziman.<sup>184</sup>

---

<sup>181</sup> F. Gil, *Mimesis e Negação*, 1984 : 47, 51. Compare van Frassen (*op. cit.*, p. 238): “Essential to an *empirical structuralism* is the following core construal of the slogan that *all we know is structure*: (I) Science represents the empirical phenomena as embeddable in certain *abstract structures* (theoretical models); (II) Those abstract structures are describable only up to structural isomorphism”. Mais em Marques, 2011, cit., *Philosophia @LISBON*n.1.

<sup>182</sup> Boyle, escrito entre 1660-1680?, in Hunter, *Boyle Against the Galenists...*, 1997, p. 334.

<sup>183</sup> Que como bem notou Gonçalo Marques, se devia aplicar à paisagem, ao campo, à cidade, à arquitectura, etc.

<sup>184</sup> Latour, 1997/1991; Hans Jonas, *op.cit.*

Contextos e Saberes da Ciência clássica e da Tecnociência actual (adapt. de Latour, com elementos de Merton e Ziman)	
Idade clássica (modernidade)	Não (ou pós-) modernidade
O trabalho de purificação não tem relação com o de mediação. A Natureza e a Sociedade são totalmente distintas; a Natureza é transcendental mas mobilizável (imanente)	Não-separabilidade da produção comum da Natureza e da Sociedade. A liberdade redefine-se como combinatória de híbridos que já não dependem de uma <i>duração homogénea</i> (exs: IPODs; OGMs).
A sociedade é imanente mas ultrapassa-nos infinitamente. Transcendente	Continuidade da naturalização (objectiva) e da socialização (livre). Imanente.
Princípios da ciência “pura” ou aplicada: imanência e (segundo Merton) comunismo, universalidade, desinteresse, originalidade, cepticismo	Princípios da ciência industrial ou tecnociência (Ziman): local, autoritária (autárquica), “comissionada”, especializada, etc. Produção de <i>híbridos</i> , explícita e colectiva
O Deus elidido está ausente mas assegura a ligação entre os dois domínios da Natureza e da Cultura	Olvido de Deus e do valor... Cultura ideal: uma democracia alargada que opere como reguladora da actividade produtiva

Um dos campos que se perfilou para testar a interpretação severa de Latour (e de outros pensadores que compartilham ou não a sua “ideologia científica”) foi a história da teoria corpuscular e do mecanicismo.<sup>185</sup>

Poderíamos acrescentar que conceitos antes pregnantes como preternatural, *complexio*, constituição, depleção e repleção, prudência, *pneuma*, etc., perderam o esteio e novas figurações surgiram para corpo (corporalidade), coração, sangue, *arqueu*, flogisto, irritabilidade, acção/reacção, percepção, objectivo (*objectum*, objectividade), subjectivo (*subjectum*, subjectividade), doença, infecção, febre, putrefacção, geração, força (*vis*), ar, vácuo, sexualidade, *cogitatio*, vesania, etc., etc. E chegavam ideias inauditas como probabilidade, termómetro, temperatura, átomo químico, molécula, reacção química, organismo, energia, metabolismo, célula, etc. Sem esquecer a invenção de novas ferramentas que alargaram o campo do conhecido e do mensurável: a balança de dois braços, o microscópio, o termómetro (de álcool,

<sup>185</sup> Na terminologia de Boyle, que pretendeu com ela evitar as agruras das implicações religiosas, metafísicas e políticas dos conceitos de atomismo e de materialismo mas não evitou os escolhos e as polémicas acrimoniosas com Hobbes e seus correligionários (Hunter, 2009: 136ff).

de mercúrio, etc.), a bomba pneumática, o higroscópio, o manómetro (de mercúrio), etc., e os gabinetes de curiosidades e as colecções deram lugar a novos espaços como os laboratórios, as academias, os salões e os cafés... A atitude epistémica que lhes subjaz deve muito a Boyle, ao seu exemplo e ao *ethos* que promoveu, com os seus pares e adversários, por essa Europa fora, *ethos* que se alimenta do *rigor* alegre que “tocou” Gaston Bachelard e Fernando Gil.<sup>186</sup>

Muitos tópicos activos de investigação foram forçosamente postos de lado: desde a relação, há anos suscitada por Peter Machamer, (i) entre o revivalismo do individualismo e o ideal do método experimental boyleano, (ii) do vitalismo à causalidade (a causa final e a causa eficiente), (iii) da estrutura/ mecanismo (função) aos limites do conhecimento e à incomensurabilidade, mas sobretudo, (iv) a interferência de valores, dogmas e superstições, ideológicos ou religiosos, na ciência. Alguns, poucos, mitos científicos e médicos foram aflorados e pode conjecturar-se, que, entre outras razões mais relevantes, a longa estabilidade do aristotelismo, da escolástica médica, do dualismo pré- e pós-cartesiano, se deve à persistência do galenismo (ou humoralismo), à modalidade de inquirição clínica essencialista (aqui superficialmente aludida) e à teoria médica (etiologia, nosologia, terapêutica, etc.) que, como a obra de Boyle mostra, foi um travão à modernidade e à revolução da ciência como “panaceia universal”, ao espontâneo e “natural” regime de prova e ao modo internalista de justificação, mesmo de uma medicina literata e da filosofia natural dos modernos.

---

<sup>186</sup> Marques, 2010, cit.: 154.



**Dossier**

**Gaston Bachelard**



## Nota de Abertura

Lídia Queiroz  
(CFCUL)  
[lmqueiroz@fc.ul.pt](mailto:lmqueiroz@fc.ul.pt)

No 50.º aniversário da morte de Gaston Bachelard (1884-1962), a revista *Kairos* dedica um *dossier* àquele que é considerado um dos maiores filósofos e historiadores da ciência do século XX. Para assinalar esta efeméride, o CFCUL organizará ainda, em Dezembro de 2012, o “Colóquio Internacional Bachelard” que terá lugar na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

O presente *dossier* consta de dois textos, a saber: o primeiro, a tradução, da nossa autoria, da “Introdução” da obra *Les Intuitions atomistiques (Essai de classification)* de Gaston Bachelard, realizada directamente a partir da segunda edição da mesma (Vrin, 1975, pp. 1-15), e o segundo, um ensaio de um historiador da ciência – Christoph Lüthy, motivado pela leitura dessa obra e especialista em teorias da matéria/iconografia atomística.

No conjunto da vasta obra de Gaston Bachelard, *Les Intuitions atomistiques* não tem recebido a atenção que merece. Aliás, o mesmo se verifica com os seus trabalhos sobre epistemologia da Química e da Física. Para além disso, há que reconhecer o lamentável destino de uma obra acerca da qual nem sequer se indica correctamente a data da sua primeira edição. Por toda a parte, constatamos que aparecem as referências mais díspares: 1932, 1933, 1935 e até mesmo 1953! Não poderíamos deixar de apontar e resolver este problema de datação, podendo afirmar que a primeira edição é de 1933 (Boivin) e a segunda é de 1975 (Vrin). O que acontece é que na primeira edição do livro aparecem duas datas: “Société Française d’Imprimerie, 1932” e “Boivin, 1933”. Isto provavelmente significa que o livro foi *impresso* no final de 1932, mas estava disponível *no mercado* no início de 1933 – como conjecturou Christoph Lüthy, a quem partilhámos a constatação do problema. A data oficial é, portanto, 1933 (e não 1932, nem as outras datas supra citadas).

Esta obra de Bachelard não tem sido objecto de estudo aprofundado e raramente é citada. Também não existe uma qualquer tradução integral da mesma. Brevemente (em 2013), e no âmbito do projecto “Bachelard. Ciência e Poética” do CFCUL, a primeira tradução da obra *Les Intuitions atomistiques* de Gaston Bachelard estará disponível ao público. Para este *dossier*, seleccionamos a respectiva “Introdução” pois nela o filósofo oferece um apanhado da “complexidade fundamental da atomística” (colocando em destaque alguns dos problemas e aspectos a abordar relativos ao tema), que ajudará o leitor a seguir e a compreender a evolução do atomismo até à contemporaneidade. Conforme anuncia Bachelard na “Introdução” do seu livro, “o nosso objectivo é destacar os traços intuitivos das doutrinas atomísticas, mostrar também como uma intuição se torna um argumento e, por fim, como um argumento procura uma intuição para se tornar mais claro. (...) tomaremos então o direito de colher amostras de momentos muito diferentes do desenvolvimento filosófico. (...) Se pudermos identificar alguns desses princípios essenciais da filosofia atomística, e se nós dermos uma primeira classificação totalmente provisória de intuições e de argumentos, o leitor deste livro poderá talvez ler mais rapidamente livros mais abrangentes e comparar, com maior clareza, os trabalhos inumeráveis dos filósofos do atomismo. É para esta tarefa simples, absolutamente preliminar, muito pedagógica, que nós gostaríamos de ter trabalhado de forma útil.”

Esperamos que o pequeno *dossier* que aqui apresentamos desperte no leitor o desejo de conhecer esta obra bachelardiana. Um estudo aprofundado da epistemologia bachelardiana exige que se conheça o seu diálogo com a história do atomismo e um conhecimento mais amplo dessa história poderá contribuir para melhor se compreender os “obstáculos epistemológicos” que impedem o abandono do “espírito pré-científico”.

Para finalizar, gostaria de deixar aqui expressos os meus sinceros agradecimentos a três pessoas que deram um valioso contributo para que este *dossier* viesse a concretizar-se. À Professora Olga Pombo agradeço o amável convite para pensar e organizar livremente um *dossier* em homenagem ao pensamento de Gaston Bachelard. Ao Christoph Lüthy gostaria de agradecer ainda a disponibilidade para contribuir para a consecução deste projecto e o extraordinário envolvimento com que o fez. O último agradecimento é dirigido à Alexandra Van-Quynh, pela pronta ajuda no esclarecimento de dúvidas quanto à tradução de algumas expressões da língua francesa.

# INTRODUÇÃO

## A complexidade fundamental da atomística

Gaston Bachelard (1933)

### I

É infortúnio de todas as grandes doutrinas o facto de, ao evoluírem, se contradizerem e não poderem enriquecer-se sem perder a sua pureza e luz originais. As definições que estão na sua base tornam-se obscuras numa aplicação repetida. As próprias palavras perdem a sua raiz, o uso ofusca-lhes a etimologia. Se a convenção que estas palavras designavam primitivamente é feliz, ela não tarda a tornar-se uma regra. Dito de outro modo: o sentido estrito, se é bastante preciso para esclarecer uma noção realmente útil, exige, pelo próprio uso, o sentido lato. Que uma noção chegue assim, ao ampliar a sua extensão, a contradizer etimologicamente o termo que a representa, isso não poderia então ser uma objecção decisiva contra essa noção. Isso seria antes um sinal de que ela saiu do domínio das meras definições de palavras, para se tornar um verdadeiro categorema.

Brunschvicg<sup>1</sup> mostra que, de Demócrito a Lucrécio, instalara-se já uma contradição na hipótese atómica e que duas grandes doutrinas, reunidas sob o mesmo signo, mas de aspirações e destinos diferentes, vão conjuntamente até à era científica. O atomismo teria assim assimilado o seu contrário desde o primeiro esforço de extensão. Ele teria passado muito rapidamente do sentido realista ao sentido categoremático. O átomo, tomado antes de mais como um objecto de uma intuição, teria oferecido ao pensamento a oportunidade de um método discursivo para um estudo analítico do fenómeno. Todo um mundo mesclado de imagens e razões estaria então já em potência nas primeiras doutrinas do atomismo. Esta aparência mesclada

---

<sup>1</sup> Brunshvicg, *L'Expérience humaine et la causalité physique*, p. 381.

persistirá naturalmente quando o desenvolvimento filosófico vier enriquecer as doutrinas.

Nestas circunstâncias, talvez seja bom proceder a uma análise, e mesmo a um desmembramento, para isolar de forma adequada os elementos dispares das doutrinas que, sob um mesmo nome, escondem pensamentos tão diversos. O nosso objectivo foi o de preparar esta análise e de oferecer aos estudantes os meios ou a ocasião para ordenarem as suas ideias. Certamente, o nosso trabalho não poderia afastar o espírito dessa associação, com os sistemas individuais, que permite compreender neles a unidade. Se as nossas análises têm um sentido, elas nada mais farão que facilitar a compreensão e, sobretudo, a comparação das doutrinas. Com efeito, alguns elementos claramente destacados podem servir como centro de exame. Toda a triangulação reclama dois pontos fixos e bem visíveis. Se os elementos que isolamos correspondem a factos notáveis, a triangulação que propomos poderá fornecer um plano para a descrição minuciosa dos sistemas.

Eis aqui já, aliás, um traço que pode ajudar a aproximar os capítulos separados deste pequeno livro. Este traço mostrará que nós mesmos hesitaríamos em opor definitivamente as doutrinas que separamos: com efeito, parece-nos que as duas direcções apontadas por Brunschvicg, nas explicações primitivas pelo átomo, são tão exactamente inversas que elas indicam verdadeiramente, mais do que linhas de análise, um movimento epistemológico de vaivém, igualmente claro e fecundo. Dito de outro modo, a anti-simetria das doutrinas é tão perfeita que ela testemunha uma certa solidariedade nas soluções em vez de uma heterogeneidade dos objectos de investigação. Com efeito, dois sistemas de pensamento que encontram os mesmos elementos, na mesma relação, na mesma ordem geral, mas somente em sentido inverso, são no fundo redutíveis a uma única forma. Em suma, estes dois sistemas seguem os movimentos paralelos mas inversos da análise e da síntese. Eles são mais complementares do que opostos. Eles verificam-se um pelo outro e é em vão que se gostaria de lhes destruir a solidariedade, dedicar-se a um livrando-se do outro.

No domínio da atomística, a análise e a síntese têm um significado tão preciso, material e geral que será talvez conveniente insistir no estilo de prova recíproca que tomam uma relativamente à outra, esses dois tipos de pensamento, esses dois tipos de explicação, esses dois tipos de experiência.

Um dos pensamentos dominantes desta obra será o de mostrar que se procura efectivamente o átomo quando se analisa o fenómeno, mas que, ao mesmo tempo, não se justifica o atomismo a não ser na síntese, indicando como se pode conceber uma *composição*. A prova por um elemento último dotado de uma realidade evidente, por um átomo que no término de uma análise se teria na ponta do dedo e que responderia pela sua realidade só a todas as questões, seria definitiva. Ter-se-ia aí uma espécie de

análise absoluta que escaparia à reciprocidade. Este método teria concluído a substituição dos «como» pelos «porquê». E, no entanto, ter-se-ia assim esquecido uma questão, último refúgio do «porquê» invencível: com efeito, o que nos dará a razão da *composição*? Ao ponderar o problema, apercebemo-nos que a razão que desencadeia a simples composição de dois átomos não pode residir inteiramente na *natureza* de cada um dos dois átomos. Somos então confrontados com duas conclusões igualmente necessárias e todavia divergentes: por um lado, se o elemento componente podia acomodar todas as características do composto, seríamos levados a concluir que, na realidade, não há nenhuma composição. É então uma explicação puramente verbal, como aquela que parte de um átomo muito rico. Por outro lado, é certo que as composições mais soltas, mais simples (como, por exemplo, a justaposição ou a mistura), participam pelo menos na potência informante do espaço. Vê-se bem neste caso que o átomo não se basta a si mesmo, que se é obrigado a atribuir-lhe um *fora de* e que as suas relações com o exterior constituem uma espécie de realidade de segunda ordem que vem mais tarde ou mais cedo enriquecer os átomos que se tinha acreditado poder postular duma pobreza extrema. Assim, como teremos muitos exemplos, ou o átomo é muito rico e o problema – todavia real – da composição não tem sentido, ou então o átomo é muito pobre e a composição é incompreensível.

É inútil, então, procurar uma análise absoluta. Será sempre preciso julgar a análise pela síntese que ela promove. Da mesma forma, uma síntese não será compreendida como tal a não ser graças a uma análise antecedente. É unindo a análise e a síntese que nós damos a estes dois modos de pensamento todo o seu valor.

Então, se nós temos a sorte de encontrar, sobre um problema específico, uma reciprocidade de estilos tão exactamente complementares quanto aquela que observa Brunschvicg no centro da explicação atomística, temos alguma garantia de manter um ritmo de explicação válido, na condição de reunir os dois aspectos. Nós temos uma filiação de pensamentos tanto correcta como objectiva. O *objecto* não está numa direcção em vez de outra, ou melhor, a objectivação não se fará mais pela análise do que pela síntese, pois a objectivação é produzida pela geminação correcta e clara da análise e da síntese. A perfeita reversibilidade de uma tal explicação concilia os valores lógicos e empíricos do conhecimento; ela representa, no conhecimento experimental, o máximo de homogeneidade.

Naturalmente, essa homogeneidade é pouco visível nas doutrinas da Antiguidade e é certo que Brunschvicg podia notar, entre Demócrito e Lucrécio, a divergência que manifestam os pensamentos simples logo que eles diferem. Com as reservas que fizemos, essas duas primeiras formas de atomismo podem então servir-

nos de sinais para classificar à primeira vista os aspectos do nosso problema. Vamos caracterizar um pouco mais de perto essas duas *direcções epistemológicas*.

## II

Antes de mais, qual é a direcção da explicação democritiana? E, em primeiro lugar, qual é nela o ponto de partida?

Nesta doutrina, começa-se por romper claramente com as qualidades do fenómeno e atribui-se aos corpúsculos elementares, que deverão determinar a explicação, características completamente heteróclitas e até opostas às características visíveis no fenómeno. É assim que o átomo receberá as propriedades *perfeitas*: dureza, imutabilidade, eternidade, aptidão para a forma geométrica e para a simetria. Assim, tomado na sua essência, o pensamento do atomismo primitivo parece-nos de uma verdadeira audácia teórica. Ele não teme desviar-se da experiência para impor uma via *racional* à realidade.

Foi dito muitas vezes que a escola de Demócrito foi inspirada por um verdadeiro espírito científico. No entanto, isso não basta para caracterizar esta escola, pois o espírito científico é pelo menos duplo, conforme ele acentua o lado teórico ou o lado experimental do conhecimento. É mais no primeiro sentido que nos parecem dirigir-se os primeiros atomistas gregos. Contudo, eles não suspeitam de nada; eles crêem estar a observar, mas já raciocinam. Também a nossa apreciação global é conciliável com o juízo histórico de Bréhier, que lembra a vida de viagens e observações de Leucipo e de Demócrito. Portanto, quando nós temos que procurar no pensamento moderno o destino da intuição democritiana, é um atomismo clara e parcimoniosamente construído que deveremos considerar. Nesta linha de evolução, nós veremos constituir-se uma verdadeira axiomática do átomo; dito de outro modo, dar-nos-emos conta de que a atomística apreendida nesta via nada mais é, em certos aspectos, que o *conjunto* de postulados indispensável para a explicação geométrica e mecânica do fenómeno. Tanto é assim que poderemos dizer, numa das nossas conclusões, que o átomo reifica as condições suficientes, senão necessárias, da construção teórica do fenómeno.

Na verdade, o ponto de vista em que se posicionam os defensores de Demócrito não tem uma unidade tão clara, que nós mostrámo-lo esquematizando ao extremo o seu pensamento, muitas vezes mesclado. Em particular, não ignoramos que há motivos para se reter mais comumente o carácter experimental da sua epistemologia, sobretudo quando contrastado com a metafísica de escolas opostas; mas, na nossa perspectiva, a parte experimental da doutrina é, racionalmente falando,

uma parte fraca, pois aparece totalmente heteróclita no conjunto da explicação geral. É na medida em que a construção se inspira no fenómeno que ela se adapta mal às características atómicas postuladas. Desejava-se que esta construção encontrasse o fenómeno sem o procurar, seguindo o desenvolvimento de uma verdadeira matemática. Se ela fosse desenvolvida por pura lógica, seguindo o próprio valor da combinação racional de elementos postulados, talvez tivesse falhado a sua síntese, experimentalmente falando; mas ela tinha sido, pelo menos, uma síntese intrinsecamente correcta. Além disso, as circunstâncias da falha teriam talvez levado a rectificar o ponto de partida. Pelo contrário, como um pragmatismo latente inflecte incessantemente o desenvolvimento lógico, não se vê aparecer na ciência física antiga as condições de uma salutar verificação. Para finalizar, a análise (que pretende fixar as características do átomo) e a síntese (que pretende construir o fenómeno) estão desconexas; elas não se reúnem, não se verificam então. Bem se pode dizer que o esforço experimental e o esforço teórico da doutrina obedecem a dois impulsos distintos e que, com Demócrito, o espírito científico ainda não foi capaz de aproximar as duas correntes que encontram, na sua convergência, a unidade do fenómeno com certeza racional.

Tentemos agora apreender, na explicação epicurista, a característica que nos poderá dar um novo sinal para a classificação de toda uma classe de doutrinas atomísticas.

Esta característica dominante é que, longe de romper – desde os seus pensamentos iniciais – com a experiência comum, a doutrina de Epicuro toma sem hesitação, do fenómeno em geral, as propriedades já prontas para as transportar ao elemento de explicação. Na verdade, como acabamos de referir, Demócrito, como todos os positivistas, não chegou a exorcizar a finalidade da explicação; mas pelo menos ele fez um grande esforço para escondê-la, para reduzi-la, e, no seu sistema, mesmo que se guie pelas características fenoménicas, pretende-se construí-las. Pelo contrário, em Lucrécio, explicita-se o carácter fenoménico mesmo ao nível do domínio dos postulados escolhidos para a explicação. Brunschvicg apresenta a prova sobre um caso especial. A liberdade é certamente o que é mais difícil de construir<sup>2</sup>. Como os desenvolvimentos democritianos não chegarão aí, seremos levados a afirmar um determinismo na doutrina democritiana estrita. É interessante notar que o determinismo apresenta-se aí como uma hipótese; nenhuma experiência o prova, e mesmo nenhuma experiência o indica. Pelo contrário, as doutrinas epicuristas

---

<sup>2</sup> É talvez inconcebível que a construamos, que a deduzamos, ou mesmo que a provemos que não seja experimentando-a. Ela contradiz toda a coordenação. «Nulle part l'idole de l'explication n'a fait surgir plus d'apories insolubles que dans les questions relatives à la liberté.» (Jankélévitch) *Revue de métaphysique et de morale*, Dezembro de 1928, p. 457.

admitem uma verdadeira liberdade aos átomos, com a suposição do desvio sem causa, do *clinâmen* que não exige nenhuma explicação pois que se atribui directamente ao átomo. O átomo encerra, então, no seu interior todas as propriedades exteriores da liberdade. Compreende-se como será fácil de inserir, num mundo de determinismo assim relaxado, a liberdade humana com todas as suas características, todo o seu devir, os seus impulsos de toda a ordem. Mas uma tal dedução engendra imediatamente um círculo vicioso pois limita-se a reconhecer o que se tinha postulado.

Assim, sobre este problema específico do papel e do lugar da liberdade na síntese do fenómeno, percebe-se a oposição de dois tipos de doutrinas que começam com Demócrito e com Lucrécio. Num sistema, a solução é impossível; no outro é, por assim dizer, demasiado fácil. Para caracterizar esta oposição remontando à própria essência dos métodos gerais a que aludimos um pouco mais acima, podemos notar que nas doutrinas de inspiração democritiana há falha na síntese; ao contrário, nas doutrinas que derivam de Lucrécio não existe verdadeiramente um movimento epistemológico em profundidade, nenhuma análise real. Em ambos os casos, estamos bem longe de ter associado, com vista a uma verificação mútua, uma análise e uma síntese, uma vez que se permanece, claramente, no próprio plano da hipótese inicial.

Para finalizar, uma outra conclusão decorre dessa primeira classificação tosca: é o pensamento de Demócrito que nos parece, enquanto o mais erudito, tomar menos elementos da realidade. Ele será sempre mais ou menos solidário de uma filosofia idealista. Pelo contrário, é a doutrina de Lucrécio, menos severa e menos cuidadosa na escolha das suas bases, que nos parece mais próxima do fenómeno e, afinal, mais realista.

### III

Portanto, tínhamos talvez razão para afirmar que um dos sistemas não continua o outro e que, com Lucrécio, o atomismo é retomado, repensado a partir da sua base e para outros fins. Este poder de originalidade e renovação, que uma identidade na denominação poderia encobrir, persiste aliás nas escolas atomísticas mais recentes. Se o nosso objectivo fosse traçar o desenvolvimento histórico das doutrinas atomísticas – tarefa verdadeiramente desnecessária após a admirável obra de Lasswitz, seríamos levados a assinalar muitas vezes a mesma disparidade de métodos, o mesmo aspecto fragmentado das conclusões. Na filosofia, existem talvez poucos exemplos tão claros de independência e solidão de doutrinas como no desenvolvimento da atomística. Actualmente, são muitos os académicos que se recusam a associar as filosofias de

Demócrito e de Lucrécio ao atomismo científico moderno. Atrevemo-nos a ir mais longe: as doutrinas do atomismo antigo não nos parecem ter propagado uma influência real nos tempos modernos; elas não inspiraram verdadeiramente as teorias de Gassendi, Huyghens, Boyle, nem as investigações de Dalton. Com efeito, nós não podemos colocar, por conta de um verdadeiro ensino, a intuição – em suma, imediata –, que entrega-nos os traços fundamentais da concepção atômica. Para o atomismo, nada há de semelhante a estas influências que atravessam os séculos e que – às vezes escondidas, às vezes evidentes – trazem o platonismo, o cartesianismo, o panteísmo, mesmo nas mais diversas doutrinas, tornam fecundo um pensamento, estabelecem uma relação de parentesco entre sistemas. Por exemplo, quando Bacon cita Demócrito é, no fundo, para lhe prestar a simples homenagem pela *palavra* «átomo». No máximo, ele toma o filósofo grego por mestre de uma aversão declarada e metódica à metafísica. Isso não deveria ser suficiente para propor Demócrito como o primeiro adepto do espírito experimental e positivo. No entanto, essa oposição ao espírito metafísico – algo obscura e mesmo imprecisa, que aparece assim que a examinamos um pouco mais – equivale a reportar o atomismo à experiência apenas. E este apelo à experiência, que pode dar à doutrina uma garantia de permanência, vai ao mesmo tempo explicar-nos que esta doutrina se espalhe sem que se deva, no entanto, falar de influência de pensador para pensador.

Com efeito, uma vez que a intuição teve o seu ponto de partida na experiência, esta intuição pode desenvolver-se entregando-se à própria força da experiência. Mesmo que se acrescente que ela *deve* desenvolver-se assim, isto é, que o primeiro cuidado deve ser o de descartar as sugestões da escola para olhar o facto com outros olhos, compreender-se-á que o atomismo apresenta-se quase sempre na história da filosofia como uma reacção contra a história, como a afirmação de um direito de tratar o problema do real numa experiência directa.

No entanto, essas pretensões científicas ficam aquém e os séculos passam sem que elas possam constituir-se num método geral. Além disso, o espírito metafísico não abandona, por simples declaração, as doutrinas atomísticas, e a propósito do conceito muito específico de «átomo», as ideias mais diversas – também as mais pessoais – ligam-se em construções claramente arbitrárias. Existe um corpo de doutrinas mais mesclado do que o atomismo como um todo? Será que ele vai do materialismo ao monadismo? Da unidade material, num monismo da qualidade apenas diferenciada por características espaciais, à diversidade fenoménica mais prodigiosa? Como resolver a aparente contradição entre a simplicidade e a uniformidade do ponto de partida e a complexidade dos desenvolvimentos? Será talvez suficiente notar que, por um lado, o que se transmite é uma palavra e um convite à experiência, por causa da estabilidade e da conformidade, e que, por outro

lado, o que se desenvolve é uma filosofia como as outras onde a intuição individual coloca a marca da sua fantasia.

Além disso, essa filosofia atomística tem uma dialéctica tão clara que em todas as épocas vê-se reaparecer quase invariavelmente a mesma dualidade, as mesmas divisões entre as várias maneiras de conceber o átomo. Renouvier fez notar que as filosofias pré-socráticas dividem-se «em tantas doutrinas que é possível estabelecer princípios gerais e contrários para explicar a natureza e a causa dos seres»<sup>3</sup>.

Isto é ainda mais verdadeiro acerca das doutrinas atomísticas. Pode-se então esperar encontrar uma classificação clara, senão racional, apesar da diversidade histórica de doutrinas.

#### IV

Uma tal observação justifica talvez, em parte, o método expositivo que escolhemos nestes estudos. Como mencionado anteriormente, o nosso objectivo é destacar os traços intuitivos das doutrinas atomísticas, mostrar também como uma intuição se torna um argumento e, por fim, como um argumento procura uma intuição para se tornar mais claro. Precisávamos de desagregar os sistemas para neles destacar bem os elementos. Nestas circunstâncias, tomaremos então o direito de colher amostras de momentos muito diferentes do desenvolvimento filosófico. Vamos misturar épocas, em vez de misturar géneros. Descartaremos também o que é accidental e especificamente histórico em certas concepções. Sendo a história da filosofia uma história da razão e da experiência, talvez não seja sem proveito enumerar de vez em quando os dados da razão e da experiência. Se pudermos identificar alguns desses princípios essenciais da filosofia atomística, e se nós dermos uma primeira classificação totalmente provisória de intuições e de argumentos, o leitor deste livro poderá talvez ler mais rapidamente livros mais abrangentes e comparar, com maior clareza, os trabalhos inumeráveis dos filósofos do atomismo. É para esta tarefa simples, absolutamente preliminar, muito pedagógica, que nós gostaríamos de ter trabalhado de forma útil.

Eis, em linhas gerais, o plano destes estudos. Seguindo no próprio trilho da dualidade que assinalámos em jeito de introdução, dividimos as nossas investigações em duas séries de capítulos.

Tomaremos, em primeiro lugar, o *atomismo que se assemelha às escolas realistas*. Este é o mais simples, o mais ingénuo. Teremos que mostrar como ele se

---

<sup>3</sup> Mabileau, *Histoire de la Philosophie atomistique*, p. 52.

encaixa num realismo geral. No entanto, a fim de abordar mais comodamente o exame, começaremos por apresentar o que cremos ser a base intuitiva de qualquer atomismo; quando tivermos isolado os meios de conhecimento ou as possibilidades de imaginação, estaremos em melhor posição para avaliar o alcance de pensamentos metafísicos. Então, ver-se-á melhor que o atomismo realista é uma metafísica como as outras, ou seja, distante da verificação experimental.

Antes de avançar para outras escolas, mostraremos que o atomismo realista afasta um problema essencial que iremos descrever: o problema da composição fenoménica. Vamos dedicar-lhe um breve capítulo.

Numa segunda parte do nosso trabalho, examinaremos depois, sempre no mesmo espírito de análise livre e artificial, os diversos tipos de atomismo mais ou menos próximos da filosofia idealista<sup>4</sup>. Distinguiremos sucessivamente:

*o atomismo positivista* – tão engenhoso e prolixo nas suas restrições que ele encontra, por vezes, uma forma de passar por realista nas suas afirmações experimentais, embora seja incontestavelmente idealista no que diz respeito à hipótese que o sustenta por todo;

*o atomismo criticista* – apropriado para associar-se às mais diversas teses científicas;

E, por fim, discutiremos os princípios do atomismo científico moderno. Sem entrar no terreno propriamente científico, mostraremos alguns princípios filosóficos que marcam com traços totalmente novos o pensamento atomístico moderno. Veremos convergir aí os esforços da razão e da experiência. Tratar-se-á então de racionalizar a investigação experimental, juntar axiomas, preparar teoremas, produzir os *efeitos* físicos previstos pela Física matemática. O papel e o lugar das intuições serão abalados: as intuições não serão mais os *dados* que nós exploramos e organizamos, mas simplesmente as *formas* pelas quais nos exprimimos. O atomismo moderno aparecer-nos-á então como essencialmente discursivo, proteger-se-á cuidadosamente das intuições metafísicas *a priori* e substituirá as primeiras imagens por axiomas (ou melhor, ele apenas aceitará essas imagens como formas de ilustrar os axiomas). No domínio em questão, esta *sistemática da suposição* que caracteriza a ciência moderna poderia talvez legitimar o nome de *atomismo axiomático* que proporemos.

Portanto, se o nosso trabalho, como um todo, deve ter sentido para um estudo dos princípios da ciência contemporânea, deve-se ver aí uma tarefa de catarse. Ao conhecer de uma maneira discursiva e detalhada as intuições metafísicas tradicionais,

---

<sup>4</sup> Louis Weber mostrou o carácter idealista do atomismo moderno. Ver: *Vers le Positivisme absolu par l'idéalisme*, p. 24 e seg.

poder-se-á parar mais facilmente a acção exagerada dessas intuições num domínio onde elas não podem ser mais do que metáforas. Diante do infinitamente pequeno da matéria, testemunhamos uma ruptura com a nossa experiência; para examiná-la, é preciso dar à razão toda a sua disponibilidade. Por outras palavras, a microfísica contemporânea é a ciência de um mundo novo; a metamicrofísica deverá ser feita, com base em novas experiências, com novas categorias.

(Tradução: Lídia Queiroz)

# **On Atomistic Intuitions and their Classifications. Some Remarks on Gaston Bachelard's *Les Intuitions atomistiques (Essai de classification)***

Christoph Lüthy  
(Center for the History of Philosophy and Science, Radboud University Nijmegen)  
[c.luethy@ftr.ru.nl](mailto:c.luethy@ftr.ru.nl)

Gaston Bachelard explained that he had written his classificatory essay, *Les Intuitions atomistiques*, in order to help students find their way through the terrible conceptual jungle that according to him was hiding behind the simple word ‘atom’.<sup>1</sup> Bachelard’s essay of 1933 is insightful and brilliantly written. It may therefore be surprising to learn that, despite its qualities and the author’s fame, *Les Intuitions atomistiques* was reprinted only once, in 1975, and has never been translated.

## **At the end of a century-long debate over ‘atomism’**

One of the reasons for why Bachelard’s essay did not enjoy a wider diffusion might be that it was written at the exhausted end of a long and fascinating period of controversial publications over the truth and legitimacy of atomism. This period had initiated a century earlier and had involved philosophers, chemists and physicists. By the 1930s, when Bachelard wrote his essay, the philosophy of science had turned to other issues, such as the implications of relativity theory for categories such as time and space, and the questions of regarding determinism and causality that were triggered by the Copenhagen interpretation of quantum physics.

---

<sup>1</sup> Gaston Bachelard, *Les Intuitions atomistiques (Essai de classification)*. Paris: Boivin, 1933, 2: “Dans ces conditions, il est peut-être bon de procéder à une analyse, et même à un démembrement, pour bien isoler les éléments disparates des doctrines qui, sous un même nom, cachent des pensées si diverses. Notre but a été de préparer cette analyse et de fournir aux étudiants des moyens ou des prétextes pour classer leurs idées.”

In order to understand the debate of which Bachelard's classificatory essay marks the end, we must remember that until roughly 1900, the question of the existence of the atom had by no means been resolved. French chemists, for example, collectively rejected atomistic models, preferring a continuist conception of matter. Two powerful French chemists, Jean-Baptiste Dumas and, one generation later, Marcelin Berthelot, both of whom Bachelard mentions in his *Intuitions*, "at a given moment created a certain scientific dogmatism against which it was very difficult to struggle."<sup>2</sup> Dumas' view was unequivocal: "If I were master of the situation, I would efface the word atom from Science, persuaded that it goes further than experience and that, in chemistry, we should never go further than experience."<sup>3</sup> The alternative that was available in the middle of the nineteenth century was to follow Berzelius and to take 'atom' and 'volume' as interchangeable expressions, and to explain through it Faraday's discovery of the fixed proportionality between the quantity of electrochemical decomposition and the already well-known chemical equivalents.

At the 1860 Karlsruhe Congress, 140 distinguished chemists engaged in a heated debate over the scientific status of atoms, molecules, radicals and equivalents. Echoing that controversy, the Académie des Sciences battled over atomism in 1877. "Who has ever seen a gas molecule or an atom?," Berthelot asked polemically.<sup>4</sup> In *La théorie atomique* of 1879, Charles Adolphe Wurtz tried to answer Berthelot; his purpose was to show that atoms were not facts, but constituted a fertile hypothesis. What was at stake in the French debate was thus not only the possible reality of atoms, but also the role of hypothesis, of imagination – and of *intuitions scientifiques*, a term cherished by French scientists and philosophers alike, even before Bachelard used it in his *Essai de classification*.

Of course, once the atom's existence had finally been proven experimentally at the turn of the century, even the most obstinate French chemists surrendered. And yet, the atom's ultimate triumph was nothing if not a Pyrrhic victory, because what the physicists had proven to exist did certainly correspond to the ultimate quantitative unit of chemical substances, but at the same time, it turned out that it was not an 'atom' at all: it was not an 'uncuttable entity' ('a-tomos'), as its name suggested, but was instead a composite with a very small nucleus and a distant shell of electrons.

In the decades preceding this unexpected turn of events, and notably between

---

2 René Taton, *Causalité et accidents de la découverte scientifique*. Paris: Masson, 1955, 141, trans. and cited by Mary Joe Nye, *Molecular Reality. A Perspective on the Scientific Work of Jean Perrin*. London, Macdonald, 1973, 6.

3 Quoted in Maurice Caullery, *La science française depuis le XVIIe siècle*. Paris: Armand Collin, 1933, 6.

4 Quoted in Nye, *Molecular Reality*, 7.

1840 and 1900, numerous philosophers, physicists and chemists had defended their atomist or anti-atomist views in books, essays and pamphlets. The modern reader may be surprised to find that many of these authors took recourse to history, relying on what some of them called a ‘historico-critical method’, which combined a traditional exegetical approach to the interpretation of old texts with a Kantian meaning of ‘critique’. The epitome of this method is constituted by Kurd Lasswitz’s two-volume *Geschichte der Atomistik* of 1890, which Bachelard greatly admired as the best historico-critical treatment of atomism.<sup>5</sup> This type of argumentative recourse to the historical pedigree of atomism was also popular in France: we encounter it in Léopold Mabilleau’s *Histoire de la Philosophie atomistique* (1853) as much as in Arthur Hennequin’s *Essai critique sur l’hypothèse des atomes dans la science contemporaine* (1896), both of which Bachelard quotes repeatedly. The same also holds true for that eminent neo-scholastic French chemist, Pierre Duhem, who tried to revalidate the Aristotelian concept of mixture against the allegedly Democritean matter theory of contemporary ‘English’ chemistry. His essay *Le mixte et la combinaison chimique: essai sur l’évolution d’une idée*, which voiced its anti-atomism at a surprisingly late moment, also figures in Bachelard’s account.

Today, we are accustomed to a situation in which the ontological entities inhabiting the exact sciences lead a life that is entirely independent of all philosophical control. The nineteenth-century situation is strikingly different from ours. For, in that period, one does not only find French chemists battling their English colleagues, but also philosophical idealists, who followed Hegel in rejecting atomism, crossing their swords with Neo-Kantians, who instead defended the epistemic and scientific value of the concept of atom. We furthermore encounter philosophers trying to tell scientists which theory to accept and which to reject; and conversely, we find scientists buttressing their theories by reference, not just to epistemological and metaphysical reasoning, but also to the philosophical arguments taken from such historical authors as Democritus, Lucretius, Kant or Hegel to buttress or to rebut the validity of the concept of ‘atom’. Take, for example, Thomas Sterry Hunt’s *Chemical and Geological Essays* of 1875. Relying on an Aristotelian terminology, Hunt insists that chemical union can be no “juxtaposition, as conceived by the atomistic chemists,” but has to involve the “interpenetration” of parts (as it brings about a new ‘species’). This, Hunt adds, was clearly understood by Hegel who stated that “the chemical process is an identification of the different and the differentiation of the

---

<sup>5</sup> Bachelard, *Les intuitions*, 9: “Si notre dessein était de retracer le développement historique des doctrines atomistiques – tâche vraiment inutile après l’admirable ouvrage de Lasswitz – [...]”

identical.”<sup>6</sup>

On the other side of the fence, we encounter someone like Gustav Theodor Fechner, who in his *Über die physikalische und philosophische Atomenlehre* stated that “the question concerning atoms is maybe the point where today’s philosophy and today’s natural sciences clash most severely and then again part company most widely.”<sup>7</sup> In the realm of physics, atomic material points competed with continuous fields as basic concepts in the physics of James Clerk Maxwell or Hendrik Antoon Lorentz. For many commentators, the solution was to abandon the concept of atom in favor of pure field theories. It was against such authors that the famous physicist Ludwig Boltzmann wrote in 1897 his short essay “On the Necessity of Atomic Theories in Physics.”<sup>8</sup> In exactly the same period, Arthur Hannequin published his *Essai critique sur l’hypothèse des atomes dans la science contemporaine*, which Bachelard would also quote extensively in his own *Essai*, and which combined scientific, philosophical and historical arguments ‘critically’ (as the title of his book indicates), in order to reach the following conclusion: “Thus the contemporary theories are on this point in agreement with history: they give their blessing to the predominance of the atomist hypothesis.”<sup>9</sup>

So much, then, about the epic background of this international battle over atomism, which involved various academic disciplines, including philosophy. From the authors that Bachelard cites in his *Intuitions atomistiques*, it is evident that his own *Essai* belongs to this battle. What distinguishes however his study from those of the protagonists of the nineteenth-century polemic is his awareness that ‘atomism’ does not refer to a single concept, nor constitutes one, unique *intuition*. Few authors before Bachelard had been willing to recognize that the word ‘atom’ and the school name ‘atomism’ referred to a very heterogeneous bag of ideas. The general presupposition was that there existed an identity in significance or ‘intuition’ between the ‘atom’ of the Greek Presocratics and modern chemists and physicists. Of course, the situation changed somewhat after 1900, because – as mentioned earlier – the

---

<sup>6</sup> Thomas Sterry Hunt, *Chemical and Geological Essays*. Boston: J.R. Osgood, 1875, 428 and 450.

<sup>7</sup> Gustav Theodor Fechner, *Über die physikalische und philosophische Atomenlehre*, 2<sup>nd</sup> rev. edition. Leipzig: Mendelsohn, 1864, “Vorwort zur ersten Auflage [1855]”: “Die Atomenfrage ist vielleicht der Punkt, in dem heutige Philosophie und heutige Naturwissenschaft am härtesten zusammentreffen und wieder am weitesten auseinandergehen.”

<sup>8</sup> Ludwig Boltzmann, “On the Necessity of Atomic Theories in Physics” transl. by T.M. McCormack. In: *The Monist*, 12, 1902, pp. 65-79.

<sup>9</sup> Arthur Hannequin, *Essai critique sur l’hypothèse des atomes dans la science contemporaine*, 2<sup>nd</sup> ed. Paris: Alcan, 1899, p. 2 : “Ainsi les théories contemporaines sont sur ce point d’accord avec l’histoire, elles consacrent la prépondérance, dans le domaine scientifique, de l’hypothèse atomistique.”

composite atom that was empirically discovered at the turn of the century was certainly not directly compatible with Democritus' ultimate, indivisible unit of being. In fact, one of the first authors to insist on the heterogeneity of atomism was Bachelard's teacher Léon Brunschvicg. In his *L'Expérience humaine et la causalité physique* (1922), he opens his chapter XXXIX, entitled "L'Interprétation critique de l'atomistique," with the following memorable quotation from Henri Poincaré:

When Democritus invented the atoms, he considered them as the absolutely indivisible elements behind which there is nothing more to be sought. That is exactly what the word expresses in Greek, and this is by the way the reason for which he had invented them: behind the atom, he wanted there to be no further mysteries. The atom of the chemist would therefore not have satisfied him, because this atom is by no means indivisible, nor is it a real element, and it is not devoid of mystery: this atom is a world. Democritus would have thought that after having worked so hard to find it, we have come no further than we were at the beginning. These philosophers are never content.<sup>10</sup>

Brunschvicg did not only dislike Poincaré's stab at the philosophers, but also took exception at his presupposition that Democritus represents the original nature of the atomistic intuition *tout court*. In Brunschvicg's eyes, there had for a long time existed different and partly incompatible notions and *intuitions* of the atom. In fact, incompatible intuitions could already been encountered in the ancient atomists themselves! It is this observation that constitutes the point of departure for Bachelard's classificatory essay, as Bachelard reveals on the very first page of his book: "M. Brunschvicg shows that already between Democritus and Lucretius, a contradiction entered into the atomical hypothesis, and that two grand doctrines, united under the same sign, but with different aspirations and fates, went together until the scientific age."<sup>11</sup>

What was before everyone's eyes after 1900, then, was that the newly found, composite atom of modern physics and chemistry did not correspond to the

---

<sup>10</sup> Quoted by Léon Brunschvicg, *L'Expérience humaine et la causalité physique*, 2<sup>nd</sup> ed., Paris: Presses Universitaires de France, 1949, 375: "Quand Démocrite a inventé les atomes, il les considérait comme des éléments absolument indivisibles et au delà desquels il n'y a plus rien à chercher. C'est cela que cela veut dire en grec; et c'est d'ailleurs pour cela qu'il les avait inventés; derrière l'atome, il ne voulait plus de mystère. L'atome du chimiste ne lui aurait donc pas donné satisfaction, car cet atome n'est nullement indivisible, il n'est pas un véritable élément, il n'est pas exempt de mystère; cet atome est un monde. Démocrite aurait estimé qu'après nous être donné tant de mal pour le trouver, nous ne sommes pas plus avancé qu'au début; ces philosophes ne sont jamais contents."

<sup>11</sup> Bachelard, *Les Intuitions*, 1-2: "M. Brunschvicg montre que, déjà, de Démocrite à Lucrèce, une contradiction s'est installée dans l'hypothèse atomique et que deux grandes doctrines, réunies sous le même signe, mais d'aspirations et de destins divers, vont de conserve jusqu'aux âges scientifiques."

Democritean idea of the ultimate, simple and indivisible material unit. What Brunschvicg added to this common observation was that even *before* the experimental discovery of the physical atom, the atom had been an entity onto which conflicting intuitions had been projected, and he had traced these conflicting intuitions back to the ancient period. Bachelard's essay can be viewed as an attempt to bring order into these conflicting intuitions by classifying them.

We began this reflection by placing *Les Intuitions atomistiques* at the very end of a century of philosophical and scientific debate about the term 'atom', and to explain its limited impact by the fact that it belonged, as it were, to an era and a discussion that had come to an end. The advent of relativity theory, quantum mechanics and particle physics had ushered in a period in which philosophers could do not much more than marvel at the new directions that physics had taken. There was little space left for a dialogue, let alone for controversy, between professional philosophers and physicists about the use of the ontological apparatus employed by contemporary scientists. Put somewhat dramatically, the years 1910 to 1930 define the period in which scientists stopped listening to philosophers. Instead, many eminent scientists – Einstein, Bohr, Heisenberg, Schrödinger, De Broglie, and many others – lamented the ignorance of professional philosophers and felt that they had to take it upon themselves to work out the philosophical implications of their groundbreaking scientific theories.

In the light of this breakdown in communication, it is not entirely clear to which type of 'student' Bachelard addressed his essay: did he hope to elucidate students of physics or of philosophy?

### Strength and weaknesses

Let us now turn from our attempt to locate Bachelard's essay to a brief examination of its claims. In the eyes of today's historian of philosophy and science, *Les Intuitions* constitutes a fascinating piece of reflection, which contains a number of arguments that are fully persuasive, while others seem unacceptable. On the one hand, Bachelard recognized better than most historians of philosophy and science that there may never have been "a body of doctrines more mixed up than atomism taken in its entirety."<sup>12</sup> It suffices to look at the early modern revival of atomism to convince oneself of the wild dispartateness of the entities that sailed under that name. Giordano

---

<sup>12</sup> Bachelard, *Les Intuitions*, 11: "Est-il corps de doctrines plus mêlé que l'atomisme pris dans son ensemble?"

Bruno's ensouled spherical monads, Pierre Gassendi's or Giovanni Alfonso Borelli's highly complex corpuscular shapes, David Gorlaeus' atomic *entia per se*, Daniel Sennert's semi-Aristotelian atoms-cum-forms, or René Descartes' little chunks of *res extensa* have conceptually very little in common with each other, and they also look very different when drawn on paper. If we add to this that the word 'atom' was made to function within mutually incompatible natural philosophical systems, one feels forced to conclude that it possessed neither a fixed 'reference' nor a stable 'meaning', to use Frege's useful terms.

The recognition of this extreme heterogeneity could lead one to a variety of conclusions. One rather radical conclusion has been drawn recently by Robert Pasnau, who argues that at least in the early modern period, 'atomism' did not exist as a school of thought: "Atomism [was] a view that barely mattered," Pasnau argues, because "if atomism is just this – a belief in indivisible atoms – then it should be treated as a thoroughly peripheral issue, insomuch as very little turns on whether one thinks the material realm is or is not infinitely indivisible."<sup>13</sup> Pasnau's suspicion that the existence or inexistence of 'atoms' was a peripheral issue in the Middle Ages and the early modern period seems to be confirmed by the late invention of the label 'atomism'. According to Robert and Estienne's *Thesaurus Linguae Graecae* of 1572, this label was first coined, in Greek, by Theodor Gazes, who employed it in his *Antirrheticon* of ca. 1470. In his *Democritus reviviscens* of 1644, Jean-Chrysostôme Magnen spoke merely of a 'Philosophy of Atoms'. The term 'atomism' itself appeared only in the last quarter of the seventeenth century, possibly first in the works of Ralph Cudworth, who used the term 'atomicism' to denote a materialist and atheist variant of the true corpuscular philosophy.<sup>14</sup> But even after Cudworth did it not become a prominent word. When we look at the eighteenth century, we will find that the term 'atomism' was rarely used – a fact that mirrors the lack of atomistic thinking and modelling in physics, chemistry and philosophy during the Enlightenment.

But if it is indeed true that there existed no 'atomism' as a coherent school of thought prior to the ideological and scientific controversies of the nineteenth century, then it might be less surprising that the entities to which the word 'atom' referred before the nineteenth century should have displayed such disparate and indeed conflicting characteristics. *Atomus* would then have had no reason to be any less ambivalent than other frequent terms, as for example *caelum* (which could refer to the

---

<sup>13</sup> Pasnau, Robert, *Metaphysical Themes 1274-1671*. Oxford: Oxford University Press, 2011, 84 and 88.

<sup>14</sup> Ralph Cudworth, *The True Intellectual System of the World*. London: Richard Royston, 1678, title of ch. 2: "that the *Democritick philosophy*, made up of *Corporealism* and *Atomicism* complicated together, is essentially atheistical."

sky, the place to which the stars were attached, the domain defined by the fifth element of ether, or the place to which the blessed rise after their death) or *natura* (which could mean anything from ‘essence’ over ‘character’ to ‘landscape’). Seen in this light, Bachelard’s insistence that there is no “body of doctrines more mixed up than atomism taken in its entirety” is nothing but a rejection of the false backward projections of nineteenth-century ‘historico-critics’. Indeed, it is historically much more fruitful and accurate to embrace a non-essentialist view, according to which ‘atom’ is simply a theoretical term used in various ways across nearly two and a half thousand years – in the same diverse and often incongruent ways in which thinkers could speak of ‘cause’, ‘vacuum’, ‘seed’, ‘form’, ‘quintessence’, and so forth, without thereby becoming ‘causalists’, ‘vacuists’, ‘seminists’, formalists’, or ‘quintessentialists’, let alone forming part of transhistorical schools of thoughts called ‘causalism’, ‘vacuism’, ‘formalism’, ‘seminism’, ‘collisionism,’ or ‘quintessentialism’. In sum, then, few theoretical terms are of such crucial importance that their very acceptance defines a specific school of thought – and the ‘atom’ became such a term only in the nineteenth century.

Once we understand the non-crucial nature of this term, we will be less surprised by the observation that ‘the atom’ travelled from one generation to the other without keeping a stable significance. “The definitions that are at the base [of great doctrines] darken in their reiterated application. The words themselves leave their roots; the usage tarnishes the etymology,” writes Bachelard in the opening paragraph of his book.<sup>15</sup> He wrote these lines just a few years too early to include a further destruction of the atom’s etymology: later in the same decade, nuclear fission was to be discovered. Since World War II, we have been living in an age in which the atom, which by etymology and definition should be ‘unsplittable’, is split so as to produce maleficent or beneficial atomic energy!

This ultimate and most extreme ‘tarnishing’ of the concept of ‘atom’ will probably have appeared to Bachelard like a further confirmation of his views. His insistence on the historical mutability of the meaning and connotations of atoms is valuable and acceptable even to the modern historian of philosophy and science. Less valuable seem, by contrast, his attempts to classify basic intuitions and to distinguish two ‘epistemological directions’ of atomism, in elaboration of Brunschvicg’s contrast between Democritus and Leucippus.<sup>16</sup> Not only do his classificatory axes appear to contradict his justified insistence on the concept’s continuous shifts in meaning – he himself admits that he proposes his classification “*despite* the historical diversity of

<sup>15</sup> Bachelard, *Les Intuitions*, 1: “Les définitions qui sont à leur base s’obscurcissent dans une application répétée. Les mots eux-mêmes quittent leur racine; l’usage en ternit l’étymologie.”

<sup>16</sup> *Ibid.*, 5: “Nous allons caractériser d’un peu plus près ces deux *directions épistémologiques*.”

doctrines”<sup>17</sup> – but they are also historically ill supported. When discussing the first ‘epistemological direction’, which is associated with Democritus, one is baffled by the simplicity of Bachelard’s characterization. The truth is that we know next to nothing about the origin of atomism: the relation of Democritus to the apparent ‘inventor’ of atoms, Leucippus, has remained entirely elusive, as has the relation of atomism to Parmenides’ immobile monism, on the one hand, and to Pythagorean numerology, on the other. Moreover, the ancient doxographer Diogenes Laertius attributed to Democritus no less than 70 books, most of which treat natural philosophical issues, but of which not a single one has survived!<sup>18</sup> What right do we therefore have to define the experimental part of Democritean atomism to be ‘extraneous’ to the basic intuition behind atomism and therefore to be weak, and to accuse the philosopher from Abdera of being blind to reality and therefore an adherent of “an idealist philosophy?”<sup>19</sup> Following Brunschvicg, Bachelard goes on to oppose Lucretius to Democritus, attributing to the former an empirical spirit, and denying to the latter any genuine influence on the atomistic renaissance of sixteenth and seventeenth centuries. For Bachelard, Lucretius’ *De rerum natura* represents an altogether new beginning for atomism; according to him, it was that didactic poem, and not at all Democritus, that brought about the revival of atomism in the early modern period. Of course, there is a lot to be said in favour of Lucretius’ influence. However, Bachelard’s account is too simplistic. He attributes, for example, no role to Epicurus, that important Greek atomist whom Lucretius explicitly emulated, and who is usually taken to constitute the bridge between Leucippus and Democritus, on the one hand, and Lucretius, on the other. If one recalls that Pierre Gassendi, a crucial figure in early modern atomism, devoted the best years of his life to the rehabilitation of Epicurus, one wonders how such an omission was possible. Possibly even more surprising is Bachelard’s total silence on Plato’s *Timaeus*, whose atomistic physiology profoundly influenced medical and physical atomism in the sixteenth and seventeenth centuries, and which stood at the cradle of the distinction between primary, geometrical and secondary, sensory qualities in Galileo’s *Assayer* (1623) and in subsequent authors up to John Locke.

Indeed, *Les Intuitions atomistiques* reduces the influence of Greek atomism on the atomistic renaissance in a manner that is hardly credible.<sup>20</sup> Even ”when Bacon

---

<sup>17</sup> *Ibid.*, 12: “On peut donc espérer de trouver une classification claire, sinon rationnelle, malgré la diversité historique des doctrines.”

<sup>18</sup> Diogenes Laertius, *Lives of Eminent Philosophers*, tr. D.R. Hicks, 2 vols. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1925, IX 46-49.

<sup>19</sup> Bachelard, *Les Intuitions*, 6-9.

<sup>20</sup> Bachelard, *ibid.*, mentions Epicurus *en passant*, on pp. 50 and 56; and Plato in a context entirely unrelated to atomism, on p. 36.

cites Democritus,” Bachelard insists, “this happens only so that he can acknowledge his debt for the word *atom*,” but not because there was truly anything that Bacon shared with this Greek thinker.<sup>21</sup> But is this convincing? Why should Bacon have desired to borrow the word ‘atom’ in the first place if he was subsequently going to subvert its meaning? Bacon, as we now know, was never an atomist, but he did feel that the original Democritus had been closer than Aristotle to understanding the underlying principles of matter and motion. By Bachelard’s standards, it would also have to remain mysterious why the Pavian professor of medicine Jean-Christostôme Magnen should have attempted to reconstruct the old atomist doctrine in his popular *Democritus reviviscens, sive de atomis* (1646), if he didn’t think that there was anything worth reconstructing.<sup>22</sup>

Given that only rumors and reports, but no coherent body of texts, had come down from Democritus, it is of course true that early modern followers could represent him and his thought in any way they wished. The same may a fortiori also be said of Bachelard’s own description of Democritus as an ‘idealist’ and a ‘positivist’. In the absence of a solid textual basis, any doctrinal exegesis must remain hypothetical. With respect to the early modern period, however, one ought to keep in mind that there actually did exist a body of pseudonymous literature that was at the time believed by many to be genuinely Democritean. In fact, one can distinguish between four distinctive Democritean figures: besides being a philosopher who in his explanation of natural phenomena relied on atoms, Democritus was also featured as the ‘laughing philosopher’ (who was contrasted with the Heraclitus, the ‘weeping philosopher’), as the father of comparative anatomy and teacher of Hippocrates (thanks to a pseudo-Hippocratic body of letters) and as one of the earliest alchemists (thanks to an equally pseudonymous treatise that was published under his name).<sup>23</sup> In other words, one could in the seventeenth century be a self-professing Democritean while subscribing to doctrines that had little or nothing to do with the thought of the historical Democritus. We may therefore conclude that, at least in the early modern period, neither of the two clean types of *intuitions* that Bachelard postulates actually existed.

---

<sup>21</sup> *Ibid.*, 10.

<sup>22</sup> Johannes Chrysostomus Magnen, *Democritus reviviscens sive de atomis*. Pavia: J.A. Magrius, 1646. From the second edition onward, the book carried the title *Democritus reviviscens, siva vita et philosophia Democriti*.

<sup>23</sup> See my own “The Fourfold Democritus on the Stage of Early Modern Science”. In: *Isis*, 91, 2000, pp. 442-79.

## **Atomistic realists, positivists, critics, axiomatists**

When Bachelard duplicates his basic contrast between Democritean and Lucretian atomism into four main schools of thought – *l'atomisme réaliste*, *l'atomisme positiviste*, *l'atomisme criticiste*, and *l'atomisme axiomatique* – he explicitly “borrows examples taken from very different moments of the philosophical evolution” of the term ‘atom’. “We wish,” Bachelard declares, “to mix epochs rather than mixing genres. We also discard whatever is accidental and specifically historical in certain conceptions.”<sup>24</sup>

There is no doubt that such a method can lead to very interesting results – as has been demonstrated anew by Andrew Pyle’s more recent and unrelated attempt to distinguish in all periods of atomism four basic themes.<sup>25</sup> But such an approach is, by Bachelard’s own admission, not interested in the historical evolution of the concept ‘atom’ itself, nor even in the historical dimensions of any given conception he examines. Instead, Bachelard is seeking and presenting *Idealtypen* – and while this is certainly a legitimate enterprise, it cannot satisfy the historian of philosophy and science.

One of the greatest paradoxes of the Renaissance revival of atomism is constituted by the fact that already in the sixteenth century, Lucretian *imitatores* (such as Scipione Capece, Girolamo Fracastoro or Giordano Bruno), theologically motivated ontologists (such as Nicolaus Taurellus or Eilhard Lubin) and physicians (such as Nicolaus Biesius) began to re-introduce atoms into their different disciplines, using them in the most disparate ways, thereby answering questions as diverse as the temporal relation between man and God, the diffusion of diseases, the structure of chemical substances, the growth patterns of divine ideas, the origin of evil, or the numerical identity of things in the middle of ubiquitous change. In the seventeenth century, the situation became even more rich and confusing. There simply is no way in which a single, sufficient reason could be given for why atomistic ideas could flourish so much in that century. The arguments proffered in their favor could be empirical, logical, theological, monadological, empirical or even historical. Some of

---

<sup>24</sup> Bachelard, *Les Intuitions*, 12: “... nous prendrons donc le droit d’emprunter des exemples à des moments très différents de l’évolution philosophique. Nous mêlerons les époques plutôt que de mêler les genres. Nous écarterons aussi ce qu’il y a d’accidentel, de spécifiquement historique, dans certaines conceptions.”

<sup>25</sup> Andrew Pyle, *Atomism and its Critics. From Democritus to Newton*. Bristol: Thoemmes Press, 1997. Pyle attempts to extract from all periods of atomistic thinking the following elements: (1) indivisibles; (2) vacuum; (3) matter, forms, and qualities; and (4) a mechanical philosophy.

the appeal of atomism consisted simply in the fact that it appeared to offer a venerably ancient alternative to Aristotle's natural philosophy, which in the seventeenth century looked increasingly discredited. Take, as an example, Giordano Bruno, who admired Democritus for his theory of infinite worlds, and therefore also came to embrace atomism.<sup>26</sup> Or take the Aristotelian Julius Caesar Lagalla, who in response to Galileo's telescopic discovery that the moon had a rugged surface like the Earth and that Jupiter also possessed moons found it necessary to reject, in one and the same treatise, Giordano Bruno's theory of infinite worlds and Democritus' theory of atoms.<sup>27</sup> These cases show that the appeal of a concept often lies in the field of associations with which it is connected.

In his famous essay, *La Formation de l'esprit scientifique*, Bachelard has drawn attention to yet another element that promoted early modern atomism: it was the invention of the microscope, which seemed to suggest that entities existed below the threshold of natural vision, and which allowed for all kinds of implausible expectations, or dreams, about what could be found by means of the new instrument.<sup>28</sup> 'Atoms', in that world of seventeenth-century dreams and expectations, played a prominent role; but because no one ever found these atoms, their status, shape and typology remained vague.

In sum, then, there was no coherent program, let alone a unified epistemology or 'intuition', behind early modern atomism. One finds empirical, alchemical arguments next to invocations of the sacred, Mosaic origin of atomism; van Leeuwenhoek's detailed microscopical reports appear next to René Descartes' entirely imaginary illustrations of material particles, and Pierre Gassendi's philological reconstruction of Epicurus' teaching appears next to the *atomi non quanti*, those mathematical point-atoms of the old Galileo Galilei. Of course, it would be admissible to seek, in each of these instances, the realist, positivist, criticistic or axiomatic component. However, in most cases, one will not only find an inextricable mixture of these basic types of *intuitions*, but also argumentative vectors that cannot be fitted into any single box of Bachelard's matrix. David Gorlaeus' class of atomic entities (*entia per se*), for

<sup>26</sup> The link between the theories of infinite worlds and of atomism becomes clear, for example, in Giordano Bruno's *De l'infinito, universo et mondi*. Venice [= London]: without publisher, 1584, dialogue II: "Son terre infinite, son soli infiniti, è etere infinito; o secondo il dir di Democrito ed Epicuro, è pieno e vacuo infinito."

<sup>27</sup> Julius Caesar Lagalla, *De phaenomenis in orbe lunae novi telescopii usu a D. Galileo Galilei nunc iterum suscitatis physica disputatio*. Venice: Tommaso Balioni, 1612.

<sup>28</sup> See Gaston Bachelard, *La Formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris: J. Vrin, 1938. On the atomistic expectation of seventeenth-century atomism, see Christoph Lüthy, "Atomism, Lynceus, and the Fate of Seventeenth-century Microscopy". In: *Early Science and Medicine*, 1, 1997, 1-27.

example, comprise physical, extended atoms of matter, space and time, as well as souls, angels and God. Given this extraordinary set of entities, his proof of the existence of atoms must evidently defy the four categories that Bachelard has in store for us.

Precisely the conceptual, methodological and disciplinary mess that surrounded the atom in the seventeenth century also led to its downfall in the eighteenth. The incongruent atomist revival of the early modern period was followed by an anti-atomistic reaction. In the middle of the eighteenth century, it was possible to write an elegant Lucretian poem against Lucretius! This is exactly what the French Cardinal Melchior de Polignac achieved with his *Anti-Lucretius*, which was published posthumously in 1745 and refuted ancient and modern atomistic arguments drawn from Democritus, Lucretius, Descartes, Boyle, Newton, and many others. As mentioned before, there was little talk of atoms in the eighteenth century, and it was only thanks to late eighteenth-century English chemists that atomistic views returned to the scientific discourse in the nineteenth. However, as we have seen, this second atomistic revival was once again an uphill struggle, with chemists, notably in France, combating it until about 1900. There is therefore much truth in the suggestive title of Pierre Thuillier's article, "The Resistible Rise of the Atomic Theory"!<sup>29</sup>

If the arguments of this article are correct, it may be concluded that the sources quoted in Bachelard's *Intuitions atomistiques* demonstrate that his essay belongs to the debates surrounding this second renaissance of atomism, and may even be regarded as a twentieth-century postface to it.

Historians of philosophy and science will continue to appreciate this essay as a valuable source of inspiration. Bachelard is always lucid and sharp, and he always has important points to make. Faced with the extremely messy history of the word 'atom', they will agree with his claim that there has probably never been "a body of doctrines more mixed up than atomism taken in its entirety." But for the reasons mentioned above, they will continue to refrain from applying his categories as a means to bring classificatory clarity into the historical mess, deeming these categories to be inadequate to the task.

---

<sup>29</sup> Pierre Thuillier, "La résistible ascension de la théorie atomique". In: *La recherche*, 4, 1973, 705-9.



## **Recensões / Book Reviews**



## **A Short History of Atomism from Democritus to Bohr**

de Joshua C. Gregory, London: A. & C. Black Ltd, 1931, 258 pgs.

A importância do atomismo na filosofia e na ciência ocidentais não pode ser subestimada. O atomismo tem sido muitas vezes referido como um exemplo notável da influência de ideias de teor especulativo, metafísico, sobre a ciência (Popper, Kuhn, etc.). O atomismo grego que nasceu no séc. V a.C. através do gênio especulativo de Leucipo e Demócrito foi repescado pela filosofia corpuscular de Gassendi e Descartes no séc. XVII e por essa via penetrou na ciência de onde ainda não saiu definitivamente. Deve-se à adoção das teses atomistas grande parte do sucesso da ciência. Esse sucesso foi conseguido devido a uma certa natureza camaleônica da ideia de átomo, à sua capacidade de sofrer adaptações e transformações.

É a saga da problemática ideia de átomo desde Leucipo e Demócrito até à época de Bohr que Joshua C. Gregory, então professor de química na Universidade de Leeds, nos narra na obra *A Short History of Atomism from Democritus to Bohr*, publicada em Londres na A. & C. Black, Ltd em 1931. A despeito da idade, o livro não envelheceu e continua a ser referência obrigatória para os estudiosos do atomismo. Magnificamente escrito, até o leigo em ciência consegue percorrer com agrado, pela mão de Gregory, a longa e conturbada história da ideia de átomo. Oferecendo uma visão inevitavelmente panorâmica do tema, Gregory não se alonga em demasia nas complexas questões do atomismo na física e na química que só um público especializado entenderia, uma vez que a obra se destina também ao público em geral. A obra é sobretudo descritiva, preocupada em seguir o rasto da ideia de átomo e não tanto em tratar a questão filosoficamente.

O livro contém quinze capítulos no total. Os títulos dados aos três primeiros capítulos reflectem a visão que Gregory tinha da história do atomismo. O primeiro capítulo é convenientemente intitulado *“The Birth of Atomism”* e nele Gregory expõe o atomismo dos antigos gregos, de Leucipo e Demócrito, de Epicuro e de Lucrécio. A esse nascimento, porém, segue-se um exílio pois o segundo capítulo intitula-se *“The Exile of the Atom”*. Começa com o atomismo geométrico de Platão (que evitou sempre mencionar o nome de Demócrito) e com a sua recusa do vazio; e ainda com a crítica aberta ao atomismo de Demócrito por parte de Aristóteles.

Desde a sua criação, o atomismo – com o seu vazio, os seus átomos indivisíveis e, todavia, com partes, os seus átomos nus, despojados de qualidades e o seu subjacente mecanicismo – esteve constantemente sob o fogo da crítica (Platão, Aristóteles, Cícero, Séneca, Plutarco) o que foi determinante para o exílio que sofreu. Com efeito, o terceiro capítulo recebe o nome “*The Corpuscular Philosophy*”, ou seja, encontramos-nos já nos séculos XVI, XVII d.C.

Assim, de acordo com Gregory, o atomismo foi enviado para um longo exílio desde o séc. II d. C quando Galeno o expulsou da medicina até à época moderna. Esse exílio traduz-se no livro por uma quase total ausência de referências ao atomismo medieval. Isso sucede porque “*casual swallows, however, do not make a summer*” (23) e é compreensível que uma breve história negligencie momentos menos relevantes. Embora Gregory mencione de passagem nomes como Adelard of Bath, William of Conches, Vincent of Beauvais ou Peter of Albano, estava convencido que “*it is universally admitted that the Middle Ages had abandoned Atomism, and virtually lost it.*” (23). Mas uma extinção total do atomismo nas universidades medievais da Europa durante todos esses anos parece pouco plausível. Investigadores do pensamento medieval têm assinalado a existência de um atomismo de carácter matemático nos sécs. XII-XIV. Nicholas of Autrecourt chegou mesmo a propor um atomismo físico como uma alternativa mais plausível do que a explicação aristotélica do mundo. As concepções de Autrecourt aproximam-se tanto das de Al Ghazali que é credível que aquele conhecesse a obra deste, talvez por intermédio da refutação das ideias do persa levada a cabo por Averróis. Por isso mesmo, o termo escolhido por Gregory – “exílio” – acaba por não ser de todo desadequado, uma vez que refere mais uma mudança para outras paragens do que um desaparecimento total: “*there had been Atomism in some arabic schools, as Maimonides reported in the twelfth century.*” (22). Mas esta breve história do atomismo de Gregory é uma história do atomismo europeu. Não há qualquer referência ao atomismo hindu ou qualquer discussão acerca da existência ou não de pensamento atomista na China. Não deixa por isso de ser uma excelente leitura introdutória acerca da história do atomismo no pensamento ocidental e da sua importância para a compreensão da ciência.

Lucrécio foi redescoberto por Poggio em 1417. Portanto, data do alvor do Renascimento a tradução e difusão do *De Rerum Natura* que daria um novo alento ao atomismo na Europa.

Mas Gregory recomeça a sua história nos começos do séc. XVII, quando considera dar-se o grande retorno do átomo que é relatado no capítulo “*Atoms and Corpuscles*”. Reconhece que, embora o átomo tivesse sido banido, não fora esquecido. E retorna com a atracção abissal da sua simplicidade e eficácia mas

também com todos os seus velhos problemas. Figura maior desse retorno foi Descartes e o mecanicismo corpuscular que Gregory considera ser “*one of the most dramatic episodes in the history of the human mind.*” (23). O atomismo invade a filosofia e a ciência, com grande evidência na química, mas não sem antes adotar um disfarce: o vazio é banido e o átomo surge sob a forma de um corpúsculo divisível e deformável. Este tipo de ajuste seria apanágio de toda a história subsequente do átomo.

No capítulo V, Gregory debruça-se sobre um problema que se agudizou com a ‘atomização’ da ciência: as qualidades primárias e secundárias. Era difícil perceber como podiam os despojados átomos explicar as qualidades secundárias. A dualidade corpo/mente que Descartes instaurara permitiu então remeter as qualidades secundárias para o mundo mental (Boyle, Locke). E ciência e filosofia começaram a separar-se de modo nítido: as qualidades primárias, associadas ao mundo físico, constituíam o terreno de investigação da ciência; as qualidades secundárias ficavam a cargo dos filósofos.

No capítulo VI, Gregory descreve como, com Newton, aos átomos, mais uma vez indivisíveis e indeformáveis, são associadas forças de atracção e repulsão. Instâncias embora enigmáticas, as forças podiam manter os átomos unidos. Boscovich propõe mesmo um átomo rival, o átomo-força, um ponto geométrico provido de atracções e repulsões. Por outro lado, no início do séc. XIX, Dalton enfatiza, não a forma ou tamanho dos átomos – importantes para os unir apenas porque não estavam associados a forças – mas o seu peso. Esta inflexão viria a ter consequências de grande fertilidade em ciência.

Por esse motivo, no capítulo VII, Gregory investiga especificamente a Teoria Atómica de Dalton na sua época. A operatividade dessa teoria traduziu-se na Lei da Composição Constante e na Lei das Múltiplas Proporções. Mas tudo se passava ainda muito no domínio especulativo e, não obstante a boa recepção às leis acima referidas, os próprios átomos, “mera conjectura”, continuavam a suscitar vivas suspeitas.

Esta receptividade com reservas é analisada por Gregory no capítulo seguinte. Apesar de o próprio Dalton acreditar nos átomos, o cepticismo em relação à sua existência caracterizou o século XIX. No entanto, porque “*it combined an unsurpassed intellectual mastery with a defective metaphysical basis*”( 94), a Teoria Atómica foi adoptada até aos inícios do século XX por motivos que hoje chamaríamos pragmáticos – o seu poder explicativo era enorme.

A eficácia pragmática do atomismo salvou a sua metafísica de base. E foi por essa metafísica não ter sido abandonada que os químicos se lançaram à investigação persistente da constituição atómica das moléculas. O progresso da disciplina foi

imenso. Deste progresso tratam os dois capítulos seguintes da obra em questão, “*Atoms and Molecules*” e “*Molecular Structures*”.

No capítulo XI, “*Rival Atoms*”, Gregory mostra como o átomo, esse minúsculo sólido indestrutível, continuou, com a teoria de Dalton, a suscitar hostilidade ou, pelo menos, insatisfação. Não parecia conseguir explicar o mecanismo interno da totalidade dos fenómenos na sua variedade e complexidade. Várias alternativas foram então avançadas. Angus Smith levantou a hipótese de o átomo poder albergar componentes ainda mais diminutas, de o átomo ser, a rigor, uma molécula. Dumas defendeu a divisibilidade do átomo por meios químicos, o átomo químico. O problema da substância, da matéria-prima, entrou na ordem do dia. Humphry Davy e, sobretudo, Prout, propuseram o hidrogénio como matéria-prima. As concepções estáticas dos átomos do séc. XVIII deram lugar a várias concepções cinéticas como tinham sido a dos gregos e a dos corpúsculos de Descartes. Os esforços especulativos acerca dos átomos concebiam-nos então em movimento, a vibrar, a oscilar, a rodar e possuídos por forças. E Mendeléeff surgiu com a sua classificação periódica dos elementos na qual estes haviam sido ordenados de acordo com o seu crescente peso atómico. Foi um passo preparatório decisivo para a substituição do átomo de Dalton pelo átomo de constituição electrónica.

O electrão entra em jogo no capítulo “*The Coming of the Electron*”. A pilha de Volta demonstrara já a ligação entre afinidade química e cargas eléctricas. Mas, de início, a electricidade é tão-só ‘associada’ aos átomos, não invade ainda a sua própria constituição. Essa invasão começa em 1881, quando J. J. Thomson apresenta a noção de massa eléctrica e prossegue com a descoberta da unidade de electricidade negativa do raio catódico, o electrão.

No capítulo “*The Nuclear Atom*” entramos no séc. XX. Kaufman conclui que a massa do electrão era inteiramente electromagnética. E que o electrão não era senão uma diminuta carga eléctrica. A noção de electrão como algo não substancial começa a impor-se. Ao mesmo tempo, as explicações eléctricas vão substituindo as explicações mecânicas. Rutherford propõe o Átomo Nuclear no qual os electrões rodam em torno do núcleo como num minúsculo sistema solar e tão poroso quanto ele. Um enorme intervalo separava os electrões do núcleo. Ou seja, o Átomo Nuclear era constituído sobretudo por um vazio abissal. O vazio que tanta repulsa provocara nas mentes ocidentais durante séculos a fio instalava-se, com Rutherford, no próprio interior do átomo. Gregory refere-se com graça a estas metamorfoses como sendo “*the historical spectacle of the almost indecently changeful atom.*” (201).

E, com efeito, nova mudança vinha já a caminho. No capítulo “*The Bohr Atom*”, como o título indica, Niels Bohr surge com um electrão ainda mais enigmático cuja existência era descontínua. E, tal como sucedera com o átomo de Dalton, apesar de

suscitar sobretudo incredulidade, também o átomo de Bohr parecia ser indispensável para oferecer explicações satisfatórias dos fenómenos: era tão difícil acreditar nele quanto era difícil dispensá-lo. Embora fosse quase de imediato sujeito a remodelações, o átomo de Bohr, “*a great resumé of the successes and failures of Atomism*” (238), viria a dominar durante muitas décadas os métodos atômicos de interpretação.

No capítulo final, “*Recent Atomism*”, quando Gregory se detém sobre as ligações existentes entre a cosmogonia e o então recente atomismo, vários problemas filosóficos levantados por este último são apontados: o determinismo, a causalidade, o realismo, a inteligibilidade do universo são postos em causa. Gregory regressa também aos gregos para mostrar como nem tudo o que caracterizava o antigo átomo foi abandonado e como velhos problemas do atomismo persistem todavia.

Este volume de Gregory oferece-nos uma visão da história da ciência (e da filosofia) que não é, ela própria, “atômica”, no sentido de uma sucessão de momentos isolados, descontínuos, ou de paradigmas incomensuráveis. Dá-nos a perceber como essa história se assemelha mais a um rosário cujas contas, embora desiguais, se encontram unidas por um fio condutor. Ideias que na aparência são revolucionárias têm sempre no passado uma qualquer raiz oculta. É também uma obra exemplar para se compreender como a ciência é profundamente conjectural, como se faz ‘por ajustes’ num constante vai-vem entre a teoria e a experiência.

Por tudo quanto foi dito, não se entende como uma obra deste calibre não foi reeditada na Grã-Bretanha. Essa reedição justifica-se ainda mais devido a algumas graves lacunas da edição de 1931. O livro não apresenta bibliografia; as citações que vão surgindo não remetem para notas de rodapé que nos informem acerca da sua proveniência; não existe índice remissivo. *A Short History of Atomism from Democritus to Bohr* merecia também um prefácio crítico que desse conta dos desenvolvimentos do atomismo desde o ano em que Gregory o redigiu até à actualidade.

(Recensão feita por Cláudia Ribeiro  
[ryuko@iol.pt](mailto:ryuko@iol.pt))



## **Essay on Atomism, from Democritus to 1960**

de Lancelot Law Whyte, Middletown, Connecticut: Wesleyan University Press, 1961, 108 pgs.

*Essay on Atomism, from Democritus to 1960* é, como sugere o título, sobretudo um ensaio acerca do atomismo, um ensaio de cariz filosófico muito estimulante para o pensamento. Segundo as próprias palavras de Whyte, trata-se de “*a brief sketch and interpretation of the history of atomic ideas.*” (9) Com uma organização de certo modo insólita, inclui também, nos capítulos 3 e 4, o esboço de uma história do atomismo e da sua geografia. Embora a compreensão deste pequeno volume na sua totalidade pressuponha uma formação científica, pois foi escrito para os estudantes e professores de ciências, o leigo pode tirar também grande proveito da sua leitura.

Lancelot Law Whyte (1896-1972) foi um físico matemático e filósofo das ciências escocês formado no Trinity College em Cambridge, sob a direcção de Ernest Rutherford. Prosseguiu os estudos em Göttingen, na Alemanha. Dedicou-se depois à actividade bancária e industrial, excepto durante o ano de 1929-30, passado em Berlim com uma Bolsa Rockefeller, tendo conhecido então Albert Einstein. Foi professor em várias universidades americanas de prestígio. Devido ao pendor especulativo e original do seu pensamento, a comunidade científica do país de origem de L. W. Whyte marginalizou-o, tendo sido acolhido nos Estados Unidos de forma bem mais calorosa.

Uma vez que, no essencial, os problemas filosóficos da física quântica não foram resolvidos desde a época em que foi escrito, aquele mesmo pendor especulativo e originalidade fazem com que o livro não tenha envelhecido tornando-o, pelo contrário, pertinente ainda hoje. Profundo admirador do poder e “majestade” da mente humana, da sua capacidade para conceber ideias que podem revelar, muitos séculos volvidos, uma fertilidade insuspeitada na época da sua criação, Whyte não era mais um desses pensadores timoratos que receiam a especulação. O atomismo que foi uma teoria “*meramente* especulativa” (como geralmente se vê escrito) durante a maior parte da sua história, vinha em seu apoio.

No primeiro capítulo, “*To the Reader*”, Whyte pretende dar a perceber a importância do atomismo e a visão que tem da sua situação na época em que redigiu o livro. O lugar que o atomismo ocupa na história da ciência fica patente logo nas duas

frases de abertura: “*The conception of atomism has been the spearhead of the advance of science. Atomic ideas have led to the highest adaptive precision which the human brain has yet achieved.*” (3). É a adoção da filosofia atomista, à sua capacidade de adaptação e precisão que a ciência deve o seu avanço. Portanto, todos aqueles que se interessam pelo universo e pela mente humana não devem deixar de o estudar. “Pelo universo e pela mente humana” porque, segundo Whyte, o atomismo relaciona ambos de forma notável. As tendências da mente humana, por exemplo, a tendência para gerar ordem, espelham as tendências do universo. Também neste, a tendência é gerar ordem – Whyte não acreditava no princípio da entropia.

Por essa razão, Whyte atribuía a estagnação teórica em física não só à ignorância acerca da organização das partículas como à ignorância acerca do funcionamento da mente humana. Sabemos apenas que as partículas permanentes e estáveis de Demócrito já não servem, assim como já não nos serve a mente cartesiana necessariamente consciente. Ou seja, o conceito de ‘substância’ (seja a *res extensa* seja a *res cogitans*) está em crise – caminha-se rumo ao conceito de ‘estruturas mutáveis de relações’.

A física coeva padecia de grande necessidade de ideias frescas. A experimentação prosseguia o seu ritmo imparável, mas a teoria parecia não conseguir acompanhar o passo. A situação não se inverteu ainda. Não se desencadeou nenhuma transformação de ideias capaz de fazer a física teórica sair do seu impasse: nenhum físico deu “*a lucid definition of “elementary particles” that shows how they can appear and disappear, and why there are so many.*” (5) A transformação, segundo Whyte, deveria dar-se no sentido de uma maior concreção e aproximação ao homem e não no sentido de uma cada vez maior abstracção matemática acessível apenas a uma elite de especialistas. Crente consciente na uniformidade do mundo, Whyte perseguiu toda a vida um princípio unitário que juntaria átomo, homem e universo.

No cap. 2, “*Atomism*”, Whyte prossegue o paralelismo entre o atomismo – a redução de fenómenos complexos a factores de unidade fixos – e a mente ocidental com o seu pendor analítico que a faz ver unidades isoladas antes de conseguir perceber as ligações entre elas. Assim, foi no atomismo que “*the ordering intellect has come most closely to grips with the objective structure which (...) existed before there were men and will survive them.*” (14) Não obstante nunca poder ser provado que as unidades últimas foram atingidas, pode alcançar-se um patamar em que já não seja necessário presumir a existência de estruturas ainda mais ínfimas e complexas. Com efeito, a ciência do atomismo tem vindo a tornar-se cada vez mais numa ciência *da disposição* das partículas nos átomos, nas moléculas, nos cristais, nos vírus, nos organismos – desde o núcleo até ao cosmos. Ou seja, de uma ciência de unidades isoladas caminha-se para uma ciência de estruturas de relações e suas transformações.

Whyte analisa ainda as vantagens e desvantagens de uma posição realista ou instrumentalista em relação aos átomos, concluindo que a ciência foi sempre uma teia intrincada de ideias e observações, guiando-se umas às outras através de um processo mental que não é nem dedutivo nem indutivo.

Passando em revista várias concepções de átomos Whyte detém-se nas três concepções mais básicas e bem sucedidas, nas suas vantagens e desvantagens: os átomos indivisíveis de Demócrito, os pontos de Boscovich e, sobretudo, as partículas-ondas de De Broglie-Schrödinger susceptíveis de conduzir a uma visão anti-atomista que acredita apenas num contínuo de transformações sem entidades discretas. Todavia, indaga Whyte: *“Can physics do without the sharp localization in space of centres of action which persist and form stable patterns? If the universe is an energy flux, why should any definite forms exist?”* (27) Ou seja, a física pode dispensar o atomismo ou tem forçosamente de adoptar alguma forma de atomismo? Do facto de o atomismo actual padecer de problemas não se pode inferir que o atomismo seja dispensável, defende Whyte. Segundo ele, ciência e atomismo estão inextricavelmente ligados. Há é que criar um novo atomismo capaz de descrever as estruturas persistentes da natureza, inobserváveis, que permanecem sob um universo observável em perpétuo fluxo.

Existem obstruções mentais que devem ser correctamente identificadas de modo a permitir o surgimento desse novo atomismo. De modo a identificá-las mais facilmente, urge conhecer e analisar a história do atomismo. Por essa razão se seguem os dois capítulos dedicados à geografia e história do atomismo referidos no primeiro parágrafo desta recensão, os capítulos 3, *“History and Geography”* e 4, *“Chronological Table”*. No capítulo 3, são apresentadas duas tabelas, a História de Vida da Ideia de Atomismo e a Geografia do Atomismo. Nesta última surgem os nomes dos países e áreas da Europa importantes na história do atomismo e as razões pelas quais o foram. A Índia é mencionada mas o foco da atenção de Whyte é a Europa, o continente atomista por excelência. Os grandes teóricos do atomismo a partir da fundação da física quantitativa moderna e respectivas contribuições e aplicações que geraram também são discriminados neste capítulo.

De seguida, Whyte retorna aos antigos gregos numa tentativa de compreender a génese das ideias de Leucipo e Demócrito. Conclui que foi a junção dos átomos com o número pitagórico que conduziu às teorias atómicas do séc. XVII em diante. Dessa junção nasceu a ciência exacta com o seu clamoroso sucesso. Nasceram também, contudo, os seus problemas: ainda não se percebeu cabalmente como unir o número, a partícula e o campo. Não existe uma correlação matemática satisfatória entre o aspecto discreto e o aspecto contínuo das observações.

Segue-se um capítulo ocupado como uma utilíssima tabela cronológica que começa com Pitágoras e termina em 1958 com Bernal e a teoria estatístico-geométrica das composições moleculares irregulares estacionárias nos líquidos. Nos momentos mais decisivos, como Newton, Boscovich, Dalton, Faraday, etc., a tabela vai sendo alternada com comentários de algumas páginas.

No penúltimo capítulo, “Analysis”, Whyte debruça-se sobre as conclusões que se podem extrair da análise da história que acabou de expor nos seus momentos mais relevantes. Essas conclusões são dez e cada uma lhe merece alguma reflexão, mesmo que já tenham sido afloradas anteriormente: a persistência da ideia principal e a variedade das formas e aplicações do atomismo; a existência de três concepções principais de partículas atómicas; a aplicação de métodos quantitativos a uma ideia que, na origem, não tinha uma definição quantitativa; a crescente precisão quantitativa; a ausência de uma correlação matemática plenamente satisfatória entre o discreto e o contínuo; a fuga, desde 1700, do dualismo de Demócrito e Newton do espaço ocupado e do espaço desocupado em direcção a um monismo de relações estruturais; a tendência, na física atómica, para dar ênfase às propriedades das unidades e adiar o estudo da sua disposição em sistemas complexos; a presença de duas tendências contrárias: a de aumentar o número de propriedades e parâmetros das partículas ao mesmo tempo que se mantém o objectivo de reduzir o número daqueles parâmetros; o carácter subtil das transformações da concepção de partícula; a continuidade e carácter cumulativo da história do atomismo e da ciência em geral – Whyte identifica vinte e um momentos que formam numa cadeia de ideias desde o atomismo grego à teoria atómica em 1960.

Sempre preocupado com uma teoria fundamental, Whyte aponta vários métodos que vinham sendo estudados desde 1950 e que poderiam oferecer alguma ajuda nesse sentido: os parâmetros colectivos de alguns sistemas quânticos complexos; a classificação das partículas baseada nas suas propriedades invariantes; e os princípios de invariância e respectivos limites.

O próximo passo verdadeiramente significativo na física atómica deveria terminar de vez com o bloqueio mental que obstrui por ora o seu avanço. Produziria, por isso, um choque intelectual considerável nas mentalidades habituadas aos esquemas conceptuais até agora vigentes. Por exemplo, poderia abalar a confiança excessiva na simetria e na invariância, suspeitava Whyte. O pós-escrito “*On an Ideal Marriage of Continuity and Discontinuity*” constitui uma proposta de solução no sentido de fazer sair a física atómica do impasse em que se encontrava. Salvaguardando embora a possibilidade de nem todos os fenómenos deverem ser interpretados atómicamente pois podem, de facto, não ter um carácter atómico em

escalas menores ou em energias mais altas, Whyte persiste no seu sonho de uma teoria unificadora de base atomista. Que forma tomaria uma teoria atômica ideal à luz do que conhecemos até agora? Deveria satisfazer três condições: empregar um único tipo de pontos-partículas discretos e primários, todos equivalentes e sem propriedades quantitativas; estas deveriam surgir das posições espaciais tri-dimensionais, constantes ou em mutação, de sistemas compostos por um número finito daquelas partículas primárias; uma lei matemática que representasse estas posições pontuais deveria proporcionar uma teoria unificada de todos os aspectos quantitativos da ordem e desordem dessas posições em sistemas de diferentes tipos, incluindo as leis quânticas, relativistas e clássicas como casos especiais e incluindo as formas de ordem em sistemas complexos estáveis e em sistemas no decurso de uma transformação.

A fechar o volume, Whyte brinda o leitor com ainda mais uma ferramenta para o tornar num investigador do atomismo: uma bibliografia seleccionada e comentada das obras sobre o atomismo em inglês, alemão e francês a partir de 1860.

(Recensão feita por Cláudia Ribeiro  
[ryuko@iol.pt](mailto:ryuko@iol.pt))



## L'Atomisme aux XVIIe et XVIIIe siècles

textos reunidos por Jean Salem, Paris: Publications de la Sorbonne, 1999, 186 pgs., ISBN-10: 2859443770 ISBN-13: 978-2859443771

Esta obra é uma compilação de artigos reunidos sob a direcção de Jean Salem, resultado de uma jornada de estudos organizada pelo Centro de História dos Sistemas do Pensamento Moderno na Sorbonne, Paris, em 26 de Outubro de 1999.

Trata do grande renascimento da teoria atomista nos séculos XVII e XVIII na filosofia e na ciência, através da análise de alguns dos seus maiores promotores e críticos: Pascal, Descartes, Leibniz, Gassendi, o *Theophrastus redivivus*, a escola galilaica, Boyle, Newton, Diderot e Hume. É uma boa obra introdutória ao tema porque, além do carácter informativo, põe em evidência os problemas filosóficos que a adopção do atomismo sempre acarretou consigo, assim como as diversas adaptações que esse mesmo atomismo sofreu de modo a poder ser aceite mais de dois mil anos após o seu nascimento; põe ainda em evidência a sua notável plasticidade, as diversas roupagens que assumiu às mãos dos diferentes filósofos e cientistas.

Como afirma Jean Salem no Prefácio, *“Si l'atomisme ne mène pas nécessairement au matérialisme, il y incline indiscutablement puisqu'il place au coeur du débat philosophique une réflexion sur la structure de la matière.”* (7). O que este volume torna patente é que a colocação da reflexão sobre a estrutura da matéria no centro do debate filosófico no séc. XVII foi decisiva na construção da ciência moderna. E uma compreensão aprofundada daquilo que é a ciência hoje não pode simplesmente olhar para as teses atomistas dessa época como um amontoado de teorias ultrapassadas, uma vez que, como bem defende Jean Salem contra Gaston Bachelard *“cette intuition de l'essentielle discontinuité de tout ce qui apparaît (...) ne peut pas avoir précédé la microphysique actuelle à la façon dont l'obscurité de la nuit précède la lumineuse clarté des aurores.”* (8)

O livro divide-se em quatro partes: 1. *Pour ou contre l'atomisme?* 2. *La réhabilitation d'Épicure: gassendisme, pensée libertine*, 3. *La foi peut-elle s'accomoder de l'atomisme?*, 4. *Atomisme et science newtonienne: Newton, Diderot, Hume.*

Na primeira parte, o físico Armand le Noxaïc dedica-se a analisar a natureza do ‘vazio’ na obra de Pascal em *“Le ‘vide’ mis en evidence par Pascal est-il exempt d’atomes?”*. Le Noxaïc mostra como Pascal exemplifica a nova atitude que então despontava e que seria decisiva para a física moderna. Essa atitude caracterizava-se pela desconfiança em relação à especulação e pelo recurso à experimentação. O recurso à experimentação transformou irrevogavelmente o velho debate metafísico acerca da existência do vazio que havia dois mil anos opunha atomistas e aristotélicos. Assim, ao invés de se preocupar em defender através da especulação a existência dos átomos, Pascal preferiu, através da experimentação, empenhar-se na demonstração da possível existência do vazio. Embora a prudência o aconselhasse a abster-se de afirmar categoricamente, como fizeram os atomistas gregos, a existência do vazio, a experiência de Puy-de-Dôme levou-o à conclusão de que a natureza não lhe tem horror, como pretendiam os aristotélicos (e os cartesianos).

O artigo de Frédéric de Buzon trata precisamente de Descartes e das razões pelas quais o filósofo se opunha às frequentes acusações de atomismo que, todavia, persistiram para além da sua morte. De Buzon pretende esclarecer as relações entre o pensamento cartesiano e o pensamento atomista. Em que consistiu a refutação cartesiana da metafísica atomista? E por que razão foi possível, no entanto, identificar atomismo e cartesianismo? Na resposta à primeira questão, vemos que os antigos problemas da indivisibilidade dos corpos e do vazio são de novo invocados por Descartes contra o atomismo. Para Descartes, a inexistência dos átomos físicos, de indivisíveis, não sendo uma verdade eterna segue-se todavia da sua definição do movimento no pleno e da realização dos seus efeitos. A inexistência do vazio, essa, é da ordem das verdades matemáticas e dispensa qualquer prova experimental: Deus fez o entendimento humano de tal modo que este não pode, sem contradição, pensar um espaço vazio. No entanto, o vocabulário cartesiano, diz-nos de Buzon, aproxima-se muito do vocabulário atomista; como os atomistas, embora de modo diverso, Descartes explica as sensações através de efeitos mecânicos; e as suas partículas exibem também uma certa identidade e solidez; por fim, tanto a noção de substância material dos atomistas como a substância dos cartesianos não é composta de uma forma heterogénea.

A seguir, Manon Robin estuda a passagem entre a noção de átomo dos antigos gregos e a noção de mónada de Leibniz. Assim, depois de detectar as influências directas do atomismo grego na primeira física de Leibniz, Robin dedica-se à crítica leibniziana do mesmo atomismo grego, crítica essa que irá dar origem à formulação de uma nova filosofia do átomo que o concebe como um ponto metafísico infinito: a mónada. A influência atomista está presente na óptica de Leibniz (a cor tem como origem átomos luminosos); na noção do mundo como um alfabeto que se encontrava

já em Lucrécio (no entanto, para Leibniz, o número de livros-mundo deverá ser finito e o conjunto de átomos é, também ele, um alfabeto finito, nisto se afastando dos atomistas antigos); no movimento e penetração dos átomos (como Demócrito, Leibniz descreve uma resistência nos corpos que resiste à penetração e ao movimento). Leibniz, todavia, introduz a noção de força para dar conta da união real dos corpos que não podem ser concebidos como meros agregados.

A segunda parte da obra é dedicada a Gassendi e ao gassendismo. O Professor José Kany-Turpin debruça-se sobre as *Animadversiones in Librum X Diogenis Laërtii* de Gassendi, no qual este, através da crítica a Epicuro, pretende avaliar a perenidade da metafísica atomista. Essa avaliação não é apenas filosófica mas baseia-se também nas experiências científicas do seu tempo. Vemos como o atomismo de Gassendi aproxima-se do atomismo de Epicuro em muitos pontos. Porém, a tentativa de o conciliar com o cristianismo, típica deste período, obriga-o a uma reelaboração do atomismo que o complexifica sobremaneira. Assim, Deus é introduzido para criar os átomos, pô-los em movimento e assegurar uma alma imortal nos homens. E apenas Deus é infinito, não o número de átomos ou de mundos. Mas o cerne do artigo de Kany-Turpin é a emergência da ideia de molécula no séc. XVII. Como consequência de um erro na interpretação do *De Rerum Natura* de Lucrécio, diz-nos Kany-Turpin, Gassendi chama moléculas a um agrupamento de átomos que seriam as sementes das diversas coisas. Ora, nem Epicuro nem Lucrécio isolaram uma forma intermediária entre os átomos e os corpos deles compostos.

O Professor Marcelino Rodríguez Donís propõe-se clarificar a relação entre uma obra da filosofia clandestina e libertina do séc. XVII, o *Theophrastus Redivivus*, e o atomismo na sua vertente epicurista. Trata-se de um artigo sobretudo de teor moral, político e (anti) religioso sendo, por isso, o menos interessante para a filosofia da ciência (o autor anónimo do *Theophrastus Redivivus* nunca se refere à ciência nem à filosofia do seu tempo).

As relações entre o atomismo e a fé são o tema da terceira parte do livro em apreço. É inaugurada com o artigo *Sur l'Atomisme dans l' École Galiléenne*, do investigador Egídio Festa. A propósito do fenómeno da flutuação, no *Discurso sobre os Corpos Flutuantes*, Galileu tenta justificar a metafísica atomista através da observação da natureza. E no *Il Saggiatore*, a concepção atomista que tem da matéria leva-o a declarar que as sensações são provocadas por um fluxo de 'partículas mínimas'. As próprias qualidades aristotélicas são, para ele, 'nomes puros' que não têm sede a não ser no corpo sensitivo. Nos *Discorsi*, Galileu afirma que a diferença entre os corpos sólidos e os corpos líquidos reside no facto de os átomos dos corpos líquidos serem indivisíveis. Assim, o atomismo de Galileu caracteriza-se por defender que o ar, o fogo e a água, apesar de serem todos constituídos por átomos, conservam

as suas qualidades específicas. Quanto aos seguidores da escola galilaica, diz-nos Festa, estavam de facto mais próximos do atomismo de Gassendi, uma cristianização do atomismo epicurista, do que do atomismo com conotações matemáticas do último Galileu. Por isso, a origem do conflito entre peripatéticos e inovadores da escola galilaica não foram ofensas ao dogma católico. O combate travado era pelo poder intelectual e académico. Mas, não obstante os peripatéticos não poderem usar as Escrituras para combater o atomismo dos galilaicos e o seu principal argumento se basear na autoridade do Estagirita, venceram a batalha na Itália, ao contrário do que sucederia noutros países da Europa.

Em “*La Philosophie Mécanique’ de Boyle*”, Sophie Roux argumenta que não há, em Boyle, uma teoria no sentido forte do termo; que não há razão para falar de filosofia corpuscular ou mecânica de Boyle do mesmo modo que se pode falar da teoria da matéria de Descartes. Boyle caracterizou-se antes por uma grande indeterminação filosófica. Recusou sempre escolher entre dois campos opostos: apesar de ter construído uma bomba capaz de produzir um vazio aparente, absteve-se de tomar o partido dos defensores do vazio., por considerar ser essa uma questão metafísica. Quanto aos átomos, embora não diga textualmente que é igualmente uma questão metafísica, Roux afirma que, em face da ambiguidade e neutralidade de Boyle, podemos concluir que pensava de modo semelhante. A atitude ambígua e conciliatória de Boyle traduz-se ainda na pretensão de pôr a filosofia mecanicista ao serviço da religião cristã. Para tanto, aponta limites às explicações mecanicistas: considera ímpia a explicação de Descartes da formação do mundo a partir de algumas leis naturais; e também considera ímpia a ideia epicurista segundo a qual o mundo auto-engendrou-se ao acaso.

A quarta e última parte abre com uma tentativa de análise psicanalítica do atomismo de Newton por parte de Loup Verlet. Newton surge como uma figura complexa e paradoxal, dilacerado entre extremos opostos. Desde logo, a profunda crença metafísica de Newton no atomismo parece estar em contradição com a desconfiança do mesmo Newton pela especulação e a sua confiança na indução. Como é sabido, a sua teoria reclamava-se da experiência e assentando em princípios matemáticos. Além disso, e embora tenham sido as experiências acerca da refração da luz e do ‘fenómeno das cores’ que deram corpo ao atomismo de Newton, para compreender esse atomismo, segundo o autor, há que ter ainda em conta três factores: a sua obsessão pela ordem; o seu horror ao caos (que, no entanto, ele próprio deixa irromper num universo ordenado); e o seu vivo interesse pela alquimia, através da qual podia entrar em contacto com forças vitais.

Segue-se um artigo acerca de Diderot, da autoria da Professora Catherine Larrère, “*Diderot et l’Atomisme*”. Como sucedeu com muitos dos pensadores da época, Diderot foi um adepto fervoroso do atomismo. No entanto, devido ao seu interesse pela fisiologia, vai propor um atomismo de tipo vitalista: defende que não é o movimento mas a sensibilidade que caracteriza a matéria, toda a matéria. Rompe, assim, a ligação entre o atomismo e o mecanicismo. Larrère pretende então responder à seguinte questão: um atomismo não mecanicista será ainda um atomismo? Em princípio, adoptar o atomismo é apoiar o mecanicismo. Seguindo a ideia de Newton de uma natureza activa cujos movimentos se explicam por um princípio interno, Diderot acredita, também ele, numa natureza activa, diferenciada até ao infinitamente pequeno e que a si mesma põe em ordem. Todavia, tal como sucedia com Newton, ao mesmo tempo que defende a metafísica atomista desconfia da metafísica e das concepções apenas matemáticas da matéria. O avanço do saber provinha, quanto a ele, da física experimental. Diderot estava, pois, consciente de que a atribuição de sensibilidade à matéria era apenas uma hipótese. Larrère conclui que “*On ne peut donc pas dire que Diderot propose, avec l’atomisme vitaliste auquel le conduit son appréhension croissante de la diversité de la nature, une véritable alternative au paradigme mécaniste. Il s’agirait plutôt de trouver, dans les arguments vitalistes d’une sensibilité de la matière conçue sur l’analogie du mouvement, de quoi poursuivre, sur un nouveau terrain, et sur de nouvelles questions, le débat, entre matérialisme et spiritualisme, qui s’était développé, dans un premier temps, comme un débat entre deux interprétations, cartésienne et newtonienne, du mécanisme.*” (160)

O volume fecha com um artigo dedicado a Hume, “*Hume et l’atomisme des idées*”, de Patrick Ghrenassia. O autor pretende recordar a originalidade do atomismo não-materialista de Hume, o seu grau de coerência e o seu propósito anti-metafísico. Hume leva a cabo uma aplicação do atomismo ao espírito humano: os átomos são as percepções simples, indivisíveis e inseparáveis. Trata-se, pois, de um atomismo sem matéria. Os átomos invisíveis de Epicuro, a substância cartesiana, o substrato aristotélico, todos os suportes ocultos das aparências sensíveis e mesmo a existência continuada dos próprios objectos exteriores são considerados ficções da imaginação. Os átomos perceptivos não se ancoram numa matéria independente ou em corpos exteriores. E não dependem também de um cogito substancial. A identidade subjectiva é, também ela, uma ficção. Como frisa o autor “*ce n’est pas l’esprit qui a des idées, mais que se sont les idées qui composent l’esprit et que son unité résulte d’une genèse associationiste.*” (171). O espírito é resultado e não condição das percepções. Essa posição de Hume torna inexplicável o sentimento do eu pois este é olhado como nada mais do que as ideias ligadas acidentalmente por um processo de

associação. Esta associação é o elo de ligação que permite ultrapassar a dispersão atómica e formar mundos de sistemas de objectos e de crenças a partir de fluxos aleatórios.

(Recensão feita por Cláudia Ribeiro  
[ryuko@iol.pt](mailto:ryuko@iol.pt))

## Publicações do CFCUL

### Colecção

#### Fundamentos e Desafios do Evolucionismo



### Colecção Thesis



1 - A teoria de Oparine sobre a Origem da Vida. Uma abordagem no quadro da História e Filosofia das Ciências (Helena Abreu)



2 - A Imagem-Sensação: Deleuze e a Pintura (Nuno Carvalho)



3 - Metamorfoses do Conceito de Abdução em Peirce. O Exemplo de Kepler (Ana Paula Silva)



4 - Electrões inobserváveis e estrelas invisíveis. Em torno do problema do Realismo em Ciência: Bas C. van Fraassen versus Alan Musgrave (Cláudia Ribeiro)



5 - Entre o Conceito e a Imagem. O lugar da Psicanálise na obra de Gaston Bachelard (Ana Gaspar)

## Cadernos de Filosofia das Ciências



1 - **Cartas de Edmundo Curvelo a Joaquim de Carvalho (1947-1953) e Outros Inéditos** (selecção e introdução de Augusto J. Franco de Oliveira)



2 - **Ciência e Género. Quatro Textos de Quatro Mulheres: Londa Schiebinger, Evelyn Fox Keller, Donna Haraway e Hilary Rose** (selecção, tradução e prefácio de Teresa Levy e Clara Queiroz)



3 - **As Cartas de Problemática de António Sérgio** (selecção, introdução e estudos de Olga Pombo, Manuel Beirão dos Reis e João Luís Cordovil)



4 - **Electrodinâmica Estocástica: em busca da Física por detrás da Teoria Quântica, Luís de la Peña** (tradução e prefácio de Mário Gatta)



5 - **Sobre a Lógica e a Teoria da Ciência de Jean Cavailles** (apresentação e tradução de Nuno Miguel Proença)



6 - **Ciência, Psicanálise e Poética em torno de Gaston Bachelard** (organização e apresentação de Ana Gaspar)



7 - **Wittgenstein, a prova e a actividade matemática: uma introdução** (Nuno Miguel Proença)



8 - **On Kuhn's Philosophy and its Legacy** (edited by Juan Manuel Torres)



9 - **Cinco Ensaios sobre Wittgenstein** (João Esteves da Silva)



10 - **Henri Poincaré, Filósofo da Matemática. Breve antologia de textos** (Augusto J. Franco de Oliveira)



11 - **Poincaré's Philosophy of Mathematics: Intuition Experience Creativity** (edited by Hassan Tahiri )



12 - **Poincaré e a Física** (org. e ed. de Isabel Serra e Maria de Paz) [No Prelo / In Press]

### Colecção A Imagem na Ciência e na Arte



**As cidades, os castelos e as ondas - imagens, diagramas e metáforas entre Calvino, Escher e Bohr**  
(João Araújo)



**Neuroaesthetics. Can Science Explain Art?**  
(Olga Pombo, Silvia Di Marco e Marco Pina)



**As Imagens com que a Ciência se Faz**  
(Olga Pombo e Silvia Di Marco)



**Solaris. Sistema Beta Pictoris**  
(Rodrigo Vilhena)



**A Coleção de Desenho Antigo da Faculdade de Belas-Artes de Lisboa  
(1830-1935): Tradição, Formação e Gosto**  
(Alberto Faria)



**Representações do Corpo na Ciência e na Arte**  
(Cristina Azevedo Tavares)



**Em torno de Darwin**  
(Olga Pombo e Marco Pina)

## Colecção Documenta



1 - **Abduction and the Process of Scientific Discovery** (Editado por Olga Pombo e Alexander Gerner)



2 - **Lógica e Filosofia da Ciência** (Editado por Olga Pombo e Ángel Napomuceno)



3 - **Lei, Segurança e Disciplina Trinta anos depois de Vigiar e Punir de Michel Foucault** (Editado por António Fernando Cascais, José Luís Câmara Leme e Nuno Nabais).



4 - **Oficina de Filosofia das Ciências Sociais e Humanas CFCUL/ILTEC** (Editado por Nuno Proença e Marta Alexandre)

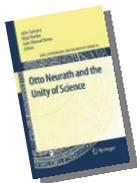


5 - **Corps et Signes. No Centenário do Nascimento de Claude Lévi-Strauss e Maurice Merleau-Ponty (Colóquio Internacional Filosofia das Ciências Humanas)** (Jean-Yves Mercury e Nuno Nabais)



6 - **Lógica Universal e Unidade da Ciência** (Olga Pombo)

## Outras Publicações



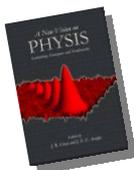
**Unity of Science: New Approaches - Otto Neurath and the Unity of Science**, (Edited by Olga Pombo, John Symons and Juan Manuel Torres)



**Special Sciences and the Unity of Science** (Edited by Olga Pombo, Juan Manuel Torres, John Symons and Shahid Rahman)



**Studies in Diagrammatology and Diagram Praxis** (Edited by Olga Pombo and Alexander Gerner)



**A New Vision on PHYSIS - Eurhythmy, Emergence and Nonlinearity** (Edited by J. R. Croca and J. E. F. Araújo)



**Vivre en Europe. Philosophie, politique et science aujourd'hui** (Organization de Bertrand Ogilvie, Diogo Sardinha et Frieder Otto Wolf)



**Psicologia, Filosofia e Física Quântica. O Princípio de Complementaridade no século de Bohr** (Rui Moreira)



**Psychosurgery. The Birth of a New Scientific Paradigm - Egas Moniz and the Present Day** (Zbigniew Kotowicz)



**As Cartas de Problemática de António Sérgio** (Organização de Olga Pombo e João Cordovil)



**Unidade da Ciência. Programas, Figuras e Metáforas Sérgio** (Olga Pombo)



Centro de Filosofia das Ciências  
da Universidade de Lisboa

<http://cfcul.fc.ul.pt>

O CFCUL é uma Unidade de I&D financiada pela:

**FCT** Fundação para a Ciência e a Tecnologia  
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR