

3 MÉTHODES DE RAISONNEMENT

Style, méthode et objet

Objets hypothétiques

La véracité

Hypothèse et modèle

Digression : la logique

Retour aux hypothèses

Le style galiléen

Le raisonnement architectonique

La modélisation et la philosophie des sciences actuelle

Dire la vérité

De la théorie au laboratoire

Le laboratoire, site de la véracité

Les nouvelles sortes de choses sur lesquelles nous raisonnons.

Je projette un transparent que je n'ai pas présenté mardi dernier. Il comporte la liste des cadres d'analyse en histoire et philosophie des sciences. Les voici donc :

Denkstil, Denkkollektif (Ludwik Fleck, 1935)

Conjecture, réfutation (Karl Popper, 1935)

Stil dans la mathématisation galiléenne de la nature (Edmund Husserl, 1936)

Obstacle épistémologique, coupure (Gaston Bachelard, 1938)

Paradigme, anomalie, crise, science normale (Thomas Kuhn, 1962)

Épistémè, formation discursive, énoncé, archive (Michel Foucault, 1966, 1969)

Programme de recherche (Imre Lakatos 1970)

Themata (Gerald Holton, 1978)

Style de pensée scientifique (A. C. Crombie 1978, 1994)

Actant – réseau (Bruno Latour, années 1980)

Intérêt (L'école d'Édimbourg, années 1980)

Style galiléen du raisonnement (Weinberg 1976, Chomsky 1980, attribué à Husserl 1936)

J'ai modifié la référence à Husserl que j'avais indiquée antérieurement. Et j'ai ajouté un dernier cadre, avec une référence non pas à des philosophes ou des historiens, mais à un physicien (Weinberg) et un grammairien (Chomsky), dont je parlerai un peu aujourd'hui.

Je voudrais répéter que ces cadres d'analyse sont tous différents, et que tous sont utiles. Je ne dis jamais qu'un cadre est meilleur qu'un autre dans l'absolu. Je mets l'accent sur la différence entre paradigme et *Denkstil*. Certains parmi vous ont eu l'impression que je pensais que le *Denkstil* est un meilleur concept. Ce n'est pas le cas, je veux être très clair sur ce point. Il est vrai que le mot « paradigme » est un peu usé pour avoir beaucoup servi dans les salons. Chaque petite avancée, chaque découverte inédite est annoncée comme un nouveau paradigme. L'usage abusif du mot doit nous inciter à la prudence. Cependant, entre les mains de Kuhn, c'était un bon outil. Son livre a connu un grand succès, et Kuhn est devenu un

auteur à la mode. Par conséquent, il a littéralement changé l'usage de ce mot obscur des grammairiens. Nous avons oublié que, pour l'instant, la seule signification que les dictionnaires donnent à ce mot est celle-ci : « Mot-type qui est donné comme modèle pour une déclinaison, une conjugaison. » (*Le petit Robert*). C'est Wittgenstein, et Kuhn après lui, qui ont créé l'usage métaphorique qui est devenu l'usage presque normal de ce mot. Quand un microbiologiste parle de l'« établissement des paradigmes d'invasion bactérienne par fusion de la génétique et la biologie moléculaire », ce n'est pas dans un sens kuhnien. C'est une métaphore empruntée directement à la grammaire. Mais sans Kuhn, le mot ne serait pas utilisé aussi souvent.

Style, méthode, et objet

Selon le plan, toujours provisoire, du cours, la leçon d'aujourd'hui concerne les méthodes de raisonnement :

Méthodes de raisonnement. Le deuxième élément clé. La première méthode apparue dans l'histoire des sciences occidentale – et que nous appelons toujours scientifique – c'est la démonstration mathématique. Je considère notre capacité de créer des démonstrations comme la découverte qui a rendu possibles toutes les autres méthodes des sciences. Non pas parce que les mathématiques en elles-mêmes sont intrinsèquement importantes, mais parce que c'est d'elles que provient la notion d'objectivité du raisonnement.

Les éléments clés proviennent de Crombie :

Nous pouvons établir dans le mouvement scientifique classique une taxinomie de six *styles de pensée scientifiques* ou de méthodes d'enquête et de démonstration, distingués par leurs *objets* et leurs *méthodes de raisonnement*. Trois styles ou méthodes ont été développés au sujet des régularités individuelles et trois autres au sujet des régularités des populations ordonnées dans l'espace et le temps¹.

Crombie n'est pas systématique. Il parle indifféremment

de « styles de pensée scientifiques » ou de « méthodes d'enquête et de démonstration »

comme si des *styles* et des *méthodes* étaient presque la même chose. Dans sa prochaine phrase, il dit que les six styles-ou-méthodes sont distingués par leurs objets et leurs méthodes. J'ai choisi de fixer la terminologie de la façon suivante : le concept le plus général sera *style de pensée*, les styles sont distingués par leurs *objets* et leurs *méthodes*. Objets et méthodes ne sont pas deux vecteurs indépendants : ils sont fortement liés, pratiquement imbriqués. La conséquence philosophique est que ce sont deux aspects imbriqués de ce que c'est que dire la vérité selon un nouveau style de pensée.

Objets hypothétiques

Je commence par les objets parce qu'ils étaient annoncés comme sujet de la leçon de mardi dernier, et que j'en ai à peine parlé. Je n'ai fait que donner un exemple de genres et d'espèces, (et aussi de familles, d'ordres et de classes), introduits par le style taxinomique. Passons au troisième style de Crombie,

(3) La construction par hypothèse de modèles analogiques.

¹ A. C. Crombie, *Styles*. Vol. 1, p. 83.

Au début de l'histoire des sciences spéculatives, il y a des atomes : ceux de Leucippe et de Démocrite. L'atomisme est l'un des « themata » de Gerald Holton. Les themata sont des conceptions durables, des modèles de l'univers. Il ne s'agit pas simplement de suppositions, de conjectures, d'hypothèses. Imaginons Démocrite dans son grenier. Il entend de petits bruits. Il se dit « il y a des souris dans le grain ». C'est une conjecture ; peut-être ne s'agit-il de souris mais d'un rat, d'un chat, d'un ouvrier paresseux endormi parmi les sacs et qui bouge dans son sommeil. Avec un peu de chance, on peut tirer l'affaire au clair et découvrir la souris, le rat, l'ouvrier ou le chat.

Rien de tel dans le cas des atomes de Démocrite. Ce sont des objets théoriques, des éléments d'un modèle hypothétique. Hypothétique et analogique, parce que dans les versions des atomistes anciens, on trouve des analogies avec un monde plus familier. Les atomes sont comme des petits cailloux, mais d'après Lucrèce, ils ont des crochets. Ils sont en mouvement dans le vide, un vide qui ressemble au vide de l'espace que nous habitons, mais qui est encore plus vide que lui... Bref, un modèle analogique, assorti de l'hypothèse que le monde est vraiment comme cela.

L'énoncé du troisième style de Crombie parle à la fois d'hypothèses et de modèles :

(3) La construction par hypothèse de modèles analogiques.

Je l'ai appelé le style des hypothèses, mais si l'on voulait le désigner par un seul mot de référence, il serait préférable de parler du style de la *modélisation* ou de la *modélisation hypothétique*, utilisant les objets ou les structures hypothétiques. Structures ? Tournons-nous vers la cosmologie ancienne. On y trouve des modèles célestes, comme les sphères de cristal. Elles ont été introduites parce qu'elles expliquaient certains phénomènes. D'où la question : ces sphères sont-elles simplement des outils de pensée, ou sont-elles vraiment réelles, des sphères solides dans le ciel ? La question, en réalité, ne porte pas simplement sur les objets ou sur le cristal, mais sur la structure dans laquelle les sphères sont rangées dans les cieux.

Je le répète, ce sont les modèles plus que les hypothèses qui ont suscité des débats ontologiques – qu'ils portent sur des objets, comme les atomes de Leucippe, ou sur des structures comme l'arrangement des sphères cristallines.

La véracité

Au sujet de l'introduction d'un nouveau style de pensée, nous avons proposé trois schémas. Les deux premiers sont les suivants :

(*) Un changement de conception de ce que c'est que dire la vérité sur X

(**) Ce changement significatif s'est produit au Y-ième siècle et son icône est Z.

Ces schémas fonctionnent très bien pour le style mathématique, le style des postulats et de la démonstration :

Quand X = les rapports géométriques, Y = le sixième siècle avant J.-C., Z = Thalès (vers 625-547 av. J.C.).

Pour le style de la modélisation, les choses ne sont pas si nettes. On peut prendre X = les objets et les structures qui sont en principe inaccessibles à l'observation. En principe ? J'ai fait mention de mon collègue Serge Haroche, qui dit qu'on voit et qu'on touche les atomes. Beaucoup de philosophes rejettent cette façon de parler. En ce qui me concerne, elle me convient comme description des observations dans les laboratoires atomiques de l'École Nationale Supérieure. Mais jusqu'à la physique atomique expérimentale contemporaine, il manquait les technologies nécessaires pour observer les atomes. Du temps de Démocrite ou

même d'Einstein, les technologies disponibles ou concevables ne permettaient pas de les observer et on les pensait inaccessibles. Lorsque je dis « en principe inaccessibles à l'observation », cela veut dire : en principe, au regard des technologies concevables à cette époque.

Y a-t-il une icône – un Thalès ou un Thucydide – pour le style de la modélisation ? Une icône, comme je l'ai dit, peut être mythique ou légendaire. Il peut s'agir d'un homme dont nous ne savons presque rien, dont seuls nous sont parvenus quelques fragments sibyllins. Le nom d'Héraclite vient à l'esprit, l'auteur des mots que nous traduisons ainsi : « La Nature aime à se voiler ». Dans un merveilleux livre intitulé *Le Voile d'Isis*², Pierre Hadot, professeur honoraire du Collège de France, retrace l'histoire de cette phrase oraculaire d'Héraclite.

Le livre est illustré de représentations classiques de la nature – il s'agit toujours d'une femme, souvent Isis, qui se dévoile et révèle ses secrets devant la science. Avec un message sous-jacent : elle se déshabille devant les hommes de science. Pierre Hadot a reproduit les frontispices de plusieurs livres, dont un ouvrage de 1687 publié par Leeuwenhoek, l'inventeur du microscope. Le livre montre aussi une statue célèbre de Louis-Ernest Barrias, *La Nature se dévoilant devant la science* (1899), conservée au Musée d'Orsay. Quelle image sexiste ! Pierre Hadot n'a pas reproduit dans son livre la gravure qui orne le revers de la médaille du prix Nobel de physique et de chimie. Elle « représente la nature sous la forme d'une déesse prenant les traits d'Isis émergeant des nuées et tenant dans ses bras une corne d'abondance. Le génie de la science lève le voile qui recouvre son visage. » Modeste allégorie, chaste et pleine de pudeur ? Non : sa poitrine est déjà nue.

La tradition du voile d'Isis révèle toujours, selon Pierre Hadot, l'histoire des interprétations erronée. La devise d'Héraclite relève vraiment du mythe, mais Héraclite reste une bonne icône pour le style de modélisation, parce que la réalité prétendument décrite par les modèles est toujours voilée, toujours cachée, « en principe ». Je lui décerne un prix Nobel d'honneur. Je propose de reprendre mon schéma récurrent (***) dans le cas de l'introduction du style de la modélisation. On obtient :

Quand X = les objets et les structures en principe inaccessibles à l'observation, Y = le cinquième siècle av. JC, et Z = Héraclite (vers 550-480).

(**) Ce changement significatif s'est produit au cinquième siècle av. J.C., et son icône est Héraclite.

Hypothèse et modèle

Au 19^e siècle on a parlé de l'hypothèse comme méthode. Hypothèse, c'était le mot de l'époque. La pratique courante était de proposer une hypothèse expliquant des faits connus ou des phénomènes surprenants. Le fondateur du pragmatisme, Charles Sanders Peirce (1839-1914), nous a laissé un exemple simple et clair.

Un jour, j'ai débarqué dans un port en Turquie. Sur mon chemin vers la maison où je venais en visite, je rencontrai un homme à cheval, entouré de quatre cavaliers portant un dais au-dessus de sa tête. Comme le gouverneur de la province était le seul personnage qui me vint à l'esprit qui eût pu faire l'objet de si grands honneurs, j'en déduisis que c'était lui. C'était une hypothèse.

Peirce a appelé ce raisonnement une application de la méthode qui utilise les hypothèses. Le problème est toujours de trouver une explication plausible pour un fait : l'homme à cheval

² Pierre Hadot, *Le Voile d'Isis. Essai sur l'histoire de l'idée de Nature*, Gallimard, 2004.

entouré des cavaliers qui l'abritent du soleil brûlant de l'été turc. De nos jours, les philosophes parlent souvent de l'inférence à la meilleure explication. Un nouveau nom pour la même idée.

L'hypothèse émise par Peirce est différente de la conjecture de Démocrite sur les atomes : elle ressemble plutôt à l'hypothèse selon laquelle c'est une souris qui fait du bruit dans le grenier. On peut interroger l'homme à cheval ou ses compagnons : êtes-vous, est-il, le gouverneur ? Pas facile : Peirce ne parle pas le turc, l'homme et ses cavaliers ne parlent pas les langues européennes, ou ne veulent pas parler avec ces étrangers sur le sol turc.

Peirce n'était pas un touriste en Turquie. Il était là en tant qu'expert membre d'une expédition venue observer le passage de la planète Vénus. Peirce a laissé le souvenir d'un grand pragmatiste, un philosophe, mais il a longtemps gagné sa vie comme scientifique. Il a travaillé avec l'administration centrale américaine chargée de contrôles et de recherches sur les côtes marines, chargée également d'études géophysiques et de mesures astronomiques. Je suis certain que l'expédition scientifique américaine disposait de bons traducteurs !

Il est assez clair que dans ce cas, il ne s'agit pas d'un modèle avec des objets hypothétiques hors de portée de l'observation et de la confirmation directe. Je ne dis pas qu'il y ait une distinction nette. Peirce le philosophe, en réfléchissant à Peirce le scientifique, n'a guère distingué les hypothèses concernant les souris et les gouverneurs des hypothèses sur les atomes. On peut objecter que Peirce le voyageur en Turquie devait avoir un modèle de l'organisation politique de ce pays comme un système divisé en provinces avec des gouverneurs. Il modélise ! Oui, mais je voudrais insister sur la détermination pratique en temps réel de la vérité ou de la fausseté de sa conjecture sur le statut de l'homme à cheval. Une telle détermination au sujet des atomes n'est pas possible du temps de Démocrite, ni du temps de Dalton.

De fait, la pratique consistant à conjecturer pour expliquer n'est pas une méthode de raisonnement *scientifique* dans la tradition *européenne*. J'imagine que c'est une méthode de raisonnement universelle qui se retrouve dans toutes les populations humaines. La modélisation hypothétique n'est pas une activité qu'on fait spontanément : c'est une méthode qu'il est nécessaire de découvrir. Mais conjecturer, comme l'a souligné Popper, c'est une chose que font même les amibes.

Digression : la logique

C'est le moment de faire une petite digression sur la logique.

Peirce, comme Kant et quelques autres philosophes avant lui, est un fétichiste de la symétrie. Il adore les triades, les ensembles à trois éléments, les troïkas intellectuelles. Il pense que la logique est divisée en trois parties : la déduction, l'induction, et la méthode qui utilise les hypothèses, c'est à dire la méthode de l'inférence à la meilleure explication. Pour rendre cette triade symétrique, il appelle le troisième élément « abduction ». Le mot vient de la logique scolastique, où il a une signification différente : il désigne un syllogisme dont la conclusion n'est pas certaine. Bon : la conclusion d'une inférence à la meilleure explication n'est pas certaine, et le mot « abduction » complète l'assonance dans ce vers logique rigoureusement triadique : Déduction, induction, abduction. Les trois parties de la logique, selon Peirce.

Aucune de ces trois branches de la logique ne figure dans notre liste canonique des six styles de pensée scientifique. Mais en sont-elles vraiment absentes ? Pourquoi n'inclurait-on pas (1) l'hypothèse ou l'abduction sous la rubrique modèles hypothétiques, (2) la déduction dans le style mathématique, et (3) l'induction dans le raisonnement statistique et

probabilitaire ? Parce que (1) l'abduction, ou inférence à une explication, est une opération beaucoup plus générale que de concevoir des structures abstraites qui modélisent un univers sous-jacent. Parce que (2) il n'y a pas que les mathématiciens qui font des déductions : nous en faisons tous. Parce que (3), même si les probabilités peuvent donner une analyse de certaines inductions, et affiner notre sens notoirement infirme de ce qu'on peut inférer à partir de données incomplètes, l'usage avisé des statistiques est au mieux un raffinement de l'induction, et non la totalité de l'induction.

Aucune des trois branches de la logique ne figure dans notre liste canonique. Ne serait-il pas naturel d'en ajouter une ou plusieurs, séparément ou combinée à d'autres, pour former un style à part entière, qui serait « la logique » ? Ou alors, si la déduction est plus générale que les mathématiques, pourquoi ne pas remplacer les mathématiques par un style de raisonnement plus large, qui serait la déduction ? De même, l'induction pourrait remplacer (et englober) la pensée statistique, tandis que l'abduction remplacerait et absorberait la modélisation hypothétique.

Ce serait la destruction du concept de style de pensée scientifique, qui est ancré dans une analyse historique. Chacun des styles est une manière de penser et de chercher qui s'est formée et a évolué en son temps et à son rythme propre. La logique, dans le sens très généreux de Peirce, est antérieure à tous les styles de pensée scientifique dans la tradition européenne.

Personne n'avait formalisé la syllogistique avant Aristote, mais partout, il y a des gens qui opèrent ces transferts linguistiques qui seront codifiés ensuite comme déductifs. Nous suivons Crombie en disant que la découverte de la démonstration mathématique et son évolution jusqu'à aujourd'hui, sont des événements appartenant à la tradition européenne. Mais la logique est universelle. Elle est le patrimoine d'une espèce qui parle, même si Aristote a été le premier à en analyser les règles.

Pas besoin d'un Thalès pour faire la première déduction. Si on a les mots, dans n'importe quelle langue, à n'importe quelle époque, dans n'importe quelle société, on fait ce raisonnement : « Cet oiseau est une poule, pas un coq, donc c'est une femelle. » Il suffit d'avoir la capacité du langage pour la faire.

Dans le langage courant, on distingue les mathématiques de la logique. C'est le génie de Gottlob Frege, de Bertrand Russell et de leurs contemporains d'avoir compris qu'on pouvait essayer de trouver dans la logique les fondements des mathématiques – un projet rejeté par beaucoup de mathématiciens, à commencer par Henri Poincaré. Frege était l'exception. Kant était la règle. Il oppose la logique – c'est-à-dire, dans son esprit, la syllogistique – et la mathématique. Il ne faut pas penser, écrit-il, que la découverte du raisonnement mathématique par les Grecs ait été aussi facile que le développement de la logique – « où la raison n'a affaire qu'à elle-même ». Nous sommes d'accord avec Kant, même si cette formulation, où il dit qu'en logique, la raison n'a affaire qu'à elle-même, nous paraît étrange.

Quant à l'induction, on entend dire que les gens et même les animaux la pratiquent depuis toujours. Nous faisons des inductions pour survivre. Mais on n'a guère utilisé les probabilités de façon consciente et réfléchie avant 1650. Et le raisonnement statistique ne s'est réellement développé qu'après 1815. L'induction, c'est autre chose : elle est universelle. On ne peut pas dire qu'il s'agit d'un mode de raisonnement qui serait né très tôt dans l'histoire humaine. En fait, la pratique de l'induction – prévoir le futur sur la base du passé, apprendre par l'expérience – est une condition de survie pour une espèce.

Il en va de même pour l'abduction. Je soupçonne que la première fois que quelqu'un est parvenu à exprimer de façon cohérente sa surprise devant une chose inhabituelle, il a aussitôt produit une inférence à la meilleure explication.

Les styles de pensée scientifique sont des manières de réfléchir et de chercher qui ont été acquises au cours d'une histoire spécifique. Faire de la logique, au sens le plus généreux de Peirce – la déduction, l'induction et l'abduction – suppose d'être humain. La logique ne suppose guère plus que la capacité de parler. Rien à voir avec le fait qu'on soit en Méditerranée vers 500 av JC, quand il s'agit de la logique. Ce serait de la mauvaise histoire ou de l'impérialisme pervers que de les ajouter à la liste des styles de pensée scientifique dans la tradition européenne.

Les schémas (*)-(***) ne s'appliquent pas à la triade de Charles Sanders Peirce, la déduction, l'induction, ou l'abduction.

Retour aux hypothèses

Conséquence de cette digression : il existe une méthode, qu'on appelle inférence à la meilleure explication, ou encore abduction – le nom importe peu – qui n'est pas une méthode de raisonnement distinguant un style de pensée. Elle est antérieure à tous les styles. Le style (3) de Crombie utilise cette méthode pour faire des modèles avec des objets hypothétiques, mais ce qui distingue le style, c'est l'usage de modèles, d'objets hypothétiques, et de structures inaccessibles à l'observation.

Parler de méthode d'« hypothèse » ou par hypothèse était courant au 19^e siècle mais pas au 20^e ou au 21^e. Au milieu du 20^e siècle, on parle souvent de la méthode hypothético-déductive. C'est peut-être une expression inventée par le philosophe Carl Gustav Hempel (1905-1997), à l'origine de l'école positiviste de Berlin, qui a eu une grande influence sur le développement de la philosophie des sciences aux États-Unis. C'est l'équivalent de la méthode des conjectures et réfutations dont Karl Popper (1902-1994) s'est fait le champion. Popper, philosophe viennois émigré à Londres pendant la période nazie, a mis l'accent sur la déduction – les conjectures n'ont jamais de fondement, ce sont des simples conjectures. Les positivistes de Vienne ou de Berlin pensent toujours en termes d'induction et de confirmation, tandis que Popper rejette ces idées. Mais ce n'est pas le moment de nous occuper des différences entre ces deux écoles.

Selon Hempel, quand on fait une hypothèse, par exemple pour expliquer quelque chose, il faut aussi mettre cette hypothèse à l'épreuve. On déduit de l'hypothèse un énoncé conditionnel : si les conditions C sont remplies, alors on doit obtenir un résultat observable R. On fait en sorte que les conditions C soient remplies. Si l'on observe le résultat R, alors l'hypothèse est confirmée.

Il s'agit d'une hypothèse et d'une déduction, donc d'une procédure hypothético-déductive, c'est vrai. Mais Hempel met aussi l'accent sur la mise à l'épreuve : il parle de l'implication-et-l'épreuve. L'implication, dans le sens logique, est la conséquence observable si on met l'hypothèse à l'épreuve. Est-ce la même méthode de raisonnement que dans le style (3) ? Pas plus que l'abduction de Peirce. Elle ne requiert pas de modèles ni d'objets hypothétiques.

Je reviens à la souris de Démocrite. Le philosophe se dit : si je laisse du fromage sur le sol, dans une boîte si petite qu'un rat ne peut pas y entrer, et que le fromage disparaît pendant la nuit, cela confirme l'hypothèse de la souris. Peut-être, mais l'hypothèse ne sera pas établie pour autant ! Il y a d'autres possibilités : le petit-fils du philosophe a pu jouer un tour à son

grand-père et se lever avant le jour pour voler le fromage. Mais la disparition du fromage est une confirmation. Tout cela se passe sans les modèles.

Conclusion : la méthode « par hypothèse », l'« abduction », l'« inférence à la meilleure explication » et la méthode « hypothético-déductive » ont toutes un rôle dans la méthode de raisonnement du troisième style, mais la méthode ne se résume à aucune d'elle, et elles sont utilisées le plus souvent dans la vie quotidienne en dehors de tout style de pensée scientifique.

Le style galiléen

Dans la liste des cadres d'analyse, nous trouvons le *Stil* dans la mathématisation galiléenne de la nature, chez Husserl. Ce concept joue un grand rôle dans son dernier chef-d'œuvre, *La Crise des sciences européennes et la phénoménologie transcendantale*³ de 1936. Je l'ai cité pour illustrer la fréquence de l'usage du concept de *Stil* dans l'Allemagne de l'entre-deux-guerres. Le mot *Stil* – *Denkstil* – est au cœur de l'analyse de Fleck, mais il n'est pas central dans le texte de Husserl. Husserl s'intéresse surtout à « l'idée fondamentale de la physique galiléenne, la nature comme *universum* mathématique⁴ ». On trouve bien chez lui l'idée de style, mais ce sont surtout les lecteurs de Husserl qui parlent du style galiléen chez Husserl. Ils lui donnent généralement une signification assez simple. Cela me convient bien, mais cette simplification fait disparaître, je crois, beaucoup d'idées phénoménologiques de Husserl lui-même.

Noam Chomsky, le plus grand théoricien de la grammaire, parle du « style galiléen du raisonnement en physique, à savoir, faire des modèles abstraits et mathématiques de l'univers »⁵. Selon lui, il est nécessaire d'employer ce style pour établir les fondements de la grammaire universelle. Il renvoie aux propos de Stephen Weinberg, cosmologiste et prix Nobel, qui pense qu'il n'y avait *a priori* aucune raison d'espérer que le style galiléen donnerait de bons résultats – or il a connu un succès formidable. Notez bien que Chomsky a produit des théories profondes sur la grammaire, un domaine où il n'est pas possible de faire des expériences au sens ordinaire. Même chose pour Weinberg, pour des raisons différentes : il est cosmologiste, et on ne fait pas d'expériences sur les trois premières minutes de l'univers.

I. B. Cohen, un historien des sciences très connu, a présenté de manière plus détaillée le même genre d'usage du mot style : il parle, quant à lui, d'un « style newtonien », qui est une façon de combiner « deux niveaux d'ontologie », l'un mathématique, l'autre mesurable. Il ajoute :

On pourrait probablement plaider que ce style est galiléen ou képlérien, et non une invention de Newton. Effectivement, Edmund Husserl a écrit à loisir sur le style « galiléen », modalité essentielle de la physique mathématique moderne. De ce point de vue, le style newtonien peut être conçu comme un développement très perfectionné et extrêmement raffiné du style galiléen.⁶

Cohen et Weinberg se réfèrent au §9 de *La Crise* de Husserl. Dans cette très longue et très importante section de 42 pages, Husserl, en effet, s'est certainement exprimé « à loisir », comme le dit Cohen. Husserl présente Galilée comme le découvreur d'un nouveau type de science, mais il n'utilise que très rarement l'expression « style galiléen ». En fait, je ne pense

³ Gallimard, 1976. V.o. *Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie*.

⁴ Le titre de la section 9 (b), p. 33.

⁵ *Règles et représentations*, Flammarion, 1985. V.o. *Rules and Representations*, Oxford, 1980.

⁶ "The *Principia*, Universal Gravitation, and the 'Newtonian Style' in relation the Newtonian Revolution in Science," *Contemporary Newtonian Research*, ed. Zev Bechler, Dordrecht : Reidel, 1982, 21-108, (p. 49). Voir Cohen, *Revolution in Science*, Harvard, 1985.

pas qu'il ait employé le mot « style » dans le même sens qu'aucun de ces trois auteurs, ni dans le sens où je l'utilise. Par exemple, le mot figure six fois sur une même page (36), et il est souligné deux fois dans le texte original allemand, mais chaque fois pour renvoyer à une caractéristique du « monde de l'intuition ». Par exemple.

Nous pouvons ainsi thématiser le *style général invariant* dans lequel s'obstine ce monde de l'intuition au milieu du fleuve de l'expérience totale. (p. 36)

Mon avis est que nous devons ce nom de « style galiléen » aux lecteurs de Husserl et non à Husserl lui-même. Précisons. Je trouve ces références au style galiléen chez Husserl dans les écrits d'un historien, I. B. Cohen, un grammairien, Noam Chomsky, et un physicien, Steven Weinberg. Dans des textes publiés entre 1976 et 1982. Leurs idées et leur formulation sont en gestation, on peut le supposer, depuis 1975. À cette date, ces trois grands hommes étaient professeurs à Harvard. Je pense que ce « style galiléen » chez Husserl est une création spontanée qui s'est produite dans « Harvard Square », dans la cour de Harvard vers 1975.

Raisonnement architectonique

Par tempérament, Crombie est un historien « continuiste » qui présente chaque style comme une évolution issue des temps anciens. Moi-même, je suis plutôt d'un tempérament révolutionnaire – peut-être sous l'influence excessive de Gaston Bachelard, Thomas Kuhn et Michel Foucault. Crombie met l'accent sur les origines grecques de tous ces styles et sur leur évolution jusqu'aux temps modernes. Je m'intéresse aux ruptures qui ont transformé radicalement nos méthodes de raisonnement.

C'était apparent mardi dernier, quand j'ai utilisé l'exemple de la taxinomie. Crombie affirme à juste titre que ce style remonte aux grecs. En exagérant à peine, c'est un peu comme s'il intronisait Aristote comme président d'honneur de la société mondiale des taxinomistes. De mon côté, j'ai parlé de Linné comme d'une icône nouvelle parce qu'à son époque on a introduit la hiérarchie absolue que nous appelons linnéenne. Dans la leçon du 14 mars sur la taxinomie, je développerai ce thème de la rupture au sein du style taxinomique.

L'histoire du style (3), la modélisation hypothétique, suit un cours différent dans l'exposition de Crombie. Une page de citations de Platon, une page d'Aristote, et après cela on passe au Moyen Âge et aux penseurs scolastiques. Comme Pierre Duhem, un autre grand historien des sciences qui était aussi très catholique, il situe les origines de la science moderne plutôt au 12^e siècle qu'au 17^e. Il voit une convergence des questions théologiques et pratiques. Dieu est conçu non pas simplement comme le créateur du monde, mais comme le concepteur, l'architecte de l'univers et de toutes les choses qu'on y trouve.

J'ai toujours aimé le mot de Leibniz : raisonnement architectonique⁷. Si vous voulez expliquer les phénomènes du monde, demandez-vous, en toute humilité, comment Dieu, architecte et ingénieur, les aurait produits. Leibniz lui-même, grand prophète du futur avec toujours un regard en arrière, s'est inspiré pour sa métaphore des penseurs du Moyen Âge, qui sont les héros de Crombie.

Revenons à Husserl. Non pas le Husserl de Harvard, mais le Husserl historique. Il parle en effet de ce que Crombie a appelé la modélisation hypothétique, mais il traite aussi de quelque chose de beaucoup plus développé que les modèles, les analogies et les hypothèses du Moyen Âge. Il met l'accent sur les modèles *mathématiques* construits par Galilée, et il y voit

⁷ Par exemple, dans son *Tentamentum Anagoricum* de 1696, *Die Philosophischen Schriften von G.W. Leibniz* (ed. Gerhardt) VII, p. 270)

une rupture fondamentale qui a donné naissance au monde moderne. À cet égard, et à cet égard seulement, Husserl se situe plus du côté de Gaston Bachelard que de Pierre Duhem.

Crombie était lui-même un expert sur Galilée, et un très grand admirateur de ce grand homme. J'ai rencontré ses analyses et son concept de style il y a trente ans quand il a donné une conférence intitulée « perspectives philosophiques et interprétations changeantes de Galilée »⁸. Mais il voyait le style de Galilée comme une continuation de la pensée du Moyen Âge et des recherches médiévales, tandis que Husserl y voyait une méthode de pensée tout à fait nouvelle. Crombie et Husserl ont raison tous les deux. C'est simplement une affaire d'accent et de buts, qui sont très différents. Crombie, avocat de la continuité dans l'histoire, pourrait dire que, de même que Cohen fait remonter son style newtonien jusqu'à Galilée, et après cela à Kepler, on peut aussi le faire remonter jusqu'à leurs antécédents dont le cœur est toujours la construction des modèles, bien sûr moins mathématiques que chez Kepler. D'ailleurs, ce que les historiens appellent l'astronomie mathématique, avec ses modèles mathématiques et ses calculs rigoureux, a fleuri bien avant Kepler. En revanche, Husserl pourrait dire que Galilée a introduit une coupure définitive – le début de la mathématisation de la nature dans sa totalité, et pas simplement, comme Kepler, la mathématisation du ciel.

Crombie a produit des analyses assez profondes de la manière dont l'œuvre de Galilée prolonge la pensée du Moyen Âge. En bref, il est vrai que Galilée a mathématisé les modèles analogiques, mais sa conception de ces modèles comme représentations humaines des plans et des desseins de l'architecte divin est le point culminant d'un mouvement beaucoup plus ancien. L'innovation, c'est que la langue dont se sert Dieu pour exprimer ces plans et ces desseins est une langue mathématique. C'est là l'idée capitale de Husserl, ce qui est à ses yeux le début du monde moderne.

La Modélisation et la philosophie des sciences actuelle

Depuis les années quatre-vingt, mes collègues sont fascinés par les modèles. Dans les décennies précédentes, ce sont les hypothèses qui occupaient les philosophes. Il y a eu aussi un moment d'enthousiasme pour les modèles au milieu du 19^e siècle. En des temps plus anciens, on a fait des hypothèses et des modèles, mais selon des modalités qui changent avec le développement de la connaissance elle-même. Les philosophes ont tiré leur vision du monde des sciences de leur temps. C'est bien normal. Même dans l'histoire de la philosophie des sciences, il faut se souvenir du mot de Hegel, « La chouette de Minerve prend son vol à la tombée de la nuit ».

Vers la fin du 20^e siècle, parmi les philosophes de la physique, on a mis de plus en plus l'accent sur les modèles plutôt que sur les hypothèses. Nancy Cartwright⁹ et Rom Harré¹⁰ ont montré le chemin. Et aujourd'hui quand je m'intéresse aux objets introduits par un style de pensée, je pense surtout à des modèles analogiques. Ce sont les modèles plus que les hypothèses qui ont suscité les débats ontologiques récents.

⁸ En J. Hintikka (ed.), *Theory Change, Ancient Axiomatics and Galileo's Methodology*, Dordrecht: Reidel, 1981, pages 271-286.

⁹ Son premier ouvrage, qui introduit ses thèses sur les modèles en physique : *How the Laws of Physics Lie*, Oxford, 1983.

¹⁰ Son ouvrage le plus récent sur ce sujet, qui résume les précédents : Rom Harré, *Modeling : gateway to the unknown : a work*, Elsevier, 2004.

Dire la vérité

Avec toute cette discussion sur la modélisation et les hypothèses, j'ai esquivé la question principale, celle de la vérité et de la véracité. Rappelons notre schéma principal :

(*) Un changement de conception de ce que c'est que dire la vérité sur les objets et les structures en principe inaccessibles à l'observation.

Dire la vérité sur ces objets et ces structures ? Qu'est-ce que cela veut dire ? Quand les atomistes grecs ont proposé leur image du monde, c'était simplement une spéculation, la description élégante d'un monde imaginaire. Mais quand Robert Boyle a déduit la loi de Charles et de Boyle de son modèle corpusculaire, il a déduit une loi des phénomènes observables à partir d'une image des atomes dans le vide. Quand John Dalton a déduit les lois de la combinaison chimique de son modèle des atomes chimiques, il a déduit, en partant d'un modèle à la fois analogique et spéculatif, des généralisations déjà connues des chimistes. De plus, il a prédit des généralisations qui par la suite ont été confirmées par l'expérience. Hempel aurait reconnu dans cette procédure la méthode hypothético-déductive.

Dire la vérité, ce n'est pas simplement faire des modèles hypothétiques, mais aussi rechercher leurs conséquences. Revenons encore une fois à Crombie. Quand il commence l'exposition détaillée de son concept du style (3) – cela commence à la page 1087 !! – sa première phrase ne parle pas simplement des modèles :

L'ambiance intellectuelle et artistique particulière de l'Europe moderne à ses débuts installa la méthode (3), la modélisation hypothétique, comme une combinaison scientifique particulièrement efficace d'exploration théorique et expérimentale.

L'exposition du style (3) commence dans « l'Europe moderne à ses débuts » – quelque peu avant Galilée, bien sûr, mais pas dans le monde des atomistes grecs. Plus intéressant, il invoque implicitement son style (2), c'est à dire « L'exploration et la mesure expérimentale de relations observables plus complexes ». On voit que ses styles ne sont pas sans rapport. Au contraire, la compréhension correcte du style (3) inclut ce qu'il appelle l'exploration expérimentale. Ici, on est renvoyé à Hempel et à la méthode hypothético-déductive. Celle-ci est au coeur de la conception de ce que c'est que dire la vérité sur les objets et les structures en principe inaccessibles à l'observation.

De la théorie au laboratoire

Cette façon de présenter la vie scientifique traduit une attitude très courante du vivant de Crombie. C'est une image des sciences où la théorie domine les expériences. En histoire des sciences, c'est Alexandre Koyré qui a donné le ton. Le Galilée de Koyré est un platonicien qui forme toutes ses conceptions dans son esprit. Je crois que c'est aussi le Galilée de Husserl. Ces grands hommes ont vraiment nié que Galilée ait fait des expériences. La communauté des historiens a accepté ce travestissement jusqu'à ce que mon ancien collègue Stillman Drake ait obtenu des mesures très détaillées dans des expériences avec des plans inclinés. Les experts affirmaient que, du temps de Galilée, il était impossible de mesurer le temps avec la précision que réclament les résultats qu'on trouve dans ses textes. La conclusion était que Galilée devait avoir fabriqué ces résultats dans son esprit : confirmation de la thèse de Koyré. Alors Drake a construit un grand appareil de vingt mètres sur dix, reconstruction d'un projet décrit par Galilée lui-même. Avec une petite armée d'étudiants, il a démontré qu'on pouvait obtenir avec les outils disponibles à l'époque des mesures aussi précises que celles de Galilée.

En philosophie, c'est Karl Popper qui avait donné le ton auparavant. Le travail du laboratoire et des activités expérimentales est simplement de mettre la théorie à l'épreuve. Voici ce qu'il écrit dans son chef d'œuvre, *La logique de la découverte scientifique*¹¹ :

Le théoricien pose certaines questions déterminées à l'expérimentateur et ce dernier essaie, par ses expériences, d'obtenir une réponse décisive à ces questions-là et non à d'autres. ... [L'expérimentateur] lui-même n'a pas pour tâche principale de faire des observations précises ; son travail à lui aussi est pour une large part d'espèce théorique. La théorie commande le travail expérimental de sa conception aux derniers managements en laboratoire.

C'est un exemple du phénomène philosophique de la chouette de Minerve. Quand Koyré et Popper étaient jeunes, les découvertes magnifiques de la théorie de la relativité et même de la théorie quantique étaient théoriques, un travail de l'esprit. Appliqués à ces exemples, les propos de Popper ne sont pas faux.

Les temps changent, et avec eux le vol de la chouette. J'ai publié mon livre *Concevoir et expérimenter*¹² en 1983. À cette date, l'image qu'on pouvait se faire du rôle de l'expérience dans la physique contemporaine avait beaucoup changé par rapport aux idées qui avaient cours à l'époque de la jeunesse de Karl Popper. La deuxième partie de mon livre constitue un défi, un manifeste proclamant l'importance intrinsèque du travail expérimental du laboratoire. Cette thèse est devenue banale, mais elle était incroyablement radicale il y a vingt ans. Ma maxime principale se résumait ainsi : « Les expériences ont leur vie propre. » Quelques années plus tard, Peter Galison, historien des sciences à Harvard, a repris ce thème dans un beau livre de 1987, *Ainsi s'achèvent les expériences*¹³. Il fait une variation sur cette formule, quand il écrit que « les instruments scientifiques ont leur vie propre. » (Je dois rappeler que le professeur Galison est cette année à L'École normale supérieure, rue d'Ulm, et qu'il interviendra dans mon séminaire le 28 mars.)

Dans la deuxième moitié de mon livre de 1983, la thèse que je soutiens n'est pas simplement que les expériences sont importantes et qu'elles sont les compagnes des théories et non leurs servantes ou leurs esclaves. Il y a aussi un aspect plus positif, qui est même assez évident, en réalité. Les chercheurs, au laboratoire, ne font pas qu'observer le monde : ils changent le monde, ils interviennent dans le cours de la nature. Ils ne se contentent pas d'enregistrer des observations sur les événements naturels. Ils modifient le monde, ils modifient l'univers. Ils ne font pas que signaler les phénomènes, ils les créent. Oui, dans un laboratoire, on crée des phénomènes. Des phénomènes qui n'avaient pas d'existence avant leur création par les chercheurs. C'est pourquoi le titre de la deuxième partie de mon livre n'est pas *Expérimenter*, comme dans la traduction française, mais *Intervenir*, qui est plus fort.

Je voudrais appliquer ces idées dans la cinquième leçon du cours, le 28 février. Crombie, conformément aux idées de son époque, concevait l'expérience comme un contrôle de la modélisation. Je prétends qu'il y a une fusion des deux styles, de la modélisation et de l'exploration, que j'appelle simplement le style du laboratoire. Quel scientifique faut-il choisir comme icône de l'origine de ce style ? J'ai choisi Robert Boyle, pour les raisons que j'expliquerai.

¹¹ Payot, 1973. V.o. *Logik der Forschung*, 1934.

¹² Christian Bourgois éditeur, 1989. V.o. *Representing and Intervening*, Cambridge, 1983. Une nouvelle traduction française est à paraître à la LGF.

¹³ *Ainsi s'achèvent les expériences : la place des expériences dans la physique du XXe siècle*, Éd la Découverte, 2002. V.o. *How experiments end*, Chicago, 1987.

Le laboratoire, site de la vérité

Nous avons nos trois schémas :

- (*) Un changement de conception de ce que c'est que dire la vérité sur X
- (**) Ce changement significatif s'est produit au Y-ième siècle et son icône est Z.
- (***) Ceux qui opèrent selon le nouveau style ne sont pas plus rationnels ou à nouveau mieux informés que leurs prédécesseurs. Ceux qui en restaient à la pratique traditionnelle n'avaient ni des idées confuses ni des convictions contraires (à cet égard) à celles de leurs successeurs.

Pour la modélisation hypothétique, j'ai proposé :

Quand X = les objets et les structures en principe inaccessibles à l'observation, Y = le cinquième siècle av. JC, et Z = Héraclite.

- (**) Ce changement significatif s'est produit au cinquième siècle av. J.C., et son icône est Héraclite.

Mais Héraclite et ses successeurs du monde ancien n'ont pratiquement aucun lien avec la méthode hypothético-déductive. Le temps Y de la réalisation consciente de sa puissance se situe, chez Crombie, au début de l'Europe moderne. Avec Husserl, on peut dire que l'icône doit être Galilée (1564-1642). J'ai précisé que le choix d'une icône n'est pas une question de vérité : c'est le choix du mythe que l'on préfère. Mon mythe favori, pour des raisons que j'exposerai le 28 février, c'est celui de Robert Boyle et de la pompe à air, en 1660.

Quand X = les objets et les structures en principe inaccessibles à l'observation, Y = le cinquième siècle av. JC, et Z = Robert Boyle (1626-1691)

- (**) Ce changement significatif s'est produit au milieu du 17^e siècle, et son icône est Robert Boyle.

Les nouvelles sortes de choses sur lesquelles nous raisonnons.

Une thèse principale de ce cours c'est que chaque style de pensée scientifique introduit une nouvelle classe d'objets qui étaient absents de notre réflexion jusqu'au moment où le style a commencé à être développé. Un style introduit aussi de nouvelles sortes de propositions, de lois, et sans doute, d'explications. Dans le cas des objets, nous avons évoqué les entités mathématiques abstraites (« platoniciennes »), et en biologie, les taxa de la systématique. Nous passerons à la démonstration mardi prochain.

Aujourd'hui, notre attention se porte sur les entités inobservables (« théoriques ») – les objets et les structures du schéma (*) qui sont en principe inaccessibles à l'observation. On peut dire que chaque style est spécifique à un domaine, mais uniquement parce qu'il introduit les objets dans le domaine qui lui est propre. C'est ce qui rend possible, en contrepartie, les interminables débats ontologiques caractéristiques de chaque domaine : par exemple entre les réalistes et les anti-réalistes en philosophie des sciences, ou entre le platonisme et le nominalisme en philosophie des mathématiques.

Une classe d'objets n'apparaît pas toute seule. Comme le disait le logicien Georg Kreisel, « Le problème n'est pas l'existence des objets mathématiques, mais l'objectivité des mathématiques. ¹⁴ » L'objectivité des mathématiques, c'est une affaire de démonstration,

¹⁴ Ce mot est célèbre, mais son origine semble faire débat, si l'on en croit Google. Je crois que Kreisel l'a prononcé dans une discussion publique avec Michael Dummett à Oxford, en parlant de Wittgenstein, vers 1960.

c'est-à-dire que cela engage la méthode de raisonnement essentielle aux mathématiques. L'objectivité des sciences théoriques de la modélisation, c'est l'affaire de la méthode hypothético-déductive.

Crombie dit que chaque style est caractérisé par ses objets et ses méthodes. Pour lui, c'est une observation d'ordre historique. En effet, elle est au cœur de la compréhension philosophique de la véracité et de la raison elles-mêmes. Sans la méthode de raisonnement caractéristique d'un style de pensée, les objets de ce style n'ont pas d'objectivité.

Les objets ont besoin des méthodes de raisonnement pour qu'on puisse dire la vérité sur eux. Inversement, une méthode de raisonnement sans un type d'objet nouveau est stérile et ne distinguera jamais un style de pensée.