



REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE DOUALA

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE
POLYTECHNIQUE DE DOUALA

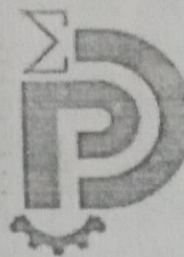
B.P. 2701 Douala
Tél. (237) 697 542 240
Site web : www.enspd-udo.cm

REPUBLIC OF CAMEROON
Peace – Work – Fatherland

THE UNIVERSITY OF DOUALA

NATIONAL HIGHER POLYTECHNIC
SCHOOL OF DOUALA

P.O.Box:2701 Douala
Phone :(237) 697 542 240
Email: contact@enspd-udo.cm



HISTOIRES DE LA SCIENCE ET ETHYQUE SCIENTIFIQUE 1

Dr. KIKMO WILBA Christophe

2023-2024

PRÉSENTATION DU COURS

La **philosophie des sciences** est la branche de la philosophie qui étudie les fondements philosophiques, les méthodes et les implications de la science, qu'il s'agisse de sciences naturelles ou de sciences sociales. Elle se penche sur la définition de la science, son but et la fiabilité des théories. Pour ce faire, elle s'appuie sur la philosophie (métaphysique, ontologie, éthique) et **l'histoire des sciences**. Les questions majeures de la philosophie des sciences portent sur la manière de définir la connaissance, de distinguer la science de la pseudo-science, et sur le rapport entre science et société. Elle se distingue de l'épistémologie, qui traite plus spécifiquement de la méthodologie scientifique et de l'étude critique de la science. **L'histoire des sciences** étudie l'évolution de la connaissance scientifique. Elle ne se limite pas à la chronique des découvertes scientifiques, mais explore l'évolution de la pensée scientifique, des institutions et des traditions qui ont contribué à la construction des savoirs. L'histoire des sciences permet de replacer l'apprentissage des concepts dans un contexte historique, de montrer les invariants de la démarche scientifique, et d'incarner davantage les concepts scientifiques. Elle offre également une perspective humaine sur la science, en montrant que la physique-chimie, par exemple, est une aventure à dimension humaine. Ce cours offre une initiation à une histoire critique des sciences permettant de mieux comprendre la nature du savoir scientifique et son évolution. Plutôt qu'une « histoire des idées scientifiques », le cours propose une « histoire sociale », c'est-à-dire l'étude de la science et de la technique comme éléments constitutifs de la société et comme champs d'intervention d'acteurs et de groupes sociaux. En effet, ces acteurs et ces groupes occupent une place dans la société, y jouent un rôle et entrent en interaction avec d'autres acteurs ou groupes. Le cours a pour but de montrer l'interaction entre le développement des sciences et des techniques et celui des civilisations qui leur ont servi de cadre, de l'Antiquité à la fin de la Renaissance. Il le fait notamment par l'étude du rôle et de la place occupée par les groupes sociaux qui étaient les porteurs du savoir scientifique au sein de ces civilisations. Le cours vise à vous amener à :

1. Comprendre l'évolution des sciences en explorant les dynamiques qui ont permis aux sciences de se constituer.
2. Établir les distinctions et les liens importants entre les concepts de connaissance, de science et de technique.
3. Comparer les méthodes développées dans différentes époques en examinant la place de la mathématisation, le statut de l'observation et de l'expérience.
4. Connaître les principales étapes du développement des sciences et des techniques et les relier aux étapes correspondantes du développement des civilisations au sein desquelles elles prennent forme et évoluent.
5. Reconnaître et décrire les manifestations des interactions entre les sciences, les techniques et l'organisation sociale propres à chacune des grandes civilisations ou époques historiques.
6. Reconnaître, pour chacune des civilisations ou des époques couvertes par le cours, les groupes sociaux porteurs du savoir scientifique et décrire leur rôle, ainsi que la place qu'ils occupent dans la société.

7. Connaître les caractéristiques des sciences et des techniques développées par les civilisations non occidentales et apprécier, le cas échéant, leur contribution aux sciences et techniques occidentales.
8. A l'aide d'études des cas, le cours aborde la question de la construction sociale des sciences et celle des communautés scientifiques (statut, institution, ...).

LA SOCIOLOGIE DES SCIENCES FACE À LA PHILOSOPHIE ET L'ÉPISTÉMOLOGIE

Logique, épistémologie, philosophie des sciences

La sociologie des sciences, la philosophie et l'épistémologie des sciences sont des domaines qui penchent sur la connaissance scientifique, mais chacun avec une perspective et ces dernières sont complémentaires pour comprendre la science et sa place dans la société. La logique, l'épistémologie et la philosophie des sciences constituent un domaine qui couvre une vaste gamme de sujets et de questions, notamment la métaphysique, la méthode scientifique, les sciences et les valeurs, et même l'histoire des sciences, puisque le développement de nouvelles idées soulève inévitablement beaucoup de questions philosophiques et conceptuelles. Les sciences dont il est ici question vont des mathématiques aux sciences naturelles (biologie, chimie et physique), en passant par les sciences sociales (anthropologie, économie et sociologie) et différents aspects de la médecine. La philosophie de la psychologie, un domaine qui appartient souvent à la philosophie de l'esprit ou aux sciences cognitives, soulève également les mêmes enjeux ; elle est ici intégrée à la philosophie des sciences. Plutôt que chercher à constituer la sociologie des sciences en la définissant contre la philosophie ou l'épistémologie des sciences, plutôt que chercher à prendre le contre-pied radical des analyses philosophiques de la science (avec le risque du sociologisme), il semble bien plus vertueux d'oublier la philosophie et l'épistémologie –ce qui ne signifie évidemment pas qu'elles ne peuvent pas venir alimenter de manière ponctuelle la réflexion sociologique par des questions précises et des discussions conceptuelles. Les oublier comme discipline par rapport à laquelle il faudrait nécessairement se démarquer ou même, plus simplement, se positionner. Les oublier comme registre de discours globaux sur les sciences dont il faudrait immanquablement tenir compte.

S'émanciper des traditions héritées de la philosophie des sciences, s'émanciper d'un dialogue forcé avec l'épistémologie, c'est aussi pouvoir aborder des questions que la philosophie laisse largement de côté: la diffusion des savoirs et leur appropriation par le corps social et les individus; les formes de l'organisation institutionnelle de la recherche; l'internationalisation de la science et des collaborations; le rôle des politiques scientifiques; les usages économiques, sociaux et industriels des savoirs académiques; les marges et les frontières du monde savant ; les inégalités d'accès à la science et à la connaissance scientifique; les rapports aux savoirs

institués; les professions scientifiques et leur régulation; les formes contemporaines de l'autonomie du scientifique; les modes de financement de la recherche et leurs effets; la présence de la culture scientifique et ses formes...

-La logique

La logique touche au raisonnement et à l'inférence valide ainsi qu'aux sujets qui en résultent. Une inférence est valide lorsque la conclusion découle des prémisses. Voici l'exemple classique:

(1) Socrate est un homme.

(2) Tous les hommes sont mortels.

Par conséquent, Socrate est mortel.

C'est la forme, et non l'objet, qui rend l'énoncé valide. Ainsi, le raisonnement suivant, qui contient des prémisses erronées et une conclusion erronée, est néanmoins valide:

(1) Socrate est une chèvre.

(2) Toutes les chèvres peuvent voler.

Par conséquent, Socrate peut voler.

Un raisonnement est solide lorsqu'il est valide et repose sur des prémisses qui sont vraies. La distinction entre la forme d'un raisonnement et son objet est exprimée par les termes «syntaxe» et «sémantique», respectivement. Les logiciens ont grandement étudié ces deux termes et ont répondu à beaucoup de questions intéressantes sur leurs relations. Ce faisant, ils ont beaucoup contribué au développement de la linguistique et à la compréhension du langage naturel.

La logique a donné naissance à des disciplines comme l'informatique, qui l'a à son tour stimulée. L'un des principaux sujets des recherches actuelles est la complexité algorithmique, qui repose, par exemple, sur le nombre d'étapes nécessaires pour prouver quelque chose. Il s'agit d'un sujet intéressant sur le plan théorique, mais qui a aussi une valeur pratique, puisqu'il est important de savoir si un ordinateur peut mener à une preuve dans un délai raisonnable.

Beaucoup de choses peuvent être prouvées en principe, mais le temps nécessaire pour le faire dépasse l'âge de l'univers. Parmi les autres sujets de recherches figurent la logique modale, l'étude de la possibilité et de la nécessité, ce qui est particulièrement intéressant pour les métaphysiciens. La logique paraconsistante (le raisonnement à l'aide d'hypothèses incohérentes) et la logique plurivalente (l'étude des raisonnements ne comprenant pas que les deux valeurs de vérité, vrai et faux) sont d'autres domaines florissants.

-L'épistémologie

L'épistémologie (aussi appelée théorie de la connaissance) est l'étude de la nature de la preuve et des conditions de la croyance rationnelle. Des questions d'épistémologie surviennent en permanence : Comment pouvons-nous savoir quelque chose ? Pouvons-nous justifier les croyances esthétiques, éthiques ou religieuses ? Les croyances scientifiques, qui sont les plus complexes et les plus sophistiquées, sont peut-être les plus difficiles philosophiquement parlant, ce qui soulève un débat continu : les sciences sont-elles la seule source de connaissance ? On peut répondre que si les sciences coïncident avec le bon sens, ou la théologie, ou autre chose, il n'y a pas de problème. Par contre, en cas de désaccord, la croyance scientifique est celle qui comporte le plus de preuves. La rationalité exige que le bon sens ou la

théologie cèdent le pas aux sciences. Cela va sans dire, c'est discutable, mais l'histoire des quatre derniers siècles a vu les sciences triompher de toutes les autres formes de connaissance rivales.

-La métaphysique

La métaphysique est l'étude des aspects plus généraux de la réalité, particularités qui ne peuvent normalement pas être établies par les sciences empiriques. Mentionnons notamment la nature de la causalité, de l'espace et du temps, du hasard et de la nécessité. Comme pour l'épistémologie, les questions métaphysiques surviennent dans tous les domaines (par exemple en éthique, en esthétique, en théologie), mais une grande partie des questions les plus intéressantes sont associées aux sciences particulières. La question du libre arbitre et du déterminisme est une question métaphysique éternelle qui a des ramifications en éthique. Cette question se pose dans le contexte particulier des sciences cognitives, ainsi qu'en physique: le monde quantique est-il déterministe ou y a-t-il une part inévitable de hasard?

Chapitre 1

ENSEIGNEMENT DES SCIENCES

Il paraît logique, avant d'entreprendre une histoire des sciences, de définir ce qu'on entend par science. Le mot lui-même vient du latin scientia dont la racine est scire, qui veut dire «savoir». Le Robert définit la science comme « Tout corps de connaissances ayant un objet déterminé et reconnu, et une méthode propre; domaine du savoir, en ce sens. » Il n'y a donc pas une science, mais des sciences, chacune caractérisée par un ensemble de pratiques plus ou moins différenciées, des mathématiques à la sociologie en passant par la comptabilité!

La définition de science utilisée dans ce cours est plus restrictive. Il s'agit plutôt d'une tentative systématique de connaissance de la Nature par des voies rationnelles. Autrement dit, nous ne considérons que les sciences de la Nature, ce qu'on appelait autrefois la Philosophie naturelle. En langage moderne, ceci signifie la physique, la chimie, la biologie et les disciplines connexes (astronomie, géologie, etc.), auxquelles on ajoute les mathématiques.

La place des mathématiques est singulière, car il s'agit d'un ensemble de concepts et de méthodes dont l'objet n'est pas exclusivement l'étude de la Nature, mais qui s'étend à pratiquement toute l'activité humaine. Nous les incluons tout de même dans notre étude, en raison non seulement de leur importance fondamentale dans l'évolution des connaissances sur la Nature, mais de leur place centrale dans l'évolution de la pensée humaine.

Les qualificatifs systématique et rationnel dans la définition de la science donnée plus haut sont essentiels. Le premier signifie que les connaissances acquises doivent former le plus possible un tout cohérent, autrement dit qu'on ne doit pas faire appel à de nouveaux principes à chaque fois que se présente un nouveau phénomène ou une observation nouvelle : en autant que faire se peut, les connaissances doivent former un système. Le deuxième signifie que les connaissances acquises doivent être soumises aux règles élémentaires de la logique et faire le plus possible abstraction des émotions, des pressions sociales, bref, de notre condition humaine. Ce qui précède est évidemment plutôt imprécis: c'est le rôle de l'épistémologie de préciser ces notions. Nous espérons qu'une idée plus claire de ce que constituent la science et la méthode scientifique émergera de ce cours.

La science agrandit et enrichit nos vies, ouvre notre imagination et nous libère des servitudes de l'ignorance et de la superstition. Les sociétés savantes soussignées désirent énoncer les préceptes de la science moderne qui sont responsables de son succès. La science est l'entreprise systématique d'acquérir des connaissances sur le monde, d'organiser et de synthétiser ces connaissances en lois et théories vérifiables. Le succès et la crédibilité de la science prend sa source dans la volonté des scientifiques de:

1) Soumettre leurs idées et résultats à la vérification et la reproduction indépendante par d'autres scientifiques, ce qui nécessite l'échange complet et ouvert des données, procédés et matériel.

2) Abandonner ou modifier les conclusions acceptées lorsque confrontés à des évidences expérimentales plus complètes ou fiables.

L'adhésion à ces principes procure un mécanisme d'autocorrection qui est le fondement de la crédibilité de la science.

Une technique est un corps de connaissances pratiques visant à exercer une action de manière efficace sur la matière. En général, les techniques anciennes ont été mises au point sans qu'une connaissance rationnelle et systématique de la Nature soit nécessaire. Chaque domaine pratique disposait de règles empiriques, peut-être obtenues par essai et erreur au fil des générations et transmises sans explications générales. C'est la période des artisans et des corporations de métier. La contemplation des cathédrales gothiques ou des pyramides d'Égypte suffit à interdire tout mépris à l'égard de ces connaissances pratiques «non scientifiques».

Depuis environ deux siècles, les progrès de la science et des techniques s'influencent et se favorisent mutuellement. Il est donc impossible de séparer complètement science et techniques, car l'état de l'une dépend des progrès de l'autre. Les méthodes d'acquisition de connaissances pratiques sont de nos jours proches des méthodes utilisées dans l'acquisition de connaissances sur la Nature. L'ensemble de ces méthodes peut sans trop d'erreur être qualifié de «méthode scientifique» et les connaissances pratiques résultant de l'application de ces méthodes sont, avec raison, qualifiées de «scientifiques». Ce mariage de science et de techniques porte le nom de technologie. De façon grossière, on peut affirmer que la technologie est la «science au service de l'humanité». Il serait plus juste de parler de technologies au pluriel, car chaque domaine d'activité fait appel à des ressources scientifiques en proportions différentes, que ce soit la microélectronique, le génie mécanique, la médecine thérapeutique, etc. En résumé, la science (au sens strict) et la technologie diffèrent donc par leur objet, même si leurs méthodes sont apparentées.

Les progrès techniques réalisés dans les temps anciens sont délibérément négligés, en dépit de leur immense intérêt. Cependant, les allusions aux progrès techniques se feront de plus en plus nombreuses au fur et à mesure que le récit se rapprochera de nous dans le temps.

Avant de s'engager dans un cours d'histoire des sciences aux dimensions restreintes comme celui-ci, plusieurs avertissements sont de mise. Premièrement, le sujet lui-même est si vaste

qu'un cours de trois mois ne peut absolument lui rendre justice et que les sujets couverts par le cours, ainsi que la profondeur de leur couverture, doivent faire l'objet d'un choix judicieux. Il faut exercer un certain nombre de compromis en mettant en balance l'importance des sujets choisis dans l'histoire des idées (leur caractère plus ou moins fondamental), le niveau de préparation des étudiants à l'étude de ces sujets et, enfin, l'expertise particulière du professeur, adéquate dans certains sujets et minimale dans d'autres.

Nous voulons insister sur l'histoire des sciences comme «histoire des idées» et ne voulons pas tomber dans une énumération de découvertes particulières qui, bien que fascinantes en soi, n'ont pas remis en cause notre vision du monde. Ceci justifie l'importance accordée aux concepts de mouvement, d'énergie, de structure de la matière, d'évolution des espèces et excuse que l'on néglige la mécanique des fluides, la synthèse organique ou la physiologie des plantes.

I. Magie comme ancêtre de la science moderne.

Il est pratiquement impossible de dire à quelle époque sont apparues les premières formes d'activité scientifique, si par là on entend une connaissance pratique de la Nature basée sur l'expérience. Les hommes de la préhistoire se livraient à des activités non instinctives, telle la fabrication d'outils rudimentaires, l'allumage du feu et, plus tard, l'agriculture; ces activités demandaient la transmission, par l'éducation, d'une connaissance acquise par l'observation et l'expérience. Cependant, ces connaissances ne s'inséraient pas, au départ, dans un système rationnel. Au contraire, elles étaient souvent associées à des «forces» ou «puissances» de la Nature que les humains espéraient conjurer en respectant un certain rituel. Ces rites constituaient ce qu'on a appelé la magie.

La magie est un art spécial, fondé sur l'existence des forces naturelles, peu ou mal connues, et ordinairement soustraites au pouvoir de l'homme. Connaître ces forces, les canaliser, les orienter, et, dans une certaine mesure, les utiliser, tel est l'objet de l'art magique. Pour ce qui est de sa méthode, elle ne diffère de celles qu'on applique dans les laboratoires modernes que par les gesticulations ou manipulations auxquelles elle donne lieu. Elle s'inspire des mêmes principes. Ses fonctions manifestes peuvent être très diverses, qu'il s'agisse d'une action sur le monde ou sur autrui: magies de fertilité ou de chasse, magies d'amour ou de guerre, magie protectrice pour se prémunir d'un danger ou, au contraire, magie maléfique pour nuire à la santé et aux biens d'autrui. Pour désigner cette forme de magie agressive dirigée contre autrui, on parlera alors de «sorcellerie».

Quelles étaient les croyances essentielles de la magie, telle qu'elle fonctionna chez les peuples les plus anciens et telle qu'elle persiste parmi certaines cultures primitives contemporaines?

Le monde était peuplé et contrôlé par des esprits et par des forces spirituelles cachées qui résidaient peut-être dans les animaux ou les arbres, dans la mer ou dans le vent, et le devoir du magicien était de plier ces forces à son projet, d'obtenir la coopération des esprits. Il procédait à

des incantations, jetait des sorts et préparait des potions, en fonction de sa vision d'un monde d'affinités et de sympathies. Ce point de vue pouvait conduire à une magie sympathique, ou imitative, qui poussait les hommes à manger la chair d'un animal, afin de s'approprier certaines de ses qualités, où à se vêtir comme les animaux et à mimer leur capture et leur mort afin que leurs chasses soient couronnées de succès. Dessiner et peindre des images d'animaux ou exécuter des figurines à leurs ressemblances revenait à s'approprier une partie de leur puissance; c'était aussi les affaiblir et faciliter leur capture. Le monde magique était un monde de rapports plutôt qu'un monde d'objets indépendants; il était basé sur les interrelations de l'homme avec la vie et avec les conditions qu'il trouvait autour de lui, dans un monde où les forces étaient personnifiées et où chaque chose exerçait une influence spécifique.

On peut affirmer que la magie a rempli un rôle utile d'organisation et de préservation des connaissances pratiques. Par exemple, le rite magique associé au solstice d'hiver n'était peut-être pas nécessaire pour que les jours rallongent effectivement, mais il avait au moins le mérite de codifier et de préserver la connaissance du solstice. Par contre, les explications que la magie fournissait des phénomènes naturels, généralement basées sur l'intervention de puissances divines, n'étaient pas fécondes: elles ne permettaient pas de susciter des observations ou des techniques nouvelles, contrairement à ce qui est de nos jours attendu d'une théorie scientifique.

Les connaissances magiques reposaient dans une caste particulière d'individus: mages, prêtres ou sorciers, responsables de la communication avec les puissances divines. Au cours des millénaires, les pratiques magiques ont connu de multiples différenciations, certaines évoluant vers les religions antiques (dont la mythologie des religions polythéistes) et d'autres vers des connaissances plus pratiques relativement dépourvues de spiritualité. Il reste qu'en tant que tentative de comprendre et contrôler la Nature, la magie est l'ancêtre de la science.

Si par science on entend un rejet de la magie et des causes surnaturelles au profit d'un ordre naturel indépendant des volontés divines, alors on peut avec justesse en faire remonter l'origine aux Grecs. Il faut cependant rester prudent sur cette affirmation, car notre connaissance des civilisations qui influencèrent les Grecs (l'Égypte et la Mésopotamie) est bien moins complète que notre connaissance de la civilisation grecque; les Grecs eux-mêmes affirmaient qu'ils devaient énormément à l'Égypte. Parce que la civilisation grecque a éventuellement dominé les territoires de l'Égypte et de la Mésopotamie, elle jette sur ces anciennes civilisations un voile mystérieux que seule l'archéologie, à partir du début du XIXe siècle, a levé partiellement. Il faut garder à l'esprit que ce n'est pas suite aux découvertes archéologiques que ces antiques civilisations ont exercé une influence sur nous, mais par l'intermédiaire des Grecs et, dans une certaine mesure, par celui de la Bible.

Il paraît donc juste de jeter un coup d'œil rapide sur l'évolution des sociétés humaines jusqu'à l'aube de la civilisation grecque. C'est le but du reste de ce chapitre.

II. L'origine des civilisations

1. La préhistoire

Il est conventionnel de faire débiter l'histoire à l'époque de l'invention de l'écriture. Notre connaissance de la préhistoire est donc basée exclusivement sur l'analyse d'artefacts découverts lors de fouilles archéologiques. La préhistoire est divisée en différentes périodes caractérisées par des techniques particulières :

— Le paléolithique est l'époque la plus ancienne, caractérisée par la technique de la pierre taillée et un mode de vie nomade ignorant l'élevage ou l'agriculture. Les humains vivaient alors de chasse et de cueillette. Cette époque débute il y a trois millions d'années, bien avant que l'espèce humaine ait atteint son apparence actuelle. Parmi les techniques développées au cours du paléolithique, signalons la domestication du feu, la fabrication de vêtements et de contenants à partir de peaux animales, la fabrication d'outils de chasse et de canots. La domestication du chien date probablement du paléolithique.

— Le néolithique est défini à l'origine par l'utilisation de la pierre polie, mais est surtout caractérisé par l'apparition de l'élevage (domestication de la chèvre, du porc et des bovidés) et de l'agriculture, donc par une sédentarisation (au moins saisonnière) des populations. Les traces les plus anciennes d'une population néolithique se trouvent au Moyen-Orient et datent d'entre 9 000 et 6 000 ans avant notre ère. À cette époque furent aussi développés l'art de la poterie, du tissage, de la construction en pierre. L'invention de la roue remonte à cette période. L'invention de l'agriculture constitue peut-être la plus grande révolution dans l'évolution de la race humaine. Outre la sédentarisation des populations, elle a aussi nécessité une planification à long terme du travail. Le mythe biblique de la chute de l'Homme – qui se retrouve aussi dans d'autres mythologies que l'hébraïque – est un souvenir de cette invention, par laquelle désormais les humains devaient travailler la terre à la sueur de leur front pour survivre, travail heureusement compensé par une relative stabilité dans l'alimentation.

— L'apparition des premiers fourneaux coïncide avec le début de l'âge des métaux. Les premiers métaux furent natifs (or, argent et cuivre) et utilisés principalement à des fins décoratives. Le cuivre fut ensuite extrait de ses minerais, ce qui est plus difficile, et combiné en alliage avec l'étain pour former le bronze (ou airain), métal à la fois plus dur et ayant un point de fusion plus bas que le cuivre. Cet âge des métaux coïncide approximativement avec l'apparition des premières civilisations, mais n'est pas un prérequis technique obligé, car les outils de pierre sont encore prédominants à cette époque. D'ailleurs, les civilisations précolombiennes (Mayas, Aztèques, Incas) n'utilisaient les métaux que comme ornements.

2. L'apparition de la civilisation

Le mot «civilisation» dérive du latin *civis* qui veut dire «citoyen». Il sous-entend donc une société, un regroupement de populations dans lequel chaque personne a un rôle déterminé : les tâches y sont spécialisées et les rapports entre individus sont régis par des règles organisées autour d'un lien d'autorité. En particulier, il existe des lois et un système judiciaire (aussi arbitraire soit-il) qui a pour but de régler les différends entre individus en évitant autant que possible les règlements de comptes personnels. On s'accorde à penser que les premières civilisations sont nées de l'organisation à grande échelle de l'agriculture, sur les rives des

grands fleuves du Moyen-Orient (le Nil, l'Euphrate, le Tigre, l'Indus) et de la Chine. L'agriculture à proximité des grands fleuves bénéficie d'une terre facile à travailler et de la crue des eaux, qui doit être mise à profit par des travaux d'irrigation considérables. La mise en commun des ressources et l'organisation du travail sont alors nécessaires et donnent un avantage certain aux populations travaillant de concert. L'apparition des villes est une conséquence de la civilisation (et non une cause), car (i) elle demande une spécialisation du travail suffisante pour justifier une agglomération d'artisans, de marchands et de non-paysans en général et (ii) elle nécessite des surplus agricoles importants afin de nourrir cette population. La période historique comme telle débute avec l'invention de l'écriture, vers 3000 ans avant notre ère, en Mésopotamie et en Égypte. Avec l'écriture apparaît la classe des scribes, ceux qui maîtrisent cet art compliqué et qui peuvent désormais transmettre les connaissances de manière plus précise et permanente que par tradition orale. L'écriture semble être née directement du besoin de tenir un inventaire des produits agricoles, et donc fut utilisée premièrement en conjonction avec les premiers.

I. L'Égypte

L'Égypte fut l'hôte, avec la Mésopotamie, de la première grande civilisation de l'Antiquité. Ce pays est entièrement dépendant de son artère, le Nil, et de ses crues annuelles qui fertilisent le sol. Les rois qui régnèrent sur l'Égypte (pharaons) furent classifiés par les historiens de l'Antiquité en trente dynasties. Le premier pharaon (première dynastie) fut Ménès (ou Narmer) qui unifia la Haute-Égypte et la Basse-Égypte. L'Égypte ancienne était un état monarchique centralisé. Les scribes, sorte de fonctionnaires-comptables, étaient responsables de l'inventaire et de la distribution des récoltes et c'est entre leurs mains que reposait le savoir transmissible des Égyptiens, en particulier en mathématiques.

Platon traite les Égyptiens de «peuple de boutiquiers», caractérisé par un «amour de la richesse» et non un amour de la science. Les connaissances égyptiennes avaient en effet un caractère technique et utilitaire. Les Égyptiens n'ont pas senti le besoin d'élaborer un système cohérent de la Nature.

Notre connaissance de la médecine égyptienne, comme des autres volets de cette civilisation, est basée surtout sur la découverte de nombreux papyrus où des diagnostics et des traitements sont consignés. Le fondateur légendaire de la médecine égyptienne est le médecin-architecte Imhotep, au service du pharaon Djôser, qui vécut vers -2800/-2700. Ce personnage fut plus tard divinisé et reconnu comme le dieu de la médecine.

La médecine égyptienne est hybride: d'une part elle contient une forte dose de magie; des incantations prononcées par le médecin sont censées apporter par elles-mêmes la guérison, même si elles sont souvent accompagnées de cataplasmes ou de potions. D'autre part, l'utilisation de drogues découvertes empiriquement semble également importante. Fait significatif, le médecin égyptien n'est pas un prêtre, mais un artisan, dont le savoir doit être transmis de façon héréditaire: on est médecin de père en fils, comme on est scribe, ou armurier, ou cordonnier de père en fils. Il semble que la chirurgie égyptienne ait été supérieure à la

médecine. Les Égyptiens savaient recoudre des plaies; ils procédaient à des obturations dentaires avec de l'or; ils réparaient les fractures en remplaçant les os et en les maintenant à l'aide d'éclisses de bois.

les Égyptiens avaient de toute façon l'habitude d'embaumer leurs morts soigneusement. Citons les contributions d'Hérophile d'Alexandrie:

1. L'étude du système nerveux. Il distingua les nerfs des ligaments et des vaisseaux sanguins. Il plaça le siège de l'âme et des sensations dans le cerveau, contrairement à Aristote qui le plaçait dans le cœur.
2. Il distingua les veines des artères. Il croyait cependant que la pulsation des artères était intrinsèque et non causée par les contractions du cœur.
3. Il consacra un livre entier à l'œil. Il y décrivait la rétine (qu'il appelle l'arachnoïde, par analogie avec une toile d'araignée), la cornée et l'iris.
4. Il est le premier médecin connu à avoir pris le pouls de ses patients, aidé d'une clepsydre (horloge à eau).
5. Il est aussi le découvreur des trompes de Fallope, en avance de 1800 ans sur Fallope lui-même.

V. La Mésopotamie

La Mésopotamie est le «pays entre deux fleuves»: le Tigre et l'Euphrate. La Mésopotamie n'a pas, en général, connu l'unité politique de l'Égypte, mais il s'y développa une civilisation aussi ancienne que sur les rives du Nil. La chronologie ci-dessous est donc tout approximative et n'évoque que les courants principaux. L'utilisation de briques plutôt que de pierres dans la construction des grands bâtiments a fait que la civilisation mésopotamienne n'a pas laissé de traces aussi durables que l'égyptienne. À partir du milieu du XIXe siècle, les archéologues ont découvert les ruines de plusieurs cités enfouies, telles Our, Babylone (Babel), Ninive, qui ont progressivement révélé l'ampleur de la civilisation mésopotamienne.

La magie et l'astrologie jouaient un rôle social important en Mésopotamie. Par conséquent les observations astronomiques des Chaldéens furent nombreuses. Les savants du temps d'Alexandre le Grand disposaient des observations babyloniennes faites 1900 ans auparavant!

1. Les textes mésopotamiens

La grande chance des historiens spécialistes de la civilisation mésopotamienne est de disposer de sources directes et authentiques. Il s'agit de textes écrits sur de petites tablettes d'argile, souvent rectangulaires, de taille comprise entre quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres. Grâce au climat sec du Moyen-Orient, ces tablettes ont traversé les siècles, ce qui n'est malheureusement pas le cas des papyri égyptiens ou grecs. Plusieurs milliers de tablettes en argile ont été mises à jour lors de fouilles archéologiques; la plupart d'entre elles datent de l'époque d'Hammourabi ou viennent de la bibliothèque d'Assurbanipal. Ces tablettes sont aujourd'hui conservées dans des musées ou des universités. Mettant les chroniques historiques, les textes à usage commercial et la littérature de côté, nous allons concentrer notre étude sur les textes consignants le savoir mésopotamien. Plusieurs disciplines sont concernées (divination, médecine, astronomie, mathématiques, etc.), mais les textes présentent tous la

même structure frappante: ils comportent de longues listes de cas. Voici l'exemple d'un traité de médecine ayant appartenu à la bibliothèque d'Assurbanipal:
D'autres traités médicaux présentent les remèdes permettant d'infléchir le cours de la maladie. Voici ce qu'on a retrouvé sur une tablette écrite à l'époque d'*Hammourabi*:
Si un homme est malade de jaunisse: tu tremperas de la racine de réglisse dans du lait, tu laisseras reposer la nuit sous les étoiles, tu mélangeras dans de l'huile, tu lui donneras à boire et il guérira.

Si un homme, un scorpion l'a piqué: tu appliqueras les excréments d'un bœuf et il guérira.
Si un homme a la «fièvre de sécheresse»: (...) de la cendre, de la farine-*isquum*, de la plante-*ammastakal*, une vieille brique dans de l'huile de sésame tu mélangeras, il boira et il guérira.

Comme la plupart des peuples antiques, les Mésopotamiens croyaient que les phénomènes naturels étaient causés par l'action de nombreux dieux et démons. Dans ce contexte, il n'était pas pertinent de chercher la cause d'un phénomène naturel dans un autre phénomène naturel ; en revanche, on peut espérer qu'un phénomène puisse en annoncer un autre. Les Mésopotamiens pensaient ainsi qu'il était possible de prévoir l'avenir grâce à des procédés divinatoires, voire même de contrôler partiellement la nature par la magie.

Étendue de la civilisation grecque dans l'histoire

Ceux qu'on appelle les Grecs, mais qui s'appellent eux-mêmes Hellènes (Ἕλληνες), sont d'origine indo-aryenne et ont peuplé la Grèce actuelle vers l'an -2000 (Ioniens et Achéens) ou vers l'an -1100 (Doriens). Les Ioniens ont été en contact avec les civilisations antérieures (Crète) et ont développé un sens du commerce et de la navigation. Ils ont été refoulés sur les côtes de l'Asie Mineure par les Doriens caractérisés par une société de type militaire peu intéressée par le commerce. À l'origine les Hellènes s'organisèrent en petits royaumes indépendants (cités). La royauté fit place à l'aristocratie avec l'apparition de grands propriétaires terriens (nobles). On distingue habituellement les périodes suivantes dans l'histoire de la civilisation grecque:

1. Durant l'époque archaïque (-750/-500) l'économie mercantile se développa et la bourgeoisie fit son apparition. La montée de la bourgeoisie (par rapport à l'aristocratie) s'accompagna de changements politiques et de luttes intestines. Des tyrans enlevèrent le pouvoir aux aristocrates et favorisèrent la bourgeoisie et en même temps l'éclosion des sciences et de la philosophie. À cette époque, plusieurs cités fondèrent des colonies autour de la mer Égée, en Italie du sud (Grande Grèce), en Sicile. La seule cité de Milet fonda 80 colonies, dont Naucratis, sur le delta du Nil. Parmi les colonies de Phocée figure Massalia (Marseille), fondée vers -600. La civilisation grecque se répandit sur presque toute la Méditerranée et sur la mer Noire. Cependant, aucune unité politique ne se réalisa et chaque cité était indépendante, même si les colonies conservaient souvent un lien de fidélité à la cité mère (métropole).

2. L'époque suivante (-500/-338) est la période dite classique. Le système démocratique se répand. L'Ionie est conquise par les Perses et la Grèce continentale lutte contre ces derniers (guerres médiques). Des guerres civiles font rage entre diverses cités, en particulier entre Athènes et Sparte (guerres du Péloponnèse). Cette époque marque l'apogée de la culture grecque classique en littérature et dans les arts. C'est aussi l'époque de Socrate, de Platon et d'Aristote.

3. Après -338, la Grèce entre sous domination macédonienne, mais sa civilisation se répand dans tout l'Orient par les conquêtes d'Alexandre le Grand. Après la mort de ce dernier en -323, des royaumes grecs se partagent l'Orient (l'Égypte des Ptolémées, la Syrie des Séleucides) et des villes grecques s'épanouissent: Alexandrie en Égypte, Antioche, Pergame, etc. La langue grecque devient la langue de communication en Méditerranée. C'est l'époque hellénistique, celle de l'apogée de la science antique.

4. Progressivement, à partir du -IIe siècle, Rome conquiert tout le bassin méditerranéen, en raison probablement de sa culture politique et militaire supérieure. L'Égypte hellénistique devient une province romaine en -30. Le grec restera cependant la langue de communication en Méditerranée orientale jusqu'à la conquête arabe (VIIe siècle). Les Romains ont été complètement dominés par la culture grecque. Peuple éminemment pratique dominé par une aristocratie, ils ne se sont pas adonnés à la philosophie spéculative comme les Grecs l'ont fait et leur apport à la science est négligeable. La science entre alors dans une période de déclin.

La philosophie grecque est caractérisée avant tout par un souci d'intelligibilité: on voulait comprendre les phénomènes en les insérant dans un système. Elle est aussi caractérisée par l'usage de raisonnements logiques (ou plausibles), mais en général très spéculatifs. Les Grecs sont avant tout d'excellents dialecticiens, c'est-à-dire qu'ils s'efforcent de convaincre leurs interlocuteurs. À l'époque de Socrate, plusieurs soi-disant philosophes, appelés sophistes, étaient des experts en persuasion qui vendaient leurs services et leurs connaissances et qui n'hésitaient pas à utiliser des raisonnements faux et trompeurs dans le seul but de convaincre. Aujourd'hui encore, le mot sophisme désigne un raisonnement vicié, basé sur de fausses prémisses ou sur une confusion de sens. L'une des tâches principales des grands philosophes grecs sera l'assainissement de la logique et de la dialectique.

Il reste que les Grecs se distinguent nettement de leurs prédécesseurs orientaux par ce goût de la philosophie spéculative et de la géométrie. Les Grecs sont les premiers véritables mathématiciens, en ce sens qu'ils concevaient les mathématiques pour elles-mêmes et non toujours en association avec un problème pratique. L'idéalisation et la capacité d'abstraction sont à l'honneur, le revers de la médaille étant un sens pratique moins développé et l'absence d'expériences, sauf à l'époque hellénistique. Si les observations soignées furent fréquentes (surtout chez Aristote et les astronomes), les Grecs ne firent pratiquement pas d'expériences scientifiques au sens où on l'entend de nos jours. Nous diviserons la science grecque en trois périodes, correspondant aux époques (1) archaïque, (2) classique et (3) hellénistique. Les philosophes de la première époque sont qualifiés de présocratiques, parce que précédant Socrate (-470/-399). Quelles sont les causes de l'essor de la science sous les Grecs? Il est

difficile de répondre à cette question et plusieurs opinions à ce sujet ont été formulées, sans qu'aucune ne soit entièrement satisfaisante:

1. On cite souvent une cause économique et sociologique: le commerce, l'artisanat et la navigation ont tenu une place prépondérante dans l'économie grecque, en particulier en Ionie. Les besoins techniques auraient alors stimulé les réflexions sur la Nature. Le défaut de cette explication est que la Grèce pré hellénistique n'a pas fait preuve d'une plus grande innovation technique que l'Égypte à la même époque. D'autre part, la plupart des philosophes, tels Platon et Aristote, semblent avoir démontré un mépris relatif à l'égard des artisans et des activités manuelles en général.
2. Une autre explication avancée est l'utilisation par les Grecs d'une écriture alphabétique, contrairement aux Égyptiens. Ce type d'écriture s'apprend plus facilement et est donc plus largement répandu dans la population, au lieu d'être réservé à une classe de scribes. L'alphabétisation plus large aurait favorisé l'éclosion de la pensée abstraite. On peut alors se demander pourquoi cet essor scientifique ne s'est pas produit dans d'autres cultures alphabétiques, comme la Phénicie.
3. Une autre explication, qui peut être conjuguée à la précédente, tient au régime démocratique des Grecs, intimement lié à la petitesse des états grecs. Un tel régime entraîne de nombreux débats et favorise l'apprentissage de l'art de convaincre par des moyens rationnels (dialectique). Cette importance de la dialectique imprègne toute la littérature philosophique grecque, en particulier celle écrite sous forme de dialogue.
4. Une autre explication repose sur l'ouverture de la société grecque envers les autres cultures et les idées nouvelles, en particulier aux confins du monde grec, dans les colonies ioniennes et italiennes, où régnait un esprit d'initiative propre aux pays jeunes et nouveaux. C'est en effet dans ces jeunes colonies que les philosophes de l'époque présocratique sont les plus présents.
5. Enfin, une dernière explication, plus simpliste, repose sur le fait que les Grecs ont fini par dominer tout l'Orient ancien par les conquêtes d'Alexandre et qu'ils ont si efficacement assimilé et masqué les cultures scientifiques antérieures à la leur (Égypte et Mésopotamie) qu'on a tendance à exagérer leur originalité. Les historiens et doxographes grecs feraient preuve de chauvinisme en attribuant à d'anciens philosophes grecs des découvertes connues auparavant des Égyptiens et des Chaldéens.

Ces cultes aussi divers ont gagné en popularité, ainsi que des pratiques occultes dont l'alchimie et l'astrologie. La montée du christianisme n'a d'ailleurs pas amélioré le sort de la science antique. Le christianisme étant une religion essentiellement salvatrice, qui promet aux pauvres et aux esclaves, misérables dans un monde en détresse, une vie meilleure dans l'au-delà. Cet espoir explique en partie la popularité croissante du christianisme dans la cruelle société impériale. En effet, les divisions de classe et les contrastes de richesse étaient devenus très criants sous l'empire romain et l'activité philosophique, apanage des aristocrates, est devenu

condamnable aux yeux des premiers chrétiens, dans leur rejet pêle-mêle de tout ce qui était associé à l'aristocratie: luxe, puissance matérielle, divertissements, etc. Plus profondément, on ne considère plus que la connaissance véritable peut être acquise par la raison, la patience et l'objectivité, mais plutôt par la pureté des sentiments et la foi: «je crois parce que c'est absurde», disait Tertullien (160/222), l'un des premiers écrivains chrétiens. Paradoxalement la religion islamique fut, dans une certaine mesure, plus favorable au développement des connaissances scientifiques que la religion chrétienne à la même époque. Le Coran encourage l'étude de la Nature: Celui qui chemine à la recherche de la science [ilm], Dieu chemine avec lui sur la voie du Paradis.

VI. Foi, science, raison

On a dit que le beau est la splendeur du vrai. Or la beauté morale c'est la bonté. Il est beau d'être bon. Pour être bon avec intelligence il faut être juste. Pour être juste il faut agir avec raison. Pour agir avec raison il faut avoir la science de la réalité. Pour avoir la science de la réalité il faut avoir conscience de la vérité. Pour avoir conscience de la vérité il faut avoir une notion exacte de l'être. L'être, la vérité, la raison et la justice sont les objets communs des recherches de la science et des aspirations de la foi. La conception, soit réelle, soit hypothétique d'un pouvoir suprême, transforme la justice en Providence, et la notion divine, à ce point de vue, devient accessible à la science elle-même. La science étudie l'être dans ses manifestations partielles, la foi le suppose ou plutôt l'admet à priori dans sa généralité. La science constate des réalités en détail, la foi les explique par une réalité d'ensemble que la science ne peut constater, mais que l'existence même des détails semble la forcer de reconnaître et d'admettre. La science démontre la justice par la justesse ; la foi donne une justesse absolue à la justice en la subordonnant à la Providence. On voit ici tout ce que la foi emprunte à la science et tout ce que la science à son tour doit à la foi. Sans la foi, la science est circonscrite par un doute absolu et se trouve éternellement parquée dans l'empirisme hasardeux d'un scepticisme raisonneur; sans la science, la foi construit ses hypothèses au hasard et ne peut que préjuger aveuglément les causes des effets qu'elle ignore. La science est forcée de respecter une croyance dont les hypothèses sont analogues aux vérités démontrées. La foi qui attribue tout à Dieu est forcée d'admettre la science comme une révélation naturelle qui, par la manifestation partielle des lois de la raison éternelle, donne une échelle de proportion à toutes les aspirations et à tous les élans de forme dans le domaine de l'inconnu. C'est donc la foi seule qui peut donner une solution aux mystères de la science, et c'est en revanche la science seule qui démontre la raison d'être des mystères de la foi.

Les choses spirituelles sont du domaine de la foi et de la révélation et sont l'objet de vérités éternelles, alors que les problèmes matériels, moins importants, sont du domaine philosophique ou scientifique et peuvent admettre un progrès. Cependant, les théories philosophiques ou scientifiques ne peuvent en aucun cas entrer en contradiction avec la révélation, ce qui serait un signe certain de leur fausseté. Le système d'Aristote a séduit un grand nombre de gens instruits par sa logique imperturbable et par son caractère universel, qui

veut tout englober et tout expliquer dans une structure cohérente et hiérarchique. L'univers d'Aristote est dans un état ordonné et rationnel: il y a une place pour chaque chose et chaque chose est à sa place, et pour une raison précise. La structure de cet univers semble découler de manière inéluctable et logique de principes généraux. À l'époque de la stabilisation de la féodalité et après une longue période de troubles et d'invasions, les esprits sont rassurés par un tel système et souhaitent que la foi chrétienne puisse être organisée selon un schéma comparable. Seulement, quelques points de la philosophie aristotélicienne sont en contradiction frappante avec la doctrine chrétienne et Aristote fut aussi accueilli avec méfiance par les autorités ecclésiastiques :

1. Aristote prétend que le monde est éternel, qu'il n'a jamais eu de début et qu'il n'aura pas de fin. Ceci contredit évidemment la création du monde par Dieu, à une époque d'ailleurs pas très reculée.
2. Le système d'Aristote est déterministe et semble nier la possibilité de libre arbitre aux individus. Tous les événements sont causés de proche en proche, et de manière nécessaire, par ce qui se produit dans les sphères supérieures de l'Univers. Ce point de vue enlève à Dieu même toute liberté d'action.
3. Aristote enseigne que l'âme humaine est issue d'un intellect agent unique situé sur la sphère de la Lune et que l'âme de chaque individu, après sa mort, retourne se fondre dans cet intellect agent, alors que la survie de l'âme individuelle est un trait fondamental de la doctrine chrétienne.

Face à ces contradictions, trois attitudes sont possibles: l'acceptation du système d'Aristote tel quel (averroïsme), son absorption dans la doctrine chrétienne, après quelques modifications (thomisme), ou finalement son rejet pur et simple (nominalisme).

L'averroïsme

On peut se laisser complètement séduire par le système aristotélicien et l'accepter tel quel, en acceptant aussi que la doctrine chrétienne soit contraire à la vérité sur certains points. Cette interprétation littérale d'Aristote est appelée averroïsme, d'après le commentateur arabo-espagnol Averroès (*Ibn Ru-shd*). Siger de Brabant, professeur à Paris, était de cette catégorie. L'averroïsme fut condamné par l'Église et ses défenseurs se méritèrent des peines d'emprisonnement.

Le thomisme

On peut aussi accepter partiellement le système aristotélicien, en particulier les éléments compatibles avec la doctrine chrétienne, et même tenter d'appuyer le dogme catholique sur la méthode d'Aristote. C'est la voie modérée que suivirent Albert le Grand et surtout Thomas d'Aquin.

Le nominalisme

Face aux contradictions entre la doctrine chrétienne et celle d'Aristote, on peut enfin donner préséance à la foi et accorder à Dieu une liberté absolue, en niant le déterminisme d'Aristote et en critiquant sa dialectique. En particulier, l'un des combats intellectuels engagés par les partisans de ce point de vue, appelés nominalistes, est la querelle des universaux. Les

universaux sont les idées de Platon, c'est-à-dire les concepts abstraits dont les objets concrets ne seraient que des simulacres. L'école réaliste, inspirée de Platon, prétendait que les universaux étaient plus vrais que les objets concrets.

La révolution scientifique

Le terme révolution scientifique désigne l'ensemble des progrès scientifiques réalisés aux XVI^e et XVII^e siècles. C'est à cette époque que la science occidentale prit son envol et dépassa tout ce qui avait été accompli par les Grecs ou par d'autres civilisations. Nous ferons un survol de ces découvertes non pas de manière chronologique, mais thématique, en commençant par les mathématiques, puis l'astronomie et enfin la mécanique. L'une des caractéristiques principales de cette révolution scientifique est l'utilisation croissante des mathématiques en physique et la certitude, la précision que les démonstrations mathématiques apportent. C'est l'origine de l'expression sciences exactes pour désigner les sciences physiques et mathématiques. Une autre caractéristique est la plus grande précision des observations, surtout en astronomie. Enfin, la méthode expérimentale y sera progressivement développée, quoiqu'elle n'y atteigne pas la maturité qu'elle aura aux siècles suivants.

Depuis l'invention des premiers outils, l'être humain a cherché à décharger son corps de tâches harassantes et à multiplier ses forces. Plus tard, l'exploitation de l'énergie animale ou naturelle l'a progressivement transformé en contrôleur d'instruments et de machines, plutôt qu'en exécutant direct. Or, les tâches mentales, reliées au calcul ou au traitement plus général de l'information, sont les cibles ultimes de l'outillage. Nous verrons dans ce chapitre comment, à travers une progression technologique particulièrement accentuée depuis la fin de la deuxième guerre mondiale et en rapport étroit avec la science moderne, l'être humain a su prolonger ses capacités mentales à un degré insoupçonné il y a deux générations à peine. Nous dérogeons ici à notre règle, suivie lors des chapitres précédents, de ne pas se concentrer sur les progrès techniques. C'est qu'en ce tournant du siècle, l'inter fécondation entre science et technique, surtout dans ce domaine nouveau de l'informatique et des technologies de l'information, est très intense.

1. Avant les ordinateurs: les calculateurs

Le mot calcul vient du latin calculus, qui signifie «petite pierre». Les Romains, comme beaucoup de peuples antiques, utilisaient couramment de petites pierres pour éviter de mémoriser les termes d'une addition. Cette pratique se perfectionna et donna naissance à la machine à calculer la plus ancienne connue : le boulier, ou abaque. Elle permet d'entrer les données d'une opération simple (telle l'addition) et même temps que l'opération est effectuée, et a été d'une utilisation presque universelle jusqu'à tout récemment.

Le boulier requiert quand même de compter les boules à manipuler, et il est serait plus simple d'inscrire sur une machine les nombres décimaux directement et de récolter le résultat avec le moins de manipulations possible. Des machines mécaniques visant précisément ceci furent mises au point dès le XVII^e siècle. La plus connue est la pascaline, construite par Blaise Pascal à l'âge de 19 ans pour soulager son père, collecteur d'impôts, du fardeau des calculs répétitifs. Le mécanisme de la pascaline était à base de roues dentées et la machine était malheureusement peu fiable; de plus, elle ne pouvait qu'additionner et soustraire. Avant Pascal, en 1623, un Allemand du nom de Wilhelm Schickard (1592/1635) avait déjà construit une machine supérieure. Après Pascal, Leibniz transforma la pascaline en une machine capable de multiplier, mais toujours sans la fiabilité requise. Il fallut attendre le milieu de XIX^e siècle avant qu'une machine, inspirée de celle de Leibniz et construite par le Français C.X. Thomas de Colmar (1785/1870), fonctionne véritablement et connaisse un succès commercial.

Le XIX^e siècle est marqué par les efforts de l'Anglais Charles Babbage (1792/1871), qui travailla de longues années, soutenu par le gouvernement anglais, à mettre au point des calculateurs mécaniques plus perfectionnés. Sa première machine, appelée *difference engine*, devait être utilisée pour calculer les tables de logarithmes. Elle ne fut pas complétée par Babbage lui-même, mais par un Suédois, P.G. Scheutz (1785/1873). Si Babbage avait abandonné la construction du *difference engine*, c'est qu'il s'était tourné vers un projet plus ambitieux : une machine pouvant effectuer toutes les opérations arithmétiques, surnommée *analytical engine*. Malheureusement, cette machine, conçue sur papier, ne fut jamais construite. Babbage avait prévu de pouvoir la programmer, c'est-à-dire de lui faire lire sur des cartes perforées les instructions du calcul et les données à traiter. Signalons que les cartes perforées avaient été popularisées dans le contexte des machines à tisser par Joseph-Marie Jacquard (1752/1834), qui lui-même s'était inspiré d'une invention d'un certain Bouchon, réalisée entre 1728 et 1734. La machine à tisser de Jacquard est le premier exemple connu d'une machine programmable, bien que ce ne soit pas un calculateur. La machine analytique de Babbage, bien que jamais construite, inspira les constructeurs de machines à calculer du début du XX^e siècle.

Les besoins des différentes armées lors de la Deuxième Guerre mondiale stimuleront la conception et la construction de calculateurs encore plus puissants. Aux États-Unis, l'armée contracta à la Moore School de l'Université de Pennsylvanie la mise au point d'un calculateur électronique, le plus puissant jamais réalisé. Appelé ENIAC (Electronic Numerator, Integrator, Analyser and Computer), sa conception dura un an et sa construction un an et demi, au coût de 500 000\$. Il ne fut terminé que trois mois après la fin de la guerre. Il comptait 17 468 lampes électroniques, 70 000 résistances, 10 000 capacités, 1500 relais et 6 000 commutateurs manuels. Il consommait 150 kW de puissance, l'équivalent d'une vingtaine de chauffages domestiques. De nombreuses lampes ou relais devaient être remplacés souvent. Les relais étaient susceptibles d'être rendus inopérants quand un moustique (*bug*) s'y écrasait, ce qui est à l'origine de l'expression courante pour désigner les erreurs de programmation (il est bien sûr commode de blâmer la machine pour une erreur commise par l'opérateur). L'ENIAC n'est pas un ordinateur, mais une calculatrice géante. Sa programmation, à refaire pour chaque calcul,

requérait de refaire manuellement une partie des circuits et de changer l'état de plusieurs commutateurs manuels. Une fois ces instructions longuement codées, l'exécution était très rapide, car l'ENIAC était cadencé à 200 kHz, ce qui lui permettait d'effectuer environ 330 multiplications par seconde.

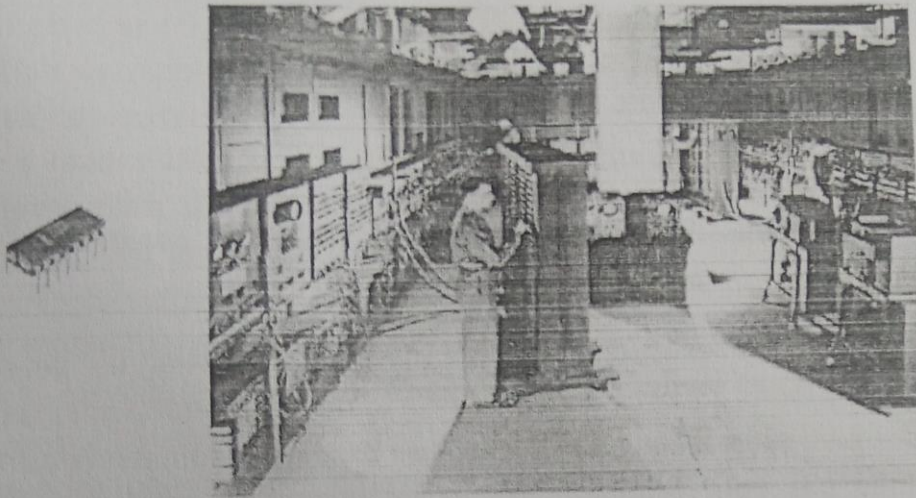


Figure 1 À droite, l'ENIAC. À gauche, le premier microprocesseur, l'Intel 4004, d'une puissance comparable.

2. Les ordinateurs

L'ENIAC sera le dernier grand calculateur de son genre. Ses concepteurs principaux, Presper Eckert et John W. Mauchly, se rendent compte assez rapidement de ses limitations, la principale était sa programmation manuelle, qui ralentit toutes les opérations. Ils ont alors l'idée (i) d'une machine qui pourrait emmagasiner les instructions en mémoire tout comme elle emmagasine les données et (ii) de consulter à ce sujet l'un des plus grands mathématiciens du moment : John von Neumann (1903/1957). Von Neumann réfléchit à l'architecture logique d'une machine pouvant effectuer la tâche accomplie par l'opérateur humain de l'ENIAC. Ce calculateur serait alors automatique. En juin 1945, il écrit un rapport dans lequel il décrit l'architecture d'une future machine appelée EDVAC (Electronic Discrete VAriable Computer), qui ne sera jamais construite avec ce nom mais inspirera les premiers ordinateurs. L'essentiel de l'architecture proposée par von Neumann consiste à confier la gestion du calcul à une unité de contrôle (Central Processing Unit, ou CPU, voir Fig. 12.2). L'unité de contrôle gère les instructions d'un programme et coordonne les autres unités de l'appareil: mémoire, entrée/sortie et unité

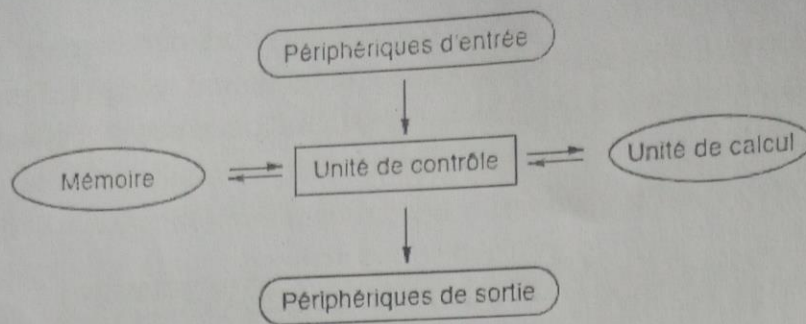


Figure 2 Schéma illustrant l'architecture proposée par von Neumann, encore employée de nos jours dans la vaste majorité des ordinateurs.

de calcul. Les instructions sont exécutées de manière séquentielle. Le développement foudroyant des ordinateurs depuis 1950 est le fruit d'une foule de développements techniques, certains extrêmement sophistiqués, mais l'architecture de base des ordinateurs est toujours la même que celle imaginée par von Neumann. On parle désormais d'ordinateur et non de calculateur, même si la distinction ne fut pas faite à l'époque (et n'est toujours pas faite en anglais), car cette machine hypothétique de von Neumann fait plus que calculer : elle ordonne de l'information, en particulier des instructions de calcul. Von Neumann fut inspiré dans sa réflexion par les travaux d'un jeune mathématicien anglais, Alan Turing (1912/1954). En 1936, Turing précisa la notion d'algorithme et imagina une machine automatique (dite machine de Turing) qui pouvait résoudre n'importe quel problème: c'était une machine universelle, qui fonctionnait de manière automatique en suivant machinalement des instructions exprimées en fonction d'opérations logiques élémentaires et en écrivant, copiant ou lisant de l'information dans un registre. Turing ne voulait pas vraiment concevoir une machine réelle, mais une machine formelle, dans le but de réfléchir aux limites de la logique mathématique par une approche «constructive».

3. Les progrès de l'électronique

La révolution informatique fut rendue possible par les progrès technologiques inouïs de l'électronique, cette discipline qui se préoccupe de la propagation et du traitement des signaux électriques. Le point de départ de cette révolution technologique est l'invention du transistor. Nous allons ici brièvement relater les événements et circonstances entourant cette découverte et les développements subséquents. L'électronique est née des besoins de l'industrie des télécommunications. Les techniques de communication à distances les plus simples sont très anciennes: on pense aux signaux lumineux, aux signaux de fumée ou au tam-tam africain. La première utilisation à grande échelle des techniques visuelles de télécommunication remonte à 1794, alors que Claude Chappe met au point son système télégraphique pour servir les besoins militaires de la France révolutionnaire. Dans ce système, des signaux visuels étaient émis et relayés par plusieurs stations, à l'aide de bras articulés. Un code avait été mis au point pour

représenter l'alphabet. Un total de 116 stations s'échelonnaient de Paris à Toulon et, par beau temps, un message pouvait prendre aussi peu que vingt minutes pour parcourir ce trajet.

Les technologies de l'information sont encore en pleine évolution, tant sur le plan matériel que sur le plan logiciel et, plus généralement, sur l'éventail des applications qu'elles suscitent. Toute prospective dans ce domaine est un exercice dangereux. Toute technologie finit un jour par plafonner. Il est clair en particulier que la technologie des circuits imprimés qui a mené à la miniaturisation va frapper dans quelques années la limite des petites tailles en deçà desquelles les lois physiques macroscopiques qui régissent le comportement des circuits ne seront plus applicables: il faudra alors repenser ces microcircuits à l'aide de la mécanique quantique, ou arrêter là notre effort de miniaturisation. Il est possible que les futurs éléments de circuits soient basés sur des amas de quelques atomes, ou sur des molécules ayant des fonctions particulières. Le ralentissement déjà perceptible dans la miniaturisation des circuits pousse les fabricants à mettre l'accent sur le parallélisme (processeurs à plusieurs cœurs, etc.). Il est enfin probable qu'il survienne quelque chose que nous ne pouvons présentement imaginer, car s'il est une chose que l'histoire a démontrée, c'est que les perspectives deviennent rapidement les plus amusantes reliques de l'esprit humain...

CONCLUSION

C'est ici que prend fin notre survol rapide et partiel de l'histoire des sciences. Nous n'avons présenté que quelques sujets, en évitant de nous aventurer dans des domaines qui exigeraient trop de préparation technique. Il est maintenant temps de soulever quelques questions d'ordre plus général sur la valeur et l'évolution générale des sciences. En particulier, qu'est-ce qui fait qu'une théorie scientifique particulière est reconnue comme vraie, qu'un fait est accepté comme scientifiquement démontré? Comment une théorie naguère jugée comme acceptable peut-elle être rejetée et remplacée par une nouvelle théorie? Quels sont les facteurs de progrès (ou de stagnation) de la science? Ces questions ne sont pas à proprement parler scientifiques, en ce sens que la méthode scientifique ne peut pas vraiment y apporter une réponse. Ce sont des questions philosophiques, ou même sociologiques. Par contre, une certaine expérience scientifique est indispensable pour y réfléchir convenablement. Plusieurs penseurs célèbres se sont intéressés depuis Descartes à la philosophie des sciences ou, plus généralement, à la philosophie de la connaissance (épistémologie). Il ne s'agit pas ici de procéder à une revue, même succincte, des principales thèses proposées par les philosophes des siècles passés, mais seulement d'en mentionner deux qui ont connu un certain succès au cours du XXe siècle.

L'une des idées souvent véhiculées sur la méthode scientifique est qu'elle procède par induction, c'est-à-dire qu'elle formule des théories ou des modèles à partir d'observations et d'expériences. Le philosophe britannique d'origine autrichienne Karl Popper (1902/1994) s'oppose à cette vision, ou plutôt y apporte un raffinement. Selon lui, la science procède plutôt par essai et erreur que par induction. L'expérience ne sert qu'à contrôler les théories, c'est-à-dire à rejeter celles qui sont contraires aux observations. L'imagination et la créativité jouent donc un rôle essentiel dans le développement scientifique, car elles sont derrière le développement des théories, l'expérimentation ayant un rôle plus «répressif».

Pour qu'une théorie soit rejetée par l'observation ou l'expérience, elle doit être falsifiable, c'est-à-dire formulée de telle manière à ce qu'elle puisse faire des prédictions propres à être contredites ou, au contraire, confirmées. Pour Popper, là est la différence essentielle entre une théorie scientifique et une théorie non scientifique. Par exemple, Popper ne considérerait pas la psychanalyse freudienne comme une théorie scientifique. Selon lui, il n'était pas possible, en pratique, de démontrer la fausseté des préceptes de la psychanalyse, non pas parce que cette théorie est vraie, mais parce qu'elle est formulée de manière suffisamment floue qu'on ne peut pas la soumettre clairement à l'épreuve de l'expérience. Par contre, la théorie de la relativité générale d'Einstein est scientifique: elle formule des prédictions qui peuvent être clairement confirmées ou infirmées, par exemple la déviation des rayons lumineux qui passent à proximité du disque solaire.

Activité. Apprentissage

1. Quel était le rôle des scribes dans les sociétés mésopotamienne et égyptienne?
2. Par qui pouvait être exercée cette profession (scribe)?
3. Qu'est-ce qui est à l'origine de l'écriture?
4. Expliquez, en vos propres mots, en quoi l'invention de l'écriture a joué un rôle important dans le développement des sciences et des techniques.
5. Qu'est-ce que la science(ou les sciences)? Quels sont les critères de scientificité? Qu'est ce qui distingue ce type de savoir des autres?
6. Quels sont les facteurs (technologiques, mathématiques, sociologiques, philosophiques, religieux...) qui ont influencé l'évolution de la science?
7. Définir la connaissance selon Platon et selon Aristote.
8. Croyez-vous que, encore de nos jours, la religion en général joue un rôle particulier (positif ou négatif) dans le développement des sciences et des techniques en milieu universitaire?



DEPARTEMENT DE TCO
Enseignant: Dr KIKMO
Cursus Sciences de l'Ingénieur 1

Examen de Philosophie scientifique
Crédit: 2; Durée: 2h; Effectifs:
Document de cours autorisé

Activité 1

1. Qu'appelle t'on science. Qu'est-ce que l'histoire des sciences?
2. Comment est né la civilisation ?
3. Établir les interactions entre les concepts 'science-technique-société'.
4. Les facteurs empiriques et rationnels sont-ils les seuls à intervenir dans la construction d'un nouveau savoir ou la formulation d'une découverte?
5. Est-il possible de rendre compte, par une analyse sociologique, du contenu des théories scientifiques, de leur forme et de leur «nature»?
6. Est-il envisageable d'expliquer la forme prise par telle ou telle théorie par des facteurs culturels, politiques, idéologiques?
7. Quels sont les déterminants sociaux permettant de comprendre le succès de telle théorie scientifique par rapport à telle autre?
8. Comment le contexte social et politique peut-il contribuer au règlement d'une controverse de la théorie scientifique?
9. Quels sont les facteurs de progrès (ou de stagnation) de la science?
10. Pourquoi l'invention de l'écriture (par le sumérien) est une chose importante?

Activité 2

1. Expliquer comment la magie a joué un rôle utile d'organisation et de préservation des connaissances pratiques et qu'elle en demeure l'ancêtre de la science.
2. L'univers du monde subtil n'est pas limité ; il est régulé par plusieurs plans vibratoires et dans l'un des plans se trouve ce que l'on appelle les êtres élémentaux.
 - a. Donner les principales catégories des êtres élémentaux.
 - b. Quels rôles jouent ces êtres dans la nature.

Activité 3

1. Expliquer en votre terme l'impact (influence) des courants religieux sur la science antique.
2. Croyez-vous que, encore de nos jours, la religion en général joue un rôle particulier (positif ou négatif) dans le développement des sciences et des techniques?