



PHILOSOPHIE DES SCIENCES

Maurice GEX

**ÉLÉMENTS DE PHILOSOPHIE
DES SCIENCES**

Du même auteur :

INITIATION A LA PHILOSOPHIE

4^e édition, Le Griffon, Neuchâtel 1960

LOGIQUE FORMELLE

2^e édition, Le Griffon, Neuchâtel 1960

VARIÉTÉS PHILOSOPHIQUES

Lausanne 1948

TEST CARACTÉRIEL POUR UN DIAGNOSTIC RAPIDE

Presses universitaires de France, Paris 1953

LA PHILOSOPHIE CONTEMPORAINE

Le Griffon, Neuchâtel, 1964

MAURICE GEX

Eléments de philosophie des sciences

Cours de philosophie
du Gymnase de la Cité, Lausanne

APPENDICE

LA MÉTHODOLOGIE DIALECTIQUE
SELON FERDINAND GONSETH
(IDONÉISME)

Deuxième édition

ÉDITIONS DU GRIFFON, NEUCHÂTEL

La première édition de cet ouvrage, parue en 1947,
s'intitulait MÉTHODOLOGIE

Couverture dessinée par Jean Baier

© 1964 by Editions du Griffon, Neuchâtel
Printed in Switzerland

PRÉFACE

C'est la méthode surtout qui, dans les sciences, a une valeur éducative. La connaissance des résultats des sciences est pure érudition, mais connaître les méthodes, c'est détenir un instrument intellectuel utilisable pour de nouvelles conquêtes, c'est posséder une culture, un pouvoir, et non pas un acquis mort, un savoir stérile. Peut-on d'ailleurs « comprendre » certains résultats sans connaître plus ou moins la manière dont ils ont été obtenus, donc la méthode ?

Il n'est pas possible de se mettre au courant des méthodes scientifiques sans les pratiquer soi-même quelque peu : aussi ce cours s'adresse-t-il aux personnes familiarisées avec l'aspect au moins élémentaire des sciences et ne prend toute sa signification que dans la mesure où il s'appuie sur les cours de mathématiques, de physique, de chimie, de biologie, d'histoire, et sur la pratique des laboratoires.

Nous avons donné de nombreuses citations pour orienter le lecteur vers des études complémentaires.

L'étude de la méthodologie répond au désir de prendre conscience du travail scientifique ; le savant s'absorbe totalement dans ses recherches, il lutte avec les difficultés qu'il rencontre et oublie d'opérer un retour sur soi, de prendre son propre effort comme objet d'étude. Sans doute est-il très conscient des méthodes techniques et spéciales qu'il met en œuvre, mais bien des hommes de laboratoire, par exemple, font leur travail d'une manière plus ou moins routinière, sans se rendre compte du mécanisme général de la méthode expérimentale : le cas du maître de Claude Bernard, Magendie, est célèbre à ce sujet, lui qui, contrairement à toute saine méthode, réclamait « des faits, rien que des faits, sans aucun mélange de raisonnement ». N'oublions pas que l'activité de la connaissance est une fonction naturelle qui n'a pas besoin d'être surveillée consciemment pour être efficace.

Une prise de conscience de l'œuvre des savants au moyen de la méthodologie permet de s'élever au-dessus du travail purement technique, de saisir la signification humaine de l'activité scientifique et d'aborder les problèmes philosophiques qui s'y rattachent.

La méthodologie est le couronnement indispensable d'études poursuivies chacune pour elle-même : elle lie la gerbe et permet d'acquérir une véritable culture générale, en rapprochant des connaissances qu'une spécialisation outrancière morcelle. Chaque spécialiste a coutume de vanter sa spécialité et chaque maître met en valeur la science qu'il enseigne : c'est naturel et humain. La méthodologie dégage les rapports entre les diverses sciences en confrontant ce qu'elles ont de plus significatif : leurs méthodes. Entre des disciplines aussi éloignées que les mathématiques et l'histoire, elle discerne

un commun souci de cohérence, des procédés d'analyse et de synthèse analogues, mais aussi des tendances profondément différentes qui réclament des qualités intellectuelles distinctes. La méthodologie montre d'une part l'unité foncière de l'esprit humain, et d'autre part la souplesse et l'ingéniosité avec lesquelles il crée des méthodes toujours plus exactement adaptées à un réel divers et multiple.

La science est œuvre humaine : dans l'examen de ses méthodes nous saisissons la lutte dramatique de l'esprit avec le « réel » qu'il cherche à ordonner, c'est-à-dire à unifier, tout en respectant les distinctions nécessaires. La pratique de la science fait souvent oublier l'esprit qui la crée, mais l'étude des méthodes restitue à l'esprit son véritable rôle dans l'acte de connaissance scientifique et permet de prendre une conscience nette de son pouvoir d'initiative que révèlent ses essais, ses tâtonnements, ses reprises, ses hypothèses hardies.

* * *

Nous exprimons notre vive gratitude aux amis qui nous ont aimablement prêté leur concours pour la révision du manuscrit et des épreuves.

M. G.

CHAPITRE PREMIER

Introduction

1. La méthode et l'invention. — La méthodologie est l'étude des méthodes scientifiques, c'est-à-dire des moyens utilisés par la pensée pour parvenir à la découverte et au contrôle de la vérité dans les diverses sciences. Le méthodologiste ne dicte pas au savant les méthodes à employer pour atteindre à la vérité dans son domaine, car elles ne peuvent s'élaborer que peu à peu, au prix d'une grande familiarité avec l'objet de ses recherches que seul le savant spécialisé possède à un degré suffisant. Mais une fois ces méthodes établies, le méthodologiste les étudie en vue d'en dégager la façon dont l'esprit œuvre pour connaître.

L'étude des méthodes scientifiques apporte donc une contribution importante au *problème de la connaissance*, qui est un des principaux problèmes de la philosophie et que l'on peut exprimer ainsi : comment l'esprit parvient-il à connaître, quelle est la valeur des divers types de connaissance, commune, scientifique et philosophique ? Comme les phénomènes que les sciences s'efforcent de débrouiller sont d'une complexité

extrême, l'esprit ne peut procéder au hasard mais doit, pour rendre sa recherche féconde, se conformer à certaines règles éprouvées : en un mot, il doit travailler avec *méthode*.

Le philosophe anglais FRANCIS BACON (1561-1626), grand initiateur en méthodologie, écrivait dans son *Novum Organum* (ouvrage destiné à substituer la méthode des sciences expérimentales à la logique formelle que les philosophes du moyen âge avaient empruntée à Aristote) : « L'expérience vague et qui n'a d'autre guide qu'elle-même n'est qu'un pur tâtonnement et sert plutôt à étonner les hommes qu'à les éclairer ; mais lorsqu'elle ne marchera plus qu'à la lumière d'une méthode sûre et fixe, lorsqu'elle n'avancera que par degrés et ira pour ainsi dire pas à pas, ce sera alors véritablement qu'on pourra espérer faire d'utiles découvertes ¹. »

Le célèbre philosophe et mathématicien français DESCARTES (1596-1650), fondateur de la philosophie moderne, nous dit à ce sujet : « Il vaut beaucoup mieux ne jamais songer à chercher la vérité sur aucune chose que de le faire sans méthode ; car il est très certain que des études sans ordre et des méditations obscures troublent les lumières naturelles et aveuglent l'esprit, et quiconque s'accoutume à marcher ainsi dans les ténèbres s'affaiblit tellement la vue qu'il ne peut plus supporter le grand jour » ². Les avantages d'une bonne méthode ne sont pas niables : l'histoire prouve que le progrès des sciences est lié à celui des méthodes.

Dans leur enthousiasme pour la méthode, Bacon et Descartes vont jusqu'à déclarer que les différences con-

¹ Francis Bacon, *Novum Organum*, C.

² Descartes, *Règles pour la direction de l'esprit*, règle IV.

sidérables que l'on constate entre les intelligences tiennent surtout à l'inégale perfection des méthodes dont elles se servent. Si l'on situe nos deux philosophes dans leur époque, cette affirmation outrée se comprend car la stagnation des sciences durant le moyen âge était due avant tout à l'absence de méthodes éprouvées : tournant résolument le dos au passé, Bacon et Descartes se dressent, le regard braqué sur l'avenir, comme de véritables prophètes des temps nouveaux, décrivant avec lyrisme les innombrables applications des diverses sciences destinées à faire le bonheur de l'humanité !

Cependant, si indispensables que soient les méthodes, la recherche scientifique a encore besoin pour progresser de l'apport de *l'imagination créatrice* du savant. Le physiologiste français CLAUDE BERNARD (1813-1878) écrit dans sa fameuse *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, œuvre magistrale à laquelle nous aurons souvent recours : « La méthode expérimentale ne donnera donc pas des idées neuves et fécondes à ceux qui n'en ont pas ; elle servira seulement à diriger les idées chez ceux qui en ont et à les développer afin d'en retirer les meilleurs résultats possibles. L'idée, c'est la graine ; la méthode, c'est le sol qui lui fournit les conditions de se développer, de prospérer et de donner les meilleurs fruits suivant sa nature... Le génie de l'invention, si précieux dans les sciences, peut être diminué ou même étouffé par une mauvaise méthode, tandis qu'une bonne méthode peut l'accroître et le développer ¹. »

En science, il convient donc de distinguer avec soin d'une part *l'invention*, d'autre part la *vérification* des

¹ Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1^{re} partie, ch. II, § 2.

découvertes et leur *exposition*. Aucune méthode ne donne du génie, la vivante recherche scientifique n'est pas simplement une affaire de règles précises à suivre, de consignes à observer : elle exige l'imagination créatrice, ce bond en avant de l'esprit qui court hardiment les risques de l'erreur en formulant une hypothèse audacieuse.

La méthode vient ensuite, pour vérifier l'hypothèse, puis, si celle-ci se vérifie, pour exploiter la nouvelle conquête scientifique et en étendre de plus en plus les ramifications. L'exposition des découvertes — dans l'enseignement par exemple — exige beaucoup de méthode afin de relier clairement le savoir nouveau aux connaissances acquises.

Notons enfin que l'invention de méthodes nouvelles et fécondes est l'œuvre du génie créateur et non pas d'un travail méthodique qui ne saurait faire sortir l'esprit du cercle des méthodes anciennes. En rendant le travail efficace et fécond, ces nouvelles méthodes sont infiniment précieuses. Ainsi, grâce aux méthodes du calcul différentiel et intégral, dues à NEWTON et à LEIBNIZ, un mathématicien très ordinaire résout aisément les problèmes touchant la roulette (cycloïde), par exemple, que PASCAL, à son époque, était à peu près seul capable de résoudre.

En fait, les méthodes ne sont pas antérieures au développement de la science : elles s'élaborent au cours de la recherche scientifique et se perfectionnent au fur et à mesure des progrès accomplis. Grâce à l'emploi de méthodes, une foule de problèmes peuvent recevoir des solutions précises et une quantité de recherches sont facilitées et dirigées efficacement. Mais la nature est si riche qu'il arrive toujours un moment où les mé-

thodes existantes sont insuffisantes : il faut alors sortir des sentiers battus pour élaborer de nouvelles méthodes.

2. La connaissance commune. — La meilleure manière de comprendre la connaissance scientifique est de la comparer à la connaissance dite commune (ou banale, vulgaire, spontanée, empirique), dont elle est un perfectionnement. La connaissance commune est celle qu'ont de la réalité des êtres dépourvus de formation scientifique spéciale, comme les primitifs, les enfants, les gens simples. Remarquons que les hommes cultivés, même les grands savants, usent de la connaissance commune dans la plupart de leurs actions habituelles hors du laboratoire ou de leur cabinet de travail. Ainsi quand un physicien va prendre le train, il ne songe pas nécessairement aux théorèmes de mécanique qui lui permettent de progresser, de maintenir son équilibre, puis d'être transporté en wagon ; un chimiste assoiffé qui boit un verre d'eau oublie généralement de penser à la composition de ce corps ! On ne saurait exagérer l'utilité de cette connaissance qui nous permet de vivre et que la connaissance scientifique non seulement ne remplace jamais complètement, mais prend encore pour point de départ obligé.

Toute connaissance, tant commune que scientifique, est formée d'éléments fournis par l'intuition sensible (p. 216) et élaborés par la pensée. L'élaboration est l'œuvre de la *raison*, que l'on définit comme la fonction de coordination de la pensée dans son activité de connaissance, fonction qui s'exerce au moyen de principes (d'identité, de contradiction, de causalité, etc.) constituant la structure de la raison (voir *Psychologie*: La

raison). La connaissance commune est le plus souvent le produit d'une élaboration *spontanée* de la raison, alors que la connaissance scientifique résulte d'une élaboration *réfléchie*, méthodique, poursuivie d'une manière volontaire et parfois ardue.

Dans la connaissance commune, les sensations obtenues par les organes des sens sont élaborées inconsciemment en perceptions (voir *Psychologie* : La perception), puis l'esprit, grâce à la mémoire, compare entre elles les diverses perceptions, les analyse et observe ainsi certains retours de phénomènes analogues. Tout naturellement l'esprit s'attend à leur réapparition et devient capable, dans une certaine mesure, de les prévoir ; il formule ainsi des *lois empiriques* telles que celles-ci : tout homme meurt ; le feu cuit les aliments et brûle.

Malgré ses défauts et ses insuffisances, la connaissance commune ou empirique est un sûr acheminement vers la connaissance scientifique, car elle comporte déjà un certain degré de généralité ; elle peut, en effet, énoncer des lois (pas toujours rigoureuses) et, quoique subjective dans une large mesure, c'est-à-dire variable d'un individu à l'autre, elle est grandement influencée et régularisée par la société au moyen du langage.

C'est en apprenant à parler à l'enfant qu'on forme sa pensée, qu'on lui donne la possibilité de la fixer, de l'ordonner et de la communiquer. Une pensée que le langage ne fixerait pas resterait vague, fuyante, insaisissable et incohérente. Or le langage est un produit social et la pensée commune se modèle sous son influence constante ; il lui fournit une grande quantité de moules généraux tout prêts : ce sont les *mots* qui permettent de classer rapidement les sensations nou-

velles et, avec l'aide de la syntaxe, de les mettre en rapport avec les anciennes. Le langage permet de *généraliser* aisément des observations particulières, car les mots sont des véhicules d'idées générales, de concepts universels. On peut dire qu'il transmet les résultats des observations et de l'énorme travail mental des générations qui ont présidé à sa formation.

Ainsi le langage tend à diminuer le caractère subjectif de la connaissance commune en faisant participer l'individu aux manières de penser d'un milieu social étendu, au sein duquel les individus contrôlent réciproquement leurs connaissances en se les communiquant.

Le but de la connaissance commune, structurée et uniformisée par le langage, est de nous *adapter* à notre milieu, de nous permettre de nous préserver des dangers qui nous menacent et de nous procurer notre nourriture. Orientée essentiellement vers l'action et la pratique, elle est avant tout utilitaire et tend à la fabrication d'outils qui augmentent notre pouvoir sur les choses et les êtres. Par la construction d'outils rudimentaires, la pensée, avant toute connaissance proprement scientifique, se mesure déjà avec une réalité extérieure qui lui résiste et qui la redresse chaque fois qu'elle s'égaré. Un outil mal conçu se révèle à l'épreuve inutilisable et force par là même la pensée à en construire un efficace, donc à se corriger pour mieux s'adapter à la réalité matérielle.

Mais nous n'entrons pas seulement en rapport avec le monde matériel : il est pour le moins aussi nécessaire de nous adapter à nos semblables, de deviner leurs intentions et de prévoir dans une certaine mesure leurs actions. La *psychologie empirique* répond à ce besoin : inégalement développée chez les divers individus, elle

se fonde sur de menus indices (jeux de physionomie, gestes, etc.) plus ou moins habilement interprétés. Elle existe sans doute depuis qu'il y a des sociétés humaines, tandis que la psychologie scientifique est de création récente.

3. La connaissance scientifique. — La transition entre pensée commune ou empirique et pensée scientifique est insensible, car la pensée scientifique est dans le prolongement de la pensée commune : elle en est un *perfectionnement* et un *accroissement*.

Cependant, en perfectionnant la pensée commune, la pensée scientifique peut s'éloigner considérablement des façons de voir de cette dernière et élaborer des notions qui ne rappellent en rien l'expérience immédiate : les conceptions récentes de la physique, par exemple, surprennent et déroutent le sens commun.

Tout comme la connaissance commune, la connaissance scientifique part des données des sens ; cependant une accumulation de faits, d'observations et d'expériences ne constitue pas une science. Citons CLAUDE BERNARD : « La simple constatation des faits ne pourra jamais parvenir à constituer une science. On aurait beau multiplier les faits ou les observations, que cela n'en apprendrait pas davantage. Pour s'instruire, il faut nécessairement raisonner sur ce que l'on a observé, comparer les faits et les juger par d'autres faits qui servent de contrôle ¹. » Le savant doit avoir une attitude *active* devant les faits et interroger la nature suivant certaines hypothèses qu'il a conçues à son sujet ; en d'autres termes il doit être conduit dans ses observations et dans ses expériences par une *idée directrice*,

¹ *Ouvr. cit.*, Ire partie, ch. I, § 4.

qui seule pourra rendre ses recherches fécondes en les empêchant de se faire au hasard. La science se construit donc par l'étroite collaboration de la raison et de l'expérience.

La raison cherche en effet à *unifier* et à *systématiser* d'une façon rigoureuse toutes les connaissances acquises dans un certain domaine ; elle pousse cette coordination beaucoup plus loin en science que dans la connaissance commune. La science idéale établirait une solidarité si étroite des différents faits que n'importe lequel d'entre eux s'exprimerait en fonction de tous les autres : « Connaître bien une chose, écrit DESCARTES, c'est connaître l'univers ».

La systématisation en science se fait au moyen de *lois* et de *théories*. La loi est une relation constante entre les phénomènes. La science s'efforce d'exprimer les lois au moyen de fonctions mathématiques, afin d'atteindre au maximum de précision. Un ensemble de lois vérifiées expérimentalement et coordonnées entre elles constitue une *théorie scientifique*.

Plus une science est systématisée, plus son pouvoir d'explication est grand. Expliquer scientifiquement un phénomène particulier (par ex. la chute de ce crayon dans cette chambre en ce moment) consiste à le rattacher à des lois générales qui permettent, certaines conditions initiales étant données (hauteur de chute, instant auquel on lâche le crayon, vitesse qu'on lui imprime en le lâchant), de *prévoir* le déroulement du phénomène. Grâce au pouvoir de prévision, lié au pouvoir d'explication de la science, l'homme peut agir d'une façon efficace et commander à certains phénomènes pour en retirer des avantages. AUGUSTE COMTE, philosophe français (1798-1857), fondateur du positivisme,

écrit : « Nos moyens naturels et directs pour agir sur les corps qui nous entourent sont extrêmement faibles, et tout à fait disproportionnés à nos besoins. Toutes les fois que nous parvenons à exercer une grande action, c'est seulement parce que la connaissance des lois naturelles nous permet d'introduire, parmi les circonstances déterminées sous l'influence desquelles s'accomplissent les divers phénomènes, quelques éléments modificateurs, qui, quelque faibles qu'ils soient en eux-mêmes, suffisent, dans certains cas, pour faire tourner à notre satisfaction les résultats définitifs de l'ensemble des causes extérieures. En résumé, *science, d'où prévoyance ; prévoyance, d'où action* ¹. »

En conclusion, nous dirons qu'entre les connaissances commune et scientifique il y a plutôt une différence de degré que de nature.

La connaissance commune est *qualitative*, alors que la science s'efforce d'introduire des déterminations *quantitatives* dans l'énoncé de ses lois, au moyen de la mesure ; chacun sait que les corps non soutenus, d'une certaine densité, tombent, mais la science seule peut indiquer le chemin qu'ils parcourent en fonction du temps écoulé.

La science formule des lois plus *générales* que la connaissance commune ; par exemple un paysan sera peut-être fort habile à prédire le temps qu'il fera dans sa contrée, mais ne saurait réussir aussi bien ailleurs, alors que les prévisions des météorologues peuvent être établies pour tous les lieux.

La science, enfin, est plus *objective* que la connaissance commune : son contenu ne varie pas d'un indi-

¹ Auguste Comte. *Cours de philosophie positive*, 2^e leçon, I.

vidu à l'autre est indépendant de l'humeur, des désirs et des bizarreries subjectifs : c'est une œuvre *collective, contrôlée et méthodique* (p. 12). Ajoutons qu'elle porte sur des abstractions soigneusement élaborées (la vitesse, l'accélération, le travail, la puissance, etc.), qui rendent cette objectivité possible (voir *Psychologie : L'abstraction et la généralisation*). Sans doute la connaissance commune se sert aussi d'abstractions : « arbre » en est une, puisque ce concept laisse de côté les caractères qui différencient entre eux le sapin, le hêtre, le chêne, etc. ; mais les abstractions scientifiques sont plus techniques et permettent, si possible, l'usage du calcul. C'est le haut degré d'abstraction de la connaissance scientifique qui la rend aisément communicable.

Si la science *prolonge et complète* la connaissance commune, elle *corrige et réforme* cependant cette dernière sur bien des points (ex. : rotation de la terre autour de son axe pour expliquer l'apparente rotation du ciel autour de la terre en 24 h.).

Résumons-nous : la science est une connaissance rationnelle, systématique, explicative, portant sur des généralités : elle permet de prévoir et, par conséquent, d'agir efficacement.

4. **Science et technique.** — Nous venons de le constater : la science permet d'agir sur les phénomènes ; elle a donc une incontestable valeur utilitaire, comme en témoignent les différentes *techniques* qui se fondent sur les sciences pures (l'hygiène se fonde sur la biologie, l'aviation sur la mécanique et la physique, la radio sur l'électro-magnétisme, etc.).

Mais la science n'a pas un but exclusivement utilitaire : elle satisfait aussi le désir de connaître, la curio-

sité désintéressée. Les mathématiciens, par exemple, développent certaines de leurs théories sans se préoccuper le moins du monde des applications possibles qu'elles peuvent comporter : ils le font pour le plaisir d'accroître leur savoir, par amour désintéressé de la vérité.

Or c'est de cette manière que les savants servent le mieux la science pratique et appliquée, car l'histoire des sciences prouve irréfutablement que des chapitres de la science pure qui paraissaient, au moment de leur création, ne devoir jamais comporter la moindre application, se sont brusquement révélés féconds à ce point de vue. Il suffit de citer l'exemple de la découverte de la loi de la gravitation universelle par NEWTON (1642-1727) et son application tardive au calcul des tables dont se servent les navigateurs, et celui de HERTZ (1857-1894), qui déclara que les ondes qu'il venait de découvrir ne comporteraient jamais la moindre utilité pratique ! Donc, pour faire œuvre féconde, le savant ne doit pas avoir en vue les applications de la science : celles-ci seront données par surcroît.

HENRI POINCARÉ (1854-1912), célèbre mathématicien français et philosophe des sciences, a écrit : « Il suffit d'ouvrir les yeux pour voir que les conquêtes de l'industrie qui ont enrichi tant d'hommes pratiques n'auraient jamais vu le jour si ces hommes pratiques avaient seuls existé, et s'ils n'avaient été devancés par des fous désintéressés qui sont morts pauvres, qui ne pensaient jamais à l'utile, et qui pourtant avaient un autre guide que leur caprice. C'est que, comme l'a dit Mach, ces fous ont économisé à leurs successeurs la peine de penser. Ceux qui auraient travaillé uniquement en vue d'une application immédiate n'auraient rien

laissé derrière eux et, en face d'un besoin nouveau, tout aurait été à recommencer¹. » Un autre mathématicien contemporain, ÉMILE PICARD, nous dit : « Les idées théoriques ont été souvent le germe fécond d'où sont sortis d'importants progrès dans l'industrie, dans l'agriculture, dans la médecine. Les rêveurs scientifiques, qui semblent perdus dans leurs spéculations, sont à leur manière des hommes pratiques : l'application vient quelquefois par surcroît. La source tarirait promptement, si un esprit exclusivement utilitaire venait à dominer dans nos sociétés trop préoccupées de jouissances immédiates². »

En résumé, la valeur de la science ne réside pas uniquement dans ses applications. Mais même si l'on adopte un point de vue étroitement utilitaire, on peut affirmer que plus la science est désintéressée dans le présent, plus elle sera utile dans l'avenir.

Si la construction de machines et d'instruments s'appuie nécessairement sur la science théorique, réciproquement, une technique perfectionnée rend les plus grands services à la science pure. L'usine fournit au laboratoire les grandes énergies dont il a besoin : hautes pressions, températures très élevées, champs magnétiques intenses, etc. L'industrie met à la disposition de la science des instruments très précis, indispensables à son progrès : microscopes, télescopes, spectroscopes, chronomètres, etc. Enfin, l'ingénieur pose souvent au savant — mathématicien, physicien ou chimiste — des problèmes théoriques qui l'arrêtent et dont l'examen donne une vigoureuse impulsion à la science pure : recherches

¹ Henri Poincaré, *Science et méthode*, p. 9.

² Emile Picard, *La science moderne et son état actuel*, p. 9.

théoriques engendrées par les besoins de l'aviation, de la radio, etc.

Remarquons que de nos jours la technique est encore plus étroitement solidaire de la science théorique : en physique nucléaire, par exemple, les applications industrielles (énergie atomique) suivent immédiatement les travaux théoriques les plus poussés, et ne pourraient jamais se faire sans eux. Inversement, les recherches dans ce domaine réclament des instruments puissants que seule une industrie très outillée peut fournir (cyclotron).

Science et technique sont donc étroitement solidaires et se prêtent un mutuel appui.

5. La science, œuvre collective et internationale. Le progrès scientifique. — La science peut se communiquer (p. 21), et par là même se développer d'une façon sûre et progressive, car chaque savant ajoute son effort personnel au point précis où la science qu'il cultive a été portée par le travail de ses innombrables prédécesseurs et contemporains. Chaque savant apporte ainsi sa pierre à l'édifice, sans distinction de pays et de race : la science est œuvre collective et internationale. PASCAL a exprimé magnifiquement cette idée : « Toute la suite des hommes, pendant le cours de tant de siècles, doit être considérée comme un même homme qui subsiste toujours et qui apprend continuellement ».

Les anciens Grecs ont créé la science avec les caractères que nous lui connaissons, ils sont donc à l'origine de son *progrès* continu. Héritiers des connaissances empiriques des Egyptiens et des Chaldéens, ils créèrent un savoir véritablement *rationnel* en inventant des démonstrations mathématiques rigoureuses et absolument générales, embrassant une infinité de cas parti-

culiers (une démonstration faite sur un triangle quelconque, par exemple, vaut pour tout triangle) ; les Egyptiens s'étaient bornés à des *constatations empiriques* sur les figures et les nombres ; ils ne connaissaient la relation qui constitue le théorème de Pythagore que pour les triangles dont les côtés sont respectivement proportionnels aux nombres 3, 4 et 5, mais n'avaient pas démontré le théorème pour tout triangle rectangle.

Le rôle d'initiateurs, non seulement en science mais encore en philosophie, que les anciens Grecs ont joué dans notre civilisation est si extraordinaire que ERNEST RENAN (1823-1892) a parlé du « miracle grec ». Certes, il ne faut pas entendre par là que, partis de rien, ils ont tout créé d'un seul coup, car la science plonge ses racines dans la religion et dans la technique empirique, comme l'ont montré les sociologues modernes. Cependant ce sont les Grecs qui, les premiers, ont dégagé la science de ses attaches mystiques et de ses procédés empiriques pour la constituer en un savoir désintéressé et rigoureux. Leur besoin de rigueur et de précision a donc accompli ce « miracle » (p. 35).

Toute la civilisation occidentale est issue de l'impulsion initiale donnée par les anciens Grecs. Son développement rapide, si différent de l'immobilisme des civilisations orientales, provient des caractères de notre science et de sa croissance continue. La meilleure preuve que la science occidentale est éminemment communicable est fournie par l'aisance avec laquelle les Japonais, plongés dans la féodalité, ont assimilé en un temps relativement court nos techniques, étroitement solidaires de notre science.

Pour achever de caractériser la science, disons quelques mots des principales qualités de l'esprit dit scientifique.

CHAPITRE II

L'esprit scientifique

6. Les qualités morales. — Elles sont pour le moins aussi importantes que les qualités intellectuelles. *L'amour désintéressé de la vérité* caractérise essentiellement l'esprit scientifique. Le savant doit chercher la vérité pour elle-même, en toute indépendance et avec une parfaite probité intellectuelle. Il lui faut du courage pour abandonner des théories bâties laborieusement, mais condamnées par de nouvelles expériences. La ténacité dans la recherche lui est indispensable : alors qu'on demandait à NEWTON comment il avait découvert la loi de la gravitation universelle, le grand physicien répondit : « En y pensant toujours ». L'impartialité à l'égard de ses propres conceptions exige la modestie. L'amour de la vérité est donc fait de désintéressement, d'indépendance, de probité, de courage, de ténacité, d'impartialité et de modestie.

La science ne se développe que grâce à l'apport complémentaire des instincts de prudence et d'audace de l'esprit humain : sans audace la pensée piétinerait sur place, et sans prudence elle serait illusoire et chimérique. L'équilibre entre ces deux qualités morales est nécessaire à la bonne marche de la science.

Examinons maintenant *les qualités proprement intellectuelles*.

7. **L'imagination.** — Chez le grand savant il faut surtout admirer le génie créateur qui dépend de la puissance de son imagination. Nous avons suffisamment insisté là-dessus (p. 13). Remarquons que les qualités de l'esprit scientifique peuvent se manifester sans être accompagnées de génie.

8. **La foi en la science.** — L'esprit scientifique est fait d'un curieux mélange de foi et de doute.

Pour tenter de débrouiller par des lois générales l'extraordinaire enchevêtrement de phénomènes qui constitue le monde, le savant doit avoir une *foi* solide dans *l'ordre universel* ; il doit être persuadé que la nature suit un cours uniforme et que les mêmes causes produisent les mêmes effets. Pour démêler cet écheveau, il doit non seulement croire que les apparences les plus capricieuses de la nature cachent une harmonie réelle, mais encore qu'elle est accessible à notre esprit, que le monde en son fond est intelligible, c'est-à-dire que notre raison est en mesure de pénétrer ses lois. « Sans la croyance qu'il est possible de saisir la réalité avec nos constructions théoriques, sans la croyance dans l'harmonie interne de notre monde, il ne pourrait pas y avoir de science. Cette croyance est et restera toujours le motif fondamental de toute création scientifique. A travers tous nos efforts, dans chaque lutte dramatique entre les conceptions anciennes et les conceptions nouvelles, nous reconnaissons l'éternelle aspiration à comprendre, la croyance toujours ferme dans l'harmonie de

notre monde, continuellement raffermie par les obstacles qui s'opposent à notre compréhension¹. »

Le véritable savant considère que tout écart entre un phénomène observé ou expérimenté et le même phénomène calculé à partir d'une loi doit pouvoir s'expliquer rationnellement et n'est pas simplement le résultat d'une fantaisie imprévisible de la nature. Ainsi, dans une science exacte comme la physique, une loi ne comporte pas d'exception (sauf s'il s'agit de loi statistique : voir No 27, remarque). Lorsqu'on lâche une pièce de fer dans le champ d'un électro-aimant, il semble que la loi de la chute des corps cesse d'être vérifiée ; mais, dans ce cas, il n'y a pas d'exception à la loi dans le sens des exceptions à une règle de grammaire : en vérité, on constate la manifestation d'une autre loi, celle de l'attraction magnétique, tout aussi générale que la première, dont les effets se composent avec ceux de la loi de la chute des corps. En fait, une loi n'est jamais seule à se manifester : la plupart des phénomènes naturels sont le produit de l'interférence d'un très grand nombre de lois.

Cette croyance en l'harmonie de la nature, s'exprimant par des lois universelles, se nomme aussi *foi au déterminisme*. On entend par déterminisme le principe selon lequel existent entre les phénomènes — ou les éléments de ces phénomènes — des relations nécessaires, de sorte que n'importe quel phénomène — ou élément d'un phénomène — est conditionné (déterminé) par ceux qui le précèdent ou qui l'accompagnent. Croire que les mêmes causes produisent les mêmes effets, c'est donc croire au déterminisme. Pour CLAUDE BERNARD,

¹ Einstein et Infeld, *L'évolution des idées en physique*, p. 288.

la foi au déterminisme rend la science possible. Le déterminisme est un *postulat* de la recherche, une *hypothèse de travail* pour le savant, et non pas le résultat de ses investigations.

9. **L'esprit critique.** — Si le savant croit à la valeur de l'esprit humain en général et à l'intelligibilité de la nature, il se défie, par contre, de lui-même, de ses hypothèses, de ses théories et de celles de ses collègues et émules. Sa foi s'adresse à la pensée humaine dans ce qu'elle a d'*impersonnel* ; son doute porte sur les manifestations *individuelles* de cette pensée, qui peuvent toujours être viciées par les distractions, les passions, la hâte ou l'amour-propre.

Il est impossible d'exagérer l'importance de l'*esprit critique* en science qui seul permet d'obtenir des résultats sûrs. Grâce à lui, le savant envisage ses propres productions comme celles d'un autre et les met à l'épreuve avec une sorte d'acharnement. Ne pas croire à une théorie scientifique uniquement parce que son promoteur jouit d'une grande réputation, mais se réserver le droit de la contrôler, de refaire pour son propre compte — si quelque chose paraît douteux — les expériences et les raisonnements qui y ont conduit, c'est la méthode du *libre examen*, fille de l'esprit critique, qui s'oppose à la méthode d'autorité dont ont abusé les scolastiques¹ (« le maître a dit... »).

L'esprit critique s'oppose à la fois au *dogmatisme* et au *scepticisme*. CLAUDE BERNARD écrit en comparant

¹ Les scolastiques sont les philosophes ou les théologiens (le plus souvent ils sont à la fois philosophes et théologiens) qui s'inspirent des méthodes enseignées dans les écoles au moyen âge.

le savant au dogmatique qu'il nomme scolastique ou systématique : « L'expérimentateur doute donc toujours même de son point de départ ; il a l'esprit nécessairement modeste et souple, et accepte la contradiction, à la seule condition qu'elle lui soit prouvée. Le scolastique ou le systématique, ce qui est la même chose, ne doute jamais de son point de départ, auquel il veut tout ramener ; il a l'esprit orgueilleux et intolérant et n'accepte pas la contradiction, puisqu'il n'admet pas que son point de départ puisse changer¹. » L'histoire des sciences prouve que souvent il a fallu reviser un principe supposé acquis définitivement, pour le modifier ou même le rejeter. Le savant ne croit définitivement et absolument à aucune loi particulière — toute loi d'ailleurs ne se vérifie qu'avec une certaine approximation — mais il croit en la capacité de l'esprit humain de serrer de plus en plus près la vérité au moyen de lois, la connaissance scientifique étant indéfiniment perfectible.

Le doute, qui accompagne l'esprit critique, est fécond parce qu'il rend le savant difficilement satisfait de ses découvertes ; il joue ainsi le rôle d'un véritable instrument de connaissance qui l'oblige à sortir de la routine et à briser la contrainte de l'autorité, sans abandonner sa foi en la science qui aiguillonne sa recherche. Le scepticisme, par contre, est parfaitement stérile.

Citons à ce sujet les lignes fameuses de CLAUDE BERNARD : « Le sceptique est celui qui ne croit pas à la science et qui croit à lui-même ; il croit assez en lui pour oser nier la science et affirmer qu'elle n'est pas soumise à des lois fixes et déterminées. Le douteur est

¹ *Ouvr. cit.*, Ire partie, ch. II, § 6.

le vrai savant ; il ne doute que de lui-même et de ses interprétations, mais il croit à la science ¹. »

Voici, en terminant, les paroles de PASTEUR (1822-1895) prononcées à l'inauguration de l'institut qui porte son nom : « Ayez le culte de l'esprit critique... Sans lui, tout est caduc. Ce que je vous demande là est ce qu'il y a de plus difficile à l'inventeur. Croire que l'on a trouvé un fait scientifique important, avoir la fièvre de l'annoncer, et se contraindre des journées, des semaines, parfois des années à se combattre soi-même, à ruiner ses propres expériences, et ne proclamer sa découverte que lorsqu'on a épuisé toutes les hypothèses contraires, c'est une tâche ardue. Mais quand, après tant d'efforts, on est enfin arrivé à la certitude, on éprouve une des plus grandes joies que puisse ressentir l'âme humaine. »

10. L'objectivité. — L'esprit scientifique vise au maximum d'objectivité (p. 20). Il ne faut pas entendre par là qu'il a la prétention de connaître les choses telles qu'elles sont en elles-mêmes, car la science est œuvre humaine et il n'est pas possible d'éliminer, ni même de déterminer avec certitude, la part du sujet dans la connaissance scientifique. En effet, les hommes possèdent tous des sens et un fonctionnement de l'intelligence à peu près semblables : voilà pourquoi ils peuvent s'entendre entre eux ; mais on ne peut savoir si tous ne déforment pas de la même manière ce qu'ils connaissent, car on ne possède pas de point de vue extérieur à l'humanité pour mettre en évidence ce fait, s'il existe.

¹ *Ibid.*

Sont objectives les propositions *valables pour tous les esprits pensants*, qui sont compétents et dans la disposition voulue pour comprendre. Par exemple, une théorie physique difficile, telle que la relativité d'EINSTEIN, sera considérée comme objective si elle rallie les suffrages des savants — même peu nombreux — capables de suivre les raisonnements et de répéter les expériences qui la fondent.

Pour parvenir à l'objectivité il faut libérer nos démarches intellectuelles de l'influence de nos passions, de nos désirs, de nos partis pris, en un mot de la partie affective de notre être, laquelle varie d'un individu à l'autre et parfois chez le même individu d'un moment à l'autre.

L'esprit critique est le grand artisan de l'objectivité : il lutte contre les traditions, les préjugés, c'est-à-dire contre tout ce qui peut troubler la connaissance.

Le savoir objectif, indépendant des divergences individuelles, réalise l'accord des esprits, la « convergence mentale », selon l'expression d'AUGUSTE COMTE. Il va sans dire que la science absolument objective est un idéal dont le savant s'efforce de se rapprocher sans jamais y atteindre complètement.

11. L'esprit positif.¹ — La pensée scientifique est animée d'un esprit positif : elle ne s'attache qu'aux connaissances qui peuvent se *vérifier* par l'expérimentation ou l'observation.

Le philosophe français ÉMILE BOUTROUX (1845-1921) a écrit : « L'esprit scientifique, c'est, essentiellement, le

¹ Ne pas confondre l'esprit positif comme qualité de l'esprit scientifique, avec l'esprit positiviste qui est celui des partisans de la doctrine philosophique nommée positivisme, dont le fondateur est Auguste Comte, et qui nie toute valeur à la métaphysique.

sens du fait, comme source, règle, mesure et contrôle de toute connaissance ¹. » L'esprit positif se soumet aux faits et doit par conséquent recueillir tous ceux qui se présentent, sans chercher à nier d'avance une catégorie de faits pour des raisons théoriques ou sentimentales, ce qui serait du dogmatisme. En mathématiques, c'est la rigueur du raisonnement qui remplace la vérification expérimentale. Il y a cependant, dans cette science aussi, une constante possibilité de vérification : on vérifie un calcul en le répétant ou en le dirigeant autrement, en le confrontant avec d'autres calculs, etc. Grâce à ce contrôle, les mathématiques relèvent aussi de l'esprit positif.

Des spéculations sur l'origine, la nature et la fin des êtres, qui ne sont pas susceptibles d'une vérification précise, ressortissent à la philosophie et non pas à la science. Le philosophe allemand KANT (1724-1804) indiquait l'existence de Dieu, l'immortalité de l'âme et la liberté humaine comme les problèmes métaphysiques fondamentaux (la métaphysique fait partie de la philosophie).

Remarquons que la science est parvenue à formuler une conception d'ensemble sur la nature intime de la matière : la théorie atomique. Mais quelque audacieuses que soient les théories scientifiques, il reste vrai — c'est le sens de la remarque de Boutroux — que la connaissance scientifique est par essence une *connaissance vérifiable*, soit directement, soit indirectement ; la théorie atomique se vérifie indirectement, car ses conséquences seules peuvent être prouvées expérimentalement.

¹ Emile Boutroux, *Science et religion*, p. 348.

12. La précision et la rigueur. — La science tend au maximum de précision et de rigueur : les savants s'efforcent d'exprimer mathématiquement les lois et, pour mieux y parvenir, ils perfectionnent de plus en plus leurs appareils de mesure (p. 23). L'histoire de la science enseigne que toute méthode de mesure qui augmente la précision et permet de connaître une décimale de plus, peut entraîner de nouvelles découvertes. (Ex. : La précision des observations de TYCHO-BRAHÉ a permis à son élève KÉPLER de découvrir les lois qui portent son nom : l'orbite des planètes ne peut être un cercle, mais doit être une ellipse dont le soleil occupe un des foyers, etc.)

Si les sciences expérimentales recherchent la précision, les sciences mathématiques poursuivent la rigueur dans les démonstrations.

L'effort vers la précision et la rigueur est naturellement solidaire de toutes les autres caractéristiques de l'esprit scientifique : foi en la science, esprit critique, objectivité, esprit positif. C'est par un tel effort que peut se définir de la façon la plus frappante l'esprit qui anime notre science occidentale. « La mathématique chinoise n'a aucun souci d'exactitude... On n'y distingue pas entre approximation jugée suffisante et valeur vraie. De même, pour le rapport de la circonférence à son diamètre, les Egyptiens (approximation remarquable de l'aire du cercle, par le carré des $\frac{8}{9}$ du diamètre), les Indous (approximation non moins remarquable de $\sqrt{2}$ peut-être empruntée aux Grecs de la fin du VI^e siècle), nous donnent ces nombres sans jamais marquer qu'ils les connaissent comme approximatifs, puisqu'aucun document ne laisse soupçonner

qu'ils aient conçu le nombre irrationnel avant les Pythagoriciens (Ve siècle av. J.-C.) ¹. »

Par une fiction hardie, HENRI BERGSON (1859-1941) suppose que notre science, méconnaissant les mathématiques et les sciences de la matière, ait dirigé ses investigations d'abord vers le domaine de l'esprit, ainsi que l'ont fait les Orientaux. « Car, sans doute, si l'on eût dépensé de ce côté la somme de travail, de talent et de génie qui a été consacrée aux sciences de la matière, la connaissance de l'esprit eût pu être poussée très loin, mais quelque chose lui eût toujours manqué, qui est d'un prix inestimable et sans quoi le reste perd beaucoup de sa valeur : la précision, la rigueur, le souci de la preuve, l'habitude de distinguer entre ce qui est simplement possible ou probable et ce qui est certain. Ne croyez pas que ce soient là des qualités naturelles à l'intelligence. L'humanité s'est passée d'elles pendant fort longtemps ; et elles n'auraient peut-être jamais paru dans le monde s'il ne s'était rencontré jadis, en un coin de la Grèce, un petit peuple auquel l'à peu près ne suffisait pas, et qui inventa la précision ². »

Il a donc suffi de cette orientation de l'esprit grec pour que la science prît son essor et que le monde en fût profondément bouleversé.

En résumé, l'esprit scientifique aime la vérité d'une manière désintéressée, il use de l'imagination, il a foi en la science, il est critique, positif, il vise à l'objectivité, à la précision et à la rigueur.

¹ Abel Rey, *Encyclopédie française*, 1° 12 - 3.

² Henri Bergson, *L'énergie spirituelle*, p. 87.

CHAPITRE III

La classification des sciences

13. **Utilité d'une classification.** — Dans l'antiquité, la pensée scientifique fut longtemps confondue avec la pensée philosophique, car les premiers philosophes grecs étaient en même temps des savants universels : mathématiciens, astronomes, physiciens. Le mot philosophie désignait alors l'ensemble du savoir théorique et pratique que l'humanité avait acquis. La connaissance proprement scientifique s'accroissant de plus en plus, la nécessité d'une *division du travail* suscita la constitution de sciences spéciales qui se détachèrent successivement du tronc commun de la philosophie. C'est la faiblesse de notre esprit qui nous oblige à sérier les difficultés et à nous placer à des points de vue différents pour étudier la réalité.

Dans l'antiquité grecque déjà, les mathématiques avec EUCLIDE et la mécanique avec ARCHIMÈDE se constituèrent de façon autonome (III^e siècle av. J.-C.). Puis ce fut le tour de l'astronomie avec COPERNIC (XVI^e siècle), de la physique avec GALILÉE (XVII^e siècle), de la chimie avec LAVOISIER (XVIII^e siècle). Enfin au XIX^e siècle, la biologie avec CLAUDE BERNARD, la sociologie

avec AUGUSTE COMTE et la psychologie avec WUNDT et RIBOT gagnèrent leur indépendance scientifique.

Mais la division des sciences ne s'est pas arrêtée en si bon chemin : chaque science s'est scindée en une foule de spécialités réclamant des compétences différentes : ainsi la physique s'est divisée en optique, acoustique, thermodynamique, électricité, magnétisme, etc. L'avantage d'une telle division du travail n'est pas niable : par exemple, à l'heure actuelle, il est impossible à un mathématicien ou à tout autre savant de dominer l'ensemble de sa science ; une rigoureuse spécialisation s'impose donc. Elle augmente en général le rendement des recherches ; cependant ce n'est pas toujours le cas, car des sciences différentes peuvent se prêter un mutuel appui, d'où un mouvement inverse à la division des sciences qui conduit à créer des disciplines intermédiaires. Du rapprochement de la géométrie et de l'analyse est née, avec DESCARTES, la géométrie analytique ; la chimie physique est apparue à la fin du XIXe siècle (ARRHÉNIUS, JEAN PERRIN), ainsi que la psychophysique (FECHNER).

Les diverses sciences soutiennent entre elles des rapports étroits qu'une bonne *classification des sciences* met en évidence. Cette dernière doit montrer comment la science est une — parce qu'elle est l'œuvre de l'esprit humain qui est un — et comment elle se subdivise cependant en branches multiples pour s'appliquer à des objets divers ; elle doit souligner à la fois les différences et les ressemblances entre les disciplines. De plus, une classification des sciences permet de mieux saisir le progrès de telle science particulière, car elle la situe à sa place exacte, avec l'importance qui lui revient dans l'ensemble.

14. **Exemples de classifications.** — Il est clair que les tentatives de classification des sciences antérieures au XIXe siècle, et qui remontent jusqu'à l'antiquité grecque, ne peuvent plus prétendre qu'à un intérêt historique parce que les sciences que nous connaissons n'étaient pas toutes constituées. Nous allons en passer rapidement quelques-unes en revue.

ARISTOTE (IVe siècle av. J.-C.).

1. Sciences *théoriques* ou de pure connaissance (mathématiques, physique, métaphysique).
2. Sciences *pratiques* ou de l'action (morale, économie, politique).
3. Sciences *poétiques* ou de la création (rhétorique, dialectique, poétique).

Le principe de cette classification n'est autre que le but poursuivi par l'esprit et le terme de « science » est pris dans un sens trop étendu.

FRANCIS BACON (1561-1626).

1. Sciences de la *mémoire* (histoire naturelle, histoire civile).
2. Sciences de l'*imagination* (poésie).
3. Sciences de la *raison* (philosophie : étude de Dieu, de la nature et de l'homme).

Cette classification se fonde sur la conception des *facultés* de l'âme, abandonnée par la psychologie moderne. En réalité, dans chaque « science » toutes les facultés interviennent : il faut de l'imagination pour faire avancer l'étude de la nature, et de la raison dans la composition poétique, en l'histoire, etc. ; aussi la classification de Bacon est artificielle. Le terme de « science » est encore employé d'une façon trop large.

D'ALEMBERT, dans le *Discours préliminaire de l'Encyclopédie* (1751), s'inspire de la classification de Bacon.

AMPÈRE (1775-1836).

1. Sciences *cosmologiques* ou de la matière.
2. Sciences *noologiques* ou de l'esprit.

Il procède par dichotomie : chacun de ces groupes se divise en deux, puis chaque science obtenue se divise à son tour en deux, etc. jusqu'à l'obtention de 128 sciences spécifiques. Cette classification, dont le point de départ est intéressant, est trop artificielle dans sa rigoureuse symétrie. On peut se demander si les méthodes des sciences de la matière s'opposent radicalement à celles des sciences de l'esprit. Nous reviendrons là-dessus.

HERBERT SPENCER (1820-1903).

- | | | |
|--|---|--|
| 1. Sciences <i>abstraites</i> ,
étudiant les formes générales des
phénomènes. | } | Logique,
mathématiques. |
| 2. Sciences <i>abstraites-concrètes</i> ,
étudiant les phénomènes dans leurs
éléments. | | |
| 3. Sciences <i>concrètes</i> ,
étudiant les phénomènes dans leur
ensemble. | } | Astronomie,
géologie,
biologie,
psychologie,
sociologie. |

Il y a mélange des sciences pures (biologie, psychologie) avec les applications (astronomie).

15. Les classifications d'Auguste Comte et d'Augustin Cournot. — AUGUSTE COMTE (1798-1857) a analysé

le problème de la classification des sciences d'une façon particulièrement rigoureuse.

Il commence par distinguer nettement les sciences théoriques des diverses techniques qu'elles fondent (p. 21 No 4) ; puis il sépare les sciences abstraites et générales des sciences concrètes, particulières et descriptives. Une science abstraite et générale a pour objet la découverte des lois générales (ex. : physique, chimie), alors qu'une science concrète et descriptive examine comment ces lois sont effectivement réalisées dans « les êtres existants » (ex. : zoologie, botanique, minéralogie).

En envisageant seulement les sciences théoriques et, parmi celles-ci, les sciences abstraites et générales, Comte aboutit à la classification suivante :

1. Mathématiques.
2. Astronomie.
3. Physique.
4. Chimie.
5. Biologie.
6. Sociologie.

Les sciences sont classées dans un ordre à la fois logique et chronologique.

1. Ordre *logique* de *généralité décroissante* et de *complexité croissante* (la biologie est plus complexe que la chimie, mais moins générale qu'elle). Remarquons qu'à mesure que la généralité décroît, le degré de *rationalité* des sciences décroît également, mais la *part de l'expérience*, par contre, augmente.

Cet ordre logique est en même temps un ordre de dépendance et d'indépendance relatives. Chaque science est indépendante de celle qui la suit, mais dépend de

celle qui la précède. Ainsi la physique ne dépend pas de la chimie, mais cette dernière est tributaire de la physique.

D'après Comte, les sciences les plus complexes ne peuvent pas se *déduire* des plus simples (la biologie ne se déduit pas de la chimie, ni la chimie de la physique), car chaque science présente un caractère nouveau par rapport à celle qui la précède (en passant de la physique à la chimie, on ajoute la notion de corps simple ou élément, et de combinaison entre ces éléments ; en allant de la chimie à la biologie, on doit ajouter les conceptions de matière organique et de phénomènes vitaux qui possèdent des caractères spécifiques, irréductibles aux phénomènes chimiques). Cependant les sciences les plus simples *conditionnent* les sciences qui les suivent (les mathématiques conditionnent la physique, etc.).

2. Ordre *chronologique* d'apparition des sciences dans l'humanité (p. 36).

La classification d'Auguste Comte, parue avant celle de Spencer, est la plus satisfaisante, aussi la donnons-nous en dernier. Il suffit de quelques corrections minimes, qui laissent intacts les principes sur lesquels elle se fonde, pour en éliminer les inconvénients.

Classification rectifiée. Du temps d'Auguste Comte, l'astronomie se réduisait à la mécanique céleste. Depuis que l'astrophysique a été créée, l'astronomie est devenue une science appliquée qui s'appuie sur la mécanique, la physique et la chimie, et doit par conséquent disparaître de la classification. Il faut la remplacer par la *mécanique*.

La critique la plus importante à diriger contre la

classification de Comte est celle de Spencer : il manque la psychologie. Cet oubli est volontaire, car, selon Comte, tout ce que la psychologie comporte de scientifique se trouve dans la biologie et la sociologie. En réalité, les phénomènes psychologiques réclament des méthodes spéciales : la place de la psychologie est donc entre la biologie qui la conditionne et la sociologie qu'elle conditionne. Nous obtenons la liste rectifiée :

1. Mathématiques.
2. Mécanique.
3. Physique.
4. Chimie.
5. Biologie.
6. Psychologie.
7. Sociologie.

Le philosophe français AUGUSTIN COURNOT (1801-1877) a fait paraître à peu près à la même époque une classification très semblable à celle d'Auguste Comte, sans qu'il y eût influence directe de l'un de ces philosophes sur l'autre. Cependant Cournot a exprimé deux idées importantes qui peuvent servir à rectifier et à compléter heureusement la classification de Comte sans la bouleverser.

Cournot insiste tout d'abord sur la différence qui existe entre les *lois naturelles* et les *données de fait*. Les *sciences théoriques* étudient les lois naturelles et leur application aux divers phénomènes ; les *sciences historiques* ont pour objet les données de fait, irréductibles aux lois et à la théorie. C'est un fait accidentel, théoriquement imprévisible, qu'en un certain point de la surface de la terre il y ait tel plissement de terrain, par exemple. Alors que Comte dédouble chaque science en

théorique et pratique, comme nous l'avons vu, Cournot, lui, divise chaque science en théorique, pratique et *historique*. Le point de vue historique s'introduit donc, avec Cournot, dans toutes les sciences de la série de Comte, exception faite toutefois des mathématiques ; naturellement il gagne en importance à mesure qu'on avance dans la série : nul en mathématiques, il devient envahissant dans le domaine humain.

La seconde conception de Cournot est fort judicieuse : quand on parcourt la série des sciences, c'est au milieu, dans la région de la biologie, qu'on rencontre le maximum d'obscurité, et non pas à la fin de la série où la complexité est la plus grande. Ainsi les sociologues LÉON WALRAS (1834-1910) et VILFREDO PARETO (1848-1923), qui enseignèrent à l'Université de Lausanne, ont appliqué avec succès les mathématiques à la sociologie. « Nous nous rendons compte de la genèse d'une langue beaucoup moins imparfaitement que de la genèse d'un palmier », remarque Cournot : c'est la région de la vie qui renferme pour notre esprit le plus de mystère. La série des sciences comporte donc une disposition symétrique telle qu'aux deux extrémités de la série le degré d'intelligibilité est plus grand que vers le milieu.

Toute classification des sciences est dans une certaine mesure arbitraire et provisoire, car les nouvelles découvertes changent constamment l'aspect des sciences et leurs rapports. La classification d'Auguste Comte est commode et nous offre un plan simple pour l'étude des méthodes scientifiques : *Les sciences mathématiques* ; *les sciences expérimentales* (mécanique, physique, chimie, biologie) ; *la sociologie* ; *l'histoire*. Quoique l'histoire ne soit pas une science de lois, il est intéressant

d'étudier ses méthodes, puisqu'on peut se placer au point de vue historique dans presque tous les domaines, comme nous l'a appris Cournot.

Le cours de psychologie indiquera et discutera les méthodes de cette science.

CHAPITRE IV

Les sciences mathématiques

16. **Objet et définition.** — Les mathématiques sont incontestablement les plus parfaites des sciences, car elles reposent sur un nombre restreint d'idées fondamentales simples : aussi atteignent-elles une rigueur inconnue des autres sciences. D'ailleurs les mathématiques sont le moyen d'expression des sciences dites exactes (mécanique, physique, astronomie), et leur confèrent la précision et la rigueur.

L'objet d'une science détermine sa méthode. Les mathématiques ont pour objet essentiel la *quantité*. La quantité ou grandeur ¹ s'oppose à la qualité, mais on ne peut définir ni l'une ni l'autre de ces notions trop fondamentales et trop simples. Indiquons ce qu'on entend

¹ Ces deux termes ne sont pas exactement synonymes, car le terme grandeur est plus général que celui de quantité. On distingue les « grandeurs intensives » des « grandeurs extensives ». Les premières comportent des degrés d'intensité qui permettent de les ordonner : on dira qu'une de ces grandeurs est plus petite ou plus grande qu'une autre ; cela permet de les étalonner ou de les coter, mais non pas de les mesurer, car elles ne sont pas faites de parties homogènes capables de s'additionner. Par exemple, on

par là, au moyen d'exemples : les différences entre le rouge et le bleu, entre le doux et l'acide sont des différences de qualité. Les différences entre une pomme et trois pommes, entre les distances de Lausanne à Berne et de Lausanne à Paris sont des différences de quantité. La quantité est susceptible d'accroissement et de diminution et peut se *mesurer*, car elle possède des parties homogènes les unes aux autres, pouvant s'additionner. Mesurer une quantité — ou une grandeur extensive — c'est la comparer à une autre quantité de même nature, choisie comme unité ; la mesure d'une quantité est son rapport à l'unité.

Il y a deux sortes de quantités. La quantité *discontinue*, formée d'unités indivisibles, qui ne peut croître ou décroître que par sauts brusques (ex. : les nombres entiers). La quantité *continue* qui peut varier par degrés insensibles. Lorsqu'on donne un accroissement à une quantité continue, on peut toujours supposer qu'on aurait pu lui en donner un plus petit, et cela quel que soit l'accroissement initial. Le temps, les longueurs, les surfaces, les volumes, etc., sont des quantités continues. Ainsi entre deux points pris sur une

cote, au moyen d'une note, la valeur d'un travail : il s'agit d'une grandeur intensive.

Les grandeurs extensives peuvent se mesurer ; par exemple : un volume, une force.

Il est clair, d'après cela, qu'une grandeur intensive est une qualité et non une quantité. En mathématiques, le mot grandeur, employé sans autre qualificatif, signifie une grandeur extensive, donc mesurable. On désigne souvent par quantité une grandeur extensive effectivement mesurée, mais « au point de vue mathématique, il n'y a pas de différence fermement établie dans l'usage entre grandeur et quantité, sauf dans quelques expressions consacrées ». (*Vocabulaire de la philosophie*, par André Lalande, terme : quantité.)

droite, si rapprochés soient-ils l'un de l'autre, on peut toujours supposer qu'il y en a un troisième et par là une infinité.

Les mathématiques étudient essentiellement les propriétés des quantités et les opérations ou transformations que l'on peut effectuer sur les quantités, tant discontinues que continues. Remarquons que les mathématiques ne s'occupent pas seulement de la mesure des quantités, mais encore de leur *ordre* (ex. : ordre de certains points sur une droite), ainsi que de la *forme* des figures en géométrie. L'ordre et la forme sont de nature qualitative.

17. Nature et origine des notions mathématiques. — Deux grandes écoles philosophiques s'opposent à ce sujet : le rationalisme et l'empirisme.

Selon le *rationalisme*¹, la connaissance ne dérive pas entièrement de l'expérience : elle est rendue possible par un ensemble de principes et de catégories *a priori* (antérieurs à toute expérience), qui forment la structure de la raison.

L'empirisme considère que toute connaissance pro-

¹Le mot *rationalisme* a deux sens distincts. Un sens étroit et technique que nous employons ici : le rationalisme s'oppose à l'empirisme dans la solution du problème de l'origine des principes directeurs de la connaissance qui forment la structure de la raison (voir le texte). Dans un deuxième sens, plus large et plus populaire, le rationalisme s'oppose au mysticisme, à la philosophie du sentiment, à l'« anti-intellectualisme ». Il désigne une doctrine qui affirme sa confiance inébranlable en la raison, sa foi en l'efficacité de la lumière naturelle comme unique source de connaissance valable, et rejette l'intervention du sentiment, de la tradition ou d'une révélation quelconque. Dans l'histoire littéraire, rationalisme est toujours employé dans ce dernier sens : « les Encyclopédistes étaient des rationalistes ».

vient de l'expérience (la raison elle-même dériverait de l'expérience et n'aurait, de ce fait, pas d'existence autonome) et s'efforce de réduire le plus possible la part de l'activité de l'esprit dans la connaissance¹.

Voyons comment ces deux doctrines philosophiques résolvent le problème de l'origine et de la nature des notions mathématiques.

1. *Thèse rationaliste* (PLATON, DESCARTES, KANT)². Les notions mathématiques sont purement idéales : ou elles préexistent dans l'esprit indépendamment de toute expérience (réminiscence de Platon, idées innées de Descartes), ou elles résultent de l'activité créatrice de l'esprit (jugements synthétiques *a priori* de Kant). Il n'y a pas de nombres dans la nature, mais seulement des objets concrets et individualisés, distincts de tous les autres ; pour les rationalistes modernes comme Kant, le nombre n'existe que lorsque l'esprit construit, par son activité propre, la notion de nombre. Aucune figure parfaite n'existe dans la nature, aucune surface, aucune ligne, aucun point ne se rencontrent, tels que le géomètre conçoit ces éléments, c'est-à-dire respectivement sans épaisseur, sans largeur, sans dimension. On ne saurait tirer de l'expérience ce qui échappe à la perception, comme le chiliogone³, par exemple. De plus, rien

¹ Voir *Initiation*, Nos 70, 71, 73.

² Platon, illustre philosophe grec du IV^e siècle av. J.-C., auteur de la théorie des Idées.

Kant, philosophe allemand (1724-1804), célèbre par sa lutte contre le dogmatisme, fondateur de la philosophie critique qui se propose d'établir la valeur et la portée de la connaissance.

³ Polygone de mille côtés, Descartes en parle dans ses *Méditations métaphysiques* : voir *Logique formelle*.

de ce qui vient de l'expérience n'est absolument rigoureux, alors que les mathématiques, elles, sont entièrement rigoureuses et énoncent des vérités certaines.

2. *Thèse empiriste* (LOCKE, HUME, STUART MILL)¹. Si les mathématiques ne provenaient pas de l'expérience, déclarent les empiristes, on ne comprendrait pas par quel miracle on parvient à les appliquer si heureusement au réel. Comment de simples constructions de l'esprit pourraient-elles être constamment vérifiées par l'expérience ? Les notions mathématiques sont extraites du monde sensible par abstraction : voilà pourquoi elles s'appliquent au réel. Les figures géométriques sont les copies perfectionnées des figures grossières rencontrées dans la nature : ainsi le cercle a été suggéré par les disques du soleil et de la lune, etc.

3. *Thèse conciliatrice* (H. POINCARÉ). La vérité se trouve entre les deux thèses extrêmes. Les empiristes ont raison de déclarer que les notions mathématiques sont nées au contact de l'expérience, et les rationalistes ont raison également de soutenir qu'elles comportent une perfection et une rigueur qui ne peuvent provenir de l'expérience.

Nous dirons, avec HENRI POINCARÉ, que *les notions mathématiques ont été suggérées par l'expérience, mais ensuite reconstruites par l'esprit, qui les a dégagées de tout contenu expérimental*. Reconstruites par l'esprit, elles possèdent une parfaite rigueur ; de plus, elles s'appliquent au réel, d'abord parce qu'elles ont été suggérées par l'expérience (H. Poincaré remarque que si

¹ Locke (1632-1704), Hume (1711-1776) et Stuart Mill (1806-1873) sont des philosophes anglais.

nous vivions sous les eaux au milieu d'algues mouvantes, comme des poissons, nous n'aurions certainement pas constitué notre géométrie des solides), ensuite parce que le « monde réel », tel que nous le connaissons, est en partie le résultat d'une construction intellectuelle, tout comme les notions mathématiques elles-mêmes (voir *Les sciences expérimentales* : Le fait scientifique ; *Psychologie* : La perception).

18. Les notions mathématiques résultent d'une construction intellectuelle. — Les notions mathématiques ne sont pas simplement *tirées par abstraction* de la réalité, comme le veut l'empirisme pur, mais elles comportent une part importante de *construction intellectuelle*, comme l'affirme le rationalisme. Mettons cette affirmation en pleine lumière par quelques exemples.

Les différentes espèces de nombres. Pour dénombrer un troupeau de moutons, par exemple, l'esprit doit feindre de considérer chaque mouton comme identique aux autres en envisageant chaque bête comme une unité. Ensuite l'esprit assemble ces unités identiques et indivisibles par un acte de synthèse intellectuelle. Le nombre entier a donc été suggéré par le spectacle d'objets semblables, mais néanmoins (c'est la part de vérité du rationalisme) l'esprit a dû construire la notion de nombre par son activité propre, d'abord en formant l'idée d'unité, puis en groupant ces unités pour en faire un tout. Ainsi chaque nombre entier peut être obtenu en ajoutant l'unité au nombre précédent : cette loi formatrice *définit* les nombres entiers (définition génétique ou constructive).

Voyons comment les autres espèces de nombres peuvent dériver du nombre entier. Les mathématiques en-

visagent certains *objets* (les nombres, les figures) et certaines *opérations* sur ces objets (addition, soustraction, multiplication, division, élévation à une puissance, extraction de racines, pour ce qui concerne les nombres ; décomposition, translation, rotation, projection, etc., pour les figures). *Le mathématicien crée de nouveaux objets en vue de réaliser la validité universelle des opérations à effectuer sur ces objets.*

Considérons, par exemple, l'ensemble des nombres entiers, et prenons-en deux quelconques au hasard. En les additionnant l'un à l'autre, nous obtenons comme total un nombre entier. Si nous effectuons l'opération inverse, c'est-à-dire si nous soustrayons l'un de ces nombres de l'autre, parfois la différence existe (elle est un nombre entier) ; d'autres fois l'opération est impossible ; elle n'a pas de sens. Exemple : $3 - 10 = ?$

Le mathématicien tient avant tout à l'universalité des opérations, en d'autres termes il désire que les opérations aient toujours un sens, donnent toujours un résultat. Il *invente* alors les nombres négatifs entiers et les adjoint aux nombres positifs entiers de façon à obtenir *l'ensemble des nombres relatifs entiers*. Le nombre négatif n'est pas *abstrait* du monde réel : il a été créé par une décision mentale afin que l'opération soit toujours possible ¹.

Partons de l'ensemble des nombres relatifs entiers : en effectuant sur deux quelconques d'entre eux les opérations d'addition, de soustraction, de multiplication (introduction de la règle des signes), on trouve toujours comme résultat un nombre de l'ensemble primitif. Par

¹ La considération de l'échelle des nombres montre que les nombres négatifs viennent compléter naturellement les nombres positifs.

contre, la division, opération inverse de la multiplication, est tantôt possible, tantôt impossible. On peut diviser 10 par 2, mais non par 3.

Le mathématicien s'efforce à nouveau de rendre la division toujours possible et pour cela il crée les *nombres fractionnaires*¹ (ou rationnels) $\frac{p}{q}$ formés d'un couple de nombres entiers envisagés dans un certain ordre. Il convient dès lors d'étendre les règles de calcul à ces nouveaux nombres, de façon que les règles relatives aux nombres entiers apparaissent comme un cas particulier (p divisible par q), afin que l'édifice que l'on adjoint ne détruise par l'harmonie de l'édifice ancien.

Envisageons maintenant l'ensemble des nombres fractionnaires relatifs. Avec de tels nombres nous pouvons toujours opérer par addition, soustraction, multiplication, division, élévation à une puissance. Mais nous ne pouvons pas extraire la racine d'indice paire d'un nombre négatif. Aucun nombre de l'ensemble n'est égal, par exemple, à $\sqrt{-4}$. Toute équation du second degré possède, au sens élémentaire, deux solutions distinctes ou confondues, ou aucune solution. Or le mathématicien désire pouvoir dire qu'elle a toujours des solutions. Il a donc inventé le nombre $\sqrt{-1} = i$ (l'unité imaginaire), introduisant ainsi l'ensemble des nombres complexes de la forme $a + bi$, où a et b sont des nombres réels, bi est un nombre imaginaire pur (ces nombres réels peuvent être entiers, positifs ou négatifs, rationnels et même irrationnels ; réel s'oppose à imaginaire). Les nombres réels sont des cas particuliers des nombres complexes ($b = 0$). De même, les règles de calcul rela-

¹ Ils s'introduisent naturellement par la mesure des grandeurs continues.

tives aux nombres réels sont des cas particuliers des règles qui commandent le calcul des nombres complexes. Est-il besoin d'ajouter que le nombre dit « imaginaire » est tout aussi réel que le nombre dit réel ? Ou encore que le nombre dit « réel » est exactement aussi imaginaire, c'est-à-dire *idéal* (construit par la pensée) que le nombre dit imaginaire ?

Les *nombres irrationnels* comme π ou $\sqrt{2}$ pourraient être introduits de façon analogue — voir la notion de limite — (le mot irrationnel ne signifie pas que ces nombres soient moins « rationnels », c'est-à-dire moins « le produit de la raison » que les autres nombres).

En conclusion, les différentes sortes de nombres (relatifs, fractionnaires ou rationnels, complexes, irrationnels) sont toutes le résultat d'une construction mentale faite en vue de maintenir la portée universelle des différentes opérations qu'on peut leur faire subir. Par conséquent les diverses espèces de nombres ne sont pas simplement abstraites du monde de l'expérience.

La notion de limite. En mathématiques, on fait un usage constant de la notion de limite. Lorsqu'une quantité varie, et que sa différence avec une quantité fixe devient et reste inférieure à toute quantité, si petite soit-elle, assignable à l'avance, on dit que cette quantité variable a pour limite la quantité fixe en question. Par exemple, on considère la circonférence comme la limite commune du périmètre d'un polygone inscrit et du périmètre d'un polygone circonscrit, dont le nombre des côtés augmente indéfiniment, chacun d'eux devenant plus petit que toute quantité fixée ; le calcul de l'aire du cercle se fonde, comme on le sait, sur un tel *passage à la limite*. D'une manière analogue, on peut concevoir le nombre irrationnel comme la limite com-

mune de deux suites infinies de nombres rationnels, l'une croissante et l'autre décroissante. La dérivée d'une fonction est la limite d'un quotient dont le numérateur et le dénominateur représentent des accroissements correspondants que l'on fait tendre simultanément vers zéro.

Il est clair que cette notion de limite n'est nullement extraite de l'expérience. Elle permet d'édifier, à partir d'éléments suggérés par l'expérience, des notions de nature purement intellectuelle, au moyen d'une *opération de l'esprit* qui se fonde sur la considération de l'infini : le passage à la limite. Or, l'infini n'est pas une notion que l'expérience puisse fournir. Une surface sans épaisseur, un point sans dimensions, sont des *concepts limites*, suggérés par une surface matérielle très mince et une tache extrêmement petite, à partir desquelles l'esprit opère un passage à la limite. Ces exemples justifient la thèse conciliatrice de HENRI POINCARÉ concernant l'origine et la nature des notions mathématiques (p. 49). Le passage à la limite est matériellement irréalisable, d'où la nécessité d'en donner une définition purement intellectuelle.

19. Le raisonnement mathématique. — Examinons tout d'abord la nature des *propositions mathématiques*.

Les concepts que manie le langage courant sont d'une nature *qualitative* et les rapports qui unissent ces concepts sont des rapports d'emboîtement de genres et d'espèces ; on les formule au moyen de propositions attributives (ex. : la tourbe est un combustible, le diamètre d'un cercle est une corde). D'après la logique formelle, nous savons que dans l'interprétation de ces

rappports, soit en compréhension, soit en extension, les propositions attributives expriment un rapport de contenant à contenu.

Par contre, les concepts de nature quantitative (exprimant des quantités ou grandeurs) peuvent avoir entre eux des rapports d'égalité qui s'expriment non plus avec le verbe être, mais avec le signe =. L'égalité signifie logiquement une identité partielle, envisagée *sous certains rapports*. Ainsi, lorsqu'on déclare que deux aires sont égales, elles diffèrent en position (non confondues), leurs formes peuvent différer complètement, mais les nombres qui expriment ces aires à l'aide de la même unité sont égaux ; ici l'identité entre les deux figures a lieu *sous le rapport de la superficie* : sous tous les autres rapports elle peut ne pas exister. Lorsqu'il y a *inégalité* entre deux grandeurs, on peut réintroduire l'égalité au moyen de l'artifice de la *mesure*. Supposons que deux aires S_1 et S_2 soient inégales et que le rapport de S_1 à S_2 par exemple soit égal à 3,5, l'inégalité peut être exprimée au moyen de l'égalité $S_1 = 3,5 S_2$. Cette égalité donne — il est à peine besoin de le dire — un renseignement beaucoup plus précis que la simple constatation de l'inégalité des deux aires : $S_1 \neq S_2$, ou même $S_1 > S_2$.

L'égalité a le grand avantage de pouvoir se lire dans les deux sens, alors qu'en général ce n'est pas le cas pour une proposition attributive (règle de la conversion par accident de la proposition universelle affirmative, voir *Logique formelle*).

Le raisonnement mathématique, quand il n'est pas syllogistique, procède en substituant des grandeurs égales les unes aux autres ; c'est un raisonnement déductif, donc rigoureux.

Exemple algébrique : résolution de l'équation du second degré.

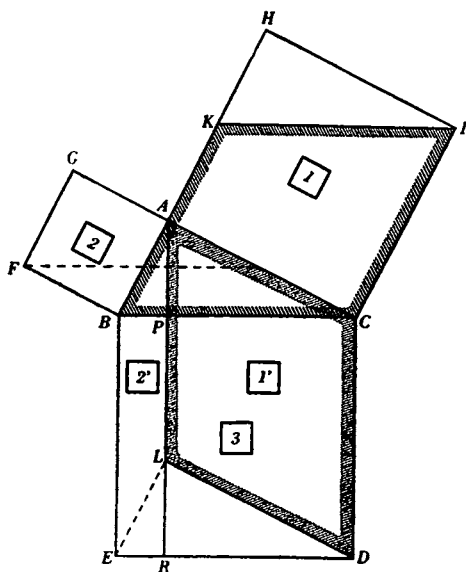
$$\begin{aligned}
 (1) \quad & ax^2 + bx + c = 0 \\
 & a \left(x^2 + \frac{b}{a}x + \frac{c}{a} \right) = 0 \\
 & a \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 - \frac{b^2}{4a^2} + \frac{c}{a} \right] = 0 \\
 & a \left[\left(x + \frac{b}{2a} \right)^2 - \left\{ \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right\}^2 \right] = 0
 \end{aligned}$$

$$(2) \quad a \left[x - \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right] \cdot \left[x - \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \right] = 0$$

$$(3) \quad \left\{ \begin{array}{l} x - \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = 0 \\ x - \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = 0 \end{array} \right.$$

Nous transformons le premier membre de l'équation (1) en substituant constamment des expressions algébriques équivalentes (identiques au sens mathématique) pour aboutir à l'équation (2). Celle-ci est équivalente (au sens mathématique du terme qui signifie : « possède les mêmes solutions que ») à l'ensemble des deux équations du premier degré (3), dont les solutions se lisent immédiatement. On ramène ainsi, *par une série de substitutions ordonnées portant sur des expressions algébriques équivalentes*, le problème de la résolution de l'équation du 2^e degré à celui plus simple et supposé connu de la résolution de l'équation du 1^{er} degré.

Exemple géométrique : théorème de Pythagore.



Considérons un triangle ABC rectangle en A , et construisons sur ses côtés les carrés $BCDE$, $ABFG$, $ACIH$. Selon le théorème de Pythagore, les aires de ces carrés vérifient l'identité :

$$\text{Aire } BCDE = \text{Aire } ABFG + \text{Aire } ACIH,$$

ou $\boxed{3}$ équivalent à $\boxed{1} + \boxed{2}$.

Abaissons de A la perpendiculaire AP sur l'hypoténuse BC ; elle partage le carré $BCDE$ en deux rectangles $\boxed{1'}$ ou $PCDR$ et $\boxed{2'}$ ou $BPRE$. Traçons en outre les droites DL parallèle à CA et IK parallèle à CB . Nous formons de la sorte deux parallélogrammes $ACDL$ et $BCIK$ égaux, car ils se superposent par une rotation d'un droit autour de C . Or, montrons que l'on a :

Parallélogramme $ACDL$ équivalent à rectangle $\boxed{1'}$.
En effet, les triangles PAC et RLD sont égaux.

Deux triangles superposables sont égaux.

Or les deux triangles PAC et RLD sont superposables (par un glissement de PAC le long de AR , par exemple).

Donc les triangles PAC et RLD sont égaux. (Nous venons de mettre en évidence un syllogisme régulier de la première figure en Barbara).

Le parallélogramme $ACDL$ comparé au rectangle $PCDR$ possède le triangle LRD en moins et le triangle APC en plus, donc ils sont bien équivalents.

On démontrerait de même que :

Parallélogramme $BCIK$ équivalent au carré $\boxed{1}$, donc $\boxed{1'}$ équivalent à $\boxed{1}$.

Pour achever la démonstration, il suffirait de mener les lignes de construction EL et une parallèle à BC par F pour obtenir deux nouveaux parallélogrammes égaux qui permettront d'établir que $\boxed{2'}$ est équivalent à $\boxed{2}$.

Comme $\boxed{1'} + \boxed{2'}$ équivalent à $\boxed{1} + \boxed{2}$,

et $\boxed{1'} + \boxed{2'}$ équivalent à $\boxed{3}$,

donc $\boxed{3}$ équivalent à $\boxed{1} + \boxed{2}$.

Commentaire méthodologique. Nous avons constamment substitué des aires équivalentes les unes aux autres. Ne pouvant pas comparer directement l'aire d'un carré à la somme des aires de deux autres carrés, on divise le carré construit sur l'hypoténuse en deux rectangles par une ligne de construction. On compare alors un des carrés au rectangle correspondant, mais ne pouvant montrer directement que ces deux figures sont équivalentes, on passe par l'intermédiaire de deux parallélogrammes égaux, qui sont équivalents à chacune de ces figures, etc. Pour déterminer ces parallélogram-

mes, il a fallu inventer des lignes de construction judicieusement choisies : *IK* et *DL*.

Ces exemples de démonstrations nous conduisent à faire les remarques suivantes.

1. *Rôle des syllogismes.* Il existe des démonstrations mathématiques qui sont purement syllogistiques, lorsque la mesure n'entre pas en jeu. Exemple : Théorème des trois perpendiculaires. Si l'on abaisse d'un point *A*, pris hors d'un plan, la perpendiculaire à ce plan et la perpendiculaire à une droite *d* de ce plan, la droite, qui joint les pieds de ces deux perpendiculaires, est perpendiculaire à *d*.

En général, le raisonnement mathématique procède essentiellement par substitution de grandeurs équivalentes, en utilisant des propositions non attributives, c'est-à-dire qu'il n'est pas de nature syllogistique ; cependant on rencontre souvent de véritables syllogismes au cours de ce raisonnement, dont le rôle est généralement de rappeler des théorèmes déjà établis et de montrer qu'ils s'appliquent dans le raisonnement en cours. (Pour être bref, nous n'avons mis en évidence qu'un seul syllogisme dans la démonstration du théorème de Pythagore, mais il serait aisé de montrer qu'il y en a d'autres encore.)

2. *Construction et invention en mathématiques.* Il ne faudrait surtout pas s'imaginer que cette recherche d'éléments égaux ou équivalents à substituer les uns aux autres se fasse automatiquement et ne réclame pas une réflexion attentive, une invention constante. Il s'agit de conduire le jeu des substitutions de façon à aboutir au résultat que l'on se propose et non pas n'importe où :

pour y parvenir, en géométrie par exemple, il est nécessaire parfois de tracer des *lignes de construction* (ainsi, dans notre exemple, les lignes *AR*, *DL*, *IK* décomposent la figure donnée en de nouveaux éléments habilement choisis) ; en analyse et en algèbre, il faut inventer de judicieux artifices de calculs. C'est si vrai, qu'on arrive rarement du premier coup à la démonstration la meilleure et la plus élégante : la connaissance du résultat et des éléments de la démonstration conduit par approximations successives à la meilleure solution. En fait, le raisonnement mathématique n'est pas une simple déduction automatique, c'est une *déduction constructive* qui exige une perpétuelle ingéniosité créatrice. Les objets mathématiques étant des « êtres de raison », il est possible de créer sans cesse de nouvelles figures ou de nouveaux symboles pour qu'ils deviennent des outils, des instruments facilitant la recherche mathématique (nous avons esquissé par exemple la genèse des diverses sortes de nombres), si bien que les mathématiques, par construction et combinaison d'éléments antérieurement donnés ou forgés, progressent du simple au complexe, se compliquent tout en s'unifiant et s'enrichissent toujours plus à mesure qu'elles se perfectionnent.

3. *Généralisation.* Le raisonnement mathématique, grâce à la substitution de grandeurs équivalentes, ne fait pas perdre le degré de généralité du point de départ ; au contraire, il généralise parfois. Ainsi, la démonstration du théorème de Pythagore est indépendante de la figure particulière utilisée : elle resterait la même en choisissant un triangle différent, mais rectangle. La démonstration est donc valable pour tout triangle qui a la seule particularité d'être rectangle : un

seul raisonnement embrasse ainsi d'un coup une infinité de cas particuliers, bien que fait à l'aide d'une figure choisie arbitrairement. Remarquons que l'on peut généraliser le théorème de Pythagore pour un triangle quelconque, en ajoutant un terme à la formule qui l'exprime.

Autre exemple. Après avoir démontré (voir plus loin) que la somme des angles d'un triangle est égale à deux droits, on *généralise* aisément pour un polygone quelconque. Il suffit de décomposer ce polygone en triangles, et si n est le nombre des sommets, le nombre des triangles constituants est $n - 2$ et la somme des angles de ce polygone est par conséquent $2(n - 2)$ droits. Dans ce cas la généralisation est basée sur une construction.

Nous parlerons plus loin de la démonstration par récurrence et de son pouvoir de généralisation.

20. Les principes des mathématiques. — Les sciences mathématiques sont formées par un ensemble de propositions portant sur des grandeurs ou quantités, reliées les unes aux autres au moyen du raisonnement déductif. La démonstration de tel théorème, par exemple, s'appuie sur un ou plusieurs théorèmes antérieurement démontrés : mais il est clair que les mathématiques ne peuvent être formées *uniquement* de propositions démontrées : en remontant la chaîne des démonstrations, il faut bien s'arrêter quelque part.

Les propositions mathématiques se divisent en deux classes : a) les propositions démontrables qu'on appelle *théorèmes* ; b) les propositions indémontrables qu'on nomme *principes des mathématiques*.

On distingue habituellement trois espèces de principes en mathématiques :

1. Les définitions.
2. Les axiomes.
3. Les postulats.

1. *Les définitions.* Les notions mathématiques étant des « êtres de raison », des créations de la pensée, la manière la plus parfaite de définir ces notions est de donner leur loi de formation. *Les définitions mathématiques sont en général génétiques ou constructives* : la circonférence est la ligne plane engendrée par un point qui se meut, en restant à la même distance d'un point fixe. L'ellipse est la ligne plane engendrée par un point qui se meut de telle façon que la somme de ses distances à deux points fixes reste constante. Un quadrilatère complet est la figure plane formée par quatre droites qui se coupent. Les nombres entiers s'obtiennent en additionnant l'unité à elle-même, indéfiniment.

Remarque I. — On rencontre parfois en mathématiques des définitions par genre prochain et différence spécifique : le triangle est un polygone (g. p.) à trois côtés (d. s.) (il faut alors une définition génétique du polygone). L'ellipse est une courbe du second degré (g. p.) n'ayant pas de points à l'infini (d. s.). Le cercle est une courbe du genre ellipse (g. p.) dont les foyers sont confondus ou dont l'excentricité est nulle (d. s.).

Remarque II. — Il peut y avoir plusieurs définitions du même objet, car toute propriété caractéristique d'un objet mathématique (c'est-à-dire toute propriété qui appartient à cet objet et qui n'appartient qu'à lui seul) peut lui servir de définition. Indiquons une troisième définition de l'ellipse : la projection orthogonale d'un cercle sur un plan quelconque est une ellipse. Toute

méthode de construction d'une figure peut servir à la définir.

2. *Les axiomes.* Les axiomes sont des propositions qui expriment des rapports nécessaires entre des grandeurs indéterminées : deux quantités égales à une troisième sont égales entre elles. L'axiome est valable quelles que soient les grandeurs envisagées, nombres, expressions algébriques ou longueurs : les grandeurs sont donc indéterminées. On peut considérer l'axiome comme dérivé des principes fondamentaux de la logique, et par conséquent comme évident.

Cependant les mathématiciens et logiciens ne se sont pas toujours accordés sur le nombre des axiomes évidents dont la portée est universelle. La proposition « le tout est plus grand que la partie » a été longtemps mise au nombre de tels axiomes, jusqu'au moment où l'on s'est avisé qu'elle ne s'applique qu'aux ensembles d'objets en nombre fini. En effet, pour les ensembles infinis, la partie peut être *équivalente* au tout. Par exemple on considère que l'ensemble des nombres pairs (ou l'ensemble des nombres impairs) est équivalent à l'ensemble des nombres entiers positifs, dont il n'est pourtant qu'une partie. On peut en effet établir une correspondance telle qu'à chaque nombre pair correspond un nombre entier — sa moitié — et réciproquement, à chaque nombre entier correspond un nombre pair — son double ; or c'est la possibilité d'une pareille correspondance (univoque et réciproque) qui fonde la notion d'équivalence pour les ensembles. Si les ensembles sont finis, la notion d'équivalence se particularise en celle d'égalité.

Nous dirons qu'il convient de préciser pour certains

axiomes le champ de leur application légitime. Ainsi : « le tout est plus grand que la partie » vaut pour la logique du fini, qui est son champ d'application légitime, et cesse d'être valable dans la logique de l'infini.

Ajoutons que les axiomes ne forment pas les prémisses des raisonnements ; ils sont des principes directeurs qu'on n'exprime pas, car la considération de leur énoncé est parfaitement stérile, on se borne à les mettre en œuvre d'une manière implicite au cours des raisonnements.

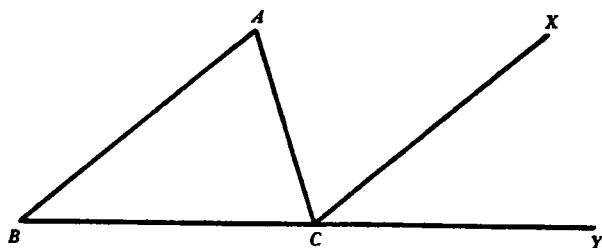
3. *Les postulats.* Les postulats sont des propositions qu'il est impossible de démontrer et qui portent sur des grandeurs déterminées. Ils ne sont pas évidents rationnellement : on demande de les admettre car ils sont indispensables pour construire l'édifice des mathématiques. Le postulat d'Euclide : « par un point pris hors d'une droite on peut mener une et une seule parallèle à cette droite » est justement célèbre par les efforts infructueux et deux fois millénaires tentés pour le démontrer. En fait, le postulat d'Euclide n'est pas nécessaire : on peut le nier en le remplaçant par un autre postulat (par un point pris hors d'une droite on ne peut mener aucune parallèle à cette droite, ou encore : par un point pris hors d'une droite on peut mener deux parallèles à cette droite) et développer une géométrie complète (dans le premier cas, géométrie de RIEMANN, dans le second, géométrie de LOBATCHEWSKI) exempte de contradictions et par conséquent tout aussi *cohérente* que la géométrie d'Euclide, fondée sur le postulat du même nom.

Ces considérations ont amené certains géomètres à reviser l'ordonnance des propositions fondamentales de

la géométrie euclidienne en utilisant systématiquement la notion de déplacement. Dans ces conditions, le postulat d'Euclide devient un théorème que l'on démontre : un autre postulat; équivalent à celui d'Euclide, s'introduit alors à propos de la définition d'un glissement du plan.

Examinons comment jouent les différents principes des mathématiques dans le cas d'une démonstration simple.

Théorème. La somme des angles d'un triangle est égale à deux droits.



Soit ABC un triangle quelconque. A partir du sommet C , nous menons une parallèle au côté BA , soit CX , et nous prolongeons BC en CY (CX et CY sont des lignes de construction).

Les angles \widehat{BAC} et \widehat{ACX} sont égaux comme alternes internes.

Les angles \widehat{ABC} et \widehat{XCY} sont égaux comme correspondants.

$$(1) \quad \widehat{CAB} + \widehat{ABC} + \widehat{BCA} = \widehat{BCA} + \widehat{ACX} + \widehat{XCY}$$

$$(2) \quad \widehat{BCA} + \widehat{ACX} + \widehat{XCY} = 2 \text{ droits.}$$

Donc

$$(3) \quad \widehat{CAB} + \widehat{ABC} + \widehat{BCA} = 2 \text{ droits.}$$

c. q. f. d.

Toute la démonstration n'est possible qu'en se fondant sur les *définitions* de triangle, d'angle, d'angle droit, d'égalité des angles, d'angles alternes internes, d'angles correspondants.

On a implicitement utilisé *l'axiome* : « deux quantités égales à une troisième sont égales entre elles ». En effet, les deux quantités « $\widehat{CAB} + \widehat{ABC} + \widehat{BCA}$ » et « 2 droits », sont égales à « $\widehat{BCA} + \widehat{ACX} + \widehat{XCY}$ » (éq. 1 et 2), donc elles sont égales entre elles (éq. 3). Le principe de la substitution des grandeurs égales est d'ailleurs une généralisation de cet axiome.

Le *postulat d'Euclide* enfin a été utilisé en menant par le sommet C une droite CX parallèle à BA et en s'appuyant sur le théorème concernant les angles égaux déterminés par deux droites parallèles coupées par une sécante. Ce théorème est en effet équivalent au postulat d'Euclide et cesse d'être vrai si on rejette ce postulat. Dans ce dernier cas la somme des angles d'un triangle n'est plus égale à deux droits.

Un théorème peut par conséquent être considéré comme un tout dont les éléments constituants sont les définitions, les axiomes et les postulats.

La méthode axiomatique. Les logiciens et mathématiciens modernes, pour éviter une discussion interminable sur le plus ou moins haut degré d'évidence respectif des axiomes et postulats, ont opéré une reconstruction simplificatrice des fondements des mathé-

matiques en envisageant les principes des mathématiques comme tous de même nature : ce sont des propositions fondamentales qu'ils nomment *axiomes* et qui sont admises comme des sortes de décrets, tels que les anciens postulats, *en ne tenant plus compte de la notion d'évidence* : ces axiomes doivent être non contradictoires et indépendants les uns des autres (on ne doit pas pouvoir déduire l'un d'entre eux des autres). L'ensemble de ces axiomes, que l'on place à la base d'une discipline mathématique donnée, forme la *définition* constructive ou opératoire des divers objets dont s'occupe cette discipline. On peut, par déduction, obtenir tous les théorèmes de la science envisagée à partir des axiomes. Cette méthode de reconstruction, que l'on nomme *axiomatique*, appliquée à la géométrie, a permis de jeter une vive lumière sur le problème logique du fondement des géométries non euclidiennes (DAVID HILBERT, mathématicien allemand, 1862-1943). On peut également axiomatiser les sciences exactes qui s'expriment mathématiquement, comme la mécanique et la physique. Nous ne pouvons insister sur ces questions ¹.

21. Les divers types de démonstrations. — *Les démonstrations synthétique et analytique.* D'une façon générale, l'analyse consiste en la décomposition d'un tout en ses éléments, et la synthèse en la recombinaison d'un tout au moyen de ses éléments ². Nous avons vu qu'un théorème peut être considéré comme un tout dont les

¹ Voir Ferdinand Gonseth, *Les fondements des mathématiques*, Paris 1926. La méthodologie dialectique (idonéisme) de F. Gonseth est exposée en Appendice, p. 243.

² Voir *L'analyse et la synthèse*, N° 72.

principes, ainsi que les théorèmes antérieurement démontrés, forment les éléments.

De là, deux types de démonstrations : 1. *La démonstration synthétique* qui part des éléments pour aboutir au théorème, au moyen d'une série de substitutions de grandeurs égales et en combinant les éléments les uns avec les autres. 2. *La démonstration analytique* qui part de l'énoncé du théorème pour remonter jusqu'aux éléments, toujours au moyen d'une série de substitutions. Cette dernière méthode est régressive. On l'emploie, par exemple, chaque fois qu'on « suppose le problème résolu » et qu'on analyse la solution supposée pour y découvrir des définitions, des postulats et des théorèmes déjà établis.

La possibilité de ces deux types de démonstration en sens inverse se comprend aisément si l'on se rappelle ce que nous avons dit de la nature des propositions mathématiques quantitatives : ce sont des égalités qui *peuvent se lire dans les deux sens*. (Il est clair qu'une déduction syllogistique, portant sur des propositions attributives exprimant des rapports de genres à espèces et d'espèces à individus, ne peut pas s'effectuer dans deux sens opposés.)

Les trois exemples de démonstrations que nous avons donnés sont des démonstrations *synthétiques* : nous nous sommes acheminés progressivement vers le théorème à démontrer.

Exemple de démonstration analytique

(Equation d'un faisceau de droites)

Soient deux droites données par leurs équations dans un plan *Oxy* :

$$(1) \quad a_1x + b_1y + c_1 = 0, \quad (2) \quad a_2x + b_2y + c_2 = 0$$

ou symboliquement : (1') $d_1 = 0$, (2') $d_2 = 0$,

Considérons l'équation :

$$(3) \quad d_1 - k d_2 = 0,$$

dans laquelle k est un paramètre. Nous voulons démontrer qu'elle représente le *faisceau de droites* déterminé par d_1 et d_2 , soit l'ensemble de toutes les droites qui passent par le point S commun à d_1 et d_2 .

1^o L'équation (3) est du premier degré en x et y . Elle représente donc une droite dont la position dépend de la valeur attribuée au paramètre k .

2^o Les coordonnées de S annulent simultanément les expressions d_1 et d_2 ; elles vérifient donc l'équation (3) qui représente une droite passant par S , quelle que soit la valeur de k .

Pour achever la démonstration, il conviendrait de prouver que l'équation d'une droite quelconque passant par S peut être réduite à la forme (3) ; autrement dit qu'on peut calculer le nombre k de manière que l'équation (3) représente une droite donnée passant par S .

On dit que la méthode analytique convient à la recherche, à la découverte, à l'invention, alors que l'on préfère la méthode synthétique pour l'exposition et l'enseignement, car elle va du simple au complexe. Cette remarque est vraie en gros, mais elle n'a rien d'absolu.

3. *La démonstration par réduction à l'absurde.* C'est une démonstration analytique indirecte. Lorsqu'il n'est pas possible de démontrer directement le théorème que

l'on a en vue, on procède suivant une voie détournée. On part d'une proposition qui est la négation du théorème et l'on en déduit des conséquences qui se trouvent être absurdes. Elles peuvent être absurdes en elles-mêmes, ou bien se trouver en contradiction avec une hypothèse qu'on a faite au début du raisonnement, ou encore en contradiction avec un théorème précédemment établi. Il en résulte que la négation du théorème, point de départ de la déduction, est fausse puisqu'elle a donné une conséquence fausse. Le théorème est donc vrai, en vertu du principe de non-contradiction : il a été démontré indirectement. Si n éventualités se présentent, et qu'on puisse démontrer l'absurdité de $n - 1$ d'entre elles, la n^e est démontrée par là même.

Exemple 1 : Si deux droites sont perpendiculaires à une troisième, elles sont parallèles entre elles.

Supposons, au contraire, que si deux droites sont perpendiculaires à une troisième, elles ne sont pas parallèles. En conséquence elles se coupent : soit A leur point d'intersection. A partir de A il est possible d'abaisser deux perpendiculaires distinctes sur une même droite ; ceci est en contradiction avec un théorème que nous supposons démontré antérieurement : « par un point pris hors d'une droite, on peut mener une et une seule perpendiculaire à cette droite ». Donc, la proposition qui a servi de point de départ est à rejeter comme fausse, et par conséquent le théorème est vrai (car deux droites, supposées distinctes, sont ou bien parallèles, ou ne le sont pas : il n'y a pas d'autre possibilité).

Exemple 2 : Si une droite d est parallèle à une droite t d'un plan P , d est parallèle à P .

Supposons que si une droite d est parallèle à une droite t d'un plan P , d n'est pas parallèle à P . Soit A le point commun à d et à P . Menons par d et t un plan Q , t est alors l'intersection de P et de Q . Puisque A est sur d et que Q passe par d , A est sur Q . Mais A est aussi sur P , donc il est sur l'intersection de P et de Q , soit sur t . A étant à la fois sur t et sur d , ces deux droites t et d ne sont pas parallèles, ce qui est contradictoire avec l'hypothèse du théorème qui est également l'hypothèse de notre point de départ. Ce dernier est faux, et le théorème est vrai (d et P , supposés distincts, sont nécessairement parallèles ou alors ils se coupent : il n'y a pas d'autre possibilité).

La démonstration par réduction à l'absurde s'emploie lorsqu'une démonstration directe n'est pas possible. Elle laisse parfois un sentiment de malaise, car elle contraint l'esprit à s'incliner sans lui donner les raisons positives de la vérité démontrée.

4. *La démonstration par récurrence.* On ne l'utilise que lorsqu'il s'agit d'une propriété où intervient un nombre entier positif quelconque.

On commence par *vérifier* (constatation de fait) qu'un certain nombre entier déterminé possède cette propriété. Ensuite on *suppose* que cette propriété est vraie pour un entier quelconque n , puis on *démontre* que, dans ce cas, elle est vraie encore pour le nombre $n + 1$. La conclusion est que cette propriété vaut pour tous les nombres entiers supérieurs à celui qu'on a choisi au début pour effectuer la vérification. Si le nombre choisi est 1, la démonstration s'étend à tous les nombres entiers positifs, sans exception.

La relation vérifiée pour k , implique qu'elle est vérifiée pour $k+1$.

Exemple. (1) $(1 + a)^n > 1 + na$, pour $n \geq 2$ et $a > 0$.

Prenons $n = 2$.

$$(1 + a)^2 > 1 + 2a,$$

$$1 + 2a + a^2 > 1 + 2a,$$

la *vérification* est faite.

Supposons maintenant que la formule (1) soit vérifiée pour n quelconque, nous allons *démontrer* qu'elle est alors vraie pour $n + 1$.

Multiplions les deux membres de (1) par $1 + a$.

$$(1 + a)^{n+1} > (1 + na) \cdot (1 + a),$$

$$(1 + a)^{n+1} > 1 + (n + 1)a + na^2,$$

Il est évident que : $1 + (n + 1)a + na^2 > 1 + (n + 1)a$.

D'où : $(1 + a)^{n+1} > 1 + (n + 1)a$.

L'inégalité (1) est donc vraie pour $n + 1$, si elle est vraie pour n .

L'inéquation est alors vérifiée par toute valeur de n égale ou supérieure à 2.

Le raisonnement par récurrence possède une extraordinaire puissance de généralisation — sur laquelle HENRI POINCARÉ a insisté — puisqu'il contient en lui une infinité de raisonnements particuliers, et va du fini à l'infini, en étendant ce qui est vrai pour un nombre à tous les nombres qui lui sont supérieurs. Henri Poincaré voyait dans le raisonnement par récurrence (qu'il appelait « induction complète ») l'élément qui rend le raisonnement mathématique créateur (p. 60).

22. La notion de fonction. — A notre époque, dans laquelle triomphent les techniques, on fait un usage constant de la notion de fonction. On représente souvent les fonctions au moyen de graphiques, ce qui en a vulgarisé l'emploi : chacun sait lire le graphique d'un

baromètre enregistreur, la « feuille de fièvre » d'un malade, les graphiques de la variation des changes, de la variation du coût de la vie suivant les époques, etc.

La notion de fonction est essentiellement fondée sur celle de *correspondance* entre deux séries de valeurs. Il y a bien des manières pour définir une fonction. Disposons des nombres suivant deux colonnes contiguës : nous définissons ainsi une correspondance entre eux, donc une fonction (tables de logarithmes). Graphiquement, nous marquons deux axes de coordonnées gradués sur du papier quadrillé et nous y traçons une courbe dont chaque point établit une correspondance entre une abscisse et une ordonnée. Voyons maintenant la définition analytique qui est fondamentale. Considérons un nombre indéterminé ou variable, que nous appelons x , et faisons lui subir une série d'opérations mathématiques, puis désignons par y le résultat obtenu. Nous définissons ainsi une fonction, $y = f(x)$ (y fonction de x), telle qu'à chaque valeur de x corresponde une valeur bien déterminée (ou plusieurs valeurs bien déterminées) de y . Ex. : soit le trinôme du second degré $ax^2 + bx + c$ et appelons y la valeur de ce trinôme, nous avons défini une fonction : $y = ax^2 + bx + c$. Sa représentation graphique, dans un système d'axes cartésiens orthogonaux, est une parabole dont l'axe est parallèle à Oy .

La définition de fonctions à plus de deux variables est aussi possible ; le principe reste le même : il s'agit toujours d'une *correspondance* établie entre des grandeurs variables.

23. L'application des mathématiques, ses avantages. — Les mathématiques sont l'instrument des sciences dites

exactes, leur moyen d'expression, leur *langage*. « Toutes les lois sont donc tirées de l'expérience ; mais pour les énoncer, il faut une langue spéciale ; le langage ordinaire est trop pauvre, il est d'ailleurs trop vague, pour exprimer des rapports si délicats, si riches et si précis. Voilà donc une première raison pour laquelle le physicien ne peut se passer des mathématiques ; elles lui fournissent la seule langue qu'il puisse parler ¹. »

Les mathématiques fournissent des cadres, des formes qui permettent d'exprimer avec précision toutes les relations possibles des choses : elles constituent un arsenal de formes prêtes à être utilisées par le savant qui veut décrire les phénomènes de la nature. Par exemple, KÉPLER (1571-1630), pour pouvoir énoncer les lois qui portent son nom, a dû essayer d'abord le cercle, comme orbite possible des planètes, puis, voyant que cette courbe ne rendait pas compte des apparences constatées, il a essayé l'ellipse, la courbe fermée la plus simple après le cercle, en admettant que le soleil occupe un des foyers. L'orbite elliptique cadrerait admirablement avec les observations précises accumulées par son maître TYCHO-BRAHÉ (p. 34). Or les mathématiciens grecs avaient, depuis des siècles, étudié les propriétés de l'ellipse en particulier et des coniques en général : Képler, qui connaissait leurs travaux, a donc été orienté vers l'hypothèse qui devait se vérifier. Citons à ce sujet ALBERT EINSTEIN (1879-1955) : « Il semble que la raison humaine soit tenue de construire d'abord, indépendamment, les formes, avant de pouvoir en démontrer l'existence dans la nature. Il ressort étonnamment bien des travaux admirables auxquels Képler a consacré

¹ Henri Poincaré, *La valeur de la science*, p. 141.

sa vie, que la connaissance ne peut pas dériver de l'expérience seule, mais qu'il lui faut la comparaison de ce que l'esprit humain a conçu avec ce qu'il a observé ¹.»

Donnons encore un exemple.

Les lois expérimentales sont établies d'après des mesures précises (aussi précises que le permettent les instruments de mesure), par exemple on mesure la pression d'un gaz et son volume, puis on recommence ces mesures en faisant varier le volume du gaz (au moyen du mouvement d'un piston qui se déplace dans un cylindre) et en maintenant le gaz à une température constante. De cette façon, on obtient un tableau de nombres qui représente les mesures faites, mais qui est peu maniable : il convient de voir si les mesures obéissent à une certaine loi capable de résumer tout le tableau. On trouve la loi dite de Mariotte : le produit des mesures est constant. On exprime tout naturellement cette loi expérimentale par une *fonction mathématique* : $pv = c$, ($c = \text{constante}$). Un mathématicien qui lit cette fonction reconnaît l'équation d'une hyperbole équilatère rapportée aux axes p et v , ces axes étant les asymptotes de la courbe. Il saisit aussitôt toute la signification de la loi en voyant sa forme analytique, alors que le tableau des mesures expérimentales est fort malaisé à interpréter et, de plus, encombrant.

Il est rare que le tableau des mesures puisse suggérer immédiatement une fonction mathématique adéquate. Le plus souvent, le savant représente les mesures qu'il a faites par une série de points isolés marqués sur une feuille de papier où un système de coordonnées a été choisi ; puis il trace une courbe aussi continue et régu-

¹ Albert Einstein, *Comment je vois le monde*, p. 179.

lière que possible, qui passe, non pas forcément par les points marqués, mais par leur position moyenne, en tenant compte des inévitables erreurs d'observation (lecture des appareils de mesure). Cette opération se nomme ajustement d'une courbe. C'est ensuite qu'il recherche une expression mathématique analytique pour la courbe obtenue. Naturellement, il n'y parvient pas toujours d'une façon satisfaisante.

Les savants cherchent donc à exprimer les lois expérimentales au moyen de fonctions mathématiques.

Les avantages de la formulation mathématique des lois expérimentales sont immenses, indiquons-en les principaux :

1. *Vérification.* La vérification d'une loi exprimée qualitativement reste toujours vague, par contre l'expression mathématique des lois permet un contrôle précis. De plus, certaines lois très générales, telle la loi de la gravitation universelle de NEWTON (les corps s'attirent en raison directe de leurs masses et en raison inverse du carré de leur distance), ne peuvent se vérifier que par leurs conséquences. Afin de pouvoir vérifier indirectement la loi de Newton à l'énoncé si simple, il faut, *au moyen des mathématiques* (mécanique céleste), en déduire les conséquences, telles que la loi de la chute des corps à la surface de la terre, ou encore le mouvement de la lune (en tenant compte en première approximation de l'attraction du soleil et de la terre sur la lune : c'est le problème des trois corps qui est d'une extraordinaire complexité mathématique).

2. *Systématisation.* Les mathématiques permettent d'unifier une science expérimentale en un corps de

doctrine, en un système aussi cohérent que possible¹, donnant ainsi satisfaction au besoin d'unité de l'esprit humain. Les différentes pièces de la science sont reliées entre elles par la déduction mathématique.

Une fois le système constitué, les lois expérimentales peuvent se déduire de lois plus générales, ou de principes, alors qu'elles ont été découvertes parfois lorsque ces lois plus générales n'étaient pas encore établies. Ainsi la loi de la chute des corps, découverte expérimentalement par Galilée, a pu se déduire ensuite de la loi d'attraction de Newton. Certaines propriétés des lentilles étaient connues avant la loi de la réfraction, dont elles sont des conséquences.

3. *Fécondité*. Grâce à la cohérence et à la continuité que les mathématiques introduisent dans une science expérimentale, elles guident dans la découverte de nouvelles lois, en signalant certains domaines non encore exploités expérimentalement. Les mathématiques constituent un puissant *instrument de généralisation* par le moyen des formules. « Par le simple jeu de ses symboles, l'analyse peut suggérer des généralisations dépassant de beaucoup le cadre primitif, ne fût-ce quelquefois que par des raisons de symétrie », écrit le mathématicien ÉMILE PICARD². Les mathématiques offrent au physicien, nous l'avons vu (p. 74), tout un ensemble de possibilités où il pourra choisir la forme qui lui convient le mieux pour exprimer le résultat de ses expériences: là encore il peut y avoir généralisation.

Signalons l'importance de l'*analogie des formules*. Par exemple, on rencontre des mouvements vibratoires

¹ Voir plus loin : les théories, No 28.

² Emile Picard, *La science moderne*, p. 57.

périodiques semblables en acoustique, en optique et en électricité, s'exprimant par des fonctions mathématiques analogues. Les mêmes phénomènes d'interférence, qui découlent de ces fonctions, se retrouvent dans ces trois domaines. Des parties éloignées les unes des autres s'éclairent mutuellement, grâce à des analogies de formules : les parties les moins développées en reçoivent une impulsion féconde et progressent beaucoup plus rapidement lorsqu'on exploite habilement ces analogies pour organiser de nouvelles expériences.

24. L'application des mathématiques, ses difficultés et ses limites. — Nous n'avons signalé jusqu'à maintenant que les avantages de l'application des mathématiques aux autres sciences, mais il ne faut pas se dissimuler qu'elle est fort délicate et demande beaucoup de doigté si l'on veut en recueillir tout le bénéfique et ne pas aboutir à des absurdités.

Remarquons que les énoncés de théorèmes débutent toujours de la façon suivante : « Supposons que... », « soit... », « si l'on se donne... », etc. En d'autres termes on pose une *hypothèse*, et tout le raisonnement que l'on fait y est suspendu. Ainsi *la conclusion d'un raisonnement mathématique quelconque a lieu moyennant l'hypothèse : elle lui est subordonnée*. Nous dirons que les mathématiques forment un système *hypothético-déductif*. Les mathématiques étant une science idéale, il est possible de décréter n'importe quelle hypothèse avec la plus grande aisance : on jouit d'une liberté entière à ce point de vue, car l'hypothèse n'exige pas de vérification comme dans les sciences expérimentales : il suffit qu'elle ne soit pas contradictoire.

Mais lorsqu'il s'agit d'appliquer des théorèmes au monde matériel, il faut s'assurer que dans ce monde l'hypothèse du théorème est réalisée avec un degré d'approximation suffisant. Bien plus, les phénomènes réels sont incroyablement complexes et en interaction constante : il est absolument impossible de tenir compte de toutes les influences lorsqu'on met un problème de physique en équation, par exemple. Pour l'opération si délicate de la *mise en équation* d'un problème, il faut négliger ce qui est vraiment négligeable et tenir compte de ce qui est important et de cela seulement — or il est souvent difficile de savoir à l'avance ce qui est négligeable et ce qui est important. Ensuite vient la technique du calcul, le travail propre du mathématicien. Enfin, le calcul terminé, il faut *interpréter* le résultat obtenu : c'est de nouveau une phase pleine d'embûches, qui réclame, comme la mise en équation, beaucoup d'esprit de finesse. On doit se souvenir de ce que l'on a négligé et ainsi se rendre compte du degré d'approximation sur lequel on est en droit de compter ; pour cela, on applique la théorie des erreurs.

Les mathématiciens sont souvent raillés pour leur confiance inaltérable dans la valeur du résultat de leurs déductions appliquées au monde réel. Voici le fameux problème d'arithmétique élémentaire de LAISANT qui met en évidence ce travers et qui a été donné comme test aux écoliers français : 4 ouvriers travaillant ensemble ont mis 9 heures à creuser un fossé de 7 mètres de longueur. Combien de temps faudrait-il à 100 000 ouvriers pour faire le même travail ? Le « pur mathématicien » — ou apprenti mathématicien — écrira sans sourciller : 1 seconde $\frac{3}{10}$! L'exemple est un peu gros, mais il est significatif. N'en concluons pas que le pur

mathématicien manque d'esprit de finesse — il lui en faut au contraire énormément pour exceller dans sa science — mais cet esprit de finesse n'a pas la même orientation que chez le physicien : par pli professionnel, il se désintéresse de la mise en équation des problèmes physiques et de l'interprétation du résultat des calculs, qui sont les deux phases qui, par contre, requièrent toute l'attention du physicien. Il manie des notions qui possèdent déjà un haut degré d'abstraction et n'a pas à effectuer le difficile passage du concret à l'abstrait, comme le physicien.

Le contraste est encore plus grand entre le physiologiste qui ne met pas ses problèmes en équations, et le mathématicien. Mais même en physiologie on rencontre des savants qui ont les travers d'esprit du pur mathématicien, comme le remarque judicieusement CLAUDE BERNARD qui les appelle des « systématiques ». « Ces hommes partent d'une idée fondée plus ou moins sur l'observation et qu'ils considèrent comme une vérité absolue. Alors ils raisonnent logiquement et sans expérimenter, et arrivent, de conséquence en conséquence, à construire un système qui est logique, mais qui n'a aucune réalité scientifique... Cette foi trop grande dans le raisonnement, qui conduit un physiologiste à une fausse simplification des choses, tient d'une part à l'ignorance de la science dont il parle, et d'autre part à l'absence du sentiment de complexité des phénomènes naturels. C'est pourquoi nous voyons quelquefois des mathématiciens purs, très grands esprits d'ailleurs, tomber dans des erreurs de ce genre ; ils simplifient trop et raisonnent sur les phénomènes tels qu'ils les font dans leur esprit, mais non tels qu'ils sont dans la nature ¹. »

¹ Claude Bernard, *Ibid.*, Ire partie, ch. II, § 3.

Limites de l'application des mathématiques. « Cette application des mathématiques aux phénomènes naturels est le but de toute science », a écrit CLAUDE BERNARD. Remarquons toutefois que la biologie, par exemple, n'est pas encore mûre pour revêtir une forme mathématique dans toutes ses parties. On peut même se demander si des sciences telles que la psychologie ne sont pas définitivement rétives à toute formulation mathématique pour la simple raison qu'on ne peut *mesurer* les phénomènes intérieurs dont s'occupent ces sciences. La question sera examinée dans le cours de *Psychologie*. Bornons-nous à constater d'une manière toute générale que l'application des mathématiques à la réalité se heurte à des limites dans certains domaines.

CHAPITRE V

Les sciences expérimentales en général

25. Introduction. — Il n'est pas exagéré de dire que les méthodes des sciences expérimentales ont complètement transformé la figure de notre civilisation. De tout temps, les hommes de pensée ont élaboré des théories hardies pour expliquer les phénomènes qu'ils constataient : l'imagination créatrice, le génie ne leur a jamais manqué. Ce qui leur a fait défaut, c'est la *vérification* patiente et méthodique des théories qu'ils concevaient et une discipline intellectuelle qui canalisât leurs inventions dans le domaine du vérifiable, en écartant résolument toutes les tentatives d'explications verbales ou d'allure métaphysique que l'expérience est impuissante à confirmer ou à infirmer (L'esprit positif, p. 32 No 11). L'esprit humain, dans son appétit de connaissance, s'est montré souvent trop pressé, négligeant de s'insérer dans une œuvre collective, où chaque chercheur n'apporte que quelques pierres à l'édifice, mais bénéficie en revanche de la somme de tous les efforts de ses collaborateurs qui se contrôlent et s'épaulent mutuellement.

De nos jours, le sens de la vérification rigoureuse s'est développé à un très haut degré et fait partie inté-

grante de la mentalité de nos savants : toute la recherche moderne en est imprégnée. (L'esprit critique, p. 29 No 9.)

Alors que les mathématiques ont un objet idéal, construit ou reconstruit par la pensée, les sciences expérimentales de la nature portent sur des faits ou phénomènes qui, directement ou indirectement (c'est-à-dire par leurs conséquences), tombent sous nos sens. Elles étudient ces phénomènes par observation et expérimentation et s'efforcent de les coordonner les uns aux autres au moyen de lois qui permettent de prévoir leur déroulement, certaines conditions étant connues. La mécanique, la physique, la chimie, la biologie, la psychologie, sont des sciences expérimentales. (Nous traiterons les méthodes de la psychologie à part, dans le cours de *Psychologie*).

Pour clarifier l'exposé des méthodes en sciences expérimentales, nous décrirons d'abord la structure des sciences considérées comme achevées, et nous examinerons ensuite les méthodes de recherche.

A. La structure des sciences expérimentales

λ 26. Les faits. — Dans un ordre de généralité croissante on envisage, dans une science expérimentale, les faits, les lois, les principes et les théories.

On distingue communément les *faits bruts* des *faits scientifiques*. Le *fait brut* est ce que l'on peut constater, il tombe sous les sens ou sous les prises de la conscience : la chute d'une pomme, l'allongement d'une barre de fer chauffée, le passage d'une étoile filante,

sont des faits bruts révélés par les sens ; en psychologie, un désir, une souffrance, une sensation, sont des faits bruts éprouvés par la conscience.

Le *fait scientifique* résulte de l'élaboration méthodique d'un certain nombre de faits bruts analogues ; on le dégage par abstraction de toutes les circonstances particulières : ainsi, de la chute d'un crayon ici et maintenant, de celle d'une pomme dans un verger il y a huit jours, etc., on dégage la chute d'un morceau de matière quelconque en n'importe quel lieu et à n'importe quelle époque : on établit le fait scientifique de la chute des corps.

Le fait scientifique apparaît donc comme un type de faits, comme un moule général dans lequel se coulent d'innombrables faits particuliers : il *unifie* les faits bruts ¹.

Remarques. — *Perception.* Nous verrons dans le cours de *Psychologie* que le fait brut résulte, lui aussi, d'une élaboration intellectuelle complexe, mais inconsciente, qui constitue la *perception*.

¹ Dans une science appliquée comme l'astronomie qui porte sur des objets particuliers (les astres existants), les faits scientifiques ne sont pas toujours des moules de faits bruts. C'est un fait scientifique, par exemple, que le soleil est une sphère d'un diamètre 109 fois supérieur à celui de la terre, d'une masse 330 000 fois plus grande que la masse terrestre, située à environ 150 000 000 km. de notre globe, dont la température superficielle est environ 6000°, qui tourne sur elle-même en un peu plus de 25 jours, etc.

Pour être particularisé, ce fait complexe n'en est pas moins scientifique, *parce qu'il s'appuie sur de nombreuses théories scientifiques générales* relevant de la trigonométrie, de la mécanique céleste, de la spectroscopie, etc., faute desquelles il n'aurait jamais pu être construit.

Fait, phénomène, événement. Le terme *fait* a une signification très générale qui comprend en elle celles d'autres termes, tels que *phénomène* et *événement*. On peut l'appliquer encore à quelque chose de statique et dire, par exemple : c'est un fait que la terre est renflée à l'équateur (on ne pourra pas dire que c'est un phénomène, car ce terme désigne un processus évolutif, un changement).

Un changement qui peut se répéter se nomme *phénomène*. Un changement qui ne peut jamais se reproduire identiquement le même, comme un fait historique, est un *événement*. Les phénomènes et les événements sont donc des faits. *est un fait qui se voit dans l'histoire.*

Dans les sciences expérimentales on emploiera exclusivement les termes fait et phénomène ; tout phénomène est un fait, mais tout fait n'est pas un phénomène.

*Est-ce que tout est un fait, une loi, même phénomène ?
est-ce que tout est un fait, une loi, même phénomène ?
est-ce que tout est un fait, une loi, même phénomène ?*

27. Les lois. — *La loi exprime une relation constante entre des faits, des phénomènes, ou entre des éléments d'un fait ou d'un phénomène.*

Exemples. En optique, la loi des lentilles (formule de Descartes) donne la relation entre la distance de l'objet à la lentille p , la distance de l'image à la lentille p' et la distance focale de cette lentille f ; en physique, la loi se formule mathématiquement, au moyen d'une fonction (p. 72 No 22) :

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}.$$

Le plus souvent la loi n'exprime pas une relation entre des faits distincts, comme dans l'exemple précédent, mais entre des éléments d'un même fait. Ainsi, d'après la loi de la chute des corps, en faisant abstrac-

tion de la résistance de l'air, la hauteur de chute est proportionnelle au carré des temps. Une relation constante est donc établie entre la hauteur de chute h , qui est un *élément* du phénomène scientifique de la chute des corps, et la durée t de la chute, qui est un autre élément du même phénomène. Si on désigne par g l'accélération de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$ dans nos régions et à basse altitude), on a la fonction $h = \frac{1}{2} g t^2$. Dans ce cas la loi, en revêtant une forme mathématique, précise le fait scientifique complexe et l'analyse en dégageant ses éléments et leurs rapports.

Signalons encore la *loi de Mariotte* (p. 75) qui n'est qu'approximativement exacte.

En disant que la loi exprime une relation *constante*, nous voulons affirmer que cette relation est toujours la même pour tous les lieux et pour tous les temps ; ainsi la loi de Mariotte se vérifie, avec le degré d'exactitude qu'elle comporte, à Lausanne comme à Chicago, aujourd'hui comme dans mille ans ou comme il y a un siècle. On en dirait autant de la loi de la chute des corps dans le vide, en tenant compte du fait que la valeur de g varie avec les lieux. La loi possède donc une valeur universelle.

La connaissance d'une loi permet de *prévoir* le déroulement des phénomènes lorsqu'on connaît leurs déterminations particulières à un moment donné (conditions initiales). Connaissant l'instant auquel un corps est lâché dans le vide, on peut prédire, au moyen de la loi de la chute des corps, le chemin qu'il aura parcouru à chaque instant. Connaissant le volume et la pression d'un gaz à un moment donné, on peut prédire, grâce à la loi de Mariotte, que si on réduit le volume au quart

de sa valeur initiale, la pression deviendra quatre fois plus grande, la température restant constante. La formule de Descartes concernant les lentilles permet de calculer, pour chaque distance de l'objet à la lentille, la distance correspondante de son image à la même lentille ; l'interprétation des signes des distances permettra même de dire si l'image est réelle ou virtuelle.

Les faits sont donnés d'une manière éparsée ; les lois unifient les faits et les éléments qui composent ces faits.

Remarque. — Les lois statistiques résultent d'un nombre immense de phénomènes élémentaires dont le détail n'est pas connu ; elles expriment donc une moyenne. De ce fait, une exception est toujours possible. Exemple : la loi de l'égalité de la pression d'un gaz contenu dans un récipient exprime la résultante globale des mouvements désordonnés d'un nombre très grand de molécules se déplaçant dans tous les sens. Cette loi cesse évidemment d'être valable si l'on envisage la pression sur des surfaces de plus en plus petites, de l'ordre de grandeur des molécules par exemple : l'existence du mouvement brownien prouve effectivement que la loi ne s'applique plus aux dimensions des micelles.

appelons en ce qui se réfère à la loi que l'énoncé d'une loi

28. Les principes et les théories. — L'esprit humain tend au maximum d'unité. Il ne se contente pas de réduire, comme nous l'avons vu, la multiplicité des faits à l'unité des lois expérimentales, mais il cherche, quand ces lois appartiennent à un même domaine, à les coordonner à leur tour de façon à en faire des systèmes qu'on nomme théories ou grandes hypothèses. La coordination s'effectue aussi grâce à des principes.

Les principes des sciences expérimentales sont des

sortes de postulats : leur haut degré de généralité les soustrait à une vérification expérimentale directe et complète. L'expérience les suggère, mais ils la dépassent beaucoup en portée. Ce sont les conséquences qu'on en tire et la cohérence qu'ils introduisent dans la science qui les justifient.

Exemples de principes. La mécanique est dominée par le principe d'inertie : un corps qui n'est sollicité par aucune force extérieure est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme. L'égalité de l'action et de la réaction est également un principe important de la mécanique. La théorie des machines simples (levier, poulie, coin, etc.) est régie par le principe de la conservation du travail qui se particularise ainsi : le travail de la puissance est égal au travail de la résistance, ou encore, dans un énoncé plus vague : ce que l'on gagne en force, on le perd en déplacement.

Le principe de la conservation de la masse joue un rôle de premier plan en chimie, depuis LAVOISIER. En physique on rencontre les principes de la conservation et de la dégradation de l'énergie.¹ *Il se de la physique moderne a été introduite — Ballou*

En science biologique on peut citer le principe lamarckien : la fonction crée l'organe (ce principe est contesté par beaucoup de biologistes). *la v. courst. u. N. c. i. n. a. u. n. c.*

Les théories sont des systèmes cohérents qui coordonnent des lois. Elles sont souvent étayées par des prin-

¹ Depuis Einstein on sait que l'énergie possède une masse et qu'une masse matérielle représente de l'énergie concentrée, d'après la formule $E = m c^2$ ($E =$ énergie, $m =$ masse, $c =$ vitesse de la lumière). Ce qui se conserve, ce n'est donc plus la masse matérielle, ni l'énergie, prise chacune isolément, mais la masse matérielle plus la masse énergétique ; la matière et l'énergie peuvent se convertir l'une dans l'autre.

L'énergie n'est l'unité. Si elle n'est possible en elle-même, les principes approximatifs

cipes qui en forment l'armature. Pas plus que les principes, elles ne sont susceptibles de vérifications expérimentales directes. C'est leur aptitude à coordonner harmonieusement un grand nombre de lois expérimentales qui fait leur valeur et leur fécondité.

Exemples de théories :

1. *Les théories de l'optique.* L'optique géométrique considère que la lumière se propage en rayons rectilignes et se fonde tout entière sur les lois de la réflexion et de la réfraction. (On peut considérer ces deux lois comme des conséquences du principe de FERMAT qui s'énonce comme suit: le trajet suivi par la lumière pour aller d'un point *A* à un point *B* est celui de durée minimale ou maximale ou, d'une manière plus générale, de durée stationnaire.)

L'optique géométrique relie en un système logiquement construit les propriétés principales des prismes, des lentilles et des miroirs, et celles des nombreuses combinaisons possibles entre ces pièces (spectroscope, microscope, lunette, télescope, etc.), toutes propriétés qui découlent des deux lois fondamentales.

L'optique géométrique n'est cependant qu'une première approximation : elle est incapable d'expliquer les phénomènes de diffraction, d'interférence, etc. Pour y parvenir, il faut abandonner la conception des rayons lumineux absolument rectilignes et adopter la *théorie ondulatoire de la lumière*, selon laquelle la lumière se propage par ondes sphériques. La diffraction explique la limite du pouvoir séparateur des instruments d'optique : l'image d'un point fournie par une lentille est une tache lumineuse. D'après l'optique géométrique, il

n'y a pas de limite au grossissement et au pouvoir séparateur d'un microscope, par exemple, alors que la théorie ondulatoire assigne des limites précises que l'expérience confirme (pouvoir séparateur de $\frac{1}{4}$ micron en lumière visible).

Mais la théorie ondulatoire n'est pas le dernier mot de l'optique. Dans la théorie récente de *l'onde-corpuscule* (*mécanique ondulatoire* de LOUIS DE BROGLIE), on a ressuscité l'ancienne théorie newtonienne de l'émission, en la transformant d'ailleurs complètement, pour l'associer à la théorie ondulatoire, afin de rendre compte de phénomènes nouvellement découverts. Le microscope électronique est fondé sur cette théorie, et son pouvoir séparateur est extraordinairement élevé.

Nous voyons donc qu'il peut exister une superposition de théories pour expliquer un même domaine scientifique : elles sont de plus en plus compliquées et perfectionnées, et chacune rend compte de quelques phénomènes que la précédente laissait de côté. Cependant il serait inexact de croire qu'une théorie élimine toujours radicalement celle qui la précède. Cela peut arriver, mais ce n'est pas le cas dans nos exemples, où chaque théorie conserve sa valeur au degré d'exactitude qui est réclamé et où elle entre à titre de cas particulier ou de première approximation dans la théorie plus perfectionnée. Par conséquent chacune des théories de l'optique est un élargissement — et non pas une réfutation — de celle qui la précède : on peut dire que le progrès des théories s'est fait par enveloppements successifs, la plus récente englobant les autres.

Pour traiter les phénomènes optiques à notre échelle, personne n'aurait l'idée d'utiliser la théorie de l'onde-corpuscule de Louis de Broglie, et lorsqu'il s'agit de

déterminer les dimensions et la position d'une image fournie par une lentille, personne n'emploiera la théorie des ondulations : l'optique géométrique est tout à fait suffisante dans ce dernier cas.

2. *La théorie atomique.* Concevant la matière comme possédant une structure discontinue, l'atomisme tente « d'expliquer du visible compliqué par de l'invisible simple »¹ en ramenant toutes les différences qualitatives que les sens nous révèlent à des différences de disposition et d'organisation entre les atomes ou entre les constituants de ces atomes (électrons, protons, neutrons, etc.).

Il ne faut pas confondre la théorie scientifique avec l'atomisme philosophique antique, bien que tous deux reposent sur la même intuition fondamentale. La conception de DÉMOCRITE (Ve s. av. J.-C.) reprise par ÉPICURE (IIIe s. av. J.-C.), est une tentative d'explication globale du monde (pour Epicure l'âme et les dieux sont formés d'atomes), alors que la théorie atomique de nos savants modernes est nettement limitée au problème de la structure de la matière et se fonde sur un ensemble d'expériences convergentes.

Le nombre de phénomènes et de lois dont on peut rendre compte en les rattachant à la théorie scientifique des atomes est impressionnant. Citons-en quelques-uns.

La chimie nous apprend que les corps simples ou éléments chimiques ne se combinent qu'en proportion nettement définie (loi de Proust) : 1 gramme d'hydrogène en brûlant dans de l'oxygène en excès n'en consomme que 8 grammes, ni plus ni moins, pour former 9 grammes d'eau. On interprète ce phénomène en

¹ Jean Perrin, *Les atomes*, préface.

disant que 2 atomes d'hydrogène se sont unis à un atome d'oxygène pour former une molécule d'eau, l'atome d'oxygène ayant une masse 16 fois plus grande environ que celui de l'hydrogène.

Les corps simples sont caractérisés par leurs atomes : tous les atomes d'un corps simple sont identiques, mais les atomes diffèrent d'un corps simple à l'autre. En s'unissant entre eux ils forment des molécules qui sont le support de l'individualité chimique des corps, tant simples que composés.

D'après la *théorie cinétique des gaz*, qui est une partie de la théorie atomique, la pression exercée par un gaz sur la paroi qui le contient s'explique par les chocs continuels de ses molécules (p. 87), celles-ci se mouvant en tout sens avec une vitesse moyenne qui est fonction de la température du gaz.

D'après AVOGADRO (1776-1856), un volume déterminé de gaz, à une température et à une pression données, contient le même nombre de molécules, quel que soit le gaz. Les multiples conséquences de l'hypothèse d'Avogadro (entre autres les lois de Mariotte et de Gay-Lussac) se sont vérifiées.

Mais les savants sont allés encore plus loin en analysant les constituants de l'atome lui-même. Ils ont établi ainsi des modèles d'atomes : celui de J. J. THOMSON (1856-1940), perfectionné par BOHR (1885-1962), représente l'atome comme formé d'électrons, chargés d'électricité négative, se déplaçant à de grandes vitesses sur certaines orbites autour d'un noyau chargé d'électricité positive, en lequel se trouve concentré la presque totalité de la masse de l'atome.

Ces modèles ont permis d'expliquer entre autres phénomènes :

La ionisation des gaz et des solutions électrolytiques (l'atome abandonne un électron et devient de ce fait un ion positif).

Le courant électrique comme flux d'électrons libres se mouvant à l'intérieur des corps conducteurs.

La périodicité de la classification de Mendéléieff et les valences des atomes, par le nombre d'électrons situés sur l'orbite extérieure de l'atome.

De nos jours, on a tendance à abandonner les modèles d'atomes qui font appel à l'imagination spatiale et à leur substituer un pur symbolisme mathématique, dénué de toute représentation concrète.

Enfin, les réactions se produisant dans le noyau de l'atome ont donné la clé de la radioactivité, ou désintégration spontanée de la matière. Les réactions nucléaires sont la source de l'énergie des étoiles, donc de notre soleil. En réalisant artificiellement de telles réactions, en bombardant les noyaux par des neutrons, par exemple, on peut libérer de prodigieuses quantités d'énergie et opérer du même coup la transmutation de la matière.

Nous donnerons des exemples de théories biologiques dans le chapitre VI, *Les sciences expérimentales : la biologie*, No 43.

Remarque. — Les sciences expérimentales ne sauraient se passer de notions hypothétiques élaborées par la pensée: les atomes et leurs constituants sont d'abord des hypothèses, et cela malgré les succès pratiques obtenus par l'application de la théorie atomique et toutes les vérifications indirectes qui en découlent. Sans doute, des notions qui d'abord naissent sous forme hypothétique peuvent, à la suite de multiples vérifications convergentes, perdre leur caractère hypothétique;

ainsi, ce que l'on nommait « l'hypothèse » d'Avogadro, relative au nombre de molécules contenues dans un gaz, est devenue de nos jours la « loi » d'Avogadro. Il n'en reste pas moins qu'à côté de l'hypothèse au sens de loi présumée, qu'une vérification précise transforme en loi, la science contient nécessairement des éléments hypothétiques durables, des notions qui sont le produit de l'imagination créatrice guidée par les découvertes expérimentales et qui souvent s'éloignent énormément des notions du sens commun (p. 18). Que l'on songe, par exemple, aux propriétés attribuées aux constituants de la matière : absence d'individualité, absence de localisation, etc.

29. Les rapports entre les faits, les lois, les principes et les théories. — Dans une théorie bien construite, les lois expérimentales doivent pouvoir se déduire de l'ensemble de la théorie et des principes qui la constituent. On dit qu'un fait particulier est expliqué lorsqu'on est parvenu à le rattacher à une loi expérimentale ; cette dernière est expliquée à son tour, c'est-à-dire rendue *intelligible* (de purement expérimentale qu'elle était) lorsqu'on peut la déduire d'une théorie générale. Beaucoup de lois deviennent ainsi intelligibles longtemps après avoir été découvertes expérimentalement (loi de la chute des corps considérée comme cas particulier de la gravitation universelle), d'autres naissent directement sous forme intelligible et témoignent, lorsqu'elles se vérifient, de la fécondité créatrice de la théorie dont on les a déduites.

Il ne serait pas trop paradoxal d'affirmer que les sciences expérimentales se proposent *comme idéal* de

devenir entièrement déductives. Voici ce qu'écrivait à ce sujet un physicien contemporain : « Ce qui fait l'originalité de la méthode en physique est... l'importance qu'y prend le raisonnement déductif. Comme elle est, de toutes les sciences de la nature, celle dont la méthode est fixée depuis le plus longtemps, alors que tant d'autres tâtonnent encore à la chercher, on peut la prendre comme type d'une science expérimentale achevée. En fait, toutes les autres s'efforcent de lui ressembler. *La physique cherche dans son domaine à reconstruire le monde, à le déduire par voie purement syllogistique*¹ *d'un principe général une fois admis.* Personne ne conteste que c'est là, que ça a toujours été là le but avoué des physiciens. Descartes allait trop vite dans ses hypothèses ; mais, en définitive, sa méthode, telle qu'elle ressort de ses traités et de sa correspondance, est la méthode des grands inventeurs, celle même de Newton et de Fresnel². »

B. La recherche dans les sciences expérimentales

30. Les trois étapes de la recherche. — Dans les sciences expérimentales, l'esprit du chercheur procède suivant trois étapes : 1. *observer* ; 2. *conjecturer* ; 3. *vérifier*. Choisissons un exemple dans un domaine rendu familier par la vogue des romans policiers, afin de mieux faire comprendre le mécanisme de ces trois

¹ L'auteur veut dire : par voie purement déductive. La déduction mathématique, qui est celle utilisée en physique, ne se réduit pas, nous le savons, à la déduction syllogistique.

² *De la méthode dans les sciences*, H. Bouasse, *Physique générale*, Ire série, 4e édit., p. 124.

étapes. Le détective arrive sur les lieux du crime qu'il examine soigneusement, ce qui lui permet de recueillir des indices, des témoignages. Son imagination créatrice mise en branle lui fournit une ou plusieurs *hypothèses* au sujet de la manière dont le crime a été commis et sur le ou les coupables éventuels. Les indices et les témoignages recueillis doivent se loger harmonieusement dans les hypothèses imaginées. Mais cela ne suffit pas : une bonne hypothèse doit pouvoir rendre compte de *tous* les faits constatés, ou tout au moins n'en contredire aucun. La suite de l'enquête ou des événements, en révélant de nouveaux faits, permet de *vérifier* laquelle des hypothèses est la bonne (s'il y en a une bonne, toutefois). Remarquons que les indices primitifs, qui suggèrent à un détective habile une hypothèse ingénieuse, sont muets pour qui manque d'imagination, et n'engagent un esprit utopique, ou simplement dépourvu de « métier », qu'à brasser des idées inconsistantes et fantasques.

De même, dans les sciences expérimentales, le savant part des faits (observation), s'en inspire pour forger des conjectures (hypothèses) qu'il confronte ensuite avec les faits (vérification) ; il part des faits pour y aboutir à nouveau après avoir passé par le chemin de l'idée. « Une grande découverte est un fait qui, en apparaissant dans la science, a donné naissance à des idées lumineuses, dont la clarté a dissipé un grand nombre d'obscurités et montré des voies nouvelles ¹. »

Cette fécondation de la recherche expérimentale par l'idée possède une haute importance : la science moderne n'a pris son essor que lorsqu'elle a su se dégager

¹ Claude Bernard, *Ibid.*, livre I, ch. II, § 2.

des structures que nous montre l'observation immédiate de la nature, pour élaborer des instruments théoriques, des idées, très éloignés de ce que le sens commun nous suggère, mais dont la puissance explicative est souvent proportionnelle à cet éloignement (p. 18, 94).

C'est grâce à des *abstractions* soigneusement élaborées et systématisées que le savant parvient à dégager le fondamental de l'accessoire. A la nature telle qu'elle s'offre aux sens, toute surchargée de qualités complexes, confuses et impénétrables à l'esprit, il substitue un système de signes ou de symboles faciles à manier et à combiner entre eux, qui donne prise sur la réalité. Passer par le chemin de l'idée signifie donc construire par abstraction un système de symboles pour mieux représenter les relations existant entre les éléments du réel.

I. Observer

31. Le fait résulte d'un choix. — La nature s'offre à notre connaissance immédiate avec une richesse et une complexité extraordinaires : en elle, tout se tient, tout se transforme et chaque partie peut avoir une répercussion sur toutes les autres. Au fond, il n'y a pas de « parties » dans la nature, de faits qui soient par eux-mêmes distincts des autres, car la réalité se présente à nous comme une masse confuse, et c'est nous qui, par notre activité mentale, découpons la nature en une multiplicité de faits artificiellement isolés les uns des autres, afin de répondre à nos besoins, à nos tendances, à notre volonté d'action ou à notre désir de connaissance. En d'autres termes, nous *analysons* la nature. Lorsque nous déterminons un fait en le détachant du contexte dans lequel il est naturellement inséré, nous

opérons un *choix* résultant de notre activité intellectuelle. Rappelons cette constatation psychologique banale : nous ne remarquons dans le monde sensible que ce que notre profession ou nos goûts personnels nous ont habitués à remarquer et le reste passe inaperçu. Supposons qu'un peintre, un géologue, un ingénieur et un paysan fassent exactement le même voyage : en contemplant les mêmes paysages, il est clair qu'ils n'en apercevront et n'en retiendront pas les mêmes aspects, chacun les découpant et les filtrant à sa manière.

Un bon observateur doit être à la fois curieux, attentif, patient, ses sens doivent être aiguisés, enfin il doit conduire méthodiquement ses observations et s'efforcer d'être impartial et objectif. Nous voyons toute chose à travers nos préjugés, nos habitudes, nos désirs, et nous avons trop tendance à croire qu'il n'y a rien de nouveau sous le soleil : nous ne fournissons que difficilement l'effort nécessaire pour saisir des aspects insoupçonnés dans des phénomènes plus ou moins familiers. Pour faciliter ses observations et les conduire méthodiquement, il est utile que le savant, sur la base des connaissances scientifiques qu'il possède, pousse ses recherches dans une direction bien déterminée en escomptant telle découverte précise.

« Il est tellement visible que n'importe quel positiviste s'illusionne en proclamant qu'il connaît uniquement les faits et qu'il ne sort pas de là. On peut si vite lui répondre : Non, vous connaissez *certain*s faits, vous en laissez de côté le plus grand nombre, vous choisissez. Et pourquoi donc ce choix, si ce n'est que vous êtes inexorablement guidé par une idée ¹. »

¹ Fr. Houssay, *Force et cause*, p. 27.

Rôle des théories et des principes. L'observation exacte de la nature est difficile, car, comme nous venons de le voir, elle n'est pas une opération passive de l'esprit, mais une activité qui réclame une curiosité attentive, toujours en éveil. Aussi, pour observer des faits et les délimiter, il convient d'être sollicité par des idées directrices, telles que théories et principes préalables. Se servir de ces guides pour observer n'est pas nécessairement manquer d'impartialité ; en tout cas celle-ci ne doit jamais engendrer la passivité qui est stérile. Il y a un équilibre difficile à atteindre entre, d'une part, une attitude active, qui cherche dans l'idée directrice une orientation féconde des observations et, d'autre part, la volonté de ne pas solliciter les faits, au moment où on doit les enregistrer, dans le sens de notre attente et de nos désirs.

Citons AUGUSTE COMTE : « Si d'un côté toute théorie positive doit nécessairement être fondée sur des observations, il est également sensible, d'un autre côté, que, pour se livrer à l'observation, notre esprit a besoin d'une théorie quelconque. Si, en contemplant les phénomènes, nous ne les rattachions point immédiatement à quelques principes, non seulement il nous serait impossible de combiner ces observations isolées et, par conséquent, d'en tirer aucun fruit, mais nous serions même entièrement incapables de les retenir ; et, le plus souvent, les faits resteraient inaperçus sous nos yeux ¹. » Ailleurs, Auguste Comte est encore plus catégorique : « En quelque ordre de phénomènes que ce puisse être, même envers les plus simples, aucune véritable observation n'est possible qu'autant qu'elle est primitivement

¹ Auguste Comte, *Cours de philosophie positive*, Ire leçon.

dirigée et finalement interprétée par une théorie quelconque ¹. »

Donc, les théories qui sont, comme nous l'avons vu (p. 87), le couronnement des sciences, ont déjà un rôle à jouer lors de l'observation des faits. Cela explique qu'au départ une science piétine pendant de nombreuses années : elle n'a pas encore de théorie élaborée scientifiquement pour diriger les observations, et doit se contenter de la « théorie du sens commun ». Puis, dès l'apparition des théories, un progrès toujours plus rapide se manifeste : les nouveaux faits permettent de perfectionner les théories qui, à leur tour, facilitent la recherche d'autres faits, et ainsi de suite.

× 32. Les instruments. — Ils sont utilisés aussi bien dans la phase de l'observation initiale que dans celle de la vérification.

Le but des instruments est double : 1. *augmenter la portée de nos sens* et, 2. *permettre d'effectuer des mesures précises*.

1. Le télescope, le microscope, le spectroscopie, la photographie aux rayons invisibles (X, ultra-violet, infra-rouge), l'électroscope, le compteur de Geiger-Müller, la chambre humide de Wilson ², etc., nous révèlent des phénomènes qui ne tombent pas directement sous nos sens. Puisque tout se tient dans la nature, on comprend l'importance de tels instruments qui suppri-

¹ *Ibid.*, 4e leçon.

² Le compteur de Geiger-Müller révèle le passage d'un rayon ou d'une particule (électron, par exemple) au moyen d'un son dans un haut-parleur, ou d'une lampe électrique qui s'allume ; il permet de mesurer la radioactivité d'un corps, d'un milieu. C'est donc à

ment des solutions de continuité dans nos observations : ainsi les micro-organismes ne sont visibles qu'au microscope, et les effets qu'ils produisent (les maladies microbiennes) resteraient inexplicables si l'on se bornait à étudier seulement les phénomènes qui tombent directement sous nos sens. Au delà de la lumière visible, les instruments ont permis de compléter la gamme des ondes dans les deux sens (infra-rouge, ultra-violet), montrant l'existence de radiations dont la nature physique, identique à celle de la lumière visible, n'impressionne pas notre sens de la vue. Par exemple les rayons ultra-violets et les rayons X sont révélés par l'intermédiaire de la plaque photographique (les rayons X le sont aussi au moyen d'écrans fluorescents). Les ondes de la radio elles-mêmes sont raccordées aux ondes lumineuses sans solution de continuité. Le savant cherche à construire un système théorique vaste et intelligible dans lequel il loge les données toujours fragmentaires et incomplètes de nos sens. Les instruments qui augmentent la portée de nos sens et qui nous révèlent des phénomènes par voie détournée sont donc indispensables à l'édification d'un tel système (les rayons X n'impressionnent pas directement la rétine, mais excitent la fluorescence d'un écran qui, lui, impressionne notre rétine par la lumière visible qu'il émet).

2. D'autres instruments servent à *mesurer* d'une façon aussi précise que possible les différents phénomènes

la fois un instrument qui augmente la portée de nos sens et un appareil de mesure.

La chambre humide de Wilson permet d'enregistrer les trajectoires de rayons ou de particules et nous a apporté la plus grande partie de nos connaissances sur la structure de l'atome.

Ces deux instruments utilisent le phénomène de ionisation des gaz.

nes. Tels sont les télémètres, les théodolites, les horloges, les manomètres, les voltmètres, les ampèremètres, etc.

Qu'il s'agisse de mesurer une pression avec un manomètre, l'intensité d'un courant électrique avec un ampèremètre, ou simplement une durée avec une horloge, l'artifice employé est toujours le même : on ramène en définitive la mesure de ces grandeurs, qualitativement si différentes, à la lecture de la coïncidence de deux repères, l'un fixe, l'autre mobile, soit coïncidence d'une aiguille, soit d'un « spot » lumineux, soit de l'extrémité d'une colonne liquide avec une division d'une échelle graduée, laquelle constitue un ensemble de repères fixes désignés par des nombres. Donc, par l'emploi d'appareils de mesure, on ramène toutes les mesures à une *mesure de longueur* qui est la plus commode à effectuer.

Pour traduire la mesure d'une grandeur physique au moyen d'une mesure de longueur, les instruments mettent en œuvre les lois de la physique et de la chimie : ainsi un ampèremètre transforme de l'énergie électrique en énergie mécanique (destinée à mouvoir une aiguille) et repose sur les lois de l'induction électromagnétique qui commandent cette transformation.

L'importance des instruments de mesure est primordiale puisque les sciences expérimentales visent à la plus grande précision quantitative et s'efforcent d'exprimer leurs lois au moyen de fonctions mathématiques. Or nos organes des sens ne sont pas des instruments de mesure : ils ne fournissent que des données qualitatives dont l'appréciation varie d'un observateur à l'autre. La science, nous le savons, cherche la plus complète objectivité (p. 20) et par conséquent tente d'éliminer le facteur subjectif, variable d'un individu à l'autre : des

instruments de mesure soigneusement étalonnés permettent précisément d'enregistrer les faits de la manière la plus impersonnelle, la plus objective. Pour augmenter cette objectivité, on fait encore subir à la lecture des instruments des *corrections* variées (ex. : on tient compte de la température ambiante pour corriger les mesures faites avec un baromètre à mercure).

Il est très important de remarquer *qu'aucune mesure ne peut s'effectuer avec une exactitude absolue*, mais qu'elle implique nécessairement une certaine *approximation* et ne comporte qu'un certain *degré de précision*. Une balance grossière, par exemple, permet de connaître un poids d'environ 1 kg à 1 g près, alors qu'une balance plus précise atteint le millième de gramme pour un poids semblable. En effet, lorsque notre œil veut apprécier la coïncidence entre un trait d'une échelle graduée et un index mobile, nous ne pouvons espérer une précision plus grande que n'en comporte l'échelle utilisée et l'acuité de notre œil. Dans certains cas on peut l'augmenter au moyen d'un vernier fixé à l'index mobile, mais tout instrument porte en lui-même une limite de précision qu'il est impossible de dépasser. En conséquence, *les lois ne sont connues qu'avec un certain degré d'approximation*.

Notons enfin que certains instruments de mesure augmentent la portée de nos sens (microscope à micromètre, spectroscopie mesurant les écarts entre les lignes spectrales, compteur de Geiger-Müller, etc.) et que d'autres sont enregistreurs (le baromètre enregistreur donne une courbe, la pression en ordonnée, le temps en abscisse).

Les sciences progressent à mesure que les instruments se perfectionnent (p. 23, 34).

II. Conjecturer

× 33. L'hypothèse. — Il serait faux de s'imaginer que les lois vont surgir spontanément des résultats de l'expérimentation. En fait les choses se passent tout autrement. Le savant ne fait pas — ou presque jamais — des expériences au hasard, car elles sont le plus souvent stériles : il expérimente en vue de vérifier des hypothèses préalablement formulées.

Familier du laboratoire, renseigné sur l'apport de ses devanciers, le savant tente de *deviner* les lois de la nature, en formulant des *hypothèses*, qui sont des lois présumées. L'hypothèse a donc un caractère synthétique : c'est un lien supposé entre des phénomènes. Le travail d'analyse dont nous avons parlé (décomposition de la nature en faits isolés les uns des autres, p. 97 No 31) n'a de valeur que lorsqu'il suscite comme contre-partie *une synthèse destinée à rétablir les liens que l'on a brisés*. La phase analytique prépare la phase synthétique et la rend possible.

Une hypothèse scientifique est le produit de l'*imagination créatrice* du savant. On ne saurait assez mettre l'accent sur l'importance de l'imagination dans n'importe quel domaine de l'activité humaine et en particulier dans celui des sciences expérimentales. On a tendance à croire que c'est surtout l'art qui exige de l'imagination (d'où l'expression « œuvre d'imagination »), mais, en réalité, sans l'imagination — créatrice d'hypothèses — la science n'aurait jamais pu naître ni se développer. La chose est évidente pour les mathématiques qui portent sur des êtres construits par la pensée — aussi n'avons-nous pas eu besoin d'y insister —

mais il faut souligner qu'elle est encore vraie dans le domaine des sciences expérimentales qui cherchent à interpréter et à prévoir les phénomènes de la nature.

L'histoire des sciences montre que, par suite d'une réaction violente contre les conceptions dogmatiques du moyen âge, le rôle des hypothèses dans la science a été longtemps méconnu. Ainsi NEWTON affirmait qu'on ne doit pas faire d'hypothèses. Sans doute voulait-il dire que le savant doit éviter les grandes théories aventurées, car lui-même, dans son œuvre de physicien génial, usait d'hypothèses au sens de lois présumées, sans quoi il n'aurait fait aucune découverte.

C'est CLAUDE BERNARD qui a magistralement mis au point ce problème et montré le rôle de l'imagination créatrice en science (p. 13). Voici ce qu'il répond aux savants qui dénigrent l'hypothèse : « Ceux qui ont condamné l'emploi des hypothèses et des idées préconçues dans la méthode expérimentale ont eu tort de confondre l'invention de l'expérience avec la constatation de ses résultats. Il est vrai de dire qu'il faut constater les résultats de l'expérience avec un esprit dépouillé d'hypothèses et d'idées préconçues. Mais il faudrait bien se garder de proscrire l'usage des hypothèses et des idées quand il s'agit d'instituer l'expérience ou d'imaginer des moyens d'observation. On doit au contraire... donner libre carrière à son imagination ; c'est l'idée qui est le principe de tout raisonnement et de toute invention. C'est à elle que revient toute espèce d'initiative. On ne saurait l'étouffer ni la chasser sous prétexte qu'elle peut nuire, il ne faut que la régler et lui donner un critérium, ce qui est bien différent ¹. »

¹ *Ibid.*, Ire partie, ch. I, § 4.

L'hypothèse appelle donc l'expérimentation qui doit la vérifier ou, au contraire, la réfuter : elle constitue un « programme d'expériences ». Une bonne hypothèse scientifique doit être telle que l'expérience soit capable de décider si elle est vraie ou fausse. Vérifiée, elle se transforme en loi, sinon elle disparaît du domaine de la science. Cependant la mise à l'épreuve d'une hypothèse peut amener à la modifier, à la corriger, à la compléter. Même une hypothèse qui se révèle fausse, et que l'on doit par conséquent rejeter, peut jouer un rôle fécond : elle oblige à faire de nouvelles expériences qui peuvent conduire à la découverte de nouvelles lois. Ainsi l'erreur apparaît comme inséparable de la recherche : souvent elle joue un rôle nécessaire dans l'acheminement vers la vérité¹. On trouve donc parfois autre chose que ce que l'on cherchait, mais il est préférable de toujours chercher quelque chose de précis².

Pour pouvoir se vérifier, il est évident que l'hypo-

¹ Parlant de Lamarck, auteur d'une théorie du transformisme fondée sur des hypothèses aventureuses (voir No 43), Jean Rostand écrit : « Si Lamarck avait « eu plus de sévérité dans le discernement de l'évidence », s'il ne s'était jamais exposé « à rien avancer de hasardé ou de douteux », s'il n'avait pas eu « trop de complaisance pour une imagination vive », s'il ne s'était pas abandonné à des « conceptions fantastiques », il n'eût pas été transformiste, il n'eût pas été le grand Lamarck. Ainsi la science peut-elle trouver profit à ce qu'il y ait des savants pour ne se point laisser obnubiler par le réel, pour enfreindre les interdictions du bon sens et exploiter la fécondité de l'erreur. » (Jean Rostand, *L'évolution des espèces*, p. 194.)

² Francis Bacon et même Claude Bernard ont signalé que des expériences faites au hasard, nommées « expériences pour voir », rendent des services dans certains cas. Cela est incontestable, mais il faut remarquer qu'elles ne sont fécondes que dans des sciences peu développées : elles sont inopérantes dans une science fortement mathématisée et travaillant avec des notions très élaborées, comme la physique nucléaire, par exemple.

thèse ne doit pas être entièrement arbitraire : « elle doit avoir toujours un point d'appui dans la réalité observée, c'est-à-dire dans la nature », précise CLAUDE BERNARD.

« Il n'y a pas de règles à donner pour faire naître dans le cerveau, à propos d'une observation donnée, une idée juste et féconde qui soit pour l'expérimentateur une sorte d'anticipation intuitive de l'esprit vers une recherche heureuse ¹. »

Tout au plus peut-on affirmer que le savant se laisse souvent guider par le *raisonnement par analogie* (voir : analogie des formules, p. 77). Par exemple NEWTON a supposé, dit-on, que la force qui fait tomber une pomme est la même que celle qui retient la lune sur son orbite et l'empêche de s'échapper par la tangente. Le génie, a-t-on déclaré à bon droit, est la faculté de saisir des analogies cachées.

Ajoutons qu'une longue pratique du laboratoire et des connaissances théoriques approfondies aident le savant dans l'élaboration d'une hypothèse.

Rôle des principes et des théories. En indiquant au savant le sens dans lequel il doit orienter ses analogies, les principes et les théories lui suggèrent des hypothèses destinées à combler une lacune de la science : *ils sont de véritables instruments de découverte qui orientent la recherche expérimentale en l'empêchant de se faire au hasard.*

Les profanes sont surtout sensibles au renversement des théories les unes par les autres, au caractère révolutionnaire de la science, et ils n'aperçoivent pas la *grande continuité de l'effort scientifique et son enri-*

¹ Claude Bernard, *Ibid.*, 1re partie, ch. II, § 2.

chissement continu. Il ne faut jamais oublier que lorsqu'une théorie, devant de nouveaux faits et de nouvelles lois, est abandonnée au profit d'une autre, elle a déjà joué son rôle : elle a donné naissance à une foule de lois expérimentales soigneusement vérifiées, qui représentent un acquis scientifique définitif, compte tenu du degré d'approximation qui a présidé à leur vérification. Nous avons montré, dans le cas des théories de l'optique (p. 89), que la nouvelle théorie comprend souvent comme cas particulier l'ancienne qu'elle généralise sans la renverser : preuve de la continuité du progrès scientifique. D'ailleurs, on n'abandonne jamais une théorie si l'on n'en a pas une autre plus satisfaisante à lui substituer : une théorie défectueuse est toujours préférable à pas de théorie du tout. Si révolutionnaire qu'apparaisse un progrès scientifique, le bond en avant qu'il représente a dû prendre son point d'appui sur ce qui l'a précédé, et il le prolonge toujours en quelque mesure, même s'il semble à première vue surtout y contredire.

Remarque I. — Il ne faut pas confondre le rôle de l'hypothèse dans les sciences expérimentales avec celui de l'hypothèse en mathématiques. On ne vérifie pas l'hypothèse en mathématiques (il suffit qu'elle soit non contradictoire), mais on s'appuie sur elle pour faire la démonstration (p. 78).

Remarque II. — Distinguons soigneusement l'*hypothèse* dont nous venons de parler (ou loi présumée) de la *grande hypothèse ou théorie*, qui, nous le savons, ne peut pas se vérifier expérimentalement d'une manière directe (p. 89).

La théorie est aussi le produit de l'imagination créa-

trice du savant, qui cherche à coordonner un ensemble de lois, relevant d'un même domaine, en un système cohérent. Tout ce que nous avons dit touchant l'invention de l'hypothèse peut se répéter au sujet de la création d'une théorie — ou d'un principe — sauf, bien entendu, ce qui concerne la vérification expérimentale. L'analogie est aussi un guide dans la découverte d'une nouvelle théorie : la théorie de la sélection naturelle de DARWIN lui a été suggérée par la sélection artificielle pratiquée par les éleveurs.

× 34. **La méthode des résidus de Stuart Mill.** — Le philosophe et logicien anglais STUART MILL (1806-1873) a codifié les méthodes d'expérimentation couramment employées par les savants. Trois de ces méthodes, servant à vérifier des hypothèses faites, seront exposées plus loin sous la rubrique : *Vérifier*.

Nous n'examinerons ici que la méthode des résidus. Elle permet d'édifier une hypothèse quand il s'agit d'un fait complexe relevant d'une science étroitement systématisée comme la mécanique ou l'astronomie.

Si l'on retranche d'un phénomène complexe et des circonstances qui peuvent agir sur lui tous les éléments déjà expliqués par des expériences antérieures, et toutes les circonstances qui les expliquent, ce qui reste à expliquer pourra l'être au moyen des circonstances non éliminées. Exemple : cherchons à calculer la trajectoire d'une balle (phénomène complexe). Tenant compte de la vitesse initiale du projectile, de l'angle de tir et de l'attraction terrestre, nous établissons une trajectoire (parabole à axe vertical) dont la portée est plus grande que la trajectoire réelle. L'écart entre la portée réelle et celle qui est calculée est un *résidu* dont il faut ren-

dre compte. On songera alors à la résistance de l'air qui n'a pas encore été prise en considération mais qui a certainement une influence : elle doit expliquer le résidu. Autre exemple : la planète Uranus ne se trouvait jamais à l'endroit assigné par les calculs des astronomes qui ne tenaient compte que des influences des planètes intérieures à son orbite et de celle du soleil. LE VERRIER (astronome français, 1811-1877) supposa que ce résidu dans le mouvement d'Uranus devait s'expliquer par les perturbations produites par une planète jusqu'ici insoupçonnée, située au delà d'Uranus. C'est ainsi qu'il découvrit Neptune en calculant l'endroit où l'astre devait se trouver pour pouvoir produire le résidu constaté.

On voit que cette méthode est indiquée chaque fois qu'on constate un écart (inexplicable par l'imprécision des mesures) entre un phénomène calculé et le même phénomène observé ou expérimenté. L'hypothèse obtenue doit être ensuite vérifiée par les autres méthodes de Stuart Mill ; dans notre premier exemple, on doit s'assurer par expérimentation que c'est vraiment la présence de l'air qui déforme la trajectoire parabolique d'un projectile et diminue sa portée, et qu'il n'y a pas d'autres circonstances insoupçonnées qui agissent dans ce sens.

En résumé, la méthode des résidus guide l'esprit vers la découverte d'hypothèses fécondes dans des sciences très évoluées, revêtues d'une expression mathématique rigoureuse : « Presque toutes les grandes découvertes en astronomie ont été le fruit de l'examen des phénomènes-résidus quantitatifs ou numériques ¹. »

¹ William Herschel, célèbre astronome hanovrien (1738-1822) cité par Stuart Mill.

III. Vérifier

35. L'observation et l'expérimentation. — Nous avons suffisamment insisté sur l'importance de la vérification, troisième et dernière étape de la recherche en sciences expérimentales, pour n'avoir pas à y revenir ici (p. 32 No 11 et p. 82 No 25).

La vérification se fait par l'*expérimentation*, ou par l'*observation* dans les sciences de pure observation, comme l'astronomie.

L'observation est la constatation des faits tels qu'ils se produisent naturellement, sans que le savant intervienne pour modifier le cours des phénomènes. On observe les mœurs des insectes ou une éclipse de soleil, par exemple.

L'expérimentation est l'étude des faits dans des conditions établies par le savant. On expérimente la valeur d'un engrais, ou les lois du courant électrique. Comme le dit très bien CLAUDE BERNARD, « l'expérience n'est au fond qu'une observation provoquée ». Dans une science comme la physique, par exemple, l'observation seule est absolument insuffisante : nous ne saurions presque rien de l'électricité et de ses lois si nous ne l'avions étudiée qu'en observant des orages. L'expérimentation permet en effet, par des dispositifs ingénieux, de débrouiller les multiples influences qui s'exercent sur le phénomène qui nous intéresse, en *isolant* une de ces influences de toutes les autres, alors que dans l'observation toutes les influences s'exercent à la fois sans qu'on puisse les distinguer. Autre avantage de l'expérimentation : le savant impose au déroulement des phénomènes des conditions rigoureusement

définies, qui peuvent par conséquent se répéter identiquement et donner lieu à des vérifications nombreuses et précises.

Du moment que le savant modifie le cours des phénomènes et en dispose à sa guise dans l'expérimentation, il doit être guidé par la conception préalable d'une hypothèse, sans quoi il irait à l'aventure. CLAUDE BERNARD écrit : « Il faut nécessairement expérimenter avec une idée préconçue. L'esprit de l'expérimentateur doit être actif, c'est-à-dire qu'il doit interroger la nature et lui poser les questions dans tous les sens, suivant les diverses hypothèses qui lui sont suggérées ». Naturellement, l'expérimentateur ne doit pas se « cramponner » à son hypothèse et déformer les faits pour qu'elle se vérifie : « L'expérimentateur ne doit pas tenir à son idée autrement que comme à un moyen de solliciter une réponse de la nature. Mais il doit *soumettre* son idée à la nature et être prêt à l'abandonner, à la modifier ou à la changer, suivant ce que l'observation des phénomènes qu'il a provoqués lui enseignera ¹. »

En expérimentant, le savant *pose une question à la nature*, il lui demande si l'hypothèse qu'il a imaginée est vraie ou fausse. Mais une question doit avoir un sens, or ce n'est pas la nature qui le fournit. Le savant pose sa question dans des termes et en un langage spécifiés par les théories et les principes sur lesquels il s'est appuyé pour établir son hypothèse : ce langage lui permet d'interpréter la réponse de la nature. « Il arrive souvent qu'une question qui possède un sens d'après une certaine théorie en soit dépourvue suivant une

¹ *Ibid.*, Ire partie, ch. I, § 6.

autre ; ou bien encore que le sens de la même question change en même temps que la théorie adoptée. Considérons, par exemple, la question de la transformation d'un métal vulgaire, comme le mercure en or. Au temps des alchimistes, cette question avait un sens profond, d'innombrables chercheurs ont sacrifié leur fortune et leur santé à la résoudre. Plus tard, quand on admit la théorie de l'immutabilité des atomes, la question perdit son sens et quiconque en recherchait la solution était regardé comme un fou. Aujourd'hui la même question est redevenue d'une actualité aiguë depuis l'adoption du modèle atomique de Bohr, suivant lequel l'atome d'or ne diffère de l'atome de mercure que par la perte d'un seul électron ; et elle a été reprise par les moyens d'investigation les plus modernes ¹. » La science est œuvre humaine, ne l'oublions pas. Poser une question confuse à la nature, c'est-à-dire organiser une expérience en dehors de toute théorie soigneusement élaborée, c'est rendre inutilisable la réponse que nous donnera la nature, c'est nous interdire de la comprendre. Toute expérience scientifique résulte de l'intime fusion de la théorie avec les manipulations pratiques du laboratoire.

36. Les autres méthodes d'expérimentation de Stuart Mill. — Nous avons déjà vu la méthode des résidus (p. 109 No 34) ; il nous reste à examiner trois méthodes qui permettent de vérifier des hypothèses ².

Comment vérifie-t-on une hypothèse, en d'autres ter-

¹ Max Planck, *Initiations à la physique*, p. 218.

² Stuart Mill n'a fait que perfectionner et mettre au point les méthodes de Francis Bacon, connues sous les noms de *tables de présence, d'absence et de degrés*.

mes comment la transforme-t-on en loi scientifique éprouvée ?

Deux cas peuvent se présenter : parfois l'hypothèse est si générale qu'elle ne peut se vérifier directement, mais seulement dans les conséquences plus ou moins lointaines que l'on en déduit au moyen des mathématiques (nous avons déjà donné l'exemple de la loi de la gravitation de Newton, p. 94). Dans le second cas, il est possible de procéder à la vérification expérimentale sans déduction mathématique intermédiaire. Plaçons-nous dans ce dernier cas, auquel se ramène d'ailleurs le premier.

Dans l'exposé de ses méthodes, Stuart Mill parle toujours de « cause » et « d'effet », et il définit la cause d'un phénomène comme un autre phénomène qui est son antécédent constant et qui suffit à en déterminer l'apparition, à l'exclusion de tout autre. Cependant toutes les lois ne sont pas causales : par exemple dans la loi de Mariotte (p. 75), la pression d'un gaz n'est pas l'antécédent (la cause) de son volume, ni le volume celui de la pression : les deux éléments sont simultanés et on ne peut parler de cause et d'effet dans ce cas. Il en est de même pour un très grand nombre de lois. Le philosophe des sciences ERNST MACH (1838-1916) remarque : « Quand les sciences sont très développées, elles emploient de plus en plus rarement les concepts de cause et d'effet. La raison en est que ces concepts sont provisoires, incomplets et imprécis. Dès qu'on arrive à caractériser les faits par des grandeurs mesurables..., la notion de fonction permet de représenter beaucoup mieux les relations des éléments entre eux ¹. »

¹ Ernst Mach, *La connaissance et l'erreur*, p. 275.

Aussi avons-nous modifié les énoncés de Stuart Mill en vue de les généraliser pour les lois non causales, qui peuvent en effet se vérifier par ces méthodes, tout comme les autres.

1) La méthode de concordance. Quand deux phénomènes apparaissent toujours en même temps dans des circonstances variées, on en conclut qu'ils sont liés l'un à l'autre par une loi.

Exemple. L'audition d'un son est liée à une vibration matérielle du diapason que l'on vient de heurter et de l'air qui le sépare de notre oreille, car les deux phénomènes se présentent toujours ensemble. Il convient de *varier* de toutes les manières possibles la production du son : parole, sifflet, détonation, etc. Si variées que soient les circonstances, il y aura toujours concordance entre une certaine vibration matérielle et l'audition du son.

2) La méthode de différence. Lorsque deux phénomènes disparaissent toujours en même temps et que les autres circonstances restent semblables, on en conclut qu'ils sont liés par une loi.

Exemple I. Partons de l'expérience précédente, puis supprimons une partie du milieu matériel entre la source sonore et notre oreille pour interrompre la transmission des vibrations. Plaçons un timbre électrique en action à l'air libre, puis ensuite sous une cloche pneumatique où on a fait le vide ; on constate dans ce dernier cas qu'on ne perçoit plus le bruit du timbre ; on en déduit que ce sont les vibrations matérielles qui produisent le son, puisque leur suppression (due à la suppression de l'air) concorde avec la disparition du son.

Exemple II. L'inégalité des durées de chute, pour une hauteur donnée, de corps de diverses densités, est due à la résistance de l'air : dans le vide, tous les corps tombent en effet d'une même hauteur dans le même temps. En supprimant la présence de l'air, on supprime l'inégalité des durées de chute (expérience de NEWTON).

Exemple III. En biologie, cette méthode est constamment utilisée : on supprime un organe ou on arrête son fonctionnement pour déterminer son rôle dans l'organisme en étudiant les troubles ainsi produits (étude des localisations cérébrales).

Remarque. — La méthode de concordance n'est pas rigoureuse, car elle n'élimine pas les coïncidences fortuites. Chaque fois que certains sauvages assistent à une éclipse de lune, ils battent le tam-tam et constatent que la lune recouvre son éclat ordinaire au bout d'un certain temps : ils sont alors persuadés que c'est leur tam-tam qui a mis fin à l'éclipse !

La méthode de différence est la contre-épreuve nécessaire de la méthode de concordance. « En effet, pour conclure avec certitude qu'une condition donnée est la cause prochaine d'un phénomène, il ne suffit pas d'avoir prouvé que cette condition précède ou accompagne toujours le phénomène : mais il faut encore établir que, cette condition étant supprimée, le phénomène ne se montrera plus. Si l'on se bornait à la seule preuve de présence (méthode de concordance), on pourrait à chaque instant tomber dans l'erreur et croire à des relations de cause à effet quand il n'y a que simple coïncidence ¹. » On ne doit donc pas employer la méthode de concordance seule.

¹ Claude Bernard, *Ibid.*, Ire partie, ch. II, § 8.

3. La méthode des variations concomitantes. Quand deux phénomènes, ou deux éléments d'un même phénomène, varient toujours en même temps, on en conclut qu'ils sont liés par une loi. Il n'est pas nécessaire qu'ils varient dans le même sens, ni proportionnellement.

Exemple I. La pression barométrique varie en même temps que l'altitude : quand celle-ci augmente, la pression diminue. Un baromètre fonctionne donc en altimètre.

Exemple II. La loi de Mariotte : à température constante, la pression d'un gaz varie en proportion inverse du volume (p. 75).

Remarque. — Cette méthode est beaucoup plus précise que les deux autres : elle fournit des résultats quantitatifs (au moyen d'instruments de mesure) qui peuvent s'exprimer par une fonction mathématique. C'est là le procédé fondamental de la recherche expérimentale (procédé qui, d'ailleurs, peut s'appliquer aussi à l'observation).

On peut l'utiliser lorsque la méthode de différence cesse de s'appliquer (ex. : il n'est pas possible de supprimer les causes des marées, soit le soleil et la lune, mais on peut étudier les variations de l'influence de ces deux astres).

La méthode de différence peut être considérée comme un cas limite de la méthode des variations concomitantes (cas où l'intensité d'un phénomène passe d'une certaine valeur à zéro).

Pour qu'elle donne des résultats corrects, il faut s'efforcer de maintenir constantes les autres circonstances capables d'influencer le phénomène étudié. Ainsi, dans

l'exemple I, on maintient le baromètre à une température constante, afin qu'il ne fonctionne pas en même temps comme thermomètre lorsqu'on fait varier l'altitude. Il s'agit, en d'autres termes, *d'isoler les influences* : seul le facteur altitude, que l'on suppose être en cause, doit varier. Il ne faut jamais oublier que le nombre d'influences qui s'exercent sur un seul phénomène est immense (p. 28), et tout l'art de l'expérimentateur consiste à les dissocier en n'en faisant varier si possible qu'une à la fois, ce qui pratiquement est fort difficile à réaliser.

Les méthodes de Stuart Mill ne sont pas des procédés pour ainsi dire automatiques qui permettent de déterminer les lois des phénomènes : elles sont destinées à vérifier l'hypothèse que le savant s'est forgée au préalable.

Nous ne pouvons insister sur l'extraordinaire ingéniosité que le savant de laboratoire déploie souvent pour organiser une expérience quand il applique ces méthodes. Là encore l'imagination créatrice est nécessaire pour combiner des dispositifs et relier entre eux des instruments très variés. Seuls les cours spéciaux de physique, de chimie et de biologie, joints à la pratique du laboratoire, sont en mesure de préciser notre affirmation générale.

Notons encore que les méthodes de Stuart Mill ne s'utilisent pas seulement en science, mais que la connaissance commune en fait souvent un usage spontané. Après certains repas, par exemple, une personne se sent indisposée. A quoi cela tient-il ? Elle se souvient que chaque fois qu'elle a éprouvé des malaises elle avait mangé d'un certain mets, le reste du menu pouvant être quelconque (méthode de concordance). Elle essaie

de répéter les menus à l'exclusion du mets en question ; résultat : pas de malaises (méthode de différence). Ce mets étant composé de divers aliments, elle en fait varier la composition en supprimant chaque fois un composant, pour savoir quel est l'aliment qui provoque ses douleurs (méthodes de concordance et de différence). Enfin, lorsqu'elle croit avoir déterminé l'aliment qui lui est contraire, elle essaie d'en prendre peu, puis d'en manger davantage, et elle constate des indispositions de gravités correspondantes (méthode des variations concomitantes). Citons encore le dépannage d'un réseau de lumière électrique après court-circuit, le dépannage d'une auto, etc.

Donc ni le savant, ni le vulgaire n'ont attendu Stuart Mill pour user de ces méthodes, mais le philosophe anglais les a dégagées des activités mentales spontanées, il les a codifiées et précisées.

C. L'induction et la déduction

37. L'induction expérimentale, sa nature et sa valeur.

*L'induction est l'acte par lequel l'esprit passe de la connaissance des faits à celle des lois qui les régissent*¹.

L'expression « sciences inductives » est synonyme de celle de « sciences expérimentales ».

On a longtemps opposé le « raisonnement inductif » au « raisonnement déductif » en disant que le premier va du particulier au général, alors que le second progresse du général au particulier. Si le syllogisme va

¹ C'est l'excellente définition due au philosophe français Jules Lachelier (1832-1918), célèbre par son livre *Le fondement de l'induction*.

effectivement du général au particulier, nous avons vu que la déduction mathématique est parfois généralisante (p. 60), il faut donc s'abstenir de définir le raisonnement déductif de cette manière¹. Il est exact que l'induction va du particulier au général : les faits observés ont tous leur particularité de temps, de lieu, de circonstances, et les lois scientifiques auxquelles on aboutit sont générales et ne comportent en principe pas d'exceptions (p. 28). Mais l'induction est en réalité un acte de l'esprit très complexe qui ne se réduit pas simplement à un raisonnement, bien qu'il contienne en lui des phases de raisonnement. Tout ce que nous avons vu jusqu'à maintenant dans *la recherche en science expérimentale* a mis suffisamment en évidence la complexité de ce passage des faits aux lois en quoi consiste justement l'induction.

CLAUDE BERNARD a judicieusement remarqué qu'en fait l'esprit humain raisonne toujours déductivement. En mathématiques la déduction part de propositions tenues pour certaines (en admettant les principes qui sont à la base des mathématiques), alors que dans les sciences expérimentales la déduction part d'hypothèses et en tire des conséquences qui restent douteuses tant que l'expérience ne les a pas justifiées. La différence entre la déduction et l'induction porte, pour Claude Bernard, sur le caractère plus ou moins certain du point de départ du raisonnement, non sur la nature du raisonnement lui-même. « Je pense qu'il n'y a pour l'esprit qu'une seule manière de raisonner, comme il n'y a pour

¹ Rappelons ici la définition du raisonnement déductif, donnée en *Logique formelle* : opération logique par laquelle on passe d'une ou plusieurs propositions (la ou les prémisses) à une proposition (la conclusion) qui en est la conséquence *nécessaire*.

le corps qu'une seule manière de marcher¹. » On peut interpréter la conception de Claude Bernard de la façon suivante. Lorsqu'on analyse une induction scientifique, on y discerne deux phases ; la première est imaginative : le savant, guidé par une idée directrice et par son savoir, formule une hypothèse conçue d'emblée en toute généralité ; la seconde phase est faite d'un raisonnement déductif à partir de cette hypothèse, pour en tirer les conséquences en vue de les vérifier. C'est cet ensemble qui forme une induction, et, dans cet ensemble, le raisonnement est déductif.

La difficulté de distinguer les coïncidences fortuites des relations nécessaires rend l'induction souvent sujette à caution (p. 116). Aux époques préscientifiques de l'histoire de l'humanité, on prenait de simples coïncidences accidentelles pour des rapports nécessaires, par exemple l'apparition d'une comète marquait le début d'une guerre. A l'heure actuelle le savant n'est nullement à l'abri de semblables méprises ; un médecin administre un nouveau remède à un malade qui guérit : coïncidence fortuite ou rapport nécessaire ?

38. Le problème du fondement de l'induction. — L'induction pose un très important problème philosophique que nous tenons à signaler mais sur lequel nous n'insisterons pas. Les faits observés ou expérimentés sont toujours particuliers : ils se produisent en un lieu et à une époque déterminés ; comment dès lors avons-nous le droit, en nous appuyant sur ces faits, d'énoncer une loi absolument générale, valable pour tous les lieux et pour toutes les époques ?

¹ *Ibid.*, Ire partie, ch. II, § 5.

C'est le difficile problème du fondement de l'induction.

L'induction repose sur l'expérience, mais elle la dépasse infiniment en concluant de « quelques cas » à « tous les cas ». STUART MILL nommait l'induction expérimentale « induction amplifiante ». C'est spontanément que l'esprit humain pense d'une manière générale et universelle le fait constaté ; le savant est en droit de formuler une loi générale après une *expérience unique*, s'il est bien certain d'avoir isolé l'influence qu'il étudie, car la même expérience répétée n'ajoute rien, à moins qu'on n'en *varie* les conditions, comme NEWTON qui a répété l'expérience du pendule avec des poids d'or, d'argent, de plomb, de verre, de bois, etc.

L'induction trouve son fondement dans les lois de la logique formelle d'une part et d'autre part dans la croyance à *un ordre universel de la nature*, à une *harmonie* qui règne dans le monde et que nous pouvons saisir avec notre intelligence ; « la nature suit un cours uniforme », « les mêmes causes produisent les mêmes effets », telles sont les formules que l'on utilise souvent pour exprimer cette croyance. Nous y avons insisté dans le chapitre sur l'esprit scientifique (p. 27 No 8).

Une pareille croyance est-elle justifiée ? Signalons simplement que pour les philosophes *empiristes* (p. 47) l'induction a sa source dans la répétition des mêmes phénomènes qui crée une habitude d'esprit (STUART MILL). Les philosophes *rationalistes* (*ibid.*) jugent cette explication nettement insuffisante, puisqu'elle revient à fonder l'induction sur elle-même (cercle vicieux). En effet, en constatant empiriquement que dans certains cas particuliers les mêmes causes produisent les mêmes effets et en déclarant qu'il se forme une habitude selon

laquelle l'esprit s'attend toujours à ce qu'il en soit ainsi, on suppose que l'esprit se livre à une induction, sans justifier la valeur de celle-ci. Pour les rationalistes (DESCARTES, JULES LACHELIER), l'induction a pour racine une exigence de notre raison, antérieure à toute expérience, c'est-à-dire *a priori*. Notre pensée est construite de manière à ne pouvoir penser les phénomènes naturels sans être certaine qu'ils sont liés par des lois nécessaires et universelles, expression d'un ordre cosmique rigoureux. Reste alors le difficile problème de l'harmonie supposée entre notre pensée et le monde : si notre pensée ne peut fonctionner sans admettre un ordre cosmique, s'ensuit-il que le monde lui-même est ordonné ? Est-il engendré par la pensée (idéalisme), ou est-il, quant à son existence, indépendant de la pensée (réalisme) ¹ ? Suivant la solution idéaliste ou réaliste adoptée, le problème de cette harmonie se pose différemment, mais nous dépasserions le cadre d'un cours de méthodologie en nous y arrêtant.

Remarque. — La croyance à l'ordre universel de la nature est souvent appelée croyance au *principe du déterminisme*. Nous avons donné la définition de ce terme à la page 28, mais nous nous sommes abstenu de l'employer ici, pour éviter des malentendus, à cause des relations d'incertitude de HEISENBERG en microphysique qui conduisent, dit-on, à l'indéterminisme. Lorsqu'on parle d'indéterminisme en physique contemporaine, il faut comprendre par là non pas que tout déterminisme est supprimé — des savants comme MAX PLANCK (1858-1947), auteur de la théorie des quanta, et EINSTEIN, créateur de la théorie de la relativité, ont insisté là-des-

¹ *Initiation*, Nos 75, 76, 77.

eus — mais que la causalité statistique doit se substituer à la causalité individuelle portant sur les corpuscules pris séparément. Il s'agit d'un certain mode de détermination des phénomènes qu'on substitue à un autre. Remarquons enfin que les relations d'incertitude s'expriment par une formule déterminée : en science, on poursuit toujours la détermination, même quand il s'agit de formuler un certain indéterminisme.

39. Le raisonnement déductif dans les sciences inductives. — Le raisonnement déductif seul ne peut pas conduire à des découvertes dans les sciences de la nature. Ce fut l'erreur capitale des anciens et des scolastiques de négliger l'observation et la vérification : ils s'imaginaient qu'il suffit de déduire syllogistiquement des conséquences à partir de principes admis une fois pour toutes pour connaître comment la nature est agencée. Leurs principes, posés sans observations sérieuses préalables, se révélèrent illusoire, comme celui-ci par exemple : « la nature a horreur du vide », qui devait rendre compte de la montée du mercure dans le tube barométrique — et qui ne peut expliquer pourquoi elle s'arrête à un moment donné.

Cependant la déduction joue un rôle très important dans les sciences inductives ou expérimentales, rôle que nous voulons récapituler en terminant ce chapitre.

Nous avons vu la remarque de Claude Bernard montrant le rôle de la déduction au sein de l'induction (p. 120).

On peut déduire les lois à partir des principes et des théories, et déduire les faits des lois (p. 94 No 29). En s'appuyant sur les lois et les théories, et en connaissant

la configuration particulière de certains faits à un moment donné, on peut, grâce à la déduction, *prévoir* leur déroulement (p. 86). Par exemple, la prévision d'une éclipse de soleil est fondée sur la connaissance des positions du soleil, de la terre et de la lune, ainsi que des vitesses de ces astres, à une certaine époque, connaissance qui permet de déduire, en utilisant les lois de la mécanique céleste, les positions que ces mêmes corps occuperont à n'importe quelle époque. Les astronomes déterminent alors à quel moment ces trois corps seront en ligne droite, la lune étant située entre la terre et le soleil.

La déduction peut mettre le savant sur la voie de *nouvelles découvertes* : les conséquences des théories le dirigent vers la découverte des lois (p. 107).

La déduction intervient pour *vérifier l'hypothèse*. Celle-ci est toujours générale, et il faut en déduire les conséquences particulières, correspondant, par exemple, à la disposition spéciale des instruments adoptée pour la réalisation de l'expérience (p. 114).

Enfin, les applications techniques sont déduites de la science pure. Dans son travail professionnel, l'ingénieur s'appuie sur des théories générales — en tenant compte aussi, il va sans dire, d'une foule de circonstances particulières et d'ordre pratique que la science pure ignore (p. 21 No 4).

Nous avons affirmé que l'idéal de toute science expérimentale est de devenir complètement déductive (p. 95), mais seule une science achevée pourrait se présenter sous forme entièrement déductive : en fait, la nature est si riche et si complexe qu'elle finit toujours par déborder les systèmes qui cherchent à la contenir ; la découverte de nouveaux phénomènes oblige à l'inces-

sante refonte des théories, si bien que ce désir de parvenir à une déduction complète est toujours frustré et qu'en définitive *c'est l'expérience qui a le dernier mot dans les sciences inductives : elle juge en dernier ressort de la valeur des théories et des lois.*

]

CHAPITRE VI

Les sciences expérimentales : la biologie

A. Les méthodes scientifiques

40. Les caractères fondamentaux des êtres vivants et l'objet de la biologie. — Toutes les méthodes des sciences expérimentales s'appliquent à la biologie. Cependant certaines méthodes générales, en se spécialisant dans ce domaine, prennent un aspect particulier qu'il est utile de signaler ; en outre il existe des méthodes spéciales qui ne sont utilisées que dans les sciences de la vie.

Biologie signifie étymologiquement science de la vie ; or il n'est pas possible de définir la vie ; elle se manifeste par l'existence d'êtres vivants dont il faut se contenter d'énumérer les principaux caractères.

L'être vivant est *organisé*, toutes ses parties sont étroitement solidaires et réagissent les unes sur les autres. Les divers organes coopèrent au maintien et au développement du tout qu'est l'organisme.

D'une part *il change sans cesse*, étant en perpétuelle transformation (naissance, jeunesse, maturité, vieillesse,

mort), mais d'autre part *il tend à conserver sa forme* en réparant ses tissus usés ou lésés (cicatrisation de blessures).

Dans l'activité de l'être vivant on peut distinguer trois groupes de fonctions principales. Les deux premières sont communes aux plantes et aux animaux et la dernière est propre aux animaux.

Les fonctions de nutrition permettent au vivant de trouver des sources d'énergie dans l'assimilation des substances empruntées au milieu ambiant, et de rejeter ce qui est inutilisable (déchets produits par le fonctionnement de l'organisme). En résumé, il assimile et désassimile en vue de la conservation de l'individu.

Les fonctions de reproduction assurent la conservation de l'espèce.

Les fonctions de relation mettent l'animal en rapport avec le milieu. Les animaux sont généralement pourvus d'un système nerveux, siège de la *sensibilité* ; ils sont capables d'actions spontanées, de *locomotion*. La sensibilité est du reste propre à tout animal ; les protozoaires, qui n'ont pas de système nerveux puisqu'ils sont unicellulaires, la possèdent aussi.

Les caractères que nous venons de signaler différencient les êtres vivants de la matière inorganique. Cependant la matière vivante est formée des mêmes éléments chimiques que la matière inanimée et elle est soumise aux mêmes lois physico-chimiques. Il y a donc, à la fois, *ressemblance* et *différence* entre le vivant et le non-vivant, d'où des méthodes d'étude partiellement semblables et partiellement différentes. Il nous reste à insister sur les différences, puisque nous avons déjà dit que les méthodes des sciences expérimentales en général s'appliquent à la biologie.

On distingue en biologie deux groupes d'études.

1. *L'étude des formes* correspond à un point de vue statique et descriptif. La *morphologie* décrit les diverses formes vivantes, l'*anatomie* étudie les organes, l'*histologie* s'occupe des tissus, et la *cytologie* analyse la structure des cellules composant les tissus.

2. *L'étude des lois régissant les changements et les fonctions des êtres vivants* adopte un point de vue dynamique. La *physiologie* étudie les fonctions générales de la vie, l'*ontogénie* examine l'évolution de l'être individuel, et la *phylogénie* celle de l'espèce. L'*embryologie* est une partie de l'ontogénie. L'étude de l'évolution de l'être vivant fait appel à la méthode génétique.

Nous examinerons tour à tour *la classification* en biologie, qui relève de l'étude des formes, puis *l'observation et l'expérimentation*, qui concernent les deux groupes, enfin *la méthode génétique*, qui adopte le point de vue dynamique du deuxième groupe.

41. *La classification.* — Tout ce que nous avons vu concernant les sciences expérimentales s'applique à l'étude scientifique des *phénomènes* qui se déroulent dans le temps (chute d'une pierre, explosion, ébullition, circulation du sang, etc.). Il reste à parler de la connaissance scientifique des *êtres* existant simultanément et considérés comme fixes (plantes, animaux). Pour cela, on envisage les êtres vivants dans leur type adulte, sans s'occuper de leur croissance.

Placé devant l'extraordinaire foisonnement de formes vivantes qui s'offrent à son investigation et qu'il ne peut connaître individuellement, le biologiste, comme

tout savant, s'efforce d'opérer *la réduction du multiple à l'unité*. Le physicien, le chimiste, le physiologiste, etc., cherchent à réduire la multiplicité des phénomènes à l'unité d'une loi, puis, par une nouvelle unification, à coordonner par des théories les lois obtenues. Le botaniste et le zoologiste systématiciens tentent de réduire la multiplicité des êtres vivants à l'unité d'un type, puis à hiérarchiser et à ordonner les types obtenus afin de mettre en évidence leurs rapports mutuels : la *classification* est le procédé qui opère cette réduction.

Remarquons que la classification n'est pas une méthode propre à la biologie : on la retrouve dans toutes les sciences (classification périodique des éléments chimiques de Mendéléieff, minéralogie, etc.), mais elle a une importance particulière en zoologie et en botanique à cause de la prodigieuse abondance des espèces vivantes. La connaissance commune fait un grand usage de ce procédé (tous les mots du langage supposent des classifications et, en apprenant à parler, l'enfant apprend à classer, p. 16). Toutes les sciences débutent par des tentatives de classification, premier effort pour mettre un peu d'ordre dans notre connaissance. Tant qu'une science reste au stade descriptif, la classification y joue un rôle considérable.

Nous avons vu les rapports qui existent entre les hiérarchies de concepts, les classifications et les définitions (*Logique formelle*). Les classifications et les définitions sont étroitement solidaires : une bonne classification permet des définitions correctes par genre prochain et différence spécifique.

Les classifications artificielles reposent sur des caractères superficiels, aisément saisissables, et rendent ainsi des services pratiques, soulageant la mémoire par exem-

ple, mais elles n'ont pas de valeur scientifique. Exemples : classification des fleurs par la couleur, classifications alphabétiques.

Les classifications naturelles se fondent sur les caractères fondamentaux des êtres pour les répartir en groupes hiérarchisés. Un caractère est dit *fondamental* quand sa présence dans l'organisme est liée à celle d'autres caractères ; ainsi le caractère vertébré est fondamental : savoir qu'un animal est pourvu de vertèbres, c'est connaître par là même une foule d'autres caractères sur le système nerveux, l'appareil circulatoire, la nature du sang, le nombre et la disposition des membres, etc. La classification suppose qu'il existe un *ordre* dans la nature que l'on peut mettre en évidence en dégageant des *lois de coexistence* au moyen de l'*observation*.

La classification en zoologie et en botanique repose sur trois principes.

1. *Principe des corrélations organiques de CUVIER*¹.
Supposons que l'on ait écarté les caractères accidentels de l'être vivant (comme sa taille et sa couleur) pour conserver seulement ceux qui sont *coordonnés* entre eux, et qui paraissent, varient ou disparaissent simultanément (la forme de la dent est liée à celle de l'omoplate et des ongles, et à la longueur du tube digestif : ce sont là des caractères coordonnés). La connaissance d'un de ces caractères permet alors de déterminer les autres ; tel est le principe des corrélations organiques de Cuvier qui exprime une loi de coexistence. Procé-

¹ Georges Cuvier (1769-1832), célèbre naturaliste français, créateur de l'anatomie comparée et de la paléontologie. Il fut le défenseur de la fixité des espèces, opposée à la théorie transformiste.

dant par comparaison, on élimine les différences, on conserve les ressemblances et on place dans un même groupe les êtres dont les caractères coordonnés sont les mêmes. On forme ainsi des groupes de plus en plus généraux : races, espèces, genres, familles, ordres, classes, embranchements.

Donc ce principe permet la formation de groupes.

2. *Principe de la subordination des caractères de JUSSIEU*¹. Il ne suffit pas de ranger les êtres en groupes distincts, il faut, de plus, hiérarchiser ces groupes. On nomme caractères *dominateurs* les caractères les plus généraux, *subordonnés* les moins généraux. Il y a plusieurs caractères subordonnés sous un seul caractère dominateur (vertébré est le caractère dominateur, mammifère, oiseau, reptile, etc. lui sont subordonnés). Le caractère subordonné entraîne le caractère dominateur (tout mammifère est vertébré), mais non l'inverse (le vertébré n'est pas nécessairement mammifère). La suppression ou la modification du caractère dominateur entraîne la suppression ou la modification des caractères subordonnés (la suppression du caractère vertébré entraîne la suppression des caractères des mammifères, des oiseaux, des reptiles, etc.).

3. *Principe de la série naturelle*. Dans quel ordre faut-il disposer les groupes qui ont même caractère dominateur ? On se fonde sur le degré de perfection des êtres, en considérant par exemple l'organisation de leurs divers appareils (circulatoire, digestif, etc.). C'est ce qu'on nomme le principe de la série naturelle. Par

¹ Nom d'une grande famille de célèbres botanistes français ; Bernard de Jussieu (1699-1777) perfectionna la classification de Linné.

ordre de perfection décroissante, on range les vertébrés dans l'ordre : mammifères, oiseaux, reptiles, batraciens, poissons.

En fait, ces principes sont d'une application difficile : les classifications, comme les définitions empiriques, restent toujours sujettes à révision ; elles sont fonction de l'état de la science qui les élabore. De plus, toute classification ne donne qu'une vue statique et figée du monde des êtres vivants : selon les théories du transformisme qui font dériver les espèces les unes des autres, aucune classification des espèces actuellement vivantes ne peut prétendre à être définitive. Parlant des nombreux systèmes de classification parus à son époque, AGASSIZ (naturaliste suisse, 1807-1873) écrivait : « Les systèmes de nos auteurs ne sont que des approximations successives de la nature elle-même ». Lorsqu'on tient compte des théories du transformisme, une classification tend à être un arbre généalogique indiquant les filiations réelles des êtres : l'examen des espèces existantes ne suffit plus et il faut avoir recours à la paléontologie qui nous renseigne sur les espèces disparues.

42. L'observation et l'expérimentation. — La classification, nous venons de le voir, se fonde sur l'observation. Celle-ci joue un rôle beaucoup plus grand en biologie que dans les sciences physico-chimiques. L'observation externe est souvent insuffisante : il faut recourir à la dissection, à la vivisection, à la radioscopie et à la radiographie, qui constituent autant de types d'observation interne. Le scalpel et le microscope sont les instruments les plus utilisés en biologie.

L'observation de la *maladie* est précieuse, car elle est une expérience instituée par la nature elle-même. Le trouble provoqué par le mauvais fonctionnement d'un organe permet de faire d'utiles comparaisons avec son fonctionnement normal, en vue de déceler son rôle (méthode de différence, p. 116). La méthode pathologique permet ainsi de connaître les lois normales de la vie, car, comme l'a remarqué CLAUDE BERNARD, les lois qui régissent la maladie sont les mêmes que celles qui commandent la santé, la seule différence résidant dans les conditions particulières où ces lois se manifestent.

L'*expérience* proprement dite est fort délicate en biologie, parce que les éléments d'un organisme sont si étroitement solidaires qu'ils réagissent les uns sur les autres : il est donc extrêmement difficile d'isoler une influence (p. 118) ; cependant c'est la pratique d'une expérimentation active qui a mis la biologie sur la voie de progrès décisifs.

On expérimente en modifiant le *milieu extérieur*, en changeant par exemple la composition de l'air respiré, sa pression, sa température. On peut modifier également le *milieu intérieur* de toutes sortes de manières : en changeant le régime alimentaire, en administrant des poisons, en inoculant des substances étrangères (vaccination, sérothérapie), en pratiquant la vivisection.

La *chimie* et la *physique* apportent leur aide dans l'observation et l'expérimentation. On a dit avec raison qu'un organisme est un véritable laboratoire de chimie. Le biologiste analyse la matière vivante des divers organes et les produits sécrétés. Pour étudier la manière dont un remède se répartit dans les différentes régions du corps, il le combine avec un corps radioactif dont la

présence, même en quantité infime, est aisément décelable par les méthodes de la physique. Dans ce dernier cas, un dosage quantitatif est possible.

A cause de la difficulté de l'expérimentation due à la complexité et à la solidarité des phénomènes étudiés, les lois de la biologie sont moins précises et moins rigoureuses que celles de la physique. Elles sont souvent le résultat de moyennes et, de ce fait, peuvent comporter des exceptions. Remarquons que chaque être vivant a son *individualité* : ce qui affecte l'un n'affecte pas nécessairement l'autre de la même manière, même s'ils appartiennent à la même espèce. Jusqu'il y a une vingtaine d'années, les lois de la biologie ne s'exprimaient guère mathématiquement. Mais les progrès de la physico-chimie et la collaboration toujours plus étroite de cette science avec la biologie ont permis de formuler mathématiquement des lois biologiques ; on fait un grand usage du calcul des combinaisons et des probabilités en *génétique*, science biologique toute récente.

43. La méthode génétique ; les théories transformistes. — Comme l'être vivant se transforme sans cesse (p. 127), on peut appliquer en biologie une méthode spéciale, dite *génétique*, qui s'attache à l'étude de la formation du vivant, et considère soit l'évolution de l'individu, soit celle de l'espèce. Cette méthode se caractérise par l'intervention de la notion de durée.

La paléontologie, l'embryogénie, l'anatomie et la physiologie comparées sont des applications de cette méthode. Toutes ces sciences sont utilisées pour l'édification des théories transformistes qu'il nous reste à résumer.

Les théories transformistes. On constate, grâce à la paléontologie, que des espèces d'animaux vivant actuellement sur la terre n'ont pas toujours existé, et que certaines qui ont existé ont totalement disparu (par exemple les grands reptiles de l'ère secondaire).

Pour expliquer ces faits, l'hypothèse du transformisme suppose que les diverses espèces animales qui se sont succédé sur la terre sont sorties les unes des autres par voie d'évolution. Les confirmations du transformisme sont de trois espèces.

1. *La paléontologie* a découvert certaines séries de formes intermédiaires qui aboutissent à des espèces actuellement existantes (généalogie du cheval, par exemple). 2. *L'anatomie comparée* a suggéré que les organes rudimentaires qui persistent sans utilité sont des vestiges d'organes appartenant à des formes ancestrales (ex. : l'appendice vermiforme chez l'homme). 3. *L'embryologie* révèle des parentés entre les espèces que la forme adulte ne laisse pas prévoir. Ainsi l'embryon de la baleine possède des dents, ce qui la rapproche des autres mammifères. On a fait également état des phases de développement de l'embryon humain, qui passe successivement par une organisation rappelant l'embryon de poisson, puis ceux de batracien et de reptile, enfin celui de mammifère, reproduisant dans la vie fœtale l'évolution des espèces.

Pour le naturaliste français LAMARCK (1744-1829), l'animal tend à s'adapter au milieu : l'influence du milieu détermine des besoins qui font naître des habitudes destinées à les satisfaire. La pratique de ces habitudes développe certains organes par un usage intensif et en atrophie d'autres par le non-usage. A la longue, ces transformations deviennent héréditaires et subsis-

tent même quand les circonstances qui les ont produites ont disparu.

DARWIN (1809-1882), le célèbre naturaliste anglais, explique l'évolution des espèces au moyen de deux facteurs : la *variabilité* et la *sélection*. Sans rendre compte du fait, il constate l'existence de variations d'un individu à l'autre. La lutte pour la vie engendre une sélection naturelle (suggérée par la sélection artificielle pratiquée par les éleveurs) ; seuls les êtres dont les organes sont bien adaptés à leurs conditions de vie subsistent, les moins doués sont éliminés. Les variations utiles sont transmises à la descendance par hérédité. La théorie de Darwin est étayée par un nombre extraordinairement grand de faits minutieusement observés et critiqués, le naturaliste anglais étant l'un des meilleurs observateurs que l'on connaisse. Le succès du darwinisme fut prodigieux, tant par son retentissement dans le domaine philosophique que par sa valeur scientifique.

On a beaucoup critiqué par la suite les théories de ces deux pionniers de l'évolution. Elles supposent, en effet, l'hérédité des caractères acquis, qui n'est plus admise aujourd'hui (WEISMANN, naturaliste allemand, 1834-1914).

Le mutationnisme modifia et compléta le darwinisme. Le botaniste hollandais HUGO DE VRIES (1848-1935) découvrit des variations brusques des êtres vivants, appelées *mutations*. Le biologiste américain T. H. MORGAN (1866-1945), en étudiant avec ses collaborateurs la mouche du vinaigre, montra que les mutations sont déterminées par des modifications des chromosomes, corpuscules contenus dans le noyau des cellules et apparents seulement lors de la division cellulaire. Il fonda

ainsi la *génétique* moderne, qui a éclairé le mécanisme de l'hérédité et renouvelé le transformisme. L'explication de l'apparition de nouvelles espèces est beaucoup plus compliquée qu'on ne se l'était imaginé, et de nombreuses difficultés et énigmes subsistent. Le mutationnisme peut expliquer la différenciation des races, mais il est absolument incapable de rendre compte de l'apparition d'un nouveau plan d'organisation, comme celui des vertébrés par exemple, en partant des invertébrés. D'une part l'espèce s'est révélée comme remarquablement stable et ne se laissant pas entamer par les mutations, et d'autre part les mutations constatées n'ont jamais apporté une nouveauté véritable, mais retranchent quelque chose à l'être vivant, mutilent un organe, raccourcissent ou suppriment les ailes à une mouche, par exemple. Certains biologistes vont jusqu'à admettre que les causes qui ont engendré les divers types de vivants ont cessé de se manifester actuellement. « Pour dire le fond de notre pensée, il nous paraît tout à fait nécessaire d'attribuer l'évolution à des variations hypothétiques, d'un tout autre ordre que les mutations, et qui, de nos jours, auraient cessé de se produire. Il semble bien que la nature vivante ne manifeste plus les phénomènes à quoi elle doit son développement et sa diversification. Tout porte à penser que la vie, en dépit des mutations, n'est plus évolutive ¹. » Peut-être que de pareilles opinions proviennent d'une erreur de perspective et que l'évolution envisagée à l'échelle des périodes géologiques apparaîtrait comme non terminée.

Les vicissitudes du transformisme montrent bien le caractère hypothétique accentué des théories en biologie.

¹ Jean Rostand, *L'évolution des espèces*, p. 193.

Remarque. — Il ne faut pas confondre le *transformisme*, dont nous venons de parler — et qui est représenté par diverses théories *biologiques* — avec l'*évolutionnisme* d'HERBERT SPENCER, théorie *philosophique* tendant à expliquer le devenir de la réalité totale (passage de la nébuleuse aux astres, de la matière à la vie, puis de la vie à la conscience) ¹.

B. Le problème philosophique de la finalité en biologie

44. **La causalité efficiente.** — Cette causalité se manifeste dans les phénomènes étudiés par les sciences physiques et chimiques. Par exemple, la cause efficiente de l'allongement d'une barre de fer placée sur une flamme est la chaleur dégagée par la flamme. Supposons que cet allongement, amplifié par un levier, déclanche, lorsqu'il a atteint un certain degré, le mouvement d'un mécanisme quelconque. L'allongement de la barre de fer, qui était un effet de la chaleur, devient à son tour la cause de la mise en mouvement du mécanisme en question, etc. L'enchaînement des causes et des effets forme ainsi des séries de causalité efficiente, qui peuvent être très complexes et s'entrecroiser les unes les autres (un même effet ayant en général plusieurs causes et une même cause pouvant produire plusieurs effets).

En mécanique, en physique et en chimie, les explications par lois et théories ont recours exclusivement à la causalité efficiente.

¹ *Initiation*, No 65.

45. Le hasard et le calcul des probabilités. — Beaucoup de philosophes affirment que le hasard n'est que le nom que nous donnons à notre ignorance des causes véritables. D'après eux tel phénomène se produit « par hasard » lorsque le détail de ses causes nous échappe. Le terme de « hasard » devrait donc, affirment-ils, être banni d'un langage scientifique qui se respecte, puisqu'il ne correspond à rien d'objectif.

Cependant le philosophe français AUGUSTIN COURNOT a donné du hasard une définition célèbre qui en permet un usage scientifique admissible et qui a généralement été adoptée. *Le hasard résulte de la rencontre de séries causales de phénomènes indépendantes l'une de l'autre.* Supposons, par exemple, que la chute d'un bolide mette le feu à une forêt. La série causale qui a déterminé la chute du bolide en ce point de la terre résulte à la fois du mouvement de la terre sur son orbite, de sa rotation, de la trajectoire initiale du bolide, de la déformation de la trajectoire par l'attraction de la terre, etc. Il est évident que cette série est complètement indépendante de celle des bouleversements géologiques qui ont abouti à la formation d'une forêt au point de chute. Ces deux séries causales étant indépendantes l'une de l'autre, on dira que l'incendie qui résulte de leur rencontre est dû au hasard.

On parle parfois de *lois du hasard*, alors qu'il semble que le hasard est ce qui échappe à toute loi. Il est clair que s'il s'agit d'un phénomène *unique*, produit par l'interférence de deux séries causales indépendantes, aucune loi ne pourra en rendre compte. Mais supposons qu'on envisage un très grand nombre de phénomènes compliqués dont le détail nous est inconnu. Par exemple, dans le jeu de la roulette, le fait pour la boule

de s'arrêter sur une case rouge et non pas noire dépend de l'impulsion donnée, des rugosités multiples de la roulette, du frottement sur le pivot, etc. ; une très légère variation dans l'intensité de l'impulsion suffit pour changer le résultat. De même, le fait pour une pièce de monnaie jetée en l'air de montrer pile plutôt que face dépend d'une quantité de facteurs : impulsion de la main, mouvement des couches d'air rencontrées, disposition du sol, etc. Si la boule de la roulette s'arrête sur une case rouge, ou si la pièce de monnaie montre pile, on dira que c'est le fait du hasard. « La caractéristique des phénomènes que nous appelons fortuits ou dus au hasard, c'est de dépendre de causes trop complexes pour que nous puissions les connaître toutes et les étudier ¹. » Les exemples que nous avons donnés entrent comme cas particuliers dans la définition de Cournot ; ainsi, quand on joue à pile ou face, le résultat dépend de l'interférence d'une multitude de séries de causes indépendantes les unes des autres : l'impulsion donnée est sans rapport avec les courants d'air existant à ce moment et la disposition du sol. La définition de Cournot est donc plus générale que celle de Borel, puisqu'elle est valable quand il n'y a que deux séries causales indépendantes qui se rencontrent, donc quand il n'y a pas des causes complexes dont le détail échappe à la connaissance.

Naturellement le calcul ne peut pas prévoir *un* événement dépendant de causes trop complexes pour être connues, mais si les épreuves se répètent un très grand nombre de fois, alors le calcul indique quelle est la répartition probable de l'ensemble des événements. Par

¹ Emile Borel, *Le hasard*, p. 7.

définition, la probabilité d'un événement est égale au quotient du nombre des événements favorables par le nombre total des événements possibles. La certitude est égale à 1. Soit, par exemple, une urne contenant 99 boules noires et une seule boule rouge : la probabilité de tirer la boule rouge est de $\frac{1}{100}$, celle de tirer une boule noire de $\frac{99}{100}$. La probabilité d'amener 6 points avec un dé est de $\frac{1}{6}$; en lançant 2 dés, la probabilité d'amener 12 points est de $\frac{1}{36}$, celle d'amener 11 points est de $\frac{1}{18}$, celle d'amener 10 points de $\frac{1}{12}$, pour 9 points elle est de $\frac{1}{9}$, etc. Grâce au *calcul des probabilités*, fondé sur ces considérations, on ne peut pas prévoir ce que va être un coup de dé, mais on peut prévoir en gros, et avec des écarts possibles qu'on peut aussi calculer, quelle sera, dans un très grand nombre de parties, la proportion des différents résultats, c'est-à-dire des points obtenus. Sur 36 000 parties à 2 dés, par exemple, on obtiendra environ 1000 fois 12 points, 2000 fois 11 points, 3000 fois 10 points, 4000 fois 9 points, etc., et on peut aussi prévoir dans quelle marge se maintiendront les écarts à ces nombres.

Supposons maintenant qu'un nombre colossal de parties soient jouées en même temps : le résultat global pourra être prévu par le calcul des probabilités. C'est précisément ce qui arrive dans le cas de molécules de gaz contenues dans un récipient : chaque molécule « joue sa partie », c'est-à-dire possède sa position, sa vitesse, heurte une autre molécule ou, au contraire, parcourt un trajet libre. Il est impossible de connaître le détail de ces phénomènes si complexes, mais le

résultat global sous forme de loi statistique par contre peut être connu (p. 87). On prévoit que la pression du gaz est constante en tous ses points. Cela est vrai à *notre échelle* mais cesse d'être exact à l'échelle des molécules, comme nous l'avons dit. Le physicien suisse CHARLES-EUGÈNE GUYE (1866-1942) dit avec raison que c'est « l'échelle d'observation qui crée le phénomène »¹, voulant signifier par là que le phénomène change du tout au tout quand on modifie l'échelle à laquelle on le considère. Ainsi des mouvements désordonnés à l'échelle inférieure peuvent se traduire par des lois régulières et harmonieuses à notre échelle ; la notion de densité a un sens précis à notre échelle, alors qu'elle perd sa signification à l'échelle des constituants de l'atome.

Pour la discussion du problème de la finalité, c'est la définition générale du hasard d'après Cournot qui nous sera la plus utile. Dans le langage courant, comme dans la langue scientifique et philosophique, *le hasard exclut la finalité*, c'est-à-dire ce qui est *intentionnel*. Le sens commun parle de hasard lorsqu'un phénomène a les apparences d'une intention, alors que manifestement l'intention n'a joué aucun rôle. Un homme en face d'une cible tire les yeux fermés et l'atteint en son centre : on dira que c'est par hasard. Un aviateur en danger, survolant la mer, saute en parachute et atterrit sur un minuscule îlot : la chute *paraît* guidée par un bon génie décidé à sauver l'aviateur, et on dira que son salut est dû au hasard si, en fait, on ne croit pas à une intervention surnaturelle. Nous verrons que des biologistes et philosophes invoquent un *anti-hasard* (c'est-à-

¹ Charles-Eugène Guye, *L'évolution physico-chimique*, Paris, 2^e édition, 1942, p. 49.

dire une *intention* directrice) pour expliquer, dans la matière vivante, la coordination des séries causales indépendantes qui forment les phénomènes physico-chimiques. En les coordonnant, l'anti-hasard détruit l'indépendance de ces séries, donc il détruit ce qui leur confère un caractère fortuit, dû au hasard, d'où le nom qu'on lui donne ¹.

46. La finalité. — On dit qu'il y a finalité dans les deux types de cas suivants :

A. *Lorsqu'une action tend vers un but et qu'il y a adaptation des moyens à ce but.* C'est l'activité consciente et volontaire de l'homme qui fournit le type de cette finalité. L'homme se représente le but à atteindre, qui doit être l'effet final de la série causale à mettre en œuvre. La « représentation » ou idée de ce but permettra à l'esprit humain d'organiser les moyens nécessaires. Par exemple, un cultivateur désire une bonne récolte (but à atteindre) et il va à la ville acheter une charrue ; or la fabrication de la charrue nécessite l'idée de son usage : retourner la terre pour mieux l'ensemencer et obtenir finalement une bonne récolte. Cette idée *dirige* les opérations de fabrication, qui, elles, sont des séries de causalité efficiente. Ce n'est pas *par hasard* (rencontre fortuite de séries causales indépendantes) qu'on forge telle pièce et qu'on assemble telle partie avec telle autre, c'est pour atteindre le but proposé : un instrument qui retourne le sol en le creusant. Ainsi,

¹ Sur ce difficile problème du hasard et des probabilités, nous recommandons Henri Poincaré, *Science et méthode*, ch. IV, ainsi que les deux ouvrages cités d'Emile Borel et de Charles-Eugène Guye. Voir aussi le *Vocabulaire de la philosophie* par André Lande.

les séries causales de la fabrication, loin d'être indépendantes, sont *coordonnées entre elles* par la *cause finale* conçue par l'esprit du fabricant : l'instrument et son usage. Ce n'est pas l'effet final qui détermine les séries causales — ce serait absurde, car il y aurait alors simple retournement de la causalité efficiente, l'effet devenant cause — mais c'est *l'idée* ou la *représentation* de cet effet final qui détermine *dans un esprit* les efforts volontaires pour mettre en œuvre les séries causales nécessaires à la production de l'effet final.

Si l'on demande à une personne qui était en train d'écrire : « pourquoi vous levez-vous ? » et qu'elle réponde « pour aller mettre une lettre à la poste », elle donne la cause finale de son action commencée, le but. Il ne viendrait à l'idée de personne de répondre dans ce cas par l'indication des causes efficientes — à moins de le faire par moquerie — et de dire : « je me lève parce que les muscles de mes jambes, sous l'effet de certains influx nerveux, se contractent de telle et telle façon ! »

Il ne faut pas oublier que *la causalité efficiente se met au service de la finalité et que celle-ci ne pourrait se manifester sans celle-là.*

Certains théologiens et philosophes transposent la finalité humaine dans l'univers et conçoivent que Dieu, esprit suprême, a créé le monde et tout ce qu'il contient, comme un ouvrier aurait créé un outil. Ainsi les organes des êtres vivants ont été adaptés par la volonté de Dieu à la fonction qu'ils doivent exercer.

B. *Lorsqu'il y a adaptation de parties à un tout ou des parties d'un tout les unes aux autres*¹. Un organe quel-

¹ A. Lalande, *Vocabulaire de la philosophie.*

conque est adapté au tout que forme l'organisme et aux autres organes qui concourent avec lui à l'harmonie de l'ensemble. L'œil, par exemple, en permettant la vision, dirige les organes de locomotion, facilite la quête de la nourriture, permet d'éviter des dangers, mais il est aussi nourri par le sang, il est sous la dépendance de certains muscles et nerfs, etc., il est donc adapté à la fois à l'organisme et aux autres organes qui forment avec lui cet organisme.

Finalité interne et externe. On dit qu'il y a *finalité interne* lorsque, au sein d'un tout, les diverses parties ont comme fin le tout lui-même et sont déterminées en vue de ce tout. La finalité dont nous venons de parler (des organes au sein d'un organisme) est donc un exemple de finalité interne.

Il y a, par contre, *finalité externe* lorsque la fin d'une chose, d'un être, réside dans une autre chose, dans un autre être. Par exemple, un vêtement a une finalité externe, puisqu'il est fait pour un être humain ; il n'en est pas une partie, mais s'en distingue — alors que ce n'est pas le cas d'un organe.

Cependant de nombreux philosophes estiment que cette distinction des finalités interne et externe est artificielle. Tout dépend, remarquent-ils, du point de vue auquel on se place. Si l'on considère un être vivant comme une colonie de cellules, la finalité interne d'un organe devient externe ; inversement, si l'on envisage que l'unité réelle et organique chez les abeilles, par exemple, est la ruche et non pas l'individu-abeille, il en résulte que la finalité externe d'un individu-abeille, agissant au sein de la communauté, devient une finalité interne. Tout dépend de ce que l'on considère comme

« organisme » doué d'individualité : est-ce la cellule, l'individu vivant ou encore l'organisation sociale des individus ? Suivant le problème qu'on se propose et la nature de l'objet étudié, on peut tour à tour adopter légitimement ces différents points de vue, et les notions de finalités interne et externe n'ont plus rien de fixe et d'absolu : elles deviennent relatives, variant avec le point de vue adopté.

47. **Le mécanisme.** — Dans les phénomènes dont s'occupent les sciences physiques et chimiques règnent exclusivement la causalité efficiente et le hasard. Des phénomènes imprévus, dus à la rencontre de séries causales indépendantes, peuvent cependant être soumis au calcul lorsqu'ils sont très nombreux et qu'on peut faire intervenir la loi des grands nombres : on obtient alors des lois statistiques (p. 87).

Les phénomènes de la vie, par contre, révèlent une « finalité de fait » incontestable. C'est un fait que les organes sont adaptés à leur fonction, qu'ils sont coordonnés les uns aux autres et concourent à la conservation et au développement de l'organisme entier (finalité sens B). Un œil est fait pour voir, un estomac pour digérer. Les produits de la digestion du dernier vont nourrir le premier, et les renseignements qu'apporte le premier dans la quête de la nourriture permettent de remplir le dernier.

Au sujet de ces constatations, tous les savants sont d'accord : c'est lorsqu'il s'agit de les interpréter que leurs opinions divergent.

Dans leur désir légitime de ramener le nouveau à l'ancien et l'inconnu au connu, certains biologistes ont affirmé que les phénomènes de la vie peuvent s'expliquer

entièrement par la causalité efficiente et le hasard, sans nul recours à la notion de finalité : de cette manière la biologie, science récente, est ramenée aux méthodes des sciences physico-chimiques, plus anciennes et mieux connues. On nomme ces savants des *mécanistes*, car ils prétendent que l'organisme fonctionne comme un mécanisme ordinaire du type physico-chimique, que les lois qui jouent dans les êtres vivants, comme celles qui ont présidé à leur formation, sont exclusivement celles qui mettent en œuvre les mécanismes de la physique et de la chimie. Pour les mécanistes, les yeux n'ont pas été créés *pour* voir, mais l'homme et l'animal voient *parce qu'ils* ont des yeux. La nature, en créant des yeux, ne « voulait » atteindre aucun but : ces organes, comme tous les autres, sont le résultat d'innombrables hasards au sens de Cournot, les productions utiles du hasard étant conservées, alors que les productions inutiles ou nuisibles, beaucoup plus nombreuses, ont été éliminées par sélection naturelle (voir la théorie transformiste de Darwin, p. 137). En résumé, pour les mécanistes, la finalité de fait, constatée dans les organismes, est le produit de processus dépourvus de toute finalité.

Les mécanistes attaquent avec vigueur les conceptions du finalisme artificialiste et providentialiste, qu'ils trouvent naïves : croire qu'un organe a été créé de la même façon qu'un outil par un ouvrier, c'est, disent-ils, de l'*anthropomorphisme* simpliste (on nomme ainsi la tendance à expliquer les œuvres de la nature par analogie avec celles de l'homme). Les naïvetés de BERNARDIN DE SAINT-PIERRE (le melon a des tranches pour être débité en famille, la puce est noire pour qu'elle se détache sur la peau claire, etc.) sont célèbres comme exemples de finalité artificialiste et externe parfaite-

ment grotesques. Pour les mécanistes, la différence essentielle entre la matière inorganique et la matière organisée est une différence de complexité : parce qu'on ne comprend pas encore une foule de mécanismes très complexes dans le monde vivant, on est tenté, par impatience, de parler de finalité — explication purement verbale qui, en fait, n'explique rien — au lieu de s'appliquer à comprendre peu à peu de tels mécanismes. En réalité, une foule de faits, qui primitivement ne semblaient comporter qu'une explication finaliste, ont reçu par la suite une explication mécaniste entièrement satisfaisante. « Ainsi la marche des daphnies vers la lumière est une impulsion irrésistible déclenchée par l'action spécifique des radiations lumineuses sur les téguments de l'animal, impulsion croissant avec la force de l'excitation¹. »

Remarquons d'ailleurs, ajoutent les mécanistes, que des organes inutiles ou même gênants apparaissent souvent, ce que l'on ne pourrait expliquer si toutes les productions organiques étaient voulues intentionnellement par un esprit créateur (ainsi les canines en sabres des machairodus, sorte de tigres fossiles).

Dans l'antiquité, le philosophe grec ÉPICURE² (III^e siècle av. J.-C.), et dans les temps modernes le philosophe hollandais SPINOZA (1632-1677), ont été des adversaires acharnés de la finalité.

48. Le finalisme. — Le hasard n'explique pas tout, remarquent certains biologistes qui trouvent, à leur tour, l'explication mécaniste de la vie un peu trop sim-

¹ L. Cuénot, *Invention et finalité en biologie*, p. 53.

² *Initiation*, No 12.

pliste. L'œil, par exemple, serait le résultat de rencontres de séries causales indépendantes, avec élimination sélective des résultats inutiles. Mais l'œil ne peut fonctionner et par conséquent révéler son utilité que si tous ses organes sont en place : lorsqu'il en manque un ou deux, il ne fonctionne pas, par conséquent il ne peut résulter d'une addition progressive d'éléments ; il doit avoir été fait d'un seul coup à l'état parfait, ce qui rend le hasard qui lui aurait donné naissance tout à fait invraisemblable, et cela d'autant plus que des yeux constitués de la même façon se sont formés sur des lignes d'évolution divergentes, la ligne des mammifères, par exemple, et celle des crustacés ¹.

L'organisme, dans son ensemble, n'est pas simplement la somme de toutes ses parties ou organes composants : il y a quelque chose de plus dans le tout que dans l'ensemble des parties : le tout réagit sur les parties comme les parties sur le tout ².

Le finalisme intervient de deux façons en biologie : 1. D'une manière *statique*, lorsqu'on considère dans un organisme donné les rapports concomitants de ses organes (finalité sens B). 2. D'une manière *dynamique*, quand la durée entre en jeu. D'après la théorie transformiste (p. 135 No 43) les espèces sortent les unes des autres, et l'évolution du monde vivant tend vers une perfection croissante des êtres et vers la complication de leurs organes : les appareils d'un mammifère sont plus complexes que ceux d'un oiseau, et ceux-ci plus complexes que ceux d'un poisson ; or les mammifères sont apparus sur la terre après les oiseaux et ceux-ci

¹ Bergson ; voir *Initiation*, No 44.

² Nous retrouverons cette idée dans l'étude de la *sociologie* : la société est, elle aussi, un véritable organisme vivant.

après les poissons. L'évolution biologique paraît donc orientée, comme si elle tendait vers un but (finalité sens A).

Nous allons passer en revue les opinions de quelques biologistes qui mêlent parfois les considérations du finalisme statique à celles du finalisme dynamique : il conviendra de conserver toutefois cette distinction présente à l'esprit pour mieux analyser leurs conceptions.

CLAUDE BERNARD est l'un des physiologistes qui a le plus contribué à faire adopter dans sa science les méthodes physico-chimiques. Cependant il ne croit pas que les lois physico-chimiques suffisent à rendre compte de l'organisation d'un être vivant, il invoque en effet l'intervention d'une *idée directrice*. « Les phénomènes vitaux ont bien leurs conditions physico-chimiques rigoureusement déterminées ; mais en même temps ils se subordonnent et se succèdent dans un enchaînement et suivant une loi fixée d'avance... en vue d'un résultat qui est l'organisation et l'accroissement de l'individu ¹. » « Dans tout germe vivant il y a une idée créatrice qui se développe et se manifeste par l'organisation. Ce qui est du domaine de la vie dans un poulet qui se développe et qui n'appartient ni à la physique ni à la chimie, c'est l'idée directrice de cette évolution vitale ². »

Le biologiste et physicien contemporain LECOMTE DU NOÛY ³ s'est appliqué à montrer que l'édification des organismes correspond à la création d'états de la matière *de moins en moins probables* du point de vue du méca-

¹ Claude Bernard, *Leçons*, t. I, p. 50.

² Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 2e partie, ch. II, § 1.

³ Lecomte du Noüy, *L'homme devant la science, L'avenir de l'esprit, La dignité humaine et L'homme et sa destinée*.

nisme physico-chimique (p. 142). Il est peu probable, par exemple, qu'une pièce de monnaie, jetée en l'air, retombe sur la tranche et reste dans cette position. Donc, selon lui, il y a, dans les phénomènes vitaux, intervention d'un « anti-hasard » ou principe finaliste qui assure une certaine convergence des séries causales, et amène ainsi des états qui seraient très peu probables si les lois physico-chimiques jouaient seules (p. 143). Dans les formes animales que la paléontologie (ou science des fossiles) étudie, on découvre, si l'on suppose que ces formes s'engendrent les unes les autres comme le veut la théorie transformiste, des convergences remarquables, nommées *orthogénèses*. L'orthogénèse du pied du cheval est célèbre : l'ancêtre le plus lointain connu de nos chevaux avait cinq doigts au pied et la taille d'un renard ; les formes intermédiaires montrent, outre un agrandissement de la taille, l'allongement progressif du troisième doigt et l'atrophie de tous les autres. Le hasard n'aurait pas déterminé une orientation de l'évolution aussi précise et continue, mais au contraire des écarts et fantaisies dans tous les sens. Même réflexion au sujet de l'orthogénèse aboutissant à la création du cerveau humain.

Pour rendre compte de la création d'états de moins en moins probables et de l'évolution orientée, Lecomte du Noüy fait appel à une finalité qui assignerait à l'évolution un but lointain : l'avènement de l'esprit défini comme puissance de liberté — le choix des moyens pour atteindre un tel but étant soumis au déterminisme purement physico-chimique. Ce « téléfinalisme », comme il le nomme, espère concilier de manière satisfaisante la part du mécanisme qui reste grande et celle du finalisme, et cela sans tomber dans l'anthropomorphisme.

Donnons l'opinion d'un biologiste contemporain, favorable à un finalisme restreint, L. CUÉNOT (1866-1951).

« En bonne logique, on doit admettre l'existence d'une finalité propre au vivant ; car il est *improbable* que les hasards des variations sans but ni dessein puissent aboutir à l'édification d'organes complexes, dont les parties et les minutieux détails sont agencés d'admirable façon¹. Tout se passe comme si l'œil était fait *pour voir*, l'aile *pour voler*... etc. » « Mais s'il existe du finalisé, il apparaît non moins clairement que bien des détails n'ont aucune fin propre que l'on puisse reconnaître ; ils sont pour ainsi dire des résultats de la nécessité aveugle, qui parfois même ne laissent pas que d'être fâcheux. »

« En résumé, l'examen des faits conduit à admettre un finalisme mitigé, restreint ou intermittent, se traduisant par l'invention perfectible ; il est plus séduisant à mon avis, que le mécanisme radical qui attribue au hasard pur la genèse de l'oiseau, de l'œil ou du cerveau humain². »

Du point de vue méthodologique, L. Cuénot constate la *fécondité* de l'idée finaliste pour diriger les recherches du biologiste : « Chaque type nouveau a un plan de structure, c'est-à-dire un arrangement coordonné de systèmes ou d'outils auxquels nous attribuons

¹ L. Cuénot a attiré l'attention en biologie sur ce qu'il nomme les *coaptations*, ou dispositifs organiques ingénieux dont la présence rend un certain fonctionnement physiologique possible ou permet un certain comportement. Il donne comme exemple les boutans-pression, analogues à ceux des gants, au moyen desquels certains insectes « déboutonnent » ou « reboutonnent » leurs demi-élytres quand ils sortent de l'eau ou quand ils y rentrent.

² L. Cuénot, *Invention et finalité en biologie*, p. 243-246.

instinctivement une fonction, croyance finaliste qui s'est montrée d'une rare fécondité : c'est parce que l'on pensait que tout appareil devait avoir une fin que l'on a découvert les rôles d'organes restés énigmatiques, comme les glandes à sécrétion interne ¹. »

L'explication mécaniste est strictement scientifique, elle cherche à réaliser une « économie de pensée » en expliquant le supérieur par l'inférieur ², le vivant par les lois qui régissent le non-vivant. Elle est limpide, simple et sans mystère, mais est-elle suffisante ? Toute la question est là. Les partisans des explications finalistes ne le pensent pas et ils ont forgé une foule de théories variées que nous ne pouvons songer à passer en revue. Ils se nomment généralement vitalistes, car ils affirment que la vie relève d'un principe spécial : le principe vital ³. Les idées et les principes qu'ils invoquent sont confus et obscurs. Quoi de plus mystérieux, de plus irréductible aux méthodes scientifiques que le pouvoir d'*invention* que manifeste la vie ? L. Cuénot nous le dit : « C'est un mystère aussi que cette faculté d'invention dont les animaux et les plantes nous offrent d'innombrables exemples, création continue aux résultats imprévisibles qui s'exprime dans la chaîne des vivants sans jamais épuiser sa fécondité, en vue, semble-t-il, d'un couronnement magnifique, l'Homme conscient et raisonnable ; celui-ci, à son tour, crée des machines dont les unes, sans qu'il s'en doute, copient grossièrement celles de la Nature, tandis que

¹ *Ibid.*, p. 245.

² Elle est donc du type *matérialiste* : voir *Initiation*, Nos 15, 16.

³ *Initiation*, No 39. On trouvera l'exposé des principales théories finalistes dans l'ouvrage de L. Cuénot : *Invention et finalité en biologie*, p. 121-153.

d'autres, comme la roue, la vis et la fermeture-éclair, sont de véritables nouveautés... Dans cette puissance créatrice de l'Homme, je crois voir, avec LE ROY¹, le prolongement sous une autre apparence de la faculté d'invention immanente à la Vie². »

Nul philosophe, mieux que BERGSON, n'a insisté sur le pouvoir de création, d'invention de la vie. L'*élan vital* échappe au mécanisme, car il consiste « dans une exigence de création³ ». Que l'on songe à la succession impressionnante des formes vivantes nouvelles qui ont apparu au cours de l'évolution : une création véritable, l'apparition d'une nouveauté ne peuvent s'expliquer par le mécanisme, car pour celui-ci le nouveau n'est qu'un réarrangement de parties anciennes.

Bergson s'efforce d'échapper à la fois au mécanisme et au finalisme artificialiste (finalité sens A) selon lequel la vie se développerait suivant un plan entièrement établi d'avance, qu'il n'y aurait plus qu'à réaliser progressivement. L'unité de la vie est, selon lui, dans l'élan vital qui la pousse en avant et qui lui fait réaliser des organes semblables sur des lignes d'évolution divergentes. La vie s'épanouit comme les gerbes d'un feu d'artifice à partir d'un centre. Ses créations successives sont foncièrement imprévisibles : tout ce qu'on peut dire c'est qu'elles sont orientées vers un accroissement de liberté⁴.

49. Discussion. — Le mécanisme, sous sa forme utilisée en physique et en chimie, apparaît satisfaisant dans

¹ Philosophe français (1870-1954), disciple de Bergson.

² *Ibid.*, p. 247.

³ Bergson, *Evolution créatrice*, p. 273.

⁴ *Initiation*, No 44.

sa simplicité au point de vue scientifique. Le finalisme artificialiste et providentialiste (finalité sens A) selon lequel un Ouvrier divin organiserait l'univers d'après un plan fixé d'avance par sa sagesse omnisciente, nous paraît parfaitement clair et compréhensible, car nous possédons, par l'expérience journalière de notre propre action, le modèle qui l'inspire. Ce n'est pas une explication scientifique.

Si le mécanisme est capable de rendre compte de beaucoup de particularités des êtres vivants, il semble qu'il soit impuissant à expliquer les faits d'organisation, de convergence évolutive (ou orthogénèse) et d'invention propres à la vie. En effet, de tels faits révèlent *une convergence et un groupement de séries de causalité efficiente qui ne peuvent pas être dus au hasard*, l'improbabilité étant trop grande pour cela. Tous les finalismes s'efforcent donc de trouver une « raison » ou un « principe » de cette convergence et de ce groupement, un « anti-hasard », qui ne peut être, par définition, de nature physico-chimique (si c'était le cas, il serait de l'ordre de la causalité efficiente et du hasard qui viennent justement d'être reconnus insuffisants). CLAUDE BERNARD parle d'idée directrice, BERGSON d'élan vital, LECOMTE DU NOUY de téléfinalisme, L. CUÉNOT de finalisme mitigé, restreint ou intermittent. Tous essayent d'échapper au finalisme artificialiste, d'abord parce qu'il ne constitue à aucun degré une explication scientifique, et ensuite parce que bien des faits lui donnent tort (les hésitations, les « erreurs » de la nature, les « culs-de-sac » dans lesquels elle s'engage parfois, comme par exemple la création des sauriens géants du secondaire). Ce qui est difficile à se représenter, c'est une finalité non pas externe, mais imma-

nente à la nature, se déployant dans son sein et faisant corps avec elle. Il semble qu'on ne peut concevoir la finalité sans psychisme, car la représentation du but et de l'effort d'organisation des moyens vers ce but supposent le psychisme, d'où il résulterait que pour les finalistes, vie et psychisme sont étroitement solidaires : le psychisme ne serait pas simplement au terme de l'évolution, manifesté par les espèces supérieures, mais il serait déjà présent et agissant dès le début de l'évolution et dirigerait celle-ci en l'accompagnant sur tout son cours ; l'évolution de l'amibe serait déjà dirigée psychiquement, alors que l'amibe elle-même, comme individu, ne peut posséder qu'un psychisme prodigieusement rudimentaire ou nul.

Ce sont là des difficultés d'ordre philosophique qui n'empêchent pas la biologie de progresser. En effet, rappelons que le finalisme *suppose* le mécanisme, alors que le mécanisme ne suppose pas le finalisme et peut, dans les sciences physico-chimiques, se manifester sans lui. Il en résulte cette conséquence fort importante, que *les convictions finalistes d'un biologiste ne le dispensent nullement de rechercher minutieusement les causes efficientes d'un phénomène vital*. Dire que l'œil est fait pour voir ne suffit pas : il faut encore montrer comment l'œil, constitué tel qu'il est, permet de voir. Donc, le travail proprement *technique* du biologiste ne se ressent guère des opinions philosophiques qu'il professe. Tout au plus, rappelons que la conviction finaliste peut être, comme le remarque L. Cuénot (p. 153), féconde pour la formation d'hypothèses.

En fait, la finalité au sens B est indiscutable en biologie : les organes concourent au maintien et au développement de l'organisme ; le biologiste peut prendre

ce fait comme point de départ, comme *donné*, sans chercher à l'expliquer. Le savant n'a pas à rendre compte de la vie dans son ensemble : il se borne à chercher des explications de certains phénomènes vitaux bien délimités. Peut-être que, pour finir, le reste lui sera donné par surcroît, récompense tardive d'une méthode prudente.

Notre but n'est nullement de prendre position dans ces débats où s'affrontent mécanistes et finalistes, il est de nous efforcer à définir clairement les notions et les conceptions en présence, de manière à permettre au lecteur de suivre avec fruit les discussions passionnantes qui se déroulent à ce sujet.

CHAPITRE VII

La sociologie

50. Les sciences morales. — Opposant le terme « moral » au terme « physique », on désigne traditionnellement par l'expression « sciences morales » les sciences qui s'occupent des phénomènes dépendant de l'activité mentale. Elles sont avant tout des sciences de l'homme. Les « sciences morales » s'opposent donc aux « sciences de la nature » qui étudient le monde physique, dans lequel on fait entrer les faits physiques et chimiques, et aussi les faits biologiques. Sous le nom de sciences morales on réunit habituellement la *psychologie*, la *sociologie* et l'*histoire*.

Un tel groupement renferme des disciplines disparates : ainsi l'histoire n'est pas une « science » au même titre que la sociologie et la psychologie ; de plus, les méthodes des « sciences morales » ne sont pas toujours radicalement opposées aux méthodes des « sciences de la nature » (méthode expérimentale en psychologie, méthode comparative en sociologie). Enfin, ne s'agit-il vraiment que de l'homme dans les trois disciplines mentionnées ? Ne peut-on parler de la psychologie et de la sociologie des animaux, de l'histoire du système solaire ?

Nous savons que toute classification comporte une part d'arbitraire, et, puisque l'expression est consacrée par l'usage, passons outre aux critiques et faisons quelques remarques au sujet des sciences morales.

L'homme jouit d'une liberté spirituelle qui se manifeste par les créations de sa pensée dans l'ordre technique, scientifique, artistique, philosophique et religieux. On peut donc se demander comment, dans un tel cas, une « science », c'est-à-dire une connaissance au moyen de lois, est possible : l'homme peut-il devenir un objet de connaissance, lui qui est sujet de toute connaissance ? A-t-on le droit, sans le dénaturer, de l'envisager comme une chose ?

Il est certain qu'on ne peut pas faire la science de l'esprit en tant que puissance créatrice ; mais les sciences morales prennent pour objet les phénomènes qui dépendent de l'esprit, et non pas l'esprit lui-même. C'est la *philosophie* qui s'occupe de l'esprit comme tel, et elle reste distincte des sciences morales.

La *psychologie* étudie les phénomènes mentaux et il existe certainement des lois qui les règlent. De même la *sociologie* comporte des lois. La psychologie et la sociologie sont donc des sciences (le cas de l'histoire sera discuté plus loin).

Il ne faut pas confondre non plus les sciences morales avec la *morale*. Cette dernière étudie la conduite humaine *telle qu'elle doit être*, elle est normative et émet des jugements de valeur¹, alors que les sciences morales cherchent à connaître *ce qui est* et formulent des jugements d'existence. La science ne peut fonder la morale, car de la seule constatation de ce qui est, on ne peut conclure ce qui doit être.

¹ Voir *Initiation*, Nos 79, 80.

Enfin, les sciences morales portent sur des connaissances générales, universelles, et se distinguent de la connaissance plus individuelle de l'homme qu'apporte la littérature (théâtre, roman, œuvres des moralistes).

Nous renvoyons au cours de psychologie l'étude des méthodes de cette science, et nous examinerons maintenant la sociologie et l'histoire, dans leurs manifestations humaines exclusivement.

51. La définition de la sociologie. — La sociologie étudie les caractères généraux des sociétés et cherche à établir les lois régissant les phénomènes qui ne se produisent qu'en société, tels que le lien familial, le régime de la propriété, la circulation de la monnaie, les échanges économiques, les associations professionnelles ou autres, le chômage, la criminalité, l'organisation de la justice, etc.

Remarquons que les hommes vivant en société ne jouissent pas d'une liberté absolue : une certaine contrainte s'exerce sur eux, souvent sans qu'ils s'en doutent et par conséquent sans qu'ils en souffrent. C'est en cas de désobéissance que la contrainte sociale se fait durement sentir. Une société est formée d'un groupe d'hommes subissant les mêmes influences, soumis aux mêmes contraintes, ayant les mêmes usages, partageant les mêmes croyances. La sociologie étudie donc les phénomènes sociaux qui sont généraux en ce sens qu'ils expriment des manières d'être communes à un grand nombre d'individus vivant ensemble. Cette conformité de mœurs dans une société qui évolue et se transforme engendre une continuité, maintenue par des traditions¹.

¹ Voir R. Maunier, *Introduction à la sociologie*.

« Le mot de sociologie a été créé par Auguste Comte pour désigner la science des sociétés. Si le mot était nouveau, c'est que la chose même était nouvelle ; un néologisme était nécessaire. Sans doute, en un sens très large, on peut dire que la spéculation sur les choses politiques et sociales a commencé avant le XIXe siècle : la République de PLATON, la Politique d'ARISTOTE, les innombrables traités dont ces deux ouvrages ont été comme le modèle, ceux de CAMPANELLA, de HOBBS, de ROUSSEAU et de tant d'autres traitaient déjà de ces questions. Mais ces diverses études différaient par un trait essentiel de celles que désigne le mot sociologie. Elles avaient, en effet, pour objet, non pas de décrire et d'expliquer les sociétés telles qu'elles sont ou telles qu'elles ont été, mais de chercher ce que les sociétés doivent être, comment elles doivent s'organiser pour être aussi parfaites que possible. Tout autre est le but du sociologue qui étudie les sociétés simplement pour les connaître et les comprendre, comme le physicien, le chimiste, le biologiste font pour les phénomènes physiques, chimiques et biologiques. Sa tâche est uniquement de bien déterminer les faits dont il entreprend l'étude, de découvrir les lois selon lesquelles ils se produisent, en laissant à d'autres le soin de trouver, s'il y a lieu, les applications possibles des propositions qu'il établit¹. »

52. La création de la sociologie par Auguste Comte. Par suite de la simplicité relative de leur objet, les sciences de la matière (physique, chimie, biologie) ont

¹ De la méthode dans les sciences, Ire série, Emile Durkheim, Sociologie et sciences sociales, p. 307.

pris une avance considérable sur les sciences sociales : à l'époque d'Auguste Comte elles s'appuyaient presque toutes sur une méthode expérimentale précise (CLAUDE BERNARD publia la charte de la science expérimentale en 1865), alors que les sciences sociales ne comportaient aucune méthode rigoureuse et restaient abandonnées à la fantaisie des auteurs. Comme ces sciences portent sur l'homme, chaque théoricien s'imaginait pouvoir disserter sur ce sujet avec compétence et sans enquêtes préalables minutieuses : sous le nom général de « philosophie de l'histoire », des ouvrages hautement fantaisistes parurent, dont les auteurs se laissaient guider par leurs préjugés, leurs goûts personnels et leurs manies pour expliquer à leur guise les complexes phénomènes sociaux. Pour l'un, les exigences économiques devaient tout expliquer, pour l'autre c'étaient les besoins religieux, etc.

Si MONTESQUIEU (1689-1755) a été, avec son *Esprit des lois*, le précurseur de la sociologie, on s'accorde en général pour dire qu'AUGUSTE COMTE en a été le fondateur. Le père du positivisme a voulu rendre la sociologie rigoureusement « positive », dégagée de toute métaphysique. Il la divise en deux parties : la statique sociale et la dynamique sociale.

1. *La statique sociale* examine la structure des sociétés. La société est une réalité *sui generis* et non pas une somme d'individus capables d'exister isolés les uns des autres. L'élément fondamental de la société est la famille et non l'individu : celui-ci ne peut être isolé de la famille — et plus généralement de la société — que par abstraction. Cela revient à dire qu'au plus profond de l'individu est inscrit son appartenance à la société,

l'individu est fait pour y être inséré et n'existe qu'en fonction de celle-ci, la famille devant être considérée comme une société en réduction. La statique sociale cherche à dégager les *lois de coexistence* des diverses parties du système social, des institutions par exemple. « A chaque instant du temps, les individus et les groupes qui les forment sont unis entre eux par des liens d'un certain genre, qui assurent la cohésion sociale, et les divers états d'une même civilisation soutiennent les uns avec les autres des connexions définies : à tel état de la science, par exemple, correspond tel état de la religion, de la morale, de l'art, de l'industrie, etc. La statique essaie de déterminer en quoi consistent ces liens de solidarité et ces connexions¹. » Remarquons qu'elle correspond aux corrélations organiques de CUVIER en biologie (p. 131).

2. *La dynamique sociale* étudie l'évolution des sociétés. Elle se résume, pour Auguste Comte, dans la fameuse *loi des trois états* qui décrit dans l'ordre chronologique les trois étapes que parcourt nécessairement, selon lui, la pensée humaine au cours de son évolution. Dans l'*état théologique*, l'homme explique les phénomènes par des volontés analogues à la sienne (dieux, génies), mais plus puissantes, qu'il faut fléchir par des prières ou des opérations magiques. On nomme *animisme* cette croyance des peuples primitifs qui placent dans la nature entière des âmes semblables à celles des hommes. L'*état métaphysique* lui succède, dans lequel l'homme recourt à des principes, ou forces impersonnelles, pour expliquer les changements qu'il constate ; on dira par exemple : « la vie s'explique par l'existence

¹ *Ibid.*, p. 318.

d'un principe vital » ; ce sont là des « explications » toutes verbales. Il s'agit d'une phase de transition qui conduit de l'état théologique à l'état positif. Dans ce dernier état, terme de l'évolution, l'esprit humain rend compte des phénomènes en les rapportant les uns aux autres au moyen de lois, sans dépasser le niveau des phénomènes. « Dans l'état positif, l'esprit humain reconnaissant l'impossibilité d'obtenir des notions absolues, renonce à chercher l'origine et la destination de l'univers et à connaître les causes intimes des phénomènes pour s'attacher uniquement à découvrir, par l'usage bien combiné du raisonnement et de l'observation, leurs lois effectives, c'est-à-dire leurs relations invariables ¹. »

Non seulement la loi des trois états régit le développement de l'espèce humaine, mais elle s'applique encore, au dire de son auteur, au développement de chaque individu, qui répète ainsi celui de l'espèce (quitte à s'arrêter avant le dernier état).

A une même époque, toutes les sciences ne sont pas au même stade : Auguste Comte s'est efforcé de faire passer à l'état positif la sociologie, qui, avant lui, était encore à l'état métaphysique (et partiellement théologique), alors que les autres sciences de la nature avaient déjà atteint le dernier état.

Critique de la sociologie d'Auguste Comte. Si Auguste Comte a eu l'immense mérite de fonder la sociologie scientifique, son œuvre n'est pas à l'abri des critiques.

« Les connaissances historiques et surtout ethnographiques étaient encore trop rudimentaires de son temps pour offrir aux inductions du sociologue une base suffisamment solide. De plus, Comte ne se rendait pas

¹ Auguste Comte, *Cours de philosophie positive*, première leçon, I.

compte de la multiplicité des problèmes que posait la science nouvelle : il croyait pouvoir la faire d'un coup, comme on fait un système de métaphysique, alors que la sociologie, comme toute science, ne peut se constituer que progressivement, en abordant les questions les unes après les autres. Mais l'idée était infiniment féconde et survécut au fondateur du positivisme ¹. »

La loi des trois états est une généralisation hâtive, qui se vérifie en gros dans l'évolution de certaines sciences particulières, mais qui ne vaut pas, par exemple, pour la connaissance philosophique en général : l'histoire nous apprend qu'à une phase de positivisme ou de scepticisme succède un renouveau des études métaphysiques. L'état positif n'est donc pas l'état ultime et parfait, et le progrès scientifique ne supprime pas l'intérêt pour les problèmes métaphysiques et religieux.

Auguste Comte était trop pressé de fonder un ordre social nouveau grâce à sa sociologie : ses préoccupations pratiques ont nui à la solidité de ses conceptions théoriques.

53. Les méthodes inspirées de la biologie et de la psychologie ; Herbert Spencer et Gabriel Tarde. — HERBERT SPENCER assimile la société à un organisme vivant, les individus correspondant aux cellules de l'organisme. Le gouvernement constitue le cerveau ; les fonctionnaires représentent les nerfs ; le commerce, l'appareil circulatoire ; l'agriculture et l'industrie, l'appareil nutritif, etc. La société, tout comme l'organisme, croît et évolue par différenciation de ses fonctions : « Dans les deux genres d'organismes la vitalité aug-

¹ *Emile Durkheim, Ibid., p. 317.*

mente dans la mesure où les fonctions se trouvent spécialisées. Dans l'un et l'autre cas, tant que des appareils diversement adaptés pour remplir des actions dissemblables n'existent pas, ces actions sont mal faites ; et, faute de dispositions destinées à favoriser ce résultat, on ne tire qu'une faible partie des services mutuels. Mais à mesure que l'organisme progresse, chaque partie, réduite à une fonction plus limitée, la remplit mieux ; les moyens d'échanger des services se perfectionnent ; l'assistance que chacun donne à tous et que tous donnent à chacun devient toujours plus effective ; et l'activité totale que nous appelons vie, individuelle ou nationale, augmente ¹.» La division du travail engendre des sociétés de plus en plus complexes et perfectionnées, mais aussi de plus en plus vulnérables, car si une société évoluée est privée d'une de ses parties, les autres ne peuvent que très difficilement — ou pas du tout — accomplir les fonctions de la partie absente ; il en est de même d'un organisme très évolué qui est mutilé.

La sociologie de Spencer est conforme à l'ensemble de sa philosophie, basée sur l'idée d'évolution universelle, qui se caractérise par une marche de l'homogène vers l'hétérogène par différenciation progressive ².

Pour le Français GABRIEL TARDE (1843-1904), la sociologie doit se fonder sur la psychologie : elle est une *interpsychologie*, c'est-à-dire une étude de l'action qu'un esprit exerce sur un autre esprit. Le fait social fondamental est l'*imitation* : le langage, l'opinion, la coutume, la mode sont des phénomènes d'imitation.

¹ Herbert Spencer, *Principes de sociologie*, t. II, 2e partie, ch. V.

² Voir *Initiation*, No 65.

« De là cette définition du groupe social : une collection d'êtres en tant qu'ils sont en train de s'imiter entre eux ou en tant que, sans s'imiter actuellement, ils se ressemblent et que leurs traits communs sont des copies anciennes d'un même modèle ¹. » « Parler, prier, travailler, guerroyer, faire œuvre sociale quelconque, c'est répéter ce qu'on a appris de quelqu'un qui l'avait appris de quelqu'autre, et ainsi de suite jusqu'aux premiers éditeurs de chacune des racines verbales... ou jusqu'aux premiers auteurs de chacun des rites, de chacun des procédés de travail, de chacun des procédés de guerre... qui se passent d'hommes à hommes pendant une durée plus ou moins prolongée ². »

Pour comprendre l'évolution des sociétés, il faut ajouter aux lois de l'imitation l'*invention* individuelle qui est à l'origine de toutes les chaînes d'imitation. « Je ne dis pas que l'imitation soit toute la réalité sociale ; elle n'est qu'une expression de la sympathie, qui lui préexiste et qu'elle redouble en l'exprimant ; et elle dépend de l'invention, étincelle dont elle n'est que le rayonnement ³. »

Un créateur, un initiateur est à l'origine de tout progrès humain, qu'il soit scientifique ou social. « Il a donc fallu au début de toute société ancienne un grand déploiement d'autorité exercée par quelques hommes souverainement impérieux et affirmatifs. Est-ce par la terreur et l'imposture, comme on l'affirme, qu'ils ont surtout régné ? Non, cette explication est manifestement insuffisante. Ils ont régné par leur prestige. L'exemple

¹ Gabriel Tarde, *Les lois de l'imitation*, p. 73.

² Gabriel Tarde, *Les transformations du droit*, p. 170.

³ *Ibid.*, p. 171.

du magnétiseur nous fait seul comprendre le sens profond de ce mot. Le magnétiseur n'a pas besoin de mentir pour être cru aveuglément par le magnétisé ; il n'a pas besoin de terroriser pour être passivement obéi. Il est prestigieux, cela dit tout. Cela signifie, à mon avis, qu'il y a dans le magnétisé une certaine force potentielle de croyance et de désir immobilisée en souvenirs de tout genre, endormis mais non morts, que cette force aspire à s'actualiser comme l'eau de l'étang à s'écouler, et que seul, par suite de circonstances singulières, le magnétiseur est en mesure de lui ouvrir ce débouché nécessaire. Au degré près, tout prestige est pareil. On a du prestige sur quelqu'un dans la mesure où l'on répond à son besoin d'affirmer ou de vouloir quelque chose d'actuel... Combien de grands hommes, de Ramsès à Alexandre, d'Alexandre à Mahomet, de Mahomet à Napoléon, ont ainsi polarisé l'âme de leur peuple ! Combien de fois la fixation prolongée de ce point brillant, la gloire ou le génie d'un homme, a-t-elle fait tomber tout un peuple en catalepsie !... D'ordinaire, un homme naturellement prestigieux donne une impulsion, bientôt suivie par des milliers de gens qui le copient en tout et pour tout, et lui empruntent même son prestige en vertu duquel ils agissent sur des millions d'hommes inférieurs ¹. »

En résumé, le progrès social s'explique, selon Tarde, par l'*invention* (phénomène individuel) unie à l'*imitation* (phénomène social).

54. La psychologie des foules de Gustave Le Bon. — L'étude des foules et de leur comportement est une

¹ Gabriel Tarde, *Les lois de l'imitation*, p. 84 et s.

application de l'*interpsychologie*. G. TARDE, dans *L'opinion et la foule*, a examiné la criminalité des foules, mais c'est surtout GUSTAVE LE BON (1841-1931) qui s'est rendu célèbre dans ce domaine avec sa *Psychologie des foules*. Cet ouvrage, peu prisé des savants officiels, a eu une influence considérable et fut traduit dans presque toutes les langues ; les chefs politiques, les dictateurs l'ont soigneusement étudié et s'en sont largement inspirés : ils y trouvaient un ensemble de méthodes pratiques permettant de diriger les foules à leur gré et de les rendre dociles à leur volonté. Résumons-le.

« Dans certaines circonstances données, et seulement dans ces circonstances, une agglomération d'hommes possède des caractères nouveaux fort différents de ceux de chaque individu qui la compose. La personnalité consciente s'évanouit, les sentiments et les idées de toutes les unités sont orientés dans une même direction. Il se forme une âme collective, transitoire sans doute, mais présentant des caractères très nets ¹. » Telle est la définition de ce que l'auteur nomme « une foule psychologique ».

« La vie consciente de l'esprit ne représente qu'une très faible part auprès de sa vie inconsciente... Derrière les causes avouées de nos actes, se trouvent des causes secrètes ignorées de nous ². »

Ce sont précisément les éléments inconscients de l'esprit, résidus ancestraux constituant l'âme de la race, qui sont mis en commun chez les foules et qui se renforcent les uns les autres par une sorte de contagion

¹ Gustave Le Bon, *Psychologie des foules*, p. 11.

² *Ibid.*, p. 15, 16. Voir l'importance de la vie inconsciente dans *Psychologie*.

mentale et se propagent d'un individu à l'autre. L'individu, en tant qu'il fait partie d'une foule, abdique donc sa volonté consciente et le libre usage de son jugement personnel, c'est-à-dire son esprit critique : il est comme hypnotisé et se conduit en automate, ses pensées et ses sentiments étant orientés dans un même sens.

De ces considérations générales découle une série de conséquences.

Les foules sont impulsives, mobiles et irritables ; leur crédulité est grande et elles obéissent docilement aux suggestions, si celles-ci leurs sont communiquées par des images frappantes, exprimant des sentiments simples et exagérés. Enfin elles sont autoritaires, intolérantes, et ont l'esprit conservateur.

Tous les traits que nous venons d'indiquer apparentent les foules aux esprits primitifs, tels que ceux des sauvages et des enfants.

« La foule est toujours intellectuellement inférieure à l'homme isolé. Mais au point de vue des sentiments et des actes que ces sentiments provoquent, elle peut, suivant les circonstances, être meilleure ou pire ¹. » Ainsi, une réunion d'hommes intelligents peut prendre des décisions foncièrement stupides. D'autre part, s'il existe des foules criminelles, pouvant se livrer à des actes de sauvagerie tels qu'aucun des individus qui la composent n'en serait capable pris isolément (lynchage), il y a aussi des foules héroïques qui élèvent les individus bien au-dessus d'eux-mêmes (croisades).

« Dès qu'un certain nombre d'êtres vivants sont réunis, qu'il s'agisse d'un troupeau d'animaux ou d'une

¹ *Ibid.*, p. 20.

foule d'hommes, ils se placent d'instinct sous l'autorité d'un chef, c'est-à-dire d'un meneur ¹. » « Le meneur a d'abord été le plus souvent un mené hypnotisé par l'idée dont il est ensuite devenu l'apôtre. Elle l'a envahi au point que tout disparaît en dehors d'elle, et que toute opinion contraire lui paraît erreur et superstition ². »

Le vrai meneur est un homme d'action, non de pensée, aux convictions étroites et fanatiques : il ne s'embarrasse d'aucune nuance, ne recule devant aucune difficulté et fonce droit devant lui avec la volonté inflexible de communiquer sa foi. Les meneurs, pour subjuguier les foules, ne s'adressent pas à leur intelligence consciente qui, comme nous l'avons vu, est éclipsée ; ils s'abstiennent donc de tout raisonnement logique, de toute justification rationnelle, pour se borner à affirmer avec fanatisme leur credo. La foule ne pense pas par idées, mais par images : ce sont des images vives et émouvantes, constamment répétées, qui agissent sur le subconscient des foules.

L'auteur ajoute des considérations sur le prestige du meneur qui rappellent le texte cité de GABRIEL TARDE touchant la fascination magnétique (p. 168).

Gustave Le Bon a bien vu le caractère qui fait la spécificité de la sociologie et sur lequel insistera, comme nous allons le voir, ÉMILE DURKHEIM pour donner à cette science une méthode propre. « Dans l'agrégat constituant une foule, il n'y a nullement somme et moyenne des éléments, mais combinaison et création de nouveaux caractères ³. »

¹ *Ibid.*, p. 97.

² *Ibid.*, p. 98.

³ *Ibid.*, p. 15.

55. La sociologie indépendante d'Emile Durkheim. —

Il est naturel qu'une nouvelle science commence par emprunter aux sciences voisines des méthodes qui ont déjà fait leurs preuves: nous avons vu HERBERT SPENCER chercher son inspiration en biologie et GABRIEL TARDE interroger la psychologie. Mais il est souhaitable qu'une science naissante tente de se donner des méthodes propres, parfaitement adaptées à son objet, au lieu de se contenter d'imiter celles d'autres sciences. Ce fut le grand mérite du Français ÉMILE DURKHEIM (1858-1917) de constituer une sociologie indépendante, ayant ses méthodes à elle: cela permit à cette science de prendre son essor et d'accumuler, au sein de l'école de Durkheim et de ses disciples, une foule d'enquêtes minutieuses et précises sur les divers phénomènes sociaux.

Chaque homme naît au milieu d'institutions préétablies qui lui sont imposées: l'individu ne choisit ni la langue, ni les pratiques religieuses de son milieu, ni l'organisation de la famille, ni les lois qui lui permettent d'acheter ou de vendre, d'hériter, de jouir de la propriété, etc... S'il veut chercher à comprendre la naissance de ces institutions et les besoins qu'elles satisfont, il ne lui sert de rien de descendre en lui-même et de s'interroger par introspection, car ces institutions ont été élaborées peu à peu par de lointains ancêtres qui possédaient une mentalité fort différente de la sienne. De ces considérations découle la recommandation de Durkheim: « les faits sociaux doivent être traités comme des choses ». « La chose s'oppose à l'idée comme ce que l'on connaît du dehors à ce que l'on connaît du dedans. Est chose tout objet de connaissance qui n'est pas naturellement compénétrable à l'intelligence, tout ce dont nous ne pouvons nous faire une

notion adéquate par un simple procédé d'analyse mentale, tout ce que l'esprit ne peut arriver à comprendre qu'à condition de sortir de lui-même, par voie d'observation et d'expérimentation, en passant progressivement des caractères les plus extérieurs et les plus immédiatement accessibles aux moins sensibles et aux plus profonds. Traiter des faits d'un certain ordre comme des choses, ce n'est donc pas les classer dans telle ou telle catégorie du réel ; c'est observer vis-à-vis d'eux une certaine attitude mentale. C'est en aborder l'étude en prenant pour principe qu'on ignore absolument ce qu'ils sont, et que leurs propriétés caractéristiques, comme les causes inconnues dont elles dépendent, ne peuvent être découvertes par l'introspection même la plus attentive. » « Ce que [notre règle] réclame, c'est que le sociologue se mette dans l'état d'esprit où sont physiciens, chimistes, physiologistes, quand ils s'engagent dans une région, encore inexplorée, de leur domaine scientifique. Il faut qu'en pénétrant dans le monde social, il ait conscience qu'il pénètre dans l'inconnu ; il faut qu'il se sente en présence de faits dont les lois sont aussi insoupçonnées que pouvaient l'être celles de la vie, quand la biologie n'était pas constituée ; il faut qu'il se tienne prêt à faire des découvertes qui le surprendront et le déconcertent ¹. »

Le sociologue doit éviter de tenir des notions pour certaines parce qu'elles sont simplement usuelles et ne pas oublier que « la réalité la plus difficile à connaître est souvent celle au sein de laquelle on vit ² ». Durk-

¹ Emile Durkheim, *Les règles de la méthode sociologique*. Préface de la 2e édition, p. XI et XIII.

² Albert Bayet, *Qu'est-ce que le rationalisme ?* Paris 1939, p. 148.

heim ne veut pas que la sociologie se fonde sur la psychologie individuelle, car ce serait supposer faussement que la société n'est que la somme des individus qui la constitue. « La société, dit-on, n'est rien en dehors des individus qui la composent ; ils sont tout ce qu'elle a de réel. Comment donc la science des sociétés pourrait-elle se distinguer de la science des individus, c'est-à-dire de la psychologie ? A raisonner ainsi, on pourrait soutenir également que la biologie n'est qu'un chapitre de la physique et de la chimie, car la cellule vivante est composée exclusivement d'atomes de carbone, d'azote, etc., dont traitent les sciences physico-chimiques. Mais c'est oublier qu'un tout a très souvent des propriétés très différentes de celles que possèdent les parties qui le constituent. S'il n'y a dans la cellule que des éléments minéraux, ceux-ci, en se combinant d'une certaine manière, dégagent des propriétés qu'ils n'ont pas quand ils ne sont pas combinés ainsi, et qui sont caractéristiques de la vie (propriétés de se nourrir et de se reproduire) ; ils forment donc, par le fait de leur synthèse, une réalité d'un genre tout nouveau qui est la réalité vivante, et qui constitue l'objet de la biologie. De même, les consciences individuelles, en s'associant d'une manière stable, dégagent, par suite des rapports qui s'échangent entre elles, une vie nouvelle, très différente de celle dont elles seraient le théâtre si elles étaient restées isolées les unes des autres ; c'est la vie sociale. Les institutions et les croyances religieuses, les institutions politiques, juridiques, morales, économiques, en un mot tout ce qui constitue la civilisation n'existerait pas s'il n'y avait pas de société ¹. »

¹ *De la méthode dans les sciences*, 1re série, Durkheim, p. 315.

« L'ensemble des croyances et des sentiments communs à la moyenne des membres d'une même société forme un système déterminé qui a sa vie propre ; on peut l'appeler *la conscience collective ou commune*. Sans doute... elle est, par définition, diffuse dans toute l'étendue de la société ; mais elle n'en a pas moins des caractères spécifiques qui en font une réalité distincte. En effet, elle est indépendante des conditions particulières où les individus se trouvent placés ; ils passent, et elle reste. Elle est la même au nord et au midi, dans les grandes villes et dans les petites, dans les différentes professions. De même, elle ne change pas à chaque génération, mais elle relie au contraire les unes aux autres les générations successives. Elle est donc tout autre chose que les consciences particulières, quoiqu'elle ne soit réalisée que chez les individus ¹. »

56. Les méthodes d'Emile Durkheim. — 1. L'histoire comparée. « Les principaux problèmes de la sociologie consistent à rechercher de quelle manière s'est constituée une institution politique, juridique, morale, économique, religieuse, une croyance, etc., quelles causes l'ont suscitée, à quelles fins utiles elle répond. L'histoire comparée, entendue de la manière que nous allons essayer de préciser, est le seul instrument dont dispose le sociologue pour résoudre ces sortes de questions.

» En effet, pour comprendre une institution, il faut savoir de quoi elle est faite. C'est un tout complexe, formé de parties : il faut connaître ces parties, expliquer chacune d'elles à part et la façon dont elles se sont composées ensemble. Pour les découvrir, il ne suffit pas de

¹ Emile Durkheim, *De la division du travail social*, p. 46.

considérer l'institution sous sa forme achevée et récente ; car, parce que nous y sommes accoutumés, elle nous paraît plutôt simple. En tout cas, rien n'indique en elle où commencent et où finissent les éléments divers dont elle est formée. Il n'y a pas de ligne de démarcation qui les sépare les uns des autres d'une manière visible, pas plus que nous n'apercevons à l'œil nu les cellules dont sont formés les tissus de l'être vivant, les molécules dont sont composés les corps bruts. Il faut un instrument d'analyse pour les faire apparaître. C'est l'histoire qui joue ce rôle. En effet, l'institution considérée s'est constituée progressivement, fragment par fragment ; les parties qui la forment sont nées les unes après les autres, et se sont ajoutées plus ou moins lentement les unes aux autres ; il suffit donc d'en suivre la genèse dans le temps, c'est-à-dire dans l'histoire, pour voir les divers éléments dont elle résulte, naturellement dissociés. Ils s'offrent alors à l'observateur les uns après les autres, dans l'ordre même où ils se sont formés et combinés ensemble... En un mot, l'histoire joue, dans l'ordre des réalités sociales, un rôle analogue à celui du microscope dans l'ordre des réalités physiques. De plus, elle seule permet d'expliquer. En effet, expliquer une institution, c'est rendre compte des éléments divers qui servent à la former, c'est montrer leurs causes et leurs raisons d'être. Mais comment découvrir ces causes, sinon en se reportant au moment où elles ont été opérantes, c'est-à-dire où elles ont suscité les faits que l'on cherche à comprendre ? Car c'est à ce moment seulement qu'il est possible de saisir la manière dont elles ont agi et engendré leur effet. Or ce moment est derrière nous. Le seul moyen d'arriver à savoir comment chacun de ces éléments est né, c'est de l'observer à

l'instant même où il est né et d'assister à sa genèse ; or cette genèse a eu lieu dans le passé et, par conséquent, ne peut être connue que par l'histoire. » Pour parvenir à établir des lois sociologiques, il convient d'appliquer les méthodes de concordance, de différence et de variations concomitantes en s'appuyant sur l'histoire comparée. « Or nous n'avons qu'une manière de démontrer qu'entre deux faits il existe une relation logique, un rapport de causalité par exemple, c'est de comparer les cas où ils sont simultanément présents ou absents et de chercher si les variations qu'ils présentent dans ces différentes combinaisons de circonstances témoignent que l'un dépend de l'autre. »

L'expérimentation directe n'étant guère possible (sauf aux dictateurs), les méthodes de STUART MILL s'appliquent au vaste donné historique qui offre à travers le temps et l'espace des formes extrêmement variées d'institutions. « Le sociologue ne pourra donc se tenir à la considération d'un seul peuple et encore moins d'une époque unique ; mais il devra comparer des sociétés de même type et aussi de types différents, afin que les variations qu'y présente l'institution, la pratique dont il veut rendre compte, rapprochées des variations que l'on constate parallèlement dans le milieu social, dans l'état des idées, etc., permettent d'apercevoir les relations qui unissent ces deux groupes de faits et d'établir entre eux quelque rapport de causalité ¹. »

2. *L'ethnographie comparée.* Dans l'étude de la genèse d'une institution, l'histoire comparée ne permet de remonter dans le temps que jusqu'à l'apparition des

¹ *De la méthode dans les sciences*, 1re série, Durkheim, p. 326-330.

documents écrits : il convient de prolonger cette enquête au sein des sociétés dites *primitives* ou *inférieures*. L'ethnographie, qui est une description des groupes humains, nous renseigne à ce sujet.

3. *La statistique* permet des déterminations quantitatives précises en histoire et en ethnographie comparées. Grâce à elle, la méthode des variations concomitantes peut s'appliquer avec précision en sociologie : c'est ainsi qu'on établit « comment la fréquence des homicides, des mariages, des divorces, varie suivant les sociétés, suivant les confessions religieuses, suivant les professions, etc. ¹. » La statistique fait usage de graphiques qui peuvent mettre en évidence des lois importantes de sociologie.

On doit se servir de la statistique avec une extrême prudence à cause de l'extraordinaire complexité des phénomènes sociaux et de la multiplicité des influences qui s'exercent sur chacun d'eux. Pour tirer quelque chose d'utile d'une statistique, si exacte qu'elle soit, il convient de l'*interpréter*, opération toujours très délicate en raison de ce que nous venons de dire.

57. **Applications de ces méthodes : le suicide ; la mentalité des peuples non civilisés.** — 1. *Le suicide*. Durkheim a cherché à établir les causes du suicide au moyen de la méthode statistique. Il a montré que le suicide est plus fréquent chez les célibataires que chez les gens mariés, chez les gens mariés sans enfants que chez ceux qui ont de la famille, chez les protestants que chez les catholiques, dans les pays en paix que dans ceux en état

¹ Durkheim, *Ibid.*, p. 331.

de guerre, etc. En conclusion, Durkheim affirme la loi sociologique suivante : la cause du suicide est un relâchement du lien social qui engendre un sentiment de solitude et de vide, difficilement supportable ; plus les individus se sentent fortement agrégés à la société, moins le suicide est fréquent. (Ainsi, le protestantisme fait une plus grande part à l'esprit de libre examen que le catholicisme et compte par conséquent moins de croyances et de pratiques communes que ce dernier. En temps de paix, les liens de solidarité entre les citoyens sont beaucoup plus lâches qu'en temps de guerre ou même de crise, quand un danger menace le pays, etc.)

D'autres sociologues ont repris les études statistiques sur le suicide pour mettre au point les idées de Durkheim, et des psychiatres ont insisté sur l'aspect pathologique du problème, négligé par les sociologues ; cependant, même si le suicide est lié à un état pathologique d'angoisse, il semble que le relâchement du lien social soit une cause importante du suicide, comme l'avait déclaré Durkheim.

2. *La mentalité des peuples non civilisés*¹. Un disciple d'Auguste Comte et de Durkheim, LÉVY-BRUHL (1857-1939), a tenté d'appliquer des méthodes sociologiques rigoureuses à l'étude de la mentalité des peuples sauvages, en s'appuyant sur des documents ethnographiques : récits de voyageurs, d'explorateurs, de missionnaires. D'après ses travaux, les sauvages ont une mentalité qui diffère de la nôtre non seulement quan-

¹ On emploie communément l'expression équivoque de *mentalité primitive* : les sauvages dont il s'agit ne sont probablement pas tous des primitifs, certains sont des dégénérés ; voilà pourquoi nous préférons parler de *non-civilisés* (ou de sauvages) et non pas de primitifs.

titativement mais aussi qualitativement. Ainsi les non-civilisés confondent souvent ce que nous distinguons : pour eux l'image vaut le modèle, l'ombre vaut la personne, le rêve vaut la réalité ; des choses ou des êtres différents sont considérés comme identiques (les membres d'une certaine tribu prétendent être des perroquets ; une panthère qui vient la nuit dérober un enfant dans un village est un sorcier — un homme-panthère — d'une tribu voisine, etc.).

Les sauvages voient des causes là où nous n'en voyons pas ; par exemple, au Congo, une sécheresse fut attribuée à la toque que les missionnaires portaient pendant le service divin.

L'interprétation de ces données étranges de l'ethnographie est, d'après Lévy-Bruhl, la suivante : le non-civilisé, au lieu de coordonner par des lois les données sensibles dans le monde physique seul, comme nous le faisons, double ce monde sensible d'un *monde invisible qui est pour lui le plus important* ; ce dernier est le siège de forces occultes et de pouvoirs magiques qui sont les véritables causes des phénomènes observés. « Pour le primitif, les données matérielles et sensibles sont au fond accessoires, elles sont simplement le procédé contingent et secondaire par lequel en certains cas les propriétés mystiques se manifestent à tous. Ce qui importe dans les perceptions, c'est la communication qu'elles établissent avec l'invisible et l'intangible, avec le mystique et l'occulte, à travers le matériel, le tangible et le visible ¹. » Ce monde invisible est le souci principal du non-civilisé : il cherche à le déchiffrer à travers le monde sensible qui, pour lui, est tout baigné

¹ Charles Blondel, *La mentalité primitive*, p. 61.

d'influences magiques. Si certains sauvages identifient par exemple des hommes et des perroquets, cela tient à ce qu'ils attribuent à ces deux espèces d'êtres les mêmes pouvoirs magiques. Lévy-Bruhl dégage ainsi la notion de *participation mystique* qui domine entièrement la pensée des sauvages et qui efface celle de causalité naturelle. Par exemple, si une flèche tue un animal, ce n'est pas dû à l'adresse du chasseur (cause naturelle), mais au fait qu'elle était le véhicule d'un pouvoir occulte conféré par certains rites avant le départ pour la chasse ; en d'autres termes elle *participait* à des forces du monde invisible. « Les causes naturelles ne valent pas qu'on s'y arrête. Elles ne sont, tout au plus, que l'occasion à propos de laquelle les forces occultes se manifestent ou, plutôt, un instrument à leur service ¹. » Ajoutons que, pour le non-civilisé, il n'existe pas de phénomènes fortuits et rien n'est le produit de ce que nous nommons le hasard : le fait le plus minime est voulu par les puissances supérieures du monde invisible et peut par suite devenir une indication, un signe à interpréter pour connaître les choses cachées (découvrir un criminel, par exemple). De là découle le rôle considérable que jouent les présages et, d'une façon générale, les pratiques divinatoires.

Pareilles croyances sont *collectives* : c'est la société qui les impose à chacun de ses membres en agissant sur leur émotivité par des cérémonies rituelles d'initiation.

Comme on le voit, c'est une véritable psychologie sociale que développe Lévy-Bruhl, mais une psychologie qui se fonde sur une étude sociologique préalable, et nullement une sociologie dont les méthodes

¹ *Ibid.*, p. 92.

seraient une extension de celles de la psychologie individuelle.

Cependant d'autres sociologues récents n'ont pas craint de faire une plus grande place aux considérations purement psychologiques.

Pour DANIEL ESSERTIER, par exemple, les non-civilisés sont entièrement gouvernés par des éléments affectifs, émotionnels, comme la peur, l'anxiété. « Il est bien difficile de ne pas voir partout à l'œuvre, dans l'humanité... une anxiété fondamentale. Partout dans les sociétés inférieures, l'homme vit courbé sous la menace de malheurs qu'il appréhende d'autant plus qu'ils sont mal définis et, comme l'anxieux morbide, il s'évertue à trouver des précisions : il accuse, il interdit, il s'entoure d'esprits dont il définit les maléfices, il invente les tabous afin de ne pas donner prise à leur colère. Tout lui est sujet de terreur ¹. »

Le non-civilisé tente de se rassurer au moyen de mille pratiques bizarres et minutieuses (magie) qui, en occupant son esprit et son corps, dissipent ses terreurs. C'est en luttant contre la peur que l'homme s'est fait : « C'est la dure peur, l'horreur sacrée qui l'a fécondé ². »

Le sauvage saisit mal les limites entre le monde extérieur et ses états psychologiques. « Il n'est peut-être rien qui caractérise plus essentiellement la conscience primitive que l'impuissance où elle se trouve vis-à-vis de ses propres états. Elle a la plus grande peine à les reconnaître comme siens. Ses représentations lui échappent avec une facilité extrême, elles lui deviennent étrangères, extérieures, et elle leur attribue une réalité

¹ Daniel Essertier, *Les formes inférieures de l'explication*, Paris 1927, p. 122.

² *Ibid.*, p. 120.

objective, quoique non matérielle¹. » D'où la croyance aux esprits, à l'animisme universel (p. 164).

Le sauvage est dominé, plus qu'aucun autre homme, par les *représentations collectives* à cause de sa personnalité inconsistante, peu consciente d'elle-même : voilà ce qui explique la nécessité de recourir autant à la sociologie qu'à la psychologie pour étudier sa mentalité.

Rappelons enfin que GUSTAVE LE BON a fait un fécond rapprochement entre la psychologie des foules et celle des sauvages et des enfants (p. 171), de sorte que ce qu'il dit des foules peut servir à éclairer la mentalité des non-civilisés.

58. Conclusions. — L'école sociologique de DURKHEIM a encouru de vives critiques, justifiées en partie. Dans l'ivresse naturelle qui accompagne le développement d'une science nouvelle, en pleine effervescence, la sociologie a tenté d'absorber certaines disciplines voisines. Ainsi LÉVY-BRUHL a espéré substituer sa *science des mœurs* à la morale théorique : c'était vouloir faire jouer à une science de faits le rôle d'une discipline normative². Durkheim et Lévy-Bruhl ont voulu expliquer la genèse des principes directeurs de la connaissance, dont l'ensemble constitue la structure de la raison (voir *Psychologie*), au moyen de considérations sociologiques exclusivement : la raison, pour eux, serait fille de la société. Dans ce cas on ne comprend plus que des esprits révolutionnaires (en science, en morale, etc.) puissent entrer en lutte contre la société en s'appuyant

¹ *Ibid.*, p. 95.

² Voir *Initiation*, No 104.

sur les valeurs universelles de la raison. Les valeurs *universelles* (telles que les valeurs rationnelles) sont distinctes des valeurs *collectives* que produit la société et ne sauraient être engendrées par ces dernières.

Il était utile qu'au début Durkheim réclamât pour la sociologie des méthodes propres et s'insurgeât contre l'immixtion de méthodes psychologiques ou biologiques : mais maintenant que les méthodes sociologiques sont à peu près constituées, la sociologie a le droit de réclamer le concours de sciences proches d'elle, comme la biologie et la psychologie, qui jouent à son égard le rôle de sciences auxiliaires.

Du point de vue du méthodologiste, il est particulièrement instructif d'assister aux efforts d'une science jeune qui cherche ses méthodes : voilà pourquoi nous avons tenu à laisser parler les créateurs de la sociologie, dont le langage est relativement simple et clair, en donnant le plus possible de citations.

L'étude de la sociologie permet de se rendre compte de l'importance extraordinaire du facteur social dans la vie de l'individu, importance que l'on a généralement tendance à sous-estimer. « Nous sommes immergés dans le milieu social comme les cellules du corps dans le milieu intérieur. Comme elles, nous sommes incapables de nous défendre de l'influence de ce qui nous entoure¹. » La contrainte sociale s'exerce constamment sur chacun de nous et nous inspire des actions ou des pensées dont nous nous croyons les auteurs ; dans certains cas elle peut devenir si impérieuse que, sous sa pression, les hommes choisissent la mort plutôt que d'affronter le mépris public.

¹ Dr Alexis Carrel, *L'homme, cet inconnu*, p. 178.

Mais n'oublions pas qu'aux forces sociales s'opposent les initiatives individuelles : les créations géniales et audacieuses (dues aux inventeurs, savants, artistes méconnus ou même persécutés) doivent lutter contre le conformisme social, et ne sauraient par conséquent être d'origine sociale ; mais, en définitive, elles fécondent la société, car elles finissent par être assimilées par elle.

CHAPITRE VIII

L'histoire

59. Introduction et définition. — Au sens large, l'histoire est *l'étude du passé* (histoire du relief terrestre, histoire du système solaire) et nous avons vu que le point de vue historique peut s'adopter dans tous les domaines (p. 43) ; au sens restreint, qui est le plus usuel, elle est *l'étude du passé des sociétés humaines*. Nous allons étudier les méthodes de l'histoire humaine.

But de l'histoire. Tous les historiens n'ont pas visé à la connaissance de la vérité historique, ils ne se sont pas efforcés d'être impartiaux. Certains d'entre eux cherchaient avant tout à intéresser en enjolivant leurs récits : ils contaient « des histoires ». D'autres voulaient élever les âmes, exalter le patriotisme, présenter des exemples d'héroïsme (PLUTARQUE).

Nous ne nous occupons que de la conception moderne de l'histoire dont le but est de connaître les événements passés et, si possible, de les expliquer, d'en faire comprendre la signification, la genèse et le retentissement qu'ils ont eu sur ceux qui les ont suivis. En résumé, *l'histoire fait connaître les événements passés et s'efforce de les coordonner intelligiblement les uns aux autres.*

L'histoire et les sciences expérimentales. Les événements passés qui constituent les faits historiques sont

individuels et *uniques* ; ils ont leurs particularités de temps, de lieu, de circonstance et ne se répètent jamais identiquement (p. 85). Dans les sciences expérimentales, par contre, tous les faits qui se déroulent dans le temps sont des *phénomènes* susceptibles de se répéter, car on néglige volontairement, en les considérant d'un point de vue scientifique, leur date d'apparition, leur lieu, ainsi que les conditions particulières dans lesquelles ils se produisent ; on dit, par exemple, qu'on a observé *les mêmes phénomènes*. à plusieurs mois d'intervalle, à New-York et à Paris. Remarquons que dans le fond il n'existe que des événements dans l'univers : c'est par abstraction, en laissant tomber certaines différences individuelles, que l'esprit conçoit des phénomènes identiques. Par suite, on peut traiter toute réalité du point de vue historique : on fait, par exemple, l'histoire de telle expérience célèbre de physique.

On ne peut ni observer les faits historiques, ni les expérimenter puisqu'ils appartiennent au passé : on doit les *reconstituer* en se fondant sur les *traces* qu'ils ont laissées — monuments, inscriptions, contrats, traités, chroniques, etc. — et qui sont des faits présents, à partir desquels l'historien reconstitue les faits passés. Le fait historique, l'événement n'est donc jamais « donné » à l'historien, qui ne dispose que de documents. L'historien part du document pour aboutir, par reconstitution, aux événements qu'il atteste, alors qu'en science expérimentale le savant part du fait pour aboutir à des lois et à des théories.

La sociologie et l'histoire. Nous avons vu que la sociologie étudie les faits humains généraux, les institutions ayant un caractère de permanence comme la reli-

gion, la famille, le salaire, et qu'elle cherche à établir des lois (p. 161). Ces faits généraux sont construits à partir des renseignements de l'histoire (histoire comparée, p. 176), laquelle ne s'intéresse qu'à des faits particuliers ou à des ensembles parfois très complexes de faits particuliers comme la Réforme, les Croisades, etc. Naturellement, lorsque l'historien veut *expliquer* les faits particuliers qu'il décrit, il a nécessairement recours à des lois générales de nature sociologique (et aussi psychologiques), de même que pour expliquer des faits astronomiques il faut faire appel à des lois mécaniques, physiques et chimiques. Ainsi sociologie et histoire se prêtent un mutuel appui.

L'histoire est-elle une science ? On voit que l'histoire est, par la nature de son objet et par ses méthodes, fort différente des sciences expérimentales, aussi lui a-t-on contesté le titre de science. Il s'agit simplement de s'entendre sur les définitions : il est certain que l'histoire n'est pas une science de lois comme la physique et la chimie (toutes les prétendues lois historiques sont en réalité des lois sociologiques). Cependant l'histoire, au sens où nous l'entendons, cherche la *vérité* au sujet des événements passés, et l'historien utilise des *méthodes scientifiques* pour déterminer cette vérité historique.

En résumé, l'histoire ne porte pas sur des phénomènes qui se répètent et elle ne cherche pas à établir des lois comme les autres sciences. En revanche, elle utilise des méthodes scientifiques, que nous allons examiner, pour trouver la vérité relative aux événements passés, envisagés dans leurs caractères individuels.

L'historien recherche tout d'abord à recueillir des documents sur le passé et à en déterminer la valeur

et la signification : c'est l'*analyse historique*. Ensuite il s'efforce de reconstituer les événements passés en choisissant et organisant les renseignements dont il dispose après les avoir critiqués : c'est la *synthèse historique*.

A. L'analyse historique

60. **Les documents.** — Les événements historiques sont, nous l'avons déjà dit, connus *indirectement* au moyen des documents que l'on possède à leur sujet. « L'histoire se fait avec des documents. Faute de documents, l'histoire d'immenses périodes du passé de l'humanité est à jamais inconnaissable. Car rien ne supplée aux documents : pas de documents, pas d'histoire ¹. »

Les documents sont de deux sortes :

1. Les *vestiges* sont des fragments du passé qui parviennent jusqu'à nous, par exemple des monuments, des ustensiles, des armes, des monnaies et des médailles, des œuvres d'art plastique, musical ou littéraire, des documents d'archives, des correspondances. Ces documents révèlent le passé bien qu'ils n'aient pas été créés dans cette intention. La préhistoire ne peut utiliser que les vestiges du passé : armes, ustensiles, peintures rupestres.

2. Les *témoignages*, au contraire, sont des documents établis en vue de renseigner la postérité. Tels sont les inscriptions et monuments destinés à commémorer un événement important (arcs de triomphe, obélisques,

¹ Ch.-V. Langlois et Ch. Seignobos, *Introduction aux études historiques*, Paris 1898, p. 1 et 2.

etc.), les annales, les chroniques, les œuvres des historiens.

Ces deux espèces de documents constituent les *sources de l'histoire*. L'historien doit d'abord rechercher les documents qui lui seront utiles, dans les bibliothèques, les archives et les musées.

Les documents ne peuvent être utilisés qu'après avoir passé au crible de la critique, et les faits que les documents attestent sont eux-mêmes critiqués.

61. La critique d'érudition. — La critique des documents et des faits peut se résumer dans le tableau suivant :

ANALYSE HISTORIQUE

A. Critique des documents

I. Critique externe	}	1. Critique de restitution ou d'intégrité.	}	Critique d'érudition utilisant les sciences auxiliaires de l'histoire.
		2. Critique de provenance ou d'authenticité.		
	3. Critique d'interprétation.			
II. Critique interne	}	4. Critique des témoignages.		
			b. Critique d'exactitude.	

B. Critique des faits

Concordance et vraisemblance.

Tous les documents, vestiges ou témoignages, doivent subir une *critique externe* et une *critique interne*.

I. *Critique externe*. Elle comprend deux opérations : la *critique de restitution* ou *d'intégrité* et la *critique de provenance* ou *d'authenticité*.

1. *La critique de restitution*. Il est rare qu'un document nous parvienne sans avoir subi d'altérations. Les textes anciens que nous connaissons sont le plus souvent des copies et non des originaux ; aussi faut-il leur restituer autant que possible leur intégrité : les copistes commettent des erreurs accidentelles (confusion de lettres ou de mots) et des erreurs provenant de leur ignorance, de leur sottise ou de leurs préjugés (remaniement d'un texte qu'ils n'ont pas compris). Enfin, on rencontre des interpolations dues au copiste ou même des textes incomplets qu'il a achevés. La critique de restitution s'efforce de rétablir le texte exact de l'auteur. Quand il existe plusieurs copies d'un même texte, on les compare les unes aux autres et on les discute pour établir l'intégrité de l'original.

2. *La critique de provenance*. Elle a pour but de dépister les faux. Lorsqu'il s'agit d'un texte, l'historien examine si le style est bien celui de l'époque ou même de l'auteur en question ; d'autres documents anciens mentionnent-ils le texte étudié ? Enfin, s'il s'agit d'un document matériel, d'une momie prétendue égyptienne, par exemple, certains sondages peuvent permettre de déceler un faux en révélant l'emploi de matériaux modernes utilisés à sa confection.

II. *La critique interne*. « La critique de provenance, comme celle de restitution, est préparatoire, et ses résul-

tats sont négatifs... Elle apprend à ne pas employer de mauvais documents ; elle n'apprend pas à tirer parti des bons ¹. » Pour tirer parti des documents dont l'intégrité et l'authenticité sont reconnues, on leur applique la *critique interne* qui porte sur le contenu du document et qui se divise en *critique d'interprétation* et *critique des témoignages*.

3. *La critique d'interprétation* consiste à déchiffrer et à traduire les textes et inscriptions, à distinguer le sens réel du sens littéral. CHAMPOLLION découvrit, comme on le sait, la clé des hiéroglyphes égyptiens. Le déchiffrement des anciennes écritures exige un travail méthodique et rigoureux qui suppose un long entraînement et un certain « flair ». Pour dégager le sens réel d'un texte, l'historien doit connaître les habitudes de pensée de l'auteur, les manières de s'exprimer utilisées à l'époque, les superstitions régnantes, etc.

Remarque. — Les différentes phases de la critique des documents que nous venons de signaler : critique de restitution, critique de provenance et critique d'interprétation, forment ce qu'on peut appeler la *critique d'érudition* qui a recours aux *sciences auxiliaires de l'histoire*, parmi lesquelles il convient de signaler :

l'*archéologie*, science des monuments et objets usuels ;
la *paléographie*, science des anciennes écritures ;
l'*épigraphie*, science des inscriptions ;
la *diplomatique*, science des chartes et diplômes ;
la *numismatique*, science des monnaies ;
le *blason*, science des armoiries ;
la *philologie* et la *linguistique*, sciences du langage ;
etc.

¹ Ch.-V. Langlois et Ch. Seignobos, *Ouvr. cité*, p. 78.

Naturellement, chaque historien se spécialise dans certaines sciences auxiliaires suivant le genre de recherches qu'il poursuit.

62. La critique des témoignages. — Toutes les méthodes de critique que nous avons vues jusqu'ici pouvaient s'appliquer à la fois aux vestiges et aux témoignages. Maintenant il s'agit d'une méthode qui ne s'applique qu'aux témoignages. Les témoignages, avons-nous dit, sont des documents écrits en vue de renseigner la postérité. Il ne suffit pas de savoir exactement ce que les auteurs ont écrit, il faut encore déterminer si ce qu'ils ont écrit est vrai, en d'autres termes, établir l'*autorité* du document.

Remarquons que la critique du témoignage historique devient, dans cette phase, un cas particulier de la *critique du témoignage en général*. Le juge d'instruction, qui instruit une affaire criminelle, doit se livrer à la critique des dépositions des témoins ; son travail rappelle celui de l'historien, avec la différence qu'il peut interroger à nouveau les témoins, de la façon qu'il lui plaît, ce que ne peut faire l'historien. Dans la vie de tous les jours, enfin, nous sommes constamment conduits à nous livrer à la critique des témoignages au sujet de racontars colportés sur nos amis et connaissances, et au sujet des informations trop souvent tendancieuses de la presse. Aussi convient-il de traiter cette question d'une manière générale en appelant témoignage non seulement un document (comme le fait l'historien), mais l'attestation orale ou écrite d'un fait, d'un événement, par quelqu'un qui y a assisté.

La psychologie des témoignages. La psychologie moderne s'est livrée à des recherches expérimentales sur

le témoignage, et ses conclusions ont été les suivantes : le témoin de bonne foi peut altérer sans le vouloir la vérité et « un témoignage juste n'est pas la règle, mais l'exception ¹ ». De telles conclusions peuvent paraître surprenantes au premier abord, cependant elles s'expliquent aisément. Qu'on veuille bien se rapporter à ce qui a été dit du fait brut et du fait scientifique (p. 83) : toute constatation de fait suppose une activité mentale guidée par des idées préconçues, par des théories préalables (la théorie préalable utilisée étant parfois simplement fournie par le sens commun). Des faits inaccoutumés passent souvent inaperçus ou peuvent être observés d'une façon défectueuse. Les renseignements bruts que nous donnent les sens sont fort lacunaires et incomplets, et l'esprit, spontanément et souvent inconsciemment, comble les lacunes et, selon sa tendance la plus profonde, établit la *continuité* là où il n'y en a pas (voir *Psychologie* : La perception). La perception est en effet toujours une interprétation des sensations et non pas leur enregistrement passif ; elle peut différer grandement suivant les croyances personnelles du témoin, suivant surtout les conceptions grégaires de son milieu et de son époque. Par exemple les hommes d'une époque qui considère toute réalité comme imprégnée de surnaturel et de merveilleux interprètent des phénomènes naturels peu communs d'une tout autre manière que les modernes à l'esprit critique aiguisé, pénétrés de l'idée de loi naturelle (la queue d'une comète a été parfois vue comme une épée flamboyante dans le ciel).

Ajoutons à ces remarques que sous l'empire de l'émotion — lorsque des événements inattendus ou terrifiants

¹ Archives de psychologie, t. V, 1906, Ed. Claparède, *Expériences collectives sur le témoignage*, p. 344-387.

nous surprennent — l'enregistrement des faits peut devenir tout à fait fantaisiste, car l'émotion produit une désorganisation des fonctions psychiques et même physiologiques et fait perdre tout contrôle.

Si ces remarques invitent à la prudence, elles ne doivent pas nous faire rejeter tout témoignage, ce qui supprimerait radicalement l'histoire : « On peut en effet épiloguer à perte de vue sur les incertitudes du témoignage humain ; mais le scepticisme a ses limites. Si frappantes que soient les divergences qu'on allègue bruyamment, elles portent d'ordinaire beaucoup moins sur la matérialité des faits que sur les circonstances accessoires ; et c'est pourquoi en histoire le menu détail est ce qui nous échappe le plus, n'en déplaît aux amateurs d'anecdotes. Mais, sur l'essentiel, des témoins attentifs, si l'on veut bien ne pas réclamer d'eux des précisions excessives, se trouvent presque toujours d'accord. Le tout est de ne pas trop presser leur témoignage ¹. »

Les témoignages historiques. Très souvent il faut se contenter d'un témoignage unique : l'historien ne peut pas s'en tenir strictement à la règle des juristes (*testis unus, testis nullus*) qui veut qu'un témoignage unique soit tenu comme nul et non avenu, car l'histoire comporterait alors trop de lacunes ; mais en présence d'un seul témoin sa critique sera plus rigoureuse et plus exigeante.

Un seul témoin. a) Il s'agit tout d'abord d'écartier les mensonges : c'est la *critique de sincérité*. Le témoin est-il sincère, a-t-on des raisons de le croire ? Ou, au contraire, a-t-il un intérêt à mentir, à déformer les faits ? Il peut avoir été poussé à tromper par intérêt person-

¹ Louis Halphen, *Introduction à l'histoire*, Paris 1946, p. 18.

nel, par désir de se faire valoir, par passion politique ou religieuse, etc. Il faut examiner avec soin les renseignements que l'on peut recueillir sur ce témoin pour décider de sa sincérité dans le cas considéré.

b) A supposer que le témoin paraisse sincère, il convient de se demander s'il ne se trompe pas involontairement : c'est la *critique d'exactitude*. On se demande si le témoin est compétent et l'on ajoute davantage foi au témoignage d'un médecin lorsqu'il s'agit de blessures, de maladie, ou à celui d'un astronome lorsqu'il s'agit d'un phénomène céleste, qu'au témoignage de tout autre homme. Tout ce qui a été dit précédemment sur les erreurs de témoignage montre combien la critique d'exactitude est ardue.

Plusieurs témoins. Deux cas sont à envisager : les témoins sont d'accord ou se contredisent. *α)* S'ils sont d'accord, il faut s'assurer que cet accord ne s'explique pas par le fait qu'ils ont tous puisé à une même source (dans ce cas, ce ne serait pas des témoins proprement dits, mais des intermédiaires). Si les témoignages sont indépendants et que leur accord ne peut provenir d'une entente préalable déterminée par des intérêts communs, il peut être considéré comme le signe de la vérité. Ainsi, si des hommes de tendances politiques différentes ou de mentalités opposées, par exemple, affirment le même fait, il y a de fortes chances pour qu'il soit exact. Il faut toutefois tenir compte des hallucinations collectives possibles, de la contagion affective qui peut gagner les foules, etc.

β) Les témoins se contredisent : les différents témoignages doivent alors être pesés d'après les règles du témoin unique, afin de déterminer ceux qui offrent les plus grandes garanties de sincérité et d'exactitude. On

ne se laissera pas impressionner uniquement par le nombre de témoignages dans un sens ou dans l'autre, mais on s'attachera avant tout à leur qualité.

La critique des témoignages est une opération fort délicate qui exige beaucoup de perspicacité. Citons l'opinion de l'historien GABRIEL MONOD : « Aucune règle précise ne peut être appliquée à ces recherches sur l'autorité des témoignages, tant sont variés les éléments qui doivent décider de notre jugement. Il peut arriver qu'un témoignage écrit sur le ton de la passion soit plus vrai et plus impartial qu'un témoignage d'une froideur calculée. Les erreurs commises par les témoins honnêtes dont on ne se méfie pas sont plus dangereuses que les inexactitudes des témoins passionnés ou menteurs qui souvent contiennent en elles-mêmes la preuve de leur fausseté. Souvent aussi le parti pris ne se manifeste que par des réticences, et on altère aussi fréquemment la vérité par ce qu'on tait que par ce qu'on dit ¹. »

Ajoutons qu'en histoire il est rare que nous possédions un témoignage de première main : le plus souvent les témoignages nous parviennent au travers de nombreux intermédiaires. Il faut alors se livrer à la critique de sincérité et d'exactitude des intermédiaires eux-mêmes

Analogie supposée entre l'esprit de l'historien et celui du témoin. Le témoin a assisté au fait historique, puis, au terme de certains phénomènes psychologiques qui se sont déroulés dans son esprit, il a rédigé son témoignage. Le point d'arrivée du témoin devient le point de départ de l'historien, et le point de départ du témoin,

¹ *De la méthode dans les sciences*, 1re série, p. 379.

le fait historique, est le point que se propose d'atteindre l'historien en partant du témoignage. Pour établir le fait au moyen du témoignage, l'historien doit exécuter tout une série d'opérations intellectuelles dont nous avons indiqué l'inspiration générale. Finalement, nous voyons qu'il y a deux faits matériels, le fait historique et le témoignage qui sont reliés par une série d'actes psychologiques. Chez le témoin, les actes psychologiques vont du fait au témoignage, et chez l'historien ils parcourent le chemin inverse. Donc la critique des témoignages, ainsi que le dit Seignobos, est un effort d'*interprétation psychologique* qui se fonde sur l'analogie. En effet, l'historien n'a l'espoir de réussir dans son entreprise que s'il considère que son esprit fonctionne d'une manière analogue à celui du témoin : il s'efforce de se « mettre dans la peau » du témoin, d'épouser sa mentalité, parfois même ses préjugés. Le témoignage d'un esprit entièrement différent du nôtre — à supposer qu'il en existe — serait absolument inutilisable. On voit par là combien la finesse psychologique est utile à l'historien. La psychologie des foules doit naturellement lui être connue.

63. La critique des faits. — « Lorsqu'on a établi, aussi exactement que possible, l'authenticité et l'autorité générales des sources dont on doit se servir, le travail de critique le plus délicat reste encore à accomplir : établir le degré de crédibilité de chaque fait en particulier, en fixer la date et la place dans la chaîne des faits historiques ¹. » Il s'agit de confronter les faits entre eux pour juger de leur accord, et de les rectifier les

¹ *Ibid.*, p. 381.

uns par les autres si l'accord n'est pas satisfaisant. Il faut enfin établir le degré de *vraisemblance* des faits, ce qui est souvent fort délicat. Beaucoup de phénomènes ont été jugés invraisemblables, même impossibles, puis ensuite reconnus réels. Ainsi les « pluies de sang » dont parle TITE-LIVE, les pierres tombées du ciel, les coquillages fossiles sur les montagnes, tous ces faits, après avoir été contestés, sont aujourd'hui expliqués scientifiquement. Il est dangereux, par conséquent, de rejeter systématiquement les faits qui nous paraissent aujourd'hui invraisemblables, car le progrès des connaissances scientifiques peut en fournir l'explication par la suite. Était-il vraisemblable, il y a un siècle, que les astronomes parvinssent à déterminer la constitution chimique des étoiles ? Le philosophe AUGUSTE COMTE jugeait alors la chose définitivement impossible. Les savants sont même parvenus à produire des réactions nucléaires analogues à celles qui se produisent dans les étoiles et à libérer ainsi des quantités colossales d'énergie (bombe atomique). Voilà des considérations qui doivent nous rendre prudents.

64. **Conclusions sur la critique historique.** — Il ne faut pas s'imaginer que la complexe critique historique, dont nous venons d'analyser succinctement le mécanisme, doit se faire dans l'ordre strict qui a été choisi pour la clarté de l'exposition. En effet, la critique d'authenticité, par exemple, est souvent conduite conjointement avec la critique d'interprétation : l'interprétation peut déceler un faux, et les critiques des documents et des faits s'épaulent parfois l'une l'autre. « On n'arrive à déterminer avec un peu d'exactitude l'autorité d'une

source que si l'on a pu la confronter avec beaucoup d'autres, et après qu'on en a soumis tout le contenu à un minutieux examen, c'est-à-dire quand on a associé la critique des faits à la critique de la source ¹. »

Nous avons montré que les sciences expérimentales, qui ont transformé notre civilisation, ne se sont constituées que lorsque le besoin de vérification, produit de l'*esprit critique*, est devenu comme la seconde nature des savants (p. 82 No 25). De même, les sciences historiques ont mis longtemps à se développer, et la raison en est aussi la lenteur avec laquelle l'*esprit critique* s'est implanté dans les mœurs intellectuelles. Sans doute, on peut citer de nombreux précurseurs de l'histoire scientifique (THUCYDIDE, LEIBNIZ, VOLTAIRE), mais ce n'est qu'au XIX^e siècle que la méthode historique a cessé d'être exclusivement le fait d'individus exceptionnels. « C'est que la critique est contraire à la tournure normale de l'intelligence humaine ; la tendance spontanée de l'homme est de croire ce qu'on lui dit. Il est naturel d'accepter toute affirmation, surtout une affirmation écrite — plus facilement si elle est écrite en chiffres — encore plus facilement si elle provient d'une autorité officielle, si elle est, comme on dit, authentique. Appliquer la critique, c'est donc adopter un mode de penser contraire à la pensée spontanée, une attitude d'esprit contre nature. Or, il faut l'appliquer sans relâche à tous les instants du travail historique ; il faut que cette allure contre nature devienne une habitude organique. On n'y parvient pas sans effort ². »

¹ *Ibid.*, p. 380.

² Ch. Seignobos, *La méthode historique appliquée aux sciences sociales*, Paris 1901, p. 32.

B. La synthèse historique

65. La construction historique et ses idées directrices. Le but de la critique historique est de préparer une reconstruction explicative du passé, ou synthèse historique. On connaît le mot fameux de FUSTEL DE COULANGES (1830-1889) : « Pour un jour de synthèse, il faut des années d'analyse. »

Il s'agit pour l'historien d'utiliser les matériaux accumulés par la critique, car un amas de documents passés au crible de la critique ne constitue nullement de l'histoire. « L'histoire d'une période, d'un groupe de faits quelconques n'existe vraiment que lorsque les faits ont été réunis, coordonnés, et présentés dans leurs rapports mutuels de dépendance, de façon à en faire comprendre la naissance et le développement, et à montrer comment d'un état de choses existant à une date déterminée sort à une date postérieure un état de choses ou semblable ou différent. Deux difficultés se présentent à l'historien dans ce travail : d'une part il ne peut songer à rendre compte de tous les faits que le passé nous a transmis ; il est contraint de faire un choix pour ne conserver que ceux qui ont une réelle importance pour l'intelligence de l'évolution historique ; d'autre part, il y a des lacunes dans la chaîne des faits qui lui sont connus et il est contraint de suppléer par le raisonnement à ce qu'il y a d'insuffisant dans ses sources, pour faire pleinement comprendre cette évolution ¹. »

Ici une grave question se pose : quelle est la conception qui présidera au choix des faits que l'historien juge les plus importants et autour desquels les autres viendront se grouper ? Tout dépend naturellement des idées

¹ G. Monod, *Ibid.*, p. 390.

personnelles de l'historien à ce sujet. Pour certains, ce sont les faits économiques qui commandent aux autres (KARL MARX), ou encore les conditions géographiques¹ qui sont des « constantes » de l'histoire puisqu'elles l'orientent toujours de la même manière (pays cherchant un débouché vers la mer libre, par exemple) ; pour d'autres ce sont les événements politiques ou militaires qui importent. Des historiens croient que les fortes individualités modèlent le devenir historique : ils sont convaincus de l'action prépondérante des grands hommes. D'autres s'imaginent que les grands hommes ne sont que le reflet de ce que veut et pense la masse, des sortes de médiums, et que si tel grand homme n'avait pas paru, un autre ou des autres se seraient chargés de son rôle, si bien que l'histoire dans son ensemble se serait déroulée à peu de chose près de la même manière. Il y en a enfin qui attachent une importance primordiale à la rencontre purement fortuite d'événements, au hasard : « Le nez de Cléopâtre : s'il eût été plus court, toute la face de la terre aurait changé » (PASCAL).

Se fondant sur des documents qui relatent des faits marquants et des événements soudainement apparus, l'historien a tendance à négliger fâcheusement les influences constantes qui s'exercent sur le progrès humain ; voilà ce que PAUL VALÉRY a remarquablement exprimé : « Rien de plus aisé que de relever dans les livres d'histoire l'absence de phénomènes considérables que la lenteur de leur production rendit imperceptibles. Ils échappent à l'historien, car aucun document ne les mentionne expressément. Ils ne pourraient être perçus et relevés que par un système préétabli de questions et

¹ La géographie est une science indispensable à l'historien.

de définitions préalables qui n'a jamais été conçu jusqu'ici. Un événement qui se dessine en un siècle ne figure dans aucun diplôme, dans aucun recueil de mémoires. Tel, le rôle immense et singulier de la ville de Paris dans la vie de la France à partir de la Révolution. Telle, la découverte de l'électricité et la conquête de la terre par ses applications. Ces événements sans pareils dans l'histoire humaine n'y paraissent, quand ils y paraissent, que moins accusés que telle affaire plus scénique, et surtout plus conforme à ce que l'histoire traditionnelle a coutume de rapporter. L'électricité, du temps de Napoléon, avait à peu près l'importance que l'on pouvait donner au christianisme du temps de Tibère. Il devient peu à peu évident que cette innervation générale du monde est plus grosse de conséquences, plus capable de modifier la vie prochaine que tous les événements « politiques » survenus depuis Ampère jusqu'à nous ¹. »

L'influence des inventions techniques a été trop souvent négligée par les historiens. Récemment, LEFEBVRE DES NOËTTES a montré l'influence qu'ont eu la découverte du collier d'épaules du cheval et celle du gouvernail à charnière sur l'évolution de l'histoire humaine.

« Nous comprenons qu'une révolution dans l'ordre social peut être conditionnée par des découvertes techniques, que l'histoire a négligées ou méconnues.

» Une religion de bonté et d'amour se répand dans le monde païen, sans parvenir à le délivrer de l'effroyable fléau de l'esclavage, sans même tenter de le faire, parce que ce mal était nécessaire.

¹ Paul Valéry, *Regards sur le monde actuel*, p. 24.

» Un humble artisan, dont l'humanité n'a pas conservé le nom, découvre au Xe siècle le collier d'épaules, et automatiquement le moteur animal se substitue au moteur humain.

» Pendant des millénaires, l'océan a opposé une barrière infranchissable aux efforts des hommes, aux rêves ambitieux des conquérants les plus puissants. Vers le début du XIII^e siècle, un ouvrier anonyme a l'idée d'ajuster à la poupe des navires un gouvernail à charnière, et voici les routes du monde qui s'ouvrent aux navigateurs, l'hégémonie européenne qui s'impose à toute la terre, et l'homme maître et bénéficiaire des richesses et des ressources de tous les continents et de tous les climats.

» Comment, devant des faits aussi lumineusement établis, ne pas penser avec Paul Valéry que l'histoire de l'humanité est à réviser entièrement, parce qu'elle a négligé d'humbles faits dont la répercussion a été immense au profit de faits retentissants dont les conséquences ont eu plus d'éclat que de durée ? La découverte du collier d'épaules, la découverte du gouvernail à charnière ont eu sans aucun doute plus d'influence sur le destin de l'humanité que la bataille d'Actium ou la paix d'Utrecht. L'idée géniale d'un modeste inventeur a des prolongements qu'ignorent les savantes combinaisons des diplomates ¹. »

Pour faire contrepoids à la considération de facteurs purement objectifs, comme ceux que nous venons d'indiquer, montrons la réaction critique de certains psychanalystes vis-à-vis de l'histoire.

¹ Lefebvre des Noëttes, *De la marine antique à la marine moderne, la révolution du gouvernail*, Paris 1935, extrait de la préface de P. Rivet, p. 3.

Ayant coutume de chercher les véritables mobiles des actions humaines non pas dans le domaine de la réflexion et de la volonté conscientes mais bien dans les régions obscures de l'âme, dans ce que l'on nomme l'*inconscient* (voir *Psychologie*), ils s'expriment par la plume du psychanalyste suisse C. G. JUNG (1875-1961) de la manière suivante : « Quand nous considérons l'histoire de l'humanité, nous ne distinguons que la couche la plus superficielle des événements, troublée en outre par le miroir déformant de la tradition. Ce qui s'est passé *au fond* échappe au regard même le plus scrutateur de l'historien, car la marche propre de l'histoire est profondément cachée, vécue par tous et masquée au regard de chacun. Elle est faite de vie psychique et d'expériences privées et subjectives au suprême degré. Les guerres, les dynasties, les bouleversements sociaux, les conquêtes et les religions ne sont que les symptômes les plus superficiels d'une attitude spirituelle fondamentale et secrète de l'individu, attitude dont il n'a lui-même pas conscience et qui par suite échappe à l'historien ; ce sont peut-être les créateurs de religions qui sont à cet égard les plus révélateurs. Les grands événements de l'histoire du monde sont, au fond, d'une insignifiance profonde ¹. »

Que de telles remarques soient judicieuses malgré le bouleversement qu'elles apportent aux habitudes d'esprit de maints historiens, l'histoire récente nous le prouve : le comportement de certains peuples ne peut s'expliquer que par des traumatismes psychologiques, par des complexes d'infériorité, bref, par des facteurs inconscients. Par exemple, un complexe d'infériorité

¹ C. G. Jung, *L'homme à la découverte de son âme*, trad. Cahen-Salabelle, Coll. Action et Pensée, Genève 1944, p. 55.

qui est commun à la plupart des individus d'une nation les pousse à tenter toutes les aventures collectives, si hasardeuses soient-elles, pour le surmonter et le compenser en quelque mesure. Dans de tels cas, s'en tenir exclusivement à des facteurs objectifs et extérieurs, c'est s'interdire d'expliquer valablement quoi que ce soit. On constate une fois de plus l'importance de la psychologie pour l'historien.

Soulignons, pour conclure, que les facteurs auxquels l'historien doit avoir recours pour édifier la synthèse sont prodigieusement divers et complexes, et qu'un même homme ne peut sans doute pas les embrasser tous avec une égale compétence et une même impartialité. L'idéal serait de tenir compte des influences diffuses et constantes qui sont très importantes, tout en réservant un rôle non moins important aux initiatives individuelles, au génie des grands hommes, ainsi qu'aux dispositions inconscientes, afin de ne pas « dépersonnaliser » l'histoire, ce qui serait la déformer. De même, il conviendrait de tenir la balance égale entre les facteurs économiques et les facteurs spirituels — ces derniers pouvant déterminer de vastes entreprises, comme les Croisades par exemple ¹.

C. Remarques générales

66. Le rôle de l'hypothèse en histoire. — Nous avons vu que, placé devant des documents insuffisants, l'historien est conduit à compléter ces lacunes (p. 202) : il le fait en élaborant des hypothèses aussi plausibles que possible qu'il fonde sur des raisonnements par analogie

¹ Des historiens ont insisté sur les causes économiques des Croisades. Cependant les causes spirituelles ont joué indiscutablement un rôle important.

et sur des considérations de vraisemblance ; l'idée de la *continuité historique*, de l'enchaînement des phénomènes les uns aux autres, le dirige dans cette œuvre difficile.

L'historien ne peut presque jamais éviter ces hypothèses dans la phase synthétique de son travail : il doit alors énoncer honnêtement que, sur ces points, les documents ne sont pas décisifs. Mais dans la critique historique, l'hypothèse intervient aussi à chaque instant lorsqu'il s'agit de déchiffrer un texte, de l'interpréter ou de le dater par exemple. « Ce qui caractérise, en effet, le travail de l'historien à tous les degrés de la recherche, c'est l'intervention constante de l'esprit qui imagine des hypothèses pour interpréter des faits. Former une hypothèse et la vérifier, ce sont là les deux aspects essentiels de son travail, et cela dès le déchiffrement des textes qui en est le point de départ ¹. »

Il est satisfaisant de penser que, dans les grandes lignes, l'esprit humain procède toujours de manière semblable, même dans des disciplines aussi éloignées l'une de l'autre que la physique et l'histoire. En forgeant une hypothèse, l'esprit témoigne de sa souveraine liberté, puis vient la vérification impitoyable, devant laquelle l'esprit s'incline. En histoire, la vérification ne se fait pas par expérimentation, comme en physique, mais par recoupements, convergence des témoignages, intelligibilité, etc., ce qui constitue une vérification moins rigoureuse.

67. La valeur de la connaissance historique. — Il serait ridicule de prétendre que la connaissance histo-

¹ *Mélanges de théologie et de philosophie offerts à M. Arnold Reymond*, Lausanne 1940. Henri Meylan, *Remarques sur la méthode historique et son application à l'histoire des dogmes*, p. 32.

rique atteint toujours à un haut degré d'objectivité. Nous avons mis en évidence la complexité de la critique historique et l'importance du point de vue qu'adopte nécessairement l'historien lors de la synthèse pour se guider dans le choix des faits qu'il juge prédominants. Ajoutons à cela que l'histoire prend pour matière les actions complexes des hommes, leurs luttes partisans, et qu'il est par conséquent difficile à l'historien de rester impartial, surtout s'il possède lui-même de vigoureuses convictions politiques : on ne peut s'attendre raisonnablement à ce que l'histoire de la Révolution française, par exemple, soit présentée de la même façon par un historien de « gauche » et par un écrivain de « droite ».

Pendant il ne convient pas non plus de professer un scepticisme radical en matière de connaissance historique : certains faits sont incontestables. « Quelque paradoxale que cette affirmation puisse paraître au premier abord, les généralités en histoire offrent souvent plus de vérité et de certitude que les détails mêmes qui leur servent de base. De même que notre œil peut se faire une idée juste d'un édifice, d'un paysage, sans en avoir repéré exactement les dimensions ou relevé tous les accidents de terrain, de même que nous pouvons connaître un homme sans avoir analysé toutes ses actions et pénétré tous leurs mobiles, il y a en histoire une vérité générale qui se dégage d'un ensemble de faits, même si la connaissance de ces faits comporte des inexactitudes. Ces inexactitudes, d'ordinaire, loin de s'accumuler, se compensent pour un historien doué d'esprit critique ; car il rectifie constamment ses vues générales en les replaçant dans les séries successives d'événements historiques ou d'états de civilisation pour

lesquels il possède un certain nombre de points de repère solides ¹. »

La connaissance historique, comme toute connaissance scientifique, progresse vers une objectivité de plus en plus grande : à mesure que de nouveaux documents sont mis au jour, que la critique réciproque des divers historiens élimine les opinions extrêmes et partiales, que le recul du temps permet aux passions de s'apaiser, la connaissance du passé se fait plus précise, plus exacte et plus complète.

68. L'utilité de l'histoire. — On invoque souvent les « leçons de l'histoire », voulant dire par là que le politique et le militaire ont intérêt à s'inspirer de l'évolution des faits passés pour deviner l'avenir à partir de la connaissance du présent : ce faisant, on oublie qu'une des plus importantes leçons de l'histoire est qu'un fait ne se répète jamais tel quel, et qu'au cours du temps les conditions varient à l'infini, même sous une similitude apparente. Sans doute il peut être utile de s'inspirer des exemples de l'histoire, mais celle-ci enseigne la marche en avant, le renouvellement, tout autant que la continuité de son développement.

L'histoire est à la fois *explicative* et *descriptive*.

Elle est *explicative*, car un certain déterminisme historique, qui crée la continuité, est incontestable. « La société qui nous entoure, nos mœurs, nos croyances, notre culture, nos institutions, les lois qui nous régissent, les cadres politiques auxquels nous sommes accoutumés sont le fruit des siècles qui nous ont précédés ;

¹ G. Monod, *Ibid.*, p. 394.

les faits auxquels nous sommes mêlés en sont la résultante ¹. »

Cependant en histoire, tout ne peut pas s'expliquer rationnellement : il faut faire la part du hasard et des décisions imprévisibles d'hommes d'Etat ou de chefs militaires qui peuvent transformer le cours des choses. Il ne faut jamais oublier que l'histoire porte sur des réalités particulières, individuelles, concrètes ², saisies dans leur durée et dans leur devenir : elle est donc *descriptive* dans une large mesure.

Il résulte de ces considérations que l'histoire est une discipline intellectuelle irremplaçable : elle offre un correctif à la mentalité du pur mathématicien (p. 80), car elle exige un esprit sensible aux nuances, à la variété des types humains et à la complexité des choses. Elle fait contrepoids à notre passion de l'absolu en nous enseignant le relatif et la vie, et « nous contraint à raisonner à partir d'un réel mouvant, nuancé et complexe, comme tout ce qui est humain ³ ».

¹ Louis Halphen, *Introduction à l'histoire*, Paris 1946, p. 8.

² Par réalité concrète, nous entendons une réalité pourvue de toutes ses déterminations. Par exemple, l'esprit d'un homme, ses décisions, son courage, son intelligence, sont choses concrètes au suprême degré. Il est absolument faux de croire que le concret est exclusivement ce qui tombe sous les sens, ce qui peut se voir et se toucher. Sans doute, un certain caillou est concret, mais les réalités spirituelles, immatérielles, le sont tout autant.

Au concret s'oppose l'abstrait. Une idée ou une conception sont dites abstraites lorsque, pour les obtenir, on a dû laisser tomber un certain nombre de déterminations (ce qu'on nomme en logique des éléments de leur compréhension). Ainsi l'idée d'arbre est abstraite, puisque la forme des feuilles, la nature de l'écorce, etc., ne sont pas spécifiées, et qu'elle convient à tous les arbres, au sapin comme au chêne (p. 21).

³ Louis Halphen, *ouvr. cité*, p. 76.

En plus de l'intelligence raisonnante, elle réclame un don de sympathie, comme l'affirmait MICHELET (1798-1874), pour saisir ce qu'ont senti et pensé d'autres hommes et pour élargir ainsi notre notion de l'humanité¹.

APPENDICE

69. L'étude des phénomènes inaccoutumés. — A côté des phénomènes dûment classés et étiquetés, faisant partie de sciences élaborées depuis longtemps, il en existe d'autres, inaccoutumés ou étranges, anciennement nommés « phénomènes occultes », au sujet desquels on discute parfois encore violemment pour savoir s'ils sont illusoires ou réels. L'historien rencontre à chaque pas de ces phénomènes, prodiges ou miracles, et ne sait pas toujours quelle attitude prendre à leur endroit et comment leur appliquer la notion de vraisemblance. Bien que la science officielle les écarte, certains savants

¹ On oppose souvent philosophie à histoire, la philosophie s'occupant, dit-on, de ce qui est éternel, intemporel et nécessaire, et l'histoire de ce qui passe, de ce qui est contingent, c'est-à-dire de ce qui aurait pu ne pas être. Nous ne pouvons nous étendre sur ce parallèle qui demanderait de longs développements. Bornons-nous à signaler que la philosophie contemporaine s'attache de plus en plus au caractère historique de la réalité, au temps et à la durée (philosophies de Bergson et de Croce, et philosophies existentialistes), et remarquons que la philosophie prend pour objet le réel pourvu de toutes ses déterminations, donc le concret, tout comme l'histoire, alors que les sciences ne retiennent que des aspects sélectionnés du réel, des abstractions. Nous assistons donc de nos jours à un rapprochement entre philosophie et histoire, dont le petit ouvrage d'Eric Dardel, *L'histoire, science du concret*, Paris 1946, offre un intéressant témoignage.

s'efforcent de les classer et d'édifier des méthodes de recherche pour les intégrer, si possible, au domaine scientifique, mais leur étude est à la fois si peu poussée et si malaisée qu'elle n'est pas encore entrée dans une phase véritablement scientifique. Tout le monde a entendu parler, par exemple, de la *métapsychique* « qui a pour objet des phénomènes physiques ou psychologiques dus à des forces qui semblent intelligentes ou à des facultés inconnues de l'esprit ¹ ».

Nous tenons à signaler les judicieux conseils méthodologiques donnés par le psychologue suisse THÉODORE FLOURNOY (1854-1920) qui s'est illustré dans ce genre d'études. Il énonce en tout quatre principes : les deux premiers concernent l'établissement de la réalité des faits, et les deux derniers la recherche de l'explication de ces faits.

Les deux premiers se font équilibre, en quelque sorte, en mettant en garde le chercheur à la fois contre l'attitude purement négative de l'esprit fort et contre la crédulité aveugle du naïf.

1. *Le principe d'Hamlet* ², selon lequel tout est possible. Le véritable esprit scientifique ne doit pas, avant d'avoir étudié la question, affirmer dogmatiquement que tel ou tel phénomène ne saurait se produire, en arguant par exemple que « ce serait contraire aux lois scientifiques », car on ne connaît évidemment pas toutes les lois scientifiques, la science n'étant jamais achevée.

¹ René Sudre, *Introduction à la métapsychique humaine*, p. 50.

² Th. Flournoy, *Esprits et médiums*, p. 215. — Dans la tragédie shakespearienne, Hamlet prononce, en s'adressant à son ami, ces paroles souvent citées : « Il y a plus de choses dans le ciel et sur la terre, Horatio, que n'en rêve votre philosophie ».

2. *Le principe de Laplace* : « Le poids des preuves doit être proportionné à l'étrangeté des faits ¹ ». Plus un phénomène est surprenant, plus il convient d'être exigeant pour justifier sa réalité.

3. *Le principe de l'économie des causes*. « La méthode scientifique exige que l'on ne fasse pas appel à des facteurs nouveaux, tant que ceux que nous connaissons suffisent pour l'explication des faits ². » En d'autres termes, on ne doit pas recourir à des causes surnaturelles (théorie spirite, par exemple) lorsque les causes naturelles suffisent à rendre compte du phénomène.

4. « *L'onus probandi*, la charge de la démonstration, revient aux partisans du supranormal, non à ceux des explications ordinaires : c'est aux premiers à établir positivement que les œuvres obtenues par leurs médiums échappent aux lois normales ³. »

Les phénomènes dont nous parlons sont rarement susceptibles d'être répétés à volonté, aussi convient-il d'unir les méthodes historiques et judiciaires de *critique des témoignages* aux méthodes de contrôle instrumental propres aux laboratoires.

¹ Th. Flournoy, *Des Indes à la planète Mars*, p. 345, et *Esprits et médiums*, p. 216. Le grand astronome et mathématicien Laplace (1749-1827) a énoncé à la fois les principes 1 et 2 dans son *Essai philosophique sur les probabilités*. « Nous sommes si éloignés de connaître tous les agents de la nature et leurs divers modes d'action, qu'il ne serait pas philosophique de nier les phénomènes uniquement parce qu'ils sont inexplicables dans l'état actuel de nos connaissances. Seulement, nous devons les examiner avec une attention d'autant plus scrupuleuse qu'il paraît plus difficile de les admettre. » (2^e éd., p. 110.)

² *Esprits et médiums*, p. 238.

³ *Ibid.*, p. 333.

CHAPITRE IX

Les procédés généraux de la pensée et conclusions

70. **L'intuition et la pensée discursive.** — Nous avons étudié jusqu'à maintenant les méthodes propres aux diverses sciences, méthodes qui varient avec l'objet des sciences. Comme l'esprit humain est *un*, nous retrouvons dans toutes les sciences l'emploi des mêmes procédés généraux de la pensée : *intuition et pensée discursive, analyse et synthèse*, dont il nous reste à dire quelques mots.

Dans la pensée vivante se mêlent constamment deux modes de connaissance : tantôt la pensée procède par une saisie *immédiate et directe* de son objet, nommée *intuition*, tantôt elle s'empare des produits de l'intuition pour les élaborer en les soumettant à de multiples opérations intellectuelles : analyses, synthèses, comparaisons, raisonnements. Dans ce cas, la pensée progresse *d'un jugement à un autre* et se développe par une série de démarches *successives* : c'est la *pensée discursive* (qui procède par discours).

Nous n'avons pas à revenir ici sur la pensée discursive dont les différentes espèces ont été étudiées dans le cours de *Logique formelle* (déductions immédiate et syllogistique) et dans le présent cours (déduction mathématique et induction expérimentale, Nos 19, 21, 37, 38, 39).

L'intuition est donc la connaissance immédiate et directe d'un objet de pensée (sensation, désir, souffrance, idée, rapport, etc.).

Il existe différentes espèces d'intuitions.

L'intuition sensible est à l'origine de notre connaissance du monde extérieur, empirique aussi bien que scientifique. Par la vue nous avons la sensation de certaines taches colorées qui se limitent les unes les autres; grâce à l'ouïe, nous entendons certains bruits ou sons, etc. Lorsque nous *percevons* un objet, nous dépassons déjà l'intuition sensible : nous coordonnons des sensations entre elles et leur ajoutons des souvenirs de sensations, si bien que la connaissance n'est plus immédiate (voir *Psychologie* : La perception).

L'intuition psychologique porte sur les états de conscience qui sont connus directement par le sujet : sentiments, désirs, souvenirs, douleurs, jugements, etc. On appelle conscience intellectuelle ce pouvoir que nous avons de saisir immédiatement nos propres états psychiques. Cette intuition sert de base à la psychologie (introspection ou méthode subjective).

Remarque. — On peut considérer l'intuition sensible comme un cas particulier de l'intuition psychologique. Nous ne connaissons le monde extérieur que par les impressions qu'il fait sur nous, par les sensations qui sont des états de conscience.

L'intuition rationnelle ou intellectuelle porte sur des rapports, des idées¹. Un rapport n'est pas une chose, mais la liaison entre des choses, liaison qui est de la nature de la pensée (la notion de rapport est indéfinissable). Une loi, nous l'avons vu, est un rapport. Ce qui fait qu'un triangle est équilatéral, c'est la nature du rapport entre les longueurs des trois côtés : rapport d'égalité. Comprendre ce qu'est un triangle équilatéral revient à saisir ce rapport par une intuition intellectuelle. Un jugement affirme un rapport entre deux concepts ou idées. Dire « ce fruit est mûr » revient à établir un rapport d'attribution entre ce fruit (représenté par un concept singulier) et l'idée de maturité. Nous avons vu également que le concept suppose des

¹ Descartes, s'inspirant des mathématiques, a uni l'intuition rationnelle à sa notion de l'évidence : « J'entends par intuition, non la croyance au témoignage variable des sens ou les jugements trompeurs de l'imagination, mauvaise régulatrice, mais la conception d'un esprit sain et attentif, si facile et si distincte, qu'aucun doute ne reste sur ce que nous comprenons ; ou bien, ce qui est la même chose, la conception ferme qui naît dans un esprit sain et attentif des seules lumières de la raison... Ainsi chacun peut voir par intuition qu'il existe, qu'il pense, qu'un triangle se termine par trois lignes, qu'un globe n'a qu'une surface, et d'autres vérités semblables, qui sont plus nombreuses qu'on ne le croit communément, parce qu'on dédaigne d'appliquer son esprit à des choses si faciles. » (*Règles pour la direction de l'esprit*, règle III.) Pour lui, la valeur de la déduction est tout entière dans l'intuition qui en garantit chaque étape, la déduction étant comme une intuition détendue, décompressée.

La première règle de Descartes, dans le *Discours de la méthode*, concerne cette évidence intuitive, base de toute sa philosophie : « Ne recevoir jamais aucune chose pour vraie, que je ne la connusse évidemment être telle : c'est-à-dire, éviter soigneusement la précipitation et la prévention, et ne comprendre rien de plus en mes jugements que ce qui se présenterait si clairement et si distinctement à mon esprit, que je n'eusse aucune occasion de le mettre en doute. »

jugements qui le fondent (et qui en explicitent la compréhension et l'extension : *Logique formelle*). Donc comprendre le sens d'un concept, c'est avoir l'intuition intellectuelle des rapports qu'expriment ces jugements sous-entendus. Si je comprends la signification du concept étoile, je puis avoir l'intuition des divers jugements suivants : une étoile est un astre, un astre plus ou moins sphérique, à haute température, émettant des torrents d'énergie, etc... Antarès est une étoile, le Soleil est une étoile, etc... Sans doute tous ces jugements ont été le produit d'une lente élaboration où la pensée discursive a joué : néanmoins, au moment où je pense le concept étoile, l'intuition des rapports qu'expriment ces divers jugements doit pouvoir me revenir à l'esprit (indépendamment de savoir si ces rapports sont conformes à la réalité ou non). Cet exemple montre clairement que la compréhension d'un concept comporte des degrés, et qu'un astronome peut étayer le concept étoile d'un nombre beaucoup plus grand de jugements exacts que le commun des mortels. Le jugement est l'acte fondamental de la pensée : penser, c'est juger. Or, le jugement étant l'affirmation d'un rapport, il en résulte que penser c'est saisir des rapports par une série d'intuitions intellectuelles ou rationnelles. Pour penser ce que l'on dit, ces actes d'intuition sont nécessaires : sans eux on se livrerait à du pur verbalisme et on assemblerait des mots sans connaître leur contenu.

L'intuition inventive fait apparaître, dans une vision synthétique et confuse, soit la solution d'un problème, soit une hypothèse, qui demandent à être vérifiées ultérieurement (p. 13, 27, 104-107). Pareille intuition est souvent fort complexe : elle contient des raisonnements implicites et peut être l'aboutissement d'un long travail

de maturation intérieure, de nature inconsciente. Ce n'est que par extension que l'on peut parler d'intuition dans ce cas. Certains raisonnements en raccourci, en mathématiques par exemple, sont parfois pris pour des intuitions : en fait l'analyse peut les détailler en raisonnements où l'erreur se glisse facilement ¹.

L'intuition métaphysique nous ferait saisir la réalité profonde (BERGSON - voir *Initiation*, No 72), mais avec elle nous sortons du domaine de la connaissance scientifique qui est celui de la méthodologie.

En résumé, nous pouvons dire que l'intuition porte soit sur des *qualités* (intuitions sensible et psychologique), soit sur des *rappports* (intuitions rationnelle et inventive).

71. La solidarité de l'intuition et de la pensée discursive. — L'intuition et la pensée discursive se mêlent inextricablement et collaborent dans toute connaissance.

Pour le montrer, prenons deux exemples, le premier se rapportant à l'intuition de qualités et le second à celle de rapports.

¹ Voici un exemple caractéristique. Considérons 2 sphères, l'une très petite et l'autre colossale : disons, pour fixer les idées, que l'une a 1 cm de diamètre (une bille) et l'autre 1 400 000 km (dimension du soleil). Entourons chacune de ces sphères d'un fil adhérent à la sphère suivant un grand cercle et ayant exactement la longueur de ce grand cercle. Ajoutons à chacun de ces fils une longueur fixe, 1 m de fil par exemple, puis, après cette opération, disposons chaque fil autour de sa sphère suivant un cercle concentrique à celle-ci. Comme chaque fil s'est allongé d'un mètre et qu'il était auparavant au contact de sa sphère, il quitte celle-ci nécessairement et se maintient à une distance constante d'elle. Dans le cas d'une des sphères, cette distance sera-t-elle plus grande que dans le cas de l'autre, et, si oui, dans quel cas ? Sans faire le moindre calcul, que répond « l'intuition inventive » ?

Dans la connaissance du monde extérieur, la pensée discursive s'applique aux données sensibles (couleurs, formes, sons, etc.) pour les élaborer. La connaissance des objets physiques est le résultat d'une interprétation de sensations qui aboutit à une perception, et peut parfois être erronée, d'où les erreurs de perception (illusions d'optique, illusions tactiles, etc.). L'intuition fournit à la pensée discursive la matière qui lui est indispensable pour s'exercer. Sans intuitions, la pensée discursive n'aurait rien à coordonner, et par conséquent ne pourrait fonctionner ; sans sensations on ne connaîtrait rien du monde extérieur. Réciproquement, des intuitions éparses ne constituent pas une connaissance au sens complet du terme, car elles appellent inévitablement leur élaboration, leur organisation par la pensée discursive ; des sensations isolées ne signifient rien par elles-mêmes et ne nous font rien connaître.

Lors d'une démonstration mathématique, la pensée, en passant d'un jugement à un autre, doit chaque fois saisir par une intuition intellectuelle le rapport qu'exprime chaque jugement. Enfin l'intuition du but à atteindre doit orienter à chaque pas la marche de la démonstration, sans cela on ne pourrait aboutir. Si l'on mène par exemple, dans la démonstration de la page 65, une parallèle à BA par le point C, l'esprit doit forcément avoir l'intuition intellectuelle du rapport de situation que signifie la phrase « parallèle à BA par C », il doit devenir conscient de la signification de cette phrase. Mais pourquoi mener précisément cette parallèle ? Parce que la pensée conserve au cours de ses opérations discursives l'intuition du but à atteindre, du théorème à démontrer, sans quoi elle cheminerait au hasard.

Il est donc absurde d'opposer, comme on le fait parfois, « connaissance intuitive » à « connaissance discursive », puisque toute connaissance digne de ce nom suppose à la fois intuition et pensée discursive.

72. L'analyse et la synthèse. — Ce sont deux opérations intellectuelles complémentaires et fondamentales que l'on retrouve dans toutes les démarches de la pensée. D'une manière générale, *l'analyse est l'opération qui décompose un tout en ses éléments, et la synthèse l'opération inverse qui recompose un tout à partir de ses éléments.*

En *mathématiques*, le tout est le problème à résoudre ou le théorème à démontrer, les éléments sont les théorèmes antérieurement démontrés et les principes des mathématiques (définitions, axiomes, postulats). L'analyse consiste en une marche *régressive* de la pensée qui part de la proposition à établir et qui remonte jusqu'aux éléments dont la proposition résulte. La synthèse suit une marche *progressive* à partir des éléments pour établir les conséquences qui en découlent. En résumé, l'analyse remonte des conséquences aux principes, et la synthèse part des principes pour aboutir aux conséquences (voir démonstrations synthétique et analytique, p. 67) ¹.

¹ Deux des quatre règles que Descartes énonce dans le *Discours de la méthode*, en s'inspirant de la méthode mathématique, concernent l'analyse et la synthèse (voir la 1^{re} règle, p. 217) :

Règle de l'analyse (2^e règle). « Diviser chacune des difficultés que j'examinerais en autant de parcelles qu'il se pourrait, et qu'il serait requis pour les mieux résoudre. »

Règle de la synthèse (3^e règle). « Conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus aisés à connaître, pour monter peu à peu comme par degrés jusqu'à la connaissance des plus composés, et supposant même de

En *sciences expérimentales*, le tout est un fait concret qu'on cherche à expliquer, les éléments sont les lois expérimentales, les principes et les théories capables d'expliquer ce phénomène.

Donc, la synthèse joue par rapport à l'analyse le même rôle que la déduction par rapport à l'induction. On peut déduire l'apparition de certains faits en partant des lois : c'est une synthèse, puisqu'on progresse des éléments au tout. L'induction consiste à partir des faits concrets pris dans toute leur complexité pour établir des lois : c'est une analyse, puisqu'on part du tout pour aboutir aux éléments ¹.

En *histoire*, nous avons vu que l'analyse consiste en la critique des documents et des faits en vue de réaliser la synthèse historique, laquelle organise les renseignements recueillis pour reconstituer le tout qu'est l'ensemble des faits historiques tels qu'ils se sont déroulés.

Remarque I. — L'analyse et la synthèse, telles que nous les entendons ici, sont des opérations *mentales*.

l'ordre entre ceux qui ne se précèdent point naturellement les uns les autres. »

La 4^e règle est la conséquence des trois autres ; elle conduit à une vérification mentale : « Faire partout des dénombrcments si entiers et des revues si générales, que je fusse assuré de ne rien omettre. »

¹ A la p. 104 No 33 nous disons que l'hypothèse, et par conséquent la loi qui en résulte, ont un caractère synthétique : c'est vrai quand on envisage la loi par rapport aux faits que l'analyse a isolés et en se plaçant dans la phase d'*édification de la science*. Mais, *la science supposée constituée*, les lois, les principes et les théories sont les éléments de l'explication des phénomènes. Disons que l'induction, *prise en gros*, est une analyse par son orientation générale ; mais elle établit à son terme des lois qui ont un caractère synthétique.

Par contre, l'analyse d'un corps composé, comme le chimiste la conçoit quand il détermine la composition en éléments par une série de réactions, est une analyse *matérielle*, dont toute la signification est fournie par une activité mentale (pas seulement analytique) qui l'accompagne et la dirige. Pour connaître la composition d'un corps (sauf dans des cas exceptionnels, par exemple décomposition électrolytique de l'eau), on ne le dissocie pas en ses éléments chimiques, mais on procède en général par substitution d'un élément chimique du corps à analyser à un autre, appartenant à un composé dont on connaît parfaitement la constitution. L'analyse matérielle d'un corps en chimie s'accompagne donc d'une activité intellectuelle complexe, basée sur la connaissance des diverses réactions utiles à l'analyse chimique, et comportant des synthèses aussi bien que des analyses mentales.

Remarque II. — Il faut se garder de confondre les *éléments* d'un tout avec les *parties* de ce tout. Les éléments sont plus simples que le tout, alors que les parties sont aussi complexes que le tout.

Considérons une réalité matérielle, une table, par exemple. Les *éléments* de la table sont sa couleur, sa forme géométrique, le bois dont elle est faite, etc., bref, toutes les déterminations plus simples (qui ne sont pas nécessairement matérielles) en lesquelles cette table peut être analysée. On ne peut séparer matériellement de la table sa couleur ou sa forme géométrique, comme si la table pouvait rester privée de toute couleur et de toute forme géométrique. L'analyse qui décompose un tout en ses éléments est donc de nature mentale et porte sur des idées. Une *partie* de la table sera, par exemple, un pied, ou un copeau qu'on lui aura enlevé.

La partie est aussi complexe que le tout, elle comporte une couleur, une forme géométrique, une structure intérieure, etc., comme le tout.

Soit maintenant un phénomène naturel, une cascade par exemple. Les éléments de ce phénomène sont les lois et principes scientifiques susceptibles de l'expliquer, ainsi que les conditions particulières qui le déterminent : loi de la chute des corps, propriétés physiques de l'eau, hauteur de chute, etc. Une *partie* du phénomène est, par exemple, l'arrivée de l'eau sur les rochers, ou bien encore les gouttelettes qui imprègnent l'atmosphère, etc. Chacune de ces « parties » doit être analysée, décomposée en des lois et des principes scientifiques, si l'on veut l'expliquer.

Décomposer un tout en ses *parties*, ce n'est pas l'analyser, mais le *diviser*. La division est purement descriptive et non pas explicative. L'*analyse*, en décomposant un tout en ses *éléments*, fait connaître les rapports des éléments entre eux ; elle est explicative.

73. La solidarité de l'analyse et de la synthèse. — Le progrès de la pensée s'effectue suivant un rythme qui fait succéder l'analyse à la synthèse et la synthèse à l'analyse ; chaque phase prépare la suivante et la rend possible. La pensée part toujours d'une intuition complexe et confuse, donc d'une synthèse vague¹. Puis elle analyse cette synthèse initiale pour en préciser le contenu qu'elle dissocie en éléments bien déterminés.

¹ Comme « la vie n'attend pas » et que les choses sont d'une complexité prodigieuse, l'homme doit parfois agir en se fondant uniquement sur ces synthèses vagues qui ne donnent que des renseignements globaux et des impressions d'ensemble, toujours sujets à caution.

Enfin, une synthèse finale est nécessaire pour vérifier les résultats de l'analyse à la lumière de la conscience, au moyen de la pensée discursive cette fois. Cette dernière synthèse doit mettre en évidence les rapports que soutiennent entre eux les éléments précisés et dégagés par l'analyse. Aux ensembles confus qu'offre l'expérience, la pensée tend à substituer des synthèses précises faites d'éléments nettement définis : les synthèses finales n'ont de valeur que si l'analyse a été poussée vigoureusement et correctement (voir p. 97 No 31 et p. 104 No 33). L'analyse approfondie d'un problème permet parfois d'en dégager des aspects nouveaux et insoupçonnés, elle brise les routines et fait sortir des chemins battus, d'où l'importance considérable de cette opération mentale. Toute invention exige une analyse préalable serrée, une dissociation des éléments pour les faire entrer dans la création visée (voir *Psychologie : L'imagination créatrice*).

En résumé, la pensée part toujours du complexe : à une synthèse-intuition confuse succède une analyse clarifiante qui est couronnée par une synthèse vérificatrice. Naturellement, si la dernière synthèse comporte encore — comme cela est presque inévitable — des parties obscures, le rythme se poursuit, une nouvelle analyse, puis une nouvelle synthèse se succèdent, etc.

Voici quelques exemples. La vision d'un paysage donne une impression d'ensemble confuse (impression synthétique) qui plaît ou déplaît immédiatement. Ce n'est que par la suite qu'on est capable d'analyser les différentes parties du paysage et d'en discerner les éléments. Enfin, si l'on se propose de reproduire ce paysage par un dessin, il convient de faire la synthèse des divers détails précisés par l'analyse (on ne pourrait

pas dessiner un paysage dont on n'a qu'une impression globale et confuse).

Une personne que nous rencontrons pour la première fois produit également sur notre esprit une impression d'ensemble fort complexe — sympathique ou antipathique — qu'il faut un certain temps pour analyser. Si nous nous proposons d'expliquer la conduite de cette personne, nous devons faire la synthèse des différents éléments de son caractère dégagés par l'analyse.

En résumé, toute pensée est formée d'une succession d'analyses et de synthèses.

On peut se demander si l'analyse est entièrement légitime dans des domaines où le tout commande des éléments étroitement solidaires les uns des autres, comme en biologie, en psychologie et en sociologie (p. 127, 172, 175, 176), et si elle ne conduit pas à fausser notre représentation de la réalité. Un redoublement de précautions dans l'analyse est alors indiqué.

74. Les esprits analytiques et synthétiques. — Tout esprit utilise nécessairement l'analyse et la synthèse, mais tel esprit particulier pratique plus habilement un des modes de la pensée que l'autre, d'où la distinction entre *esprits analytiques* et *esprits synthétiques*. Les esprits qui sont portés à l'analyse se font remarquer par la précision, l'exactitude, la netteté, la pénétration, mais manquent d'ampleur et pèchent volontiers par indécision, par impuissance à organiser le résultat de leurs recherches. Les esprits synthétiques peuvent construire de vastes panoramas intellectuels bien ordonnés : leur défaut provient de ce qu'ils n'analysent pas suffisamment les éléments dont ils se servent pour édifier leurs synthèses. Les premiers sont surtout frappés

par les différences et les oppositions, alors que les seconds sont portés à remarquer les analogies.

Les esprits équilibrés excellent également dans l'analyse et dans la synthèse : tels furent ARISTOTE, LEIBNIZ, CLAUDE BERNARD, etc.

Le psychologue FR. PAULHAN (1856-1931) écrit : « Si l'écueil de l'analyste qui pousse à l'excès ses décompositions est une sorte d'impuissance subtile et fine, l'écueil de l'esprit synthétique est la puissance mal employée, la force maladroite et grossière. Et de même l'avantage du premier est d'arriver à posséder de bons matériaux — qu'il ne sait pas toujours employer — l'avantage du second est de savoir employer ceux qu'il a — sans être toujours capable de s'en procurer de bons. Et toujours nous apparaît ce rôle complémentaire des deux types qui ne se suffisent ni l'un ni l'autre à eux-mêmes ¹. »

75. La vérité et l'erreur. — *La vérité et l'erreur sont des propriétés de nos jugements.* Il faut se garder de confondre, par exemple, vérité et réalité. Il ne peut y avoir vérité ou erreur que lorsqu'il s'agit de la réalité connue, c'est-à-dire d'une *affirmation* au sujet de la réalité, donc d'un *jugement* (voir p. 217) ou d'une *proposition*, la proposition étant un jugement exprimé. La réalité en elle-même n'est ni vraie ni fausse : elle « est » (ou existe) tout simplement.

On définit parfois sommairement la vérité (non formelle) comme l'accord de la pensée avec la réalité. Remarquons que la vérité d'une certaine proposition

¹ Fr. Paulhan, *Analystes et esprits synthétiques*, Paris, 2e éd., 1928, p. 169.

dépend non seulement de sa confrontation avec la réalité, mais encore des rapports complexes qu'elle soutient avec une foule d'autres propositions engagées dans un système¹. C'est l'ensemble du système qui doit être en accord avec la réalité, et non pas un seul point particulier.

On peut se rendre compte aisément de ce fait lorsqu'on visite une exposition d'ordre scientifique et qu'on cherche à comprendre le fonctionnement d'un appareil destiné à mettre en évidence une certaine loi. Un profane, devant une expérience quelque peu compliquée, peut écouter très attentivement les explications vulgarisées du démonstrateur et ne jamais les comprendre parfaitement, *faute de saisir l'étroite solidarité de l'ensemble des propositions scientifiques sur lequel repose l'expérience en question*. L'étude de cette solidarité peut exiger des semaines ou même des mois de travail. Prenons, par exemple, la proposition « le phosphore fond à 44° ». Le phosphore désigne un genre et non pas une réalité singulière : on reconnaît un genre à ses propriétés, donc des analyses chimiques doivent nous attester qu'il s'agit bien de phosphore, et de phosphore d'un certain degré de pureté, sinon l'expérience serait faussée. Pour savoir si le corps que nous avons déterminé fond à 44°, il nous faut contrôler le thermomètre dont nous disposons, et cela met en jeu les lois de la physique (comme tout à l'heure nous devons être au courant de certaines réactions chimiques) ; peut-être devons-nous remonter au thermomètre à gaz et en connaître la théo-

¹ A moins qu'elle n'exprime une constatation quasi immédiate comme « il pleut ici et maintenant », mais les propositions scientifiques n'expriment jamais des constatations immédiates et particulières.

rie. Bref, la proposition simple que nous avons donnée en exemple exige, pour être établie ou vérifiée, des connaissances théoriques en physique et en chimie, qui, elles-mêmes, reposent sur de multiples expériences.

Donc, *la vérité d'une proposition scientifique dépend à la fois des rapports qu'elle soutient avec un vaste ensemble de propositions (théorie) et des rapports multiples de cet ensemble avec la réalité (contrôlés par l'expérimentation ou l'observation).*

Nous retrouvons toujours l'étroite solidarité de l'expérience et de la théorie, du fait et de l'élaboration intellectuelle, que nous avons déjà souvent signalée (p. 96-97, 99-100, 112-113).

Si, à proprement parler, il n'est pas possible de définir la vérité et l'erreur, on peut dire, avec ARNOLD REYMOND, que le jugement vrai désigne une *position unique* par rapport au réel ($3 \times 5 = 15$), alors que le jugement faux autorise un nombre indéfini de positions ($3 \times 5 = 2, 3, 4, \dots 13, 14, 16, 17, \text{etc}$)¹.

76. Comment pratiquement diminuer les chances d'erreur. — Laissons de côté le problème de la nature de la vérité et de l'erreur pour envisager la question du point de vue pratique : comment, dans la connaissance scientifique, pouvons-nous autant que possible éviter l'erreur et parvenir à la vérité ?

Tout d'abord il est clair qu'il n'existe aucune méthode sûre permettant d'éviter absolument l'erreur. La recherche scientifique est chose si complexe et si difficile, les détours que suit l'esprit au choc d'une difficulté sont

¹ Arnold Reymond, *Philosophie spiritualiste*, Lausanne 1942, T. I, p. 115.

si subtils, et surtout les propositions scientifiques s'entrelacent dans une si étroite solidarité que toute prétention d'atteindre à coup sûr à la vérité est absurde (sans parler du fait que, dans les sciences de la nature, il n'est jamais question que d'approximations). Remarquons aussi qu'une proposition scientifique fautive peut envelopper des éléments très complexes et contenir tout de même quelque vérité, ou être fautive dans une certaine théorie et vraie dans une autre, puisque c'est toujours le système où entre une proposition qui lui donne sa signification (p. 112). Aussi une proposition fautive peut-elle dans certains cas être de quelque utilité pour conduire finalement au vrai. Souvent l'erreur est une simplification outrancière qui, tout en masquant un aspect de la réalité, met en évidence un autre aspect non moins réel, ce qui peut être utile pour sérier les difficultés. La théorie ondulatoire de la lumière de FRESNEL s'oppose à la théorie de l'émission de NEWTON, alors que la mécanique ondulatoire de l'onde-corpuscule de LOUIS DE BROGLIE, synthétise les deux théories partielles tout en les transformant. On ne conçoit pas que la science ait pu débiter par la complexe théorie de la mécanique ondulatoire ! (Nous avons insisté sur la fécondité de l'erreur, p. 106.)

Contentons-nous de conseils pratiques et généraux qui tendent à diminuer les chances d'erreur, et commençons par des indications historiques.

FRANCIS BACON a classé d'une façon fort ingénieuse, et en termes poétiques, les différentes causes d'erreurs. « D'un mot, la méthode baconienne c'est la méthode de l'expérience. L'expérience, c'est bientôt dit. Pour s'y engager et s'y tenir, l'esprit doit vaincre les obstacles qu'il porte au dedans de lui-même et ceux qu'il ren-

contre sur son chemin, tendances naturelles de l'intelligence, préjugés de l'époque. Il fallait donc d'abord détruire ces « idoles » : c'est ainsi que dans son style ami de l'image Bacon nomme les causes de l'erreur humaine. Idole de la tribu, idole de la caverne, idole de la place publique, idole du théâtre, la théorie des idoles compose un nécessaire préambule critique à l'usage de la méthode expérimentale. Les *idoles de la tribu* tiennent à la nature spécifique de l'intelligence humaine, elles figurent les déformations que cette intelligence fait subir aux choses par amour exagéré de l'ordre, dogmatisme inné, attachement aux idées acquises, penchant à tenir pour vrai ce qui nous agréé, illusionisme des sens, goût des abstractions. Ce sont des singularités personnelles qui se trouvent au principe des *idoles de la caverne*¹ : les prédilections passionnées de l'esprit, ses dispositions individuelles, la timidité qui fait des uns les esclaves du passé, la folle inquiétude qui jette les autres dans toutes les nouveautés, tels sont les plus dangereux de ces fantômes qui s'agitent dans notre for intérieur. Quant aux *idoles de la place publique*, elles représentent les méfaits du langage, instrument grossier créé pour les relations sociales, non point pour l'analyse philosophique. Tantôt les mots sont vides de sens, désignant des abstractions inexistantes ; tantôt, imprécis et vagues, ils ne revêtent qu'une confuse réalité. Enfin voici, s'avancant sur les tréteaux pour la parade, les plus voyantes et les plus bruyantes aussi des idoles, les *idoles du théâtre* : fausses théories des philo-

¹ Allusion à la caverne de Platon. Pour Bacon, chaque individu habite un monde à lui qui serait comme une caverne, à l'intérieur de laquelle la réalité lui apparaîtrait déformée d'une manière particulière.

sophes, méthodes trompeuses, ici les anciens et la scolastique, là les alchimistes, les astrologues et les adeptes de la magie ¹. »

DESCARTES recommande d'éviter « la précipitation et la prévention » dans la recherche, et donne les quatre règles que nous avons vues pour y parvenir plus aisément (p. 217, 221).

Des séries d'expériences sont sans valeur et ne donnent aucun résultat utilisable, simplement parce qu'on a négligé d'établir avec précision leurs conditions initiales, ceci par « précipitation » et impatience d'aboutir. Par exemple, si plusieurs échantillons de matière doivent subir chacun un traitement différent et que l'on néglige de s'assurer, avant de commencer, que les échantillons sont identiques entre eux, on ne peut jamais savoir si la différence des résultats provient de la différence des traitements ou de celle des échantillons. Moins de précipitation aurait permis de gagner du temps, puisque le temps employé pour des expériences inutilisables est définitivement gâché !

La prévention a retardé la marche de la science tout au long de son histoire : celui qui a l'esprit prévenu, qui possède des préjugés, ne le sait pas ou ne veut pas en convenir et risque d'asservir la recherche et d'en fausser les résultats. Les plus illustres savants ne sont pas exempts de ce défaut : voilà qui doit nous rendre à la fois modestes et circonspects. LAVOISIER affirmait péremptoirement, que les aérolithes ne pouvaient pas être des pierres tombées du ciel, « parce que dans le ciel il n'y a pas de pierres ! »

¹ François Bacon (extraits de son œuvre), introduction par J. Trabucco, La renaissance du livre, Paris, p. 26.

Pour éviter l'erreur, il faut tenter de soustraire notre pensée à l'influence de nos passions, de nos préjugés, de nos préférences : il faut être capable de désintéressement. La culture du désintéressement n'est pas le fait de la passivité, mais exige un grand effort, une attitude active pour dominer l'égoïsme et la vanité, pour réaliser la maîtrise de soi.

Toute proposition précise — qui ne comporte en elle aucune indétermination — est nécessairement vraie ou fausse, mais nous ne pouvons pas toujours savoir avec certitude si une proposition déterminée est effectivement vraie ou fausse. La vérité et l'erreur sont des propriétés des propositions comme telles ; nous attribuons aux propositions un degré de probabilité plus ou moins élevé, qui va jusqu'à la certitude, suivant l'état de notre esprit relativement à ces propositions. Ainsi, une proposition que nous jugeons douteuse est, en elle-même, nécessairement vraie ou fausse : nous la déclarons douteuse par suite de notre incapacité momentanée ou durable de la vérifier rigoureusement.

Le bénéfice d'une bonne culture scientifique et philosophique est le développement de l'*esprit critique*, lequel permet de distinguer nettement ce que l'on sait d'une façon certaine, ce que l'on croit savoir, ce qui est simplement probable, ce qui n'est qu'une pure possibilité.

En l'absence de raisons valables de conclure dans un sens ou dans un autre, il faut savoir *suspendre son jugement*, c'est-à-dire ne pas vouloir conclure à tout prix : voilà ce qu'enseigne l'esprit critique. L'amour de la certitude peut éloigner de la vérité : il engendre la « précipitation » doublée souvent de « prévention », ces deux maîtresses d'erreur dont parle DESCARTES. C'est un signe

incontestable de force d'esprit que d'être capable de supporter le doute quand on ne peut honnêtement y échapper.

La science nous apprend que la vérité n'est pas le résultat de la contemplation toute passive d'un modèle immuable : *la vérité scientifique est une conquête ardue et jamais achevée.*

77. La science classificatrice et la science fonctionnelle¹. — Une science est toujours descriptive avant d'être explicative, elle classe d'abord les êtres et phénomènes qu'elle décrit avant de rechercher des lois (p. 130). Dans l'antiquité, la science — réserve faite des mathématiques — était avant tout un système de classification des réalités, une connaissance modelée par le langage et par les habitudes verbales. A ses débuts, la pensée scientifique était asservie à la perception et à son caractère *qualitatif* (physique qualitative d'ARISTOTE) Le monde apparaissait à Aristote et aux scolastiques comme un immense emboîtement de genres et d'espèces: expliquer une réalité, c'était la faire entrer dans l'espèce qui la contient, puis cette espèce dans son genre, etc. Par ce procédé, on ne peut rendre compte du détail des phénomènes ou des êtres, car, sachant que telle espèce rentre dans tel genre, on ne peut connaître que les caractères déterminés par ce genre ; les autres peuvent varier au hasard. De même les caractères proprement individuels d'un individu restent inexplicables :

¹ Dans ce numéro et dans les suivants nous nous référerons toujours à la physique en parlant de science moderne, car elle est la science expérimentale la plus développée et celle dont la méthode se dégage le plus clairement.

par exemple ce qui distingue deux chevaux l'un de l'autre ne peut s'expliquer par leur appartenance à la même espèce. Une pareille science n'a guère de précision, et Aristote admettait que la nature peut engendrer des fantaisies qui échappent à la détermination scientifique (des monstres, par exemple).

Le progrès scientifique a toujours consisté à dépasser le stade purement descriptif pour atteindre à l'explication proprement dite. La description constate simplement ce qui est, alors que l'explication montre, au moyen de fonctions mathématiques si possible, l'étroite solidarité qui existe entre les différents éléments du réel. Prenons, par exemple, le système formé par une lentille convergente et une lentille divergente. On peut, après de nombreuses expériences, *décrire* les résultats obtenus, sans comprendre pourquoi ils sont ainsi plutôt qu'autrement. On peut aussi construire l'optique géométrique concernant les lentilles à partir de la seule loi de la réfraction, et montrer par le calcul, au moyen de cette optique géométrique, pourquoi les résultats sont ce qu'ils sont : suivant la disposition des lentilles, on obtient une lunette de Galilée (jumelles de théâtre), une loupe de Brücke ou un téléobjectif photographique. Il est donc possible d'*expliquer* les divers effets obtenus en les déduisant tous de l'unique loi de la réfraction, et même de prévoir des effets non encore expérimentés qui seront expliqués du même coup.

Depuis l'époque moderne (DESCARTES), les sciences de la nature tendent à revêtir de plus en plus une expression mathématique et à s'attacher par conséquent aux déterminations quantitatives du réel. La perception n'est plus consultée globalement dans ses données qualitatives, mais le monde est *reconstruit quantitativement*

à partir de la lecture des échelles graduées des instruments de mesure. Derrière le monde sensible, la science recherche un monde intelligible fait de rapports complexes de grandeurs, de fonctions mathématiques. Ainsi la lumière qui donne la sensation du jaune est considérée comme une vibration de nature électro-magnétique d'une fréquence de 500 trillions de vibrations par seconde et d'une longueur d'onde de 0,0006 millimètre. On substitue donc à la sensation du jaune ces nombres que l'on peut comparer aux nombres correspondant aux autres radiations et établir de cette manière des *rapports maniables* entre les phénomènes par l'intermédiaire des mesures. La physique considère encore des radiations invisibles qui ne tombent qu'indirectement sous les sens et dont elle mesure les caractéristiques tout comme les radiations de la lumière visible (rayons infra-rouge, ultra-violet, X, etc.) ; elle introduit ainsi dans l'univers une continuité que la perception est incapable de nous donner (p. 101).

La science moderne n'est plus classificatrice seulement ; elle est fonctionnelle et cherche à enserrer avec rigueur le monde matériel dans un vaste et complexe réseau de relations, de fonctions mathématiques.

78. Les tendances rationaliste et empiriste de la science. — Nous avons vu les écoles philosophiques désignées par les termes d'empirisme et de rationalisme (p. 47). Ici nous ne nous occupons pas du problème de l'origine de la raison, mais de deux tendances opposées de la science que nous allons préciser.

Selon la *tendance rationaliste*, appelée aussi *aprioriste*, l'esprit partirait de principes rationnels, définiti-

vement acquis, pour déduire tous les phénomènes naturels. D'après cette conception, le rôle de l'expérience est aussi réduit que possible : il consiste tout au plus à montrer laquelle de deux hypothèses également plausibles et déduites d'un même principe est réalisée en fait dans la nature. (DESCARTES, bien qu'il reconnaisse une certaine valeur à l'expérience, donne dans l'apriorisme).

Selon la *tendance empiriste* (ne pas confondre avec la connaissance empirique dont nous avons parlé, p. 15), les faits s'inscriraient d'eux-mêmes dans l'esprit qui les enregistrerait passivement, sans déployer une activité propre. La science serait engendrée par la seule vertu de l'expérience, comprise comme nous venons de le spécifier.

Tout ce que nous avons dit dans ce cours montre le caractère insoutenable de la conception empirique de la science : l'esprit du savant est toujours actif, il opère, par sa propre initiative, des choix, des constructions. « Le savant doit ordonner ; on fait la science avec des faits comme une maison avec des pierres ; mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierre n'est une maison ¹. »

La science moderne est aussi éloignée de l'apriorisme radical que de l'empirisme. Elle ne conçoit plus l'expérience comme un enregistrement passif des faits : la raison *informe* l'expérience, et celle-ci est toute pénétrée de raison, ou, comme le dit excellemment CLAUDE BERNARD : « L'expérience est le privilège de la raison ². »

Un équilibre remarquable s'est finalement établi entre les plus audacieuses *constructions théoriques* d'une part

¹ Henri Poincaré, *La science et l'hypothèse*, p. 168.

² *Ouvr. cité*, 1re partie, ch. I, § 2.

et, d'autre part, le contact permanent avec l'expérience, le souci de la *vérification* précise et du *contrôle* perpétuel.

Donnant satisfaction à la *tendance empiriste*, les développements de la physique la plus récente ont montré « *qu'il n'est pas de notion qui demeure indéfiniment valable, lorsqu'on s'écarte de plus en plus des conditions expérimentales où elle s'est formée*¹ ». Ainsi les notions de temps et d'espace, élaborées à notre échelle, cessent d'être valables à l'échelle des constituants des atomes.

Comme Antée qui reprend des forces en touchant sa mère la Terre, le savant, même mathématicien, a l'esprit fécondé au contact du monde réel : ce sont les physiciens qui très souvent posent aux mathématiciens de nouveaux problèmes suggérés par leurs propres recherches, problèmes destinés à enrichir le champ des mathématiques, et que les mathématiciens n'auraient jamais pu imaginer par eux-mêmes, en méditant en vase clos (p. 23-24).

En contact avec le réel au moyen d'expériences dirigées par la raison, la science moderne progresse en corrigeant sans cesse ses points de départ et en revisant ses principes qui ne sont jamais définitivement acquis.

La *tendance rationaliste* est affirmée avec un éclat extraordinaire par les audacieuses constructions théoriques à partir desquelles on peut déduire des lois nouvelles qui naissent ainsi directement sous forme intelligible (p. 94). Ce pouvoir de la théorie de devancer l'expérience sur certains points a été brillamment mis en lumière par les théories récentes de la relativité et des quanta.

¹ Jean Perrin, *Les éléments de la physique*, p. 11.

« L'empirisme et le rationalisme sont liés, dans la pensée scientifique... *l'un triomphe en donnant raison à l'autre* : l'empirisme a besoin d'être compris ; le rationalisme a besoin d'être appliqué... On prouve la valeur d'une loi empirique en en faisant la base d'un raisonnement. On légitime un raisonnement en en faisant la base d'une expérience ¹. »

Une raison de cette solidarité étroite de l'expérience et de la théorie est le fait que les notions les plus immédiatement accessibles ne sont pas celles dont la puissance explicative est la plus grande : les notions vraiment fondamentales, aptes à opérer la synthèse de vastes ensembles de faits, sont dissimulées, et seul un approfondissement théorique permet de les amener au jour (exemples : entropie, constante de Planck, etc.).

L'apport expérimental croissant (expression de la tendance empiriste) fournit un amoncellement de faits : si l'on ne parvenait pas de temps à autre à les synthétiser par de puissantes théories unifiantes (triomphe de la tendance rationaliste), l'esprit humain serait écrasé sous l'abondance de ses acquisitions de détail. C'est par une sorte de balancement rythmique que ces tendances complémentaires se prêtent un mutuel appui.

Les notions scientifiques, lois, théories et principes, sont toujours sujettes à révision au contact des faits, car la science forme un tout dont les éléments sont étroitement solidaires et qui, par conséquent, réagissent les uns sur les autres. C'est ce qu'une doctrine de philosophie des sciences, nommée *idonéisme*, a mis vigoureusement en lumière : « Tous les éléments de la connaissance sont entraînés par leur progrès dans une

¹ Gaston Bachelard, *La philosophie du non*, Paris 1940, p. 5.

évolution qui les précise et les différencie. La science n'est pas un édifice que l'on bâtit en mettant simplement pierre sur pierre. C'est un organisme vivant dont chaque partie reflète le tout. Autant que la recherche, la critique et la revision de ses propres fondements sont sa loi¹. »

La science moderne reste ouverte et se caractérise par un *rationalisme souple et dynamique* qui échappe à la fois au dogmatisme et au scepticisme. « Douter de tout ou tout croire, ce sont deux solutions également commodes, qui l'une et l'autre nous dispensent de réfléchir². »

79. Les limites de la science. — La science est une admirable école de probité intellectuelle, de solidarité internationale, de modestie, de patience et de persévérance. Elle nous enseigne qu'il ne faut pas croire que ce qui nous est familier est nécessairement simple et évident : nous devons sans cesse lutter contre des habitudes mentales pernicieuses — contre des idoles, comme dit Bacon — pour parvenir à la vérité scientifique. Salubre discipline intérieure que celle-là ! Mais quelles que soient la haute valeur éducative de la science et l'utilité de ses innombrables applications, il faut se garder de croire que tout problème peut se résoudre scientifiquement et que seuls sont légitimes les problèmes scientifiques : pareille illusion caractérise ce que l'on nomme le *scientisme*. Une judicieuse culture philosophique doit justement nous en préserver.

¹ Ferdinand Gonseth. Voir l'Appendice p. 243, qui développe l'idonéisme ou la méthodologie dialectique.

² Henri Poincaré, *La science et l'hypothèse*, p. 2.

N'oublions jamais que la science est un effort d'adaptation de l'homme à la nature et que, pour réaliser cette adaptation, le savant substitue un jeu de symboles aux choses et à leurs qualités, et travaille sur des « notions limites » (p. 54) comme celles de « solide élastique », « gaz parfait », « particule matérielle réduite à un point », qui sont simplifiées. Sans doute est-il confirmé dans cette manière d'agir par ses succès, mais il ne doit pas en être dupe. « Parce que nous essayons de construire, avec un jeu de symboles quantitatifs, un schéma qui nous représente le monde, ne prenons pas ce schéma pour la réalité, et la partition écrite, où toutes les notes sont pareilles, pour le concert des instruments et des voix ¹. »

C'est du scientisme que de se figurer, comme l'a fait LÉVY BRUHL par exemple, que la « science des mœurs » peut se substituer à la morale (p. 184). Les problèmes métaphysiques ne relèvent pas de la connaissance scientifique et l'esprit ne peut être traité comme un objet (p. 160). Gardons-nous de transformer en solution métaphysique les postulats de la science. Ainsi, la science *postule* l'universelle intelligibilité afin de pouvoir progresser, mais cela ne prouve pas que l'univers soit intelligible en son fond ultime et que tout mystère soit destiné à s'évanouir grâce au progrès scientifique.

Quoi qu'il en soit du problème métaphysique de l'intelligibilité de l'univers, la science nous donne l'émouvant spectacle de l'ingéniosité humaine à la recherche de toutes les parcelles d'intelligibilité éparses dans le monde, s'efforçant toujours de saisir le réel par le biais qui offre prise à son effort, cherchant partout la déter-

¹ Jules Tannery, *Science et philosophie*, Paris 1912, p. 56.

mination et, si possible, la détermination quantitative précise.

La science est un produit de l'activité spirituelle de l'homme et un instrument de connaissance orienté vers l'univers, aussi apporte-t-elle à l'humanité un double enseignement complémentaire infiniment précieux : elle témoigne à la fois de l'ordre cosmique et de la liberté de l'esprit.

APPENDICE

Une nouvelle philosophie des sciences : l'idonéisme ou la méthodologie dialectique de Ferdinand Gonseth

80. Les crises scientifiques. — L'esprit humain aspire naturellement à la stabilité, à la consolidation de ses connaissances. Par essence même, la recherche scientifique est incertaine, elle procède par hypothèses, essais, tentatives dans de multiples directions, elle tâtonne, hésite, revient parfois sur ses pas. Bref, la recherche authentique ne sait pas ce qu'elle va trouver, où elle va aboutir, puisqu'elle « cherche » : c'est une vérité à la Palisse ! Cependant, au fur et à mesure que des résultats considérés comme assurés sont recueillis, l'esprit tente de les coordonner logiquement entre eux, de les systématiser en théories (p. 87, n° 28). Or, le savoir acquis, formulé par des théories, offre une stabilité que ne possédait pas la recherche qui y a conduit. Stabilité reposante : l'esprit jouit de la possession de la vérité. Mais que nous enseigne l'histoire de la science, surtout depuis le milieu du XIX^e siècle ? La science passe périodiquement par des crises profondes qui remettent en question ses bases

mêmes. En mathématiques, crise de la découverte des géométries non euclidiennes (Lobatchewski, Riemann); en physique, crise de la relativité restreinte et générale (Einstein), crise de la théorie des quanta (Planck, Einstein), crise des relations d'incertitude (Heisenberg), crise de la mécanique ondulatoire (Louis de Broglie), crise amenée par la transmutation artificielle des éléments préalablement jugés immuables, etc.

Que signifient de telles crises ?

Sont-elles des périodes d'instabilité entre deux périodes stables ? Tout de suite après une crise, n'assiste-t-on pas à un effort de stabilisation du savoir ? Sans nul doute, mais ne peut-on pas également supposer que la science est en état de crise — ou de révolution — permanente, que le propre du savoir scientifique est de se transformer sans cesse, de se dépasser constamment, pour exprimer toujours mieux le réel ? Les périodes de stabilisation ne sauraient être dès lors que provisoires : simples haltes dans une marche en avant.

Le savant est contraint de rompre avec les anciennes théories pour en édifier de nouvelles, à cause de l'apparition de nouveaux phénomènes ou de nouveaux aspects de phénomènes déjà connus. La science évolue sous les contraintes conjuguées de l'expérience et de l'exigence de cohérence qui pousse à la systématisation, à l'élaboration de théories. La philosophie des sciences doit se poser le problème de la signification profonde des crises de la science, en prenant un certain recul par rapport à elles.

81. Un essai d'interprétation : la méthodologie dialectique ou ouverte. — Ferdinand Gonseth, né en 1890 dans le Jura bernois, s'est attaché à ce problème, ce qui l'a conduit à élaborer une méthodologie dialectique ou

ouverte¹, qui est une théorie de la science cherchant à rendre compte des aspects les plus paradoxaux et les plus révolutionnaires de la « science en marche » telle qu'elle se manifeste de nos jours, et cela sans méconnaître ses aspects les plus classiques.

Précisons qu'on ne peut « résumer » à proprement parler l'*idonéisme*² de Gonseth: il s'agit d'une attitude générale, d'une manière d'envisager la connaissance et non pas d'un dogmatisme figé. Nous cherchons ici simplement à esquisser cette « façon de voir » qui exprime avec bonheur l'esprit même de la science moderne.

Posons d'emblée une alternative brutale pour bien situer le problème.

Ou bien la science est une connaissance sûre qui permet d'atteindre des vérités authentiques et efficaces. Dans ce cas, elle doit se fonder sur des principes solides, réellement fondamentaux, qui soient mis une fois pour toutes à l'abri

¹ *Œuvres: Les fondements des mathématiques*, 1926; *Les mathématiques et la réalité*, 1936; *Qu'est-ce que la logique?* 1937; *Philosophie mathématique*, 1939; *Déterminisme et libre arbitre*, 1944; *La géométrie et le problème de l'espace*, 1945 à 1949; *Philosophie néo-scholastique et philosophie ouverte*, premiers entretiens de Rome, 1954; *La métaphysique et l'ouverture à l'expérience*, seconds entretiens de Rome, 1960 (les deux derniers livres sont des œuvres collectives de discussion); *Le problème du temps. Essai sur la méthodologie de la recherche*, 1964.

Professeur de mathématiques et de philosophie des sciences à l'École Polytechnique Fédérale de Zurich pendant trente ans, F. Gonseth dirige « *Dialectica* », revue internationale de philosophie de la connaissance. Les citations que nous tirerons de cette revue seront toutes de la plume de Gonseth.

² L'*idonéisme* désigne la philosophie ouverte de l'auteur. Elle se caractérise par la théorie d'une connaissance « idoine », ce terme, un peu vieilli, signifiant « qui convient, qui tient compte des conditions, qui répond aux exigences, qui est conforme aux fins et aux intentions, approprié à sa fonction, etc. » (*La géométrie et le problème de l'espace*, p. 57). Pour être « idoine », la connaissance doit être dialectique.

du doute et de la critique. On ne peut rien bâtir de solide sur des sables mouvants¹.

Ou bien la science se révèle, à la lumière des crises qu'elle traverse périodiquement, de plus en plus comme un édifice qui se défait constamment après s'être reconstruit provisoirement. Si les notions scientifiques se transforment, si aucun principe ferme ne peut être établi définitivement, alors la science ne nous fournit qu'une connaissance incertaine et vacillante et on pourra légitimement parler, comme certains l'ont fait à la fin du XIX^e siècle, de « la faillite de la science ».

Toute l'œuvre de Gonsseth consiste à montrer, avec beaucoup de subtilité, qu'une telle alternative est en réalité une *fausse alternative*, que le rejet du premier terme n'entraîne absolument pas la nécessité d'adopter le second. Remarquons à ce propos — et cela d'une façon tout à fait générale — qu'il convient de se méfier de ces raisonnements par « ou bien — ou bien », lesquels possèdent une rigueur apparente toute verbale qui en impose de prime abord, mais souvent laissent échapper la solution de juste milieu en méconnaissant la complexité du réel (ce qui ne signifie pas, bien entendu, que toute alternative soit à rejeter: nous recommandons ici la finesse dans le discernement logique).

La solution apportée par Gonsseth consiste à montrer que la connaissance scientifique est de nature *dialectique*². Nous avons donné un aperçu de la méthodologie dialectique de l'auteur p. 239-240. Il s'agit maintenant de la préciser.

¹ Une science qui possède ces caractères de définitive stabilité est qualifiée d'*eidétique* par l'auteur.

² Et non pas de nature eidétique. Voir *Initiation à la philosophie* p. 310-311, et *La philosophie contemporaine*, p. 12-13, où nous avons précisé les différents sens du mot dialectique.

« D'une connaissance qui accepte sa propre revision comme faisant partie de la loi de son progrès, qui accepte la confrontation entre les conditions du point de départ et celles du point d'arrivée (...), nous dirons qu'elle est de caractère dialectique¹. »

Claude Bernard, nous l'avons vu, déclare que le « scolastique » ou le « systématique » (représentant du dogmatisme en science) « ne doute jamais de son point de départ, auquel il veut tout ramener (...), il n'admet pas que son point de départ puisse changer » (p. 30). Donc la connaissance dialectique est exactement à l'opposé de cet orgueilleux refus du « systématique ».

Tous ceux qui se sont adonnés à une recherche quelconque ont certainement fait l'expérience suivante: au fur et à mesure que la recherche progresse, le sens des notions utilisées et des opérations à effectuer se précise et se transforme; l'ensemble du problème apparaît suivant de nouvelles perspectives et dans un nouvel éclairage.

Voici quelques exemples scientifiques:

Newton a construit sa théorie de la gravitation universelle en s'appuyant sur les trois lois de Képler, dont la première s'exprime ainsi: les planètes décrivent des orbites elliptiques autour du soleil, celui-ci occupant un des foyers de l'ellipse. Quelle est la force capable de rendre compte des trois lois de Képler? Newton a trouvé que la force d'attraction de deux corps l'un sur l'autre est proportionnelle au produit des masses en présence et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare. Mais il est évident que si l'on généralise cette loi pour plusieurs corps et qu'on l'applique au système solaire dans son ensemble, la première loi de Képler cesse

¹ *Dialectica*, 1947, p. 298.

d'être rigoureusement exacte et n'est plus qu'approximative. En effet, l'orbite d'une planète n'est rigoureusement elliptique que si le soleil agit seul sur elle, car les autres planètes déforment légèrement cette ellipse. Nous avons vu comment Le Verrier a découvert Neptune en étudiant les déformations de l'orbite d'Uranus (application de la méthode des résidus, p. 110).

Donc, point de départ: les trois lois de Képler. Point d'arrivée: la théorie de la gravitation universelle de Newton. Réaction du point d'arrivée sur le point de départ: une des lois de Képler n'est plus qu'approximativement exacte, cela comme conséquence de la théorie qu'elle a permis d'établir.

La théorie de la relativité a conduit à refondre les bases mêmes de la physique: les notions de temps, d'espace, et leur rapport (la notion de simultanéité par exemple), la conception du rapport entre la matière et l'énergie, etc., toutes ces notions fondamentales ont été remises au creuset.

Il faut en conclure que des découvertes effectuées sur le front le plus avancé de la recherche peuvent conduire, par choc en retour, à reviser les principes mêmes qui commandent cette recherche. C'est l'exigence de cohérence entre les différents éléments d'une théorie scientifique qui peut nécessiter un remaniement des notions de base de la théorie, le nouveau ne pouvant plus se coordonner harmonieusement avec l'ancien, ce qui exige une refonte de l'ancien.

82. Les quatre phases de la recherche. — Nous avons vu l'exposé classique des trois étapes de la recherche en science expérimentale (p. 95, n° 30). Replaçant ce pro-

blème dans la perspective d'une *connaissance dialectique*, Gonseth aboutit à une procédure en quatre phases, les trois premières coïncidant avec celles de l'exposé classique.

L'auteur a choisi la géométrie comme modèle de science, ce qui donne une plus grande généralité à son exposé.

Première phase. Emergence du problème. Le chercheur prend conscience de la difficulté qui se pose. Dans le cas des sciences expérimentales, c'est évidemment l'*observation* qui permet cette prise de conscience.

Deuxième phase. Elaboration d'une hypothèse. Sans l'esprit d'invention, sans l'imagination créatrice, aucune recherche ne progresse.

Troisième phase. Mise à l'épreuve de cette hypothèse. En science expérimentale, il s'agit évidemment de vérification expérimentale: c'est l'expérience qui mène le jeu.

Quatrième phase. Si l'hypothèse s'est vérifiée, il s'agit de *la réintégrer dans la position de départ*. Cette réintégration peut exiger une réorganisation profonde de « la situation de connaissance » au départ. Voir les exemples précédents.

La quatrième phase exprime par conséquent l'exigence d'ouverture d'une connaissance dialectique.

Gonseth remarque judicieusement qu'au début d'une recherche quelconque l'esprit n'est jamais vide de connaissances: il possède forcément un savoir préalable, qui résulte de son adaptation au milieu et sur lequel il s'appuie pour diriger sa recherche. En d'autres termes, le chercheur est dès le début en « situation de connaissance », c'est-à-dire qu'il possède un ensemble de connaissances plus ou moins certaines ou plus ou moins douteuses, mais sans pouvoir faire le départ avec certitude entre le vrai et le faux.

L'auteur pense que le doute méthodique de Descartes¹, destiné à faire place nette pour la conquête d'une série d'évidences successives, est artificiel et inopérant pour deux raisons :

Premièrement, l'homme ne peut se débarrasser réellement de son savoir préalable par une décision de sa volonté, puisque toute recherche suppose un point d'appui dans une connaissance préalable. Attitude contre nature, donc.

Secondement, toute la méthode dialectique s'inscrit contre la *notion d'évidence*, sur laquelle se fonde le cartésianisme (p. 217, note 1). L'histoire de la science nous apprend que le sens commun a dû abandonner nombre de prétendues « évidences » sous la pression du savoir scientifique.

Il paraît « évident »² que le soleil tourne autour de la terre en un jour.

Il est « évident » que par un point pris hors d'une droite, on peut mener une et une seule parallèle à cette droite — ce que les géométries non euclidiennes démentent.

Il est « évident » que la table placée devant moi est faite d'une matière continue (sans vides intersticiels) et parfaitement inerte — alors que la théorie atomique la décrit comme discontinue et lacunaire, ses éléments constitutifs étant animés de mouvements incessants, prodigieusement rapides (agitation des molécules, révolution des électrons autour des noyaux atomiques).

N'oublions jamais que notre équipement sensoriel nous donne des renseignements sur les objets à *notre échelle*, renseignements sommaires et grossiers, mais suffisants en

¹ *Initiation à la philosophie*, p. 103-104.

² Précisons qu'il ne s'agit pas ici d'une évidence au sens cartésien, laquelle est d'ordre purement rationnel et non du domaine sensoriel.

général pour nous tirer d'affaire dans la vie: une connaissance beaucoup plus fine, portant sur les constituants de la matière, nous embarrasserait sans doute et nous empêcherait de vaquer à nos occupations ordinaires.

La démarche scientifique réelle ne procède pas de certitudes en certitudes, d'évidences en évidences, mais elle chemine de connaissances provisoires et probables à d'autres connaissances également provisoires et probables. La science est «un dévoilement progressif de la réalité», ce qui suppose toujours une révision possible des premières «évidences», étant donné l'étroite solidarité de tous les éléments du savoir. En connaître plus sur un sujet amène souvent — chacun a pu en faire l'expérience personnelle même dans la vie de tous les jours — à voir tout ce qu'on croyait savoir sous un éclairage différent, donc à réviser ce qui semblait évident de prime abord.

Nous avons insisté à trois reprises dans le présent cours sur le fait que la pensée scientifique peut s'éloigner considérablement des façons de voir du sens commun, donc des «évidences» de celui-ci (p. 18, 94, 96-97).

83. Les trois aspects de la connaissance. — Toute connaissance scientifique se présente sous trois aspects étroitement coordonnés entre eux:

1. l'aspect intuitif;
2. l'aspect expérimental;
3. l'aspect rationnel ou théorique.

Ainsi, un enfant qui commence à étudier les figures géométriques les saisit surtout par leur aspect intuitif. En manipulant des objets possédant des formes géométriques régulières ou en dessinant ces formes, l'enfant se familiarise expérimentalement avec les propriétés les

plus apparentes de ces figures. Enfin, le maître s'efforce de conduire l'élève sur les chemins de la théorie où les démonstrations rigoureuses doivent suppléer aux insuffisances de l'intuition et de l'expérience.

«Si, par exemple, ayant posé un rectangle de papier sur une surface plane, je constate *de visu* qu'il peut reprendre sa position initiale après une rotation complète autour de son centre, je fais de la *géométrie expérimentale*: ce pourrait être une science naturelle. Si je démontre à partir de certains axiomes de base, et par les seuls moyens de la déduction logico-mathématique, que la figure géométrique appelée rectangle se recouvre elle-même après une rotation de 360° , je fais de la *géométrie abstraite*: c'est une science rationnelle. Si enfin, je fais sur moi-même un tour complet, pour me retrouver dans la même position, je démontre que je suis en possession d'un certain équivalent mental *sui generis* du fait géométrique dont l'expérience et la théorie nous ont donné, chacune pour soi, la connaissance. Cette troisième forme de la connaissance des faits géométriques est dite *intuitive*¹.»

Nous savons que le terme d'intuition peut désigner des réalités psychologiques très différentes (p. 216-219). Dans le domaine de la géométrie, l'auteur nous dit: «L'existence de l'intuition spatiale ne peut être mise en doute, bien qu'en parlant de connaissance intuitive nous ne sachions qu'assez vaguement de quelle connaissance il s'agit. Mais notre activité quotidienne serait un invraisemblable et perpétuel miracle — et l'enseignement de la géométrie un mystère impénétrable — si nous ne disposions d'une faculté naturelle par laquelle nous voyons (et nous imaginons) l'espace et tout ce qui y prend forme. Tous

¹ *Qu'est-ce que la logique?* p. 64.

nos gestes en témoignent. Toutes nos pensées en dépendent. Le doute n'est pas possible¹. »

Or, la tendance constante des mathématiques, au fur et à mesure qu'elles progressent, consiste à dépasser les stades expérimental et intuitif pour se constituer en un édifice aussi purement théorique que possible (thèse de Poincaré, p. 49, et p. 50, n° 18).

La méthode axiomatique (p. 66-67), caractéristique des efforts récents de « fonder » les mathématiques, cherche surtout à éliminer toute intuition². Nous assistons à une *formalisation* progressive des mathématiques (constitution des mathématiques en discipline purement formelle, voir p. 259, note 1). La chose est-elle possible ? Gonseth ne le pense pas. Sans doute est-il vrai que les mathématiques tendent à se formaliser de plus en plus et il est également vrai qu'elles en retirent de grands avantages : ce sont là des faits indiscutables. Il ne s'agit nullement de nier la valeur de la méthode axiomatique tendant à épurer le champ des mathématiques. Le problème est celui-ci : cette formalisation, si utile soit-elle, peut-elle être poussée de telle manière que les aspects intuitif et expérimental disparaissent totalement ? La réponse est négative.

Chaque aspect est solidaire des deux autres, et aucun ne peut fonder une connaissance authentique en fonctionnant isolément. Ainsi l'aspect théorique d'une discipline —

¹ *La géométrie et le problème de l'espace*, tome II, p. 10.

² Le problème des fondements a beaucoup tourmenté les logiciens et mathématiciens-philosophes contemporains. Voici ce qu'il convient d'entendre par *fonder les mathématiques* : « indiquer de façon définitive les bases d'où l'on devrait tout déduire, indiquer de façon exhaustive les procédés de la déduction, et assurer le tout contre tous les risques de la contradiction. La méthode axiomatique fut imaginée pour satisfaire à ces exigences (. . .). Cet effort échoua. » (*Dialectica*, 1950, p. 152).

même lorsqu'il s'agit de la géométrie — doit être lié au problème de ses applications possibles, de ses interprétations en vue d'une connaissance du réel. « La géométrie est un schéma d'idées, dont il faut chercher la signification extérieure dans une certaine structure naturelle du monde physique¹. »

84. Le processus cyclique d'accord selon André Lamouche.

— Signalons ici qu'un philosophe des sciences, ANDRÉ LAMOUCHE, a exprimé des vues semblables sur les trois aspects de la connaissance, d'une manière indépendante de Gonsseth, dans un ouvrage paru en 1924: *La méthode générale des sciences pures et appliquées*². Il établissait que la méthode scientifique, dans son fonctionnement psychologique le plus général, consiste en un *processus cyclique d'accord* entre l'intuition, la raison et l'expérience, et il rattachait ingénieusement cette « méthode d'accord » — ainsi qu'il la nommait — à la loi des trois états d'Auguste Comte (p. 164-165). Nous trouvons ainsi l'état intuitif ou théologique, l'état rationaliste ou métaphysique et l'état

¹ *Qu'est-ce que la logique?* p. 64-65.

² *Autres œuvres: Le principe de simplicité dans les mathématiques et dans les sciences physiques*, 1955; *Biologie*, 1956; *Psychologie*, 1957; *Logique de la simplicité*, 1959; *Esthétique*, 1961; *D'une morale de l'amour à une sociologie de la raison*, tome I, 1963. Cette œuvre si vaste a été résumée dans les deux ouvrages: *L'homme dans l'harmonie universelle*, 1957 et *La destinée humaine*, 1959. Un ouvrage à paraître sur la métaphysique couronnera le tout.

La philosophie de Lamouche développe la *théorie harmonique*. « Les trois notions fondamentales sur lesquelles repose la théorie harmonique sont celles-là même qu'on retrouve à l'origine de la philosophie grecque: *Harmonie, Simplicité, Rythme*. Mais au lieu d'être issues des intuitions philosophiques d'un Pythagore ou d'un Platon, ces notions ont émergé d'une étude logico-expérimentale des découvertes et des théories de la science moderne. »

expérimental ou positif. « En fait, les trois fonctions composantes du processus cyclique d'accord avaient de tout temps participé à l'élaboration des connaissances humaines, les « états » successifs différant seulement par la *prépondérance* accordée à telle ou telle d'entre elles (...). A l'époque moderne, la *méthode scientifique* est caractérisée: 1° par un poids égal accordé à l'intuition, au raisonnement et à l'expérience; 2° par un cycle de confrontations incessantes entre les trois aspects intuitif, rationnel et expérimental d'un même phénomène ou ensemble de phénomènes¹. »

La loi des trois états doit être complétée par un *quatrième état* caractérisé par la synthèse équilibrée des trois états précédents et qui correspond précisément à la science moderne.

« Ce mécanisme mental à triple détente remplit d'ailleurs un rôle double dans l'évolution de la pensée rationnelle. En même temps qu'il fait progresser, par approximations successives, les diverses branches de la connaissance scientifique, il a pour effet, par un ajustement et un rodage mutuels, de perfectionner chacune des trois fonctions psychologiques qui participent à ce cycle ininterrompu, en même temps que s'accroissent la précision et l'efficacité de leur engrènement². »

Ajoutons que CLAUDE BERNARD avait déjà précisé que la méthode expérimentale « s'appuie successivement sur les trois branches de ce trépied immuable: le *sentiment* [équivalent à l'intuition], la *raison* et l'*expérience*. Dans la recherche de la vérité, au moyen de cette méthode, le sentiment a toujours l'initiative, il engendre l'idée *a priori*

¹ A. Lamouche, *Psychologie*, p. 175.

² A. Lamouche, *La destinée humaine*, p. 36.

ou l'intuition; la raison ou le raisonnement développe ensuite l'idée et déduit ses conséquences logiques. Mais si le sentiment doit être éclairé par les lumières de la raison, la raison à son tour doit être guidée par l'expérience¹. »

Ces convergences remarquables entre les philosophes des sciences méritent d'être signalées, car elles témoignent en faveur de l'objectivité de leurs recherches.

L'originalité de Gonthier sur ce point consiste à défendre la théorie des trois aspects de la connaissance, non pas seulement en sciences expérimentales, mais dans le domaine des mathématiques et, en particulier, dans celui de la géométrie, où la cause est la plus difficile à plaider, puisque les mathématiques apparaissent à beaucoup comme le royaume des vérités absolues et *a priori*.

85. Le principe de dualité. — Il s'agit d'un corollaire découlant de la solidarité des trois aspects de la connaissance, si l'on porte son attention plus spécialement sur l'expérience (le concret) et la théorie (l'abstrait), en laissant l'intuition de côté. Remarquons que la connaissance intuitive du monde (celle du sens commun qui dépend en grande partie de notre organisation physiologique) précède la connaissance scientifique expérimentale et la prépare, celle-ci étant un prolongement et un perfectionnement de celle-là, si bien que l'intuition se range tout naturellement aux côtés de l'expérience, toutes deux apportant du concret et s'opposant, par conséquent, à l'abstraction de la théorie.

« Un principe de dualité reconnaît que ni le rationalisme pur, ni l'empirisme pur ne peuvent servir de plate-forme suffisante à la méthodologie des sciences. La science

¹ *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1^{re} partie, ch. II.

réalise un dialogue, une dialectique, où l'abstrait et le concret se spécifient l'un par rapport à l'autre¹.»

«[Le principe de dualité] pose qu'il n'existe aucun secteur de la connaissance scientifique, et fort probablement de la connaissance en général, qui soit totalement réductible à une connaissance purement empirique ou à une connaissance purement théorique. Au contraire, toute connaissance susceptible d'être éprouvée semble se présenter comme une connaissance de double trame ou de double source; c'est-à-dire comme une connaissance dans laquelle jamais l'aspect théorique ne peut être complètement épuré d'un certain résidu empirique, dans laquelle jamais l'aspect empirique ne peut être totalement débarrassé de certaines présuppositions théoriques. Il semble que toujours l'aspect théorique et l'aspect empirique doivent rester indissolublement liés, une analyse suffisamment approfondie les retrouvant toujours l'un et l'autre, à travers toutes les tentatives de leur conférer à l'un et à l'autre un maximum d'indépendance et de spécificité².»

«La recherche scientifique ne s'effectue pas dans deux plans indépendants l'un de l'autre, un plan théorique ou mathématique sans relations avec le monde observable, et un plan expérimental où les réalités sont immédiatement saisies. Tout au contraire, l'observateur ne sait observer qu'en fonction d'une théorie sous-jacente, et les constructions abstraites du mathématicien ne sont efficaces et cohérentes que grâce à leur fondement intuitif. La connaissance vient à l'homme à la suite d'un inextricable entrelacs d'actes et de réflexions. De même, la re-

¹ *Dialectica*, 1948, p. 124.

² *Dialectica*, 1952, p. 104. Dans ce texte, connaissance empirique signifie connaissance fondée sur l'expérience et non pas connaissance non scientifique.

cherche scientifique oscille constamment entre ses deux pôles, qu'on ne peut concevoir l'un sans l'autre : la spéculation et l'expérimentation¹. »

La connaissance apparaît ainsi comme un incessant arbitrage, comme un constant ajustement entre l'esprit et le réel.

La conséquence du principe de dualité est que la géométrie, par exemple, ne saurait être par essence très différente de la physique, puisque l'élément expérimental ne peut être totalement absent de cette science. Gonseth s'insurge contre la tendance à voir dans la géométrie (ou plus généralement dans les mathématiques) une science purement *a priori*, s'édifiant par le jeu de l'intelligence travaillant sur ses propres productions. Les mathématiques, et la géométrie par conséquent, sont extraites du réel grâce à une schématisation par abstraction.

La citation de Max Planck (p. 112-113) montrant la solidarité étroite existant entre la théorie et les faits peut servir d'illustration au principe de dualité.

Nous avons développé des vues qui convergent avec celles-ci en montrant que la science moderne réalise un admirable équilibre entre les deux tendances rationaliste (c'est-à-dire théorique) et empiriste (p. 236, n° 78).

86. Connaissance schématique, horizons de réalité et phénomènes complémentaires. — Nous avons insisté sur le caractère historique de la connaissance dialectique : soumise à la constante possibilité d'une révision capable de la transformer jusque dans ses fondements, la connaissance dialectique est essentiellement *évolutive*. Cherchons à expliquer, maintenant, comment elle peut être évolutive.

¹ *Les fondements des mathématiques*, p. 115, § 34.

Précisons que, dans la perspective dialectique, la connaissance scientifique apparaît comme *schématique* et non pas comme une reproduction, fidèle dans tous ses détails, d'une réalité extérieure.

Cela revient à dire qu'il existe entre la représentation scientifique d'une réalité et cette réalité elle-même une différence analogue à celle qui sépare un schéma de la chose schématisée. Par exemple, le schéma d'une installation électrique diffère énormément des circuits électriques réels et des phénomènes qui s'y produisent, le plan d'une ville ne coïncide pas avec toutes les réalités que constitue la ville. Pour reprendre ce dernier exemple, le plan renonce à tout décrire, la description qu'il nous donne est simplifiée, *sommaire*. Les rues, les places, les maisons sont représentées par des signes plus ou moins conventionnels: la description est *symbolique*. Si un plan n'indique pas tout, il est toujours possible de le compléter à volonté. Il est toujours *inachevé*. Tout schéma a pour caractères essentiels d'être sommaire, symbolique et inachevé¹. Tels sont donc aussi les caractères de toute connaissance et, spécialement, de toute connaissance scientifique. C'est grâce à son pouvoir d'abstraire que l'esprit est capable de schématiser le réel au moyen d'un système de symboles qui ne retient que les caractères jugés importants (p. 97).

¹ *Qu'est-ce que la logique?* p. 63, n° 42. L'auteur remarque qu'un schéma possède deux sortes de significations: une *signification extérieure*, tournée vers la réalité ainsi schématisée (la ville), et une *structure intrinsèque*, que l'on peut étudier pour elle-même en oubliant momentanément la signification extérieure du schéma (le plan comme réseau de lignes). « En raisonnant ainsi intrinsèquement dans un schéma, on le détourne de sa signification naturelle. C'est souvent pour y revenir plus tard avec plus d'efficacité. » (*Ibid.*, p. 64). La formalisation d'une discipline consiste à n'en retenir que la structure intrinsèque en oubliant volontairement sa signification extérieure.

La loi de Mariotte (p. 75 et 86), comme on le sait, concerne des « gaz parfaits » qui sont la représentation *schématique* des gaz réels. Aucun gaz réel ne se comporte exactement comme un gaz parfait, mais seulement approximativement : donc la loi de Mariotte n'est qu'approximativement exacte. Prenons le cas de la géométrie. « En tant que théorie de l'espace réel, la géométrie est une *structure abstraite schématique*, imaginée à propos d'une *réalité extérieure* correspondante — réalité qui n'est d'ailleurs pas donnée en soi¹. » Cette façon de voir permet de comprendre qu'il puisse exister plusieurs structures abstraites schématiques pour représenter l'espace réel (géométrie euclidienne et géométries non euclidiennes).

La conception d'une connaissance scientifique schématique explique aussi que cette connaissance soit évolutive, c'est-à-dire capable de se transformer et de progresser par une succession de représentations schématiques de plus en plus adéquates au réel. Une connaissance qui d'emblée serait définitive et absolue ne saurait évoluer.

Puisque la réalité ne se livre pas à nous dans une connaissance achevée et définitive, mais qu'elle se dévoile progressivement, nous pouvons parler de différents niveaux ou de différents *horizons de réalité*. Ainsi, l'horizon de réalité de la physique classique n'est pas le même que celui de la connaissance naturelle ou empirique de l'« homme de la rue », et l'horizon de réalité de la physique des quanta, selon laquelle les échanges énergétiques se font d'une manière discontinue, atomique (par nombres entiers de quanta d'action), n'est pas le même que celui de la physique classique (celle-ci ayant été bouleversée par l'apparition de la physique des quanta).

¹ *Philosophie mathématique*, p. 39.

Imaginons maintenant deux horizons successifs de réalité, le premier sera nommé horizon apparent et le second horizon profond. Nous supposerons que l'horizon profond se dévoile par un approfondissement de l'horizon apparent, comme l'horizon de la physique quantique se dévoile par un approfondissement de l'horizon de la physique classique ou par un approfondissement encore plus poussé de l'horizon naturel.

Si nous supposons qu'un événement se produise dans l'horizon profond, sa connaissance ne peut être qu'indirecte, par l'intermédiaire de certaines « traces » qui se manifestent dans l'horizon apparent.

Supposons maintenant qu'un événement de l'horizon profond ne puisse être décrit que par deux espèces de traces dans l'horizon apparent, ces deux traces étant irréductibles l'une à l'autre au sein de l'horizon apparent. Les deux espèces de traces formeront alors des phénomènes *complémentaires*¹.

On sait la grande importance de la notion de complémentarité dans la physique contemporaine, tout spécialement dans l'étude de la lumière qui se manifeste à la fois sous un aspect corpusculaire et discontinu et sous un aspect ondulatoire et continu. Le grand physicien danois NIELS BOHR a déclaré que la description des phénomènes lumineux par corpuscules et leur description par ondes constituent deux faces complémentaires de la réalité. La notion de complémentarité permet un assouplissement de la connaissance, donc sa dialectisation.

87. L'ouverture à l'expérience. Solidité et efficacité d'une connaissance dialectique. — La conception dialectique de la connaissance nous a fait renoncer à l'idée d'une con-

¹ *Dialectica*, 1948, p. 415-417.

naissance fondée sur des principes définitifs: va-t-elle alors nous contraindre à adopter la conception tout opposée d'une connaissance vacillante et illusoire et nous plonger dans le scepticisme ?

Si rien n'est définitivement assuré dans la connaissance scientifique, n'est-elle pas en conséquence complètement illusoire ? Telle est, rappelons-le, l'alternative abrupte que nous avons posée au début (p. 245-246).

Lorsqu'on braque son attention exclusivement sur les fluctuations d'une science, elles paraissent arbitraires et la connaissance scientifique se dévalorise à nos yeux (p. 107-108). Le sens profond de la méthode dialectique se révèle à celui qui prend en considération la solidarité des éléments de la science ainsi que celle des divers aspects de la connaissance. Remaniements et revisions ne sont nullement arbitraires mais exigés par le dialogue ininterrompu entre le besoin de cohérence rationnelle et l'apport sans cesse renouvelé de l'expérience. La science est un effort soutenu pour serrer la réalité toujours de plus près, pour adapter l'esprit au réel.

La progression de la recherche est dominée et inspirée par le principe de *l'ouverture à l'expérience*. Il s'agit, bien entendu, d'une expérience toute pénétrée de raison, organisée par elle, en vertu du principe de dualité (voir la pensée de Claude Bernard, p. 237).

L'ouverture à l'expérience est seule capable de rompre les confortables « certitudes » de l'intuition et les rassurantes élaborations théoriques fermées sur elles-mêmes, qui flattent l'intelligence en témoignant de sa puissance de systématisation. L'ouverture à l'expérience appelle de nouvelles intuitions fécondantes et des conceptions théoriques élargies ou précisées, mieux adaptées au réel. On a dit malicieusement que les grands savants qui atteignent

un certain âge font avancer la science dans la première partie de leur vie, et qu'ils deviennent des obstacles au progrès scientifique dans la seconde, leurs idées se sclérosant, c'est-à-dire se fermant aux leçons rénovatrices de l'expérience. La méthodologie dialectique pourrait se condenser dans cette seule notion-clé de « l'ouverture à l'expérience ».

Lorsque Gonseth parle de « principe » (« principe » d'ouverture à l'expérience, « principe » de dualité, etc.), il ne s'agit nullement d'un principe posé une fois pour toutes et soustrait à une révision ultérieure, mais d'une « idée dominante préalable », qu'on a certes de bonnes raisons d'admettre (il faut bien partir d'un savoir préalable) mais qui sera éprouvée par la suite. Comme le dit ingénieusement l'auteur: « L'option d'ouverture est celle qui, traduite dans la pratique, est capable de s'éprouver elle-même¹. » En d'autres termes le principe d'ouverture à l'expérience est norme de lui-même: c'est par ouverture à l'expérience que l'ouverture à l'expérience se justifie comme principe fécond, générateur de progrès. La science est une opération qui réussit: faire confiance et aller de l'avant. Les résultats justifient la méthode sans que tout soit assuré dès le départ.

« Une dialectique n'est ni une pure reproduction de la réalité ni une libre création de l'esprit (...), elle n'est ni arbitraire ni inconditionnellement nécessaire, elle est revisable et perfectible². »

Le signe de la valeur de la connaissance scientifique réside dans sa fécondité et dans sa prodigieuse efficacité

¹ *Gazette de Lausanne*, 17 sept. 1962, article « L'ouverture à l'expérience ».

² *Dialectica*, 1947, p. 300, 301.

dont techniques et applications variées portent témoignage.

La connaissance dialectique est une pensée vigilante, mais si elle nous met en garde contre les trompeuses sécurités de l'acquis, elle ne discrédite cependant pas une connaissance sommaire et provisoire comme celle du sens commun. Chaque horizon de réalité s'exprime par un mode de connaissance qui lui est adapté, qui lui est « idoine », mais qui reste perfectible et exige d'être dépassé pour découvrir un nouvel horizon. En fait, toute science s'appuie sur une « connaissance préalable » qui n'est nullement à dédaigner et qui lui est indispensable¹. Nous sommes toujours « engagés dans la connaissance », nous ne pouvons pas en sortir pour la survoler en quelque sorte, car c'est en pleine mêlée entre le vrai et le faux, en plein combat pour la vérité que nous devons chercher à améliorer la connaissance, à la préciser, à la rendre plus adéquate, plus « idoine ». Pour l'idonéisme, la science est analogue à un vaste organisme vivant qui se perfectionnerait constamment, en rendant ses organes plus efficaces face au monde extérieur, mais aussi en les réajustant les uns aux autres, afin d'obtenir une meilleure adaptation de l'ensemble au milieu.

Une profonde sagesse découle de la conception dialectique de la science. En effet, c'est en ne cherchant pas dès le début une connaissance absolue et définitive, mais en se contentant d'un savoir approximatif et provisoire comme

¹ Gonseth reconnaît même la valeur de la connaissance dont disposent les animaux : « Aucun être ne saurait exister sans un savoir inné ou acquis de par son engagement naturel dans son milieu, dans son univers. Ces savoirs nous étonnent à la fois par leur limitation et par leur profondeur. Sur bien des points, le savoir humain les dépasse, mais sur d'autres nous sommes mystérieusement dépassés. » (*Dialectica*, 1954, p. 184).

point de départ, que l'on obtient finalement une connaissance perfectible en progrès constant, qui représente le réel de mieux en mieux et dont l'efficacité — gage de valeur authentique — s'accroît sans cesse. Une connaissance relative et prudente, qui reste ouverte, se révèle plus adéquate et efficace qu'un savoir orgueilleux qui vise d'emblée l'absolue certitude.

« Il y a dans la science telle qu'elle se fait, telle qu'elle s'avance, telle qu'elle s'aventure et telle qu'elle se corrige, une telle correspondance au réel que le doute systématique n'est plus permis à un esprit informé et sincère¹. »

¹ *Dialectica*, 1952, p. 15.

INDEX DES NOMS

Les numéros des pages en italique renvoient
aux citations ou à l'exposé des idées essentielles.

Les numéros en gras renvoient, en plus, aux dates.

- Agassiz **133**
Alembert (d') *39*
Ampère **39**
Archimède *36*
Aristote *12, 38, 162, 227, 234, 235*
Arrhénius *37*
Avogadro **92, 94**
- Bacon (Francis) *12, 13, 38, 106, 113, 230-232, 240*
Bayet *174*
Bergson **35, 150, 155, 156, 212, 219**
Bernard (Claude) *8, 13, 18, 28, 29-31, 36, 80, 81, 96, 105-107, 111, 112, 116, 120-121, 124, 134, 151, 156, 163, 227, 237, 247, 255-256, 262*
Bernardin de St. Pierre *148*
Blondel (Charles) *181, 182*
Bohr **92, 113, 261**
Borel *141, 144*
Bouasse *95*
Boutroux (Emile) *32-33*
Broglie (Louis de) *90, 230, 244*
- Campanella *162*
Carrel *185*
Champollion *193*
Claparède *195*
Comte *19, 20, 32, 37, 39-42, 43, 99-100, 162, 162 N° 52, 180, 200, 254-255*
- Copernic *36*
Cournot *42-44, 140, 141, 143, 148*
Croce *212*
Cuénot *149, 153-154, 156, 157*
Cuvier *131, 164*
- Dardel *212*
Darwin *109, 137, 148*
Démocrite *91*
Descartes *12, 13, 19, 37, 48, 95, 123, 217, 221-222, 232, 233, 235, 237, 250*
Durkheim *162, 164, 165-166, 172, 173-180 Nos 55-57, 184, 185*
- Einstein *27-28, 32, 74-75, 88, 123, 244*
Epicure *91, 149*
Essertier *183-184*
Euclide *36*
- Fechner *37*
Fermat *89*
Flournoy *213-214*
Fresnel *95, 230*
Fustel de Coulanges **202**
- Galilée *36, 77*
Gonseth *67, 240, 243-265, 244*
Guye **143, 144**
- Halphen *196, 210-211*
Heisenberg *123, 244*

- Herschel 110**
Hertz 22
Hilbert 67
Hobbes 162
Houssay 98

Infeld 27-28

Jung 206
Jussieu (Bernard de) 132

Kant 33, 48
Képler 34, 74, 247-248

Lachelier 119, 123
Laisant 79
Lalande 46, 144, 145
Lamarck 106, 136
Lamouche 254-256 N° 84
Laplace 214
Langlois 190, 192-193
Lavoisier 36, 88, 232
Le Bon 169 N° 54, 184
Lecomte du Noüy 151, 152, 156
Lefebvre des Noëttes 204-205
Leibniz 14, 201, 227
Le Roy 155
Le Verrier 110, 248
Lévy-Bruhl 180-183, 184, 241
Lobatchewski 64, 244

Mach 22, 114
Magendie 8
Mariotte 75, 86, 114, 117, 260
Marx 203
Maunier 161
Mendéléieff 130
Meylan (Henri) 208
Michelet 212
Mill (Stuart) 109 N° 34, 113 N° 36, 122, 178
Monod 198, 199, 201, 202, 209-210
Montesquieu 163
Morgan 137-138

Newton 14, 22, 26, 76, 105, 107, 114, 116, 122, 230, 247-248

Pareto 43
Pascal 14, 24, 203
Pasteur 31
Paulhan 227
Perrin 37, 91, 238
Picard (Emile) 23, 77
Planck 112-113, 123, 244, 258
Platon 48, 162, 231, 254
Plutarque 187
Poincaré (Henri) 22, 49-50, 54, 72, 144, 237, 240, 253
Pythagore 254

Renan 25
Rey 34-35
Reymond (Arnold) 229
Ribot 37
Riemann 64, 244
Rivet 204-205
Rostand (Jean) 106, 138
Rousseau 162

Seignobos 190, 192-193, 199, 201
Shakespeare 213
Spencer 39, 42, 139, 166-167, 173
Spinoza 149
Sudre 213

Tannery (Jules) 241
Tarde 167-169, 170, 172, 173
Thomson (J. J.) 92
Thucydide 201
Tite-Live 200
Trabucco 230-232
Tycho-Brahé 34, 74

Valéry 203-204, 205
Voltaire 201
Vries (Hugo de) 137

Walras 43
Weismann 137
Wundt 37

INDEX ANALYTIQUE

Les numéros des pages en gras renvoient aux passages essentiels.

- Abstraction*, 21, 49, 50, 97, 188, 231, 241, 259
Abstrait, 211, 259-260
Absurde (démonstration par réduction à l'), 69-71
Activité dans la recherche, 99, 112, 134, 233, 237, 242
Adaptation au milieu, 17, 241
Affectivité (influence de l'), 32, 183, 231, 233
Analogie, 109, 198-199, 227; - des formules, 77-78; raisonnement par -, 107
Analyse, 9, 67, 97, 221-227 N^{os} 72-74; - historique, 190-201 N^{os} 60-64, 202, 222
Animisme, 164, 184
Approximation, 86, 103, 230
Apriorisme, 236 N^o 78
Astronomie, 21, 36, 40, 41, 45, 110, 189
Atomisme, 91-93
Audace, 26
Axiomatique (méthode), 66-67, 253
Axiome, 63-64, 66, 67
Biologie, 7, 21, 36, 42, 43, 127 ch. VI, 166-167, 174, 175, 226
Calcul différentiel et intégral, 14
Caractères dominateurs et subordonnés, 132
Causalité efficiente, *cause*, 114, 139 N^o 44, 178
Certitude, 233, 245-246, 264-265
Chimie, 7, 36, 40, 42, 134, 139, 147, 148, 223
Chose, 173-174
Classification des sciences, 36 ch. III; - en Sociologie, 129 N^o 41; science *classificatrice*, 234 N^o 77
Cohérence (exigence de), 244, 248, 262
Coïncidences fortuites, 116, 121
Collective (conscience ou âme), 170, 176
Communicabilité de la connaissance, 17, 21, 24, 25
Complémentaires (phénomènes), 261
Complexité des phénomènes, 80, 97, 135, 149, 211, 224
Concordance (méthode de), 115-116, 118, 119, 178
Concret, 211
Connaissance (problème de la), 11, 48; - commune, 11, 15 N^o 2, 19, 20, 21, 118; - scientifique, 7-9, 11, 15, 16, 18 N^o 3, 30, 31, 234-242 N^{os} 77-79, 243-265 N^{os} 80-87
Continuité (tendance de l'esprit à la), 101, 195, 236; - de l'effort scientifique, 107-108; - historique, 161, 208, 210
Contrainte sociale, 161, 185
Coordination (voir unification), 15, 87, 89
Corrections, 103
Création, 154-155
Crédulité, 171, 213
Crises des sciences, 243 N^o 80, 246

- Critique d'érudition*, 191 N° 61; esprit —, 29 N° 9, 32, 82-83, 201, 209, 233; — d'exactitude, 191, 197; — des faits, 191, 199 N° 63, 201; — d'interprétation, 191, 193, 200; — de provenance ou d'authenticité, 191, 192, 200; — de restitution ou d'intégrité, 191, 192; — de sincérité, 191, 196-197; — des témoignages, 191, 194 N° 62
- Déduction*, 54 N° 19, 67 N° 21, 76, 79, 94-95 N° 29, 119-121, 124 N° 39, 216
- Définitions*, 62, 66, 130, 133
- Démonstration*, 67 N° 21, 220; — par récurrence, 71-72; — par réduction à l'absurde, 69-71; — synthétique et analytique, 67-69
- Description*, 130, 210, 211, 234-235
- Désintéressement*, 21 N° 4, 26, 233
- Déterminisme*, 28-29, 123-124; — historique, 210
- Dialectique* (connaissance), 246-247, 249, 261-267 N° 87
- Différence* (méthode de), 115-116, 117, 119, 134, 178
- Discursive* (pensée), 215-221 Nos 70-71
- Documents*, 188, 189, 190 N° 60, 202, 203, 207
- Dogmatisme*, 29-30, 33, 231, 240, 247
- Doute*, 30-31, 234, 250
- Dualité* (principe de), 256 N° 85
- Echelle d'observation*, 143
- Economiques* (faits), 203, 207
- Eidétique* (connaissance), 245-247
- Effet*, 114
- Egalité*, 55
- Élément*, 223-224
- Empirisme*, 47-49, 122; tendance empiriste de la science, 236 N° 78, 256-258
- Energie*, 88
- Enfants*, 171, 184
- Erreur*, 227-234 Nos 75-76; fécondité de l' —, 106, 230
- Esprit*, 9, 12, 35, 36, 37, 39, 54, 99, 112, 160, 208, 237, 241, 242; familles d'esprits, 226 N° 74; — scientifique, 26 ch. II
- Ethnographie comparée*, 178-179
- Événement*, 85, 188, 204, 206
- Evidence*, 67, 217, 250-251
- Evolution de la science*, 244, 255, 258, 260, 261-265 N° 87
- Evolutionnisme*, 139, 167
- Expérience* (voir expérimentation), 47, 49, 118, 126, 134, 230, 237, 239, 244, 249; — pour voir, 106; ouverture à l' —, 249, 262-263
- Expérimentales* (sciences), 82-158 ch. V et VI, 188, 222, 234-240 Nos 77-78
- Expérimentation* (voir expérience), 111-119 Nos 35-36, 133 N° 42, 178
- Explication, expliquer*, 19, 94, 189, 210-211, 235, 239
- Fait* (voir phénomène et événement), 8, 18, 33, 83 N° 26, 94 N° 29, 96, 97 N° 31, 174, 188, 199 N° 63, 202, 209, 239; — brut et — scientifique, 83-84
- Fécondité de l'application des mathématiques*, 77-78; — du finalisme, 153-154, 157
- Finalité*, 139-158 Nos 44-49; — interne et externe, 146-147
- Foi en la science*, 27 N° 8, 30, 122, 263, 265
- Fonction*, 72 N° 22, 75-76, 102, 114, 117, 235, 236; science fonctionnelle, 234 N° 77
- Fondamental* (caractère), 131
- Généralisation en mathématiques*, 60-61, 72, 120
- Génétique*, 135, 138; méthode —, 135 N° 43

- Génie*, 13, 14, 27, 107
Géographie, 203
Grandeur (voir quantité), 45-46, 236
Gravitation universelle, 22, 26, 76, 114
Grecs anciens, 25, 35, 36
- Hasard*, 140 N° 45, 144, 147, 148, 156, 182, 203, 211; anti -, 143-144, 152, 156
Histoire, 7, 159, 161, 187 ch. VIII, 222; - comparée, 176-178, 189; sciences historiques, 42, 43, 44
Hypothèse, 9, 14, 18, 29, 78, 93-94, 96, 104-110 N°s 33-34, 112, 113 N° 36, 207 N° 66, 249
- Idéalisme*, 123
Idée du but, 145; - directrice, 18, 151; fécondité de l' -, 96-97, 98; - générale, 17
Idoles (théorie des), 230-232, 240
Idonéisme, 239-240, 243-265
Imagination créatrice, 13-14, 27 N° 7, 104-105, 118, 225, 249
Imitation, 167-169
Inconscient (voir subconscient), 170, 206-207
Indéterminisme, 123-124
Individualité, 135, 146
Induction, 119-126 N°s 37-39
Instruments (voir mesure), 23, 24, 100 N° 32, 118, 133, 236
Intelligibilité de l'univers, 27-28, 29, 236, 241
Intention, intentionnel, 143-144
Intuition, 15, 215-221 N°s 70-71, 224, 251-256; - inventive, 218-219, 255-256; - métaphysique, 219; - psychologique, 216; - rationnelle, 216-218; - sensible, 216
Invention, 11 N° 1, 154, 156, 168, 169, 225; - en mathématiques, 59-60
- Isoler les influences*, 111, 118, 134
- Jugement* (voir proposition), 215, 217-218, 227; - d'existence et - de valeur, 160
- Langage*, 16-17, 130, 231
Liberté, 155, 160, 161, 208, 242
Limite, 53-54, 241
Loi, 16, 19, 20, 28, 30, 77, 83, 85 N° 27, 94 N° 29, 123-126, 130, 160, 162, 174, 178, 189, 228, 234; - de la biologie, 135; de la chute des corps, 77, 85-86; - de coexistence, 131, 164; - empirique, 16, 239; - de Mariotte, 75, 86, 114, 117, 260; - statistique, 28, 87, 124, 143, 147; - des trois états, 164-166, 254-255
- Magie*, 183, 232
Matérialisme, 154
Mathématiciens, 22, 23, 40, 42, 79-80, 238
Mathématiques, 7, 33, 34, 35, 36, 40, 42, 43, 45 ch. IV, 120, 135, 221, 235; géométrie, 251 N° 83, 260
Mécanique, 21, 36, 41, 42, 45, 88; mécanisme 147 N° 47
Meneur, 172
Mesure, 46, 52, 55; appareils de - (voir instruments), 34, 101-103, 236
Métapsychique, 213
Mœurs (science des), 184, 241
Monde invisible, 181-182
Morale, 160; qualités morales, 26 N° 6, 240; sciences morales, 159 N° 50
Mutations, 137-138
- Nombre*, 46, 48, 50 N° 18
Non-civilisés, 180-184
Normative (science), 160, 184
- Objectivité de la science*, 20-21, 31 N° 10, 98, 102-103, 210, 265

- Observation, observer*, 95, 96, 97-103
N° 31-32, 111, 133 N° 42, 249
- Occultes* (phénomènes), 212 N° 69
- Opérations*, 47, 51-53
- Optique*, 89-91, 230, 235, 236
- Ordre* (notion d'), 47; — cosmique universel, 27 N° 8, 131, 242
- Orthogénèse*, 152, 156
- Paléontologie*, 133, 136, 152
- Participation mystique*, 182
- Partie*, 223-224
- Pathologique* (méthode), 134
- Perception* (voir sens), 16, 50, 84, 195, 216, 219-220, 235, 236
- Peur*, 183
- Phénomène*, 85, 129, 188, 189, 203, 224
- Philosophie*, 11, 160, 212; culture philosophique, 231, 233, 240; métaphysique, 241
- Physique* (voir optique), 7, 21, 24, 36, 37, 40, 42, 45, 111, 134, 139, 147, 148, 234
- Positif* (esprit), 32 N° 11, 82
- Postulat*, 29, 64-65, 66, 88, 241
- Précipitation*, 217, 232
- Précision*, 25, 34 N° 12, 235
- Prestige*, 169
- Prévention*, 217, 232
- Prévision*, 19, 20, 86-87, 125
- Principe* des corrélations organiques de Cuvier, 131; — de l'économie des causes, 214; — d'Hamlet, 213; — de Laplace, 214; — de la série naturelle, 132; — de la subordination des caractères de Jussieu, 132; principes logiques, 15; — des mathématiques, 61 N° 20; — en sciences expérimentales, 87-94 N°s 28-29, 99-100, 107-109, 112-113, 124, 239; — en méthodologie, 263
- Probabilité*, 140 N° 45, 152, 153, 233
- Probables* (connaissances), 251
- Progrès scientifique*, 12, 14, 24 N° 5, 235, 239-240, 247, 264-265
- Proposition* (voir jugement), 54-55, 233
- Primitifs* (voir non-civilisés)
- Prudence*, 26, 265
- Psychisme*, 157
- Psychologie*, 15, 16, 21, 42, 159, 160, 226; — empirique, 17-18; — des foules, 169 N° 54, 199; — et histoire, 198-199, 206, 207; — scientifique, 18, 37; inter —, 167
- Qualitatif*, 20, 54, 234; *qualité*, 45-46, 47, 97, 219, 241
- Quantitatif*, 20, 235, 241, 242; *quantité* (voir grandeur), 45-47
- Question* (posée à la nature), 112
- Raison*, 15, 16, 19, 38, 47, 48, 237, 254-256 N° 84, 262
- Raisonnement*, 18, 215-216, 219, 239; — mathématique (voir démonstration), 54 N° 19
- Rapport*, 55, 178, 217-219, 236
- Rationalisme*, 47-49, 50, 122-123; *tendancerationaliste* de la science, 236 N° 78, 256-258
- Réalié, réel*, 50, 97, 174, 223, 227-229, 234, 235, 238; *réalisme*, 123; horizons de réalité, 251, 260-261
- Recherche* (étapes de la), 95 N° 30, 248 N° 82
- Résidu* (méthode des), 109 N° 34, 248
- Revision*, 240, 247, 248, 251, 262, 263
- Rigueur*, 25, 33, 34 N° 12
- Sauvages* (voir non-civilisés) 171, 184
- Savoir préalable*, 249-250, 264
- Scepticisme*, 29, 30, 209, 240, 262

- Schématique* (connaissance), 259-260
- Science appliquée et - pure*, 21
N° 4; - et histoire, 189; - et philosophie, 160; *sciences auxiliaires de l'histoire*, 193
- Scientisme*, 240-241
- Scolastique*, 29, 30, 124, 234, 247
- Sens* (organes des), 18, 97, 98, 102, 236; - commun et science, 18, 94, 96-97, 251, 264
- Signification extérieure*, 254, 259
- Sociologie*, 36, 40, 42, 43, 159 ch. VII, 188-189, 226
- Solidarité de l'analyse et de la synthèse*, 224 N° 73; - de l'expérience et de la théorie, 96-97, 99-100, 112-113, 228-229, 239-240, 251-258; - de l'intuition et de la pensée discursive, 219 N° 71, 251-256; - des parties entre elles, 127, 134, 145-146, 226, 235
- Stabilité du savoir* (voir éidétique), 243-244, 246
- Statistique* (voir loi statistique), 179, 180
- Subconscient* (voir inconscient), 172
- Subjectif, subjectivité* (voir affectivité), 16, 17
- Suicide*, 179-180
- Surnaturel*, 195, 214
- Syllogisme*, 58, 59, 95, 124
- Symbole*, 97, 241, 259
- Sympathie*, 168, 212
- Synthèse*, 9, 67, 104, 221-227 Nos 72-74, 239; - historique, 190, 202 N° 65, 209, 222
- Systematisation*, 76-77, 243, 244, 247, 262
- Technique*, 21 N° 4, 25, 40, 125, 204-205, 264
- Témoignages*, 190-191; critique des -, 191, 194 N° 62, 214
- Théorie*, 19, 22, 29, 32, 87-94 N° 28-29, 99-100, 107-109, 112-113, 124, 125, 126, 229, 238-239; - du transformisme, 133, 135 N° 43, 150, 243, 244, 251-254, 256-258
- Tout* (domination du - sur les parties), 150, 172, 175-176, 226, 240
- Travail* (division du), 36, 167
- Unification, unité*, 9, 37, 84, 87, 130, 239
- Utilitaire* (science), 21 N° 4, 240
- Valeurs universelles et collectives*, 185
- Variations concomitantes* (méthode des), 117-118, 119, 178, 179
- Vérification, vérifier*, 13-14, 33, 76, 82, 111-119 N° 35-36, 124, 125, 208, 238, 249
- Vérité*, 11, 12, 227-234 N° 75-76, 240, 264-265
- Vestiges*, 190, 194
- Vital* (élan), *vitalisme*, 154-155
- Vivants* (caractère des êtres), 127-128
- Vraisemblance*, 200, 212, 264-265

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
PRÉFACE	7

Chapitre premier. — Introduction.

1. La méthode et l'invention	11
2. La connaissance commune	15
3. La connaissance scientifique	18
4. Science et technique	21
5. La science, œuvre collective et internationale . Le progrès scientifique.	24

Chapitre II. — L'esprit scientifique.

6. Les qualités morales	26
7. L'imagination	27
8. La foi en la science	27
9. L'esprit critique	29
10. L'objectivité	31
11. L'esprit positif	32
12. La précision et la rigueur	34

Chapitre III. — La classification des sciences.

13. Utilité d'une classification	36
14. Exemples de classifications	38
15. Les classifications d'Auguste Comte et d'Augustin Cournot	39

Chapitre IV. — Les sciences mathématiques.

16. Objet et définition	45
17. Nature et origine des notions mathématiques	47
18. Les notions mathématiques résultent d'une construction intellectuelle	50
19. Le raisonnement mathématique	54
20. Les principes des mathématiques	61
21. Les divers types de démonstrations	67
22. La notion de fonction	72
23. L'application des mathématiques, ses avantages	73
24. L'application des mathématiques, ses difficul- tés et ses limites	78

Chapitre V. — Les sciences expérimentales en général.

25. Introduction	82
----------------------------	----

**A. LA STRUCTURE DES SCIENCES
EXPÉRIMENTALES**

26. Les faits	83
27. Les lois	85
28. Les principes et les théories	87
29. Les rapports entre les faits, les lois, les prin- cipes et les théories.	94

**B. LA RECHERCHE DANS LES SCIENCES
EXPÉRIMENTALES**

30. Les trois étapes de la recherche	95
--	----

I. Observer

31. Le fait résulte d'un choix	97
32. Les instruments	100

II. *Conjecturer*

33. L'hypothèse 104
34. La méthode des résidus de Stuart Mill . . . 109

III. *Vérifier*

35. L'observation et l'expérimentation 111
36. Les autres méthodes d'expérimentation de
Stuart Mill 113

C. L'INDUCTION ET LA DÉDUCTION

37. L'induction expérimentale, sa nature et sa
valeur 119
38. Le problème du fondement de l'induction . . 121
39. Le raisonnement déductif dans les sciences
inductives 124

Chapitre VI. — Les sciences expérimentales : La biologie.

A. LES MÉTHODES SCIENTIFIQUES

40. Les caractères fondamentaux des êtres vivants
et l'objet de la biologie 127
41. La classification 129
42. L'observation et l'expérimentation 133
43. La méthode génétique ; les théoriciens transfor-
mistes 135

B. LE PROBLÈME PHILOSOPHIQUE DE LA FINALITÉ EN BIOLOGIE

44. La causalité efficiente. 139
45. Le hasard et le calcul des probabilités . . . 140
46. La finalité 144

47. Le mécanisme	147
48. Le finalisme	149
49. Discussion	155

Chapitre VII. — La sociologie.

50. Les sciences morales	159
51. La définition de la sociologie	161
52. La création de la sociologie par Auguste Comte	162
53. Les méthodes inspirées de la biologie et de la psychologie ; Herbert Spencer et Gabriel Tarde	166
54. La psychologie des foules de Gustave Le Bon	169
55. La sociologie indépendante d'Emile Durkheim	173
56. Les méthodes d'Emile Durkheim	176
57. Applications de ces méthodes : le suicide ; la mentalité des peuples non civilisés	179
58. Conclusions	184

Chapitre VIII. — L'histoire.

59. Introduction et définition	187
--	-----

A. L'ANALYSE HISTORIQUE

60. Les documents	190
61. La critique d'érudition	191
Tableau de l'analyse historique	191
62. La critique des témoignages	194
63. La critique des faits	199
64. Conclusions sur la critique historique	200

B. LA SYNTHÈSE HISTORIQUE

65. La construction historique et ses idées directrices	202
---	-----

C. REMARQUES GÉNÉRALES

66. Le rôle de l'hypothèse en histoire	207
67. La valeur de la connaissance historique	208
68. L'utilité de l'histoire	210

APPENDICE

69. L'étude des phénomènes inaccoutumés	212
---	-----

Chapitre IX. — Les procédés généraux de la pensée et conclusions.

70. L'intuition et la pensée discursive	215
71. La solidarité de l'intuition et de la pensée discursive	219
72. L'analyse et la synthèse	221
73. La solidarité de l'analyse et de la synthèse	224
74. Les esprits analytiques et synthétiques	226
75. La vérité et l'erreur	227
76. Comment pratiquement diminuer les chances d'erreur	229
77. La science classificatrice et la science fonctionnelle	234
78. Les tendances rationaliste et empiriste de la science	236
79. Les limites de la science	240

APPENDICE

**Une nouvelle philosophie des sciences :
l'idonéisme ou la méthodologie dialectique
de Ferdinand Gonseth**

80. Les crises scientifiques	243
81. Un essai d'interprétation: la méthodologie dia- lectique ou ouverte	244
82. Les quatre phases de la recherche	248
83. Les trois aspects de la connaissance	251
84. Le processus cyclique d'accord selon André La- mouche	254
85. Le principe de dualité	256
86. Connaissance schématique, horizons de réalité et phénomènes complémentaires	258
87. L'ouverture à l'expérience. Solidité et efficacité d'une connaissance dialectique	261
INDEX DES NOMS	267
INDEX ANALYTIQUE	269