

POSTFACE - 1969

Il y a maintenant presque sept ans que ce livre a été publié pour la première fois¹. Dans l'intervalle, grâce aux réactions de la critique et à mon travail personnel, je suis parvenu à mieux comprendre certains des problèmes qu'il soulève. Pour les problèmes fondamentaux, mon point de vue est resté pratiquement le même, mais je reconnais maintenant qu'il y avait dans ma manière de les présenter certains aspects qui faisaient naître des difficultés et des malentendus inutiles. Puisque certains de ces malentendus se sont produits par ma faute, je pense en les éliminant pouvoir gagner du terrain et jeter les bases d'une nouvelle version de ce livre². En attendant cette version définitive, je saisis l'occasion d'indiquer schématiquement ces révisions nécessaires, de répondre à certaines des critiques les plus fréquentes et d'indiquer les directions dans lesquelles mes réflexions se développent actuellement³.

1. Ce post-scriptum a été écrit sur la suggestion de celui qui fut jadis mon étudiant et est resté mon ami, le docteur Shigeru Nakayama de l'université de Tokyo, afin de pouvoir être incorporé à la traduction japonaise de ce livre. Je lui suis reconnaissant de cette idée, de la patience avec laquelle il en a attendu la réalisation et de la permission de l'inclure dans l'édition de langue anglaise.

2. Je n'ai pas tenté, pour cette édition, de récrire entièrement ce livre. J'ai limité les corrections à quelques erreurs typographiques, plus deux passages qui contenaient des erreurs isolables. L'un concerne la description du rôle des *Principia* de Newton dans le développement de la mécanique au XVIII^e siècle pages ... L'autre concerne la réponse aux crises, p. ...

3. On trouvera d'autres indications dans deux articles récents que j'ai publiés : « Reflection on my critics », dans le livre édité par Imre Lakatos et Alan Musgrave : *Criticism and the growth of knowledge* (Cambridge, 1970) ; et « Second thoughts on paradigms », dans le livre édité par Frederick Suppe : *the Structure of scientific theories*, (Urbana, Ill., 1970 ou 1971. Tous deux sont actuellement sous presse. Je citerai dorénavant le premier de ces articles sous le titre de « Reflections » et le volume dans lequel il paraît sous le titre *Growth of knowledge* ; je mentionnerai le second sous le titre de « Second thoughts ».

Parmi les difficultés majeures de mon texte original, plusieurs ont leur origine dans le concept de *paradigme*, et c'est par là que j'entamerai la discussion⁴. Je suggère donc, dans la première partie de ce chapitre, qu'il serait souhaitable de dégager ce concept de la notion de groupe scientifique, j'indique comment cela pourrait se faire et j'analyse quelques-unes des conséquences importantes de cette séparation analytique. J'envisage ensuite ce qui se passe quand on recherche les paradigmes en examinant le comportement des membres d'un groupe scientifique *préalablement déterminé*. Il apparaît ainsi rapidement que, dans une grande partie du livre, le terme *paradigme* est utilisé dans deux sens différents. D'une part, il représente tout l'ensemble de croyances, de valeurs reconnues et de techniques qui sont communes aux membres d'un groupe donné. D'autre part, il dénote un élément isolé de cet ensemble : les solutions d'énigmes concrètes qui, employées comme modèles ou exemples, peuvent remplacer les règles explicites en tant que bases de solutions pour les énigmes qui subsistent dans la science normale. Le premier sens du terme, que l'on peut appeler son sens sociologique, fait l'objet de la deuxième partie de ce chapitre ; la troisième partie est consacrée aux paradigmes en tant que réalisations passées pouvant servir d'exemples.

Sur le plan philosophique tout au moins, ce second sens du terme *paradigme* est le plus profond des deux, et l'importance que je lui ai accordée est la principale source des controverses et des malentendus que ce livre a fait naître, plus particulièrement de l'accusation selon laquelle je transforme la science en une entreprise subjective et irrationnelle. Ces problèmes sont étudiés dans la quatrième et la cinquième partie de ce chapitre. La première insiste sur le fait que des termes comme *subjectif* et *intuitif* ne peuvent s'appliquer à bon escient aux éléments composants d'un savoir dont j'ai montré qu'il était constitué par des exemples communs, tacitement acceptés par le groupe. Bien qu'une connaissance de ce genre ne puisse,

4. On trouvera une critique particulièrement cohérente de ma présentation initiale de la notion de paradigme dans l'article de Margaret Masterman, « the Nature of a paradigm » dans *Growth of knowledge*, et dans celui de Dudley Shapere « the Structure of scientific revolutions », *Philosophical review*, LXXIII (1964), pp. 383-94.

sans des changements essentiels, être traduite en termes de règles et de critères, elle est néanmoins systématique, elle a fait ses preuves dans le temps et elle est en un certain sens corrigible. La cinquième partie de ce chapitre applique cet argument au problème du choix entre deux théories incompatibles, pour aboutir rapidement à la conclusion que les hommes qui soutiennent des points de vue différents doivent être considérés comme les membres de groupes ethniques dont les langages diffèrent et que leurs problèmes de communication doivent être étudiés sous l'angle du problème de la traduction. Trois problèmes secondaires sont finalement abordés dans la sixième et la septième partie qui servent de conclusion au chapitre. La première répond à l'accusation, dont ce livre a été l'objet, de présenter de la science une conception totalement relativiste. La seconde cherche d'abord à savoir si mon argumentation souffre vraiment, comme on l'a dit, d'une confusion entre les modes descriptif et normatif. Elle se termine par de brèves remarques sur un problème qui demanderait un livre à lui tout seul : dans quelle mesure les principales thèses de ce livre peuvent-elles s'appliquer à d'autres domaines que la science ?

I. Les paradigmes et la structure du groupe

Dès les premières pages de ce livre, nous avons rencontré le terme *paradigme*, mais le mode de présentation de ce mot a été intrinsèquement circulaire. Un paradigme est ce que les membres d'un groupe scientifique possèdent en commun, et, réciproquement, un groupe scientifique se compose d'hommes qui se réfèrent au même paradigme. Tous les cercles ne sont pas vicieux (plus loin dans cette postface, je défendrai un argument de structure similaire), mais celui-ci est vraiment une source de difficultés. Les groupes scientifiques peuvent et doivent être isolés sans recours préalable à des paradigmes ; ceux-ci peuvent être découverts ensuite par l'examen détaillé du comportement des membres d'un groupe donné. Si je devais récrire ce livre, il commencerait donc par une étude de la structure des groupes constituant le monde scientifique. C'est un sujet qui a récemment pris une place importante parmi les problèmes de la recherche sociologique et que les historiens

des sciences commencent aussi à envisager sérieusement. Les résultats préliminaires, dont beaucoup n'ont pas encore été publiés, laissent supposer que les techniques empiriques nécessaires à cette recherche ne sont pas sans importance, mais que certaines sont utilisables, alors que d'autres sont en train de se constituer⁵. La plupart des praticiens de la science répondent immédiatement à des questions concernant les affiliations de leur groupe, et ils tiennent pour certain que la responsabilité des différentes spécialités scientifiques courantes est répartie entre des groupes, auxquels leurs membres appartiennent, en gros, pour des raisons déterminées. Je vais supposer ici que l'on trouvera des moyens plus systématiques de les identifier. Au lieu de présenter les résultats préliminaires de ces recherches, je préfère donc préciser brièvement la notion intuitive de groupe qui sert de fondement à une grande partie des chapitres précédents de ce livre. C'est une notion qui est généralement partagée par des scientifiques, des sociologues et bon nombre d'historiens des sciences.

Selon ce point de vue, un groupe scientifique se compose de ceux qui pratiquent une certaine spécialité scientifique. Tous ont eu une formation et une initiation professionnelle semblables, à un degré inégalé dans la plupart des autres disciplines. Ce faisant, ils ont assimilé la même littérature technique et en ont retiré dans l'ensemble le même enseignement. Les limites de cette littérature standard marquent habituellement les limites d'une discipline scientifique, et chaque groupe a d'ordinaire sa discipline propre. Il y a en science des écoles, c'est-à-dire des groupes qui abordent le même sujet avec des points de vue incompatibles. Mais elles sont beaucoup plus rares dans ce domaine que dans les autres. Elles sont toujours en compétition et cette compétition se termine en général rapidement. Il en résulte que les membres d'un groupe scientifique se considèrent, et sont considérés par les autres, comme

5. W.O. Hagström ; *the Scientific community*, (New York, 1965), chap. IV et V. D.J. Price et D. de B. Beaver « Collaboration in an invisible college », *American psychologist*, XXI (1966), pp. 1011-18. Diana Crane « Social structure in a group of scientists : a test of the "Invisible College" hypothesis », *American sociological review*, XXXIV (1969), pp. 335-52 ; N.C. Mullins, *Social networks among biological scientists*, (Ph D. diss. Harvard University, 1966) et « the Micro-structure of an invisible college : the phage group », communication faite à une réunion annuelle de l'American Sociological Association, Boston, 1968.

les seuls responsables de la poursuite d'un ensemble d'objectifs qui leur sont communs et qui englobent la formation de leurs successeurs. Au sein de tels groupes, la communication est généralement complète et les avis relativement unanimes sur le plan professionnel. Par contre, étant donné que l'attention de groupes différents est centrée sur des questions différentes, la communication professionnelle d'un groupe à l'autre est souvent difficile, aboutit souvent à des malentendus et même, si elle se poursuit, à des désaccords importants et insoupçonnés jusque-là.

Il existe, bien sûr, des groupes de ce genre à de nombreux niveaux. Le groupe le plus vaste est constitué par tous ceux qui pratiquent les sciences de la nature. A un niveau à peine moins élevé, les principales disciplines scientifiques sont des groupes : physiciens, chimistes, astronomes, zoologistes, etc. L'appartenance à ces groupes majeurs est clairement établie, sauf pour les cas limites. Certains critères, tels que la nature du plus haut diplôme obtenu, l'appartenance à des sociétés de spécialistes ou le fait de lire certains périodiques, sont généralement plus que suffisants pour la préciser. Des techniques similaires permettant d'isoler des sous-groupes majeurs : spécialistes de chimie organique (et peut-être, parmi eux, les spécialistes de la chimie des protéines), spécialistes de la physique du solide et des hautes énergies, radio-astronomes, etc. C'est seulement au niveau immédiatement inférieur que les problèmes empiriques apparaissent. Pour prendre un exemple contemporain, comment, avant sa reconnaissance publique, aurait-on isolé le groupe des spécialistes du bactériophage ? Pour répondre à une question de ce genre, il faut se fonder sur la présence aux conférences spécialisées, sur la circulation des manuscrits ou des épreuves d'articles avant leur publication, et surtout sur les réseaux de communication officiels et officieux, y compris ceux que l'on découvre dans la correspondance et dans les liens révélés par les citations⁶. Je suis certain que ce travail peut être fait et le sera, tout au

6. Eugene Garfield, *the Use of citation data in writing the history of science*, (Philadelphie : Institute of Scientific Information, 1964) ; M.M. Kessler « Comparisons of the results of bibliographic coupling and analytic subject indexing », *American documentation*, XVI (1965), pp. 223-33 ; D.J. Price « Networks of scientific papers », *Science*, CIL (1965), pp. 510-15.

moins pour le monde contemporain et les périodes historiques les plus rapprochées. En moyenne, ces procédés permettent de délimiter des groupes d'une centaine de membres, parfois beaucoup moins. Les savants isolés, en particulier les plus doués, appartiennent en général à plusieurs de ces groupes, simultanément ou successivement.

Les groupes de ce genre sont les unités où est produite et validée la connaissance scientifique, comme l'a montré ce livre. Les paradigmes sont ce que possèdent en commun les membres de tels groupes. De nombreux aspects de la science, telle qu'elle est décrite dans les pages précédentes, peuvent difficilement se comprendre sans référence à la nature de ces éléments communs au groupe. Mais d'autres le peuvent, bien qu'ils ne soient pas présentés indépendamment dans mon texte original. Il vaut donc la peine de noter, avant de nous tourner directement vers les paradigmes, une série de problèmes qui n'exigent de se référer qu'à la seule structure du groupe.

Le plus frappant est probablement ce que j'ai appelé précédemment la transition de la période préparadigmatique à la période postparadigmatique, au cours du développement d'une spécialité scientifique. Cette transition est celle que j'ai décrite dans le chapitre II. Avant elle, un certain nombre d'écoles se disputent la domination d'un certain secteur ; après elle, et en conséquence d'une réalisation scientifique notoire, le nombre des écoles est considérablement réduit, à une seule en général, et on voit s'instaurer un mode de travail scientifique plus efficace. Ce dernier est généralement ésotérique et orienté vers la résolution des énigmes ; en effet, le travail d'un groupe ne peut se situer à ce niveau que si ses membres considèrent comme certaines les bases de leurs connaissances scientifiques.

La nature de ce passage à la maturité mériterait d'être étudiée plus complètement qu'elle ne l'a été dans ce livre, en particulier par ceux qui s'intéressent au développement des sciences sociales contemporaines. En ce sens, il peut être utile de remarquer que ce passage n'est pas nécessairement (je dirais même maintenant : ne devrait pas) être associé à la première acquisition d'un paradigme. Les membres de tous les groupes scientifiques, y compris les écoles de la période

préparadigmatique, possèdent en commun le genre d'éléments auxquels j'ai donné le nom collectif de *paradigme*. Ce qui change quand le groupe arrive à maturité, ce n'est pas la présence du paradigme, mais plutôt sa nature. C'est alors seulement que l'activité normale de résolution des énigmes devient possible. Parmi les attributs d'une science adulte que j'ai précédemment mis en rapport avec l'acquisition d'un paradigme, il en est donc beaucoup que je préférerais considérer maintenant comme les conséquences de l'acquisition d'un paradigme permettant d'identifier les problèmes intéressants, fournissant des éléments de solution et garantissant que le spécialiste vraiment intelligent réussira. Seuls ceux qui ont été encouragés par le fait de savoir que leur spécialité ou leur école possède des paradigmes, risquent de trouver qu'un changement les amènerait à sacrifier quelque chose d'important.

Un second problème, plus important, tout au moins pour les historiens, est posé par l'identification implicite terme à terme que ce livre établit entre les groupes et les disciplines scientifiques. C'est-à-dire que j'ai souvent agi comme si, par exemple, l'« optique physique », l'« électricité » ou la « chaleur » devaient désigner des groupes scientifiques parce que ces termes désignent des sujets de recherche. La seule autre interprétation possible que mon texte semblait permettre, est que tous ces sujets ont appartenu au groupe de la physique. Les identifications de ce genre ne résistent généralement pas à l'examen, comme mes collègues historiens me l'ont à plusieurs reprises fait remarquer. Il n'y avait, par exemple, pas de groupe de la physique avant le milieu du XIX^e siècle ; ce groupe s'est alors formé par la fusion d'éléments provenant de deux groupes jusque-là séparés, les mathématiques et la physique expérimentale. Ce qui aujourd'hui est le sujet d'étude d'un seul vaste groupe, était jadis distribué autrement, parmi divers groupes. D'autres sujets de recherche plus restreints, par exemple la chaleur et la théorie de la matière, ont existé pendant de longues périodes sans devenir la province particulière d'aucun groupe scientifique. Toutefois, la science normale et les révolutions qui s'y produisent sont fondées sur l'existence de ces groupes. Pour les découvrir et les analyser, il faut d'abord élucider la structure changeante des groupes scienti-

fiques, au cours des temps. Au premier chef, un paradigme régit, non un domaine scientifique mais un groupe de savants. Toute étude d'une recherche dirigée par un paradigme, ou aboutissant à l'écroulement d'un paradigme, doit commencer par localiser le ou les groupes responsables.

Quand on aborde ainsi l'analyse du développement scientifique, il y a des chances de voir disparaître certaines des difficultés sur lesquelles se sont concentrées les critiques. Bon nombre de mes lecteurs ont ainsi utilisé l'exemple de la théorie de la matière pour montrer que j'exagère beaucoup l'unanimité des scientifiques dans leur adhésion à un paradigme. Ils font remarquer que, jusqu'à une époque relativement récente, ces théories ont été des sujets de désaccord et de discussion continuels. J'en conviens, mais je ne pense pas qu'il faille voir là un contre-exemple valable. Les théories de la matière, tout au moins jusque vers 1920, n'étaient le domaine spécial ou le sujet d'étude d'aucun groupe scientifique. Au contraire, elles servaient d'outils à bon nombre de groupes divers de spécialistes scientifiques. Les membres de groupes différents choisissaient parfois des outils différents et critiquaient le choix fait par les autres. Fait encore plus important, une théorie de la matière n'est pas le genre de sujet sur lequel les membres d'un groupe donné doivent nécessairement être d'accord. La nécessité de cet accord dépend de ce que fait le groupe. La chimie, dans la première moitié du XIX^e siècle, en fournit un exemple. Bien que plusieurs des outils fondamentaux du groupe — les proportions constantes, les proportions multiples et la loi des proportions pondérales — soient devenus la propriété commune des chercheurs à la suite de la théorie atomique de Dalton, il restait tout à fait possible pour les chimistes, après ces découvertes de fonder leurs travaux sur l'utilisation de ces outils et de refuser, parfois avec véhémence, leur adhésion à la théorie de l'existence des atomes.

Je pense que d'autres difficultés et malentendus se dissiperont de la même manière. En partie à cause des exemples que j'avais choisis et en partie parce que je n'avais pas assez précisé la nature et la taille des groupes en question, quelques lecteurs ont conclu que je m'intéressais avant tout et exclusivement aux révolutions les plus importantes, par exemple celles qui sont associées aux noms de Copernic, Newton, Dar-

win ou Einstein. En délimitant plus clairement la structure du groupe, il devrait être possible de rendre l'impression toute différente que j'ai essayé de créer. Pour moi, une révolution est un changement particulier, impliquant une certaine réorganisation des choix effectués par le groupe. Mais ce n'est pas forcément un changement important et il n'est pas nécessaire qu'il paraisse révolutionnaire à des chercheurs extérieurs à cette communauté, se composant peut-être de moins de vingt-cinq personnes. C'est justement parce que ce type de changement, rarement isolé et étudié jusqu'ici en philosophie des sciences, se produit si régulièrement à cette échelle réduite, qu'il est tellement nécessaire de comprendre les changements révolutionnaires, par opposition aux changements cumulatifs.

Une dernière précision, très proche de la précédente, facilitera peut-être la compréhension de ce fait. Un certain nombre de critiques ont mis en doute le fait que la crise, l'impression générale que quelque chose ne va plus, précède les révolutions aussi invariablement que je l'ai donné à penser dans mon texte original. Aucune partie importante de mon argumentation ne dépend cependant de l'antériorité absolue des crises par rapport aux révolutions. Il suffit qu'elles en soient le prélude habituel, et fournissent, pour ainsi dire, un mécanisme autocorrecteur permettant que la rigidité de la science normale ne persiste pas indéfiniment sans opposition. Il est également possible que les révolutions se produisent différemment, mais je pense que cela est rare. Pour finir, je voudrais souligner ce que l'absence d'étude correcte de la structure du groupe a caché jusqu'ici : les crises ne sont pas obligatoirement causées par les travaux du groupe qui les subit et qui est parfois ensuite victime d'une révolution. De nouveaux instruments, comme le microscope électronique, ou de nouvelles lois, comme celles de Maxwell, peuvent se développer dans un domaine tandis que leur assimilation crée une crise dans un autre domaine.

2. Des paradigmes considérés comme ensemble des choix du groupe

Tournons-nous maintenant vers les paradigmes et demandons-nous ce qu'ils peuvent bien être. C'est là le point le plus obscur et le plus important de mon texte original. Un sympathique lecteur, persuadé comme moi que le terme *paradigme* recouvre l'élément philosophique qui est au centre de ce livre, a préparé un index analytique partiel et en a conclu que ce terme est utilisé au moins de vingt-deux manières différentes⁷. Je pense que la plupart de ces différences sont dues à des inconsistances de style (par exemple, les lois de Newton sont tantôt un paradigme, tantôt une partie d'un paradigme, et ailleurs encore paradigmatiques). Il est possible de les éliminer assez facilement. Mais, ce travail littéraire terminé, il resterait deux emplois très différents de ce terme, et il est nécessaire de les séparer. Le sens le plus global fait l'objet de ce paragraphe ; l'autre sera considéré dans le paragraphe 3.

Après avoir isolé un groupe particulier de spécialistes à l'aide de techniques semblables à celles que nous avons indiquées, on peut à bon droit se demander : quelles sont les convictions partagées par ses membres et qui expliquent la relative plénitude des communications sur le plan professionnel et la relative unanimité des jugements professionnels ? A cette question mon texte original permet de répondre : un paradigme ou un ensemble de paradigmes. Mais dans ce sens contrairement au sens qui sera étudié plus loin le terme n'est pas approprié. Les scientifiques eux-mêmes diraient qu'ils ont en commun une théorie ou un ensemble de théories, et j'aimerais que ce terme puisse finalement être repris dans ce sens. Toutefois, selon l'usage habituel en philosophie des sciences, une *théorie* dénote une structure beaucoup plus limitée, par sa nature et sa portée, que celle dont j'ai besoin ici. Jusqu'à ce que le terme puisse être débarrassé de ses implications habituelles, on évitera des confusions en adoptant un autre. Je suggère le terme de *matrice disciplinaire* : *disciplinaire*, parce que cela implique une possession commune de la part des spécialistes d'une discipline particulière ; *matrice*,

7. Mastermann, *op. cit.*

parce que cet ensemble se compose d'éléments ordonnés de diverses sortes, dont chacun demande une étude détaillée. La totalité ou la plupart des éléments faisant l'objet du choix du groupe et que mon texte original désigne sous le nom de paradigmes, parties de paradigmes ou paradigmatisés, sont les éléments constitutifs de cette matrice disciplinaire ; en tant que tels, ils forment un tout et fonctionnent ensemble. Cependant, ils ne doivent plus être étudiés comme s'ils étaient d'un seul tenant. Je ne tenterai pas ici d'en dresser une liste exhaustive, mais je crois bon de noter les divers éléments constitutifs une matrice disciplinaire ; cela rendra plus claire ma démarche actuelle et préparera la suite de cet exposé.

J'appellerai *généralisations symboliques* une catégorie importante de ces éléments constitutifs, désignant par là ces expressions employées sans questions ou dissensions par les membres du groupe, et qui peuvent facilement revêtir une forme logique comme $(x)(y)(z) \phi(x, y, z)$. Ce sont les éléments formels, ou facilement formalisables, de la matrice disciplinaire. Parfois on les trouve déjà sous une forme symbolique : $f = ma$ ou $I = V/R$. D'autres s'expriment généralement sous une forme verbale : « Les éléments se combinent dans des rapports de poids constants », ou bien : « L'action est égale à la réaction. » En l'absence d'expressions généralement acceptées comme celles-ci, il n'y aurait aucun point que les membres du groupe pourraient prendre comme point de départ de leurs puissantes techniques de manipulations logiques et mathématiques pour leurs activités de résolution des énigmes. Bien que l'exemple de la taxonomie laisse penser que la science normale peut progresser avec peu d'expressions de ce genre, la puissance d'une science semble généralement augmenter avec le nombre de généralisations symboliques dont disposent ses spécialistes.

Ces généralisations ressemblent à des lois de la nature, mais souvent leurs fonctions pour les membres du groupe ne se limitent pas là. C'est parfois le cas, comme par exemple dans la loi de Joule-Lenz, $H = RI^2$. Quand cette loi fut découverte, les membres du groupe savaient déjà ce que représentaient H , R , et I ; ces généralisations leur apprenaient seulement, sur la manière dont se comportent la chaleur, le courant et la résistance, quelque chose qu'ils ignoraient auparavant.

Mais il est plus fréquent, comme l'indique une étude faite antérieurement dans ce livre, que les généralisations symboliques remplissent simultanément une autre fonction, généralement nettement séparée par les philosophes des sciences dans leurs analyses. Comme $f = ma$ ou $I = V/R$, elles fonctionnent en partie comme lois, mais aussi comme définition de certains des symboles qu'elles contiennent. De plus, le rapport entre leur rôle comme loi et leur rôle comme définition (rôles qui sont inséparables) varie suivant les époques. Dans un autre contexte, ces points mériteraient une étude détaillée, car la nature de l'obéissance à une loi est très différente de l'obéissance à une définition. Les lois sont souvent corrigibles par fragments, mais les définitions, qui sont des tautologies, ne le sont pas. Par exemple, une partie de ce qu'exigeait l'acceptation de la loi de Ohm était une redéfinition des deux termes *courant* et *résistance* ; si ces termes avaient continué à signifier ce qu'ils signifiaient auparavant, la loi de Ohm ne pouvait pas être juste ; c'est pourquoi elle fit naître une opposition si violente, ce qui n'avait pas été le cas, par exemple, pour la loi de Joule-Lenz⁸. Cette situation est probablement typique. J'ai souvent l'impression que toutes les révolutions impliquent, entre autres choses, l'abandon de généralisations dont la force avait été en partie celle de tautologies. Einstein a-t-il montré que la simultanéité était relative, ou bien a-t-il modifié la notion de simultanéité elle-même ? Ceux qui voyaient un paradoxe dans l'expression *relativité de la simultanéité* avaient-ils simplement tort ?

Considérons ensuite une seconde classe d'éléments composant une matrice disciplinaire, dont j'ai déjà beaucoup parlé dans mon texte original dans des rubriques comme « les paradigmes métaphysiques » ou « la partie métaphysique des paradigmes ». J'entends par là le fait d'adhérer collectivement à certaines croyances comme : la chaleur est l'énergie cinétique des parties constituantes des corps ; tous les phénomènes perceptibles sont dus à l'interaction dans le vide d'atomes quali-

8. On trouvera un récit des parties importantes de cet épisode dans : T.M. Brown « the Electric current in early Nineteenth century french physics », *Historical studies in the physical sciences*, 1, (1969), pp. 61-103, et dans Morton Schagrin « the Resistance to Ohm's law », *American journal of physics*, XXI, (1963), pp. 536-47.

tativement neutres, ou aussi, à la matière et à la force, ou à des champs. Si je récrivais mon livre aujourd'hui, je décrirais cette adhésion comme le fait de croire à certains modèles particuliers, et j'élargirais la catégorie des modèles pour y inclure aussi des variétés relativement heuristiques : le circuit électrique peut être considéré comme un circuit hydrodynamique en état d'équilibre ; les molécules de gaz se comportent comme de petites boules de billard élastiques, se mouvant au hasard. Bien que la force de l'adhésion du groupe à certains principes puisse varier, — avec des conséquences non dépourvues d'importance — on constate en parcourant la série qui va des modèles heuristiques aux modèles ontologiques, que tous ont la même fonction : entre autres choses, ils fournissent au groupe des métaphores et des analogies préférées ou permises. Ils contribuent ainsi à déterminer ce qui sera accepté comme une explication ou une solution de l'énigme ; et, réciproquement, à déterminer la situation des énigmes non résolues et l'importance de chacune. Notons, cependant, que les membres du groupe ne sont pas forcément obligés d'accepter aussi les modèles heuristiques, bien qu'ils le fassent généralement. J'ai déjà fait remarquer que le fait d'appartenir au groupe des chimistes durant la première moitié du XIX^e siècle, n'impliquait pas la croyance aux atomes.

Le troisième groupe d'éléments de la matrice disciplinaire que je décrirai ici est constitué par les valeurs. Elles sont en général plus largement partagées par les différents groupes que les généralisations symboliques ou les modèles, et elles contribuent beaucoup à donner à tous les spécialistes des sciences de la nature le sentiment d'appartenir à un vaste groupe. Leur importance ne varie pas, mais elle prend une force particulière quand les membres d'un groupe défini doivent identifier une crise, ou, plus tard, choisir entre deux manières incompatibles de pratiquer leur discipline. Les valeurs auxquelles on tient le plus sont probablement celles qui concernent les prédictions : elles doivent être exactes ; les prédictions quantitatives sont préférables aux prédictions qualitatives ; quelle que soit la marge d'erreur tolérable, on doit la respecter avec régularité dans un domaine donné ; et ainsi de suite. Il y a aussi, cependant, des valeurs que l'on fait intervenir pour juger des théories complètes : elles doivent, avant toute chose, permettre

de formuler des énigmes et d'en trouver la solution ; dans la mesure du possible, elles doivent être simples, cohérentes et plausibles, c'est-à-dire compatibles avec les autres théories ayant cours. (Je pense maintenant que c'est une faiblesse de mon texte original d'avoir accordé si peu d'attention à des valeurs comme la cohérence interne et externe, quand j'ai étudié les sources de crise et les facteurs présidant au choix d'une théorie.) Il existe également d'autres genres de valeurs — par exemple : la science devrait-elle ou ne devrait-elle pas avoir une utilité sociale ? —, mais ce qui précède doit faire comprendre ce que j'entends.

Il y a cependant un aspect des valeurs communes à un groupe qui demande une attention particulière. Dans une mesure plus grande que ce n'est le cas pour les autres éléments de la matrice disciplinaire, des savants peuvent avoir en commun certaines valeurs, mais différer dans leur application. Les jugements d'exactitude sont relativement, mais pas totalement stables d'une époque à une autre et d'un membre à un autre dans un groupe particulier. Mais les jugements de simplicité, de cohérence et de plausibilité etc. varient souvent beaucoup d'un individu à l'autre. Ce qui, pour Einstein, était un manque de cohérence insupportable dans l'ancienne théorie des quanta, au point de rendre impossible la poursuite de la science normale, n'était pour Bohr et d'autres qu'une difficulté que l'on pouvait espérer résoudre par des moyens normaux. Il est encore plus important de noter que, dans les situations où l'on fait intervenir les valeurs, différentes valeurs, considérées isolément, dicteraient souvent des choix différents. Une théorie peut être plus exacte, mais moins cohérente ou plausible qu'une autre ; là encore l'ancienne théorie des quanta nous fournit un exemple. En bref, bien que l'adhésion à certaines valeurs soit largement partagée par les scientifiques, bien que cette adhésion soit à la fois profonde et indispensable à la science, l'application des valeurs est souvent considérablement influencée par les caractères individuels personnels et biographiques qui différencient les membres du groupe.

Aux yeux de bon nombre de mes lecteurs, ce caractère de l'adhésion à des valeurs partagées est apparu comme une faiblesse majeure de ma position. Parce que j'insiste sur le fait que ce qui est commun aux scientifiques n'est pas suffisant

pour déterminer une adhésion uniforme sur des problèmes tels que le choix entre deux théories concurrentes, ou la distinction entre une anomalie ordinaire et une autre destinée à provoquer une crise, on m'a parfois accusé de glorifier la subjectivité et même l'irrationalité⁹. Mais c'est ignorer deux caractéristiques que présentent les jugements de valeurs dans tous les domaines. Tout d'abord, des valeurs communes peuvent être un élément déterminant important du comportement du groupe, même si les membres de ce groupe ne les appliquent pas de la même manière. (Si ce n'était pas le cas, il n'y aurait pas de problèmes philosophiques *spéciaux* concernant la théorie des valeurs ou l'esthétique.) Les hommes n'ont pas tous peint de la même manière durant les périodes où la représentation était une valeur primaire, mais le schéma du développement des arts plastiques a changé totalement quand cette valeur a été abandonnée¹⁰. Imaginons ce qui se produirait en science si la cohérence cessait d'être une valeur primaire. En second lieu, une certaine variabilité individuelle dans l'application des valeurs communes peut servir des fonctions essentielles à la science. Les points à propos desquels on doit faire appel aux valeurs sont aussi invariablement ceux pour lesquels il faut prendre des risques. La plupart des anomalies sont résolues par des moyens normaux ; la plupart des nouvelles théories proposées se révèlent, en fait, fausses. Si tous les membres d'un groupe réagissaient à chaque anomalie comme à une source de crise, ou adhéraient à n'importe quelle théorie nouvelle avancée par un collègue, la science cesserait d'exister. Si, d'autre part, personne ne réagissait aux anomalies ou aux théories nouvelles en acceptant des risques élevés, il n'y aurait que peu ou pas de révolutions. Pour des questions comme celles-ci, le recours à des valeurs partagées plutôt qu'à des règles communes, pour diriger le choix individuel est peut-être de la part du groupe une manière de répartir les risques et d'assurer le succès de l'entreprise à long terme.

9. Voir en particulier : Dudley Schapere, « Meaning and scientific change », dans *Mind and cosmos : essays in contemporary science and philosophy*, the University of Pittsburgh, *Series in the philosophy of science*, III (Pittsburgh, 1966), pp. 41-84. Israel Scheffer, *Science and subjectivity*, (New York, 1967) ; voir aussi les articles de sir Carl Popper et Imre Lakatos dans *Growth of knowledge*.

10. Voir la discussion au début du chapitre XIII, ci-dessus.

Tournons-nous maintenant vers une quatrième sorte d'éléments constituant la matrice disciplinaire (il en existe d'autres, mais je n'en discuterai pas ici). Pour cette catégorie, le terme *paradigme* serait parfaitement approprié, sur le plan philologique aussi bien que sur le plan autobiographique et c'est même ce qui m'a, la première fois, incité à choisir ce mot. Toutefois, comme ce terme a pris une existence indépendante, je lui substituerai ici celui d'*exemples*. J'entends par là, pour commencer, les solutions concrètes de problèmes que les étudiants rencontrent, dès le début de leur formation scientifique, soit dans les travaux de laboratoire, soit comme sujets d'examen, soit à la fin des chapitres dans les manuels scientifiques. A ces exemples communs, il faudrait ajouter au moins certaines des solutions techniques de problèmes exposées dans les publications périodiques, que les scientifiques rencontrent durant leur carrière de recherche et qui leur montrent aussi, par l'exemple, comment ils doivent faire leur travail. Bien plus que les autres éléments composant la matrice disciplinaire, les différences entre divers groupes d'exemples permettent de connaître la structure fine des groupes scientifiques. Tous les physiciens, par exemple, commencent par apprendre les mêmes exemples : des problèmes comme celui du plan incliné, du pendule conique, des orbites de Képler, et l'usage des mêmes instruments comme le vernier, le calorimètre et le pont de Wheatstone. A mesure que leur formation avance, les généralisations symboliques qui leur sont communes sont de plus en plus illustrées par des exemples différents. Bien que les spécialistes de la physique des solides et ceux de la théorie des champs admettent également l'équation de Schrödinger, seules les applications les plus élémentaires de celle-ci sont communes aux deux groupes.

3. Des paradigmes considérés comme des exemples communs

Le paradigme en tant qu'exemple commun est l'élément central de ce qui me semble maintenant être l'aspect le plus nouveau et le moins bien compris de ce livre. Les exemples demanderont donc plus d'attention que les autres éléments de la matrice disciplinaire. Jusqu'ici, les philosophes des sciences n'ont généralement pas étudié les problèmes rencontrés par

un étudiant dans ses travaux de laboratoire ou ses lectures scientifiques, car on considère qu'ils ne font que mettre en pratique ce que l'étudiant sait déjà. Il ne peut, dit-on, résoudre aucun problème tant qu'il n'a pas d'abord appris la théorie et certaines règles permettant de l'appliquer. La connaissance scientifique est enfermée dans la théorie et les règles ; on donne des problèmes pour entraîner l'étudiant à appliquer celles-ci avec plus de facilité. J'ai pourtant essayé de montrer que cette localisation du contenu cognitif de la science est erronée. Après avoir fait beaucoup de problèmes, l'étudiant ne peut que gagner en facilité s'il en résout davantage. Mais, au début et pendant un certain temps encore, résoudre des problèmes consiste à apprendre, sur la nature, des choses lourdes de conséquences. En l'absence de tels exemples, les lois et les théories qu'il a déjà apprises auraient peu de contenu empirique.

Pour faire comprendre ce que j'entends par là, je reviens rapidement aux généralisations symboliques. La seconde loi de Newton en est un exemple très répandu ; on l'écrit généralement sous la forme $f = ma$. Le sociologue, par exemple, ou le linguiste qui constate que l'expression correspondante est prononcée et reçue sans problème par les membres d'un groupe donné, devra se livrer à beaucoup de recherches supplémentaires pour savoir vraiment ce que signifient cette expression ou les termes qui y sont contenus et comment les scientifiques du groupe rattachent cette expression à la nature. En réalité, le fait qu'ils l'acceptent sans se poser de questions et l'utilisent comme point de départ de manipulations logiques et mathématiques ne signifie en aucune manière qu'ils soient d'accord sur son sens ou son application. Ils sont évidemment d'accord dans une grande mesure, sinon l'opposition se ferait rapidement sentir dans leurs conversations ultérieures. Mais on est en droit de se demander à quel point et par quels moyens ils y sont parvenus. Comment ont-ils appris, en face d'une situation expérimentale donnée, à trouver les forces, les masses et les accélérations correspondantes ?

En pratique, bien qu'on ne remarque presque jamais cet aspect de la situation, ce que les étudiants doivent apprendre est encore plus complexe que cela. Il n'est pas absolument exact de dire que les manipulations logiques et mathématiques

s'appliquent directement à $f = ma$. A l'examen, cette expression se révèle être un résumé ou un schéma de loi. A mesure que l'étudiant ou le praticien scientifique vont d'un problème pratique à un autre, la généralisation symbolique à laquelle s'appliquent ces manipulations se modifie. Dans le cas de la chute

libre, $f = ma$ devient $mg = m \frac{d^2s}{dt^2}$; pour le pendule simple,

elle se transforme en $mg \sin \theta = -ml \frac{d^2\theta}{dt^2}$; pour une paire

d'oscillateurs harmoniques en interaction elle devient deux équations dont la première peut s'écrire :

$$ml \frac{d^2s_1}{dt^2} + k_1s_1 = k_1(s_2 - s_1 + d)$$

et pour des situations plus complexes, comme le gyroscope, elle prend encore d'autres formes dont la ressemblance avec $f = ma$ est encore plus difficile à découvrir. Cependant, tout en apprenant à identifier des forces, des masses et des accélérations dans diverses situations physiques jamais rencontrées, l'étudiant a aussi appris à définir la version appropriée de $f = ma$ permettant de les relier, et c'est souvent une version pour laquelle il n'a pas rencontré auparavant d'équivalent littéral. Comment a-t-il appris à le faire ?

Un phénomène familier aussi bien aux étudiants en sciences qu'aux historiens des sciences fournit une indication. Les premiers disent qu'ils ont lu un chapitre de leur manuel, l'ont parfaitement compris, mais ont eu néanmoins des difficultés à résoudre un certain nombre de problèmes à la fin du chapitre. D'ordinaire ces difficultés se dissipent de la même manière : l'étudiant apprend à voir, avec ou sans l'aide de son instructeur, que son problème *ressemble* à un problème qu'il a déjà rencontré. Une fois qu'il a vu la ressemblance et saisi l'analogie entre deux ou plusieurs problèmes distincts, il peut établir une relation entre les symboles et les rattacher à la nature d'une manière qui s'est déjà révélée efficace. Le schéma de loi, par exemple $f = ma$, a fonctionné comme un outil en indiquant à l'étudiant quelles similitudes rechercher et dans quel

ensemble considérer la situation. L'aptitude qui en résulte de voir qu'un certain nombre de situations se ressemblent et sont soumises à la loi $f = ma$ (ou toute autre généralisation symbolique) est, me semble-t-il l'essentiel de ce qu'acquiert un étudiant en faisant des problèmes à titre d'exemples, soit avec un crayon et du papier, soit dans un laboratoire bien conçu. Après en avoir résolu un certain nombre, qui varie beaucoup d'un individu à l'autre, il considère les situations devant lesquelles il se trouve placé comme scientifique et dans le même contexte que les autres membres de son groupe de spécialistes. Ce ne sont plus pour lui les mêmes situations que celles qu'il avait rencontrées au début de sa formation. Dans l'intervalle, il a assimilé une manière de voir éprouvée par le temps et acceptée par le groupe.

Le rôle de ces relations de similitude acquises se révèle aussi clairement dans l'histoire des sciences. Les scientifiques résolvent des problèmes en les modelant sur des solutions précédemment trouvées à d'autres problèmes, souvent avec un recours minimum aux généralisations symboliques. Galilée a découvert qu'une balle qui roule en descendant un plan incliné acquiert juste assez de vitesse pour revenir à la même hauteur verticale sur un second plan incliné de n'importe quelle pente, et il est parvenu à voir que cette situation expérimentale ressemblait à celle du pendule dont la masse oscillante est ponctuelle. Huyghens résolut alors le problème du centre d'oscillation d'un pendule physique en imaginant que la masse de ce dernier, considérée avec ses dimensions réelles, se composait en réalité de pendules galiléens et que les liens entre ceux-ci pouvaient être supprimés instantanément pour n'importe quelle position du pendule. Après la suppression des liens, les pendules ponctuels individuels se balanceraient librement, mais leur centre de gravité collectif, au moment où chacun atteindrait son amplitude maximale, ne s'élèverait qu'à la hauteur de laquelle était parti le centre de gravité du pendule réel, comme le faisait le centre de gravité du pendule de Galilée. Finalement, Daniel Bernoulli découvrit comment assimiler au pendule de Huyghens l'écoulement de l'eau par un orifice. Déterminons la descente du centre de gravité de l'eau dans le réservoir et le débit durant un intervalle de temps infinitésimal. Imaginons ensuite que chaque particule

d'eau se déplace séparément et vers le haut, jusqu'à la hauteur maximale qu'il lui est possible d'atteindre avec la quantité de mouvement acquise durant cet intervalle. La montée du centre de gravité des particules isolées doit alors être égale à la descente du centre de gravité de l'eau dans le réservoir et le jet. Considéré sous cet angle, le problème, longtemps insoluble, de la vitesse du flux était immédiatement résolu¹¹.

Cet exemple devrait commencer à faire comprendre ce que j'entends quand je dis que les problèmes apprennent à voir que des situations se ressemblent et à les considérer comme des applications des mêmes lois, ou résumés de lois, scientifiques. Il devrait montrer en même temps pourquoi je parle d'une connaissance de la nature, acquise en apprenant à voir les ressemblances et mise en jeu ensuite dans une certaine manière de considérer les situations physiques plutôt que des règles ou des lois. Les trois problèmes ci-dessus qui tous trois servaient d'exemple aux spécialistes de physique du XVIII^e siècle, font appel à une seule loi de la nature. Connue sous le nom de principe de la *vis viva*, elle était généralement énoncée ainsi : « La descente réelle est égale à la montée potentielle. » L'application qu'en fit Bernoulli devrait montrer à quel point elle était lourde de conséquences. Pourtant l'énoncé verbal de la loi, pris en soi, semble peu fécond. Présentons-le à un étudiant de physique contemporain qui connaît ces termes et sait faire tous ces problèmes, mais emploie maintenant des moyens différents. Imaginons ensuite ce que ces mots, bien qu'il les connût tous, auraient pu signifier pour un homme qui n'était même pas averti de ces problèmes. Pour lui, la généralisation aurait pu commencer à fonctionner seulement une fois qu'il aurait appris à reconnaître « les descentes réelles » et « les remontées potentielles » en tant que phénomènes naturels. C'est-à-dire qu'il aurait appris, avant la loi, quelque chose sur les situations qui se présentent ou ne se présentent

11. A propos de l'exemple, voir : René Dugas *A history of mechanics*, traduit par J.R. Maddox (Neuchâtel, 1955), pp. 135-36, 186-93, et Daniel Bernoulli, *Hydrodynamica, sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus academicum*, (Strasbourg, 1738) chap. III. Pour comprendre combien la mécanique a progressé dans la première moitié du XVIII^e siècle en modelant une solution de problème sur une autre, voir Clifford Truesdell « Reactions of late baroque mechanics to success, conjecture, error, and failure in Newton's Principia » *Texas Quarterly*, X (1967), pp. 238-58.

pas dans la nature. Ce genre de connaissance ne s'acquiert pas exclusivement par des moyens verbaux. Au contraire, quelqu'un y parvient quand on lui donne des termes en même temps que des exemples concrets de leur mise en pratique ; la nature et les termes s'apprennent ensemble. J'emprunterai encore une fois l'expression utile de Michael Polanyi pour dire que ce qui résulte de ce processus est une « connaissance tacite », qui s'acquiert en faisant de la science plutôt qu'en apprenant des règles pour en faire.

4. *La connaissance tacite et l'intuition*

Cette référence à la connaissance tacite, s'accompagnant d'un rejet des règles, permet de cerner un autre problème qui a inquiété nombre de mes critiques et apparemment motivé l'accusation de subjectivité et d'irrationalité. Certains lecteurs ont eu l'impression que j'essayais de faire reposer la science sur des intuitions individuelles, impossibles à analyser, plutôt que sur de la logique et des lois. Mais cette interprétation est fautive à deux points de vue essentiels. Tout d'abord, si je parle des intuitions, elles ne sont pas individuelles. Ce sont plutôt les possessions éprouvées et communes des membres d'un groupe qui réussit, et le novice les acquiert au cours de sa formation, pour se préparer à devenir membre du groupe. En second lieu, elles ne sont pas, en principe, impossibles à analyser. Bien au contraire, je travaille en ce moment à un programme d'expérimentation sur ordinateur pour étudier leurs propriétés à un niveau élémentaire.

Au sujet de ce programme, je ne peux rien dire ici¹², mais le simple fait de le mentionner devrait faire comprendre mon argument essentiel. Quand je parle de connaissance contenue dans des exemples communs, je ne fais pas allusion à un mode de connaissance moins systématique ou moins analysable que la connaissance enfermée dans des règles, des lois ou des critères d'identification. Je pense au contraire à un genre de connaissance que l'on déforme, si on l'exprime en termes de règles qui seraient d'abord abstraites d'exemples, puis remplaceraient ceux-ci. Autrement dit, quand je parle d'acquérir à

12. On trouvera dans « Second thoughts » quelques renseignements sur ce sujet.

partir d'exemples la possibilité de reconnaître qu'une situation donnée ressemble, ou ne ressemble pas, à d'autres situations rencontrées antérieurement, je ne fais pas appel à un processus impossible à expliquer pleinement en termes de mécanismes neuro-cérébraux. Je prétends, au contraire, que l'explication, par sa nature même, ne répondra pas à la question : « Semblable par rapport à quoi ? » Cette question demande une règle, et dans ce cas particulier elle demande de connaître les critères selon lesquels des situations particulières sont réunies en groupes semblables. Je prétends qu'il faut dans ce cas résister à la tentation de rechercher des critères (ou tout au moins un ensemble de critères). Ce n'est pas au système que je m'oppose, mais à une certaine sorte de système.

Pour donner du poids à mon assertion, il me faut faire une brève digression. Ce qui suit me paraît maintenant évident, mais dans mon texte original, le recours constant à des expressions comme *les changements d'apparence du monde* permet de penser qu'il n'en a pas toujours été ainsi. Si deux personnes se tiennent au même endroit et regardent dans la même direction, nous devons, au risque de solipsisme, en conclure qu'ils reçoivent à peu près les mêmes stimuli. (Si tous deux pouvaient mettre leurs yeux au même endroit, les stimuli seraient identiques.) Mais ce ne sont pas des stimuli que voient les gens ; la connaissance que nous avons de ceux-ci est extrêmement théorique et abstraite. Au lieu de stimuli, les gens ont des sensations, et rien ne nous oblige à supposer que les sensations de nos deux spectateurs sont les mêmes. (Les sceptiques pourront se rappeler que le daltonisme n'avait pas été remarqué avant la description qu'en donna John Dalton en 1794.) Au contraire, beaucoup de processus neurologiques se situent entre la réception du stimulus et la conscience d'une sensation. Voici quelques-unes des certitudes que nous avons à ce sujet : des stimuli très différents peuvent produire les mêmes sensations ; le même stimulus peut produire des sensations très différentes ; enfin, le trajet entre le stimulus et la sensation est en partie conditionné par l'éducation. Les individus élevés dans des sociétés différentes se conduisent, en certaines occasions, comme s'ils voyaient des choses différentes. Si nous n'étions pas tentés d'établir une correspondance

terme à terme entre stimuli et sensations, nous nous rendrions compte qu'ils voient réellement des choses différentes.

Remarquons maintenant que deux groupes dont les membres ont des sensations systématiquement différentes, au reçu des mêmes stimuli, vivent, en *un certain sens*, dans des mondes différents. Nous posons l'existence des stimuli pour expliquer nos perceptions du monde, et nous posons leur immuabilité pour éviter l'accusation de solipsisme social ou individuel. Sur aucun de ces postulats je n'é mets la moindre réserve. Mais notre monde est peuplé au premier chef, non par des stimuli, mais par les objets de nos sensations, et celles-ci ne sont pas nécessairement les mêmes d'un individu ou d'un groupe à l'autre. Dans la mesure, évidemment, où des individus appartiennent au même groupe et partagent de ce fait une éducation, une langue, une expérience et une culture, nous avons de bonnes raisons de supposer que leurs sensations sont les mêmes. Sans cela, comment pourrions-nous comprendre la plénitude de leur communication et le caractère collectif de leurs réactions comportementales à l'environnement ? Il faut bien qu'ils voient les choses et qu'ils réagissent aux stimuli de manière presque semblable. Mais dès qu'il y a différenciation et spécialisation des groupes, nous n'avons aucune preuve semblable de l'immutabilité des sensations. Seul l'esprit de clocher, me semble-t-il, nous fait supposer que le trajet des stimuli aux sensations est le même pour tous les membres de tous les groupes.

Pour en revenir maintenant aux exemples et aux règles, voici ce que j'ai essayé de faire comprendre, bien que sous une forme préliminaire : l'une des techniques fondamentales par lesquelles les membres d'un groupe, qu'il s'agisse d'une culture entière ou d'un sous-groupe de spécialistes à l'intérieur de celle-ci, apprennent à voir les mêmes choses quand ils se trouvent devant les mêmes stimuli, réside dans le fait qu'on leur montre des exemples de situations que leurs prédécesseurs dans le groupe ont déjà appris à voir sous l'angle d'une dissemblance, ou d'une ressemblance, par rapport à d'autres situations. Ces situations semblables peuvent être des présentations sensorielles successives du même individu, par exemple de la mère qui est finalement reconnue à la vue en tant qu'elle-même et en tant que différente du père ou de la sœur.

Elles peuvent être aussi des présentations de créatures différentes, par exemple de cygnes d'une part et d'oies d'autre part. Ou encore elles peuvent, pour les membres de groupes plus spécialisés, être des exemples de situations de caractère newtonien, c'est-à-dire de situations qui se ressemblent en ceci qu'elles sont soumises à une version de la formule symbolique $f = ma$ et qu'elles diffèrent des situations auxquelles s'appliquent, par exemple, les lois de l'optique.

Admettons pour l'instant qu'il se passe effectivement quelque chose de ce genre. Devrions-nous dire que ce qui a été acquis à partir des exemples, ce sont les règles et l'aptitude à les employer ? Cette description est tentante parce que notre capacité de voir dans une situation sa ressemblance avec d'autres rencontrées antérieurement doit être le résultat d'un processus neurologique entièrement gouverné par des lois physiques et chimiques. En ce sens, une fois que nous en avons fait l'apprentissage, cette reconnaissance de la ressemblance doit être aussi totalement systématique que le battement de nos cœurs. Mais ce parallèle même suggère que la reconnaissance peut aussi être involontaire, que c'est un processus sur lequel nous n'avons pas de contrôle. Dans ce cas, il n'est pas exact de le concevoir comme quelque chose que nous faisons en appliquant des règles et des critères. En parler en ces termes implique que nous avons une possibilité de choix, que nous pouvons par exemple désobéir à une règle, ou appliquer un critère à tort, ou faire l'expérience d'une autre manière de voir¹³. Mais ce sont justement là des choses qui nous sont impossibles.

Ou, plus précisément, ce sont des choses que nous ne pouvons pas faire avant d'avoir eu une sensation ou perçu quelque chose. Alors nous cherchons souvent des critères et les mettons en œuvre. Et nous pouvons nous engager dans l'interprétation, processus réflexif par lequel nous choisissons entre les termes

13. Il n'aurait jamais été nécessaire d'insister sur ce point si toutes les lois étaient comme celles de Newton et toutes les règles comme les Dix Commandements. Dans ce cas l'expression enfreindre une loi perdrait son sens, et le fait de rejeter une règle ne semblerait pas impliquer un processus non gouverné par une loi. Malheureusement, les lois régissant la circulation et autres produits de la législation peuvent être enfreintes, ce qui facilite la confusion.

d'une alternative, comme nous ne pouvons pas le faire dans la perception elle-même. Peut-être, par exemple, y a-t-il quelque chose de bizarre dans ce que nous avons vu (rappelons-nous les cartes à jouer anormales). Au coin d'une rue, nous voyons notre mère entrer dans un grand magasin à une heure où nous la croyions à la maison. En réfléchissant à ce que nous avons vu, nous nous exclamons tout à coup : « Ce n'était pas ma mère parce qu'elle avait les cheveux roux. » En entrant dans le magasin, nous revoyons cette femme et nous ne comprenons pas comment nous avons pu la prendre pour notre mère. Ou bien, nous voyons peut-être les plumes de la queue d'un oiseau aquatique qui mange quelque chose au fond d'une marre peu profonde. Est-ce un cygne ou une oie ? Nous réfléchissons à ce que nous avons vu, en comparant mentalement les plumes de la queue avec celles de cygnes ou d'oies que nous avons vues auparavant. Ou bien, comme nous sommes de futurs scientifiques, nous désirons simplement connaître certaines caractéristiques générales (la blancheur des cygnes par exemple) des membres de cette famille naturelle que nous savons déjà facilement reconnaître. Là encore, nous réfléchissons à ce que nous avons vu antérieurement, en recherchant ce que les membres de cette famille donnée ont en commun.

Tous ces processus sont réflexifs et en les employant nous recherchons et faisons intervenir des critères et des règles. C'est-à-dire que nous cherchons à interpréter des sensations qui sont déjà là, à analyser ce qui pour nous est le donné. Quoi que nous fassions, les processus mis en jeu doivent finalement être neurologiques, et ils sont de ce fait gouvernés par les mêmes lois physico-chimiques qui gouvernent la perception d'une part et les battements de nos cœurs d'autre part. Mais le fait que le système obéisse aux mêmes lois, dans les trois cas, ne nous donne pas lieu de supposer que notre appareil neurologique est programmé pour opérer de la même manière dans l'interprétation et dans la perception ou dans le battement de nos cœurs. Ce à quoi je me suis opposé dans ce livre est donc la tentative, traditionnelle depuis Descartes mais pas avant lui, visant à analyser la perception sous l'aspect d'un processus interprétatif, d'une version inconsciente de ce que nous faisons après avoir perçu.

Si l'intégrité de la perception vaut la peine qu'on y insiste,

c'est évidemment parce que tant d'expérience passée est enfermée dans le processus neurologique qui transforme les stimuli en sensations. Un mécanisme perceptif convenablement programmé a une valeur pour la survie de l'espèce. Dire que les membres de différents groupes peuvent avoir des perceptions différentes, face aux mêmes stimuli, n'implique pas qu'ils puissent avoir absolument n'importe quelles perceptions. Dans certains environnements, un groupe qui ne savait pas distinguer les loups des chiens ne pouvait pas survivre. Pas plus que ne pourrait survivre aujourd'hui, en tant que scientifique, un groupe de spécialistes de physique nucléaire incapables de reconnaître les traces de particules alpha et d'électrons. C'est justement parce qu'il est si peu de manières de voir qui conviennent, que celles qui ont subi l'épreuve de l'usage du groupe valent la peine d'être transmises de génération en génération. C'est également parce qu'elles ont été choisies en raison de leur succès au cours des âges que nous devons parler de l'expérience et de la connaissance de la nature contenues dans le trajet allant du stimulus à la sensation.

Il est possible que *connaissance* ne soit pas le mot qui convient, mais il y a des raisons pour l'employer. Ce qui est incorporé dans le processus neurologique qui transforme les stimuli en sensations, possède les caractères suivants : cela s'est révélé, à l'essai, plus efficace que l'élément historique concurrent, dans l'environnement courant d'un groupe ; et finalement cela peut subir des changements, soit par suite de l'éducation ultérieure, soit par suite de la découverte de certaines désadaptations par rapport à l'environnement. Ce sont là les caractères de la connaissance et c'est pourquoi j'utilise ce terme. Mais l'usage reste étrange, car un autre caractère manque. Nous n'avons pas d'accès direct à ce que nous connaissons, pas de règles ou de généralisations nous permettant d'exprimer cette connaissance. Les règles qui nous fourniraient cet accès se rapporteraient aux stimuli, non aux sensations, et nous ne pouvons connaître les stimuli qu'à travers une théorie élaborée. En l'absence de cet accès, la connaissance contenue sur le trajet allant du stimulus à la sensation reste tacite.

Bien que tout ceci n'ait évidemment qu'une valeur préliminaire et n'ait pas besoin d'être correct dans tous ses détails,

ce qui a été dit sur les sensations doit être pris dans son sens littéral. C'est au moins une hypothèse sur la vision qui devrait faire l'objet de recherches expérimentales, mais probablement pas d'une vérification directe. Des propos comme ceux-ci concernant la vision et la sensation ont aussi ici des fonctions métaphoriques comme c'était déjà le cas dans le corps du livre. Nous ne voyons pas les électrons mais plutôt leurs traces ou des bulles dans la chambre de Wilson. Nous ne voyons pas du tout les courants électriques, mais plutôt l'aiguille d'un ampèremètre ou d'un galvanomètre. Dans les pages qui précèdent, et en particulier dans le chapitre X, j'ai à plusieurs reprises parlé comme si nous percevions effectivement des entités théoriques telles que les courants, les électrons et les champs, comme si nous apprenions à le faire en regardant des exemples, et comme si, dans ces cas-là aussi, c'était une erreur de parler de vision à la place de critères ou d'interprétations. La métaphore qui permet de passer de la vision à des contextes de ce genre ne saurait constituer une base suffisante. Il sera nécessaire par la suite de l'éliminer en faveur d'un terme plus littéral.

Le programme sur ordinateur auquel j'ai déjà fait allusion, commence à suggérer comment cela pourrait se faire, mais ni l'espace dont je dispose ici, ni l'étendue de mes connaissances présentes, ne me permettent d'éliminer ici cette métaphore¹⁴. Je tenterai plutôt de l'explicitier brièvement. La vue de petites gouttes d'eau ou d'une aiguille se déplaçant sur une échelle numérique est une expérience perceptive primitive pour quelqu'un qui n'est pas familiarisé avec les chambres de Wilson

14. Aux lecteurs de « Second thoughts », les remarques suivantes, bien que peu explicites, apporteront peut-être des éclaircissements. La possibilité de reconnaissance immédiate des membres d'une famille naturelle dépend de l'existence, après le processus neurologique, d'espaces perceptifs vides entre les familles à distinguer. Si, par exemple, il y avait une suite perçue et ininterrompue allant des oies aux cygnes, nous serions contraints d'introduire un critère spécifique pour les distinguer. Il est possible de faire une remarque semblable pour des entités non observables. Si une théorie physique n'admet l'existence de rien de semblable au courant électrique, un petit nombre de critères, qui peuvent varier considérablement d'un cas à l'autre, suffiront à identifier les courants, même s'il n'y a aucun ensemble de règles spécifiant les conditions nécessaires et suffisantes de son identification. Ce dernier point suggère un corollaire plausible qui peut être plus important. Etant donné un ensemble de conditions nécessaires et suffisantes pour identifier une entité théorique, cette entité peut être éliminée de l'ontologie d'une théorie par substitution. En l'absence de règles de ce genre, cependant, ces entités ne sont pas éliminables ; la théorie exige leur existence.

et les ampèremètres. Il faut donc faire preuve d'esprit d'observation, d'analyse et de pénétration (ou bénéficier de l'intervention d'une autorité extérieure) avant de pouvoir en tirer des conclusions concernant les électrons et les courants. Mais la position de celui qui a appris ce que sont ces instruments et en a eu l'expérience par des exemples est très différente, de sorte qu'il y a des différences correspondantes dans la manière dont il réagit aux stimuli lui arrivant de ces instruments. Considérant la vapeur dans son haleine par un après-midi froid d'hiver, ses sensations seront peut-être les mêmes que celles du profane ; mais en regardant une chambre de Wilson il voit (littéralement ici) non pas des gouttelettes d'eau, mais les traces d'électrons, de particules alpha etc. Ces traces sont, si vous voulez, des critères qu'il interprète comme indices de la présence des particules correspondantes ; mais ce trajet est à la fois plus court et différent de celui qu'emprunte l'homme qui interprète les gouttelettes.

Considérons aussi le scientifique qui examine un ampèremètre pour déterminer le nombre devant lequel l'aiguille s'est arrêtée. Ses sensations sont probablement les mêmes que celles du profane, surtout si ce dernier a l'habitude de lire d'autres genres de compteurs. Mais il a vu l'ampèremètre (là encore souvent littéralement) dans le contexte du circuit tout entier, et il sait quelque chose de sa structure interne. Pour lui, la position de l'aiguille est un critère, mais seulement de la *valeur* du courant. Pour l'interpréter, il lui suffit de déterminer à quelle échelle le compteur doit être lu. Pour le profane, au contraire, la position de l'aiguille n'est le critère de rien en dehors d'elle-même. Pour l'interpréter, il faut qu'il examine tout l'ensemble des fils, intérieurs et extérieurs, qu'il fasse des expériences avec des batteries, des aimants, etc. Dans le sens métaphorique, non moins que dans le sens littéral du mot *vue*, l'interprétation commence là où cesse la perception. Les deux processus ne sont pas les mêmes, et ce que la perception laisse compléter à l'interprétation dépend éminemment de la nature et de l'étendue de la formation et de l'expérience préalables.

5. Exemples, incommensurabilité et révolutions

Ce qui précède fournit une base permettant de clarifier un autre aspect de ce livre : mes remarques sur l'incommensurabilité et ses conséquences pour les scientifiques hésitant à choisir entre deux théories successives¹⁵. Dans les chapitres X et XII, j'ai soutenu que, dans ces discussions, les deux partis voient inévitablement de manière différente certaines situations expérimentales, ou, des faits d'observation auxquels ils font tous deux appel. Etant donné que le vocabulaire dans lequel ils discutent se compose toutefois, en grande partie, des mêmes termes, ils doivent établir entre ces termes et la nature un rapport différent, ce qui rend leur communication inévitablement partielle. En conséquence, la supériorité d'une théorie sur l'autre ne peut se prouver par la discussion. J'ai insisté sur le fait qu'au lieu de prouver, chaque parti doit essayer de convertir l'autre par persuasion. Seuls les philosophes se sont sérieusement mépris sur l'intention de cette partie de mon argumentation. Selon quelques-uns d'entre eux, je serais convaincu que les promoteurs de théories incommensurables ne peuvent pas du tout communiquer entre eux¹⁶ ; que, par conséquent, dans une discussion concernant le choix d'une théorie, il ne saurait y avoir de recours à de *bonnes* raisons ; que les théories doivent être choisies pour des raisons en fin de compte personnelles et subjectives et qu'un certain genre d'aperception mystique est à l'origine de la décision à laquelle on aboutit. Plus qu'aucune autre partie du livre, les passages sur lesquels reposent ces erreurs d'interprétation sont à l'origine des accusations d'irrationalité.

Considérons d'abord mes remarques sur la preuve. Ce que j'ai voulu dire est simple et depuis longtemps familier à la philosophie des sciences. Les discussions sur le choix d'une théorie ne peuvent pas prendre la forme d'une preuve logique ou mathématique. Dans ces dernières, les prémisses et les règles de référence sont précisées dès le début. S'il y a un

15. Les points suivants sont traités plus en détail dans les chap. V et VI de « Reflections ».

16. Voir les ouvrages cités dans la note 9, ci-dessus, et aussi l'article de Stephen Toulmin dans *Growth of knowledge*.

désaccord sur les conclusions, ceux qui ont participé à la discussion peuvent reprendre leurs arguments en sens inverse, en vérifiant chacun par rapport aux stipulations antérieures. A la fin de ce processus, l'un ou l'autre doit admettre qu'il a fait une erreur, violé une règle préalablement acceptée. Après quoi, il n'a plus de recours, et est obligé d'admettre la preuve de son adversaire. C'est seulement si les deux partis découvrent qu'ils diffèrent sur le sens ou l'application des règles admises que leur accord primitif ne fournit pas de base suffisante pour une preuve, alors le débat continue sous la forme qu'il prend inévitablement durant les révolutions scientifiques. C'est un débat sur les prémisses et il a recours à la persuasion comme prélude à la possibilité d'une preuve.

Rien dans cette thèse relativement familière n'implique ni qu'il n'y ait pas de bonnes raisons de se laisser persuader, ni que ces raisons ne soient pas, en dernier ressort, décisives pour le groupe. Cela n'implique même pas que ces raisons de choix soient différentes de celles qu'admettent généralement les philosophes des sciences : exactitude, simplicité, fécondité, etc. Ce qu'on voudrait faire comprendre, cependant, c'est que ces raisons agissent en tant que valeurs, et peuvent de ce fait, être différemment appliquées, sur le plan individuel ou collectif, par des hommes qui sont d'accord pour les admettre. Si deux scientifiques ne sont pas d'accord, par exemple, sur la fécondité relative de leurs théories, ou s'ils admettent qu'ils ne sont pas d'accord sur l'importance relative de la fécondité et, par exemple, de la portée de la théorie qu'ils choisiront, aucun d'entre eux ne peut être convaincu d'erreur. Aucun d'entre eux ne sort non plus des limites de la science. Il n'y a pas d'algorithme neutre pour le choix d'une théorie, pas de procédure aboutissant à une décision systématique, qui, appliquée à bon escient, doive conduire chaque individu du groupe à la même décision. En un sens, c'est le groupe des spécialistes plutôt que ses membres individuels qui prend la décision effective. Pour comprendre le développement de la science, il n'est pas nécessaire de démêler les détails de la biographie et de la personnalité qui amènent chaque individu à un choix particulier, bien que ce sujet soit passionnant. Ce qu'il importe de comprendre, toutefois, c'est la manière dont un ensemble particulier de valeurs communes entre en interac-

tion avec les expériences particulières communes au groupe de spécialistes de telle sorte que la plupart des membres du groupe trouvent finalement qu'un ensemble d'arguments est plus décisif qu'un autre.

Ce processus relève de la persuasion, mais il présente un problème plus profond. Deux hommes qui perçoivent différemment la même situation, mais emploient néanmoins le même vocabulaire pour en discuter, utilisent forcément les mots différemment. C'est-à-dire qu'ils discutent à partir de ce que j'ai appelé des points de vue incommensurables. Comment peuvent-ils seulement espérer communiquer et encore moins se persuader ? Pour donner une réponse, même préliminaire à cette question, il faut préciser davantage la nature de la difficulté. Je suppose qu'elle prend, tout au moins en partie, la forme suivante.

La pratique de la science normale dépend de la capacité, acquise à partir d'exemples, de grouper des objets et des situations en ensembles semblables, qui sont primitifs en ce sens que le groupement est effectué sans répondre à la question : « Semblable par rapport à quoi ? » L'un des aspects principaux de toute révolution est donc que certains des rapports de similitude changent. Des faits qui étaient groupés dans le même ensemble auparavant, sont groupés ensuite dans des ensembles différents, et vice versa. Prenons l'exemple du Soleil, de la Lune, de Mars et de la Terre avant et après Copernic ; celui de la chute libre, du pendule et des mouvements planétaires avant et après Galilée ; ou celui des sels, des alliages et d'un mélange de soufre et de limaille de fer avant et après Dalton. Comme la plupart des objets, même s'ils faisaient partie des ensembles modifiés, continuent à être groupés ensemble, les noms des groupes sont généralement conservés. Néanmoins, le déplacement d'un ensemble secondaire entraîne ordinairement un changement critique dans le réseau de rapports qui les relie. Le fait de transférer les métaux du groupe des composés au groupe des éléments a joué un rôle essentiel dans l'apparition d'une nouvelle théorie de la combustion, de l'acidité et des combinaisons physiques et chimiques. Ces changements se sont immédiatement répandus à travers toute la chimie. Il n'est donc pas surprenant qu'à l'occasion de ces redistributions, deux hommes qui, jusque-là, s'étaient

en apparence parfaitement compris dans leurs conversations, découvrent tout à coup qu'ils réagissent au même stimulus par des descriptions et des généralisations incompatibles. Ces difficultés ne se sentiront même pas dans tous les secteurs de leurs entretiens scientifiques, mais elles surgiront et se cristalliseront de manière plus dense autour des phénomènes dont dépend surtout le choix de la théorie.

Bien qu'ils apparaissent d'abord dans les communications, de tels problèmes ne sont pas seulement linguistiques, et ils ne peuvent pas se résoudre simplement en précisant les définitions des termes gênants. Etant donné que les mots sur lesquels se cristallisent les difficultés ont été appris en partie par l'application directe d'exemples, les interlocuteurs qui ne se comprennent plus ne peuvent pas dire « j'utilise le mot *élément* (ou *mélange*, ou *planète* ou *mouvement libre*) d'une manière qui est déterminée par les critères suivants. » C'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas avoir recours à un langage neutre que tous deux utiliseraient de la même manière, qui conviendrait à l'expression de leurs deux théories ou même des conséquences empiriques de ces deux théories. Pour une part, les divergences sont antérieures à l'utilisation des modes d'expression, qui les reflètent néanmoins.

Toutefois, il faut bien que ceux qui se trouvent dans de telles difficultés de communication aient un recours. Les stimuli qui agissent sur eux sont les mêmes. Il en est de même de leur appareil neurologique en général, bien qu'il soit différemment programmé. De plus, à l'exception d'un secteur d'expérience réduit mais d'importance capitale, leur programmation neurologique doit aussi être très proche car ils ont en commun le même passé, sauf le passé immédiat. Par conséquent, ils vivent dans le même monde et emploient le même langage dans leur vie quotidienne et la plus grande part de leur vie scientifique. Etant donné qu'ils ont tout cela en commun, ils devraient pouvoir trouver pourquoi ils ne sont pas d'accord. Mais les techniques nécessaires ne sont ni simples, ni agréables, et ne font pas habituellement partie de l'arsenal des scientifiques. La science les reconnaît rarement pour ce qu'elles sont, et les utilise rarement plus longtemps qu'il n'est nécessaire pour aboutir à une conversion, ou se convaincre qu'il est impossible d'y aboutir.

En bref, la possibilité qui reste à des interlocuteurs qui ne se comprennent pas est de se reconnaître comme membres de groupes linguistiques différents et de devenir alors des traducteurs¹⁷. Prenant comme sujet d'étude les différences rencontrées dans les discours inter- et intra-groupes, ils peuvent tout d'abord tenter de trouver les termes et locutions qui, employés sans problèmes à l'intérieur de chaque groupe, sont néanmoins des foyers de divergences pour les discussions inter-groupes. (Les locutions qui ne font pas surgir ces difficultés peuvent être traduites homophoniquement.) Après avoir isolé les secteurs de divergence dans leurs communications scientifiques, ils peuvent avoir recours au vocabulaire quotidien qui leur est commun et tenter un nouvel effort pour venir à bout de leurs difficultés. C'est-à-dire que chacun peut essayer de trouver ce que l'autre verrait et dirait en présence d'un stimulus pour lequel sa propre réponse verbale serait différente. S'ils parviennent à refréner suffisamment leurs tendances à expliquer un comportement anormal par l'erreur ou la folie, il se peut qu'ils arrivent très bien, au bout d'un temps, à prédire leur comportement réciproque. Chacun aura appris à traduire la théorie de l'autre, ainsi que ses conséquences, dans son propre langage, et à décrire simultanément dans son langage le monde auquel s'applique cette théorie. C'est ce que font (ou devraient faire) habituellement les historiens des sciences quand ils ont affaire à des théories anciennes.

La traduction, si elle est poursuivie, permet aux interlocuteurs en difficulté de comprendre, à la place de l'autre, quelque chose des mérites et des défauts du point de vue de l'autre ; elle est de ce fait un outil puissant de persuasion et de conversion. Mais la persuasion elle-même ne réussit pas obligatoirement et, si c'est le cas, n'est pas inévitablement accompagnée ou suivie de conversion. Les deux expériences ne

17. L'ouvrage de référence déjà classique pour les différents aspects de la traduction est celui de W.V.O. Quine, *Word and object*, (Cambridge, Mass. and New York, 1960) ch. I et II. Mais Quine semble supposer que deux hommes recevant le même stimulus doivent avoir la même sensation et, de ce fait, parle peu du cas où un traducteur doit être capable de décrire le monde auquel fait allusion le langage que l'on traduit. Sur ce dernier point, voir : E.A. Nida « Linguistics and ethnology in translation problems », dans le recueil édité par Del Hyme *Language and culture in society*, (New York, 1964), pp. 90-97.

sont pas les mêmes, distinction importante que je commence seulement à reconnaître pleinement.

Persuader quelqu'un, me semble-t-il c'est le convaincre que l'on a un point de vue supérieur, qui devrait donc remplacer le sien. On arrive parfois à ce résultat sans recours à la traduction. En son absence, beaucoup des explications et des données de problèmes acceptées par les membres d'un groupe scientifique seront incompréhensibles à l'autre parti. Mais les groupes de chaque tendance peuvent habituellement produire, dès le début, quelques résultats de recherches concrets qui, bien que possibles à décrire en phrases comprises de la même manière par les deux groupes, ne peuvent pourtant pas être expliqués par l'autre groupe en ses propres termes. Si le nouveau point de vue dure un certain temps et continue à être fécond, les résultats de recherches exprimables en ces termes augmenteront probablement en nombre. Pour certains, seuls de tels résultats seront décisifs. Ils peuvent dire : je ne sais pas comment les adeptes du nouveau point de vue réussissent, mais il faut que j'apprenne ; quoi qu'ils fassent, il est clair qu'ils ont raison. Cette réaction est surtout facile à des hommes qui entrent juste dans la profession, car ils n'ont pas encore adopté le vocabulaire spécial ou les engagements de l'un des deux groupes.

Les arguments exprimables dans le vocabulaire que les deux groupes emploient de la même manière ne sont cependant pas décisifs, en général, en tout cas pas avant un stade avancé de l'évolution des points de vue opposés. Parmi ceux qui font déjà partie du groupe professionnel, peu de gens seront persuadés, à moins d'un recours aux comparaisons plus étendues permises par la traduction. Bien que ce soit au prix d'une longueur et d'une complexité extrême des phrases (songeons à la controverse Proust-Berthollet conduite sans utiliser le mot « élément »), il est possible de traduire du langage d'un groupe à celui de l'autre, beaucoup de résultats supplémentaires de recherches. A mesure que la traduction avance, par ailleurs, certains membres de chaque groupe commenceront peut-être aussi à comprendre, en se mettant à la place de l'autre, comment une affirmation jusque-là incompréhensible pour eux peut faire figure d'explication pour les membres du groupe opposé. La possibilité d'utiliser des techniques comme celles-

ci ne garantit évidemment pas la persuasion. Pour la plupart des gens, la traduction est un procédé inquiétant, et il est totalement étranger à la science normale. Les arguments contradictoires sont, de toute façon, toujours disponibles, et aucune règle n'en prescrit l'équilibre. Cependant, à mesure que les arguments s'accumulent, que les défis sont victorieusement relevés, il faudrait un entêtement aveugle pour continuer à résister.

Dans ce cas-là, un second aspect de la traduction, familier depuis longtemps aux historiens et aux linguistes, prend une importance cruciale. Traduire une théorie ou une conception du monde dans son propre langage, ce n'est pas la faire sienne. Pour cela, il faudrait utiliser cette langue comme langue maternelle, découvrir qu'on pense et qu'on travaille dans cette langue qui était auparavant étrangère, et ne pas seulement la traduire. Cette progression n'est cependant pas de celles que l'on puisse faire ou ne pas faire à volonté, après un choix, quelles que soient les bonnes raisons que l'on ait. Au contraire, à un certain point du processus d'apprentissage de la traduction, on s'aperçoit que la transition s'est effectuée, que l'on s'est laissé aller à utiliser le nouveau langage sans l'avoir décidé. Ou bien, comme nombre de ceux qui ont pour la première fois rencontré la relativité, par exemple, ou la théorie des quanta, au milieu de leur vie, on s'aperçoit que l'on est pleinement persuadé de la justesse de la nouvelle théorie, mais néanmoins incapable de l'intérioriser et de se sentir à l'aise dans le monde qui en découle. Un homme, dans ce cas-là, a fait son choix sur le plan intellectuel, mais la conversion nécessaire lui échappe en réalité. Il peut néanmoins utiliser la nouvelle théorie, mais il le fera comme un étranger dans un cadre qu'il connaît mal, et cette possibilité ne lui est accordée que parce qu'il y a déjà des indigènes. Par rapport à leurs travaux le sien est un parasite, car il lui manque l'ensemble des habitudes mentales que les futurs membres du groupe acquerront dès leur formation.

L'expérience de la conversion que j'ai comparée au changement de point de vue dans la théorie de la forme, reste donc au cœur du processus révolutionnaire. De bonnes raisons en faveur du choix fournissent des raisons de conversion et un climat dans lequel elle est plus susceptible de se produire.

De plus, la traduction peut fournir des points de départ pour la réorganisation des processus nerveux qui, bien qu'impossible à déceler à ce stade, est sous-jacente dans toute conversion. Mais ni les bonnes raisons ni la traduction ne constituent la conversion, et c'est ce processus-là que nous devons expliciter pour comprendre une sorte essentielle de changement scientifique.

6. *Les révolutions et le relativisme*

Une conséquence de la position qui vient d'être définie a particulièrement inquiété nombre de mes critiques¹⁸. Ils trouvent mon point de vue relativiste, en particulier tel qu'il est développé dans le dernier chapitre de ce livre. Mes remarques sur la traduction mettent en lumière les raisons de ce changement. Les adeptes de théories différentes sont comparables aux membres de groupes linguistiques différents. Le fait de reconnaître cette ressemblance suggère que, en un certain sens, les deux groupes peuvent avoir raison. Appliquée à la culture et à son développement, cette position est relativiste.

Mais appliquée à la science, elle peut ne pas l'être, et en tout cas, elle est loin du *simple* relativisme, à un point de vue qui a échappé à mes critiques. Considéré comme un groupe ou dans des groupes, les praticiens des sciences évoluées sont fondamentalement, comme je l'ai montré, ceux qui résolvent les énigmes. Bien que les valeurs auxquelles ils font appel au moment du choix de la théorie puissent être influencées aussi par d'autres aspects de leur travail, la preuve qu'il est possible avec cette théorie de définir et de résoudre les énigmes présentées par la nature est le critère dominant, aux yeux de la plupart des membres d'un groupe scientifique. Comme toutes les autres valeurs, cette aptitude à résoudre les énigmes se révèle équivoque à l'usage. Deux hommes qui la possèdent tous deux peuvent néanmoins différer dans les jugements qu'ils déduisent de son usage. Mais le comportement d'un groupe qui en fait une valeur importante sera très différent de celui dont le point de vue est opposé. Dans les sciences, me semble-t-il, la

18. Shapere, « Structure of scientific revolutions »; et voir aussi Popper dans *Growth of knowledge*.

grande valeur accordée à l'aptitude à résoudre les énigmes, a les conséquences suivantes.

Imaginons un arbre représentant l'évolution et le développement des spécialités scientifiques modernes à partir de leurs origines communes, par exemple la physique expérimentale et l'artisanat. Une ligne tracée de bas en haut de cet arbre et ne revenant jamais sur elle-même, depuis le tronc jusqu'à l'extrémité d'une branche, relierait une succession de théories issues les unes des autres. En considérant de tels groupes de deux théories, choisies à des points pas trop proches de leur origine, il devrait être facile de dresser une liste des critères qui permettraient à un observateur neutre de distinguer chaque fois la théorie antérieure de la plus récente. Parmi les plus utiles on trouverait : l'exactitude des prédictions, en particulier des prédictions quantitatives ; l'équilibre entre les recherches éso-tériques et celles concernant la vie courante ; et le nombre des différents problèmes résolus. Des valeurs comme la simplicité, l'ampleur et la comptabilité avec les autres théories seraient moins utiles dans ce but, bien que ce soient des éléments déterminants importants de la vie scientifique. Ces listes ne sont pas encore celles dont on aurait besoin, mais je ne doute pas de la possibilité de les compléter. Si cela se peut, le développement scientifique est, comme le développement biologique, un processus unidirectionnel et irréversible. Les théories scientifiques de date récente sont meilleures que celles qui les ont précédées, sous l'aspect de la solution des énigmes, dans les contextes souvent fort différents auxquels elles s'appliquent. Ce n'est pas là une position de relativiste, mais elle précise en quel sens je crois fermement au progrès scientifique.

Comparée à la notion de progrès la plus répandue parmi les philosophes des sciences et les profanes, cette attitude se révèle cependant dépourvue d'un élément essentiel. On trouve une théorie scientifique meilleure que les précédentes non seulement parce qu'elle est un meilleur instrument pour cerner et résoudre les énigmes, mais aussi parce qu'elle donne en un sens une vue plus exacte de ce qu'est réellement la nature. On entend souvent dire que des théories successives se rapprochent toujours plus de la vérité, ou en donnent des approximations de plus en plus exactes. Apparemment, des géné-

ralisations comme celle-ci ne concernent pas la résolution des énigmes et les prédictions concrètes qui dérivent d'une théorie, mais plutôt son ontologie, c'est-à-dire l'adéquation entre les entités dont la théorie peuple la nature et « ce qui s'y trouve réellement ».

Il y a peut-être une autre manière de sauver la notion de *vérité* pour l'appliquer à des théories entières, mais celle-ci ne convient pas. Il n'existe, me semble-t-il, aucune possibilité d'explicitier le sens d'une expression comme « ce qui s'y trouve réellement », en dehors d'une théorie particulière, la notion d'une adéquation entre l'ontologie d'une théorie et sa contrepartie *réelle* dans la nature me semble par principe une illusion. Par ailleurs, en tant qu'historien, je suis frappé par le caractère peu plausible de ce point de vue. Je ne doute pas, par exemple, que la mécanique de Newton ne soit une amélioration par rapport à celle d'Aristote, ou que celle d'Einstein ne soit meilleure que celle de Newton en tant qu'instrument pour la résolution des énigmes. Mais je ne vois, dans leur succession, aucune direction cohérente de développement ontologique. Au contraire, par certains caractères importants — pas par tous —, la théorie générale de la relativité d'Einstein se rapproche davantage de celle d'Aristote qu'aucune des deux ne se rapproche de celle de Newton. Je comprends que l'on soit tenté de qualifier cette position de relativiste, mais je pense quand même que ce terme est inexact. Réciproquement, si cette position est du relativisme, je ne vois pas ce qui manquerait à un relativiste pour rendre compte de la nature et du développement des sciences.

7. La nature de la science

J'étudierai pour conclure deux réactions fréquentes envers mon texte original, l'une critique, la seconde favorable, ni l'une ni l'autre, me semble-t-il, parfaitement exactes. Bien qu'il n'y ait aucun lien entre elles, ni avec ce que j'ai dit jusqu'ici, toutes deux ont été assez fréquentes pour demander au moins une réponse.

Quelques lecteurs de mon texte original ont remarqué que je passe à plusieurs reprises du mode descriptif au mode normatif, et inversement ; ce passage est particulièrement net dans des paragraphes qui commencent par : « Mais ce n'est

pas ce que font les scientifiques » et se terminent en disant que les scientifiques ne devraient pas faire ainsi. Certains critiques ont dit que je confonds description et prescription, violant ainsi un principe scientifique, depuis longtemps reconnu : *est* ne peut impliquer *devrait*¹⁹.

Ce théorème est devenu gênant en pratique et il n'est plus appliqué partout. Un certain nombre de philosophes contemporains ont trouvé des contextes importants dans lesquels les modes descriptif et normatif sont inextricablement mêlés²⁰. *Est* et *devrait* ne sont absolument pas aussi nettement séparés qu'il avait semblé. Mais il n'est pas nécessaire d'avoir recours aux subtilités de la linguistique philosophique pour préciser ce qui a paru confus dans cet aspect de ma position. Les pages qui précèdent présentent un point de vue ou une théorie sur la nature de la science, et, comme les autres philosophies des sciences, la théorie a des conséquences concernant la manière dont les scientifiques devraient se comporter, si leur entreprise doit réussir. Bien que cette théorie ne soit pas forcément plus exacte qu'une autre, il est légitime qu'elle s'exprime à plusieurs reprises par des *doit* ou *devrait*. Réciproquement, un ensemble de raisons qui font prendre la théorie au sérieux, est que des scientifiques, dont les méthodes ont été mises au point et choisies en raison de leurs succès, se comportent bien en fait comme le prescrit la théorie. Mes généralisations descriptives sont des preuves de la théorie justement parce qu'elles peuvent aussi en dériver, tandis que par rapport à d'autres conceptions de la nature de la science, elles constituent des comportements anormaux.

Je ne pense pas que le caractère circulaire de cet argument soit vicieux. Les conséquences du point de vue étudié ne sont pas épuisées par les observations sur lesquelles il reposait au départ. Même avant la première publication de ce livre, j'avais constaté que certaines parties de la théorie qu'il présente constituaient un outil utile pour l'exploration du comportement et du développement scientifique. Une comparaison entre ce post-scriptum et le texte original permet de voir

19. On trouvera l'un de ces nombreux exemples dans l'article de Feysabend, dans *Growth of knowledge*.

20. Stanley Cavell, *Must we mean what we say?* (New York, 1969) chap. I.

qu'il continue à jouer ce rôle. Un point de vue strictement circulaire ne pourrait pas servir ainsi de guide.

Ma réponse à la dernière réaction suscitée par ce livre doit être d'un genre différent. Un certain nombre de ceux qui ont pris plaisir à le lire l'ont fait moins parce qu'il met en lumière le développement scientifique que parce qu'ils considèrent que ses thèses principales peuvent aussi s'appliquer à bien d'autres domaines. Je vois ce qu'ils veulent dire et ne voudrais pas décourager leur désir d'élargir le problème, mais leur réaction m'a néanmoins surpris. Dans la mesure où ce livre décrit le développement scientifique comme une succession de périodes traditionalistes, ponctuées par des ruptures non cumulatives, ses thèses sont sans aucun doute applicables à de nombreux domaines. Et elles doivent l'être, car elles sont empruntées à d'autres domaines. Les historiens de la littérature, de la musique, de l'art, du développement politique et de beaucoup d'autres activités humaines ont depuis longtemps décrit leur domaine d'étude de la même manière. La notion de périodicité, exprimée en termes de ruptures révolutionnaires dans le style, le goût, et les structures institutionnelles, comptent depuis longtemps parmi leurs outils principaux. Si j'ai eu une attitude originale vis-à-vis de concepts de ce genre, c'est surtout en les appliquant aux sciences, domaine dont on a longtemps pensé qu'il se développait différemment. Il est compréhensible que la notion de paradigme en tant que réalisation concrète ou exemple, soit une seconde contribution. Je suppose par exemple que certaines difficultés notoires qui entourent la notion de style en art disparaîtraient si l'on pouvait considérer que les tableaux se modèlent les uns sur les autres plus qu'ils ne se conforment à certains canons abstraits²¹.

Ce livre était cependant destiné à préciser un autre point de vue, qui, lui, est apparu moins clairement à nombre de lecteurs. Bien que le développement scientifique puisse ressembler à celui des autres domaines plus étroitement qu'on ne l'avait supposé, il en diffère aussi de manière frappante. Il ne peut être entièrement faux de dire, par exemple, que les

21. On trouvera des remarques à ce sujet et une étude plus approfondie de ce qui est particulier aux sciences dans l'article de T.S. Kuhn, « Comments (on the relations of science and art) », *Comparative studies in philosophy and history*, XI (1969), pp. 403-12.

sciences, tout au moins à un certain stade de leur développement, progressent d'une manière qui n'est pas celle des autres domaines, quel que puisse être le progrès lui-même. L'un des objectifs de ce livre était de préciser ces différences et de commencer à les expliquer.

Considérons, par exemple, la façon dont j'ai insisté à plusieurs reprises, dans les chapitres précédents, sur l'absence ou tout au moins la rareté relative des écoles concurrentes dans les sciences développées. N'oublions pas que j'ai fait remarquer que, pour une grande part, les membres d'un groupe scientifique donné constituent les seuls spectateurs et les seuls juges du travail de ce groupe. Pensons encore à la nature spéciale de la formation scientifique, au but que constitue la résolution des énigmes, au système de valeurs auquel le groupe scientifique fait appel en période de crise et de décision. Ce livre isole d'autres caractéristiques semblables, dont aucune n'est nécessairement limitée à la science, mais qui dans leur ensemble mettent cette activité à part.

Sur toutes ces caractéristiques de la science, nous avons encore beaucoup à apprendre. J'ai commencé ce post-scriptum en insistant sur la nécessité d'étudier la structure des groupes scientifiques, et je le terminerai en soulignant le besoin d'une étude semblable, surtout comparative, des groupes correspondants dans d'autres domaines. Comment choisit-on un groupe et comment y est-on admis, qu'il s'agisse ou non d'un groupe scientifique ? Quels sont le processus et les étapes de la socialisation du groupe ? Quels sont les buts que le groupe reconnaît comme siens ? Quelles déviations, individuelles ou collectives tolérera-t-il ? Comment contrôle-t-il l'aberration impossible à autoriser ? Une meilleure compréhension de la science dépendra aussi de réponses à d'autres genres de questions, mais il n'est pas de domaine dans lequel elles nous soient aussi nécessaires. Comme le langage, la connaissance scientifique est intrinsèquement la propriété commune d'un groupe, ou bien elle n'est pas. Pour la comprendre, il nous faudra connaître les caractéristiques spéciales des groupes qui la créent et l'utilisent.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE.....	7
INTRODUCTION — Rôle de l'Histoire.....	15
CHAPITRE PREMIER. L'acheminement vers la science normale	25
CHAP. II. La nature de la science normale.....	39
CHAP. III. La science normale. Résolution des énigmes.....	52
CHAP. IV. Antériorité des paradigmes.....	61
CHAP. V. Anomalie et apparition des découvertes scientifiques	71
CHAP. VI. Crise et apparition des théories scientifiques....	87
CHAP. VII. Réponse à la crise.....	99
CHAP. VIII. Nature et nécessité des révolutions scientifiques	115
CHAP. IX. Les révolutions dans la vision du monde.....	136
CHAP. X. Caractère invisible des révolutions.....	164
CHAP. XI. Résorption des révolutions.....	173
CHAP. XII. La révolution, facteur de progrès.....	190
POSTFACE.....	206