

# Les atomes et l'espace absolu : les raisons et la nature de l'antiréalisme de Mach<sup>1</sup>

*Michel Ghins*

Université Catholique de Louvain

**Résumé :** Cet article examine l'antiréalisme de Mach et les raisons pour lesquelles il s'est opposé à l'espace absolu et aux atomes. Si l'opposition de Mach à tout usage et à toute interprétation réaliste du concept d'espace absolu était radicale, son attitude vis-à-vis du concept d'atome était plus nuancée. Bien que Mach ait été franchement hostile au réalisme métaphysique et à toute interprétation ontologique forte de l'existence des atomes, il admettait l'utilisation de modèles atomistes, même s'il était convaincu que le programme atomiste, inspiré du mécanicisme, avait cessé d'être fécond. De plus, certains concepts théoriques — y compris, dans certaines circonstances, celui d'atome — peuvent, au même titre que les concepts des objets ordinaires, légitimement recevoir une interprétation réaliste, prise en un sens faible.

**Abstract:** This paper examines Mach's antirealism and the reasons why he opposed absolute space and the atoms. Mach's opposition to any use and realist interpretation of the concept of absolute space was radical; but his attitude with respect to the concept of atom was more balanced. Although Mach was clearly hostile to all forms of metaphysical realism and all strong ontological interpretations of the concept of atom, he was not opposed to the use of atomist models even if he was convinced that the atomist program, inspired from mechanicism, was heuristically exhausted. Moreover, some theoretical

1. Je remercie vivement M. Jean-François Stoffel de même que deux lecteurs anonymes pour leurs précieuses remarques et suggestions sur une première version de cet article.

concepts — including, in some circumstances, the concept of atom — as well as the concepts of ordinary objects, may be realistically interpreted, albeit in a weak sense.

## 1. Introduction

L'opposition d'Ernst Mach à l'existence de l'espace absolu et à celle des atomes fait partie des lieux communs de l'histoire de la philosophie des sciences. Mais cette opposition est souvent exagérée et, de plus, mal comprise. La plupart du temps, son attitude anti-réaliste en ce qui concerne l'espace absolu, les atomes et les entités théoriques en général est interprétée comme une conséquence immédiate de sa position empiriste, parfois qualifiée de « sensationnaliste »<sup>2</sup>. Cette idée reçue (défendue entre autres par John Blackmore [1972]) sur les thèses de Mach en matière d'épistémologie — et j'entends par ce terme d'épistémologie une conception philosophique de la connaissance en général (*Erkenntnislehre*) et pas seulement de la connaissance scientifique — comporte une grande part de vérité. Mais une part de vérité seulement. En réalité, les objections soulevées par Mach contre une interprétation réaliste des théories scientifiques — et qui sont moins radicales qu'on ne le pense habituellement — reposent également sur des considérations méthodologiques qui relèvent davantage de la philosophie des sciences (*Wissenschaftlehre*). On verra d'ailleurs que la pensée de Mach montre une grande cohérence, et même une continuité, entre sa philosophie de la connaissance d'une part, et sa philosophie de la connaissance ordinaire et des sciences d'autre part.

Je présenterai d'abord les traits saillants des positions de Mach en ce qui concerne la connaissance humaine en général ; ensuite, j'examinerai ses objections à l'encontre de l'espace absolu et, de façon plus détaillée, celles soulevées contre les atomes. Je me pencherai enfin sur les relations entre ces objections et sa prise de position empiriste. Cette analyse nous permettra de mieux comprendre la nature exacte de l'antiréalisme de Mach. Je tenterai de montrer que Mach peut être qualifié — même si cela peut paraître surprenant — de « réaliste scientifique » dans la mesure où certaines entités théoriques possèdent le même statut d'existence, prise en un sens faible, que les objets ordinaires.

---

2. L'expression a été introduite par Laudan [1976].

## 2. L'empirisme de Mach

Mach s'est toujours défendu d'avoir élaboré une théorie générale de la connaissance ou une épistémologie proprement dite (*Erkenntnislehre*). Il ne se considérait d'ailleurs pas comme un philosophe, mais comme un savant. Et ce trait, comme bien d'autres [Brenner 1999, Paty 1986, Stoffel 2002], le rapproche de Pierre Duhem. Comme le dit Mach dans son Introduction à *La connaissance et l'erreur* : « *Je ne suis qu'un savant et je ne suis absolument pas un philosophe* » [Mach 1905, 9]. Par là il voulait d'abord et surtout se démarquer des philosophes matérialistes et idéalistes de son temps. Car il est clair que les oeuvres de Mach contiennent de nombreuses réflexions de nature épistémologique sur la connaissance humaine en général, qu'il s'agisse de la connaissance ordinaire ou de la connaissance scientifique. Mais, comme pour Mach, il n'existe pas de différence fondamentale entre la connaissance scientifique et la connaissance ordinaire, il est légitime pour lui de prétendre que ses études épistémologiques s'apparentent davantage à une « méthodologie scientifique et une psychologie de la connaissance » [Mach 1905, 9] qu'à de la philosophie, si l'on entend par là les formes de matérialisme et d'idéalisme en vogue à son époque<sup>1</sup>. Ces réflexions méthodologiques constituent pour Mach à la fois un prolongement et un auxiliaire de son travail scientifique<sup>2</sup>.

Connaître consiste uniquement à organiser et à mettre de l'ordre dans les *perceptions*, de la manière la plus *cohérente* et la plus *économique* possible. Il n'y a pas, pour Mach, de différence essentielle, et ce point est capital, entre la connaissance scientifique et la connaissance ordinaire. Cependant, la connaissance scientifique diffère de la connaissance ordinaire sur plusieurs points. La connaissance scientifique se caractérise par davantage de précision et de rigueur : elle utilise les mathématiques et met en jeu des processus contrôlés d'expérimentation et d'observation. Elle est aussi plus étendue et vise à organiser de vastes ensembles de phénomènes. La connaissance scientifique se distingue également de la connaissance ordinaire par ses objectifs. Tandis que les objectifs de la connaissance ordinaire sont exclusivement pratiques, la connaissance scientifique s'efforce de supprimer toute « gêne intellectuelle », en éliminant, entre autres, toute contradiction interne.

Toute connaissance repose sur des perceptions : c'est là un trait fondamental de toute pensée de type empiriste. Les perceptions sont analysables en « éléments qui actuellement ne sont plus décomposables : couleurs, sons, pressions, odeurs, espaces, temps etc. Ces éléments dé-

---

1. Sur ce point on peut consulter l'introduction de Friedman [1983].

2. Pour un approfondissement de cette question, voir Paty [1986].

pendent de circonstances extérieures à mon corps, et de circonstances intérieures à mon corps : ce sont des *sensations* » [Mach 1905, 21]. Les termes actuels de l'analyse des perceptions en sensations sont toujours provisoires ; il faut dès lors s'abstenir de voir en eux des éléments ultimes qui seraient au fondement d'une sorte d'ontologie de la perception, même si les sensations, en tant que telles, sont considérées par Mach comme « réelles ».

Tout ce qui intéresse notre activité cognitive se limite aux relations de *dépendance fonctionnelle* (au sens mathématique) entre ces éléments. La connaissance s'épuise dans la recherche de ces relations de dépendance mutuelle entre les sensations. Ces relations sont correctes (ou incorrectes) dans la mesure où les dépendances qu'elles expriment sont conformes à ce qui est effectivement senti et vérifié comme tel par la méthode classique des variations [1905, 28] articulée par Stuart Mill. Il s'agit de faire varier un élément isolé par abstraction afin de déterminer l'existence et la nature d'une relation fonctionnelle qu'il entretient avec d'autres éléments, eux aussi isolés par abstraction<sup>3</sup>. Il n'y a aucun sens pour Mach à se demander ici s'il existe des réalités qui correspondent à ces sensations ou à ces relations fonctionnelles. Ou, si l'on veut, ce qui est réel, ce sont uniquement les éléments et les relations fonctionnelles entre eux. Les « choses », comme les tables, les chaises etc. ne sont que des combinaisons d'éléments qui se tiennent dans des relations de dépendance fonctionnelle particulièrement stables.

Dans ces conditions, il paraît légitime d'attribuer à Mach une forme de réalisme ordinaire, empirique ou du sens commun selon lequel les objets usuels perçus existent (et sont, à ce titre, différents des chimères, licornes et autres choses de ce genre). Certes, leur réalité repose sur celle des sensations et celles-ci, pas plus que leurs relations, ne sont en aucune manière des représentations ou des copies de quoi que ce soit. Il n'y a dès lors pas lieu de se demander s'il existe « en soi » ou indépendamment de nous des objets qui ressemblent ou qui correspondent aux tables, chaises etc. Ce réalisme ordinaire peut être qualifié de *faible* dans la mesure où il dépouille les objets usuels de toute connotation ontologique ou métaphysique qui en ferait des entités substantielles autonomes. Mach a d'ailleurs toujours gardé une aversion pour toute forme de réalisme métaphysique qui poserait l'existence indépendante d'un monde en soi, inaccessible à notre connaissance. Ses propos très durs sur la « monstrueuse chose en soi » [1905, 23] de Kant laissent peu de doutes à ce sujet. Pour Mach, la chose en soi est une pure invention ; elle n'est que le corrélat imaginé de

---

3. Mach [1905, chapitre XII] se livre à une analyse détaillée des procédures expérimentales adéquates à la mise en évidence des relations fonctionnelles.

l'ensemble des phénomènes qui constituent le « contenu total du moi » [1905, 23], le « moi » n'étant lui-même qu'un complexe de sensations. La connaissance n'a à s'occuper que des éléments — les sensations — qui sont « immédiatement donnés » [1905, 23] et des relations fonctionnelles entre ceux-ci.

De ces remarques succinctes, il ressort que Mach adopte une position antiréaliste sur le plan métaphysique, au sens où, pour lui, il est illégitime de poser l'existence d'objets indépendants ou extérieurs au « moi », et qui seraient les causes ou l'origine de ces sensations. « Ce ne sont pas les corps qui produisent les sensations, mais les *complexes élémentaires* (les complexes de sensations) qui constituent les corps » [1902, 30]. S'il s'oppose à ce qu'on peut appeler le réalisme métaphysique<sup>4</sup>, Mach se défend contre ceux qui ont voulu en faire un idéaliste « à la Berkeley » [Mach 1890, 397-398], [Mach 1901, 475], [Mach 1902, 314-315]<sup>5</sup>.

Cependant, Mach n'exprime aucune réserve à l'égard de l'*utilisation* des *termes* d'objets, ni même à une *interprétation* de ces termes comme des désignations d'objets existants, pour autant que ces termes désignent des complexes de sensations — et contribuent ainsi à l'économie de la pensée — et que rien d'inaccessible à la perception ne se cache derrière ceux-ci. D'où il ressort qu'un discours faisant référence des objets existants n'est pas interdit, à condition de ne pas donner à l'existence des objets un sens métaphysique ou ontologique fort mais de la restreindre à une simple existence de complexes de sensations, ou à une existence que j'appelle une existence au sens faible.

### 3. La théorisation en sciences

À la lumière de ce qui précède, on comprend facilement que Mach ne pouvait pas, sous peine de se contredire, s'opposer à ce que l'on fasse référence à des entités théoriques dans le contexte du discours scientifique — à la condition, comme il le dit souvent, qu'ils contribuent à l'économie de la pensée ou qu'il y ait une relation possible entre ces entités théoriques et les sensations —, de la même manière qu'il n'avait pas d'objection à opposer à l'emploi de termes qui désignent les objets

---

4. Pour une discussion terminologique fine des différents types de réalisme et d'antiréalisme, nous renvoyons à Nola [1988a] et Sankey [2001].

5. Si Mach est évidemment d'accord avec Berkeley sur son refus de réifier les concepts ordinaires (comme table etc.), il refuse tout dualisme d'un 'percevant' et d'un 'perçu' : le monde ne peut être identifié avec *mes* représentations ou *mes* perceptions. Il n'y a pas de « moi » ou de « sujet » (Voir Blackmore [1972, 3-8], Hamilton [1990]). Faire dépendre les perceptions de Dieu, comme le fait Berkeley, est bien entendu inacceptable pour Mach.

ordinaires, si l'on se limite à entendre par ceux-ci des complexes assez stables de sensations. Il est clair, cependant, que tout recours à des notions théoriques ne peut se faire sans de bonnes raisons et n'est autorisé qu'à des conditions précises. On peut en distinguer quatre :

1. Tout d'abord, comme nous venons de le voir, une interprétation réaliste des concepts théoriques, en un sens faible, ne présente aucune difficulté s'ils possèdent ce que nous pourrions appeler un *contenu empirique*, c'est-à-dire s'ils peuvent effectivement être mis en relation avec des sensations.
2. Deuxièmement, l'utilisation de concepts et de modèles théoriques peut se justifier à partir d'un éventuel *rôle heuristique*, dans la mesure où ils sont susceptibles de conduire à la découverte de nouvelles connexions entre les sensations.
3. Troisièmement, les édifices théoriques n'ont de place en science que dans la mesure où ils contribuent à l'*économie de la pensée*.
4. Enfin, il faut que l'introduction des concepts théoriques soit compatible avec les *objectifs généraux* de la science. Parmi ceux-ci, l'unification méthodologique de la connaissance dans une perspective *antiréductionniste* et opposée à la philosophie mécaniste occupe une place privilégiée.

Examinons successivement ces quatre conditions, qui, comme nous le verrons, ne doivent pas être toutes satisfaites en même temps. L'examen de ces conditions nous permettra de mieux comprendre la nature des réserves formulées par Mach à l'égard de l'espace absolu et des atomes.

### 3.1 Le contenu empirique des concepts théoriques

Selon le premier réquisit, pour pouvoir être interprétés de façon réaliste, les concepts ou notions théoriques se doivent de posséder un contenu empirique, au même titre que les concepts des objets ordinaires reçoivent un contenu empirique des sensations correspondantes. Il importe ici de distinguer soigneusement deux types de relations : les relations *fonctionnelles* entre les éléments dont on a déjà parlé plus haut et, deuxièmement, les relations entre les concepts et les complexes de sensations, et que nous appellerons, en suivant Mach, des relations de *symbolisation*. Le concept d'un objet ou d'un corps ordinaire, une chaise par exemple, symbolise des relations fonctionnelles permanentes entre diverses sensations au sens où ce concept est un « symbole mental » qui permet de se référer de façon économique à ce complexe de sensations.

Si au physicien les corps apparaissent comme ce qui est permanent, réel, et les « éléments », par contre, comme leur apparence fugitive, c'est qu'il ne

prend pas garde que tous les « corps » ne sont que des symboles mentaux tenant lieu des *complexes élémentaires* (les complexes de sensations) [Mach 1902, 30].

L'interprétation réaliste — toujours au sens faible — d'un concept dépend de l'existence de relations fonctionnelles entre des éléments. Nous pouvons alors interpréter un concept théorique de façon réaliste, à condition que nous ayons des moyens empiriques de lui associer en fait des relations entre des sensations. C'est le cas, par exemple, pour le concept d'onde acoustique qui est empiriquement associé à certaines caractéristiques, à certains paramètres (comme la longueur d'onde, la fréquence, l'énergie etc.) Ces paramètres sont mesurables, puisqu'ils sont eux-mêmes connectés à des sensations. Il en va de même pour toute une série de concepts théoriques comme l'accélération, l'oxygène, l'énergie, la pression etc. Lorsque ces concepts sont reliés — par symbolisation — à des sensations, il est possible de vérifier empiriquement s'il existe certaines relations entre ces concepts. Si ces concepts sont associés à des grandeurs mathématiques on parlera de symboles ou de concepts mathématiques. Ces relations entre symboles mathématiques (température, pression etc.) sont fonctionnelles, mais elles sont suspendues à l'existence de relations de symbolisation entre les concepts mathématiques et des ensembles d'éléments sensoriels. Les lois scientifiques ne sont rien d'autre que l'expression de telles relations fonctionnelles entre des concepts mathématiques qui se rapportent eux-mêmes à des complexes sensoriels.

Voyons à présent si les concepts d'espace absolu et d'atome (ou de molécule) possèdent un contenu empirique au sens précisé ci-dessus. On sait que le concept d'*espace absolu* avait été introduit par Newton en vue de rendre compte de la différence empirique entre les mouvements que l'on a qualifiés plus tard d'inertiaux et de non-inertiaux : les seconds donnent lieu à des déformations géométriques (comme la concavité de l'eau dans un seau en rotation). Pour Newton, l'apparition des phénomènes d'inertie résulte d'une accélération par rapport à l'espace absolu. Mais l'espace absolu est lui-même inobservable *en droit*, et pas seulement en fait suite à d'éventuelles limitations de nos instruments ; le concept d'un espace substantiel, absolu, immuable, inaltérable et donc immatériel, n'est associé à aucune sensation, même possible. Comme la notion de mouvement accéléré par rapport à l'espace absolu est empiriquement vide, la relation supposée par Newton entre l'accélération absolue et l'apparition des phénomènes inertiaux (déformations etc.) est invérifiable. Si l'on veut relier les phénomènes d'inertie à des mouvements accélérés, il est nécessaire d'identifier des entités empiriquement accessibles par rapport auxquelles ces accélérations peuvent être observées. C'est ce que

fait Mach en proposant de mettre en relation les phénomènes d'inertie avec des accélérations relatives à l'ensemble des masses de l'univers<sup>6</sup>.

En ce qui concerne les atomes et les molécules, la situation est sensiblement différente. La plupart des théories atomistes formulées au cours de la deuxième moitié du 19<sup>ème</sup> siècle dotaient les atomes de propriétés exclusivement mécaniques. Certaines de ces propriétés, comme les positions et les vitesses, n'étaient pas en droit inobservables, mais seulement en fait, en raison des limitations de nos instruments de mesure. On ne peut pas mettre sur le même pied la position ou la vitesse d'un atome (ou d'une molécule dans la mesure ou celle-ci n'entre pas en réaction chimique), qui sont des propriétés observables en principe, et les propriétés attribuées par Newton à l'espace absolu. Cependant, à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, au moment où la controverse entre les partisans et les critiques des théories atomistes faisait rage, personne n'était à même d'associer les propriétés mécaniques des atomes avec des sensations. Comme le dit Laudan, à l'époque de Mach, il n'était pas possible « d'obtenir des évidences empiriques directes en faveur de l'existence (...) des atomes et des molécules » [Laudan 1976, 214]. Même si dans la théorie de Boltzmann, par exemple, la vitesse moyenne des molécules est mise en relation avec des grandeurs mesurables comme la température et la pression, ces vitesses ne sont pas mesurables directement mais seulement à l'aide de grandeurs macroscopiques thermodynamiques et à condition de supposer la validité de la théorie. Des expressions mathématiques qui relient des grandeurs microscopiques à des grandeurs macroscopiques — et dont la vérification est empêchée du fait de l'inaccessibilité observationnelle des grandeurs microscopiques — ne possèdent pas du tout le même statut épistémologique que la loi de Boyle-Mariotte, par exemple, où des grandeurs comme la pression, le volume et la température sont indépendamment mesurables. Comme l'écrit Mach :

Une physique parfaite ne peut s'efforcer d'accomplir davantage que de nous rendre d'avance familier avec ce que nous pouvons rencontrer (expérimentalement) ; c'est-à-dire, nous devrions avoir la connaissance d'une relation ABC... Un mouvement est soit perceptible par les sens, comme le déplacement d'une chaise dans une pièce ou la vibration d'une corde, soit il est seulement fourni, ajouté (hypothétique), comme l'oscillation de l'éther, le mouvement des atomes, et des molécules etc. Dans le premier cas, le mouvement est *composé* de ABC... , il est lui-même une pure relation entre ABC... Dans le second cas le mouvement hypothétique peut, dans des circonstances particulièrement favorables, devenir perceptible par les sens.

---

6. Pour une discussion détaillée de l'argumentation de Newton et de la critique de Mach, voir Ghins [1990].

Dans cette situation, on a une répétition du premier cas. Mais aussi longtemps que cette situation ne se réalise pas, ou dans des circonstances où elle *ne peut jamais se produire* (c'est le cas pour les atomes et les molécules), nous avons affaire à un *noumenon*, c'est-à-dire un pur auxiliaire mental, un expédient artificiel, dont le but est seulement d'indiquer, de représenter, à la manière d'un modèle, la connexion entre ABC... pour nous la rendre plus familière [Mach 1890, 395-396].

Les quantités ABC doivent se référer à des sensations ou des complexes de sensations pour posséder un contenu empirique. Si seulement certaines de ces quantités (la température, par exemple) mais pas d'autres (les vitesses microscopiques) ne sont pas associées à des sensations, alors nous n'avons pas affaire à une loi physique digne de ce nom<sup>7</sup>.

Mais d'autre part, Mach dit lui-même que « les atomes ne sont que des symboles pour *ces* complexes mêmes que nous trouvons dans les domaines plus étroits de la physique et de la chimie : les complexes particuliers d'éléments sensoriels » [Mach 1902, 273]. En ce sens, le concept d'atome ne paraît pas dépourvu de contenu empirique puisqu'il se tient dans une relation de *symbolisation* relativement aux complexes sensoriels.

Afin d'éviter de faire tomber Mach dans le piège de la contradiction interne, il me semble nécessaire distinguer ici entre trois conceptions différentes des atomes. Il y a tout d'abord le concept d'atome tel qu'il figure à l'intérieur d'une vision métaphysique mécaniste de la nature dans son ensemble, une vision qui doit être absolument rejetée (voir plus loin). Nous avons ensuite le concept d'atome tel qu'il est utilisé dans les théories cinétiques où il fait partie intégrante d'un modèle mécanique. Et en troisième lieu, devons distinguer le concept d'atome tel qu'il est utilisé en chimie et où il est associé à des éléments chimiques comme l'oxygène, l'azote etc. L'oxygène est relié à un ensemble de sensations spécifiques, de même que l'azote et ainsi de suite. De plus ces éléments chimiques satisfont à la loi des proportions multiples de Dalton ; ils ont donc sous ce rapport un comportement commun de type atomiste. On peut dès lors légitimement attribuer un contenu empirique à au concept d'atome d'oxygène puisqu'il symbolise un complexe de sensations spécifiques (à l'oxygène) et de caractéristiques atomiques communes exprimées par la loi de Dalton.

---

7. De plus, les atomes étant de pures abstractions mathématiques, ils n'ont pas de qualités comme la couleur ou la chaleur. En citant Max Born, Blackmore [1972, 201] remarque que « la température est un 'élément étranger' dans la théorie cinétique des gaz car il est exclu au départ. »

De cette discussion, il ressort qu'une interprétation réaliste faible, selon notre terminologie, du concept d'atome d'oxygène, par exemple, est permise puisqu'au même titre que les concepts de table etc. ce concept d'atome symbolise un complexe assez stable de sensations. Par contre, une telle interprétation réaliste des atomes dans le cadre des théories cinétiques est interdite étant donné que dans le cadre de ces modèles, les atomes sont dépourvus de contenu empirique. Dans tous les cas, une interprétation métaphysique forte des atomes comme entités fondamentales existantes indépendamment de nos sensations doit, selon Mach, être rejetée.

### 3.2 Le rôle heuristique des concepts et des modèles théoriques

Même si un concept théorique n'est susceptible d'acquérir aucun contenu empirique au sens précisé ci-dessus, il ne s'ensuit pas qu'il doive impitoyablement être banni de toute théorie scientifique. En effet, un concept « vide » peut très bien, pour Mach, jouer un rôle dans la découverte de nouvelles relations entre les sensations, comme le souligne Laudan [1976, 212]. Un tel concept joue alors d'un rôle purement heuristique. Benjamin Franklin, par exemple, a proposé une explication du fonctionnement de la bouteille de Leiden (un condensateur) en faisant appel à un fluide électrique, inobservable. Cette supposition l'a conduit à envisager deux types d'électricité — négative et positive —, une hypothèse qui a été confirmée empiriquement par la suite. Mais une fois que le concept de fluide électrique a rempli sa fonction heuristique, il est inutile de le conserver et il faut l'éliminer.

L'électricité est une chose de la pensée, une adjonction mentale ; son mouvement en est une autre ; son champ magnétique encore une autre. Tous ces noumènes sont des dispositifs de la science physique, qui sont conçus en vue de buts très spécifiques. Ils sont éliminés, mis sur le côté, une fois que l'on s'est familiarisé avec l'interconnexion [entre les sensations] (...) : car c'est bien là le nœud de la question. Le dispositif ne possède pas la même *dignité*, ou la même réalité (...) [Mach 1890, 396].

Il est donc hors de question, même lorsque ces fictions de la pensée sont en train de remplir leur fonction heuristique et possèdent alors, à ce titre, mais à ce titre seulement, une légitimité théorique, de leur accorder un quelconque statut de réalité, même faible. Ce ne sont que des « auxiliaires mentaux » [Mach 1890, 396]. Mach, puisqu'il reconnaît que certaines hypothèses atomistes ont pu être fécondes par le passé (elles ont permis, entre autres, de découvrir la loi des proportions multiples de Dalton), et qu'il a lui-même, dans son travail scientifique, eu recours à

des modèles atomistes (dans le *Compendium der Physik fuer Mediciner* de 1863)<sup>8</sup>, ne peut pas refuser toute *utilité* théorique aux modèles atomistes. Si l'on a des raisons de penser que le concept d'atome, même si celui-ci était totalement dépourvu de contenu empirique, pourrait avoir une fonction heuristique, il serait déraisonnable de se priver d'y avoir recours dans le cadre de l'activité théorique et scientifique, à condition bien entendu que l'on puisse formuler une théorie atomiste susceptible d'anticiper sur les phénomènes. (Mach ne considérait pas les lois scientifiques comme de simples descriptions des phénomènes mais leur reconnaissait un pouvoir prédictif [Mach 1905, 367]). Or, les théories atomistes proposées par les contemporains de Mach (et en particulier par Boltzmann) n'ont pas (encore) montré qu'elles possédaient ce pouvoir anticipatif par rapport à la découverte de nouveaux phénomènes et de nouvelles relations entre ceux-ci. Dès lors, nous pouvons dire que Mach n'est pas hostile, en principe, à l'utilisation de modèles atomistes pour des raisons heuristiques, mais qu'il pensait que le « programme de recherche » atomiste — pour reprendre une expression introduite par Lakatos — avait cessé d'être prometteur [Laudan 1976]. Sans doute Mach s'est-il trompé sur ce point puisque les hypothèses atomistes ont par la suite montré une grande fécondité. Pensons à la théorie d'Einstein sur le mouvement Brownien en 1905 et surtout aux observations faites par Perrin et Svedberg entre 1912 et 1914. Tout ceci ne nous empêche pas de concéder à Mach qu'à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle le programme atomiste manifestait des signes d'épuisement empirique.

Même si Mach est fort tolérant quant à l'utilisation de modèles en science puisque ceux-ci peuvent favoriser la découverte de nouvelles relations entre phénomènes, il a toujours refusé de reconnaître une utilité quelconque soit à l'espace absolu. On peut conjecturer plusieurs raisons à cette attitude. Tout d'abord, il n'existe pas à proprement parler de modèle mathématique de l'espace absolu au sens où il existe des modèles atomistes des gaz ou des modèles mécaniques de l'éther électromagnétique. L'espace absolu est posé comme une substance immatérielle et immuable munie de certaines propriétés géométriques sans que cet espace soit susceptible de représenter ou de fournir une image d'un système physique au moins possible. De plus, l'hypothèse de l'espace absolu n'a conduit, au contraire des hypothèses atomistes (pensons derechef à Dalton), à aucune nouvelle découverte. Sans doute ne peut-on nier que les débats autour de l'espace et du mouvement absolus ont contribué à des percées théoriques importantes (comme la théorie générale de la relativité), suivies de résultats empiriques spectaculaires (la déviation de

---

8. Voir à ce sujet Hiebert [1970].

la lumière dans les champs de gravitation). Mais tout cela s'est passé après la mort de Mach. La troisième raison, qui est sans doute la raison majeure, est que Mach croyait que l'espace absolu était d'ores et déjà éliminable de la mécanique puisqu'il avait proposé une théorie des phénomènes d'inertie alternative à celle de Newton [1901, 226-228], théorie qui faisait appel à l'ensemble des corps de l'univers.

### 3.3 Les édifices théoriques : économie de la pensée et sous-détermination.

Le fait qu'un concept possède un contenu empirique constitue une condition suffisante, comme on l'a vu, pour lui donner une interprétation réaliste (faible). Mais cela ne suffit pas pour lui garantir une place légitime à l'intérieur d'une théorie scientifique. Le concept de 'table' par exemple possède bien un contenu empirique mais personne ne songerait à l'insérer dans une théorie scientifique ! L'économie de la pensée occupe une place centrale au sein de la philosophie de la connaissance de Mach. Elle constitue la condition cardinale qui régit l'usage des concepts. Dans la vie de tous les jours, le concept de table nous épargne l'effort de reprendre une liste de sensations liées qui lui correspondent. De même, dans le cadre de l'activité théorique, l'introduction de notions et de concepts doit répondre à une utilité pratique. On ne peut s'empêcher ici de penser à un rasoir d'Ockham, opérant dans le champ *méthodologique* (sur le plan ontologique, on ne peut même pas parler de rasoir, mais plutôt de désert...). Si l'introduction de certains concepts théoriques est légitime, il doit être possible de montrer qu'ils jouent un rôle indispensable à la poursuite de l'objectif majeur de la science, qui est, répétons-le, de découvrir des relations fonctionnelles entre les sensations ou entre des complexes de sensations.

Dans *La connaissance et l'erreur*, Mach souligne qu'une *théorie* scientifique, pour être acceptable, doit être logiquement *consistante* (elle ne peut comporter de contradiction interne) et doit pouvoir se conformer aux phénomènes avec *précision*. Or, il existe en principe une pluralité de théories, incompatibles entre elles, qui remplissent ces conditions. Nous retrouvons ici les arguments classiques, bien antérieurs à Mach (on les trouve déjà, entre autres, chez Descartes), qui reposent sur la sous-détermination des théories par les observations. Toutefois, cet argument ne porte pas sur les relations fonctionnelles, mathématiques, qui décrivent les corrélations entre les sensations, bref les lois scientifiques [Mach 1905, chapitre XXIII]. A ce niveau, il n'y a pas, pour Mach, de sous-détermination. Il s'agit simplement de fournir une représentation

(*Bildung*) économique, pratique et compacte, des corrélations phénoménales observées. Même s'il existe plusieurs manières de grouper les sensations, car celles-ci ont entre elles des relations multiples<sup>9</sup>, Mach ne doute pas que les concepts physiques de température, de pression, de vitesse etc. et les lois physiques qui expriment des relations empiriques aient une valeur objective et ne se réduisent pas un rôle purement instrumental. Il me semble qu'il faut éviter de faire de Mach un instrumentaliste qui considérerait que les concepts et lois théoriques sont de purs instruments utiles aux buts prédictifs de la science. Bien sûr, ces concepts sont *aussi* des instruments, mais il ne sont pas *que* des instruments. Ils symbolisent des complexes stables de sensations et en cela réside leur « réalité » et leur « dignité » [Mach 1890, 396].

La sous-détermination entre en jeu lorsqu'il s'agit d'organiser ces lois en des systèmes, des édifices cohérents, c'est-à-dire en des *théories* mécaniques, optiques, thermodynamiques etc. Il existe plusieurs manières d'articuler de façon cohérente des ensembles de lois empiriques. Le critère d'économie, que Mach met en parallèle avec les notions de simplicité et de beauté [Mach 1901, 461], permet de réduire la sous-détermination mais pas de la supprimer. Une telle sous-détermination n'a pas d'incidence sur la question de l'interprétation réaliste (faible) de concepts théoriques dont le contenu empirique peut être déterminé sans ambiguïté comme c'est le cas pour les concepts de pression etc.

La sous-détermination se manifeste également lorsqu'il s'agit de proposer des modèles ou des hypothèses, de nature *explicative* ou causale, sur la raison pour laquelle les corrélations empiriquement attestées se produisent. Mach se montre totalement sceptique en ce qui concerne la vérité d'explications de ce genre et leurs éventuelles prétentions à atteindre une quelconque réalité. Il n'y a pas lieu, en effet, de rechercher des explications aux lois fonctionnelles observées. Une prétendue explication atomiste de certains phénomènes (de chaleur, par exemple) n'est utile que dans la mesure où elle permet de se représenter, de manière pratique, la succession de sensations (« La théorie atomique a, dans la science physique, une fonction analogue à celle de certaines représentations mathématiques auxiliaires : elle est un *modèle* mathématique pour la reproduction des faits » [Mach 1901, 459]). On dispose d'ailleurs d'autres explications possibles des phénomènes qui ne font pas intervenir les atomes, et sur lesquelles Mach partage le même scepticisme. Il faut

---

9. Il est évidemment possible, lorsque nous sommes mis en présence de phénomènes, de grouper les sensations de diverses manières, selon les intérêts que nous poursuivons, mais ceci ne porte pas préjudice à la factualité et à l'objectivité des relations isolées et observées.

dès lors éviter de voir en Mach un partisan de l'énergétisme<sup>10</sup> ou d'autres hypothèses prétendument explicatives de ce genre.

Dans la mesure où l'espace absolu ne contribue pas à l'économie de la pensée, soit en tant qu'il se rapporte de façon pratique à un complexe sensoriel, soit en tant qu'il contribue à l'élégance de l'édifice de la mécanique, il constitue un ajout inutile dont il convient de se débarrasser. Mach, on le sait, propose une loi empirique qui relie les phénomènes d'inertie aux accélérations par rapport à l'ensemble des corps de l'univers et cette loi ne demande aucune explication. D'éventuelles explications causales seraient multiples et dépourvues de toute portée ontologique.

### 3.4 L'antiréductionnisme et l'antimécanisme

S'il existe pour Mach une unité de la science sur le plan des méthodes appliquées et des objectifs poursuivis, il n'en va pas de même au niveau de l'organisation des théories. En effet, l'activité scientifique ne vise pas à construire une *théorie* unique, articulée de manière axiomatique, qui incorporerait l'ensemble des lois scientifiques. Chaque science particulière, chaque discipline possède ses concepts et ses lois propres qui sont pratiquement utilisables dans un domaine spécifique. Vouloir les fonder sur des axiomes plus généraux, voire universels, n'ajouterait rien à la commodité d'usage de ces lois à l'intérieur de leur domaine propre. Sur ce point particulier (où il s'oppose aussi à Duhem), Mach n'est certainement pas un précurseur des positivistes logiques. Mach se montre carrément hostile à un réductionnisme épistémologique qui aurait pour objectif de fonder l'ensemble des lois scientifiques sur un petit nombre d'axiomes extrêmement généraux dont elles seraient déductibles logiquement, à moins, encore une fois, que cet idéal ne conduise à la découverte de nouvelles relations fonctionnelles.

Mach reconnaît d'ailleurs qu'une vision réductionniste célèbre a joué un rôle important et fécond dans l'évolution des sciences. Il s'agit bien entendu de la perspective mécaniste, qui a été adoptée aussi bien par les rationalistes, comme Descartes, que par les empiristes classiques, comme Locke, et qui se donnait pour objectif de réduire l'ensemble des disciplines scientifiques à la mécanique. Idéalement, la science unifiée se présenterait comme un système hypothético-déductif basé sur les lois fondamentales

---

10. Comme l'écrit Bouvier « (...) l'attitude critique de Mach l'éloigne des purs énergétistes dogmatisants, pour qui l'*Energie*, nouvelle entité substantielle et absolue, constitue le fond de toute réalité physique ou psychique et l'explication universelle » [Bouvier 1923, 323]. Voir aussi Mach [1905, 57 & 1910, 442].

du mouvement. Cette ambition s'enracinait dans une volonté de géométriser la nature et s'appuyait sur une distinction, de caractère épistémologique (et également ontologique), entre les qualités premières et les qualités secondes. Seules les qualités premières, de nature géométrique, permettaient d'atteindre une réalité externe de manière fiable. Or, il ne peut y avoir, pour Mach, de différence de nature entre les qualités [Mach 1901, 477]. Toute distinction entre différentes sortes de sensations fondée sur un privilège de type épistémologique ou ontologique doit s'effacer. La distinction, fondamentale pour le programme mécaniste<sup>11</sup>, entre les qualités premières ou secondes s'évanouit : toutes les sensations sont de même nature, qu'elles soient physiques ou psychologiques. C'est en cela que réside le sens du « monisme » de Mach [Mach 1902, 60]. Puisque le but de la science est de découvrir les relations qui peuvent exister entre ces sensations, en s'appuyant uniquement sur l'expérience, il convient d'abandonner tout a priori, et, en particulier, tout préjugé de type mécaniste [Mach 1901, 464-465].

Le programme atomiste s'inspire précisément de cet idéal classique de géométrisation de la nature qui prend pour fondement les lois de la mécanique. Les atomes auxquels Mach s'oppose ne sont en effet rien d'autre que des particules caractérisées par des propriétés exclusivement mécaniques. Le rejet de l'espace absolu, qui est une entité purement géométrique et mécanique par excellence, procède de la même logique. Le privilège accordé à la mécanique n'est en définitive pour Mach qu'un accident de l'histoire qui s'est cristallisé en un préjugé dont il est temps de se libérer. Même si ce programme atomiste a pu jouer un rôle heuristique important, il faut s'abstenir de l'élever à une position hégémonique par rapport à l'ensemble des domaines de la physique et, a fortiori, par rapport à la physiologie et la psychologie, et ce d'autant plus qu'à l'époque de Mach le programme mécaniste manifestait des signes d'essoufflement.

Bien entendu, l'hostilité de Mach au programme mécaniste, aussi bien sous ses aspects méthodologiques (l'utilisation de certains modèles) qu'épistémologiques (le réductionnisme), et dont l'atomisme n'est qu'un sous-produit, ne peut que s'exacerber vis-à-vis de la prétention à fonder ce programme sur une métaphysique des qualités premières, et en particulier sur une ontologie de type atomiste. L'opportunité d'un programme méthodologique et épistémologique ne saurait être jugée qu'à ses fruits, au niveau heuristique, et ne pourrait en aucun cas trouver une légitimation dans le cadre d'une métaphysique qu'elle quelle soit.

---

11. Nous avons dans ce cas-ci un exemple paradigmatique de programme épistémologique, au sens de Paty [1982] mais aussi au sens ontologique.

## 4. L'antiréalisme de Mach

On a vu que l'opposition de Mach à l'espace absolu est radicale. Toute interprétation réaliste, même faible, du concept d'espace absolu se trouve proscrite car celui-ci ne peut, en droit, correspondre à aucun complexe de sensations ; de plus, ce concept est incapable de jouer un rôle heuristique par rapport à la découverte de nouveaux phénomènes et il ne contribue nullement à l'économie de la pensée. En outre, il existe une loi physique qui met en relation les phénomènes d'inertie avec les accélérations — observables selon Mach — relativement à l'ensemble des corps de l'univers.

En ce qui concerne les atomes, la position de Mach est plus nuancée. Nous avons vu qu'un concept comme celui d'atome d'oxygène peut être considéré comme un symbole de complexes sensoriels au même titre qu'un concept usuel. Il n'est pas non plus interdit en principe d'utiliser des modèles atomistes, pour autant que ceux-ci soient reconnus comme étant de purs artifices mentaux, de simples instruments au service des buts poursuivis par la science. Les idées atomistes ont d'ailleurs conduit, comme Mach le savait bien, à des découvertes empiriques importantes. Toutefois Mach pensait que le programme mécaniste de son époque avait cessé d'être prometteur. Il n'était d'ailleurs pas le seul à défendre cette opinion<sup>12</sup>.

C'est probablement dans son aversion pour de la philosophie mécaniste, principalement dans ses aspects méthodologiques et épistémologiques mais également dans ses prétentions ontologiques, qu'il faut trouver la raison majeure des réticences de Mach à l'égard des théories atomistes<sup>13</sup>.

Si les idées atomistes ont connu un regain de fécondité peu avant la mort de Mach, survenue en 1916, l'histoire des sciences, par une de ces ironies dont elle a le secret, allait montrer que ces atomes ne pourront absolument plus être conçus comme des entités mécaniques classiques.

Peut-on conclure de tout ceci que Mach était un antiréaliste scientifique au sens où on l'entend aujourd'hui ? Il faut souligner tout d'abord que Mach ne remet pas en question l'existence de ce que les philosophes

---

12. Comme le dit Laudan [1976, 219] « Mach was far from being a voice in the wilderness ». Parmi les opposants aux théories atomistes Laudan mentionne Duhem, Comte, Poincaré, Ostwald, Helm, Avenarius, Rankine, Stallo et Brodie.

13. Laudan souligne ce lien entre l'atomisme et la philosophie mécaniste. "(...) one cannot begin to come to terms with the so-called atomic debates of the 19th century unless one realizes that those debates were as much about the viability of the mechanical philosophy as they were about the existence of atoms" [Laudan 1976, 217].

appellent le « monde extérieur » ou des objets usuels. Mach se défend explicitement de toute accusation de solipsisme ou d'idéalisme 'à la Berkeley'. Pour lui, les objets ordinaires perçus existent bel et bien, à condition d'entendre par « existence » une simple stabilité dans des relations fonctionnelles entre sensations. Les objets existent en tant que complexes stables de sensations. Mais cette existence des objets est parasitaire par rapport à celle des sensations, seuls éléments véritablement (et provisoirement, sous réserve d'une analyse ultérieure) réels. Pas question donc d'attribuer une existence « en soi » à ces sensations même si elles sont en un sens indépendantes de moi. Ce sont des sensations « sans sujet » [Hamilton 1990] dont certaines relations stables constituent le « moi ». A condition d'entendre l'existence des objets en ce sens, faible sans doute, Mach peut être qualifié de réaliste empirique ou du sens commun, puisque les sensations, en tant que telles, sont réelles de même que les relations fonctionnelles entre celles-ci.

Ce point est important, car le débat qui met aujourd'hui aux prises certains réalistes et antiréalistes que l'on appelle scientifiques ne porte pas d'abord sur l'existence des objets ordinaires ou sur le type de réalité qu'on peut leur attribuer, mais sur l'équivalence de statut entre les entités observables et certaines entités théoriques. Beaucoup de ceux que l'on appelle aujourd'hui les antiréalistes et les réalistes *scientifiques* sont d'accord pour attribuer une certaine existence aux objets ordinaires. Le désaccord entre les réalistes et les antiréalistes, dans le contexte des débats sur la science, porte sur la question de savoir si l'on peut attribuer le même type de réalité aux entités théoriques inobservables qu'aux objets ordinaires. Tandis que des réalistes scientifiques comme Boyd et Psillos [Boyd 1990 & Psillos 1999] prétendent que certaines entités théoriques existent au même titre que les objets observables, les antiréalistes [van Fraassen 1980 & Laudan 1981a] refusent d'attribuer le même statut de réalité aux entités théoriques et aux objets ordinaires. Il s'agit là d'un débat de nature essentiellement épistémologique qui fait abstraction de la question du statut ontologique des objets usuels et des entités théoriques, pour se pencher sur le problème de l'accès cognitif aux entités théoriques<sup>14</sup>.

Si l'on attribue une existence, au sens que j'ai qualifié de faible, aux objets ordinaires, on peut, paradoxalement sans doute, considérer Mach comme un réaliste scientifique. Il est en effet légitime pour Mach d'attribuer une existence, en ce même sens faible, à certaines entités théoriques qui ont le statut d'être des complexes de sensations, comme l'énergie,

---

14. Voir aussi Ghins [2000].

la chaleur, les ondes acoustiques... et même à certains atomes, comme l'oxygène. Sans doute, les entités théoriques devront-elles être éliminées à la fin de la science. Toujours est-il que, pour le moment, certaines d'entre elles (pression, onde acoustique etc.) possèdent le même statut, quant à l'existence, que les objets ordinaires. Dès lors, en un sens affaibli, Mach peut être qualifié de réaliste scientifique. Bien entendu, les entités théoriques pas plus que les objets ordinaires, ne peuvent être considérées comme existantes en tant que substances ou en tant qu'entités autonomes d'un point de vue ontologique. C'est pourquoi Mach a été, et continue à juste titre d'être, considéré comme un antiréaliste.

## Bibliographie

BOUVIER, RENÉ

1923 *La pensée d'Ernst Mach, Essai de biographie intellectuelle et de critique*, Paris : Librairie au vélin d'or, 1923.

BOYD, RICHARD

1990 Realism, Approximate Truth and Philosophical Method, in [Savage 1990, 333-391].

BLACKMORE, JOHN

1972 *Ernst Mach*, Berkeley : Berkeley University Press, 1972.

BRENNER, ANASTASIOS

1999 Les voies du positivisme en France et en Autriche : Poincaré, Duhem et Mach, *Philosophia Scientiae*, 3, 31-42.

COHEN, ROBERT S. & SEEGER, RAYMOND J. (EDS.)

1970 *Ernst Mach, Physicist and Philosopher*, Dordrecht : Reidel, 1970.

FRIEDMAN, MICHAEL

1983 *Foundations of Space-Time Theories, Relativistic Physics and Philosophy of Science*, Princeton : Princeton University Press, 1983.

GHINS, MICHEL

1990 *L'inertie et l'espace-temps absolu de Newton à Einstein, Une analyse philosophique*, Classe des lettres, Tome LXIX/2, Bruxelles : Académie Royale de Belgique, 1990.

2000 Empirical versus Theoretical Invariance and Truth, suivi d'un commentaire de Bas van Fraassen, *Foundations of Physics*, Volume 30, 1643-1655.

HAMILTON, ANDY

1990 Ernst Mach and the Elimination of Subjectivity, *Ratio, New Series*, 3, 117-135.

HIEBERT, ERWIN N.

1970 The Genesis of Mach's early views on atomism, in [Cohen & Seeger, 79-106].

LAUDAN, LARRY

1976 Ernst Mach's Opposition to Atomism, in [Machamer & Turnbull 1976]. Cité d'après [Laudan 1981b, 201-225].

1981a A Confutation of Convergent Realism, *Philosophy of Science*, 48, 18-49.

1981b *Science and Hypothesis : Historical Essays on Scientific Methodology*, Dordrecht : D. Reidel, 1981.

MACH, ERNST

1863 *Compendium der Physik fuer Mediciner*, Wien : 1863.

1890 Some Questions of Psycho-Physics, *The Monist*, 1, 393-400.

1901 *Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt*, Leipzig : 1901. Cité d'après la traduction française d'Emile Bertrand : *La mécanique, Exposé historique et critique de son développement*, Paris : Editions Jacques Gabay, 1987.

1902 *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen*, Jena : Fischer, 1902. Cité d'après la traduction française de Friedrich Eggers et Jean-Maurice Monnoyer : *L'analyse des sensations*, Nîmes : Editions Jacqueline Chambon, 1996.

1905 *Erkenntnis und Irrtum, Skizzen zur Psychologie der Forschung*, Leipzig : 1905. Cité d'après la traduction française de Marcel Dufour : *La connaissance et l'erreur*, Paris : Flammarion, 1908.

1910 *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*, Leipzig : Barth, 1910.

MACHAMER, PETER & TURNBULL, ROBERT (EDS.)

1976 *Motion and Time, Space and Matter : Interrelations in the History of Philosophy and Science*, Columbus : Ohio State University Press, 1976.

NOLA, ROBERT

1988a Introduction, Some Issues Concerning Relativism and Realism in Science, in [Nola 1988b, 1-35].

NOLA, ROBERT (ED.)

1988b *Relativism and Realism in Science*, Dordrecht : Kluwer, 1988.

PATY, MICHEL

1982 La notion de programme épistémologique et la physique contemporaine, *Fundamenta Scientiae*, 3, 321-336.

1986 Mach et Duhem, L'épistémologie de savants-philosophes, *Manuscripto*, 9, 41-49.

PSILLOS, STATHIS

1999 *Scientific Realism, How Science Tracks Truth*, London : Routledge, 1999.

SANKEY, HOWARD

2001 Scientific Realism : An Elaboration and a Defence, *Theoria*, 98, 35-54.

SAVAGE, C. WADE

1990 *Scientific Theories*, Minnesota Studies in the Philosophy of Science, volume 14, Minneapolis : University of Minnesota Press, 1990.

STOFFEL, JEAN-FRANÇOIS

2002 *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, Bruxelles : Académie Royale de Belgique, 2002.

VAN FRAASSEN, BAS

1980 *The Scientific Image*, Oxford : Clarendon Press, 1980.