Métaphysique et induction

Eli Zahar
Département d'histoire et de philosophie des sciences (HPS)
Université de Cambridge, Angleterre.

Résumé : Nous présupposons le critère de démarcation de Popper d'après lequel un énoncé M est dit métaphysique s'il est empiriquement irréfutable. M sera qualifié de synthétique *a priori* si, de surcroît, il ne peut pas être expérimentalement vérifié. Nous démontrerons que le principe d'induction physique J^* est synthétique *a priori*, J^* étant défini — en gros — comme le principe suivant : toute théorie H qui est à la fois non-adhoc et empiriquement corroborée dans un domaine $\triangle$ courra, à l'avenir, moins de risques d'être mise en défaut — dans $\triangle$ — qu'une hypothèse rivale infirmée par l'expérience. Bien qu'étant invérifiable tout autant qu'incritiquable, J^* s'avère indispensable à la technologie ; ce que Popper avait d'ailleurs admis à plusieurs reprises. Nous critiquons ensuite le point de vue de David Miller selon lequel il n'est besoin d'aucune thèse métaphysique telle que J^*, le critère de démarcation étant le seul principe requis par la science comme par la technologie. Dans ce même contexte, nous soutenons, contre Miller, que la science entretient un rapport positif, plutôt que purement critique ou négatif, avec la technologie.

Abstract: Popper's demarcation criterion, according to which a proposition M is declared metaphysical if it proves empirically irrefutable, is presupposed. We then define M to be synthetic *a priori* if M is moreover unverifiable by observation. An inductive principle J^* is then shown to be synthetic *a priori*; where J^* says — roughly — that a hypothesis H which is both non-adhoc and systematically supported in some domain $\triangle$ is less likely to break down in $\triangle$ than any empirically undermined rival K. Though both unverifiable and uncriticizable, J^* turns out to be indispensable to technology, as was — both implicitly and overtly — admitted by Popper himself. There follows a critical examination of David Miller's view that no such J^* is needed, Popper's criterion being the only principle actually presupposed in both science and technology. In this context, we try to vindicate the claim that, contrary to Miller's thesis, science bears a positive, rather than a merely critical or negative relation to technology.

Philosophia Scientiæ, 11 (1), 2007, 45–69.

A. Définition(s) de la métaphysique

Un certain sentiment d'aversion vis-à-vis de la métaphysique est un malaise intellectuel qui a assumé plusieurs formes dans l'histoire de la pensée moderne. Par sa partition de l'ensemble des propositions signifiantes en principes analytiques et en énoncés factuels, Hume avait effectivement rejeté — comme dépourvue de sens — la métaphysique sous toutes ses formes. Dans sa célèbre introduction aux *Prolégomènes*, Kant avait ensuite révoqué en doute toutes les thèses métaphysiques mises en avant par ses prédécesseurs et par ses contemporains. Rappelons que tout en n'étant pas tirées de l'expérience, les catégories kantiennes ne sont applicables qu'aux phénomènes, *c.à.d.*, à ce qui, en dernière analyse, est observable. Mach, qui commença par être un kantien orthodoxe, finit par écrire un traité franchement phénoméniste, *L'Analyse des sensations*, dont le premier chapitre fut intitulé : *Considérations antimétaphysiques.* Plus récemment, les phénoménologues proposèrent d'aller droit "aux choses elles-mêmes" — *zu den Sachen selbst* — renonçant ainsi à tout présupposé réaliste, qu'il soit d'ordre métaphysique ou scientifique. Enfin, les marxistes témoignèrent d'un mépris total pour les dogmes 'métaphysiques' auxquels croyaient leurs adversaires. Ceci nous rappelle une remarque de Sartre ; à savoir que tout en souscrivant à une métaphysique matérialiste, les communistes lui reprochaient — à juste titre d'ailleurs — d'être métaphysicien. Mais jusqu'à l'émergence du Cercle de Vienne dont le but déclaré était l'élimination pure et simple de la métaphysique, cette dernière demeura une notion très mal définie, étant vaguement censée faire référence à une réalité occulte, c.à.d., masquée par les apparences.

Cette situation changea dès l'entrée en scène du positivisme logique. Vu ce que nous venons de dire au sujet de Kant, le fait que les néopositivistes l'aient compté parmi leurs ancêtres ne devrait point nous étonner. Comme la plupart des philosophes modernes, les membres du Cercle de Vienne avaient cependant cessé de croire à la validité des jugements synthétiques *a priori* : toute proposition devait être ou analytique — et donc *a priori* — ou synthétique a posteriori (Ils firent l'erreur de tenir les postulats mathématiques pour une vaste tautologie [Zahar 2001, Chapitre 5]). Plus précisément : les néopositivistes soutinrent qu'une proposition synthétique n'était signifiante que si elle s'avérait empiriquement décidable ; c.à.d., si elle était en principe vérifiable et falsifiable (Elle ne peut, bien sûr, pas être à la fois vérifiée et réfutée). Popper qui, de par ses intérêts philosophiques, était proche du Cercle de Vienne sans en avoir jamais été membre, se rendit compte qu'aucune loi à la fois générale et contingente ne pouvait être expérimentalement démontrée. En effet : pour être utile, une théorie scientifique doit nous permettre de prévoir ; ce qui n'est possible que si elle est universelle, du moins pour ce qui est de sa dimension temporelle ; elle doit donc rester en principe invérifiée par l'expérience. Par conséquent, l'empirisme logique avait exclu non seulement la métaphysique mais aussi la science de tout discours rationnel. Il n'en reste pas moins qu'il ne peut être question de savoir scientifique — même au sens conjectural — que si nos hypothèses peuvent, d'une manière ou d'une autre, entrer en contact avec l'expérience. Vu l'impossibilité de la vérification, ce contact ne peut que prendre la forme d'un conflit avec l'observation ; d'où le critère falsificationniste de Popper : toute proposition à la fois consistante et empiriquement réfutable devrait être tenue pour scientifique ; au cas où elle serait infalsifiable, elle sera dite métaphysique. Nous devons dès à présent souligner le fait qu'il ne s'agit pas là d'un critère de signification : toute formule syntaxiquement bien formée et empiriquement irréfutable, c.à.d., tout principe métaphysique ou logique, possède non seulement un sens, mais elle peut aussi animer tout un programme de recherche. On peut donc dire de Popper qu'il a redonné toute sa dignité à la métaphysique, mais non pas à n'importe laquelle.

Notons que le critère poppérien permet à une proposition M de s'avérer métaphysique de deux maniéres différentes. Il se peut que bien qu'irréfutable, M soit en principe empiriquement vérifiable ; ou alors M pourrait être complètement indépendante de toute expérience, c'est-à-dire être à la fois infalsifiable et invérifiable. Dans le premier cas, nous qualifierons M de 'métaphysique au sens étroit' ou 'métaphysique de justesse' (pour simplifier l'exposé, nous aurons parfois recours au barbarisme 'étroitement métaphysique'). Dans le second cas, M sera dite synthétique *a priori.* M pourrait par ailleurs être *a priori* au sens *subjectif* où nous serions psychologiquement incapables de renoncer à M ; mais encore faut-il, pour que nous soyons rationnels, que M soit infalsifiable dans un sens objectif, d'où le primat de ce dernier. De toute façon, nous n'aurons par la suite guère besoin du concept psychologique d'apriorité.

Il est bien entendu que dans ce contexte poppérien, '*a priori*' n'a pas la connotation kantienne du 'nécessairement vrai', mais équivaut tout simplement à : totalement indécidable par l'expérience. Et pourtant, même si M était fausse — ce qui, vu le caractère synthétique de M, est logiquement possible — nous ne serons jamais en position de le savoir et pourrons donc affirmer M en toute impunité. (Cette conclusion s'applique d'ailleurs à toute thèse métaphysique M et non pas seulement aux propositions synthétiques *a priori*). Donnons quelques exemples. Bien que reconnus comme étant synthétiques, les postulats mathématiques n'en restent pas moins indécidables par l'expérience ; ils sont donc synthétiques *a priori*, non pas au sens kantien de ce terme, mais selon la définition donnée ci-dessus. Notons néanmoins que tout en étant empiriquement infalsifiables, les mathématiques pourraient être indirectement infirmées par l'expérience ; car certains axiomes, tels ceux du choix, du continu ou de l'existence d'ensembles infinis, forment une partie intégrante de toute théorie physique H. Il est donc concevable — comme l'avait fait remarquer Quine — qu'une réfutation empirique d'un système H, ou des considérations de simplicité, nous amènent à réviser non seulement nos hypothèses physiques mais aussi certains postulats mathématiques, voire logiques [Quine 1953, Chapitre 2].

Il y a donc lieu de se demander s'il existe des propositions qui, par opposition à celles des mathématiques, seraient synthétiques à priori dans le sens absolu de ce terme. Dans ce qui suit, nous nous efforcerons de prouver que l'induction physique est de ce genre : tout en sachant que le principe d'induction pourrait être faux, il ne nous est guère possible d'imaginer une situation dans laquelle nous déciderions d'y renoncer. Nous ne pouvons qu'être d'accord avec Poincaré lorsque celui-ci admet être tout aussi incapable de justifier l'induction empirique que de s'en passer. Il nous faut tout de même noter qu'à la différence des thèses phénoménistes ou carrément idéalistes, l'induction est compatible avec la conception classique de la science. Par contre, le phénoménisme nous forcerait à recourir à des hypothèses conspirationnistes selon lesquelles des notions dites physiques telles que celles de masse matérielle, de charge électrique ou de champ de force ne seraient que des fictions. Celles-ci nous permettraient néanmoins de prédire nos états mentaux futurs à partir de conditions aux limites portant exclusivement sur sur des éléments de sensation ; ce qui est un schéma peu crédible.

Quant aux propositions étroitement métaphysiques — ou métaphysiques de justesse — elles comprennent tous les énoncés de la forme $(\exists x)P(x)$ où P représente une conjonction d'observables. Une assertion telle que « Il existe un diamant d'au moins dix metres de diamètre » est à la fois empiriquement vérifiable et irréfutable. Mais comme pour le cas des mathématiques, $(\exists x)P(x)$ pourrait s'inscrire dans un système scientifique H qui serait — par définition — testable. Une réfutation de H pourrait donc nous amener à tenir $(\exists x)P(x)$ pour fausse. Il nous est, par exemple, impossible de postuler l'existence d'une planète supplémentaire sans que nous soyons éventuellement sanctionnés par l'expérience. $(\exists x)P(x)$ s'avère donc métaphysique non seulement de justesse mais aussi de manière toute relative. Il existe cependant toute une classe d'énoncés qui s'avèrent métaphysiques au sens à la fois étroit et absolu ; c'est-à-dire que nous sommes en mesure de les vérifier, sans jamais avoir à les considérer comme infirmés par l'expérience ; et ce bien que ces énoncés soient faillibles. Signalons que pour toute hypothèse scientifique H, la différence $(H^* \rightarrow H)$ entre H et son énoncé de Ramsey H^* est de ce type [Zahar 2001, Appendice 4].

B. Une solution modeste du problème de l'induction : Popper et Lakatos

Lorsque nous méditons la question de l'invalidité de l'induction physique, deux noms nous viennent à l'esprit, ceux de Popper et de Hume. Selon ce dernier, nous accorderions une foi viscérale, mais injustifiable, aux inférences inductives. L'attitude de Popper vis-à-vis de ce même problème est à la fois plus sophistiquée et plus ambiguë que celle de Hume. En 1934 Popper définit les règles de la pratique scientifique d'une manière essentiellement indépendante du concept de vérité ; de sorte qu'une dimension véritablement épistémologique faisait défaut à *La Logique de la découverte scientifique*. Il est toutefois évident que Popper avait déjà instinctivement rallié la position réaliste. Mais la notion de vérité-correspondance était tombée en désuétude, et elle resta même discréditée jusqu'au moment où Tarski en donna un schème adéquat, notamment : $Tr(p^*) \leftrightarrow p$, p étant un énoncé quelconque ayant p^* pour nom.

S'inspirant de l'approche tarskienne, Popper définit un concept de vérisimilitude d'après lequel, de deux théories A et B, A possède un degré de vérisimilitude plus élevé que celui de B si et seulement si : $[((T_A \supseteq T_B) \wedge (F_A \subset F_B)) \vee ((T_A \supset T_B) \wedge (F_A \subseteq F_B))]$. Notons qu'une théorie K est définie comme un ensemble de propositions logiquement fermé, c'est-à-dire fermé par rapport à la relation de conséquence logique. Quant aux ensembles T_K et F_K, ils dénotent respectivement les contenus de vérité et de fausseté de K. En d'autres termes : $T_K = \{X : (X \in K)\&(X \text{ est une proposition vraie})\}$, $F_K = \{X : (X \in K)\&(X \text{ est fausse})\}$, $K = T_K \cup F_k$ et $T_K \cap F_K = \varnothing$.

Cette définition formelle semble serrer de près notre conception intuitive de la vrai-semblance, ou voisinage de la vérité. C'est précisément pour cette raison que Lakatos enjoignit Popper d'accepter un principe inductif qui relierait — de manière synthétique — la vérisimilitude à la corroboration [Lakatos 1978, Chapitre 3]. Un tel principe nous permettrait de conjecturer qu'une hypothèse ayant survécu à des tests sévères a de fortes chances de se rapprocher de la vérité. Mais David Miller et Pavel Tichy ont — brillamment — démontré que les vérisimilitudes de deux théories fausses ne sont jamais comparables ; plus précisément, qu'aucune théorie fausse ne pouvait avoir un degré de vérisimilitude supérieur à celui de n'importe quelle autre. La démonstration qui suit s'inspire d'une méthode utilisée par Tichy.

Considérons une interprétation quelconque des langages de A et de B. Supposons que A est fausse et que $[((T_A \supseteq T_B) \wedge (F_A \subset F_B)) \vee ((T_A \supset T_B) \wedge (F_A \subseteq F_B))]$. Nous aurons donc toujours : $[(T_A \supseteq T_B) \wedge (F_A \subseteq F_B)]$.

Démontrons que $A = B$. Comme A est fausse, il existe au moins un élément faux f appartenant à A. Donc $f \in F_A$ d'où $f \in F_B$ puisque $F_A \subseteq F_B$. Par conséquent, la théorie B est fausse aussi. Soit $X \in A$. Comme $f \in F_A \subseteq A$, nous aurons : $A \supseteq \{f, X\}(f \wedge X)$; d'où $(f \wedge X) \in A$ parce que A est logiquement fermée. f étant fausse, $(f \wedge X)$ l'est aussi ; c'est-à-dire, $(f \wedge X) \in F_A$. Mais $F_A \subseteq F_B$, d'où $(f \wedge X) \in F_B$. *A fortiori* : $(f \wedge X) \in B$. Il s'ensuit que $B \supseteq \{f \wedge X\}X$, d'où $X \in B$ puisque, tout comme A, B est logiquement fermée. Nous avons donc établi que $A \subseteq B$. Réciproquement, soit $Y \in B$. Par conséquent : $B \supseteq Y(\neg f \vee Y)$; d'où, étant donné la fermeture de B par rapport à la relation de conséquence logique, $(\neg f \vee Y) \in B$. Mais $(\neg f \vee Y)$ est vraie puisque f est fausse. Donc $(\neg f \vee Y) \in T_B$ par la définition même de T_B. Comme $T_A \supseteq T_B$, alors $(\neg f \vee Y) \in T_A$. Mais par la définition de T_A, $T_A \subseteq A$. Donc $(\neg f \vee Y) \in A$. Il s'ensuit que $A \supseteq f, \neg f \vee YY$, d'où $Y \in A$, encore une fois en vertu de la fermeture logique de A. Par conséquent $B \subseteq A$. Comme, par ailleurs, $A \subseteq B$, nous obtenons $A = B$, d'où $T_A = T_B$ et $F_A = F_B$; ce qui contredit $[((T_A \supseteq T_B) \wedge (F_A \subset F_B)) \vee ((T_A \supset T_B) \wedge (F_A \subseteq F_B))]$.

La définition poppérienne de la vérisimilitude est donc inapplicable à des théories fausses, c'est-à-dire à ce pour quoi elle avait été expressément conçue.

Justement parce que la définition poppérienne cerne de près la notion présystématique de vérité approximative, le résultat négatif établi par Miller a porté un coup dur à l'épistémologie réaliste. Par la suite, Popper a sans doute eu raison d'affirmer que les scientifiques auront toujours besoin d'user d'une notion intuitive de vérisimilitude. En dernière analyse, son point de vue aura ainsi rejoint celui de Duhem, selon lequel l'ensemble de nos hypothèses unifiées et confirmées par les faits tend asymptotiquement vers une *classification naturelle*. De par sa structure syntaxique, celle-ci reflète un ordre ontologique qu'elle ne peut néanmoins pas dénoter sémantiquement [Duhem 1914, Première partie]. Il se peut donc que l'approche tarskienne, qui atomise le domaine de discours des systèmes formels, donnant ainsi lieu à la définition poppérienne de la vérisimilitude, n'ait pas cours en physique.

De toute façon, le problème de la vrai-semblance des systèmes scientifiques refait surface au niveau de leur fiabilité dans le domaine technologique. Nous avons déjà remarqué que si la définition poppérienne s'était avérée applicable, le degré de corroboration d'une hypothèse aurait pu servir d'indice de vérisimilitude, puisqu'on aurait été en mesure d'affirmer qu'une théorie A plus hautement corroborée qu'une autre, B, était plus fiable que celle-ci ; car le rapport de T_A à F_A étant plus grand que celui de T_B à F_B, F_B aurions eu plus de chances d'user de propositions vraies en nous fiant à A plutôt qu'à B. Nous pouvons cependant soulever cette même question sans passer par la notion de vérisimilitude. Notons d'abord que le degré de corroboration d'une hypothèse reflète ses succès et ses échecs *passés* et n'a donc pas trait à son avenir. À partir de prémisses intuitivement évidentes, Popper — et Carnap — sont même parvenus à démontrer que la probabilité de toute proposition synthétique et universelle est nulle ; et ce quels que soient les faits, toujours en nombre fini, qui soutiennent cette dernière. En technologie, nous décidons néanmoins d'appliquer les hypothèses les mieux confirmées. Il y a donc lieu de se demander si cette décision est rationnelle au sens de la *Zweckrationalität*, c'est-à-dire de la rationalité des moyens utilisés à une fin donnée. Ne pourrions-nous pas tout aussi bien opter pour un autre critère ou même choisir nos théories de manière aléatoire ? C'est précisément pour éviter ce dilemme que Popper a été mis en demeure d'accepter une thèse inductive d'après laquelle le degré de corroboration représenterait une mesure de la vérisimilitude. Nous mettrons donc en avant le principe suivant, qui sera dénoté par $J(H, K, \triangle)$; H, K et $\triangle$ étant traitées comme des variables libres :

Soit $\triangle$ un domaine quelconque ; et soit H une hypothèse ayant surmonté les critiques les plus sévères dont elle a fait l'objet ; nous supposons, plus particulièrement, que H constitue un système à la fois unifié et systématiquement corroboré (de manière non ad hoc*) dans $\triangle$. Alors H aura, à l'avenir, moins de chances d'être mise en défaut dans $\triangle$ qu'une hypothèse K qui aurait succombé à ces mêmes critiques — qui aurait, par exemple, été empiriquement infirmée dans le domaine $\triangle$.*

Vu l'occurrence du quantificateur universel dans la proposition

$$(\forall H, K, \triangle)J(H, K, \triangle)$$

celle-ci est évidemment invérifiable. $(\forall H, K, \triangle)J(H, K, \triangle)$ est en outre infalsifiable, en vue de la locution « moins de chances » qui y figure. Le principe $(\forall H, K, \triangle)J(H, K, \triangle)$ sera dorénavant dénoté par J^*. L'induction physique, telle que décrite par le principe J^* est donc, selon la définition donnée ci-dessus, synthétique *a priori*. Nous pouvons bien sûr tenter de fonder J^* en invoquant — comme l'a fait Poincaré [Poincaré 1906, 184] — l'improbabilité des coïncidences répétées, ou en arguant, comme l'a fait Alain Boyer, de l'inexistence d'un malin génie ou de la représentativité de certains échantillons [Boyer 1997, 135]. Il nous semble cependant que ces tentatives, par ailleurs très éclairantes, reformulent le problème plutôt qu'elles ne le résolvent ; car l'inexistence d'un démon trompeur comme celle d'accidents inexplicables constitue une variante de J^*. Ceci ne veut nullement dire que les deductions du principe d'induction à partir d'autres propositions soient sans intérêt. Celles-ci pourraient bien s'avérer au moins aussi convaincantes que J^*. Toutes ces intuitions, diverses mais convergentes, auraient alors tendance à se confirmer mutuellement.

Dans le but d'élucider ce point, nous nous permettrons d'avancer deux exemples empruntés aux mathématiques pures. En logique mathématique, trois définitions ayant des connotations très différentes furent proposées pour la notion de calculabilité : celles de Gödel, de Turing et de Kleene (μ-récursivité). Que ces approches du même problème se soient révélées équivalentes soutient non seulement chacune d'elles prise séparément, mais aussi la thèse de Church selon laquelle toute fonction mécaniquement calculable est récursive [Hermes 1965, Chapitres 4 & 5]. Au début, la condition de la μ-récursivité, bien que commode, avait l'air un peu adhoc en comparaison avec les deux autres. Mais l'équivalence des trois critères une fois établie, on pouvait désormais se limiter à celui qui était le plus facile à appliquer, à savoir la ţ-récursivité. Un autre exemple nous est fourni par la théorie des ensembles. Dans la plupart des diciplines mathématiques — en algèbre tout autant qu'en topologie — le lemme de Zorn s'avère plus utile, bien que moins évident, que l'axiome du choix ou que le théorème de Zermelo. Mais comme dans le cas de la récursivité, la preuve de l'équivalence de ces trois principes renforce chacun d'eux, nous permettant ainsi d'user du lemme de Zorn en toute bonne conscience. De même, en ce qui concerne l'induction physique, l'absence du malin génie et l'improbabilité des coïncidences, celle-ci étant basée sur des considérations quasi-logiques, confortent la foi accordée au principe inductif J^*.

Revenons à Lakatos. Celui-ci admit que la différence entre sa position et celle de Popper était infime au point d'en devenir purement verbale. À partir d'un principe inductif tel que J^*, on peut conclure à la rationalité de la pratique technologique. Mais Popper avait justement démontré qu'on ne pouvait fonder l'induction sans recourir à un principe inductif du second ordre, ce qui enclenche une régression à l'infini. Lakatos en conclut que la rationalité de la technologie s'achète au prix fort, notamment celui de la non-rationalité de l'induction. Son point de vue ne diffère donc de celui de Popper qu'en ce qui concerne les niveaux auxquels la non-rationalité doit faire irruption dans les sciences : pour Lakatos, ceci a lieu sur le plan de l'acceptation d'un principe comme J^* qui fonde la pratique technologique ; et, pour Popper, au niveau de la technologie elle-même, de sorte que chaque fois que nous décidons d'appliquer une théorie, quelle qu'elle soit, nous prenons un risque existentiel. Ce que Lakatos ne pouvait pas savoir, c'est que déjà en 1931 Popper avait anticipé cette problématique et qu'il y avait apporté une solution, ou une dissolution, inductiviste :

...Nous *croyons* incontestablement à la probabilité des hypothèses. Et ce qui est presque encore plus important : notre croyance estime incontestablement certaines hypothèses plus probables que d'autres et motive cela par des raisons auxquelles on ne peut pas contester un caractère objectif... [Popper 1999, 161].

Venons-en maintenant à l'interprétation subjectiviste. La croyance subjective dans la probabilité peut être étayée par la confirmation de l'hypothèse, mais elle va au-delà de ce que peut fournir la confirmation. Elle suppose qu'une hypothèse confirmée continuera désormais à se confirmer. Il est clair que sans cette croyance nous ne pourrions pas agir et ne pourrions pas non plus vivre. [Popper 1999, 170].

En concédant la nécessité d'attribuer divers degrés de probabilité aux hypothèses, Popper était en fait allé bien au-delà de la proposition J^*. Il est de surcroît inutile d'objecter que *D.b.G.* est une œuvre de jeunesse d'un Popper qui aurait par la suite changé de point de vue. *D.b.G.* ayant été finalement publié en 1979, Popper profita de cette occasion pour pointer, au moyen de notes au bas des pages, toutes les thèses au sujet desquelles il avait modifié sa position philosophique. L'une de ces notes, très pertinente quant au problème de l'induction, porte sur le caractère que doit revêtir toute critique légitime. En 1930 Popper considérait que seule la méthode transcendantale, par opposition à la critique transcendante, était admissible. La critique transcendantale, qualifiée aussi d'immanente, possède deux composantes : la première — strictement logique — fait usage du principe de cohérence ; la seconde, empirique ou quasi-empirique, analyse la manière dont un système rend compte de sa base. Celle-ci est constituée, dans le cas d'une hypothèse scientifique M, par les falsificateurs potentiels de M. Là où M dénote une structure méthodologique, la base est l'ensemble des pratiques utilisées avec succès dans certaines sciences de la nature (Notons que des jugements de valeur singuliers portant sur certaines théories données d'avance doivent faire l'objet d'un consensus sans lequel aucun débat ne peut démarrer). Quant à la critique transcendante, elle consiste à opposer à M un énoncé M' n'ayant essentiellement à son actif qu'une seule propriété, celle d'être incompatible avec M. Par exemple : M pourrait être la dynamique de Newton, et M' la thèse cartésienne selon laquelle aucune action à distance n'est physiquement possible ; ou M pourrait être la mécanique quantique, et M' le réquisit einsteinien que les lois fondamentales doivent fournir une description complète de la réalité ; enfin M' pourrait être le dogme méthodologique selon lequel tout système scientifique doit être déterministe, alors que M admet les hypothèses statistiques pourvu que celles-ci expliquent les phénomènes de manière adéquate. Nous avons déjà noté qu'en 1931 Popper avait rejeté toute forme de critique transcendante. Mais en 1979 il avait modifié son point de vue, considérant désormais une critique transcendante, sinon comme décisive, du moins comme légitime et éclairante [Popper 1999, 74]. Il nous semble que ce changement de position prête à controverse, car il risque de transformer la critique en une activité tellement englobante qu'elle en devient amorphe. En effet, une hypothèse métaphysique arbitraire M' pourra dorénavant être regardée comme constituant une critique légitime de toute théorie M qui, tout en étant confirmée par l'expérience, aurait le malheur d'être inconciliable avec M. Quoi qu'il en soit, cette extension de la portée de la critique aurait pu nous amener à penser que Popper avait également changé d'opinion quant à la nécessité d'accepter un principe inductif : vu l'élargissement du champ de la critique, on aurait pu s'attendre à ce que, de l'avis de Popper, une théorie ayant résisté à une critique sévère n'eût plus besoin de l'induction pour être déclarée fiable. Or il n'en est rien : les passages cités ci-dessus figurent dans l'édition des *D.b.G.* de 1979 *sans aucune note au bas des pages*, et sont donc inchangés. Hasardons une conjecture, qui nous paraît néanmoins plausible. Popper s'est sans doute rendu compte que toute critique, quelque sévère qu'elle puisse être, a trait au passé et non pas à l'avenir d'une hypothèse ; d'où la nécessité de s'en tenir à l'induction, quelque faillible que celle-ci puisse être.

C. La solution radicale de David Miller

La solution du problème de l'induction proposée par D. Miller est, à notre sens, beaucoup plus radicale que celle de Popper ; et ce bien que Miller affirme avoir tiré les conséquences ultimes de la position poppérienne concernant l'induction. Il nous semble donc très important d'examiner de très près les thèses mises en avant par David Miller. Celui-ci fait une distinction tranchée entre la science et la technologie, et aussi entre les différents rôles que l'induction est supposée jouer dans ces deux disciplines.

Commençons par le cas de la science. Selon Miller :

> Il nous suffit de nous rappeler que si un agent accepte un ensemble Y de propositions, alors, qu'il en prenne conscience ou non, il accepte toutes les conséquences logiques de Y. Plus particulièrement, si l'agent accepte certaines lois de la nature ou autres généralisations spatio-temporelles — dans le présent article, qualifier une généralisation de loi n'implique pas la vérité de celle-ci — *c.à.d.*, s'il les accepte comme vraies, alors, qu'il le veuille ou non, il accepte que, sous certains aspects, l'avenir ressemblera au passé... Il n'est besoin d'aucun principe métaphysique d'induction [Miller 2002, 85. Traduction française par E.Zahar].

Il nous semble que cet argument repose entièrement sur l'ambiguité du verbe « accepter ». En l'absence de tout principe inductif, un rationaliste critique — appelons-le M.**C** — ne peut accepter une proposition universelle H ni comme vraie ni même comme vraisemblable. Avant de mettre l'hypothèse H à l'épreuve, ou avant de la faire tester par un autre savant, **C** se contentera d'*envisager ou de considérer* H. Ce n'est que si le résultat du test est négatif, *c.à.d.*, si H est empiriquement réfutée, que **C** sera tenu d'accepter la vérité de $\neg H$, c'est-à-dire la fausseté de H. Au cas où H serait confirmée par les faits et même si H est à la fois unifiée et non-adhoc, **C** s'abstiendrta de croire à la vérité et même à la vérisimilitude de H ; **C** ne se sentira donc nullement obligé d'admettre que l'avenir ressemblera au passé *modulo* H. **C** n'aura par conséquent aucune raison de faire un usage technologique de H plutôt que de n'importe quelle autre loi, que celle-ci soit corroborée ou infirmée par l'expérience. **C** n'aura droit qu'à une seule conclusion, à savoir que jusqu'à présent, H ne s'est pas révélée fausse ; tout ceci, à moins bien sûr que **C** n'ait déjà adhéré à un principe inductif tel que J^*.

Ce que nous venons d'asserter n'est que l'expression de l'orthodoxie humeo-popperienne découlant de la dissymétrie entre la réfutation et la corroboration. Et lorsque Miller prétend que « la méthode d'acceptation [d'une hypothèse] joue un rôle inéliminable dans le déductivisme, car une hypothèse ne peut être rejetée qu'après avoir été acceptée », un poppérien de notre bord ne peut que se sentir scandalisé ; à moins, bien sûr, qu'il ne se rende compte que Miller identifie explicitement 'accepter' et 'conjecturer' [Miller 2002, 97]. Cette définition quelque peu surprenante atténue considérablement le sens du mot ‘accepter’. Dans la mesure où il signifie ‘tenir provisoirement pour vrai’, même le verbe ‘conjecturer’ est loin d’être le mot juste ; il devrait en fait être remplacé par ‘considérer’ ou ‘envisager’. Il n’est aucunément nécessaire d’ajouter que pour pouvoir tester une hypothèse H, il faut qu’on l’ait auparavant envisagée et même comprise. Bien sûr, beaucoup de physiciens croient que leurs conjectures sont vraies ou, à tout le moins, qu’elles ne seront pas réfutées par l’expérience ; mais ni le déroulement du test ni la nature de son résultat ne devraient dépendre — psychologiquement ou logiquement — de cette croyance. Après tout, un théoricien pourrait demander à un expérimentateur — dont l’attitude vis-à-vis de l’hypothèse H est neutre — de mettre celle-ci à l’épreuve.

Essayons maintenant de montrer, d’une manière formelle, pourquoi un principe tel que J^* est incontournable. Soient H et K deux théories qui entrainent respectivement les généralisations $(\forall \underline{x}, t)[A(\underline{x}, t) \rightarrow C(\underline{x}, t)]$ et $(\forall x, t)[B(\underline{x}, t) \rightarrow C(\underline{x}, t)]$, où $(\underline{x}, t)$ dénote des coordonnées spatio-temporelles. Nous supposerons que A, B et C sont des prédicats observationnels, mais que contrairement à $C(\underline{x}, t)$, $A(\underline{x}, t)$ et $B(\underline{x}, t)$ peuvent être réalisés à volonté en tout point de l’espace-temps. Soit $\triangle$ un domaine dans lequel K a été réfutée par la vérification de $[B(\underline{x}_0, t_0) \wedge \neg C(\underline{x}_0, t_0) \wedge B(\underline{x}_1, t_1) \wedge \neg C(\underline{x}_1, t_1) \wedge \ldots \wedge B(xn, tn) \wedge \neg C(\underline{x}_n, t_n)]$, alors que Hy a, par contre, été corroborée par $[A\underline{y}_0, t_0 \wedge C(y0, t0) \wedge A(\underline{y}_1, t_1) \wedge C(\underline{y}_1, t_1) \wedge \ldots \wedge A(\underline{y}_n, t_n) \wedge C(y_n, t_n)]$. Considérons l’avenir, c’est-à-dire un instant $t\prime$ tel que $t\prime > Max(t_0, t_1, \ldots, t_n)$; et supposons que notre but est de voir $C(\underline{x}\prime, t\prime)$ se produire au point $(\underline{x}\prime, t\prime)$, où $(\underline{x}\prime, t\prime) \in \triangle$. La question se pose de savoir si nous devons appliquer H ou bien K, *c.à.d.*, réaliser $A(\underline{x}\prime, t\prime)$ ou $B(\underline{x}\prime, t\prime)$. Comme l’indique Popper dans la citation ci-dessus, une personne normale attribuera à H un degré de probabilité plus élevé que celui de K ; elle refusera donc intinctivement de se fier à l’hypothèse K et s’attendra à ce que celle-ci soit à nouveau falsifiée au point (x̲’, t’). En d’autres termes : nous prenons la proposition universelle R comme allant de soi, R étant définie par $R \equiv_{Def.} (\forall x, t)[((x, t) \in \triangle) \wedge B(\underline{x}, t)) \rightarrow \neg C(\underline{x}, t)]$. C’est précisément pour cette raison que Popper considère une théorie scientifique comme étant falsifiable, non pas par un seul énoncé de base, mais par une conjonction de celui-ci avec une une hypothèse de bas niveau telle que R. Cette dernière n’est cependant pas vérifiée mais simplement confirmée par les $[B(\underline{x}_j, t_j) \wedge \neg C(\underline{x}_j, t_j)]$. Sans l’appui d’un principe inductif, nous n’avons donc aucune raison d’accepter R comme vraie et ne pourrons donc jamais réfuter une conjecture scientifique, quelle qu’elle soit. Ce qui plus est : par elle-même, la falsification de K au moyen de $[B(\underline{x}_0, t_0) \wedge \neg C(\underline{x}_0, t_0), B(\underline{x}_1, t_1) \wedge$

$\neg C(\underline{x}_1, t_1) \wedge \ldots \wedge B(\underline{x}_n, t_n) \wedge \neg C(\underline{x}_n, t_n)]$ n'entraine ni ne probalifie l'énoncé $[B(\underline{x}\prime, t\prime) \rightarrow \neg C(\underline{x}\prime, t\prime)]$. Par conséquent, rien ne nous empêche de faire usage de K plutôt que de H, c'est-à-dire d'actualiser non pas $A(\underline{x}\prime, t\prime)$ mais $B(\underline{x}\prime, t\prime)$, et puis d'attendre que $C(\underline{x}\prime, t\prime)$ se produise.

Selon Popper, le choix de H serait néanmoins « 'rationnel' au sens le plus évident que l'on puisse à ma connaissance donner à ce mot : la théorie la mieux testée est celle qui, à la lumière de notre *discussion critique*, apparaît être jusqu'à présent la meilleure, et je ne connais rien de plus rationnel qu'une discussion critique bien conduite » [Popper 1991, 66]. Mais Popper se rétracte ensuite en ajoutant : « . . . il est de la plus haute importance pour la compréhension de l'ensemble du problème, et notamment de ce que j'ai appelé le problème traditionnel, de réaliser que, en dépit du caractère 'rationnel' du choix de la théorie la mieux testée comme base de l'action, ce choix *n'est pas* 'rationnel' au sens où il serait fondé sur de *bonnes raisons* de s'attendre à ce qu'il aboutisse à une réussite pratique : en ce sens-là, *il ne peut pas exister de bonnes raisons* ; et c'est précisément cela le résultat de Hume » [Popper 1991, 67].

Ces deux passages sont cités par Miller — mais dans l'ordre inverse de celui dans lequel ils figurent dans *La connaissance objective*. Nous pouvons en conclure que le second passage ci-dessus représente la position définitive de Popper concernant le problème de l'induction. Il n'en reste pas moins que nous avons là deux thèses donnant lieu à une confusion due à l'ambiguité de l'adjectif 'rationnel'. À moins de vouloir changer le sens de ce mot, Popper nous semble manquer quelque peu de candeur. L'usage fait — en technologie — d'une théorie peut être qualifié de rationnel seulement s'il est *zweckrational* ; c'est-à-dire si une liaison peut être établie entre la critique dont la théorie a fait l'objet et les chances de succès de celle-ci *au niveau de la pratique*. Cette possibilité ayant été définitivement écartée par Popper, celui-ci admet qu'il est en principe impossible d'aller au-delà des conclusions de Hume ; mais il avait déjà subrepticement modifié le sens du mot 'rationalité', donnant ainsi l'impression d'avoir résolu le problème de l'induction. Or David Miller nous invite à accepter cette 'solution' comme telle. Nous nous permettrons d'illustrer l'invalidité de cette argumentation au moyen d'un exemple qui, tout en étant simpliste, a le mérite d'être concret : un acheteur, qui préfère le rouge à toutes les autres couleurs, se propose d'acquerir un véhicule mécaniquement fiable ; le vendeur lui offre un choix entre deux automobiles, l'une rouge et l'autre noire, sans pouvoir se prononcer sur la fiabilité de l'une ou de l'autre de ces deux voitures. Vu les préférences esthétiques de l'acheteur, il trouvera 'rationnel' d'opter pour le véhicule rouge. Cette rationalité n'a pourtant rien à voir avec son but prioritaire, notamment celui de réduire au minimum les risques de panne ; au cas où il aurait préféré la couleur noire, son choix aurait été différent, et ce tout aussi rationnellement. Faisons maintenant abstraction de tout principe inductif tel que J^* : 'rouge' et 'noir' pourraient alors être remplacés par 'écrit en vers' et 'écrit en prose' respectivement ; quant aux deux voitures, l'une pourrait représenter une hypothèse écrite en vers mais empiriquement réfutée, et l'autre une théorie à la fois écrite en prose et confirmée par l'expérience. En l'absence de toute supposition inductive, rien ne nous permet de juger l'un des deux systèmes plus fiable que l'autre.

Cela étant dit, nous pensons toujours que dans *la science théorique*, seule la notion de verité-correspondance joue un rôle essentiel en tant qu'idée régulatrice. Un scientifique pourrait, s'il le voulait, se passer de tout principe inductif et attribuer différents degrés de corroboration aux hypothèses sans pour autant se prononcer sur les performances futures de celles-ci. Une proposition K ayant été réfutée par l'expérience, le seul fait dont le théoricien doit tenir compte est que K est fausse. Son but étant de rechercher la vérité, il est tenu soit de modifier K soit de repartir à zéro. À ce stade, il n'est donc guère besoin de principe d'induction. Mais les démarches ultérieures du savant seront normalement motivées par des estimations de vérisimilitude ; il lui serait déconseillé de travailler sur un programme de recherche qui serait passé par plusieurs phases dégénératives, la dernière étant justement la falsification empirique de K. D'habitude, une telle détérioration indique que le noyau dur d'un système — la dynamique aristotélicienne, l'hypothèse du phlogistique ou même les lois de Newton — est erroné, ce qui pourrait rendre compte des échecs répétés du programme. Par exemple : un physicien moderne serait mal avisé de vouloir ressusciter l'astronomie géocentrique plutôt que de développer une variante de la cosmologie einsteinienne. Il n'en reste pas moins que pour un théoricien, l'adoption d'un principe tel que J^* est facultatif ; après avoir réfuté une conjecture K, il lui est loisible de faire ce que bon lui semble, à condition bien sûr d'éviter tout conflit avec l'expérience. David Miller refuse néanmoins d'admettre qu'il en va tout autrement de la technologie, dont nous devons maintenant examiner le caractère particulier.

D. Y a-t-il vraiment une différence entre la science et la technologie ?

Sous le titre 'Science appliquée' Miller affirme, dans 'Induction : a Problem Solved' :

> Étant donné les conditions initiales selon lesquelles le prédicat A est satisfait en un point spatio-temporel k, l'agent peut user de la généralisation $[(\forall k)(Ak \rightarrow Ck)]$ pour conclure que C est satisfait au point k. Mais pour atteindre ce but, il lui faut connaître non seulement la généralisation $(\forall k)(Ak \rightarrow Ck)$, mais aussi la condition initiale Ak. Or il devrait être clair que si Ck représente le but connu de l'agent, alors la généralisation qui pourrait lui donner des instructions quant à la méthode à suivre est de la forme $(\forall y)(Cy \rightarrow Ay)$ plutôt que de celle de $(\forall y)(Ay \rightarrow Cy)$. Et pourtant, il est rare qu'une condition antérieure A soit nécessaire pour qu'un évènement C se produise. Par contre, les conditions suffisantes abondent, mais elles sont inconnues... Il est plus probable que l'agent sera au courant de toute la science du monde mais non pas d'une seule généralisation ayant le conséquent requis C... Demandez à un ingénieur diplomé « Quel est votre domaine de recherche ? », et il vous rappellera que la technologie est une toute autre affaire que la science pure. Ce qui est du ressort de la technologie (et de l'acion pratique de toute sorte) n'est pas la formulation et l'évaluation critique des généralisations, mais la formulation et l'évaluation critique des conditions utiles ou des projets... Les lois fondamentales et les généralisations sont prises comme allant de soi... De toute façon, les solutions sont conjecturales, et elles ne sont ni entrainées ni même suggérées par notre savoir scientifique.
>
> Ces considérations banales, tautologiques, n'impliquent pas que le savoir scientifique est inutile à la technologie. Au contraire : ce qu'elles indiquent, c'est que lorsque les théories sont appliquées pratiquement, elles le sont, non pas positivement, mais négativement. Les théories ne prescrivent rien, elles proscrivent [Miller 2002, 89. Traduction française par E. Zahar].

Loin d'être tautologiques ou banales, les conclusions tirées par Miller nous paraissent hautement sujettes à controverse. La thèse selon laquelle le technologue est conscient du but poursuivi — décrit par le conséquent C de $(\forall x,\, t)[A(x,\, t) \to C(x,t)]$ — alors que l'antécédent A reste inconnu, nous semble revenir à dire ceci : un système S et un énoncé $C(x,\, t)$ étant donnés, il est impossible de décider, d'une manière mécanique ou récursive, s'il existe une formule $A(x,t)$ telle que $[H \to (\forall x,\, t)(A(x,t) \to C(x,t))]$, $A(x,t)$ étant requise d'être effectivement réalisable en tout point $(x,\, t)$. Notons premièrement que la même conclusion s'applique à la formule $(\forall x,\, t)[C(x,\, t) \to A(x,t)]$ avancée par Miller, c'està-dire à $(\forall x,\, t)[\neg A(x,t) \to \neg C(x,t)]$; d'où il résulterait qu'à l'opposé de $\neg C$, $\neg A$, et donc A aussi, sont inconnues ; deuxièmement, que dans cette formulation l'accent doit être mis sur le mot 'récursive'. Vu l'indécidabilité du calcul des prédicats, cette thèse pourrait bien être vraie ; mais elle ne tire pas à conséquence, puisqu'une telle indécidabilité n'a jamais empêché les scientifiques ou les mathématiciens de forger des démonstrations valides. En outre, l'objection de Miller va à l'encontre non seulement de la technologie mais aussi de la notion même de la testabilité des lois, que celles-ci soient théoriques ou appliquées. Duhem nous a déjà fait remarquer qu'une hypothèse H n'est testable que dans le contexte d'un système S englobant, certaines composantes de S ayant pour objet de décrire le fonctionnement des instruments employés au cours d'une application ou d'une mise à l'épreuve de H. L'une des tâches créatives, voire novatrices, d'un expérimentateur **E** consiste précisément à tirer de S une conséquence de la forme $(\forall \underline{x},\, t)[A(x,t) \to C(\underline{x},t)]$, où les prédicats A et C sont tels que A et C sont observables, et A pratiquement réalisable.

Et ce n'est qu'après avoir été corroborée par des énoncés de la forme $[A(\underline{x}_j,\, \underline{t}_j) \wedge C(\underline{x}_j,\, \underline{t}_j)]$ et avoir résisté à la critique la plus sévère — par exemple, en s'avérant non-adhoc — que H pourra être utilisée à des fins pratiques. Nous avons déjà montré que celles-ci passent par la déduction, à partir du système S, de propositions de la forme $(\forall x,\, t)[A'(x,t) \to C'(x,t)]$, A' et C' ayant des proprétés similaires à celles de A et C respectivement [Il n'y a d'ailleurs aucune raison pour que nous n'ayons pas $A' \equiv A$ et $C' \equiv C$]. Miller note, à juste titre d'ailleurs, qu'en général le technologue prend soit S soit la généralisation $(\forall \underline{x},\, t)[A'(\underline{x},\, t) \to C'(\underline{x},\, t)]$ comme allant de soi ; mais en tant qu'anti-inductiviste pointilleux, Miller aurait dû ajouter que le technologue n'a pas droit à cette croyance ; car celle-ci ne peut se fonder que sur l'induction, puisque $(\forall \underline{x},\, t)[A'(\underline{x},\, t) \to C'(\underline{x},\, t)]$ n'est que confirmée et non pas vérifiée par l'expérience ou par la critique. Bien sûr, un principe tel que J^* s'avère à son tour injustifiable, mais seulement dans le sens tout à fait banal où toute prémisse est présupposée plutôt que justifiée par un raisonnement, puisque c'est bien celui-ci qui se fonde sur celle-là. De même, bien qu'indémontrable, l'induction est précisément ce qui nous permet d'évaluer les lois dont nous nous proposons de faire un usage technique. En l'absence de tout principe inductif, il n'existe donc entre le technologue d'une part, et le physicien qui teste une hypothèse $(\forall \underline{x}, t)[A(x, t) \rightarrow C(\underline{x}, t)]$ de l'autre, qu'une différence psychologique : le premier ne doute pas que, A une fois réalisé, C se produira immanquablement, alors que le second demeure agnostique quant au résultat d'une telle expérience. Par conséquent, un poppérien ayant véritablement abjuré l'induction se doit de tenir toute application d'une hypothèse, aussi confirmée fût-elle, pour un test, chaque fois renouvelé, de celle-ci. Miller n'est donc pas en mesure de distinguer entre la science et la technologie. Sa position entraine que les applications, tout autant que les tests, n'entretiennent qu'un rapport négatif avec les théories scientifiques ; ce qui nous semble être une conclusion irrecevable.

Il est donc temps que nous examinions le rôle, pour ainsi dire heuristique et positif, de la science vis-à-vis de la technologie. D'après Miller :

> ... ce serait une fantaisie déductiviste (sans parler d'une insulte faite aux inventeurs de génie) que de suggérer que ces inventions sont suggérées, sauf de la façon la plus rêveuse et la moins praticable, par les lois qui les expliquent *post hoc.*
>
> ... Cette doctrine (baconienne) confond, de manière perverse, science et technologie, occultant ainsi la relation authentique entre ces deux disciplines. Comme plusieurs auteurs... l'ont déjà observé, pour la plus grande partie de leurs histoires, la science et la technologie ont évolué indépendamment l'une de l'autre ; bien que la science ait parfois profité de certaines avancées technologiques (par exemple, en ce qui concerne le polissage des loupes), peu de résultats ont été obtenus dans le sens inverse... La réponse toute simple (qui n'a pas été donnée par les auteurs déjà mentionnés) est que la science n'a pas grand chose à contribuer au progrès de la technologie, sauf pour ce qui est de la critique ; et que celle-ci peut toujours être, en principe, remplacée par une critique empirique plutôt que théorique ; *c.à.d.*, par des tests pratiques [Miller 2002, 92. Traduction française par E. Zahar].

Les thèses — à notre sens, outrancières — mises en avant dans ce passage ne devraient pas être attribuées à Popper, selon lequel nous devons et donc pouvons agir selon nos hypothèses les mieux corroborées ; ce qui sous-entend que les théories entretiennent un rapport positif avec la technologie [Popper 1991, 66]. De toute façon, d'après Popper, la science n'est que du bon sens écrit en gros caractères. Par conséquent, même si la technologie pouvait être regardée comme une discipline bien démarquée des autres, elle devrait se situer quelque part entre le sens commun et la science théorique. En d'autres termes : les technologues se trouvent quelque part entre les 'amibes' et Einstein, et ils paraissent être bien plus près de celui-ci que de celles-là. À en croire Popper — et il nous semble que nous devons le croire — toutes les espèces vivantes usent essentiellement de la même méthode, celle des essais et des erreurs ; ce qui d'ailleurs n'exclut nullement que les essais puissent être guidés par l'expérience passée. Donnons quelques exemples illustrant l'unité de méthode de toutes nos connaissances empiriques. La loi selon laquelle le feu est créé, au bout d'un intervalle de temps plus ou moins bien délimité, par le frottement de deux pièces de bois d'une certaine espèce, constitue une généralisation scientifique, bien que d'un niveau plutôt modeste. Il en est de même de la proposition que la chaleur ramollit le fer. Et il nous paraît impossible de cerner une différence fondamentale entre de telles généralisations et les lois 'scientifiques' de Mariotte ou de Hooke. Ces énoncés sont tous de la même forme et sont tous mis à l'épreuve, puis acceptés ou rejetés, de la même manière.

Quant à la thèse selon laquelle la science jouerait un rôle purement négatif vis-à-vis de la technologie, elle nous semble être tout aussi fausse. Bien sûr, à en croire certains ingénieurs, « la technologie est une affaire tout autre que la science pure », et d'après Rutherford, « quiconque s'attend à trouver une source d'énergie à partir de l'altération [des noyaux d'atomes] se berce d'illusions ». Mais de telles assertions n'ont véritablement qu'une teneur psychologique. Notons que la remarque de Rutherford a par la suite été réfutée ; et la seule question pertinente est de savoir si les lois fondamentales de la physique font fonction de prémisses essentielles à la dérivation des résultats applicables à la réalité. Or la réponse ne peut être qu'affirmative, car l'omission de ces lois de l'ensemble des hypothèses présupposées dans de telles dérivations invaliderait celles-ci. Que certaines théories soient prises comme allant de soi par les ingénieurs ne veut nullement dire qu'elles cessent pour autant de jouer un rôle indispensable dans la détermination des résultats empiriques ; ni par ailleurs qu'elles éviteront toujours d'être infirmées, ne fût-ce qu'indirectement, par l'expérience. Il nous suffit de citer les lois newtoniennes qui, tout en étant réfutées, sont toujours appliquées au mouvement de tout corps animé d'une vitesse faible par rapport à celle de la lumière.

Il y a pourtant lieu de se demander, d'un point de vue psychologique, si les lois fondamentales ont de fait suggéré aux savants d'importantes applications pratiques. Il nous semble qu'à cette question il n'existe pas de réponse unique. Plusieurs dispositifs mécaniques étaient évidemment connus bien avant la découverte des lois de Newton ; et il fut ensuite question de savoir si celles-ci étaient en mesure d'expliquer, plutôt que de s'avérer simplement compatibles avec ces techniques devenues familières. La relation recherchée était donc celle de l'implication, et non pas seulement de la consistance logique. Par exemple : la loi de conservation de l'énergie, qui est au fondement de presque toutes les applications technologiques, fut découverte indépendamment de la science newtonienne. Par la suite, la conservation de l'énergie — mécanique — fut toutefois non seulement conciliée avec les lois de Newton mais déduites de celles-ci ; et ce grâce à la constance de toute fonction hamiltonienne ne contenant pas le temps comme variable indépendante.

D'autres exemples montrent cependant que dans beaucoup de cas, ce fut la théorie sous-jacente elle-même qui suggéra ses propres applications au monde physique. Considérons la loi de l'induction électromagnétique qui entraîne la généralisation suivante : une variation du flux d'un champ magnétique **B** à travers une surface entourée par un fil métallique donne naissance à un courant électrique dans celui-ci. Cette proposition que l'on pourrait, en simplifiant un peu, mettre sous la forme $(\forall k)[A(k) \rightarrow C(k)]$, fait partie de la théorie de Faraday et elle découle aussi des équations de Maxwell ; c'est enfin elle qui nous permet de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique ; car si nous arrivons à modifier le flux de **B** , c.à.d., si nous réalisons A, C s'ensuivra, et de l'énergie électrique sera alors créée. Avant de passer à l'action, nous devons bien sûr nous assurer qu'il est en notre pouvoir de faire varier le flux de **B** mécaniquement, par exemple en déplaçant un aimant par rapport à un fil métallique. Il serait néanmoins tout à fait erroné de prétendre que c'est cette dernière connaissance, tout aussi pratique que banale, plutôt que les hypothèses de Faraday et de Maxwell qui aurait suggéré ou rendu possible une grande percée technologique ; notamment la création de l'électricité au niveau industriel. Il est enfin clair que l'équation $?\mathbf{E}.dl = -?\Phi/dt$ joue le rôle positif d'une prémisse essentielle pour le calcul de l'intensité du courant.

Un second exemple est également fourni par la théorie de Maxwell. Que les équations du champ électromagnétique se soient révélées non-covariantes au sens de Galilée et que Maxwell ait été l'un des premiers savants à suggérer un moyen pratique pour la détection du mouvement prétendument absolu de la terre, ne nous paraît pas fortuit. Ce qui servit de guide à Maxwell, ce fut la structure mathématique de ses équations et surtout l'occurrence dans celles-ci de la vitesse de la lumière c qui, vu la transformation galiléenne, ne pouvait être constante que par rapport à l'éther. On dut bien sûr attendre certains progrès techniques, c.à.d., l'élaboration de plusieurs hypothèses auxiliaires, avant de mettre au point un interféromètre aussi précis que celui de Michelson ; ce qui d'ailleurs illustre, encore une fois, la thèse de Duhem concernant la nécessité des lois régissant le fonctionnement de nos instruments de mesure. Michelson eut ainsi la tâche de tester les prévisions de Maxwell après la mort de ce dernier. L'interféromètre fut tenu pour une grande réussite technologique, son rôle principal étant de nous faire savoir si la terre était immobile par rapport à l'éther ou si elle entrainait celui-ci dans son mouvement. Et de même que les technologues prennent certaines lois comme allant de soi, les physiciens de l'époque n'avaient guère douté du fait 'évident' que tout mouvement ondulatoire présupposait un milieu — dénommé 'éther' — pour la transmission des ondes. Personne ne s'attendait à ce que le résultat de cette expérience non seulement rendît l'éther superflu, mais aussi amenât plusieurs grands scientifiques à renoncer aux lois de Newton et ainsi à la physique classique. Encore une fois, la distinction entre application pratique et mise à l'épreuve d'une hypothèse s'avère très floue.

Passons maintenant à la fameuse équation d'Einstein « $E = mc^2$ » déduite des postulats de la Relativité restreinte. Cette loi se révéla révolutionnaire sous deux aspects. D'abord, elle établit que loin de constituer un simple mode d'être de la substance, l'énergie faisait corps avec celle-ci ; ensuite que, la somme de ces deux entités devant être conservée, la masse pouvait et même devait parfois se transformer en énergie ; et vice-versa. Au cours du 19^e siècle, certains savants s'étaient demandés si les réactions chimiques pouvaient entrainer un gain ou une perte de poids. Des expériences furent effectuées, mais sans résultat positif. On en conclut que la loi de Lavoisier concernant la conservation de la matière avait, encore une fois, été confirmée. Cette situation changea de fond en comble après 1905. On se rendit alors compte que l'équation « $E = mc^2$ » jouissait de deux avantages épistémologiques : premièrement, elle découlait tout naturellement des axiomes de base d'une théorie déjà hautement corroborée, notamment la Relativité restreinte ; deuxièmement, la présence de c^2, c.à.d., d'un facteur d'un très grand ordre de grandeur dans cette relation pouvait expliquer les résultats négatifs des expériences passées ; car $(1/c^2)$ étant un coefficient négligeable, les prévisions avaient sans doute été au-dessous du seuil d'observabilité. Mais comme la radioactivité avait déjà été découverte, Einstein conjectura — dès 1907 — que dans le cas des substances radioactives, « $E = mc^2$ » pouvait en principe entrainer certains effets détectables. Il se rendit en outre compte que la quantité $(M-?m)/M$ — qui intervient toujours dans les lois régissant le fonctionnement des réacteurs atomiques — allait jouer un rôle essentiel dans les prévisions empiriques. Par opposition à David Miller, nous pouvons donc conclure que « $E = mc^2$ » suggéra aux savants, et ce d'une manière bien autrement que rêveuse, la possibilité de certaines applications techniques. Einstein admit, il est vrai, n'avoir pas prévu que l'énergie atomique serait exploitée de son vivant mais « seulement cru que cela était théoriquement possible ». Ceci ne signifie pourtant pas que son équation fût soudain devenue une prémisse superflue, surtout dès qu'il s'agit de déterminer l'ordre de grandeur de l'énergie libérée au cours d'une explosion atomique. La phrase que nous venons de citer nous rappelle simplement que des hypothèses supplémentaires étaient requises pour que la mise au point de la bombe atomique devînt possible ; par exemple, les lois régissant les réactions en chaine et la fission des atomes. Encore une fois, en des termes un peu pédants : on nous enjoint de prendre en compte le problème de Duhem-Quine, à savoir que dans les tests tout autant que dans les applications d'un système théorique, plusieurs hypothèse entrent en jeu ; ce qui d'ailleurs sous-entend qu'aucune de celles-ci ne peut être omise de la déduction du résultat empirique, du moins telle que présentée par le savant.

Tournons-nous maintenant vers la Relativité Générale, qui montre à quel point la distinction entre l'expérimentateur ou le technologue d'une part, et le théoricien de l'autre, est artificielle. On peut en effet soutenir qu'Einstein fut le premier physicien à confirmer, voire à mettre en pratique sa propre hypothèse gravitationnelle. Il est vrai qu'il n'effectua aucune expérience nouvelle ; mais c'est qu'il n'en avait nullement besoin puisqu'il se savait tenu d'expliquer la précession du périhélie de Mercure, dont la trajectoire avait déjà été décrite empiriquement. Nous référant à la formule $(\forall k)[A(k) \rightarrow C(k)]$, nous pouvons dire que le conséquent $C(k)$ lui était familier ; quant à l'antécédent $A(k)$, il consistait en certaines conditions aux limites, telle la symétrie sphérique du champ créé par le soleil, ce dernier étant assimilé à un point matériel ou à une sphère homogène ; enfin la théorie H est constituée par les équation du champ gravitationnel. La tâche la plus difficile — et la plus novatrice — à laquelle le grand physicien se trouvait confronté était donc d'ordre logico-mathématique ; celle notamment d'inférer $[A(k) \rightarrow C(k)]$ à partir de H. Nous savons que Schwarzschild fut le premier à déterminer une solution exacte de H, sujette aux conditions que nous venons de décrire ; mais une solution approchée, déjà trouvée par Einstein, avait suffi à rendre compte du mouvement de Mercure.

Un dernier exemple illustrant le rapport *positif* entre la théorie et la pratique est celui de la découverte de l'ADN et de celle de l'ingéniérie et des empreintes digitales dites génétiques.

Nous nous arrêterons là, tout en tirant des conclusions d'ordre général. Premièrement : plusieurs propositions de la forme $(\forall x,\, t)[A(x,\, t) \to C(x,t)]$ se trouvent être effectivement déduites à partir de la théorie H, ou plutôt à partir d'un système S plus englobant que H ; de sorte que nous avons : $\vdash [S \to (\forall x,\, t)(A(x,\, t) \to C(x,t))]$. Il est vrai que dans le cas des applications pratiques mais non pas d'une mise à l'épreuve de S, C est connu d'avance ; mais il s'agit là d'une différence négligeable, qui rend par ailleurs la tâche du technologue moins difficile que celle de l'expérimentateur ; puisque celui-ci doit déterminer à la fois l'antécédent A et le conséquent C de manière à ce que C soit observable et A réalisable à volonté. Deuxièmement : qualifier le rapport de la science à la technologie de négatif ou de purement critique est faux, sauf dans un sens tout à fait banal : identifiant S et H, puis définissant $G \equiv_{Df.} (\forall \underline{x},\, t)[A(\underline{x},\, t) \to C(\underline{x},\, t)]$, nous pouvons réécrire $[H \to (\forall \underline{x},\, t)(A(\underline{x},\, t) \to C(x,t))]$, c'est-à-dire $[H \to G]$, sous la forme $\neg[H \wedge \neg G]$. Celle-ci pourrait être interprétée comme assertant que H exclut, ou 'proscrit', $\neg G$. Notons toutefois que c'est G et non pas $\neg G[\equiv\ (\exists \underline{x},\, t)(A(\underline{x},\, t) \wedge \neg C(\underline{x},\, t))]$, qui constitue une généralisation scientifique ; de sorte que H exclut non pas une loi scientifique, mais un énoncé existentiel. Bien sûr, comme $\vdash\ [(\forall \underline{x},\, t)(A(\underline{x},\, t) \to C(\underline{x},\, t)) \to (A(\underline{x}_0,\, t_0) \to C(\underline{x}_0,\, t_0))]$, nous pouvons aussi conclure que $\vdash [H \to (A(\underline{x}_0,\, t_0) \to C(\underline{x}_0,\, t_0))]$; c'est-à-dire $\vdash \neg[H \wedge (A(\underline{x}_0,\, t_0) \wedge \neg C(\underline{x}_0,\, t_0))]$; de sorte que H 'proscrit' l'évènement unique $[A(\underline{x}_0,\, t_0) \wedge \neg C(\underline{x}_0,\, t_0)]$. Mais nous aurions tout aussi bien pu réaliser $A(\underline{x}_0,\, t_0)$; H aurait alors 'prescrit' $C(\underline{x}_0,\, t_0)$, c'est-à-dire le seul état de choses qu'il nous importe d'actualiser. Il nous semble enfin erroné de croire que de telles finasseries logiques, dont le but est de distinguer — artificiellement — entre 'prescrire' et 'proscrire', soient de nature à élucider le rapport véritable entre la science et la technologie.

E. L'induction : proposition ou précepte ?

David Miller semble avoir anticipé notre critique, car malgré son refus de tout principe inductif, il ressent — d'ailleurs à juste titre — le besoin d'adjoindre à sa méthodologie l'injonction suivante :

> Tout ce que nous sommes en droit d'inférer à partir du rapport que T_1 a été réfuté empiriquement alors que T_2 ne l'a pas été (en conjonction avec notre préférence pour la vérité par opposition à la fausseté) n'est pas que T_2 doit être préféré à T_1, mais que T_1 ne doit pas être préféré à T_2. Aucune tentative n'est faite pour justifier cette thèse, mais il est manifeste

> qu'il n'est besoin d'aucune justification. Quiconque nierait cette thèse s'exposerait immédiatement à une critique meurtrière [Miller 2002, 99. Traduction française par E. Zahar].

Dans la mesure où notre but est de choisir une hypothèse ayant des chances d'être vraie, nous ne pouvons qu'être d'accord avec David Miller : après avoir réfuté T_1 et nous être ainsi rendu compte que T_1 est fausse, il nous devient impossible de préférer T_1 à une proposition irréfutée, quelle que soit celle-ci. Démontrons néanmoins que ce choix pourrait être inversé dès lors qu'il s'agit de faire un usage pratique d'une théorie. Il est alors difficile d'apprécier ce que l'on gagne à remplacer « T_2 devrait être préféré à T_1 » par l'injonction négative « T_1 ne devrait pas être préféré à T_2 ». Après tout, dans la plupart des cas, nous devons opter pour l'une parmi un nombre fini d'hypothèses T_1, T_2 , etc. qui donnent lieu à des démarches technologiques incompatibles, et dont une seulement — soit T_2 — est confirmée par les faits ; de sorte que « ne pas préférer T_1, T_3, ... » revient à préférer T_2. Nous pouvons maintenant établir que l'injonction de Miller pourrait nous conduire à faire le mauvais choix parmi les théories applicables. Considérons en effet une loi T_1 donnée sous forme d'une fonction C_1 passant par les points $P_1,\ldots,P_n$, mais non pas par le point Q, celui-ci se trouvant bien en dehors de l'intervalle $\triangle$ défini par $P_1,\ldots, P_n$; où $P_1,\ldots, P_n$ et Q représentent des résultats d'expérience. T_1 est donc réfutée par Q. Nous supposons que T_1 est confirmée, et ce de manière non-adhoc, par $P_1,\ldots, P_n$. Il se peut même que dans $\triangle$, C_1 soit empiriquement indiscernable de la 'vraie' courbe C*. Par exemple : T_1 pourrait être la loi $\delta u_\nu = 8\pi kT\nu \wedge 2\delta\nu/c \wedge 3$ de Rayleigh-Jeans, où δu_ν désigne la densité de l'énergie spectrale, T la température absolue, et ν la fréquence. Cette loi est confirmée pour des valeurs de ν basses par rapport à T, et réfutée pour des valeurs élevées de ν. [Sears & Salinger 1975, §13–3]. Revenons au cas général : construisons une courbe C_2 formée par une ligne brisée assujettie à la seule condition de passer par les points $P_1,\ldots, P_n$ et Q. Désignons par T_2 la loi représentée par C_2. À l'opposé de T_1, T_2 subsume toutes les données obsevationnelles, et elle est donc irréfutée. Il nous semble toutefois évident que pour ce qui est du domaine $\triangle$, nous devrions nous fier à T_1 plutôt qu'à T_2. Il est bien sûr probable qu'immédiatement après avoir été émise, T_2 se trouve réfutée par l'expérience ; mais nous pouvons tout aussi immédiatement construire une autre courbe en zig-zag, et ce au moyen du même procédé et aboutissant aux mêmes conclusions méthodologiques. On pourrait nous objecter que personne ne songerait à envisager une hypoyhèse aussi artificielle que T_2 et qu'il n'y a donc pas lieu d'en parler ; ce à quoi nous aurions répondu : la construction de C_2 pourrait bien faire partie de la solution d'un exercice d'analyse mathématique pure ; et si T_2 n'est pas prise au sérieux comme loi de la nature, c'est précisément parce que nous croyons viscéralement à l'induction. Ce qui importe donc, ce n'est pas le fait *négatif* que T_2 est irréfutée mais celui de savoir *positivement* si, dans $\triangle$, T_j a vraiment été confirmée par l'expérience. La réponse étant décidément positive dans le cas de T_1 mais non pas dans celui de T_2, nous déciderons d'appliquer T_1 et non pas T_2. Cet exemple montre, une fois pour toutes, l'impossibilité de faire l'économie d'un principe inductif tel que J^*.

Rappelons toutefois que J^* est synthétique *a priori* non pas au sens de Kant mais à celui — faillibiliste — de Popper ; car, selon Kant, tout principe *a priori* est nécessaire et donc nécessairement vrai ; alors que J^*, tout en n'étant ni réfutable ni vérifiable, pourrait bien être faux ; et ce bien que nous soyons incapables de nous en rendre compte.

Bibliographie

Boyer, Alain

1997 Induction as Fairness, *in* [E. Zahar, 1997 *Leçons d'épistémologie*, Palaiseau : Imprimerie de l'École Polytechnique, 1997 ; Appendice 1].

Duhem, Pierre

1906 *La théorie physique, son objet, sa structure*, Paris : Marcel Rivière, 1914.

Hermes, Hans

1965 *Enumerability, Decidability, Computability*, Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 1965.

Lakatos, Imre

1978 *Philosophical Papers 1*, Cambridge : Cambridge University Press, 1978.

Miller, David

2002 Induction : a Problem Solved, in [J.M.Böhm, H.Holweg und C. Hoock eds., 2002 *Karl Poppers kritischer Rationalismus heute*, Tübingen :Mohr Siebeck, 2002 ; 81-106].

Poincaré, Henri

1906 *La valeur de la science*, Paris : Flammarion, 1906.

Popper, Karl Raimund

1972 *Objective Knowlwdge*, Oxford : Clarendon Press, 1979. Traduction française par Jean Jacques Rosat : 1991 *La connaissance objective*, Paris : Aubier, 1991.

1979 *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnistheorie*, Tübingen : Mohr Siebeck, 1979. Traduction française par Christian Bonnet : 1999 *Les deux problèmes fondamentaux de la théorie de la connaissance*, Paris : Hermann, 1999.

Quine, Willard van Orman

1953 Two Dogmas of Empiricism, *in* [W.v.O Quine, 1953 *From a Logical Point of View*, Cambridge (Mass.) : Harvard University Press, 1953 ; 20-46].

Sears, Francis & Salinger, Gerhard

1975 *Thermodynamics*, Reading (Mass.) : Addison-Wesley, 1975.

Zahar, Elie

2001 *Poincaré's Philosophy, from Conventionalism to Phenomenology*, Chicago : Open Court, 2001.