

B) La connaissance rationnelle dans les sciences de la nature

1) Le débat : empirisme *versus* rationalisme

La connaissance rationnelle du monde peut être envisagée de deux manières : l'une cherche à montrer que notre connaissance du monde repose essentiellement sur la raison, l'autre cherche à montrer que cette connaissance repose essentiellement sur la perception.

Pour les tenants du « rationalisme », les principes de la science doivent être atteints à l'aide d'un pur raisonnement ; la raison n'a pas besoin de prendre appui sur l'observation du réel pour établir les lois de la physique : elle peut les déduire de principes fondamentaux qui, eux-mêmes, de découlent pas de l'expérience. A titre d'exemple d'approche rationaliste, Descartes « déduit » le principe fondamental de la conservation de la quantité de mouvement (l'ancêtre de ce que nous appelons aujourd'hui conservation de l'énergie) du fait qu'il est absurde de penser que Dieu peut « ajouter » ou « enlever » du mouvement au sein du monde qu'il a créé (et que, pour Descartes, il continue à « faire exister » à chaque instant). Ce n'est pas par des expériences que Descartes élabore sa théorie physique : il cherche à déduire les lois de la mécanique d'un certain nombre de principes fondamentaux qui, comme les axiomes des mathématiques, ne sont pas tirés de l'observation. Et, peut-on ajouter, si les observations contredisent les observations... cela ne réfute pas la théorie ! C'est ce qu'illustre la citation de Descartes tirée des *Principes de la philosophie* : « *Les démonstrations de tout ceci sont si évidentes que, encore que l'expérience nous semblerait faire voir le contraire, nous serions néanmoins obligés d'ajouter plus de foi à notre raison qu'à nos sens* ». Dans cette optique, la « vraie » physique n'est pas celle qui coïncide avec les résultats expérimentaux (la mécanique de Descartes ne coïncide pas avec ce que l'on observe, par exemple, en jouant avec un boulier de Newton) ; la vraie physique, c'est celle dont les lois sont tirées par déduction logique d'un ensemble d'axiomes de départ qui sont évidents. La science apparaît alors comme une démarche strictement rationnelle, sans que le raison ait besoin de prendre appui sur l'expérience.

A l'inverse, pour les tenants de « l'empirisme », la science ne consiste qu'à regrouper et résumer des régularités que l'on a observées. Le travail scientifique consiste à recenser les résultats d'observation, à les classer, à les regrouper, l'idée étant que tout ce qui n'a pas été directement observé reste radicalement incertain. On voit ici que l'expérience joue le rôle clé, le raisonnement n'ayant qu'un rôle subalterne de regroupement et de classification des observations.

2) Raison et perception dans la méthode expérimentale

La méthode des sciences telles que la physique, la chimie ou la biologie (les sciences « de la nature ») a été théorisée au XIX^e siècle par **Claude Bernard** : il s'agit de la méthode « expérimentale ».

Dans la démarche expérimentale, le scientifique commence par *observer* les phénomènes ; au sein de ces observations, il cherche à repérer des régularités, que ces régularités soient des ressemblances (l'événement A a toujours été suivi de l'événement

B), ou des analogies (on passe de l'événement A à l'événement B en suivant une règle identique que celle qui permet de passer de B à C) ; il émet alors une hypothèse, fondée sur la généralisation des régularités (« A est toujours suivi de B »). Ces trois premières étapes définissent la méthode *inductive*, l'induction étant définie par le fait d'anticiper les événements futurs en supposant que ces événements obéiront aux mêmes règles que celles que l'on peut discerner par le passé (je vois A : j'anticipe B). Le scientifique prolonge cette démarche inductive (commune à tous les animaux, comme l'indique le cas de la vache qui anticipe qu'un contact avec la clôture électrifiée sera suivie d'une sensation désagréable, et donc ne s'en approche pas) en *imaginant* une expérience qui lui permettrait de *tester* la validité de son hypothèse ; il réalise ensuite cette expérience, et compare les résultats obtenus aux prévisions élaborées à partir de son hypothèse. Si les résultats sont conformes aux prévisions, l'hypothèse est confirmée, et devient une « théorie » ; si en revanche les résultats contredisent les prévisions, l'hypothèse est falsifiée : elle doit être abandonnée. C'est la totalité de cette démarche qui constitue la méthode des sciences en tant que démarche expérimentale.

L'idée à retenir est que l'observation de la réalité (l'expérience) est à la fois le point de départ et le point d'arrivée de la démarche : le scientifique ne peut donc jamais être un « théoricien » méditant de façon abstraite : il doit toujours être également un praticien, un expérimentateur concret. A l'inverse, l'observation n'est rien sans le *raisonnement*, qui permet d'élaborer des hypothèses et d'inventer des expériences-test : le scientifique ne peut donc jamais se contenter d'être un observateur passif, un enregistreur de résultats : il doit analyser, proposer, inventer : raisonner. Plus encore, l'observation elle-même doit toujours être guidée par le raisonnement ; pour Claude Bernard, « celui qui ne sait pas ce qu'il cherche ne comprend pas ce qu'il trouve ». Un scientifique qui ne lit pas ses observations à la lumière d'hypothèses ne saura pas interpréter ses observations. Un théoricien qui néglige l'observation des faits, un observateur qui s'abstient de raisonner sont donc deux aveugles : l'un raisonne dans le vide, l'autre observe sans rien voir. Avec Claude Bernard on peut donc dire que la démarche scientifique repose sur la synthèse de la *raison et de la perception*, du *raisonnement et de l'observation*, de la *théorie et de l'expérience*.

Claude Bernard s'oppose donc aussi bien à « l'empirisme » qu'au « rationalisme ». Pour Claude Bernard, les deux approches sont erronées ; le rationalisme n'aboutit qu'à la construction de « systèmes » théoriques qui, ne subissant pas l'épreuve de l'expérience, n'étant pas confrontés à l'observation du réel, n'ont aucune valeur scientifique. C'est bien sur l'expérience que le scientifique doit prendre appui pour formuler ses hypothèses théoriques, et c'est encore l'expérience qui doit lui permettre de *tester* la validité de ces hypothèses. Le théoricien pur est un « bâtisseur de systèmes », une sorte de rêveur logique qui construit des théories « possibles », mais qui ne nous enseigne rien sur le réel. A l'inverse, l'empiriste est, pour Claude Bernard, une sorte de compilateur aveugle : dans la mesure où il ne prend pas appui sur des hypothèses théoriques pour *lire* ses observations, pour interpréter ses résultats, il est incapable de voir ce que ses observations lui livrent d'intéressant. Et dans la mesure où il ne fait qu'enregistrer des faits, il est incapable de construire, d'inventer, d'imaginer des hypothèses générales qu'il pourrait ensuite tester en laboratoire. Si le rationaliste est un bâtisseur de systèmes, l'empiriste est

un compilateur de faits : ni l'un ni l'autre ne sont, pour Claude Bernard, des scientifiques. Le scientifique véritable est celui qui articule rationalisme et empirisme dans une démarche globale, qui élabore ses hypothèses théoriques à partir de l'expérience et qui lit ses expériences à la lumière de ses hypothèses théoriques, qui invente des expériences à partir de ses hypothèses et qui teste ses hypothèses par ces expériences. C'est cette démarche rationalo-empirique, ou empirico-rationaliste, que Claude Bernard intitule : le « rationalisme expérimental ».

3) Vérité et falsifiabilité

Peut-on admettre qu'une hypothèse dont les prévisions ont été validées par les tests expérimentaux (une théorie) peut être considérée comme définitivement *vérifiée*, à l'image des énoncés mathématiques ? Non : le théoricien des sciences **Karl Popper** a en effet mis en lumière le fait que, dans la mesure où il est *impossible de réaliser toutes les expériences possibles*, on doit toujours garder à l'esprit qu'un jour, une expérience inédite peut venir contredire l'hypothèse. Une expérience peut bien montrer qu'une hypothèse est fautive, si ses résultats contredisent les prévisions de l'hypothèse ; mais elle ne peut jamais montrer que l'hypothèse est vraie, car il subsiste un nombre infini d'expériences qui n'ont pas encore été réalisées et dont les résultats pourraient, peut-être, contredire les prévisions. Selon Popper, on peut donc dire qu'une théorie scientifique est *falsifiable* (une expérience peut démontrer qu'elle est fautive), mais non *vérifiable* (aucune expérience ne peut démontrer qu'elle est définitivement vraie). Dans les sciences expérimentales, il n'y a donc pas de théories « vraies », mais des théories qu'aucune expérience n'est (encore) venue falsifier : des théories « provisoirement valides ».

Pour Popper, ce caractère « falsifiable » des énoncés est par ailleurs ce qui permet de reconnaître un énoncé scientifique d'un énoncé qui ne l'est pas. Que serait une hypothèse infalsifiable ? Dans la mesure où il est toujours impossible de prévoir avec une certitude absolue le résultat d'une expérience inédite, une hypothèse infalsifiable serait une hypothèse dont les prévisions seraient compatibles avec *n'importe quel* résultat de l'expérience. Il s'agirait donc d'hypothèses dont les prévisions pourraient être considérées comme validées par les résultats expérimentaux... quels que soient ces résultats ! En d'autres termes, il s'agirait d'hypothèses qui ne permettent d'effectuer *aucune* prévision. Or le propre d'une hypothèse scientifique est d'*expliquer* et de *prévoir* les phénomènes, et c'est en confrontant les prévisions avec les résultats expérimentaux que l'on teste la validité de l'hypothèse. Une hypothèse infalsifiable, qui ne permet aucune prévision, n'est donc pas une hypothèse scientifique.

Dans ces hypothèses pseudo-scientifiques, on peut ranger trois catégories d'énoncés.

a) Les énoncés de l'astrologie. On peut toujours considérer que les prévisions d'un horoscope ont été « validées » par les événements de la journée, du fait du caractère vague et général des énoncés : un horoscope est donc « infalsifiable », non-scientifique.

b) Les énoncés de la psychanalyse [c'est la véritable cible des attaques de Popper] ; comment démontrer à un psychanalyste qui nous dit que nous sommes en proie à des pulsions homosexuelles refoulées qu'il a tort ? Si nous l'admettons, son hypothèse

peut être considérée comme confirmée ; mais si nous démentons vigoureusement, il peut tout à fait interpréter cette réaction comme le signe qu'il a vu juste, et que nous nous débattons furieusement pour ne pas admettre ce que, justement, nous ne voulons pas voir : confirmation de l'hypothèse. Le seul moyen de falsifier l'hypothèse du psychanalyste serait « d'ouvrir » le psychisme pour « observer » les pulsions inconscientes ; or, par définition, une pulsion refoulée (inconsciente) ne saurait être observée. Il est donc impossible de démontrer au psychanalyste que son hypothèse est fautive : cette hypothèse est infalsifiable, elle est, pour Popper, non-scientifique.

c) Les énoncés des sciences économiques et sociales [que Popper « vise » beaucoup moins]. Supposons qu'un économiste émette une hypothèse à partir de laquelle il prévoit que les prix du pétrole baisseront dans le mois à venir ; s'ils baissent, il peut considérer que son hypothèse est validée ; s'ils montent, *il peut tout de même considérer* que son hypothèse de travail est valide, mais que des événements « parasites », qu'il n'avait pas pris en compte dans ses prévisions, sont intervenus (typhon en Floride, intensification des conflits au Proche Orient...) Une telle stratégie est impossible pour le physicien, dont les expériences doivent être effectuées *en laboratoire*, c'est-à-dire dans un espace au sein duquel n'interviennent *que* les facteurs qu'il a pris en compte (un laboratoire est un espace dont ont été évacués tous les facteurs parasites). Mais il est impossible de construire un laboratoire dans les sciences économiques et sociales : on ne cultive pas les humains en milieu stérile, sans conflits, sans typhons, etc. Par conséquent, l'échec des prévisions peut être expliqué, non par l'invalidité de l'hypothèse de travail, mais par l'intervention de facteurs parasites. L'hypothèse, infalsifiable, n'est donc pas « scientifique » au même titre que ses consœurs expérimentales.

4) falsifiabilité et histoire des sciences : qu'est-ce qu'une révolution ?

On peut illustrer la thèse de Popper par l'histoire des sciences. Conformément à ce que voulait Popper, l'histoire des sciences n'évolue pas comme l'histoire des mathématiques. L'histoire des mathématiques procède par extension, par enrichissement perpétuel. Les théorèmes démontrés ne sont jamais réfutés (ou alors c'est que leur démonstration était fautive, ce qui est assez rare), et les nouveaux théorèmes viennent s'y *ajouter*. Notre savoir mathématique actuel, c'est le savoir mathématique de l'Antiquité, + le savoir mathématique du Moyen-Âge, + le savoir mathématique moderne, etc. L'histoire des mathématiques procède donc par accumulation.

Dans le domaine de l'histoire des sciences de la nature, ce n'est plus le cas. Conformément à ce que nous indiquait Popper, le principal moteur de l'histoire des sciences, ce n'est pas la démonstration de nouvelles théories, *c'est la réfutation des hypothèses que l'on avait jusque là considérées comme valides*. Ce qui fait progresser l'histoire des sciences, c'est qu'une nouvelle observation vient contredire une ancienne théorie, dont il va falloir proposer une rectification, qui elle-même sera un jour falsifiée, etc. Pour Popper, une expérience scientifique vraiment intéressante n'est pas une expérience qui apporte une *n*-ième confirmation à une vénérable théorie, ce n'est pas non plus la formulation d'une nouvelle hypothèse. Ce qui est vraiment intéressant

scientifiquement, c'est une observation qui vient *contredire* une théorie considérée depuis longtemps comme absolument vraie. *Voilà* qui donne à réfléchir...

Cela signifie-t-il qu'une théorie sera immédiatement abandonnée, dès qu'une expérience viendra remettre en cause les prévisions que l'on peut établir sur la base de cette théorie ? Non. Comme l'explique Thomas Kuhn, la « vénérable théorie » en question ne sera pas aussitôt abandonnée : elle ne le sera pas tant qu'une nouvelle génération de scientifiques n'aura pas une « meilleure » théorie à proposer (il n'est d'ailleurs pas sûr, pour Kuhn, que l'ancienne génération s'accordera à reconnaître la nouvelle théorie : l'exemple d'Einstein, qui n'a jamais accepté le principe « probabiliste » de la mécanique quantique, nous l'indique).

Pour Kuhn, l'histoire des sciences ne progresse pas de façon linéaire, pas un processus de rectification perpétuelle des hypothèses. L'histoire des sciences est comme l'histoire politique : elle fonctionne par crises et par révolutions. Il y a « crise » scientifique lorsque les « énigmes » qui se posent au sein d'un modèle théorique commencent à proliférer : d'une ou deux observations inexplicables, on passe à tout un faisceau d'observations qui contredisent les prévisions. Et il y a « révolution » lorsque l'ancien modèle théorique s'effondre, laissant la place à un nouveau modèle, fondé sur de nouveaux principes, incompatibles avec les principes du précédent. Ce nouveau modèle connaîtra une période de gloire, durant laquelle la recherche mettra au jour une foule de nouvelles lois, fondées sur de nouvelles observations... avant d'entrer, lui aussi, un beau jour, en crise.

C'est pourquoi le savoir scientifique actuel n'est (absolument) pas le savoir antique + le savoir du Moyen-Âge + le savoir moderne ; ce n'est pas non plus le savoir antique « rectifié » et enrichi par le savoir médiéval, puis moderne. Les « physiciens » de l'Antiquité raisonnaient à partir de *principes* que nous avons aujourd'hui totalement abandonnés et que nous ne *comprendons* plus, pas plus qu'ils ne comprendraient les nôtres. (Nous avons vu que, pour Epicure, tout l'univers était constitué d'atomes... mais qu'il existait des atomes d'âme !) L'histoire des sciences est donc l'histoire des « catastrophes » scientifiques, histoire au cours desquelles se succèdent des discours fondés sur des *principes* totalement différents, et incompatibles ; en cela, elle ressemble beaucoup à l'histoire politique...

Illustrons le concept de révolution scientifique par un exemple. Toute la physique dite « classique », qui s'est élaborée à partir du XVII^e siècle (notamment avec Galilée et Newton), repose sur quelques principes fondamentaux (lesquels sont en rupture totale avec les principes de la physique du Moyen-Âge, largement fondés sur les principes énoncés par Aristote). Parmi ces principes, on compte :

_ le principe de causalité (tout effet a une cause, et toute cause ne peut avoir qu'un seul effet déterminé)

_ le principe d'inertie (un corps qui n'est soumis à aucune force est animé d'un mouvement rectiligne uniforme),

_ le principe de conservation de l'énergie (dans un système clos, il ne peut y avoir ni apparition ni disparition d'énergie : ce que l'on énonce souvent par la formule (attribuée à Lavoisier) : « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme »).

_ le principe de continuité (un corps qui passe d'un point A à un point B occupe successivement tous les points qui séparent A de B ; ce que l'on énonce souvent par la formule (reprise par Leibniz) : « la nature ne fait pas de saut »).

Toute la physique classique repose sur ces grands principes. Or au XIX^e siècle s'est produit une révolution scientifique, notamment du fait de l'étude de phénomènes microscopiques. Elle a abouti à l'élaboration d'une « nouvelle » physique, la physique dite « quantique ».¹

Or cette « nouvelle » physique n'est pas seulement un enrichissement ou une « rectification » de la précédente : elle repose en réalité sur des *principes* fondamentaux radicalement différents. Dans le cadre de la physique quantique en effet :

_ le principe de conservation de l'énergie est violé : il peut, au niveau microscopique, y avoir « emprunt » d'énergie (une énergie qui n'existait pas est dépensée), à condition que cet « emprunt » soit immédiatement « remboursé ». Il peut donc y avoir, à un instant t dans un système, *plus* d'énergie qu'à l'instant $t - 1$.

_ le principe de continuité est violé : un électron « passe » d'un endroit à un autre *sans passer par les situations intermédiaires* : il « saute » d'une orbite à l'autre autour du noyau, il n'a jamais été « entre » les deux positions.

_ le principe de causalité est violé, au profit d'un principe « probabiliste ». L'idée est que, au niveau microscopique, si un événement se produit, il est absolument impossible de déduire les *conséquences* de cet événement, car ces conséquences sont indéterminées. Un événement ne détermine qu'une certaine *probabilité* d'événements futurs. Si l'on appliquait cette idée au niveau macroscopique, cela reviendrait à admettre que si je frappe une balle de golf, aucun physicien (même celui qui connaîtrait absolument tous les paramètres de la situation : force et orientation de l'impact, poids de la balle, vitesse du vent, etc.) ne pourra déterminer sa trajectoire : il n'y aurait qu'une « probabilité » qu'elle atterrisse ici, une « probabilité » qu'elle atterrisse là, etc. Cela détruit tout le *déterminisme* physique sur lequel repose la théorie classique.

On voit donc que cette « nouvelle » physique repose sur des principes qui sont entièrement différents, et incompatibles, avec ceux sur lesquels reposait la théorie physique classique. Il y a bel et bien *rupture* entre les deux théories du fait de l'incompatibilité de leurs principes fondamentaux. C'est cette rupture qui explique qu'il soit extrêmement difficile pour un physicien parvenu à maturité « d'évoluer » d'un système à l'autre ; car il s'agirait pour lui de considérer les phénomènes physiques à partir d'une *perspective* totalement différente, ce qui exige qu'il abandonne la manière de « voir le monde » qui était liée au premier système. C'est notamment pour cette raison

¹ : Si cette physique est encore largement inconnue, dans ses contenus, du grand public (et si les Terminales S continuent de raisonner dans le cadre de la physique « classique »), c'est principalement pour trois raisons. La première est que « l'ancienne » physique reste tout à fait satisfaisante pour étudier les phénomènes macroscopiques, dont font partie tous ceux que l'on peut observer à l'œil nu. La seconde est que cette théorie fait intervenir des mathématiques complexes, qui jouent un tel rôle dans la théorie qu'il est impossible d'étudier réellement la mécanique quantique sans faire appel à un savoir mathématique. La troisième est qu'il est extrêmement difficile de « se représenter » les phénomènes tels que nous les décrit la physique quantique. La suite fera apparaître assez clairement pourquoi...

qu'Einstein n'a jamais pu « accepter » la physique quantique. Car elle exigeait de lui, par son caractère probabiliste, qu'elle renonce au déterminisme physique qui, pour lui, avait la valeur d'un dogme, comme l'exprime sa formule célèbre : « Dieu ne joue pas aux dés ». Pour désigner ce changement de perspective, Kuhn mobilise le terme de « conversion » : le changement de perspective que doit opérer un physicien classique pour se mettre à penser « quantiquement » est du même ordre que celui que doit opérer un polythéiste grec pour adopter le système monothéiste chrétien : les principes fondamentaux sur lesquels repose sa vision du monde, son interprétation de la réalité, doit se modifier radicalement.

5) Critique de la falsifiabilité

Commençons par un constat simple. Si le principe de falsifiabilité de Popper était valide, alors une théorie scientifique devrait être abandonnée *dès* qu'une observation vient contredire ses prévisions. Or ce n'est jamais le cas, pour la bonne et simple raison qu'*il y a toujours*, dans le domaine des sciences de la nature, des observations qui contredisent les prévisions émises sur la base de la théorie. Ce sont précisément ces observations qui constituent les « énigmes » scientifiques, et qui servent de support à la recherche.

Prenons un exemple : certaines observations actuelles en astronomie contredisent les prévisions élaborées à partir de la théorie actuellement admise, largement fondée sur les principes de Newton, réaménagés par Einstein. Selon la théorie en effet, l'univers faisant suite à une déflagration initiale (Big Bang), et les éléments de l'univers étant par la suite soumis à la gravitation (qui fait que tous les corps de l'univers s'attirent mutuellement), il ne semble y avoir que deux possibilités. D'un côté, la force de la déflagration initiale pousse l'univers à s'étendre, mais elle décroît progressivement ; de l'autre, la force de gravitation pousse l'univers à se concentrer, mais elle aussi décroît progressivement (puisque la distance entre les corps de l'univers s'accroît du fait de l'expansion, et que la force de gravitation est relative à cette distance). La question est donc : la force initiale d'expansion décroît-elle *plus* ou *moins* vite que la force gravitationnelle de concentration ? Si elle décroît moins vite, alors on aboutit à un univers en expansion de plus en plus lente ; si elle décroît plus vite, alors on aboutit à un univers en expansion de plus en plus lente qui, un jour, va se mettre à se reconcentrer (ce qui nous conduirait à une « conflagration »).

La théorie n'est donc compatible qu'avec deux types d'observations : soit une expansion de plus en plus lente, soit une concentration de plus en plus rapide (ce qui indiquerait que le point de basculement a déjà été atteint). Or certaines observations actuelles semblent indiquer que le mouvement de l'univers est actuellement un mouvement d'expansion... de plus en plus rapide ! Certaines constellations lointaines semblent en effet s'éloigner *de plus en plus vite* du centre de l'Univers (et / ou du centre de la galaxie à laquelle elles appartiennent.) De telles observations contredisent frontalement les prévisions théoriques. Faut-il en déduire que Newton et Einstein sont « réfutés » ? Faut-il abandonner l'astronomie newtono-einsteinienne ? Ce n'est en tout cas pas ce que font les scientifiques, qui cherchent au contraire à « bricoler » le cadre théorique pour le rendre compatible avec les observations, en émettant de nouvelles hypothèses (présence de

« matière noire », etc.) permettant de « sauver » le cadre théorique. Ils font donc *ce qu'on ne doit surtout pas faire*, selon Popper, face à une observation qui contredit les prévisions théoriques ; mais, s'ils le font, ce n'est pas parce qu'ils sont de mauvais scientifiques : c'est tout simplement parce qu'ils ne peuvent pas faire autrement, puisqu'ils ne disposent pas (encore ?) d'un *nouveau* cadre théorique qui permettrait de « mieux » rendre compte de ces observations.

Le principe de falsifiabilité de Popper ne doit donc être pris, au mieux, que comme un idéal régulateur : si l'on rejetait une théorie dès qu'elle se heurte à une observation qui la contredit, toute science deviendrait impossible, car il y a *toujours* des « énigmes » scientifiques. C'est pourquoi les astronomes d'aujourd'hui font ce que faisaient déjà leurs ancêtres ptoléméens, confrontés au fait que l'observation des astres semble contredire les prévisions du système² : ils bricolent (le terme de est de Kuhn), c'est-à-dire ils ajoutent des hypothèses qui permettent de rendre compatible le cadre théorique et les observations.

6) Principes scientifiques et imagination

Les deux précédents points nous indiquent l'importance que revêtent, dans toutes les sciences de la nature, les *principes* fondamentaux. La question est alors de savoir *d'où viennent* ces principes.

Rappelons notre débat initial, celui qui oppose rationalistes et empiristes. Pour les rationalistes, la réponse est simple : les principes fondamentaux (comme, pour Descartes, le principe de la conservation de la « quantité de mouvement ») sont des énoncés absolument *évidents*, qui nous sont donnés par le seul exercice de la pensée. Quelle horreur ! pensent les empiristes, selon lesquels ces principes ne peuvent être tirés que de l'expérience, de l'observation.

Qui a raison ? Ni l'un ni l'autre, nous dit Einstein. Les rationalistes se trompent quand ils croient que l'on pourrait aboutir aux principes fondamentaux par le seul usage du raisonnement : pour un scientifique moderne, le principe de continuité n'est pas plus « évident » qu'un autre, et c'est d'ailleurs pourquoi on peut construire une physique qui remette en cause la continuité. Mais les empiristes se trompent aussi : ces principes ne sont pas tirés de l'observation des phénomènes.

Cette critique de l'empirisme, on la retrouve dans la critique qu'Einstein adresse à Newton (qui n'était pas un empiriste, sans être pour autant un rationaliste). Newton *croyait* avoir tiré sa loi de gravitation universelle à partir de la seule observation des phénomènes. En gros, on s'élevait pour Newton vers les principes fondamentaux par paliers : l'analyse d'un certain groupe de faits faisait apparaître une loi locale, valable

² : les astronomes n'ont pas attendu Copernic pour se rendre compte que les observations astronomiques ne coïncident pas avec ce qu'on « devrait » observer si le système de Ptolémée était exact. On peut d'ailleurs rappeler que le système copernicien (tel qu'il est élaboré par Copernic lui-même) coïncide *encore moins* avec les observations. Le système ptoléméen (géocentrique), qui bénéficia il est vrai de 20 siècles de « bricolage », correspond davantage aux observations que le système (héliocentrique) de Copernic. L'une des raisons principales est que, pour Copernic, les orbites des astres sont circulaires, et non elliptiques. C'est Kepler qui établit la trajectoire elliptique des planètes du système solaire.

pour ce groupe de faits (tous ces faits suivent une même loi). A son tour, cette loi pouvait être comparée à d'autres lois locales, pour faire apparaître une loi plus générale (toutes ces lois obéissent à une même loi) ; et de cette manière, de palier en palier, on s'élève depuis l'observation des faits, par « abstraction », à des lois de plus en plus générales, jusqu'à parvenir à des principes fondamentaux — comme la loi de gravitation universelle, qui vaut (comme son nom l'indique) pour *tous* les phénomènes.

Pour Einstein, ce raisonnement est faux, pour plusieurs raisons. La première est que, pour pouvoir analyser un phénomène, il faut *déjà* prendre appui sur des principes fondamentaux. Comment un physicien pourrait-il faire la moindre mesure s'il ne supposait pas *dès le départ* que les variations de l'intensité (lumineuse, sonore, etc.) qu'il observe doivent bien avoir une « cause », qu'elles ne peuvent pas provenir d'une brusque « création » d'énergie surgie de nulle part, qu'une même cause produira forcément les *mêmes* effets la fois suivante, etc.³ Bref, le physicien qui observe un physique simple *présuppose* déjà tout un ensemble de principes qui lui permettent de travailler.

La seconde raison est qu'un ensemble donné de faits est toujours compatibles avec *plusieurs* systèmes de principes fondamentaux. Pour reprendre l'exemple précédent, on peut comprendre les phénomènes observés au niveau macroscopique, *aussi bien* en partant de principes classiques que de principes quantiques.

Il est donc, pour Einstein, impossible de « trouver » les principes fondamentaux en ne prenant appui que sur l'analyse rationnelle des faits : d'une part parce qu'on a déjà besoin de prendre appui sur ces principes pour décrire et comprendre les faits en question, et d'autre part parce qu'un ensemble d'observations est toujours compatibles avec un nombre indéfini de principes.

Bien. Mais si les principes fondamentaux ne viennent *ni* d'un raisonnement pur, *ni* de l'observation des faits, *d'où viennent-ils ?* S'ils ne nous sont dictés ni par notre raison, ni par notre perception, *quelle faculté* en nous nous y conduit ?

La réponse d'Einstein est claire : de l'imagination. Ce qui a permis à Newton de s'élever de l'observation des phénomènes jusqu'à la loi universelle de gravitation, ce n'est pas la raison, c'est l'imagination. Pour Einstein, les « axiomes » de la physique ne sont ni « évidents », ni « induits » à partir de l'expérience, ni « déduits » par la raison : ils nous sont donnés par l'imagination. Pour Einstein, le schéma global de la science ne repose donc pas seulement sur l'articulation entre l'observations des faits et le raisonnement : il implique (au moins en ce qui concerne les grandes découvertes scientifiques, celles qui font advenir une nouvelle loi générale) un raisonnement à quatre temps, au sein duquel 1) le scientifique prend appui sur *l'observation* des faits 2) pour s'élever par *l'imagination* à une loi générale, 3) dont il *déduit ensuite rationnellement* un ensemble de lois 4) qu'il confronte pour terminer aux *observations*. Comme chez Claude Bernard, le scientifique part des faits (pour élaborer ses hypothèses) et y revient (pour tester ses hypothèses) ; et comme chez Claude Bernard, le scientifique ne peut « lire » les faits que s'il prend déjà appui sur des hypothèses. Mais, à la différence de Claude Bernard,

Einstein a clairement introduit une tierce faculté dans le jeu du savoir, en montrant le rôle que joue l'imagination dans la formulation des lois générales.

Conclusion partielle : on retrouve donc, dans le domaine de la connaissance rationnelle du monde, une conclusion analogue à celle à laquelle nous avait conduit l'analyse de la connaissance perceptive. De même que toute **perception du réel** suppose d'adopter une certaine *perspective* sur le réel, un ensemble *d'interprétations* qui façonnent et guident notre perception, de même toute **connaissance scientifique de la réalité** exige que nous prenions appui sur un ensemble de *principes fondamentaux* qui déterminent une certaine vision du monde, une certaine interprétation du réel. Il n'y a pas plus de perception « neutre » de la réalité qu'il n'y a de connaissance scientifique « neutre » : chaque démarche de connaissance du monde impose d'adopter une certaine *perspective* sur le réel, perspective qui n'est jamais uniquement fondée sur nos sensations ou sur nos raisonnements, mais aussi sur la recherche de l'efficacité, sur les caractéristiques du langage, et sur l'imagination.

En ce sens, **toute perception du réel, comme toute connaissance scientifique du réel, est déjà une interprétation du réel.**

³ : on aura ici reconnu quelques principes fondamentaux de la physique classique : principe de causalité, principe de conservation de l'énergie, re-principe de causalité.