

## Chapitre III Le réalisme scientifique : une défense

Dans ce chapitre, je présenterai une défense non-explicationniste du réalisme scientifique épistémologique. Je tenterai de montrer que la force des arguments qui nous donnent davantage de raisons de croire en la vérité partielle d'une théorie et en l'existence de certaines entités postulées par celles-ci, repose sur leur similarité avec les bonnes raisons que nous avons de croire en la vérité de propositions à propos d'entités ordinaires directement perçues. Plutôt que d'évaluer les mérites respectifs d'explications alternatives des phénomènes dans le cadre d'une stratégie explicationniste descendante (*top down*), je montrerai qu'il vaut mieux partir des observations pour remonter aux causes inobservables qui les produisent en adoptant une méthode ascendante (*bottom up*) afin de légitimer notre croyance en l'existence de ces causes et de certaines de leurs propriétés. Je tenterai de montrer qu'une argumentation solide en faveur de la croyance en la réalité de certaines entités inobservables est suffisamment solide si elle satisfait à quatre conditions, lesquelles sont également les conditions satisfaites par les raisons que nous avons de croire en l'existence des choses accessibles à l'observation directe. Cette méthode ascendante ne s'expose pas aux objections soulevées contre l'inférence à la meilleure explication. Nous verrons que dans certains cas et à toutes ses étapes cette procédure peut être basée sur l'expérience, comme je l'illustrerai en discutant la démonstration de Jean Perrin en faveur de l'existence des molécules.

En outre, cette défense du réalisme scientifique permet de répondre à l'objection classique de la sous-détermination des théories par les données empiriques. Je critiquerai également la « méta-induction pessimiste », l'argument antiréaliste fameux développé par Larry Laudan pour qui l'histoire des sciences nous montre que la plupart des théories tenues jadis pour vraies sont aujourd'hui considérées comme fausses. Quelle garantie avons-nous que les théories auxquelles nous croyons aujourd'hui ne subiront pas le même sort ? Je montrerai qu'il y a bien, du moins en partie, accumulation et progrès théorique au cours de l'histoire. Afin de sauvegarder la stabilité de la référence de certains termes théoriques à travers les vicissitudes de l'histoire des sciences, je me rallierai, en m'inspirant de David Lewis et de Robert Nola, à une conception descriptiviste causale de la référence. Si les mots utilisés pour se référer à certaines entités inobservables peuvent certainement varier fortement au cours de l'histoire, néanmoins nous avons toutes les raisons de penser que certaines expressions différentes désignaient toujours les mêmes entités, comme celles que nous appelons aujourd'hui « électrons », « gènes » etc.

### 1. La stratégie ascendante en faveur du réalisme scientifique épistémologique

Les empiristes ont parfaitement raison d'insister sur le rôle de l'expérience sensible lorsqu'il s'agit de justifier nos croyances. C'est par l'analyse des raisons que nous avons de croire en l'existence d'entités ordinaires observées et de leurs propriétés que nous allons pouvoir mettre en évidence les traits distinctifs d'une argumentation forte en faveur de l'existence de certaines entités inobservables et la vérité de certaines propositions à leur sujet.

Pourquoi ai-je davantage de raisons de croire en l'existence de ce verre sur mon bureau plutôt que non ? Il ne serait pas irrationnel de croire qu'il n'y a pas de verre du tout ou de m'abstenir de me prononcer quant à son existence. Après tout, les philosophes qui ont défendu un scepticisme radical à propos de l'existence du « monde extérieur » étaient loin d'être irrationnels. Le monde ne pourrait être qu'un rêve, une hypothèse qui a été sérieusement envisagée (mais également réfutée) par un philosophe comme Descartes.

Comment vérifier qu'il y a bien un verre sur mon bureau ? J'ai vu un grand nombre de verres auparavant et je sais qu'ils possèdent un certain nombre de propriétés. Un verre est fait de matière dure, il est creux, son bord est une ligne fermée, il peut contenir un liquide etc. Je peux m'assurer que l'entité observée possède la propriété de dureté en la touchant. Je peux

également la frapper et entendre un son cristallin. En outre, l'entité possède des propriétés visuelles typiques des objets durs. Entrent en jeu ici trois modalités perceptives - le toucher, l'ouïe et la vue – distinctes et indépendantes les unes des autres qui me fournissent un accès cognitif empirique à la propriété de dureté. A l'intérieur de chaque modalité, il m'est possible de *répéter* les observations de multiples manières et de constater que leurs résultats concordent. Il existe différentes façons de toucher afin de vérifier la présence d'un objet dur. De même, en variant les manières de frapper l'objet, j'entends chaque fois un son différent, mais qui révèle toujours la dureté. Il m'est également loisible d'appliquer les mêmes méthodes pour attester la présence d'autres propriétés qui indiquent la présence d'un verre plutôt que celle d'un vase ou de tout autre type d'objet. Ces considérations conduisent à formuler une première condition ou réquisit que doit satisfaire une argumentation qui donne davantage de raisons de croire en l'existence d'une chose observée.<sup>1</sup>

### 1. Condition de concordance ou invariance

*Des observations répétées à l'aide de modalités perceptives distinctes et indépendantes d'une même propriété possédée par une entité doivent fournir les mêmes résultats, au moins approximativement.*

Cette condition est certainement fondée sur la vérité de généralisations qui énoncent une connexion causale entre la perception d'une propriété, dans des circonstances favorables, et la possession effective d'une propriété particulière par l'entité observée. Nous avons maintes fois observé une corrélation entre un certain type de perception et la présence de la propriété de dureté. Plusieurs observations qui s'appuient sur des connexions causales variées et qui donnent des résultats concordants augmentent en effet notre degré de confiance en l'instanciation d'une propriété particulière par l'entité observée. Pour quelle raison ? Parce que nous avons *inductivement* vérifié que les croyances étayées par cette procédure ont moins de chance d'être falsifiées. Dans les faits, lorsque nous voulons lever nos doutes sur la présence d'un objet particulier, nous multiplions et diversifions nos observations. Mais en énonçant cette première condition, ne retombons-nous pas sur une forme de naturalisme ? Non, à la condition que nous puissions justifier les inférences inductives à partir d'une métaphysique des lois qui leur reconnaît une forme de nécessité, comme je tenterai de le faire au chapitre cinq.

Que pouvons-nous dire à propos des entités observables, mais qui n'ont pas encore été observées, comme une souris qui n'a pas encore été aperçue ? Nous venons de voir que des connexions causales empiriquement attestées doivent exister entre les propriétés qui sont directement perçues (et qui constituent des indices) et les propriétés de l'entité inobservée dont l'existence est soupçonnée. De tels liens causaux ne peuvent pas être simplement postulés. Ils doivent avoir été empiriquement vérifiés par des observations antérieures, par des méthodes à la Mill. Oublions les souris pour nous pencher sur un exemple scientifiquement plus pertinent, celui de la découverte de la planète Neptune. Au début du 19<sup>ème</sup> siècle, Bouvard avait observé, au moyen d'un télescope, que la trajectoire d'Uranus n'était pas conforme à la deuxième loi de Newton (qui est une loi causale<sup>2</sup>) et la loi classique de la gravitation universelle. Puisque ces lois étaient abondamment confirmées par de nombreuses observations, Adams et Leverrier en déduisirent l'existence d'une planète encore inobservée qui était la cause des perturbations (des apparences ou données) de l'orbite d'Uranus. En 1846, cette nouvelle planète, baptisée « Neptune », a été effectivement observée. Ce raisonnement s'appuie sur le fait que d'autres planètes avaient été observées auparavant. On savait également que les planètes possèdent des propriétés de mouvement et une masse ainsi que leur comportement est gouverné par les

---

<sup>1</sup> Ghins 1992

<sup>2</sup> La deuxième loi de Newton stipule que l'accélération est proportionnelle à la force exercée. C'est une loi causale car elle contient une dérivée temporelle, qui se réfère à l'effet, tandis que la force en est la cause. Voir chapitre I et Blondeau & Ghins (2012).

lois de Newton. Nous sommes ainsi conduits à formuler une autre condition pour la fiabilité de nos affirmations d'existence, la *condition de causalité*.

## 2. Condition de causalité

*Les propriétés observables de l'entité dont l'existence est inférée doivent être reliées aux données observées au moyen de connexions causales décrites par des généralisations empiriques ou des lois auparavant vérifiées.*

Remarquons que les connexions causales visées par ce réquisit sont distinctes des liens causaux entre des propriétés d'une chose directement observée et son observation effective ; ces derniers étaient impliqués dans la première condition, et il n'est pas nécessaire ici de connaître les mécanismes causaux de la perception (d'ailleurs encore largement inconnus à ce jour) pour justifier nos croyances à propos des entités observées directement.

Jusqu'ici j'ai parlé de propriétés inobservables en général, en me conformant à l'usage courant dans la littérature académique sur le réalisme scientifique. Mais pour éviter toute confusion, je propose de distinguer parmi les propriétés inobservables celles qui sont inobservables en pratique de celles qui sont inobservables en principe<sup>3</sup>, comme l'avait déjà fait Hans Reichenbach (++)). Certaines propriétés sont observables, soit directement, soit indirectement via des instruments de mesure qui se sont avérés fiables. D'autres propriétés sont pour le moment inaccessibles à l'observation, mais pourraient être observées dans le futur au moyen de nouveaux instruments. Ces propriétés sont des propriétés *observables en principe* (OP). J'inclus dans la classe des propriétés OP, des propriétés comme la masse, la charge, la température etc. On objectera immédiatement que les termes de « masse », « charge », « température » etc. appartiennent à un langage chargé de théorie (*theory laden*). De plus, les propriétés désignées par ces termes nécessitent le recours à des instruments parfois très sophistiqués pour être mesurées avec précision. Et les significations de ces termes n'ont été clarifiées et stabilisées qu'après un processus historique long et compliqué. Pourtant, une fois que la signification de la masse inerte par exemple a été clairement fixée, nous pouvons, dans des circonstances favorables, vérifier par l'observation que des corps résistent à la modification de leur état de mouvement selon des valeurs différentes ou approximativement égales. On peut facilement constater que des billes d'une même matière mais de tailles significativement différentes et qui sont au repos résistent à des poussées de manières sensiblement différentes. La bille la plus volumineuse est plus difficile à mettre en mouvement que l'autre<sup>4</sup>.

Les propriétés observables en principe (OP) sont les propriétés effectivement accessibles à l'observation sensible, soit directement, soit indirectement au moyen d'instruments qui augmentent nos capacités perceptives. Pour le sens de la vue, qui jouit d'un statut privilégié dans les sciences, ces instruments sont très variés. En premier lieu, nous avons les banales lunettes couramment utilisées par les myopes, hypermétropes, presbytes etc. dont la vue est légèrement déficiente. Qui prétendra que les observations effectuées par quelqu'un qui possède des lunettes appropriées sont douteuses sous prétexte qu'elles ne sont pas réalisées directement, à l'œil nu ? Ensuite, nous rencontrons les diverses sortes de microscopes et télescopes qui nous rendent visibles des entités comme les virus et les galaxies lointaines. Remarquons encore une fois qu'il n'est pas nécessaire de connaître les lois causales ou les mécanismes sous-jacents qui président au fonctionnement de ces instruments pour leur accorder notre confiance. Des verres polis de diverses formes étaient déjà utilisés par les anciens Romains alors qu'ils étaient complètement ignorants des lois de la réfraction et a fortiori de celles de l'électromagnétisme. Il en allait de même pour Galilée et ses contemporains qui ne connaissaient pratiquement rien du fonctionnement de la lunette d'approche. Néanmoins, en se basant sur l'accord entre les observations rapprochées et celles faites à distance sur un même

<sup>3</sup> Voir Ghins (2017, p. 123).

<sup>4</sup> Pour plus de détails, voir Ghins 2017.

objet à l'aide de la lunette, ils en sont venus assez rapidement à se mettre d'accord sur ce qui était observé.<sup>5</sup>

En nous éloignant davantage de l'expérience sensible directe, mentionnons d'abord la cause des rayons lumineux directement observés dans des tubes à rayons cathodiques. Comme nous le verrons plus loin, J.J. Thomson a pu démontrer que la cause de ces rayons sont des particules émises par la cathode qui interagissent avec les molécules de gaz raréfié qui remplit le tube. En outre, il a pu déterminer les valeurs de la masse et de la charge de ces particules inobservables – les électrons – sans connaître le mécanisme (quantique) de la production des rayons cathodiques<sup>6</sup>.

Cependant, la connaissance de certaines lois permet de construire des instruments de détection et de mesure, comme les chambres à fils ou à dérive. Ces dispositifs expérimentaux rendent visibles les trajectoires de particules élémentaires chargées, comme les protons. Ici, pour pouvoir dire que les lignes directement observées sur les photos ou les écrans représentent des trajectoires de protons, nous devons nous appuyer sur la connaissance des mécanismes causaux, c'est-à-dire des lois causales, qui décrivent les interactions entre les protons et les molécules du gaz. Typiquement, les protons arrachent des électrons aux molécules d'un gaz comme l'argon ; ces électrons sont instantanément capturés par les fils voisins qui permettent leur détection et la reconstitution de la trajectoire du proton. Et nous devons avoir de bonnes raisons de penser que ces mécanismes sont analogues à ceux qui opèrent dans d'autres circonstances déjà étudiées.

Que ce soit pour les entités observables directement, comme un verre, ou indirectement comme les mitochondries, ou encore pour celles dont l'existence peut seulement être inférée, comme les atomes ou les électrons, nous nous appuyons sur la présence attestée de relations causales entre des propriétés qui sont en principe accessibles à l'observation. La présence vérifiée de relations causales est cruciale pour que soyons habilités à croire en la réalité d'entités, qu'elles soient observables directement, indirectement ou seulement inférées. C'est certainement la présence actuelle dans la perception et dans de bonnes conditions qui nous permet d'affirmer l'existence d'une entité dotée de propriétés directement observables. Mais cette perception est sous-tendue par des mécanismes causaux, dont nous pouvons encore ignorer les détails, mais dont nous avons toutes les raisons de penser qu'ils existent, ne fût-ce que parce que lorsque nous intervenons sur l'objet perçu d'une certaine manière, il s'ensuit des variations systématiques dans la perception des propriétés de celui-ci. De la même manière, si nous avons une connaissance - détaillée cette fois - du fonctionnement des instruments de mesure, alors nous avons de bonnes raisons de penser que les causes de certains effets observés ont certaines propriétés qui nous sont cognitivement accessibles. Ces causes sont précisément des entités, inobservables sans doute, mais qui possèdent des propriétés (comme la masse ou la vitesse) qui sont aussi des propriétés observables d'entités perçues. Dès lors, rien n'exclut que ces entités pour le moment impossibles à observer puissent l'être un jour à l'aide d'instruments adéquats, comme le sont aujourd'hui les molécules.

Venons-en maintenant à l'autre classe, celle des *propriétés inobservables en principe*. Celle-ci contient les propriétés qui échappent nous seulement en fait mais *en droit* à toute observation possible, même indirecte à l'aide d'instruments qui pourraient être créés à l'avenir. Typiquement, nous ne pouvons pas imaginer ces propriétés parce qu'elles ne sont pas semblables aux propriétés qui sont observées dans l'expérience ordinaire. De telles propriétés sont courantes dans le domaine de la physique des particules élémentaires, comme le spin (interne), l'étrangeté, le charme... Il est tout à fait impossible de s'assurer de leur présence dans l'expérience sensible ordinaire, même si elles pouvaient prendre des valeurs très

<sup>5</sup> Sans pour autant que l'unanimité se fasse tout de suite sur, entre autres, la mutabilité de la matière céleste, qui pour Aristote était immuable et incorruptible.

<sup>6</sup> Voir Robert Nola (2008)

différentes. Ce n'est pas le cas pour des propriétés comme la taille ou le volume. Un volume très petit est inaccessible à l'observation directe, mais un volume suffisamment grand l'est. La situation est tout à fait différente pour des propriétés comme le spin etc. J'appellerai les propriétés inobservables en droit des *propriétés purement théoriques* (PT). Il est à présent généralement acquis que dans le contexte d'une théorie scientifique toutes les propriétés sans exception, même les propriétés directement observables, sont théoriques au sens où les *mots* ou les *termes* utilisés pour s'y référer sont chargés de théorie. C'est pourquoi, j'appelle les propriétés inobservables non seulement en fait mais en droit, des propriétés *purement* théoriques. Nous pouvons alors formuler une troisième condition que doivent satisfaire des entités pour qu'une argumentation en faveur de la croyance en leur existence puisse être suffisamment solide.

### 3. Condition de l'observabilité en principe

*Les entités qui ne sont pas directement observables doivent posséder des propriétés (ou au moins une seule) identiques ou semblables aux propriétés directement perçues des entités observables dans la vie de tous les jours. Ces propriétés sont observables en principe à l'aide d'instruments scientifiques adéquats dont on pourrait disposer dans le futur.*

Il pourrait sembler que nous revenions à l'adéquation empirique, telle qu'elle est comprise par van Fraassen. Il n'en n'est rien. van Fraassen n'accepte pas que ce que l'on voit dans un microscope puisse valoir comme l'observation de mitochondries et justifier la croyance en leur existence.<sup>7</sup> Selon lui, une théorie doit sauver les apparences. Celles-ci sont ici les phénomènes créés par le microscope, comme des taches de couleur, des formes etc. Au contraire des planètes, les mitochondries sont au-delà de toute observation directe possible. Pour cette raison van Fraassen recommande de suspendre notre jugement quant à leur réalité.

Comment pouvons-nous exiger que cette troisième condition soit satisfaite ? Après tout, nous n'avons accès dans certains cas aux propriétés OP qu'à l'aide d'instruments dont le fonctionnement dépend de connexions causales. Or, des propriétés PT pourraient nous être accessibles de la même manière. Pourquoi ne pas admettre, comme le font de nombreux réalistes scientifiques, que des propriétés PT accessibles par une variété de méthodes expérimentales indépendantes qui donnent des résultats concordants sont réelles et instanciées par des entités existantes ? Tout d'abord, il est certain que les motivations en faveur de cette troisième condition sont de nature empiriste. Or, dans mon argumentation en faveur du réalisme épistémologique sélectif, je m'efforce de me conformer le plus possible aux exigences empiristes. En outre, les argumentations solides en faveur de la réalité de certaines entités reposent sur des généralisations causales qui doivent avoir été empiriquement vérifiées. Pour pouvoir vérifier de telles généralisations par des méthodes empiriques comme celles proposées par Mill (1911), ces généralisations doivent se référer à des propriétés observables. Même si nous ne pouvons pas à un certain moment observer une propriété OP possédée par des entités comme les atomes ou les électrons, simplement parce que sa valeur est trop petite, il est légitime d'inférer son existence sur la base de généralisations ou de lois vérifiées qui la font intervenir, pour des valeurs plus grandes.

Pensons à l'argumentation de Perrin en faveur de l'existence des atomes (que nous allons examiner plus loin) basée sur les lois de la dynamique de Newton. Celles-ci gouvernent les chocs entre les grains d'une émulsion et les atomes (en fait, les molécules, indivisibles dans ce contexte). Pensons aussi à la découverte des électrons par J. J. Thompson à partir de ses observations des rayons cathodiques. En s'appuyant sur des lois causales connues, Thompson

---

<sup>7</sup> van Fraassen (2008, pp. 100 ssqq.)

est arrivé à la conclusion que ces rayons étaient composés de particules chargées extrêmement légères, les électrons.<sup>8</sup>

Etant donné que dans la plupart des contextes scientifiques il est impossible de déterminer avec précision la valeur d'une propriété OP sans l'aide d'instruments de mesure, nous devons ajouter une quatrième condition.

#### 4. Condition de mesurabilité

*Les valeurs des propriétés OP doivent pouvoir être quantitativement mesurées à l'aide d'instruments disponibles et adéquats.*

Il faut que la fiabilité d'un instrument ait été avérée auparavant, soit au moyen de lois connues qui gouvernent son fonctionnement soit à l'aide de tests empiriques, comme ce fut le cas pour la lunette astronomique de Galilée. La satisfaction de la quatrième condition est une condition de possibilité de celle de la première lorsque des mesures approximatives ne peuvent pas être directement effectuées à l'aide de nos cinq sens. Même si on admet que la masse est une propriété OP, sa valeur précise ne peut évidemment pas être déterminée sans l'aide d'instruments appropriés. Or, pour pouvoir déterminer si des mesures concordent, il faut évidemment les avoir mesurées avec suffisamment de précision.

Je prétends que des argumentations qui satisfont ces quatre conditions nous donnent davantage de raisons de croire en l'existence d'entités qui possèdent des propriétés observables en principe. En revanche, nous n'avons jamais plus de raisons de croire en l'existence d'entités qui ne possèdent que des propriétés purement théoriques plutôt que de suspendre notre jugement en ce qui concerne leur réalité.

Avant d'illustrer la mise en œuvre de ces quatre conditions dans l'argumentation de Perrin en faveur de l'existence des atomes, je voudrais répondre à deux objections. La première porte sur le réquisit d'invariance. Ne consiste-t-il pas en un appel déguisé à une forme d'inférence à la meilleure explication ? N'aurait-on pas affaire à un miracle ou une coïncidence très improbable si la concordance d'une grande quantité et variété d'observations ou de résultats de mesures n'était pas causée par une entité possédant les propriétés requises ? Toutefois, si nous observons directement une entité comme un verre, il n'y a pas d'inférence à la meilleure explication, même implicite, de l'existence du verre à partir de notre observation. Nous avons une évidence perceptive immédiate de la chose observée, même si *après coup* nous pouvons en un certain sens expliquer causalement notre observation par la présence du verre. En outre, dans le cas d'entités encore inobservées comme une souris, une planète, une particule etc. les observations disponibles permettent d'inférer leur existence à partir de connexions causales empiriquement vérifiées auparavant. Sans doute, dans ce genre de situation, la présence d'une souris explique causalement les indices, mais nous n'inférons pas son existence parce que son existence fournit l'explication qui nous paraît la meilleure parmi un ensemble d'explications possibles. Dans le cadre de notre approche causale, nous ne recherchons pas des hypothèses possibles d'où nous pourrions descendre pour expliquer les apparences, mais nous essayons de grimper l'échelle des connexions causales en partant des effets. Notre démarche est ascendante et non pas descendante. Si les détails des connexions causales sont connus, alors nous avons également une explication causale qui est également la meilleure possible. Mais la connaissance des détails n'est pas indispensable pour avoir suffisamment d'indices empiriques de l'existence d'un lien causal. Les méthodes de Mill nous permettent de mettre en évidence un lien causal, sans connaître les détails d'un mécanisme sous-jacent. En d'autres termes, nous

---

<sup>8</sup> On pourrait à nouveau objecter que le champ électromagnétique n'est pas directement observable. C'est vrai. Mais la présence d'un tel champ peut être détectée à l'aide d'expériences de tous les jours à l'aide d'aimants par exemple. Pour une discussion détaillée des expériences de Thompson, voir Nola (2008).

avons davantage de raisons de croire plutôt que non en l'existence d'une entité parce que nous avons des raisons de croire qu'un lien causal existe (qui en prime peut parfois fournir une explication) et non parce qu'après avoir examiné plusieurs explications concurrentes, nous jugeons que l'une d'entre elles est la meilleure, c'est-à-dire la plus satisfaisante ou la plus belle, pour finalement conclure qu'elle est vraie. Ce n'est pas la beauté (*loveliness*, selon Lipton) ou le pouvoir explicatif d'une hypothèse ou d'une partie de théorie qui nous donne des raisons de croire en leur vérité, mais bien l'existence d'un lien causal qui est un indicateur de vérité et qui en conséquence peut parfois nous gratifier d'une explication, à la condition que le mécanisme causal sous-jacent soit connu. J. J. Thompson a pu légitimement inférer la réalité des électrons à partir du comportement des rayons lumineux dans un tube cathodique alors qu'il ignorait le mécanisme responsable de la production de la lumière par les électrons.

Ceci nous amène à la deuxième objection. Celle-ci concerne le réquisit de causalité. La découverte de Neptune et celle de l'électron sont des exemples classiques de la fiabilité présumée de l'inférence à la meilleure explication (Douven 2017). Mais ne peut-on pas imaginer une pluralité d'explications causales possibles de la déviation de l'orbite de Neptune et du comportement des rayons cathodiques ? Certainement. Comme le fait remarquer Peter Lipton :

« L'inférence à la meilleure explication ne requiert pas que nous inférons une seule explication des données, mais que nous en inférons une seule parmi les explications *en compétition*. » (Lipton 1991, p. 65, 2004, p. 62)

A l'intérieur de l'approche contemplative, notre objectif est d'évaluer les mérites quant à leur vérité de certaines propositions contenues dans des théories prédictivement correctes. Pour avoir suffisamment de force, une affirmation à propos de l'existence d'une entité qui possède une ou des propriétés OP doit être étayée, entre autres conditions, par la présence attestée d'une connexion causale réelle entre d'une part les apparences et d'autre part la possession d'une ou de propriétés particulières par une entité réelle présumée. Une telle approche est ascendante car il s'agit de partir des effets (les apparences) pour remonter aux causes à l'aide de généralisations ou de lois empiriquement établies. Des connections causales alternatives doivent être éliminées empiriquement (typiquement, par la méthode de différence de Mill) et non pas sur la base de leur manque de beauté, ce qui toutefois ne nous prémunit pas contre tout risque d'erreur.

En revanche, l'argument du miracle n'est pas basé sur l'existence attestée d'un lien causal entre d'une part la vérité d'une théorie et sa correction prédictive d'autre part, comme nous l'avons vu plus haut.<sup>9</sup> De plus, l'inférence à la meilleure explication fonctionne d'une manière très différente de notre inférence des effets aux causes. En premier lieu, l'inférence à la meilleure explication n'est pas limitée aux explications causales. Or, selon mon approche, ce sont les relations causales qui jouent un rôle crucial pour la défense du réalisme sélectif. Deuxièmement, l'inférence à la meilleure explication est une inférence à partir d'un ensemble d'explications. Même si nous nous limitons aux explications causales, comment nous est-il possible d'évaluer leurs mérites respectifs ? Par rapport à quel critère ? Par rapport à leur pouvoir explicatif, c'est-à-dire leur caractère satisfaisant ou leur beauté. Cette approche est descendante. Dans une telle démarche, ce qui compte c'est la relation entre ce que nous considérons comme étant la beauté ou le degré de compréhension procuré d'un côté et la vérité ou l'exactitude d'une explication de l'autre côté. Le défi auquel le réaliste se trouve confronté, comme Lipton lui-même le reconnaît, est de « montrer comment la probabilité [de vérité] est déterminée (au moins en partie) par des considérations explicatives » (Lipton 2004, 61). Je suis ici d'accord avec van Fraassen (2015, 2017) pour dire que Lipton n'a pas montré

---

<sup>9</sup> Il est significatif que Lipton concède que l'argument du miracle n'est pas une application suffisamment forte de l'inférence à la meilleure explication, bien qu'il maintienne que cette forme d'argumentation « puisse être utilisée pour donner des raisons en faveur de l'adoption d'une position réaliste (...) par rapport aux théories scientifiques » (Lipton 2004, 209)

qu'une telle détermination est (au moins parfois) présente et possède suffisamment de force pour justifier la croyance en l'existence d'entités (explicatives) inobservables.

## 2. Jean Perrin et l'existence des atomes

Je ne pense pas que l'étude de l'histoire des sciences puisse justifier une quelconque position philosophique, ne fut-ce que parce que la lecture de n'importe quel épisode historique est toujours le fruit d'une certaine interprétation. Cependant, il n'est pas inutile de se pencher sur certains cas emblématiques qui peuvent servir d'illustration à la position défendue ici et de regarder si les quatre conditions ci-dessus sont satisfaites par des argumentations scientifiques fameuses en faveur de l'existence de certaines entités inobservables. C'est pourquoi je vais montrer que la force de l'argumentation de Perrin en faveur de la réalité des atomes repose sur le fait qu'elle satisfait à ces quatre conditions. Certes, les textes de Perrin contiennent également des considérations de type explicationniste. Je ne prétends donc pas que Perrin a mis en œuvre une stratégie uniquement ascendante. Mais je soutiens que la colonne vertébrale de son argumentation peut être vue comme essentiellement ascendante. C'est en cela que réside sa force et c'est par là qu'elle conforte notre croyance en la discontinuité de la matière. Les raisons qui ont effectivement conduit les scientifiques à se convertir massivement à l'hypothèse atomiste au début du 20<sup>ème</sup> siècle est une question historique qui ne relève pas de la philosophie.

A la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, la théorie cinétique des gaz de Ludwig Boltzmann fournissait une explication causale élégante de nombreuses propriétés des gaz, comme leur diffusion et leur viscosité, ainsi que de la loi des gaz parfaits. En outre, en 1905, Albert Einstein avait développé une explication des mouvements erratiques des grains de pollen en suspension dans un liquide. Ce phénomène avait été observé au microscope dès 1827 par le botaniste Robert Brown. L'explication d'Einstein du mouvement brownien supposait que les liquides étaient, au même titre que les gaz, composés de corpuscules (molécules) en agitation permanente. Selon cette hypothèse explicative, les collisions aléatoires des molécules avec les grains de pollen sont la cause de leurs trajectoires observées. Cependant, et ce malgré la capacité explicative reconnue de l'hypothèse atomiste (les molécules peuvent être considérées comme indivisibles dans ce contexte), celle-ci se heurtait aux objections empiristes basées sur l'inobservabilité des molécules. Pour prouver cette hypothèse, il fallait démontrer empiriquement l'existence d'un lien causal entre l'agitation moléculaire et certains phénomènes, en particulier le mouvement brownien. Cette démonstration dépend de la possibilité de *compter* les molécules. Plus précisément, il s'agit de déterminer empiriquement le nombre de molécules contenues dans une molécule-gramme (une mole) d'un gaz donné ou plus généralement d'une substance particulière<sup>10</sup>. Ce nombre n'est autre que le nombre d'Avogadro  $N$ .

Malgré le fait que, avant les expériences de Perrin, différentes méthodes de mesure du nombre d'Avogadro aient fourni des résultats concordants, de nombreux scientifiques, et non des moindres<sup>11</sup>, se refusaient à tenir l'hypothèse atomiste pour vraie et se limitaient à ne lui accorder qu'une utilité purement pratique, et ce pour des raisons philosophiques de nature empiriste. Supposer l'existence des molécules pouvait certes être utile pour construire des théories susceptibles de prédire et d'expliquer les processus observés. Mais ces succès de l'hypothèse atomiste étaient loin d'être suffisants à prouver qu'elle était vraie. Pour les antiréalistes, des hypothèses qui postulent l'existence d'entités inobservables ne sont rien de

<sup>10</sup> Une molécule-gramme ou mole est la quantité de matière, mesurée en grammes, correspondant à la somme des nombres atomiques des atomes qui constituent sa molécule. Par exemple, une mole d'oxygène est égale à 16gr, puisque la molécule d'oxygène contient deux atomes d'oxygène de nombre atomique 8. Une molécule-gramme de n'importe quelle substance contient toujours le même nombre  $N$  de molécules, soit  $6.022 \times 10^{23}$  selon les mesures actuelles.

<sup>11</sup> Mach, Duhem et Ostwald entre autres étaient hostiles à l'hypothèse atomiste.

plus que des instruments commodes susceptibles de nous aider à formuler de nouvelles théories prédictivement correctes. Ces hypothèses peuvent mener à des découvertes très intéressantes et remplir une fonction heuristique particulièrement féconde, mais nous n'avons aucune raison forte de croire en l'existence des entités inobservables qu'elles postulent. Une telle position antiréaliste est défendue par les philosophes *instrumentalistes*. Pour ces derniers, les théories se réduisent à des instruments – c'est-à-dire des outils – efficaces qui permettent de faire des prédictions réussies, sans plus. Et il n'y a aucun sens à se demander si un outil ou un instrument est vrai ou faux. On ne peut qu'évaluer son utilité plus ou moins grande en vue de la poursuite de certains objectifs pratiques, comme prédire des résultats d'observation et les expliquer.

Les antiréalistes font appel à deux catégories d'objections qu'il convient de distinguer avec soin. La première consiste à s'opposer *par principe* au réalisme scientifique en s'appuyant sur des prises de position de nature empiriste, à savoir que nous ne sommes autorisés à croire en l'existence d'entités qu'à la condition qu'elles soient directement observables. Ces objections conduisent à mettre en doute l'existence des atomes, des virus, des gènes etc. et la vérité de toute affirmation concernant les propriétés qu'ils pourraient posséder. Les objections de la seconde catégorie nous incitent à mettre en doute l'existence d'entités inobservables sous prétexte que la croyance en leur existence n'est pas justifiée de façon suffisamment solide par l'observation. Ici, on ne met pas d'emblée en doute pour des raisons de principe l'existence des entités inobservables directement, mais on objecte que l'on puisse établir la réalité d'une connexion forte et empiriquement vérifiée entre ces entités et des observations, qu'elles soient directes ou effectuées à l'aide d'appareils de mesure. En l'absence d'une telle connexion forte, typiquement de type causal, entre des observations et des entités inobservables, nous ne disposons pas d'une argumentation suffisamment solide en faveur de la croyance en leur existence. Il nous tout à fait loisible, selon les antiréalistes, de nier l'existence de ces entités ou de suspendre notre jugement au sujet de leur existence.

En nous inspirant des expériences et des écrits de Jean Perrin, quelles sont les raisons nous autorisent à croire en l'existence des molécules ? Perrin, comme la plupart de ses contemporains, ne mettait pas en doute la fiabilité des observations effectuées à l'aide d'un microscope. Naturellement, de telles observations ne sont pas immédiates ou directes puisqu'elles nécessitent l'utilisation d'un instrument : le microscope. Celui-ci avait entre autres permis d'observer des microbes inobservables à l'œil nu et d'établir leur existence.<sup>12</sup> Or, on observe que des particules visibles au microscope et suspendues dans un liquide (ce qu'on appelle une « émulsion ») sont en mouvement apparemment erratique dans toutes les directions. Quelle en est la cause ? Bien entendu, pour déterminer cette cause, nous devons faire des suppositions sur sa nature, ses propriétés, pour examiner ensuite s'il existe bien une connexion entre ses propriétés et les phénomènes observés. Il ne suffit pas de faire valoir que la cause supposée explique les phénomènes de façon satisfaisante pour conclure à son existence. Il faut aussi vérifier, par des moyens empiriques, que cette cause existe.

Dans le cas du mouvement brownien, diverses expériences menées par Gouy en 1888 avaient montré que sa cause ne pouvait pas être externe à l'émulsion. Par exemple, ce mouvement ne pouvait pas être dû aux trépidations produites par le trafic urbain, car il ne disparaissait pas lorsqu'on observait des émulsions à la campagne. L'élimination des causes externes s'effectue ainsi par des méthodes empiriques familières. Gouy avait également prouvé que la cause interne du mouvement des grains ne pouvait pas être dû à des courants de convection du liquide. En effet, on observe (toujours au microscope) que des courants provoqués entraînent des déplacements groupés dans la même direction, mais qui se

---

<sup>12</sup> Certains empiristes, comme van Fraassen (2009) prétendent que ce sont seulement des images qui sont produites et observées dans un microscope, et non pas des entités réelles indépendantes comme des microbes, des grains etc. Pour une critique de cette position, voir Psillos (2014)

superposent aux mouvements aléatoires des grains dans toutes les directions. Remarquons que l'élimination de toutes ces causes externes s'effectue par des méthodes empiriques. Reste l'hypothèse atomiste invoquée par Boltzmann, Einstein et d'autres. Les molécules (invisibles) du liquide sont en agitation permanente dans toutes les directions. Ces molécules entrent constamment en collision avec les granules en suspension et les poussent, s'ils sont suffisamment petits, tantôt dans une direction tantôt dans une autre.

Cependant, l'élimination de toutes les causes alternatives (à supposer que nous les ayons toutes prises en considération) ne prouve pas que l'hypothèse atomiste est la bonne ! En effet, la cause réelle pourrait faire partie d'un ensemble de causes alternatives qui n'auraient pas encore été imaginées. On retrouve ici une objection classique à l'inférence à la meilleure explication : l'explication correcte pourrait ne pas avoir été envisagée. Il faut dès lors obtenir des observations et des mesures qui établissent l'existence d'un lien causal direct entre les mouvements des grains et les chocs avec les molécules du liquide.

Pour établir ce lien causal, il faut tout d'abord montrer que les grains en suspension se comportent comme les molécules d'un gaz. On pourra alors utiliser les équations de la théorie cinétique des gaz de Boltzmann-Maxwell qui supposent qu'un gaz est composé de molécules qui interagissent selon les lois de la mécanique classique.

Jean Perrin était un expérimentateur exceptionnellement doué. Il était parvenu à fabriquer des petits grains de mastic et de gomme-gutte qui avaient approximativement la *même taille*. Ce point est important car les molécules hypothétiques d'un gaz ont toutes la même dimension. Il en va de même pour celles d'un liquide homogène. Perrin se penche sur la concentration des grains lorsque l'émulsion se trouve dans un état d'équilibre, c'est-à-dire lorsque le nombre de grains à une hauteur donnée dans le récipient reste constant. Il observe que le nombre de grains diminue selon une fonction exponentielle avec la hauteur comme le montre la figure ci-dessous. (Perrin 1913, p. 144)



Ce fait encourage Perrin à supposer que les grains d'une émulsion se comportent comme les molécules d'un gaz (Perrin 2013, p. 133), puisque la densité de l'air, par exemple, diminue exponentiellement avec l'altitude (loi de Laplace). En utilisant des lois classiques connues empiriquement vérifiées, il exprime alors dans une formule mathématique la variation du nombre de grains en fonction de leur hauteur dans le récipient, de leur énergie cinétique moyenne  $W^{13}$  et d'autres grandeurs comme leur volume. Dans cette formule, toutes les grandeurs sont mesurables sauf l'énergie cinétique moyenne  $W$  des grains. Par de patientes observations, Perrin parvient à compter précisément le nombre de grains à différentes hauteurs. Il mesure aussi les autres grandeurs dont dépend la valeur de l'énergie cinétique moyenne des grains. Cette énergie n'est ni observable ni mesurable, mais l'équation mathématique permet de la *calculer* à partir des valeurs mesurées pour certaines grandeurs.

Selon la théorie cinétique des gaz de Maxwell-Boltzmann, l'énergie cinétique moyenne  $W'$  des molécules d'un gaz est proportionnelle à la température et au nombre d'Avogadro selon une expression mathématique précise<sup>14</sup>. Si les grains dans une émulsion se comportent comme les molécules d'un gaz, leur énergie cinétique moyenne doit être égale à  $W'$ . L'égalité  $W=W'$  permet de calculer la valeur du nombre d'Avogadro. Perrin répète ses observations avec plusieurs types de grains et de liquides. Les valeurs de  $N$  ainsi obtenues donnent des résultats concordants. De plus, ces résultats sont en bon accord avec les valeurs de  $N$  obtenues à partir d'autres méthodes expérimentales indépendantes. Cette concordance corrobore la supposition fondamentale selon laquelle l'énergie cinétique moyenne des grains est égale à celle des molécules d'un gaz. Or, une telle égalité est très improbable sauf si l'on suppose la vérité de l'hypothèse atomiste. En effet, *a priori*, la possibilité que ces énergies soient inégales est beaucoup plus probable que leur égalité. En revanche, moyennant l'hypothèse atomiste, l'égalité de ces énergies est équivalente aux observations. Dès lors, nous avons toutes les raisons de penser que la matière est discontinue (autrement dit « discrète ») et composée de molécules en mouvement.

### 3. Les caractéristiques de l'argumentation de Perrin

Si je me suis attardé sur l'argumentation de Perrin en faveur de l'existence des molécules, ce n'est pas seulement parce qu'il s'agit d'un épisode fameux de l'histoire des sciences, mais parce qu'il illustre ce que doit être une argumentation solide en faveur de la vérité de certaines affirmations scientifiques. En l'analysant, nous pouvons y déceler plusieurs caractéristiques importantes.

Tout d'abord, les atomes ont des propriétés qui sont en principe accessibles à l'expérience sensible directe :

« Il me paraît qu'on a encore le droit d'attribuer aux molécules, atomes et corpuscules, une réalité (...) je ne retombe pas dans la métaphysique. Je ne cesse pas d'oublier que la sensation est la seule réalité, à la condition d'adjoindre aux sensations actuelles toutes les sensations *possibles*. » (Perrin 1903, p. ix)

« (...) ces particules [granules] servent simplement à révéler une agitation interne du fluide, ceci d'autant mieux qu'elles sont plus petites, de même qu'un bouchon suit mieux qu'un bateau les mouvements des vagues de la mer. » (Perrin 1909, p. 353)

<sup>13</sup> L'énergie cinétique est l'énergie que possède un corps en vertu de sa vitesse. Elle est égale à  $mv^2/2$ , où  $m$  est la masse du corps et  $v$  sa vitesse.

<sup>14</sup> L'énergie cinétique moyenne des molécules d'un gaz est égale au produit de sa température multipliée par la constante de Boltzmann divisée par le nombre d'Avogadro :  $W' = R/N \times T$

« *Il devient donc difficile de nier la réalité objective des molécules.* En même temps, le mouvement moléculaire nous est rendu visible. Le mouvement brownien en est l'image visible. Le mouvement brownien en est l'image fidèle, ou mieux, il est déjà un mouvement moléculaire, au même titre que l'infrarouge est déjà de la lumière. » (Perrin 1913, p. 151)

Selon la troisième condition énoncée plus haut, les entités dont on prétend qu'elles existent doivent posséder des propriétés semblables aux propriétés observables directement, et sont dès lors en principe observables à l'aide d'instruments qui augmentent nos capacités perceptives. Ce sont les propriétés observables en principe, les propriétés OP. Or, les propriétés de nombre, de vitesse, de volume, de masse etc. des molécules sont évidemment des propriétés observables en principe, puisqu'elles sont aussi des propriétés observées d'objets ordinaires comme les boules de billard. (Depuis lors, les molécules ont pu être observées à l'aide de microscopes électroniques). Selon une perspective empiriste, qui est celle adoptée par Perrin, seules des entités théoriques qui possèdent des propriétés suffisamment proches de l'expérience sensible sont susceptibles d'être légitimement acceptées comme faisant partie de notre « stock ontologique » ou du « mobilier du monde », pour reprendre des expressions courantes dans la littérature philosophique sur le réalisme.

Perrin insiste aussi sur le caractère *direct* de sa détermination du nombre d'Avogadro puisqu'elle part de la supposition que le mouvement des corpuscules browniens révèle visiblement l'agitation moléculaire, ce qui indique que sa stratégie est plutôt ascendante que descendante.

« Au lieu de prendre cette hypothèse [atomiste] toute faite et voir qu'elle rend compte du mouvement brownien, il me semble préférable de montrer qu'elle peut être *logiquement*<sup>15</sup> suggérée par ce seul phénomène (...) » (1909b, p. 13)

« (...) l'observation microscopique des colloïdes et des suspensions m'avait familiarisé avec le mouvement brownien, et me donna bientôt la possibilité d'une vérification quantitative *directe* des théories moléculaires (...) » (Perrin 1923, p. 29)

Perrin souligne que sa supposition fondamentale consiste à dire que les grains se comportent comme des grosses molécules de gaz. Dès lors, les observations permettent de déduire directement la valeur du nombre d'Avogadro en s'appuyant sur les lois causales de Newton qui régissent les interactions dynamiques entre les corps, en conformité avec la deuxième condition énoncée plus haut, la condition de causalité. Ces lois ont été abondamment vérifiées précédemment pour des corps directement observables.

La condition d'invariance est satisfaite tout d'abord à partir de la concordance des valeurs de  $N$  obtenues à partir des observations des répartitions des grains dans différents types d'émulsion. Ces valeurs concordent avec celle obtenue à partir de la mesure de la viscosité des gaz. Au vu de cette concordance, il est très peu probable que la supposition que les grains se comportent comme de grosses molécules, équivalente à la supposition que  $W$  est égal à  $W'$ , soit fautive. Comme le dit Perrin :

« (...) le nombre trouvé concorde avec celui qu'avait donné la théorie cinétique pour rendre compte de la viscosité des gaz. *Cette concordance décisive ne peut laisser aucun doute sur l'origine du mouvement brownien.* Pour comprendre à quel point elle est frappante, il faut songer qu'avant l'expérience on n'eût certainement pas osé affirmer que la chute de concentration serait pas négligeable sur la faible hauteur de quelques microns<sup>16</sup>, ce qui aurait donné une valeur de  $N$  infiniment petite, et que par contre, on n'eût pas osé affirmer que tous

<sup>15</sup> Les italiques dans ces deux citations sont de moi.

<sup>16</sup> Un micron est égal à  $10^{-6}$  mètre.

les grains ne finiraient pas par se rassembler (...) au fond, ce qui aurait indiqué pour N une valeur infiniment grande » (Perrin 1913, pp. 150-151)

L'observation de la distribution des grains implique dès lors, moyennant l'hypothèse atomiste, une valeur de N dont la concordance avec d'autres valeurs est a priori très improbable dans l'intervalle compris entre zéro et l'infini<sup>17</sup>.

De plus, valeur de N obtenue par Perrin est proche des valeurs mesurées par d'autres méthodes indépendantes, comme le spectre du corps noir et la radioactivité. A ce propos, Perrin parle du « miracle de concordances ». Dans le tableau ci-dessous (Perrin 1913, p. 289), on peut constater l'accord entre des méthodes très différentes de détermination du nombre d'Avogadro. La valeur obtenue par la méthode de la « répartition des grains » dans le mouvement brownien, soit  $68,3 \times 10^{22}$ , est en très bon accord avec les autres résultats, pour autant que l'on prenne en compte les inévitables imprécisions dont toute mesure est entachée. Le nombre d'Avogadro est ainsi un *invariant*, un nombre qui ne varie pas significativement selon les différents processus de mesure, en accord avec la première condition.

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS	$\frac{N}{10^{22}}$	
Viscosité des gaz (équation de Van der Waals).	62	
Mouvement brownien. {	Répartition de grains . . . . .	68,3
	Déplacements . . . . .	68,8
	Rotations . . . . .	65
	Diffusion. . . . .	69
Répartition irrégulière { des molécules . . . . .	Opalescence critique . . . . .	75
	Bleu du ciel . . . . .	60 (?)
Spectre du corps noir. . . . .	64	
Charge de sphérules (dans un gaz) . . . . .	68	
Radioactivité . . . . . {	Charges projetées . . . . .	62,5
	Hélium engendré. . . . .	64
	Radium disparu . . . . .	71
	Energie rayonnée. . . . .	60

De surcroît, la connaissance du nombre d'Avogadro permet de calculer les valeurs des masses et des volumes des molécules. Là encore, ces valeurs sont en accord avec des résultats obtenus à l'aide d'autres méthodes de mesure indépendantes. La discontinuité de la matière s'impose. Le mouvement erratique des grains s'explique causalement par les chocs

<sup>17</sup> Pour une reconstruction probabiliste de l'argumentation de Perrin, qui consiste à remonter de l'observation de la concordance de la valeur de N à la probabilité de la vérité de l'hypothèse atomiste, voir Psillos (2011 et 2012).

aléatoires des molécules du liquide, qui sont plus nombreux ou plus violents, tantôt dans une direction, tantôt dans une autre.

On pourrait objecter que l'argumentation développée ci-dessus est davantage explicationniste et descendante. On ne peut nier en effet que l'hypothèse atomiste fournit une explication du mouvement brownien, de la concordance entre les valeurs mesurées du nombre d'Avogadro de même qu'entre les mesures de certaines propriétés des molécules, comme leurs dimensions et leurs masses. Mais, comme je l'ai dit plus haut, une fois que l'on est parvenu à vérifier empiriquement la présence de la cause, on peut redescendre de celle-ci et expliquer causalement les observations disponibles, voire en prédire de nouvelles. Comme le dit Perrin, « *expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple* » est certainement un des objectifs poursuivis par l'activité scientifique. Mais la prétendue simplicité d'une explication ne peut certainement pas justifier la croyance en sa vérité. De telles hypothèses explicatives peuvent certainement jouer un rôle heuristique en indiquant des causes possibles dont il s'agit ensuite d'attester la réalité sur la base des observations, selon la démarche ascendante. Or, dans le cas de l'argumentation de Perrin, c'est bien ce que nous avons. A partir de l'observation du mouvement brownien, nous proposons une cause possible : l'agitation moléculaire. Les observations montrent que les granules se comportent comme de grosses molécules d'un gaz. En conséquence, on peut calculer le nombre d'Avogadro. La valeur obtenue concorde avec les valeurs obtenues par d'autres méthodes, ce qui serait très improbable si l'hypothèse atomiste était fautive. Donc, cette hypothèse est vraie. Nous n'avons dès lors pas recours à une inférence à la meilleure explication qui consisterait à comparer les mérites intrinsèques de l'explication atomiste avec ceux d'explications alternatives<sup>18</sup>. Nous disposons au contraire d'une évidence empirique – l'observation de la répartition des grains dans une émulsion – qui donne de bonnes raisons de penser que les grains se comportent comme les molécules d'un gaz. Ceci nous permet de calculer une valeur de N dont la concordance avec d'autres valeurs obtenues pour N est a priori très improbable. Donc, il est très probable que les grains se comportent comme de grosses molécules dont les mouvements sont causés par les molécules du liquide dans lequel ils baignent.

#### 4. L'argument antiréaliste de la sous-détermination des théories par les données empiriques

L'argument de la sous-détermination des théories par les structures perceptives est sans nul doute l'argument le plus puissant contre la position réaliste. Selon cet argument, il est en principe toujours possible de construire une théorie alternative à une théorie prédictivement correcte et qui soit tout aussi adéquate aux phénomènes, mais dont certaines affirmations sont incompatibles avec certaines propositions de la première théorie. Ces théories sont empiriquement équivalentes. Dans ces conditions, nous n'avons alors aucune raison, basée sur l'expérience, de croire en la vérité d'une théorie plutôt que l'autre. Cet argument de la sous-détermination remonte au *Timée* de Platon. Descartes l'a repris en 1644 dans ses *Principes de la philosophie* (1953, III § 46). L'argument a été affiné et largement utilisé bien plus tard par Pierre Duhem et W. V. O. Quine. C'est pourquoi la supposition centrale de l'argument est connue sous le nom de la « thèse de Duhem-Quine ».

En un certain sens, cette thèse est fort banale et par conséquent difficilement contestable. Nul ne peut en effet *a priori* exclure que l'on puisse à l'avenir formuler une nouvelle théorie empiriquement équivalente mais au moins en partie contraire à une théorie tenue aujourd'hui pour partiellement vraie. La faiblesse de la thèse de Duhem-Quine réside justement dans cette banalité. En pratique, pour contester l'interprétation réaliste d'une théorie particulière, le sceptique antiréaliste ne saurait en effet se contenter d'agiter l'épouvantail de la simple

<sup>18</sup> Une explication alternative qui consisterait à dire que la concordance est le fruit du hasard ne saurait en aucun cas être considérée comme recevable, comme je l'ai montré au chapitre précédent dans ma critique de l'argument du miracle.

*possibilité* de théories alternatives empiriquement équivalentes. Il incombe au sceptique de *démontrer* qu'il est en principe toujours possible de construire des théories empiriquement équivalentes.

La simple possibilité de théories empiriquement équivalentes est facile à démontrer, que l'on se place du point de vue syntaxique ou sémantique. En effet, si l'on considère l'ensemble des propositions qui appartiennent à la théorie, il suffit de s'appuyer sur le fait logique qu'une même proposition peut être déduite, par voie de raisonnement valide, comme conclusion à partir de différents ensembles de prémisses dont certaines sont incompatibles entre elles. Si l'on se place maintenant du point de vue de l'approche sémantique, l'antiréaliste peut se contenter de faire remarquer que des superstructures théoriques distinctes et inconciliables peuvent contenir les mêmes sous-structures empiriques. Ceci est une conséquence directe du réquisit de l'inclusion ensembliste dans le cadre de l'approche sémantique, un réquisit qui est fort peu restrictif. La plupart des réalistes reconnaissent la force de cette argumentation et admettent la sous-détermination des théories par les observations et les mesures. La correction prédictive *seule* ne garantit pas la vérité même partielle d'une théorie. Des conditions supplémentaires doivent être satisfaites pour que nous ayons de bonnes raisons de penser que certaines parties d'une théorie empiriquement adéquate sont approximativement vraies.

Parmi ces conditions supplémentaires, c'est la capacité explicative de certaines hypothèses qui est le plus souvent invoquée. Une bonne théorie ne peut pas se contenter de « sauver les phénomènes » ; elle doit aussi fournir une explication des observations ou des mesures effectuées. Il n'est alors plus possible de démontrer *a priori* qu'on peut toujours construire une théorie alternative dont les explications seraient également satisfaisantes voire meilleures. La prise en considération du pouvoir explicatif fournit un critère de choix qui permet de dépasser l'objection de la sous-détermination par rapport aux données empiriques. Mais rien ne garantit *a priori* que la réalité fasse preuve d'une générosité suffisante pour se plier à nos exigences explicatives. L'objection de Voltaire discutée plus haut constitue un obstacle majeur pour les stratégies explicationnistes qui s'appuient sur le meilleur pouvoir explicatif d'une théorie pour en inférer qu'elle a davantage de chances d'être au moins partiellement et approximativement vraie.

Pour répondre à cette objection, il faut montrer qu'il existe des chaînes causales qui relient les propriétés observables en principe aux observations effectives. Pour chaque propriété P attribuée à une entité, il s'agit de montrer qu'elle est causalement responsable de l'occurrence de résultats d'observation ou de mesures. En outre, nous devons montrer que nous avons de bonnes raisons de penser que les données empiriques ne peuvent pas être produites par une entité alternative qui posséderait d'autres propriétés, incompatibles avec la propriété P. Pour ce faire, nous devons nous appuyer sur des généralisations ou des lois causales précédemment vérifiées. Pour qu'elles l'aient été, il faut que ces lois fassent référence à des propriétés observables en principe. Comme je l'ai signalé plus haut à propos de la discussion des expériences de Perrin, les atomes sont censés posséder les mêmes propriétés de vitesse, de masse etc. que les objets ordinaires. Dès lors, les lois classiques de la mécanique des corps, empiriquement vérifiées auparavant, s'y appliquent. Ce qui permet de conclure que les mouvements observés des grains sont causés par les chocs avec les molécules du liquide. Puisqu'il n'y a pas d'autre possibilité la sous-détermination est brisée.

Naturellement, s'il n'est pas possible de remonter causalement des effets observés ou mesurés aux causes au moyen de chaînes causales avérées, le réaliste doit d'abstenir de se prononcer sur l'existence de causes hypothétiques. De telles situations se présentent, typiquement en physique, lorsqu'il est possible de démontrer l'équivalence pour toute donnée empirique, y compris future, de plusieurs théories<sup>19</sup>. Dans ce cas, aucune observation ne pourra faire le départ entre ces théories en compétition. Il s'agit là d'une équivalence empirique *forte*.

---

<sup>19</sup> \*\* référence de la preuve d'une équivalence... Huggett

Mais en pratique, le réaliste se trouve dans le même embarras lorsqu'il se trouve confronté à des théories dont certaines prévisions empiriques sont différentes, bien qu'elles n'aient pas encore pu être testées. Pour le moment, ces théories sont empiriquement équivalentes, bien qu'en un sens *faible*. Dans un cas comme dans l'autre, nous n'avons pas pu attester la présence d'une chaîne causale unique qui relierait une cause particulière à ses effets empiriques spécifiques. Or, c'est là le critère décisif qui pourrait justifier la croyance en l'existence d'entités particulières dotées de propriétés spécifiques.

### 5. La méta-induction pessimiste de Larry Laudan

Dans le cadre d'une discussion du réalisme scientifique, on ne saurait passer sous silence la célèbre « méta-induction pessimiste » de Larry Laudan (1981) qui reprend et développe une objection antiréaliste déjà formulée en 1978 par Hilary Putnam (1978, 24-25). En passant en revue l'histoire des sciences, on constate que la plupart des théories tenues pour vraies à une certaine époque par la communauté des scientifiques ont été en grande partie abandonnées. Plus précisément, à la suite de nouvelles découvertes, les scientifiques ont été forcés de reconnaître que les *termes* explicatifs centraux de théories auparavant acceptées comme vraies ne se référaient à aucune entité existante ou, autrement dit, étaient dépourvus de tout référent. La fameuse « liste de Laudan » (1981, 32) comprend entre autres :

- les théories des sphères cristallines de l'astronomie ancienne et médiévale
- les théories des humeurs en médecine
- la géologie catastrophiste qui postule une succession de déluges et autres « catastrophes »
- la théorie du phlogiston en chimie
- la théorie du calorique en thermodynamique
- la théorie vibratoire de la chaleur
- la théorie de l'éther électromagnétique
- la théorie de l'éther optique (luminifère)
- les théories de la génération spontanée

Laudan en tire la conclusion que nos croyances en l'existence des entités théoriques postulées par nos meilleures théories seront tôt ou tard mises en question et finalement abandonnées, comme ce fut le cas pour les croyances passées en la réalité de l'éther et du phlogiston. Il est fort probable que tôt ou tard, la communauté scientifique se rendra compte que les virus et les électrons, tels que nous les concevons aujourd'hui, n'existent tout simplement pas. Il est plus raisonnable de penser que probablement les termes de « virus » et d'« électron » ne désignent aucune entité existante et finiront pas disparaître du vocabulaire scientifique. Il est dès lors plus prudent d'adopter une attitude agnostique à l'égard de l'existence des virus et des électrons, tels qu'ils sont décrits par les théories actuelles.

Faisons d'emblée remarquer que l'argumentation de Laudan est fondée sur une induction de type historique. Plus exactement, il s'agit d'une *méta*-induction puisqu'elle prend pour base un ensemble de théories scientifiques qui ont été considérées comme vraies pendant un certain temps pour être ensuite reconnues comme étant fausses. Cette base inductive est certainement empirique, mais elle se situe à un autre niveau que celui des prédictions observationnelles d'une théorie particulière. Toutefois, Laudan ne nous donne pas beaucoup de précisions sur le contenu et les prévisions empiriques des théories qui composent la base inductive de son argumentation. Il se contente de caractériser vaguement cette base inductive d'une manière sociologique en l'identifiant à l'ensemble des théories considérées comme vraies pendant un certain temps par la communauté des scientifiques, sans s'intéresser aux raisons qui étaient censées justifier une adhésion épistémique au moins partielle à ces théories. Après tout, il se pourrait que certaines croyances étaient bien justifiées et le restent aujourd'hui, bien que le vocabulaire utilisé pour les formuler ait été considérablement modifié. (Cette question

importante est discutée dans la section suivante). Mais il y eut certainement aussi des hypothèses qui n'étaient pas suffisamment étayées par les données disponibles. En particulier, ces hypothèses n'étaient pas connectées aux observations par des liens causaux bien attestés. Bref, les quatre conditions énoncées plus haut ont pu être satisfaites par certaines croyances théoriques mais pas par d'autres.

En outre, l'argumentation de Laudan est une argumentation de type naturaliste qui prétend posséder la même force qu'une argumentation scientifique. Dans ces conditions on serait en droit de s'attendre à ce que Laudan nous explique en quoi la confirmation de son hypothèse pessimiste est supérieure aux confirmations inductives de théories comme la mécanique quantique, la relativité restreinte et la théorie de l'évolution, alors que les confirmations inductives de ces théories s'appuient sur une base empirique extrêmement variée, large et précise. Comme le fait remarquer Michael Levin :

« Si l'on n'est pas prêt à faire confiance en l'inférence [à la vérité] d'une théorie scientifique actuelle sur la base des données empiriques, comment peut-on en arriver à se fier aux conclusions bien plus fragiles sur le futur de la science déduites de quelques études de cas dans la science du passé ? » (Levin 1979, p. 421)<sup>20</sup>

Une théorie authentiquement scientifique s'efforce de délimiter clairement le domaine des observations susceptibles de la confirmer ou de la falsifier. Or, on voit mal quelles observations historiques pourraient falsifier la thèse de Laudan. Pour s'en convaincre, il suffit de formuler sa thèse historique de la façon suivante :

*Pour toute théorie T acceptée aujourd'hui par la communauté des scientifiques, il est probable que l'on reconnaîtra dans le futur que ses termes explicatifs centraux sont dépourvus de référents.*

Laudan ne dit pas qu'une théorie qui aurait résisté pendant  $n$  siècles aux tentatives de la falsifier pourrait être considérée comme vraie et ainsi constituer une falsification de sa thèse. Supposons en effet qu'une théorie ait été considérée comme vraie pendant mille ans, voire davantage, une éventualité que l'on ne peut absolument pas exclure *a priori*. Cela signifierait-il que l'hypothèse de Laudan aurait été falsifiée ? Non, parce qu'il se pourrait très bien que cette situation constitue une exception et que la théorie en question soit malgré tout falsifiée ultérieurement.

La liste de Laudan mentionne des termes dont le seul point commun est d'apparaître dans la formulation de théories acceptées comme vraies par la communauté des scientifiques à une certaine époque. Or, cette acceptation est un fait de nature sociologique. En insistant sur ce point, Laudan tient pas compte du fait que les théories et les termes de sa liste ont des statuts épistémiques fort différents. J'ai insisté sur le rôle causal joué par une entité dans l'apparition de certains phénomènes. Seules les entités qui remplissent une fonction causale décisive par rapport aux succès prédictifs d'une théorie méritent qu'on leur attribue une existence. Si l'on passe en revue les théories de la liste de Laudan, on peut rapidement mettre en doute le rôle causal de certaines des entités mentionnées par rapport aux prédictions observationnelles. Les sphères cristallines de Ptolémée (au deuxième siècle de notre ère) par exemple étaient uniquement censées assurer la stabilité du cosmos et la permanence de son organisation dans le temps. Comme telles, elles n'exerçaient aucune fonction causale ou prédictive quant aux positions observées des planètes. Les propriétés géométriques et cinématiques des orbites planétaires permettaient de prévoir les mouvements et positions des planètes, tandis que la supposition que les planètes aient été fixées à ces sphères ne jouait aucun rôle dans l'explication causale de leurs mouvements. On répondra sans doute que la connexion causale entre la dureté et la permanence des formes est abondamment observée.

<sup>20</sup> Voir aussi Ghins (1992, p. 255 et 2005, p. 103)

Sans doute, mais la dureté est empiriquement associée à l'impénétrabilité, alors que les sphères cristallines devaient s'interpénétrer selon la cosmologie ptolémaïque. Ce qui montre que pour Ptolémée le sens de sa notion de dureté n'était pas le même que le sens habituel. Ajoutons qu'aucune méthode expérimentale n'était disponible pour attester l'existence de la propriété essentielle de ces sphères, à savoir leur solidité, et encore moins pour en mesurer la dureté, des propriétés qui sont en principe observables.

La stratégie généralement utilisée par les réalistes pour critiquer l'argumentation de Laudan consiste à stipuler des critères de plus en plus restrictifs auxquels doivent satisfaire des entités théoriques pour mériter qu'on leur accorde le statut d'exister. En définitive, les constatations historiques de Laudan découlent de la sous-détermination des théories par les données empiriques dont nous avons parlé plus haut. Plusieurs théories incompatibles entre elles peuvent être capables de prédire les mêmes observations. Il n'y a rien d'étonnant à ce qu'une théorie acceptée à une époque donnée ait été considérablement modifiée, voire rejetée, au fur et à mesure que le corpus des résultats expérimentaux augmentait. Cet accroissement des données observables a permis de déterminer avec précision les facteurs causaux qui étaient responsables de la production de certains phénomènes et de constater que certaines propriétés supposées d'entités inobservables étaient dépourvues de tout rôle causal.

Par conséquent, il n'est guère étonnant que les arguments mobilisés contre la méta-induction pessimiste soient de même nature que ceux utilisés pour faire pièce à l'objection de la sous-détermination. Le réaliste scientifique doit relever le défi qui consiste à formuler des conditions restrictives qui possèdent une force épistémique suffisamment grande pour légitimer la croyance en l'existence d'entités inobservables et ce indépendamment du fait que des scientifiques aient pu croire en leur existence à une certaine époque. Le fait qu'un scientifique croie en l'existence d'une entité n'implique pas qu'il ait de bonnes raisons d'y croire. Les arguments d'autorité sont de peu de poids... C'est pourquoi j'ai proposé quatre conditions qui, si elles sont satisfaites par une argumentation réaliste, donnent davantage de raisons de croire en l'existence de certaines entités et de la vérité d'affirmations à leur propos. Rappelons-les brièvement ici. L'entité théorique dont on défend l'existence doit posséder des propriétés semblables à celles des entités ordinaires observées. Il faut que ces propriétés puissent être mesurées à l'aide de méthodes indépendantes qui donnent des résultats concordants. Enfin, nous devons avoir de bonnes raisons de penser que nous avons forgé un « contact causal » avec ces entités et leurs propriétés. Ce sont là des critères particulièrement exigeants auxquels les entités mentionnées par Laudan, telles qu'elles ont été décrites par les théories anciennes, ne satisfont pas.

#### 6. La stabilité de la référence à travers les changements de théorie

Reste à examiner une question importante à laquelle tout réaliste se doit de répondre : est-il plus raisonnable de croire en une stabilité dans la *référence* de certains *termes* théoriques (que le vocabulaire change ou non) à travers les vicissitudes de l'évolution des sciences au cours de l'histoire ? Les atomes de Perrin sont-ils les mêmes que ceux dont parle la mécanique quantique ? Le mot « gène »<sup>21</sup> introduit par Wilhelm Johannsen se réfère-t-il déjà au gène théorisé par la biologie moléculaire contemporaine ? Le terme « air déphlogistiqué » utilisé par Priestley se réfère-t-il à ce que Lavoisier appelait – et que nous appelons toujours -

---

<sup>21</sup> Pour rappel, un terme mis entre guillemets est simplement mentionné : on peut s'interroger sur le nombre de syllabes qu'il contient, s'il fait partie du lexique de la langue française, s'il dénote un référent etc. Par contre lorsqu'on utilise habituellement un terme on suppose implicitement qu'il se réfère à quelque chose. Ceci correspond à la distinction classique de Russell entre *mention* et *use*.

« oxygène » ?<sup>22</sup> Lorsque Plücker utilisait l'expression « cause de rayons de lumière magnétique » se référerait-il à ce que J. J. Thomson dénommait par l'expression « particules négativement chargées » ? L'expression « éther luminifère » désignait-elle la même chose que « champ électromagnétique » ? A première vue, une réponse négative s'impose. Les atomes, les gènes, l'oxygène, les électrons, le champ électromagnétique de nos théories actuelles ne sont-ils pas dotés de propriétés très différentes, voire parfois même incompatibles avec celles attribués par des théories antérieures ?

Mais n'allons pas trop vite. Avant de nous prononcer sur cette question – qui est bien de nature philosophique - nous pouvons tirer profit de distinctions centrales en philosophie du langage. Une première distinction, évidente, mais qu'il est indispensable de ne jamais perdre de vue est celle entre les *termes* du langage – les *mots* – et les *entités* qu'ils désignent ou visent à désigner – les *choses*. Une expression ou un terme peut disparaître et être remplacé par d'autres qui se réfèrent à la même chose. Il en va ainsi, d'après Stathis Psillos, de l'expression « éther luminifère » qui se référerait selon lui à la même entité que ce que nous appelons aujourd'hui le « champ électromagnétique » (Psillos 1999, p. 296).

Une autre distinction importante, qui remonte à Gottlob Frege en 1892, est celle de la différence entre le *sens* (*Sinn*) et la *référence* (*Bedeutung*). Les expressions « étoile du matin » et « étoile du soir » ont des sens ou des significations différentes, mais désignent la même entité, à savoir la planète Vénus. Ces deux expressions sont des manières différentes de décrire la même planète, ou encore, d'après Frege, de s'y référer, en désignant des propriétés différentes du référent. Je me contenterai ici de souscrire à la distinction frégréenne entre le sens et la référence sans chercher à la justifier ou à la défendre contre les objections qui lui ont été adressées, entre autres par Bertrand Russell.

Les termes d' « atome », de « gène » etc. ont vu leur *sens* ou leur *signification* varier au fur et à mesure que de nouvelles découvertes scientifiques s'accumulaient. En effet, les *descriptions* des entités auxquels ces termes sont censés se référer se sont enrichies de mots se référant à des propriétés nouvelles, et donc la *manière* de se référer aux entités qu'elles désignent (pour autant qu'elles désignent la même entité) a changé, tout comme « étoile du matin » et « étoile du soir » ne désignent pas de la même manière la planète Vénus. Ainsi le « gène » décrit initialement comme « la cause de la transmission de caractéristiques héréditaires » est-il à présent également décrit comme « un segment de molécule d'ADN (acide désoxyribonucléique) ». Ces changements de signification des mêmes termes ou expressions, ont amené certains philosophes comme Paul Feyerabend (1958) et Thomas Kuhn (1970) à considérer que des théories en compétition étaient « incommensurables », c'est-à-dire, littéralement, « sans commune mesure ». Mais la condition essentielle pour comparer des théories n'est-elle pas que l'on puisse s'assurer que certaines choses dont elles parlent sont les mêmes, bien que ces théories puissent leur attribuer des propriétés différentes ? Une condition indispensable pour que les mérites respectifs de théories en compétition puissent être mesurés et évalués, n'est-elle pas que les termes qui leur sont communs aient la même dénotation ? Dans l'éventualité où des termes différents sont utilisés, il faut au moins que leur dénotation soit fixée sans ambiguïté et que l'on puisse décider s'ils désignent la même chose ou des choses différentes. Sans cela, les scientifiques qui soupèsent les mérites respectifs de théories en compétition débattent à propos de choses différentes et s'engagent dans des dialogues de sourds comme le fait remarquer Thomas Kuhn (1970, p. 109 \*\*)<sup>23</sup>.

<sup>22</sup> Le phlogiston, conçu comme la substance qui s'échappe des corps lorsqu'ils brûlent, n'existe pas. Mais Philip Kitcher (1993, p. 100) entre autres soutient que l'expression « air déphlogistiqué » se réfère à l'oxygène.

<sup>23</sup> Comme Kuhn l'a précisé il est malgré tout possible d'évaluer les mérites d'une théorie à partir de la quantité des problèmes qu'elle résout et de la précision avec laquelle ils le sont (Kuhn \*\*). Toujours est-il qu'il n'y a pas pour Kuhn de bonne raison de croire que certaines affirmations à propos des gènes, électrons etc. sont au moins approximativement vraies, puisqu'il n'y a pas de stabilité de dans la référence des termes théoriques.

Si l'on discute à propos des propriétés qu'il convient, ou non, d'attribuer à l'électron, il faut que ce dont on parle ait été préalablement identifié par tous sans ambiguïté. Si l'on considère que les termes qui sont supposés se référer à des entités inobservables dans les théories passées sont dépourvus de référent selon le point de vue des théories présentes, le progrès scientifique consiste uniquement en une accumulation au niveau des données empiriques. On ne peut plus alors maintenir qu'il y ait progrès au niveau de la connaissance de nouvelles propriétés possédées par des entités inaccessibles à l'observation directe. C'est bien une telle notion de progrès limité au seul niveau des observations qui est prônée par les philosophes empiristes antiréalistes, comme Bas van Fraassen.

Afin de pouvoir soutenir que la science progresse également dans la connaissance d'entités inobservables directement, le réaliste scientifique ne peut s'exempter de proposer une conception philosophique de la référence qui tienne la route, pour ainsi dire. Il pourra alors s'appuyer sur cette conception pour défendre que nous avons aujourd'hui de bonnes raisons de penser que certaines entités inobservables existent, tout en reconnaissant que nous puissions nous tromper en ce qui concerne leurs propriétés.

Toutes les conceptions philosophiques de la référence prennent pour point de départ l'exemple des noms propres. Un nom propre comme « Albert II » ou « Neptune » désigne sans ambiguïté une personne ou une entité particulière. Traditionnellement, on distingue deux grands types de conceptions philosophiques de la référence : les *conceptions descriptivistes* et les *conceptions causales*. Selon les premières, introduites par Gottlob Frege (1892) et Bertrand Russell (1911), le référent est fixé par la *description* de l'entité dénotée, c'est-à-dire par la mention de certaines des propriétés qu'il possède. Une telle description est censée identifier un référent unique. Un nom propre, comme « Albert II », est considéré comme un exemple privilégié de mot qui dénote une entité, ici une personne individuelle unique, décrite comme étant « le sixième roi des Belges ». Si aucune entité ne possède les propriétés visées dans la description du nom, c'est-à-dire ne satisfait à la description, celui-ci est dépourvu de référent : ce nom ne dénomme rien du tout. C'est le cas pour les noms « Pégase » ou « Ulysse », à moins de préciser que l'on se réfère à une entité simplement imaginée dans certains récits. Mais des cas de ce genre n'ont pas vraiment de pertinence pour la problématique du réalisme scientifique. Evidemment, il faut s'assurer que les termes qui figurent dans une description possèdent eux aussi des référents. Cependant, et contrairement à ce que pensent la plupart des descriptivistes, il semble évident que nous devons finalement nous appuyer sur des actes d'ostension, par lesquels sont montrées les propriétés désignées par certains prédicats, et ces propriétés sont d'abord des propriétés perçues d'entités qui les exemplifient. Sans cela, nous devons à chaque fois donner une description des prédicats utilisés dans une description précédente pour s'assurer qu'ils possèdent un référent et nous sommes entraînés soit dans une régression sans fin soit dans un cercle qui nous fait lui aussi indéfiniment tourner en rond.

Par ostension, des noms propres peuvent effectivement désigner un référent sans qu'il soit nécessaire d'en fournir une description ou même lorsque la description proposée est fautive. Lorsque l'on donne à un enfant le nom de « Jean », il n'est point besoin de décrire l'enfant si celui-ci est présent et simplement montré. C'est pourquoi Saul Kripke (1980) a défendu une *conception causale* de la référence, déjà anticipée par Ruth Barcan Marcus. Selon cette théorie causale, le référent est fixé par un « acte de baptême » (*act of baptism*) par lequel un locuteur décide intentionnellement de désigner une entité par un certain nom propre. C'est l'acte de nomination qui établit ce que le nom désigne ou vise à désigner. Ensuite, le même nom est utilisé par d'autres locuteurs qui ont la même *intention* de dénoter le même référent, c'est-à-dire d'utiliser le nom *de la même manière* que ceux dont ils l'ont appris. Ainsi, si je décide d'appeler mon tamarin apprivoisé « Napoléon », ce mot - lorsque c'est moi qui l'utilise - désigne mon tamarin, et non le général français (même si j'ai appris ce nom en lisant un livre d'histoire) (Kripke 1980, p. 96 ; 1982, p. 85). Et ce même mot peut être utilisé par d'autres personnes lorsqu'elles ont l'intention de se référer à mon tamarin. Selon Kripke, des chaînes

causales relie de proche en proche l'acte de baptême initial aux actes intentionnels de dénotation des autres locuteurs. Pour cette raison, la théorie de Kripke devrait être appelée « causale intentionnelle »<sup>24</sup>.

La référence peut être fixée par ostension, c'est-à-dire en montrant une entité perçue. Mais selon Kripke la référence peut aussi être fixée par une description. Il prend l'exemple de l'acte de baptême de la planète qui est la cause supposée des perturbations de l'orbite de la planète Uranus (Kripke 1980, p. 79, note 33 et p. 96, note 42 ; 1982, p. 67 et p. 85). Cette planète a été dénommée « Neptune » par Leverrier avant d'avoir été effectivement observée. Ici, Neptune est la cause hypothétique de perturbations de trajectoires planétaires. Toutefois, il est capital de ne pas confondre les chaînes causales qui relient l'acte baptismal aux autres utilisations d'un même terme par d'autres locuteurs, d'une part, et les relations causales par lesquelles certaines entités comme les planètes causent l'apparition de certains phénomènes. Bien entendu, Kripke ne soutient pas qu'une entité donnée soit la cause du nom particulier qui lui est donné, même si l'on peut soutenir que des processus causaux soient impliqués dans des actes de baptême. En effet, dans le cas où le référent est identifié par ostension, c'est bien une relation causale de perception entre une entité et le locuteur qui fixe le référent indépendamment d'une description ou d'un nom particulier qui lui serait attribué<sup>25</sup>. Mais il se peut qu'une entité ne reçoive jamais de nom. Et il est évident qu'une entité ne détermine pas le terme par lequel elle en viendrait à être dénommée. Il n'y a pas de lien nécessaire, de cause à effet, entre l'entité et ses propriétés et un nom particulier qui la désigne. Puisque les choses peuvent être dénommées par des mots arbitraires, comment se pourrait-il que la chose détermine causalement le nom par lequel elle est désignée ?

Je me rallierai ici à la conception descriptiviste de la référence, en admettant toutefois que des actes d'ostension soient nécessaires pour certains prédicats pour fixer les propriétés auxquelles ils se réfèrent. Je ne rentrerai pas dans l'examen des difficultés rencontrées aussi bien par la conception causale que par la conception descriptiviste<sup>26</sup>. Même pour Kripke (qui prône la conception causale), la référence d'un nom propre, comme « Neptune », est fixée par la description de son référent. Il est vrai que le mot « cause » intervient dans la description du référent. Mais c'est justement parce que le mot « cause » *fait partie de la description* que l'on peut considérer cette manière d'identifier le référent comme répondant à la conception descriptiviste. La description fournie est assez précise puisqu'elle ne se contente pas de dire que Neptune est « quoi que ce soit » qui est la cause des perturbations, ce qui serait une caractérisation purement *externe* du référent. La description fournie mentionne aussi une propriété *interne* du référent supposé, à savoir qu'il s'agit d'une planète. Selon la description proposée, s'il s'était avéré que la cause des perturbations n'était pas une planète, mais autre chose, le mot « Neptune » aurait été dépourvu de dénotation<sup>27</sup>.

Cependant, je ne souscrirai pas à la version restrictive de la conception descriptiviste exposée ci-dessus mais bien à une version *élargie* prônée par David Lewis et Robert Nola. Voyons ceci à partir d'un autre exemple de Kripke (1980, p. 79) repris par David Lewis (1999, p. 59), celui de Jack l'éventreur (JR) (*Jack the ripper*). Ce dernier est décrit comme étant l'assassin de cinq femmes et peut-être aussi de quelques autres. Supposons que nous ajoutions certaines victimes à la description de JR et que certaines d'entre elles n'aient pas été assassinées par JR. *Stricto sensu*, aucune entité réelle ne correspond à cette description. En toute rigueur nous devrions conclure que le nom propre « JR » est dépourvu de dénotation. Mais Lewis considère qu'une entité peut être un réalisateur imparfait (*imperfect satisfier*) ou

<sup>24</sup> Je dois ces précisions à Diego Marconi.

<sup>25</sup> Voir Sankey (1994, p. 52)

<sup>26</sup> Pour une discussion de certaines de ces difficultés, voir Reimer, M. & Michaelson, E. (2014).

<sup>27</sup> Pour Kripke, le référent peut être identifié même si sa description est erronée. Je ne partage pas cette position. Cependant, une entité peut satisfaire partiellement une description et en être ce que Lewis appelle le « meilleur réalisateur imparfait ». (Voir ci-dessous).

même le meilleur réalisateur imparfait (*best imperfect satisfier*) parmi un ensemble de candidats susceptibles de satisfaire la description. Si l'on relâche de la sorte les conditions dans lesquelles un terme peut posséder un référent, on donne un sens à la constatation, somme toute assez élémentaire, qu'il est possible d'apprendre du neuf sur des entités précédemment identifiées et corriger certaines erreurs quant aux propriétés qui lui ont été attribuées selon la description initiale.

Plutôt qu'à la référence des noms propres, le réaliste scientifique s'intéresse à la référence des termes que l'on appelle des « espèces naturelles » ou des « genres naturels » (*natural kinds*) qui se réfèrent à des entités comme les atomes<sup>28</sup>, les électrons, les gènes, les virus etc. et qui de plus sont inobservables. Ces genres naturels, sur lesquels nous reviendrons (\*\*), sont des entités qui portent des propriétés réelles et qui forment des classes naturelles d'individus particuliers. Par exemple, le porteur des propriétés d'avoir une masse égale à  $9,1 \times 10^{-31}$  kg et une charge négative à  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Coulomb s'appelle un « électron ». L'ensemble des électrons forment un genre naturel. Hilary Putnam a élargi la conception causale de la référence aux genres naturels, tandis que David Lewis l'a fait pour la conception descriptiviste. Comme on l'a vu, pour les partisans de la conception descriptiviste de la référence, le référent d'un mot doit posséder les propriétés visées dans la description, ou du moins une grande partie de ces propriétés si le référent est le meilleur réalisateur imparfait. Une entité particulière appartient à un genre naturel - ou l'instancie - si elle possède les propriétés mentionnées dans la description. Commençons par voir ce qui se passe dans le cas de descriptions de genres naturels observés, comme l'eau ou l'or. L'eau est décrite comme le liquide inodore, incolore et insipide qui apaise la soif. Le référent du mot « eau » est ainsi fixé par une description qui mentionne des propriétés observables. Si l'on ajoute des propriétés à la description, comme la propriété d'être salée, il est clair que l'eau de mer satisfera à la description tandis que l'eau de la plupart des rivières n'y satisfera pas. Ainsi, on pourra considérer qu'il existe deux sortes d'eau auxquelles se réfèrent dans le langage courant des expressions comme « eau de mer » et « eau douce ».

Kripke (1980, 134-140; 1982, 104-114) prend l'exemple de l'or qui est décrit comme étant un métal brillant et jaune. Or, il se fait que certains explorateurs ont pris autre chose pour de l'or, justement parce que cette autre chose (appelée plus tard « pyrite de fer ») possède les propriétés d'être jaune et brillante<sup>29</sup>. Toutefois, on a assez vite réalisé que la pyrite de fer n'était pas de l'or, et ce bien avant que l'on puisse en analyser la composition chimique et atomique, à partir de propriétés observables de l'or qui diffèrent de celles de la pyrite de fer. L'or est malléable et inodore, tandis que la pyrite est fragile et dégage une odeur désagréable. Ainsi, on a d'abord appelé la pyrite de fer « faux or » pour la distinguer de l'or authentique. Si, avec Kripke, on dit que les explorateurs n'ont pas vu de l'or, c'est parce qu'on a ajouté à la description initiale de l'or au moins une propriété qui n'est pas satisfaite par le faux or.

Bien entendu, le réaliste scientifique s'intéresse davantage aux genres naturels qui ne sont pas observables et dont le référent ne peut pas être fixé par ostension. Il doit donc l'être par description. Prenons, à la suite de Robert Nola (2008, p. 171), l'exemple de l'hydrogène, décrit comme l'élément dont le noyau ne contient qu'un seul proton. Or, il existe plusieurs isotopes de l'hydrogène dont les noyaux contiennent un ou plusieurs neutrons. Le terme « hydrogène » se réfère à un genre qui contient plusieurs espèces que l'on décide, par commodité, d'associer à des termes distincts. Le noyau du protium ne contient aucun neutron, le deutérium en contient un seul et le tritium deux. On a affaire ici à un cas de ce que Nola

<sup>28</sup> Plus précisément, la propriété d'être un atome (ou d'être un électron etc.) regroupe un ensemble de propriétés. Les genres naturels correspondent à des prédicats utilisés dans les théories scientifiques, qu'elles relèvent des sciences de la nature ou des sciences sociales. Il vaudrait mieux parler de genres scientifiques. Mais, je suis ici la terminologie couramment utilisée.

<sup>29</sup> Quand en 1568 Alvaro de Mendaña découvre un archipel qu'il baptise « îles Salomon », il le fait en pensant aux fabuleuses mines d'or du roi Salomon.

appelle un « raffinement dénotationnel ». Ce qui le conduit à relâcher encore davantage les conditions d'une référence réussie en acceptant qu'une description ne fixe pas un référent *unique* qui satisferait à cette description, mais en admettant une certaine ambiguïté dans la référence.

Si l'on adopte ce point de vue, on admettra, au contraire de ce que dit Kripke, que les premiers explorateurs des îles Salomon ont bien vu de l'or, selon la description initiale. Mais que la découverte de nouvelles propriétés les a amenés à faire une distinction entre deux types d'or, l'or véritable et le faux or, et donc à opérer un raffinement référentiel, et ce grâce à de nouvelles descriptions. Selon la nouvelle description, les explorateurs n'ont pas vu de l'or (vrai), mais autre chose, et le mot « or » qu'ils utilisaient se référait à autre chose, le faux or ou la pyrite de fer. Plus tard, l'or a été identifié à l'élément Au (79 protons) et la pyrite de fer au composé chimique FeS<sub>2</sub> (disulfure de fer).

En ce qui concerne l'eau, Hilary Putnam a imaginé dans un article célèbre de 1973 une terre jumelle (*Twin Earth*) contenant un liquide qui possède *toutes* les propriétés observables (« superficielles » pour Putnam) de notre eau mais qui aurait une composition chimique différente de H<sub>2</sub>O, soit XYZ, bien qu'une telle éventualité soit incompatible avec nos lois et connaissances scientifiques actuelles. Nous serions alors confrontés à deux espèces d'eau et à une situation de raffinement dénotationnel. Au contraire de Putnam, je ne dirais pas que le mot « eau » ne se réfère pas à l'eau de la terre jumelle, selon la description initiale, mais que l'on peut introduire une nouvelle distinction terminologique qui tienne compte des deux espèces d'eau, même si bien entendu notre eau n'existe pas sur la terre jumelle. Et ce d'autant plus que toutes les propriétés auxquelles nous avons épistémiquement accès sont des propriétés observables en principe<sup>30</sup>. Evidemment, si nous incluons dans la description de l'eau qu'elle est composée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène, comme nous le faisons aujourd'hui, le mot « eau » ne se réfère pas au liquide imaginé de la terre jumelle. Certainement, selon la conception descriptiviste, le succès de la référence repose sur la satisfaction par le référent des propriétés mentionnées dans la description. Par conséquent, le succès de la *référence* d'un terme dépend de faits *externes* aux intentions et aux états psychologiques des personnes qui l'utilisent (et sur ce point je suis en accord avec Putnam).

Dans notre culture actuelle, nous avons tendance à accorder davantage de poids aux propriétés qui sont mentionnées par les théories scientifiques, que ces propriétés soient directement observables ou non, aux dépens des propriétés communément attribuées aux entités données dans la perception. Cependant, du point de vue d'une théorie générale de la référence, il n'y a pas de raison d'attribuer une primauté aux propriétés scientifiques, *a fortiori* microphysiques. Le faire serait succomber à un préjugé de type scientifique selon lequel la science a toujours le dernier mot (c'est le cas de le dire...) lorsqu'il s'agit d'identifier ce dont on parle. Je pense à l'opposé que les propriétés observables ont la priorité, non seulement d'un point de vue épistémologique (j'ai déjà suffisamment insisté sur ce point), mais également lorsqu'il s'agit de fixer la référence de termes qui figurent dans nos théories scientifiques et qui désignent des entités qui échappent à l'observation directe.

Lorsque les propriétés visées sont données dans la perception, des actes d'ostension dans de bonnes conditions suffisent en général à fixer la référence de prédicats sans ambiguïté. Et il est raisonnable de supposer qu'il existe des chaînes causales qui relient ces actes baptismaux à l'utilisation des mêmes prédicats par d'autres locuteurs pour désigner les mêmes propriétés, comme le prétendent les partisans de la théorie causale. (Même si ceci est rarement éclairant en pratique pour fixer la référence d'un mot dans un usage particulier car ces chaînes causales ne sont le plus souvent ni détaillées ni empiriquement accessibles.) Lorsqu'il s'agit d'identifier des genres naturels qui ne sont *pas* donnés dans la perception, nous ne pouvons pas recourir à l'ostension, mais nous devons faire appel à une description. Je soutiens

<sup>30</sup> Voir la première section de chapitre.

qu'une telle description doit contenir des termes prédicatifs qui désignent des propriétés (OP) observables en principe (ou des termes qui ont été précédemment définis par des prédicats qui désignent de telles propriétés.)

### 7. La continuité ontologique de la référence à travers l'histoire des sciences : l'exemple de l'électron.

Armé des distinctions que nous venons de proposer, nous pouvons à présent regarder l'exemple discuté par Robert Nola dans son article de 2008 : "The Optimistic Meta-Induction and Ontological Continuity: the Case of the Electron". En se basant sur la conception « descriptiviste causale » de la référence des termes prédicatifs proposée par David Lewis<sup>31</sup>, Nola prétend que ce que Plücker a décrit en 1858 comme « la cause des rayons de lumière magnétique » est la même chose que ce que nous appelons aujourd'hui « flux d'électrons ». En effet, l'expression « cause de rayon de lumière magnétique » se réfère à la *cause* de certains phénomènes observés et décrits de façon détaillée. Prenons un tube en verre rempli d'un gaz extrêmement raréfié. A l'intérieur de ce tube on crée une différence de potentiel électrique entre un pôle positif (l'anode) et un pôle négatif (la cathode). Dans certaines conditions précises, on observe une luminescence des parois du tube et un rayon lumineux qui a pour origine la cathode lorsque celle-ci est pratiquement réduite à un point. Ce que Plücker a appelé « la cause de rayons de lumière magnétique » est identifié par la description suivante : « l'entité qui est la *cause* des phénomènes de luminescence et des rayons lumineux dans des conditions d'observation et d'expérimentation précises ». La raison pour laquelle Plücker recourt au terme « magnétique » dans sa description est qu'il a observé que les rayons étaient déviés par un champ magnétique<sup>32</sup>. Cette description peut être développée et détaillée en ne mentionnant que des prédicats observationnels<sup>33</sup>. Bien évidemment, une telle description ne dit rien sur la nature *intrinsèque* de cette cause. Comme le dit Robert Nola :

« (...) les recherches de Plücker ont fourni suffisamment d'informations pour donner des conditions d'identification d'une entité d'un certain type (*kind*) qui cause ce que Plücker a observé, et ce bien qu'aucune propriété intrinsèque de cette entité ne soit connue. Seules ses propriétés extrinsèques dans un environnement expérimental spécifique le sont. » (Nola 2008, pp. 174-175)

Nous savons aujourd'hui que la cathode émet des électrons, c'est-à-dire des particules ayant des valeurs spécifiques de charge (négative) et de masse. Ces électrons ionisent les molécules du gaz qui captent aussitôt un nouvel électron en émettant de la lumière. Si l'on reconnaît à J. J. Thomson le mérite d'avoir *découvert* l'électron en 1897, c'est justement parce qu'il a caractérisé la cause des effets observés en la décrivant à l'aide de ses propriétés *intrinsèques*. Mais *ces propriétés intrinsèques sont celles possédées par ce que Plücker avait auparavant décrit et identifié comme étant la cause des effets observés dans les mêmes conditions expérimentales (ou en tout cas, dans des conditions expérimentales très proches)*. Cette cause postulée par Plücker n'était pas un X indéterminé<sup>34</sup>. Pourquoi ? Pour la bonne

<sup>31</sup> Lewis parle de conception « descriptiviste causale » pour indiquer que le mot « cause » intervient dans la description.

<sup>32</sup> L'expression « cause de rayons de lumière » continue d'être utilisée, mais le qualificatif « magnétique » a été abandonné. En 1858 Plücker ne savait pas que la lumière était une onde électromagnétique. Ce n'est que quelques années plus tard que Maxwell a montré que la nature de la lumière était une conséquence de ses fameuses équations. Il a fallu attendre 1887 pour que Hertz prouve l'existence des ondes électromagnétiques.

<sup>33</sup> Je suppose que le terme de « cause » est un terme observationnel, bien que la cause ne soit pas ici observable. En effet, des liens causaux peuvent être empiriquement établis par des méthodes d'accord, de différence, de variation concomitante etc. à la Mill, comme nous l'avons vu.

<sup>34</sup> Cette cause, ce référent identifié par Plücker, échappe ainsi au reproche adressé par Stathis Psillos aux conceptions purement causales de la référence (Psillos 1999, p. 286).

raison que Plücker a décrit en détail les conditions dans lesquelles les phénomènes étaient observés et que ces phénomènes ont pu être reproduits par de nombreux expérimentateurs. Dire en effet qu'une entité est la cause de certains phénomènes précis revient à donner une description de cette entité. Si une entité possède les propriétés indiquées, alors l'expression « cause de rayons de lumière magnétique » possède bien un référent qui n'est autre que la cause des phénomènes observés.

L'expression « cause de rayons de lumière magnétique » utilisée par Plücker a une signification, et pas seulement un référent. Cette signification indique que l'effet possède des propriétés observées. Ceci ne porte pas préjudice à la compréhension mutuelle des scientifiques. Au contraire, les termes de « rayon », « lumière » et « magnétique » étaient bien compris par tous les protagonistes des débats scientifiques sur le sujet, et c'est justement pour cette raison que l'on a pu déterminer, par de nouvelles expériences, les propriétés internes de la cause des phénomènes lumineux. Et c'est justement parce qu'ils parlent de la même chose – la cause de certains phénomènes – que les scientifiques peuvent débattre sur les propriétés intrinsèques qu'il convient ou non de lui attribuer.

Diverses expressions ont été successivement utilisées pour désigner et identifier la cause de la lumière observée dans les tubes cathodiques. Hittorf parle de « rayons de luminescence » (*Glimmstrahlen*) pour se référer à la cause des effets lumineux observés sur les parois du tube. Goldstein a introduit l'expression « rayons cathodiques » car on peut constater que les rayons ont leur source à la cathode en plaçant un écran devant celle-ci. Crookes emploie les expressions « torrent moléculaire », « matière chargée », « matière rayonnante » (Nola 2008, p. 185). J.J. Thomson parle de « particules négativement chargées ». Le terme « électron » qui s'est finalement imposé a été introduit par George Stoney en 1870 pour désigner la plus petite unité de charge électrique (Nola 2008, p. 194). Le terme « électron » a survécu, entre autres parce qu'il connote que la cause est électriquement chargée, comme l'a démontré J.J. Thomson. Si l'on accorde habituellement à celui-ci le mérite d'avoir « découvert » l'électron, c'est parce qu'il a décrit les entités qui causent les effets lumineux observés à l'aide de propriétés *intrinsèques* dont il a démontré l'existence : ce sont des corpuscules chargés négativement. En outre, il a pu déterminer expérimentalement que le rapport entre la charge et la masse de ces corpuscules était extrêmement petit, et donc qu'il ne pouvait s'agir d'atomes ou de molécules. Comme je l'ai montré, la charge, au même titre que la masse, peut être considérée comme une propriété OP proche de l'expérience, car on peut observer immédiatement des phénomènes de répulsion et d'attraction entre des corps, qui ne sont manifestement pas dus à la gravitation ni au magnétisme. Quoiqu'il en soit, l'utilisation du terme « charge » était parfaitement compris de tous les scientifiques qui s'intéressaient à la cause des phénomènes lumineux dans les tubes cathodiques.

Pour défendre la stabilité de la référence à travers les changements théoriques, il est recommandé de décrire un référent inobservable en se limitant à la seule mention de ses propriétés extrinsèques, c'est-à-dire des propriétés observables des effets de ce référent dans des conditions expérimentales définies. Nous devons par conséquent nous abstenir de mentionner des propriétés intrinsèques susceptibles de jouer un rôle causal et explicatif des phénomènes observés. C'est ce que préconise Robert Nola. A l'opposé, pour Stathis Psillos, la fixation de la référence nécessite la mention de certaines propriétés intrinsèques. Ces propriétés jouent un rôle explicatif, au sens où elles permettent d'explicitier le mécanisme causal à l'œuvre dans la production de certains phénomènes. Si l'on ne mentionne aucune propriété intrinsèque du référent, on ne sait pas vraiment de quoi on parle, selon Psillos. Il me paraît au contraire qu'une description qui se contente de déterminer la cause de certains phénomènes suffit à fixer un référent et fournit par là une assise plus solide à la continuité référentielle qui est nécessaire à toute position réaliste capable de résister aux objections de Laudan et de Kuhn.. En effet, si l'identification du référent est subordonnée à une description, même limitée, de certains mécanismes théoriques, il en découle immédiatement que le succès de la référence dépend d'un certain contexte théorique, comme l'admet logiquement Stathis Psillos :

« Puisqu'il n'y a pas moyen d'identifier l'origine causale [des phénomènes] de manière indépendante de toute théorie, ce sont les descriptions d'explications causales des propriétés constitutives des genres naturels qui portent le poids de la référence. » (1999, p. 289)

Mais alors les partisans de la méta-induction pessimiste sont en droit d'objecter à Psillos que la stabilité de la référence à travers les changements de théorie n'est plus garantie puisque, si le lien causal n'est pas avéré, la capacité explicative seule d'un référent n'offre pas de garantie suffisante en faveur de la croyance en son existence. C'est pourquoi, je suis favorable à une position minimaliste et prudente qui recommande de ne pas recourir à des descriptions qui mentionnent des propriétés intrinsèques supposées d'entités théoriques. Ceci n'interdit pas que nous puissions avoir de bonnes raisons de croire qu'une entité possède des propriétés intrinsèques en s'appuyant sur une argumentation qui satisfait aux quatre conditions énoncées plus haut, notamment l'existence d'un lien causal attestée empiriquement. Cependant, et c'est cela qui est important, une description peut parfaitement réussir à déterminer ce qu'elle désigne en ne mentionnant que certaines de ses propriétés extrinsèques.

Selon cette conception minimaliste, il est possible de maintenir que la cause des phénomènes précis de combustion observés par Priestley et Lavoisier, est ce qu'on entend aujourd'hui par oxygène et que ce dernier est le référent de ce que Priestley désignait par l'expression « air déphlogistiqué » (Kitcher 1993, pp. 97-100, Boantz 2007, p. 512); que les atomes qui sont la cause des phénomènes observés par Perrin, sont aussi ceux qui sont composés de protons, neutrons et électrons et peuvent également être intriqués<sup>35</sup> (*entangled*) dans certaines expériences ; que les gènes qui sont la cause de l'apparition (ou la disparition) de certaines caractéristiques phénotypiques des parents dans leur descendance sont aussi ceux qui sont composés de molécules d'ADN ; que l'« éther lumineux » désigne la cause de phénomènes visuels, soit ce que nous appelons aujourd'hui un « champ électromagnétique » etc.

Cependant, la continuité référentielle ne saurait à elle-seule satisfaire le réaliste scientifique. Celui-ci ne peut se contenter d'une continuité référentielle en ce qui concerne des entités dont on ne dirait rien de plus qu'elles sont la « cause de certains phénomènes ». En effet, en science, on cherche à connaître les causes des phénomènes. Pour cela, il est indispensable de postuler l'existence de propriétés *intrinsèques* possédées par ces causes, sans lesquelles elles seraient incapables d'assumer la fonction causale qui leur est dévolue. C'est pourquoi, j'ai proposé les quatre réquisits que doit satisfaire une argumentation qui nous donne davantage de raisons de croire en l'existence de propriétés d'entités inobservables, et par conséquent, de raisonnablement supposer que ces entités continueront de jouer un rôle explicatif dans les théories scientifiques futures. Ces propriétés intrinsèques ne déterminent pas « ce dont on parle », à savoir le référent, mais sont susceptibles de jouer un rôle dans le cadre d'une explication causale de certains phénomènes.

Ainsi, pour l'atome, ce sont les propriétés de masse et de dimension, comme on l'a vu en étudiant les expériences et les raisonnements de Perrin. Pour l'électron, ces propriétés spécifiques sont la charge et la masse<sup>36</sup>. Pour ce qui est de l'éther, Psillos défend de façon plausible que certaines propriétés causales attribuées à l'éther, mais pas toutes, sont possédées par les ondes électromagnétiques (Psillos 1999, 296). Il reste que l'éther lumineux (le milieu de propagation des ondes lumineuses) tel qu'il a été décrit par les physiciens du 19<sup>ème</sup>

<sup>35</sup> Les expériences d'Aspect de 1980 et 1982 ont mis en évidence des corrélations à distance entre des propriétés mesurées sur des photons. D'autres expériences ont également montré des corrélations à distance entre des électrons intriqués.

<sup>36</sup> La masse de l'électron est égale à  $9,1 \times 10^{-31}$  kg et sa charge négative à  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Coulomb. Ces propriétés numériques ne sont possédées par aucune autre particule.

siècle n'existe pas<sup>37</sup>. Il en va de même pour le phlogiston, les sphères cristallines, les humeurs et les autres entités mentionnées dans la liste de Laudan. Ce dernier a certainement raison de dire que ces entités, telles qu'elles ont été décrites dans le cadre de ces théories, n'existent pas.

Malgré cela, les changements de *signification* d'un même terme n'impliquent pas nécessairement que les partisans de théories différentes à propos des propriétés *intrinsèques* ne se comprennent pas et tombent sous le coup de l'incommensurabilité sémantique signalée plus haut. Il faut - et je l'ai abondamment souligné - que les propriétés attribuées aux entités inobservées soient suffisamment proches de l'expérience, comme le sont, à mon avis, la charge et la masse. Dans ces conditions, les scientifiques peuvent parfaitement se comprendre et dialoguer entre eux, même s'ils sont en désaccord sur les propriétés internes qu'il conviendrait d'attribuer à ces entités. C'est bien ce que l'on peut constater en regardant l'histoire des débats sur la nature des atomes, des électrons, des gènes etc.

### 8. Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai tenté de défendre une version modérée de réalisme scientifique dans le cadre de l'approche synthétique des théories. Ce réalisme concerne aussi bien des entités observables que certaines entités inobservables directement, à condition que ces dernières possèdent des propriétés observables en principe. J'ai montré que le recours au pouvoir explicatif ne permet pas de lever la sous-détermination des théories par les données ni de répondre aux objections antiréalistes inspirées par la thèse de Duhem-Quine. En effet, on voit mal ce qui pourrait contraindre la réalité du monde à se plier à nos exigences épistémiques par rapport à ce que doit être une explication scientifique satisfaisante. C'est pourquoi notre croyance en l'existence d'entités inobservables ne peut pas trouver sa justification dans le pouvoir explicatif d'une théorie. Il faut faire appel à d'autres arguments. J'espère avoir réussi à prouver au chapitre précédent que le célèbre argument du miracle n'est pas concluant.

Pour soutenir l'existence d'entités inobservables nous devons mobiliser des arguments analogues à ceux utilisés dans le cadre de l'expérience ordinaire, en déployant une démarche ascendante qui prend comme point de départ les propriétés directement observées des choses ordinaires. De la même manière que nous nous assurons de l'existence de choses observables par des observations répétées et variées, nous nous convainquons de l'existence d'entités inobservables par différentes méthodes de mesure qui doivent être indépendantes et générer des résultats concordants. En outre, il faut que ces entités inobservables possèdent des propriétés suffisamment proches de l'expérience, ce qui en rend possible l'observation éventuelle au moyen d'instruments de mesure plus puissants qui augmentent nos capacités perceptives. En même temps, la connaissance de relations causales empiriquement avérées entre les entités qui possèdent ces propriétés et les observations permet d'attester que nous avons réussi à forger un lien causal avec elles.

J'ai illustré la mise en œuvre de ces quatre réquisits en montrant qu'ils sont satisfaits par l'argumentation célèbre de Jean Perrin en faveur de l'existence des atomes. Enfin, j'ai essayé de répondre à l'objection de la méta-induction pessimiste de Laudan en défendant une position basée sur la conception descriptiviste causale de la référence de David Lewis reprise par Robert Nola. Cette conception descriptiviste causale permet de défendre la stabilité de la référence à certaines entités inobservables à travers les changements de théorie. Le recours à des propriétés observables dans le cadre d'une conception descriptiviste causale de la référence permet également de faire pièce à l'objection de l'incommensurabilité des significations, la fameuse incommensurabilité sémantique alléguée par, entre autres, Kuhn et Feyerabend.

---

<sup>37</sup> Sur ce point, je suis d'accord avec Diego Marconi (2009, p. 134)

La version du réalisme scientifique que je propose est modérée parce qu'elle est sélective et parcimonieuse. En outre, le réaliste modéré ne prétend pas avoir inventé une manière d'argumenter qui le prémunisse contre toute erreur puisqu'il accepte de réviser ses croyances à partir de nouvelles données empiriques éventuelles. Cependant, en l'absence de ces dernières, il est plus raisonnable de croire en la réalité de certaines entités inobservées dotées de propriétés observables en principe à condition que leur lien causal avec les observations et les mesures ait été dûment vérifié et que diverses méthodes de mesure donnent des résultats concordants. Ces conditions sont fort strictes. C'est pourquoi de telles croyances sont nécessairement limitées, partielles et peu nombreuses.