

## Théories ou modèles ?

### Pierre Duhem et la critique du « modélisme » anglais

Souad Ben Ali

(Université de Tunis)

#### Résumé

Vers la fin du XIX siècle, le physicien et philosophe des sciences français Pierre Duhem présentait une critique systématique du modélisme anglais dans le but de mettre en valeur sa propre conception de la théorie physique. Cette critique a été considérée par certains commentateurs comme catégorique et dévalorisante des théories physiques anglaises. Nous allons essayer de démontrer que, contrairement à ces prétentions, la critique duhemienne est plus souple méthodologiquement que ce qu'il paraît et qu'il s'agit pour lui d'une préférence méthodologique d'un procédé de construction scientifique fondé sur l'abstraction, la généralisation et la déduction, qu'il considère plus parfait. La fécondité de la construction par modèle mécanique incline toute tentative de sa dévalorisation, bien que les théories abstraites gardent leurs supériorités dans la construction scientifique. La critique guidée par la comparaison de deux rationalités qui produisent les deux types des théories, révèle un champ conceptuel si familier à l'épistémologie de la modélisation. Notre réflexion a pour objectif d'enrichir l'investigation de l'histoire de la méthodologie scientifique.

#### ملخص

في أواخر القرن التاسع عشر ووجه الفيزيائي و فيلسوف العلوم الفرنسي بيار دوهام نقداً حاداً إلى النظريات الفيزيائية الإنكليزية المبنية بواسطة النماذج، و قد أعتبر هذا النقد من طرف شرّاح دوهام رفضاً قطعياً لتلك النظريات و لإستعمال النماذج. سنسعى في هذا العمل إلى البرهنة على أنه، النقده الصارم لتلك النظريات لا يلغي قيمتها و لا يقلل من قدرتها على الكشف والمساهمة في تقدّم العلم. و سنحاول أن نبين أن النقد الذي يقوم به دوهام هو نقد مرّن منهجياً ينطلق من التمييز بين تمثيين يسلكهما العقل العلمي في إنتاج نظرياته هما التمثيل النظري المبني على التجريد و التعميم و الإستنتاج و التمثيل المستعمل للنماذج بغاية التمثيل الإصطناعي للواقع، ينتج التمثيل الأول النظرية المجردة و ينتج الثاني النظرية المتخيلة، و يصل إلى التأكيد على أن الأمر يتعلق بإختيار منهجي يفضّل التمثيل النظري - المنطقي في بناء النظرية الفيزيائية ويؤكد أن البناء النظري يكون سابقاً حتى في تلك النظريات المستعملة للنماذج، ينكشف من خلال هذا النقد حقل مفاهيمي ثري و مألوف اليوم في في إستمولوجيا النمذجة.

#### Abstract

Towards the end of the XIX th century, the French physicist and philosopher of Sciences Pierre Duhem presented a systematic criticism of the theories established on the English modalism. His aim was to emphasize his own conception of the physical theory. Some of his commentators considered the criticism of Duhem a categorical and depreciating of the English physical theories. We are trying here to demonstrate, that contrary to these claims, the duhemienne criticism is more flexible methodologically than what it adorned and it was for him a question of a methodological preference of one process of scientific construction established on the abstraction and the deduction, he sees it most perfect. The fertility of method of construction by

model tilts any attempt of their depreciations, although the abstract theories keep their superiorities in the scientific construction. The criticism oriented by the comparison of two rationalities which produce two types of the theories, reveals a conceptual field so familiar to the epistemology of the modeling. Our reflection has for objective to enrich the investigation of the history of scientific methodology.

Si la notion de modèle, entendue comme instrument de production et d'exposition des connaissances, est une idée neuve pour la science contemporaine, son usage comme instrument d'élucidation et de représentation remonte à la physique classique de la fin du XIX<sup>e</sup> et du début du XX<sup>e</sup> siècle. En 1902, le physicien Ludwig Boltzman publia un article en langue allemande intitulé : « Catalogue de modèles de physique mathématique. »<sup>1</sup>. Bien avant, en 1893, un article fait son apparition dans la *Revue des questions scientifiques* sous la plume du physicien et philosophe des sciences français, Pierre Duhem; il porte le titre de « *L'école anglaise et les théories physiques* »<sup>2</sup>. Cet article est consacré à la critique de la conception anglaise de la théorie physique. Or, suite à la parution des *Conférences scientifiques et allocutions de Sir W. Thomson*<sup>3</sup> et à leur diffusion en France, la méthode anglaise qui consiste dans la construction par modèle, est devenue une mode en France : son influence immédiate atteint les méthodes de l'enseignement aussi bien dans les lycées que dans les universités<sup>4</sup>. La tâche de Duhem dans cet article est de défendre la conception de la théorie physique héritée des maîtres continentaux de la physique contre la conception anglaise et de montrer les limites de cette dernière. La critique de Duhem met l'accent sur deux types de rationalité scientifique ; l'une est empirique et utilitariste et l'autre est abstraite et considère le savoir comme l'occupation première de la raison.

---

<sup>1</sup> Jean Louis-Le Moigne : « Qu'est-ce qu'un Modèle ? » Etude publiée dans « les modèles expérimentaux et clinique » (AMRP 1985) et dans *Confrontation Psychiatriques*, 1987, numéro Spécial consacré aux MODELES.

<sup>2</sup> Duhem : « *L'école anglaise et les théories physiques* », *Revue des questions scientifiques*, n34, octobre, 1893, pp 345-378, L'article est réédité in *Prémices philosophiques*, par Stanley Jacki, Brill, 1987(pp.11 3-146). L'article a été réintégré en 1906 dans le chapitre IV de la théorie physique son objet, sa structure.

<sup>3</sup> W. Thomson (Lord Kelvin) : *Conférences scientifiques et allocutions*. Traduites et annotées sur la deuxième édition par P. Lugol ; avec des extraits de mémoires récent de sir W. Thomson et quelques notes, par M. Brillouin. *Constitution de la matière*. Paris, Gautier-Villars, 1893.

<sup>4</sup> Le mal causé par ces nouvelles méthodes est grand, selon Duhem, car il « n'atteint point seulement les livres et les cours destinés aux futurs ingénieurs. Il a pénétré partout, propagé par les méprises et les préjugés de la foule, qui confond la science avec l'industrie (...). L'enseignement supérieur est déjà contaminé par l'utilitarisme, et l'enseignement secondaire est en proie à l'épidémie. Au nom de cet utilitarisme, on fait table rase des méthodes qui avait servi, jusqu'ici, à exposer les sciences physique ; on rejette les théories abstraites et déductives ; on s'efforce d'ouvrir aux élèves des vues inductives et concrètes ; on n'entend plus mettre dans les jeunes esprits des idées et des principes, mais des nombres et des faits ». *La théorie physique*. p. 136.

Duhem présente une critique sévère de l'école anglaise accompagnée d'un éloge de cette école qui se distingue, par sa méthode, des autres écoles mécaniques classiques. En refusant l'explication comme démarche qui conduit à la recherche des entités du réel, c'est-à-dire refuser l'explication comme moyen pour connaître la vérité du réel, les physiciens anglais faisaient usage des modèles mécaniques. Enchanté par le rejet de l'explication mécanique, Duhem refuse pourtant vigoureusement cette confusion entre modèles et théories physiques. Il met au point, tout au long de son article, « *L'école anglaise...* », une critique systématique du concept de modèle et de la méthode de construction par modèle. En suivant la pensée duhemienne, nous allons essayer, dans la présente réflexion, de répondre à ces questions : En quoi consiste la critique du modèle chez Duhem? De quel type de modèle s'agit-il? En quoi le modèle diffère-t-il de la théorie physique abstraite? Est-il un moyen d'analyse et de construction ou un moyen d'exposition? Analogie et modèle désignent-ils la même chose? Une théorie tire-t-elle sa fécondité des modèles dont elle fait usage? Le modélisme a-t-il le même sens que celui de la modélisation? Le refus de l'usage des modèles chez Duhem est-il catégorique?

La distinction entre théorie physique abstraite et théorie des modèles mécaniques réside essentiellement, selon Duhem, dans la différence entre les facultés qui les produisent, à savoir, la raison et l'imagination. En procédant d'abord par abstraction et ensuite par généralisation, le physicien de la rationalité fondée sur la méthode abstraite conduit son esprit à parcourir les étapes suivantes :

« En premier lieu, l'esprit analyse un nombre immense de faits particuliers, concrets, divers, compliqués, et ce qu'il voit en eux de commun et d'essentiel, il le résume en une loi, c'est-à-dire en une proposition générale reliant des notions abstraites. En second lieu, il contemple tout un ensemble de lois ; à cet ensemble il substitue un tout petit nombre de jugements extrêmement généraux, portant sur quelques idées très abstraites ; il choisit ces *propriétés premières*, il formule ces *hypothèses fondamentales*, de telle sorte qu'une déduction fort longue peut-être, mais très sûre, en puisse tirer toutes les lois appartenant à l'ensemble qu'il étudie. *Ce système des hypothèses et des conséquences qui en découlent, œuvre d'abstraction, de généralisation et de déduction, constitue la théorie physique*»<sup>1</sup>.

Tout en réalisant ces étapes, l'esprit veille à ce que son travail satisfait son besoin *d'économie intellectuelle* qui s'effectue, en fait, à double plans, celui des faits et celui des lois :

---

<sup>1</sup> Duhem : *La théorie physique*, p. 77. (1914). (je souligne)

« Le double travail d'abstraction et de généralisation par lequel une théorie se constitue, réalise une double économie intellectuelle ; il est économie lorsqu'il substitue une loi unique à une multitude de faits ; il est encore économique lorsqu'il substitue un petit groupe d'hypothèses à un vaste ensemble de lois ». <sup>1</sup> L'avantage de cette économie intellectuelle pour un esprit abstrait est qu'elle diminue « à un très haut degré, la peine que la raison doit prendre pour acquérir la connaissance de la physique » <sup>2</sup>.

Contrairement, à ce mode de *production abstraite* de la connaissance en physique, se présente un autre mode de *production* qui est *imaginatif* où le physicien cherche à construire des modèles pour représenter les objets qu'il étudie ou l'ensemble des lois physiques :

« Lorsqu'un physicien anglais cherche à construire un modèle propre à représenter un ensemble de lois physiques, disait Duhem, il ne s'embarrasse d'aucun principe cosmologique, il ne s'astreint à aucune exigence logique. Il ne cherche pas à déduire son modèle d'un système philosophique ni même à le mettre en accord avec un tel système. Il n'a qu'un objet : *Créer une image visible et palpable des lois abstraites* que son esprit ne pourrait saisir sans le secours de ce *modèle*. Pourvu que le mécanisme soit bien concret, bien visible aux yeux de l'imagination il lui importe peu que la cosmologie atomiste s'en déclare satisfaite ou que les principes *du cartésianisme le condamnent*. » <sup>3</sup>.

Le physicien, dont un Maxwell, un Lodge, Tait ou Thomson font l'exemple, ne cherche pas à expliquer les lois ou les phénomènes. Son but se borne à comprendre le mécanisme des phénomènes physiques et, par conséquent, à construire un ou des modèles qui les imitent. Ces modèles sont liés par un mécanisme imaginé dont le jeu *représente et simule* les propriétés des corps <sup>4</sup>. De cette manière de procéder, les théories des modèles mécaniques conçues et présentées par les physiciens anglais, ont renoncé définitivement à l'explication de la matière.

Or, ce qui les distingue des théories mécaniques françaises « ce n'est point d'avoir tenté la réduction de la matière à un mécanisme, c'est la forme particulière de ses tentatives pour obtenir cette réduction. » <sup>5</sup>. Le physicien anglais « ne demande donc à aucune Métaphysique de lui fournir les éléments avec lesquels il composera ses mécanismes; il ne cherche pas à savoir qu'elles sont les propriétés irréductibles des éléments ultimes de la matière » <sup>6</sup>. Brièvement, il ne cherche pas à définir et à déterminer les propriétés abstraites des corps. En effet, les corps avec lesquels il construit ses modèles sont « des corps concrets, semblables à ceux qui nous entourent, solides ou liquides, rigides ou

---

<sup>1</sup> Duhem : *La théorie physique* (1914), p. 78.

<sup>2</sup> Ibid., p. 79.

<sup>3</sup> Ibid., p.106. (Je souligne)

<sup>4</sup> Ibid., p103.

<sup>5</sup> Ibid., p. 104.

<sup>6</sup> Duhem : *La théorie physique*, p107.

flexibles, fluides ou visqueux ; et par solidité, fluidité, rigidité, flexibilité, viscosité, il ne faut pas entendre des propriétés abstraites, dont la définition se tirerait d'une certaine Cosmologie ; ces propriétés ne sont nullement définies, mais imaginées au moyen d'exemples sensibles : la rigidité évoque l'image d'un bloc d'acier ; ce sont la flexibilité, celle d'un fil de cocon ; la viscosité, celle de la glycérine. Pour exprimer d'une manière plus saisissante ce caractère concret des corps avec lesquels il fabrique ses mécanismes »<sup>1</sup>.

Tels sont donc les procédures des deux types de construction de la théorie physique : la théorie abstraite et la théorie imaginative. Si les théories abstraites procèdent par abstraction et généralisation, les théories construites par des modèles représentent matériellement et simulent les corps concrets. L'exemple que Duhem donne de la méthode de constitution de la théorie électrostatique pour un esprit abstrait d'un français ou d'un allemand et un esprit imaginaire d'un anglais, est très instructif. Nous avons pu voir dans cette distinction des esprits, une démarcation entre deux types de rationalité scientifique. Comment donc les deux types d'esprits fonctionnent-ils ?

Pour un français ou un allemand, disait Duhem : « Deux corps électrisés sont en présence ; il s'agit de donner une théorie de leurs attractions ou de leurs répulsions mutuelles. Le physicien français ou allemand, qu'il se nomme Poisson ou Gauss, place par la pensée, dans l'espace extérieur à ces corps, cette *abstraction* qu'on nomme un point matériel, accompagnée de cette autre abstraction qu'on nomme une charge électrique ; il cherche alors à calculer une troisième abstraction, la force à laquelle le point matériel est soumis ; il donne des *formules* qui, pour chaque position possible de ce point matériel, permettent de déterminer la *grandeur* et la *direction* de cette force ; de ces formules, il déduit une série de *conséquences* ; il montre, notamment, qu'en chaque point de l'espace, la force est dirigée suivant la tangente à une certaine ligne, la *ligne de force* ; que toutes les lignes de force traversent normalement certaines surfaces dont il donne l'équation, les *surfaces d'égal niveau potentiel* ; qu'elles sont, en particulier, normales aux surfaces des deux conducteurs électrisés, qui figurent au nombre des surfaces d'égal niveau potentiel ; il calcule la force à laquelle est soumis chaque élément de ces deux surfaces ; enfin il compose toutes ces forces élémentaires selon les règles de la Statique ; il connaît alors les lois des actions mutuelles des deux corps électrisés. »<sup>2</sup> . Comme le montre bien cet exemple, la théorie électrostatique telle qu'elle était conçue par un esprit abstrait constitue un ensemble de notions abstraites et de propositions générales, formulées dans

---

<sup>1</sup> Ibid., p.108.

<sup>2</sup> Duhem : *La théorie physique*, pp 99-100.

le langage clair et précis de la Géométrie et de l'Algèbre, reliées entre elles par les règles d'une sévère Logique.

Cependant, ce mode de représentation ne satisfait pas l'esprit d'un physicien anglais, qui voulait représenter de manière sensible ou concrète les objets qu'il veut comprendre, il devrait donc s'en passer de ce type de représentation abstraite et procéder de manière différente, c'est ce que Duhem explique en ces termes :

« Le physicien français ou allemand concevait, dans l'espace qui sépare les deux conducteurs, des lignes de force abstraites, sans épaisseur, sans existence réelle ; le physicien anglais va *matérialiser* ces lignes, les épaissir jusqu'aux dimensions d'un tube qu'il remplira de caoutchouc vulcanisé ; à la place d'une famille de lignes de forces idéales, concevables seulement par la raison, il aura un paquet de cordes élastiques, visibles et tangibles, solidement collées par leurs deux extrémités aux surfaces des deux conducteurs, distendues, cherchant à la fois à se raccourcir et à grossir ; lorsque les deux conducteurs se rapprochent l'un de l'autre, il voit ces cordes élastiques les tirer, il voit chacune d'elles se ramasser et s'enfler ; tel est le célèbre *modèle des actions électrostatiques* imaginé par Faraday, admiré, comme une œuvre de génie, par Maxwell et par l'École anglaise tout entière. »<sup>1</sup>

De cette manière de procéder, le physicien anglais fini par confondre le modèle avec l'intelligence de la théorie ; confusion que Duhem considère comme *illégitime* et inacceptable. Le problème pour Duhem semble être de préciser la nature de la rationalité qui doit déterminer les fondements de la science en général et la constitution de la théorie en physique de manière spécifique. Quand il distingue entre deux types d'esprits : celui qui procède par abstraction et généralisation et celui qui procède par invention de modèles simulant le réel. Duhem n'a fait, à vrai dire, que distinguer entre deux sources de la connaissance scientifique afin qu'il parvienne à choisir et légitimer l'une d'entre elles. En cela, Duhem était mené par un critère essentiel : l'adhésion à l'universel.

Cette adhésion à l'universel est, pour lui, d'une extrême importance, car elle représente « un perpétuel défi à la justesse d'esprit. »<sup>2</sup>. Celle-ci est la condition d'une construction abstraite de la théorie physique. Elle est aussi le moyen pour lutter contre « la mode de Londres »<sup>3</sup>, diffusée par des grands penseurs et professeurs du continent. Cette mode menace d'une part la pédagogie de la physique, de l'autre, un héritage historique recueilli des grands maîtres de la physique, tels que Descartes, Cauchy, Poisson ou Gauss, en multipliant le nombre de penseurs qui « sont peu aptes à la méthode française » et qui

---

<sup>1</sup> Ibid., p.101.

<sup>2</sup> Duhem : *La théorie physique*. p.136.

<sup>3</sup> Ibid., p. 134.

trouvent difficile de concevoir une idée abstraite et de suivre un raisonnement rigoureux. Il est donc question de lutter contre un danger lié à la manière dont les esprits peuvent recevoir leur perception du réel et construire une théorie qui la représente. C'est un danger lié à la conception mécaniste représentée sous une version nouvelle : celle des anglais. Expliquons donc comment fonctionnent les deux facultés qui produisent la connaissance, en l'occurrence l'imagination et l'abstraction. Les esprits imaginatifs sont amples et sont caractérisés par leurs capacités de percevoir un ensemble compliqué d'objets disparate; « ils le saisissent d'une seule vue, sans avoir besoin que leur attention myope se porte d'abord sur cet objet, puis sur cet autre ; et cette vue, cependant, n'est pas vague et confuse ; elle est précise et minutieuse ; chaque détail est clairement perçu à sa place et avec son importance relative. »<sup>1</sup>. Pour concevoir, et faute de capacité d'abstraction, ces esprits ont besoin du secours de la mémoire sensible. Ils figurent avec précision, dans l'ensemble comme dans le détail, des objets visibles et palpables et ont la capacité de voir clairement un grand nombre de notions concrètes. La force de ce type d'esprit est qu'il est doué d'une puissante faculté imaginative et, en contrepartie, « mal préparé à abstraire et à déduire. »<sup>2</sup>. Par contre, l'esprit fort mais étroit, celui des français et des allemands<sup>3</sup>, est un esprit abstrait. Ceux qui le possèdent ont la faculté de concevoir des idées abstraites et d'en raisonner plus développée que la faculté d'imaginer des objets concrets.<sup>4</sup> Celui qui a l'esprit fort est capable de «conduire par ordre ses pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu, comme par degrés, jusqu'à la connaissance des plus composés ; et supposant même de l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres ».<sup>5</sup>

La différence de fonctionnement entre les deux types d'esprit en résulte, une différence entre leurs buts et leurs moyens pour construire une théorie physique : l'esprit juste et fort produit une théorie qui veut représenter abstraitement l'ensemble des lois de physique alors que l'esprit ample et faible produit un modèle qui représente les lois ou les objets concrets. La théorie a pour but de *concevoir* abstraitement et généralement alors que le modèle a pour but de *comprendre* en représentant sensiblement le phénomène. Le modèle a un rôle *instructif* et la théorie a – selon sa nature- un rôle *explicatif* ou *représentatif*.

---

<sup>1</sup> Ibid., p. 79.

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> Cette distinction entre l'esprit français et allemand et l'esprit anglais, est basée sur la typologie des esprits faite par Pascal. Elle différencie entre l'esprit ample et faible et l'esprit juste et fort. Le premier a plus de capacité de concevoir le concret au moyen des sens et d'imagination, alors que le deuxième procède par l'abstraction et le raisonnement logique.

<sup>4</sup> Ibid.

<sup>5</sup> Ibid., p. 91.

Le but essentiel pour un physicien anglais c'est donc la *compréhension* et c'est à partir de là que les théories mécaniques anglaises ont réussi à être distinctes des théories mécaniques françaises et allemandes. Elles ne cherchent ni à expliquer, ni à pénétrer le réel pour déterminer les causes qui régissent les phénomènes. Elles veulent comprendre comment fonctionnent les phénomènes tels que la perception sensible les exhibe. Au lieu d'abstraire, de raisonner et de généraliser, le physicien anglais *imite*, *simule* et *fabrique* un modèle qui représente sensiblement les faits qu'il étudie, c'est ce que Duhem confirme : « *Comprendre* un phénomène physique, c'est donc, pour les physiciens de l'École anglaise, composer un modèle qui *imite* ce phénomène ; dès lors, comprendre la nature des choses matérielles, ce sera imaginer un mécanisme dont le jeu *représentera*, *simulera*, les propriétés des corps ; l'École anglaise est acquise entièrement aux explications purement mécaniques des phénomènes physiques »<sup>1</sup>. S'il y a donc un avantage pour la construction par modèle c'est qu'elle sauve la science de la tutelle des explications métaphysiques répondues parmi les anciennes théories mécaniques. Avantage que Duhem a énormément estimé.

Mais il y a une précision à faire concernant la notion même de modèle ; celle de sa distinction de l'analogie. La précision permet de répondre à la question de la différence entre ces deux opérations : construire des modèles et utiliser des analogies. Elle permet encore de répondre à la question suivante : les modèles sont-ils féconds ? Qu'est-ce que d'abord un modèle ? D'après l'analyse critique duhémienne du modélisme anglais, nous avons pu recueillir deux définitions de modèle dont les physiciens anglais font usage : un modèle peut être soit un mécanisme construit avec des corps concrets, soit un agencement de signes algébriques. Etant donné qu'il est une construction concrète, le modèle *imite* le phénomène représenté. Autrement dit, il est un mécanisme imaginé et reproduit par des matériaux (les cordes, les poulies les tubes, les bobines, l'acier, la glycérine etc..) et dont le jeu représentera les propriétés des corps.

L'autre modèle est construit selon un mécanisme algébrique sous forme d'une ou d'un ensemble d'équations algébriques :

« De même que, pour éclairer une théorie physique, il (l'anglais) construisait avec des matériaux solides ou liquides, élastiques ou flexibles, un appareil dont le jeu imitait les principaux phénomènes que la

---

<sup>1</sup> Ibid., p. 103 (Je souligne).



théorie avait pour objet de relier, de même, avec des symboles algébriques, il va construire un système représentant, par ses diverses transformations, la coordination des lois qu'il cherche à classer »<sup>1</sup>.

Cette idée est précisée d'emblée dans *la théorie physique* où Duhem explique que : « l'ampleur de la faculté qui sert à imaginer les ensembles concrets et par la faiblesse de la faculté qui abstrait et généralise engendre une *forme particulière de théorie physique* ; les lois d'un même groupe ne sont point coordonnées en un système logique ; elles sont figurées par un modèle ; ce modèle peut être, d'ailleurs, soit un mécanisme construit avec des corps concrets, soit un agencement de signes algébriques ; en tout cas, la théorie anglaise ne se soumet point, dans son développement, aux règles d'ordre et d'unité qu'impose la Logique. »<sup>2</sup>. Un physicien anglais n'est pas intéressé dans sa constitution de la théorie, comme le savant français ou allemand, par l'édification d'un système logique : des déductions parfaitement rigoureuses unissent les hypothèses sur lesquelles repose la théorie aux conséquences qu'on en peut tirer et qu'on se propose de comparer aux lois expérimentales. Ce qui l'intéresse réellement, c'est construire des modèles mécaniques d'un ensemble de phénomènes et les classer, il ne s'impose pas des raisonnements bien minutieux pour établir un rapprochement entre cet agencement de corps concrets et les lois physiques qu'il est appelé à représenter ; l'imagination, que seul le modèle l'intéresse, sera l'unique juge de la ressemblance entre la figure et l'objet figuré. Ainsi fait Maxwell : aux intuitions de la faculté imaginative, il laisse le soin de comparer les lois physiques et le modèle algébrique qui doit les imiter ; sans s'attarder sur cette comparaison, il suit le jeu de ce modèle.

Toutefois, si le modèle se présente comme une imitation et simulation des objets, il ne faut pas le confondre avec l'analogie ni « confondre [son] usage (...) avec l'usage de l'analogie »<sup>3</sup>. La différence entre les deux concepts ou plutôt les deux opérations est grande. Pour la comprendre, il faut connaître le rôle cognitif joué par cette opération. En effet, l'idée de la connaissance analogique a eu lieu et a remplacé d'une connaissance démonstrative qui fait défaut est reconnue par Leibniz mais ses fondements remontent à Saint Thomas<sup>4</sup>. Ce qu'on ne parvient pas à démontrer, selon Leibniz, on le donne analogiquement : Leibniz ne fait-il pas analogie entre Dieu créant le monde avec le maximum de perfection et « un savant auteur qui renferme le plus de

---

<sup>1</sup> Duhem : « *L'école anglaise et la théorie physique* » p 124. *In prémices philosophiques*.

<sup>2</sup> Duhem : *la théorie physique*. p. 126.

<sup>3</sup> Duhem : *La théorie physique*. p. 143.

<sup>4</sup> Saint Thomas : *Questions sur la vérité*, Q. 2a, 11. *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. Ali BENMAKHLOUF, *L'analogie*. P. 37.

réalités dans le moins de volume qu'il peut»<sup>1</sup> ? L'analogie est alors le seul recours d'une intelligence qui, ne peut cependant « faire quelques remarques générales concernant le gouvernement des choses »<sup>2</sup>.

Quand Duhem cherche à distinguer l'analogie du modèle, il a recourt à l'histoire des sciences. En effet, celle-ci nous montre que la recherche des analogies entre deux catégories distinctes de phénomènes était un procédé mis en œuvre par plusieurs physiciens dans le but de construire des théories physiques abstraites. Cette méthode a donné preuve de sa fécondité et de son assurance. Et, c'est ainsi que « l'analogie entrevue entre les phénomènes produits par la lumière et ceux qui constituent le son qui a fourni la notion d'onde lumineuse dont Huygens a su tirer un merveilleux parti ; plus tard, c'est cette même analogie qui a conduit Malebranche, et ensuite Young, à représenter une lumière monochromatique par une formule semblable à celle qui représente un son simple. »<sup>3</sup>. Aussi, « une similitude entrevue entre la propagation de la chaleur et la propagation de l'électricité au sein des conducteurs a permis à Ohm de transporter de toute pièce, à la seconde catégorie de phénomènes, les équations que Fourier avait écrites pour la première »<sup>4</sup>. Au principe de l'analogie, il s'ajoute une extension de relations d'un domaine à un autre. Elle est l'application de certaines lois d'une certaine catégorie des phénomènes sur une autre catégorie de phénomènes à cause de leurs ressemblances. Or quand le physicien entrevoit une analogie entre deux catégories de phénomènes différents et que l'une des catégories est déjà ordonnée et organisée en une théorie, il essaiera de grouper les phénomènes de l'autre catégorie dans un système de même type et de même forme que la première. L'analogie peut se faire, aussi, selon diverses manières ; elle n'est pas restreinte à l'usage des lois ; le physicien applique l'analogie aussi entre des théories distinctes. Il s'agit cette fois de l'usage des mêmes équations pour exprimer deux théories hétérogènes par la nature des lois qu'elles coordonnent. C'est au moyen de l'algèbre que le physicien peut établir une *correspondance* entre ces deux théories. Duhem explique cette idée ainsi :

« (Dans) deux catégories de phénomènes très distinctes, très dissemblables ayant été réduites en théories abstraites, il peut arriver que les équations où se formule l'une des théories soient algébriquement identiques aux équations qui expriment l'autre. Alors, bien que ces deux théories soient essentiellement hétérogènes par la nature des lois qu'elles coordonnent, l'algèbre établit entre elles une exacte

---

<sup>1</sup> Leibniz : *Discours de métaphysique*, V Paris Obier Montaigne, 1972.

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> Duhem : *La théorie physique*, p. 140.

<sup>4</sup> Ibid., p.141.

correspondance; toute proposition de l'une des théories a son homologue dans l'autre ; tout problème résolu dans la première pose et résout un problème semblable dans la seconde. De ces deux théories, chacune peut, selon le mot employé par les Anglais, servir à *illustrer* l'autre »<sup>1</sup>.

Ce type d'analogie est très connu chez les physiciens anglais, c'est ce que nous pouvons comprendre néanmoins de cette définition présentée par Maxwell : « Par analogie physique, j'entends cette ressemblance partielle entre les lois d'une science et les lois d'une autre science qui fait que l'une des deux sciences peut servir à illustrer l'autre. »<sup>2</sup>. Le sens de l'analogie qu'utilise Maxwell est illustré dans l'exemple suivant : « L'idée du corps chaud et l'idée du corps électrisé sont deux notions essentiellement hétérogènes ; les lois qui régissent la distribution des températures stationnaires sur un groupe de corps bons conducteurs de la chaleur et les lois qui fixent l'état d'équilibre électrique sur un ensemble de corps bons conducteurs de l'électricité ont des objets physiques absolument différents ; cependant, les deux théories qui ont pour mission de classer ces lois s'expriment en deux groupes d'équations que l'algébriste ne saurait distinguer l'un de l'autre ; aussi, chaque fois qu'il résout un problème sur la distribution des températures stationnaires, il résout par le fait même un problème d'électrostatique, et inversement. »<sup>3</sup> En appliquant une correspondance algébrique entre les deux théories, à savoir l'électrostatique et la théorie de la chaleur, le physicien réalise pour la théorie, selon les termes de Duhem, une opération «infiniment précieuse»<sup>4</sup>, à savoir l'économie intellectuelle. Par le transport de tout l'appareil algébrique de l'une des théories pour construire l'autre théorie, l'analogie « constitue un procédé d'invention. »<sup>5</sup> Soit, un moyen qui rend la théorie féconde pour les nouvelles découvertes. Ces deux exemples montrent :

- Comment l'analogie unifie des domaines distincts (lumière, électricité, magnétisme) et (chaleur, électricité) : les équations régissant le phénomène de la polarisation diélectrique et celles régissant le comportement des ondes lumineuses sont les mêmes, les équations qui régissent la distribution des températures stationnaires et les lois qui fixent l'état d'équilibre électrique sur un ensemble de corps bons conducteurs de l'électricité sont aussi les mêmes.

---

<sup>1</sup> Duhem : *la théorie physique*, p.141.

<sup>2</sup> Maxwell (J. Clerk): *Scientific Papers*, Vol. I, p. 156.

<sup>3</sup> Duhem : *La théorie physique*. p.142.

<sup>4</sup> Ibidem.

<sup>5</sup> Duhem : *La théorie physique*, p.142.

- Comment une fécondité dans les découvertes est mise à jour par ce procédé de connaissance fondé sur l'interconnexion des relations susceptibles d'être étendues d'un domaine à un autre ; cette extension peut être soit une forme d'éclaircissement mutuel des deux domaines considérés, soit une manière d'inventer une forme de théorie nouvelle à partir de la connaissance d'une autre. De telles fécondités sont illustrées par la démonstration de Maxwell : la lumière est une onde électromagnétique d'un certain type et inversement les ondes électromagnétiques se plient à la réflexion, réfraction, et autres effets auxquels les ondes lumineuses obéissent, notamment les vibrations transversales de la lumière.

Nous sommes, donc, en présence de deux manières de faire appel à l'analogie : entre deux groupes de lois physiques et entre deux théories distinctes. Pourtant, il est illégitime selon Duhem de la confondre avec l'usage de modèle mécanique. La raison est simple mais profonde, car elle est liée aux fondements même de la théorie. Les règles de l'analogie ne dépendent que des propriétés syntaxiques de la connaissance et non du contenu spécifique des domaines. Or, dans les deux cas de l'analogie, il s'agit bien d'un procédé logique où les deux systèmes à rapprocher sont abstraits et menés par le seul usage de la raison. Par contre dans l'usage du modèle, c'est l'imagination qui intervient pour simuler et illustrer. L'analogie aide dans la consolidation de la construction théorique. Quand le physicien fait appel à l'analogie, il doit avoir déjà devant lui une construction théorique achevée, une théorie complète qui par analogie l'aidera à construire une autre.

Mais ce n'est pas ainsi que procède la construction par modèles. Ceux-ci ne sont en réalité que des procédés d'*exposition* des résultats déjà obtenus. Contrairement à ce que certains physiciens croient, les modèles ne sont pas féconds par eux-mêmes. Si la théorie construite par modèle mécanique a prouvé sa fécondité c'est qu'il y avait déjà avant la construction ou l'insertion du modèle dans la théorie, un travail théorique déjà accompli. L'illusion que font ces physiciens est due, en fait, à ce qu'ils attribuent « à l'emploi de modèles des découvertes qui ont été faites de tout autres procédés. »<sup>1</sup>. Le procédé théorique, devance, donc, la construction des modèles et quand le physicien construit son modèle ou bien l'empreinte d'une autre théorie, sa théorie doit être déjà formulée. Seulement que cette introduction postérieure du modèle sera oubliée, comme le disait Duhem, avec le temps et le physicien considère son modèle comme élément de découverte : « peu à peu le modèle a relégué dans l'oubli la théorie abstraite qui

---

<sup>1</sup> Duhem : *La théorie physique*, p.138.

l'avait précédé et sans laquelle il n'eût point été imaginé ; il se donne pour l'instrument de découverte, alors qu'il n'a été qu'un procédé d'exposition »<sup>1</sup>. Qu'il s'agit de transport électrique de la chaleur ou des lois de la décharge oscillante, ces découvertes ont toujours été faites au moyen de systèmes abstraits, le recours aux modèles mécaniques était effectué toujours après la construction théorique. De ce point de vue, même si les théories mécaniques classiques sont désorientées du véritable but de la théorie physique, à savoir la représentation des lois, elles restent du moins supérieure sur les théories anglaises, par leurs définitions et leurs constructions théoriques et logiques.<sup>2</sup>

Mais, ces assertions déniaient-elles- absolument la fécondité des modèles ?

« Pareille affirmation serait d'une exagération ridicule »<sup>3</sup> répondait Duhem, car les découvertes faites par les modèles inclinent toute tentative de leur dévalorisation. L'emploi de modèles mécaniques a, effectivement, pu guider certains physiciens dans la voie de l'invention et il pourra encore conduire à d'autres trouvailles : « La théorie électro-optique de M. Lorentz, prévoyant le dédoublement des raies spectrales dans un champ magnétique et provoquant Zeemann à observer ce phénomène, les mécanismes imaginés par J-J Thomson pour représenter le transport de l'électricité au sein d'une masse gazeuse et les curieuses expériences qui y aient rattachées »<sup>4</sup>.

La théorie des atomes-tourbillons de Thomson représentées par des modèles, les théories d'explication mécanique de l'électromagnétisme de Maxwell qui ont représenté les faits et les lois par des modèles mathématiques, de la sorte que le système d'équations différentielles, forme toute la théorie de Maxwell. La méthode suivie par les anglais ne serait donc rencontré d'objection de principe. Elle a contribué sans aucun doute dans l'avancement de la science, « l'intelligence anglaise surpasse l'intelligence française par ses inventions et rayonne dans le domaine des applications pratiques.<sup>5</sup> ». Cela n'empêche pas pourtant Duhem d'être précautionneux vis-à-vis de cette méthode.

Pourquoi donc, Duhem était-il âpre dans sa critique des théories physiques anglaises en confirmant en même temps que la différence entre les deux esprits concerne seulement leurs modes de production du savoir ? Pourquoi s'incline-t-il à la mode de production française de la théorie physique en sachant que l'autre est aussi

---

<sup>1</sup> Ibidem.

<sup>2</sup> Ibid., p. 133.

<sup>3</sup> Ibid., p. 144.

<sup>4</sup> Duhem : *La théorie physique*. p. 145.

<sup>5</sup> Ibid., p. 114.

utile pour le savoir ? Qu'a-t-il trouvé d'inadéquat avec l'esprit de la science dans la théorie anglaise ?

La critique duhémienne des théories anglaises repose essentiellement sur trois points :

- L'incohérence logique de la structure de la théorie physique anglaise,
- L'usage spécifique des mathématiques chez les physiciens anglais,
- L'absence des définitions dans les théories anglaises.

Commençons par le dernier point. La tradition de préciser les définitions lors de la construction de la théorie physique était d'abord sous-jacente dans les textes de Galilée<sup>1</sup>, qui avait fait un grand part d'importance aux définitions lors de sa constitution de sa théorie de mouvement, puis, elle est continuée et fondée par Laplace, Fourier, Les Cauchy, les Ampères et les Franz Neumann. La définition était pour tous ces penseurs français et allemands, le point de départ pour la constitution de leurs théories. Les physiciens continentaux ont toujours procédé selon les étapes suivantes : la définition des grandeurs que la théorie doit traiter, la justification des hypothèses qui portent sur ces déductions. Entre les définitions et la justification des hypothèses, il y avait toujours une voie selon laquelle se déroule le développement algébrique de la théorie. Cette méthode, offre à la théorie une clarté et une rigueur incontournable.

Les définitions permettent, en fait, au physicien français ou allemand de déterminer les éléments les plus nouveaux et les plus importants ; elles lui permettent également de substituer un calcul algébrique à une déduction logique. Le rôle de la partie algébrique de la théorie pour ces physiciens, est économique. Or, Elle est destinée à remplacer la suite de syllogisme par laquelle cette théorie se développerait : « les définitions qui lui permettront de substituer un calcul algébrique à une déduction logique »<sup>2</sup>

Pour le physicien anglais, il ne s'agit pas de définition, mais plutôt d'imitation ; par le modèle qu'il « fabrique » ou *imagine*, il construit sa théorie selon les règles de l'algèbre, en imitant plus ou moins fidèlement les lois des phénomènes qu'il veut étudier. Ainsi « lorsque W. Thomson propose un modèle mécanique d'un ensemble de phénomènes, il ne s'impose pas des raisonnements bien minutieux pour établir un rapprochement entre cet agencement de corps concrets et les lois physiques qu'il est appelé à représenter ; l'imagination, que seule le modèle intéresse, sera seule juge de la

---

<sup>1</sup> Jacques Merleau-Ponty : *Leçon sur la genèse des théories physiques, Galilée, Ampère, Einstein*, pp. 24-27 Paris, Vrin 1974. Galilée, *Discours concernant deux sciences nouvelles*. (Première, troisième et quatrième journée) Trad. Clavelin. Paris. A. Colin, 1970.

<sup>2</sup> Duhem : *la théorie physique*, p. 115.

ressemblance entre la figure et l'objet figuré. Ainsi fait Maxwell ; aux intuitions de la faculté imaginative il laisse le soin de comparer les lois physiques et le modèle algébrique qui doit les imiter ; sans s'attarder sur cette comparaison, il suit le jeu de ce modèle ; il combine les équations de l'Électrodynamique sans chercher le plus souvent, sous chacune de ces combinaisons, une coordination de lois physiques.»<sup>1</sup>. De ce manque de définition chez les physiciens anglais, provient l'incohérence logique. Or, loin d'être guidé par la recherche de la construction des systèmes selon les règles d'une sévère logique, œuvre d'une raison qui ne craint ni les profondes abstractions, ni les longues déductions, mais qui est avide avant tout d'ordre et de clarté, le savant anglais « ne cherche pas à construire un édifice unique, définitif et bien ordonné ; il semble plutôt qu'il élève un grand nombre de constructions *provisoires et indépendantes*, entre lesquelles les communications sont difficiles et parfois impossibles.»<sup>2</sup>. Les constructions anglaises sont disparates, incohérentes et mêmes contradictoires. Voici un exemple, que Duhem tire de l'exposé de Thomson sur *la Dynamique moléculaire et la théorie ondulatoire de la lumière* :

En représentant les caractères de l'élasticité dans un corps cristallisé, Thomson, figure la molécule matérielle<sup>3</sup> par huit boules massives qui occupent les sommets d'un parallélépipède reliées les unes aux autres par un nombre plus au moins grand de ressorts à boudin. De son côté, la théorie de la dispersion de la lumière est construite à partir d'un modèle qui représente la molécule matérielle composée<sup>4</sup> d'un certain nombre d'enveloppes sphériques, rigides, concentriques, que des ressorts à boudin maintiennent en une semblable position. Une foule de ces mécanismes est semée dans l'éther. Celui-ci<sup>5</sup> est un corps homogène, incompressible, rigide pour les variations rapides, parfaitement mou pour les actions d'une certaine durée. Il ressemble à une gelée ou à la glycérine<sup>6</sup>.

Au lieu que cette théorie soit formulée à partir d'un ensemble d'hypothèse nettement formulées sur la constitution de l'éther et de la matière pondérable, une suite de calculs conduits méthodiquement à partir de ces hypothèses et une comparaison exacte entre

---

<sup>1</sup> Duhem : *La théorie physique*, p.115.

<sup>2</sup> H. POINCARÉ : *Électricité et Optique*, I, *Les théories de Maxwell et la théorie électro-magnétique de la lumière*. Introduction p. VIII. Le lecteur désireux de connaître à quel degré l'insouciance de toute logique, et même de toute exactitude mathématique, était portée dans l'esprit de Maxwell, trouvera de nombreux exemples dans l'écrit suivant : P. DUHEM : *Les Théories électriques de J. Clerk Maxwell. Étude historique et critique*, Paris, 1902. (Je souligne).

<sup>3</sup> W. Thomson: *Notes of Lectures on molecular Dynamics and the Wave Theory of Light*. Baltimore, 1884. P.127

<sup>4</sup> Ibid., pp. 10, 105,118.

<sup>5</sup> Ibid., p. 9.

<sup>6</sup> Ibid., p 118. Exemples cités par Duhem dans *La théorie physique* p. 119.

les conséquences de ces calculs et les faits de l'expérience, elle a été présentée autrement : « W. Thomson (...) a voulu<sup>1</sup> simplement considérer diverses classes de lois expérimentales et, pour chacune de ces classes, construire un modèle mécanique. Autant de catégories de phénomènes, autant de modèles distincts pour représenter le rôle de la molécule matérielle dans ces phénomènes. »<sup>2</sup>

La théorie des atomes- tourbillons développée par Thomson, confirme d'emblée cette incohérence logique, en manquant ainsi le critère de rigueur que la théorie abstraite exige. Or, pour représenter les propriétés de l'éther, celui-ci est tantôt présenté par un fluide homogène incompressible dénué de toute viscosité et remplissant tout l'espace, tantôt il est un essaim de petits corpuscules solides mus en tous sens avec une extrême vitesse, tantôt il est présenté par un corps homogène et incompressible, mais semblable à un fluide très visqueux, à une gelée. L'image de l'éther ou des molécules pondérables que Thomson veut représenter, nécessite chaque fois l'usage de nouveaux modèles imaginés ou empruntés à d'autres physiciens. Ce changement éventuel des modèles est dû à leur caractère provisoire et le physicien change ses modèles selon les besoins des phénomènes qu'il étudie, c'est ce que Thomson avait affirmé en déclarant « derrière nos cavités sphériques avec leurs enveloppes rigides et concentriques ; ce n'était, vous vous en souvenez, qu'une illustration mécanique grossière. Je vais donner un autre modèle mécanique, bien que je le croie très éloigné du mécanisme réel des phénomènes. »<sup>3</sup>. Parfois même, le physicien, cherche à partir de ces modèles mécaniques ingénieusement imaginés, une voie qui conduira au futur à une explication physique du monde matériel<sup>4</sup>.

Quant à l'usage spécifique des mathématiques chez les physiciens anglais, il a été un objet de querelle entre Duhem et Poincaré et nous allons lui consacrer toute une réflexion spécifique. Satisfaisons- nous de dire dans la présente réflexion que pour Duhem ce ne sont pas les mathématiques qui cherchent à construire et à manipuler des concepts abstraits, que les anglais utilisent, mais plutôt d'autres mathématiques qui ont trouvé leur chemin pour flirter l'imagination. C'est grâce à ces nouvelles mathématiques des anglais que Maxwell a pu construire ses théories ou selon les termes de Hertz « ses équations »<sup>5</sup>.

---

<sup>1</sup> W. Thomson. Ibid. p.132.

<sup>2</sup> Duhem, *la théorie physique*, pp.118-119.

<sup>3</sup> W. THOMSON : *Lectures on molecular Dynamics*, pp. 131.

<sup>4</sup> W. Thomson : *Scientific Papers* Vol. III., p. 510. Cité dans *La théorie physique*, p. 123.

<sup>5</sup> H. Hertz : « *Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper* », *Göttingen Nachrichten*, 19mars 180; *Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie*, Bd. XL, p577 *Gesammelte Werke von H.*



Maxwell avait construit plusieurs théories, qui reposent sur plusieurs modèles qui sont provisoires. Le savant anglais ne cherche pas, comme l'a écrit Poincaré à « construire un édifice unique, définitif et bien ordonné ; il semble plutôt qu'il élève un grand nombre de constructions provisoires et indépendantes, entre lesquelles les communications sont difficiles et parfois impossibles »<sup>1</sup>.

Pour un esprit accoutumé de rigueur et de cohérence, il serait intolérable d'accepter au sein de la science une construction caractérisée par l'illogisme et l'incohérence<sup>2</sup> : « Non seulement il n'y tolérera pas la moindre apparence de contradiction, mais il exigera que les diverses parties en soient logiquement reliées les unes aux autres et que le nombre des hypothèses distinctes soit réduit au minimum »<sup>3</sup>. Il serait également inacceptable de mettre plusieurs théories contradictoires sur le même plan d'égalité. Ce « non-choix » entre différentes théories, qui conduira bien vite à l'utilisation simultanée de différentes constructions théoriques pour rendre compte d'une même classe de phénomènes, d'où certains commentateurs l'avait appelé l'éclectisme<sup>4</sup>, est qualifié par Duhem d'« illégitime ». Il pourrait, en effet, apparaître comme une conséquence d'un idéal purement symbolique. Cette manière de pensée des anglais et cet idéal symbolique ont séduit certains penseurs, que Duhem qualifie de sceptiques.

En admettant donc, que la théorie physique n'est autre chose qu'une classification d'un ensemble de lois expérimentales, il serait possible pour un physicien d'employer pour coordonner des ensembles différents de lois, des procédés de classification différents, ou de proposer, pour un même ensemble de lois, diverses classifications issues de méthodes différentes<sup>5</sup>. Le code de la logique fournit au physicien ces possibilités. Seulement que, selon ce même code, le physicien ne pourra s'en passer d'une obligation, celle de ne pas « confondre ses divers procédés de classification c'est, lorsqu'il établit entre deux lois un certain rapprochement, de marquer d'une manière précise qu'elle est celle des méthodes employées par lui qui justifie ce rapprochement ;

---

Hertz, Bd. II: *Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft*, 2e Auflage, p. 208. Traduit par Duhem.

<sup>1</sup> H. Poincaré : *Electricité et optique*, I, *Les théories électrique de Maxwell et la théorie électromagnétique de la lumière*, Introduction, p. VIII.

<sup>2</sup> Ibid. p. 30.

<sup>3</sup> Poincaré (H) : *Electricité et Optique*, I, *Les théories de Maxwell*. Introduction.

<sup>4</sup> Stoffel (J-F) : *Phénoménisme problématique*, p. 138.

<sup>5</sup> Ibidem.

c'est, en un mot selon l'expression de M. H. Poincaré, de ne pas mêler deux théories contradictoires. »<sup>1</sup>.

Seulement que, si la critique des méthodes anglaises doit se limiter sur le point de vue logique, il serait difficile de condamner les théories anglaises, par ce qu'il existe quelques-unes qui ont respecté l'ordre de la logique ; « Les raisons d'ordre purement logiques ne sont pas les seules qui dirigent raisonnablement nos jugements »<sup>2</sup>. En essayant d'éviter toute contradiction qui pourra provenir de son insistance sur l'importance de la cohérence logique, Duhem justifie sa préférence par ces mots : « si nous devons fuir, en physique théorique à l'incohérence logique, c'est parce qu'elle « NUIT A LA PERFECTION DE LA SCIENCE »<sup>3</sup>

Il doit, donc, y avoir d'autres raisons pour légitimer la critique des méthodes anglaise : «pour que nous rejetions légitimement une méthode, il n'est pas nécessaire qu'elle soit absurde ; il suffit que notre objet, en la rejetant, soit de *lui préférer une méthode plus parfaite* »<sup>4</sup>. Avant de tirer, des considérations théoriques qui précèdent, des indications sur la méthode que doit suivre la théorie physique, il nous semble nécessaire de répondre à la question suivante : à travers les combats prétendus, contre le modélisme anglais, Duhem a-t-il radicalement refusé sa méthode du domaine de la constitution scientifique ?

Loin de voir dans les modèles construits par les théories physiques anglaises une véritable explication de la réalité et d'être, en somme, un modélisme ontologique, Duhem, les considère seulement comme ayant une fonction heuristique et analogique, d'où l'intérêt de recourir simultanément à plusieurs modèles. Malgré son refus du modèle comme moyen de construction de la théorie physique, il déclare, comme même, que l'emploi de ces théories est une question de commodité personnelle<sup>5</sup>. En effet, le modélisme convient souvent à un esprit d'ingénieur et d'industriel :

« L'industriel est très souvent un esprit ample ; la nécessité de combiner des mécanismes, de traiter des affaires, de manier des hommes, l'a, de bonne heure, habitué à voir clairement et rapidement des ensembles compliqués de choses concrètes (.), ses occupations quotidiennes le tiennent éloigné des idées abstraites et des principes généraux ; peu à peu, les facultés qui constituent la force d'esprit se sont atrophiées en lui, comme il arrive à des organes qui ne fonctionnent plus. Le modèle anglais ne peut donc manquer de lui apparaître comme la forme de théorie physique la mieux appropriée à ses aptitudes

---

<sup>1</sup> Duhem : La théorie physique, p. 149.

<sup>2</sup> Ibid., p.135.

<sup>3</sup> Ibid., p. 135.

<sup>4</sup> Ibidem., (Je souligne)

<sup>5</sup> Meyerson : *Identité et réalité*, p. 457.

intellectuelles. »<sup>1</sup>

L'esprit qui produit les modèles est, donc, un esprit pragmatique qui « a hâte de battre monnaie avec ses connaissances ; il ne saurait prodiguer un temps qui, pour lui, est de l'argent »<sup>2</sup>. Par contre un esprit qui produit la physique théorique se préoccupe avant tout « de l'absolue solidité de l'édifice que [cette Physique abstraite] élève, ignore cette hâte fiévreuse ; elle entend construire sur le roc et, pour l'atteindre, creuser aussi longtemps qu'il sera nécessaire ; de ceux qui veulent être ses disciples, elle exige un esprit rompu aux divers exercices de la logique, assoupli par la gymnastique des sciences mathématiques ; elle ne leur fait grâce d'aucun intermédiaire, d'aucune complication »<sup>3</sup>. La distance qui sépare ces deux esprits c'est celle qui sépare le vrai de l'utile. L'esprit anglais semble, dans sa recherche de l'utile plus audacieux que l'esprit continental qui paraît hésitant en abordant surtout des questions situées aux confins de la science, à savoir la constitution du monde matériel. Le meilleur moyen de favoriser le développement de la Science, c'est de permettre à chaque forme intellectuelle de se développer suivant ses lois propres et de réaliser pleinement son type ; c'est de laisser les esprits forts se nourrir de notions abstraites et de principes généraux et les esprits amples s'alimentent de choses visibles et tangibles.<sup>4</sup>

D'ailleurs, le respect du savant pour l'ingénieur est bien remarquable dans l'œuvre de Duhem : c'est le praticien qui sert de guide au théoricien pour orienter la recherche scientifique. Cela ne veut pas dire que le savant sacrifie la « science pure » sur l'autel de l'utile et de l'économique, c'est plutôt l'intimité de l'ingénieur avec les matériaux, sa proximité avec les phénomènes, qui apprend au savant à remarquer des détails qui lui échappent bien souvent. Ainsi l'ingénieur nourrit continuellement la science en lui apportant de nouveaux objets et en lui suggérant des analogies inattendues. Au savant, l'ingénieur laisse la charge pour sélectionner, préciser, formaliser et généraliser les observations. Les exemples de Regnault et de Carnot qui témoignent respectivement d'avancées de la physique expérimentale et de la physique théorique, nées du désir de perfectionner l'industrie. L'étude de la machine à vapeur a conduit Regnault à développer de nouveaux instruments de mesure toujours plus précis et de nouveaux protocoles expérimentaux, Carnot voulait, de son côté, trouver le moyen d'accroître le

---

<sup>1</sup> Duhem : *la théorie physique*, p. 134.

<sup>2</sup> Ibid., p. 135.

<sup>3</sup> Ibid.

<sup>4</sup> Ibid., p. 147.

rendement des machines thermiques et y est parvenu. Mais les idées de Carnot sont trop riches et fécondes pour être laissées à la seule disposition de l'ingénieur scrupuleux. Les conséquences du principe de Carnot dépassent l'utile et ouvrent la voie à la discussion des phénomènes irréversibles et à la structuration d'une théorie générale des changements d'état reconstruisant ainsi totalement le paysage de la physique et de la chimie.

Ainsi, en examinant de plus près le texte duhemien, il nous apparaît que le partage des esprits, tel que le conçoit Duhem, reflète une division structurelle du travail scientifique : à l'esprit anglais, prototype de l'esprit pragmatique, revient la production incessante *d'idées nouvelles imaginées* sous forme de modèles mécaniques ; à l'esprit allemand, prototype de l'esprit spéculatif, revient la construction des vastes systèmes à base métaphysiques toujours plus détaillés et précis ; à l'esprit français reviennent la régulation des théories par l'élimination des résidus métaphysiques, l'ordonnement rigoureux des démonstrations sur la base de quelques principes simples et le remplacement des modèles par une classification cohérente des phénomènes. À cette répartition fonctionnelle répond un partage des facultés : l'aptitude à l'imagination jointe à l'impuissance à l'abstraction appartient en propre à l'Anglais ; le don pour la spéculation et la déduction à l'Allemand ; la capacité de jugement éclairé par le bon sens au français. Il ne s'agit plus tant alors d'une tripartition historique, conjoncturelle, contingente que d'une vision logique, structurelle, nécessaire.

Sa nécessité vient du fait que la critique duhemienne de la méthodologie anglaise, et sa bataille en faveur de la cohérence théorique, se présente comme la volonté de déterminer ce que doit être une théorie physique idéale : la théorie parfaite est celle qui « coordonne un ensemble de lois expérimentales au moyen d'une théorie unique dont toutes les parties, logiquement enchaînées, découlent dans un ordre irréprochable d'un certain nombre d'hypothèses fondamentales posées une fois pour toutes (...) »<sup>1</sup>. Cette théorie qui cherche une adéquation totale avec la nature et l'ordre des choses matérielles ; elle « classerait les lois physiques dans un ordre qui serait l'expression même des rapports métaphysiques qu'ont entre elles les essences dont émanent ces lois ; elle nous donnerait, au sens propre du mot, *la classification naturelle des lois.* »<sup>2</sup>

Nous concluons donc que la réaction de Pierre Duhem contre le modélisme anglais est souple et méthodologique. Elle ne consiste pas en un simple refus. Il s'agit plutôt d'une confrontation entre deux types d'esprits qui produisent deux types de

---

<sup>1</sup> Duhem : « *L'école anglaise et les théories physiques* », p. 135.

<sup>2</sup> Ibid., p. 136.

savoirs : l'un est abstrait et l'autre est empirique. Chacun d'entre eux, selon ses caractéristiques et ses pouvoirs, porte dans sa nature même, la justification et la légitimation de ses procédés de création scientifique. Pour Duhem, ces deux procédés étaient encore en concurrence, puisqu'en ce moment de son progrès (le moment de 1900) la science n'était pas encore probante, concernant la méthode qu'elle devait choisir pour traiter tous ses objets et notamment ses nouvelles découvertes. Pour nous, ce moment révèle une crise que Poincaré avait réussi à diagnostiquer en décrivant une brève histoire de la physique moderne dans son livre de 1905 intitulé *La valeur de la science*<sup>1</sup>. C'est bien cette crise qui était décisive concernant la méthode que la science devrait choisir à partir des années quarante de la première moitié du vingtième siècle. La construction des théories par l'usage des modèles se trouve, contrairement aux souhaits de Duhem, triomphante sur la construction abstraite. Dès lors, une nouvelle épistémologie voit le jour, c'est celle de la modélisation.

#### Références :

- Duhem : « *L'école anglaise et les théories physiques* », *Revue des questions scientifiques*, n34, octobre, 1893, pp 345-378, L'article est réédité in *Prémices philosophiques*, par Stanley Jacki, Brill, 1987(pp.11 3-146). L'article a été réintégré en 1906 dans le chapitre IV de la théorie physique son objet, sa structure.
- Duhem, la *théorie physique*, 2eme Ed. de 1914 réédité par Vrin 1981.
- Hertz (H), « *Über die Grundgleichungen der Elektrodynamik für ruhende Körper* », *Gottengen Nachrichten*, 19mars 180; *Wiedernann's Annalen der Physik und Chemie*, Bd. XL, p577 *Gesammelte Werke von H. Hertz*, Bd. II: *Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft*, 2e Auflage, p. 208. Traduit par Duhem.
- Le Moigne (Jean-Louis) : « Qu'est-ce qu'un Modèle ? » Etude publié dans « les modèles expérimentaux et clinique » (AMRP1985 et dans *Confrontation Psychiatriques*, 1987, numéro Spécial consacré aux MODELES.
- Leibniz, *Discours de métaphysique*, V Paris Obier Montaigne, 1972.
- Merleau-Ponty (Jacques), *Leçon sur la genèse des théories physiques, Galilée, Ampère, Einstein*, pp. 24-27 Paris, Vrin 1974. Galilée, *Discours concernant deux sciences nouvelles*. (Première, troisième et quatrième journée) Trad. Clavelin. Paris. A. Colin, 1970.
- Meyerson : *Identité et réalité*. Paris, Vrin, 1908.
- Maxwell (J. Clerk): *Scientific Papers* of James Clerk Maxwell, Cambridge 1890.
- Poincaré (P) : *La valeur de la science*, Paris, Flammarion, 1905.
- Poincaré, *Electricité et optique, I, Les théories électrique de Maxwell et la théorie électromagnétique de la lumière, Introduction*, p. VIII, Paris, Carré, 1890.
- Saint Thomas, *Questions sur la vérité*, Q. 2a, 11. *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. Sous la Direction de Dominique Lecourt, PUF 2006. Ali BENMAKHLOUF, *L'analogie*. P. 37.
- Stoffel (J-F), *Phénoménisme problématique de Pierre Duhem*, *Académie Royale de Belgique*, 2002.
- W. Thomson : *Scientific Papers* Vol. III., p. 510. Cité dans *La théorie physique*, p. 123.

<sup>1</sup> H. Poincaré : *La valeur de la science*, Paris, Flammarion, 1905.

- W. Thomson: *Notes of Lectures on molecular Dynamics and the Wave Theory of Light*. Baltimore, 1884.
- W. Thomson (W) : *Conférences scientifiques et allocutions*. Traduites et annotées sur la deuxième édition par P. Lugol ; avec des extraits de mémoires récents de sir W. Thomson et quelques notes, par M. Brillouin. *Constitution de la matière*. Paris, Gautier-Villars, 1893.