

PHYSIQUE GRECQUE ET PHYSIQUE CHINOISE

Michel SOUTIF

Les réflexions sur la nature menées par les philosophes chinois et les philosophes grecs ont commencé à peu près à la même époque : Kong Fu Zi a vécu de –551 à –479 et Pythagore de Samos a travaillé à Crotone vers –525. Les problèmes pratiques qu'ils ont rencontrés permettent de suggérer que des deux côtés, les cités grecques d'une part et les principautés de la période des Printemps et Automnes en Chine d'autre part, le morcellement géographique du pouvoir a facilité l'émergence de réflexions non conformistes. Il était en effet facile de changer d'adresse lorsqu'on déplaisait au tyran local.

Il est intéressant de comparer les résultats des réflexions de deux pôles aussi éloignés l'un de l'autre. Je me bornerai à la Physique et à deux domaines de cette science : la constitution de la matière et la mécanique.

LA CONSTITUTION DE LA MATIÈRE

a) Les théories grecques

Nous laisserons de côté la théorie d'Anaxagore pour lequel, en toute chose, il y a une portion de toute chose, compromis entre les idées divergentes d'Héraclite et de Parménide sur le changement. Nous insisterons plutôt sur le travail d'Empédocle d'Agrigente à la même époque, vers –445, en raison des développements qu'en a donnés Aristote et de son acceptation par le monde occidental en grande partie jusqu'à Lavoisier.

Pour Empédocle, la nature est constituée d'un mélange de quatre éléments (*rhizomata*) éternels et innés : la terre, l'eau, l'air et le feu. Ces éléments interagissent entre eux sous l'action de deux tendances opposées, l'Amour et le Conflit, et se combinent pour chaque substance en proportions définies.

Ce travail est repris et développé par Aristote (–384, –322), qui ajoute aux quatre éléments quatre opposés fondamentaux : ainsi la terre est froide et sèche, l'eau froide et humide, l'air chaud et humide et le feu chaud et sec. Il est alors possible par des raisonnements très spécieux d'expliquer tous les phénomènes. Par exemple, l'eau chauffée de froide et humide devient chaude et humide, c'est à dire de l'air (vaporisation).

Cette théorie, dont l'importance réside dans sa prétention à tout expliquer, fut presque unanimement acceptée et stérilisa toute recherche contradictoire pendant presque deux mille ans¹. Certes il y eut quelques réticences isolées : Théophraste, successeur d'Aristote, ou plus tard Philopon au III^e siècle après J.-C. se demandèrent si la nature du feu était comparable à celle des trois autres éléments. Mais ces objections restèrent isolées.

En complément, Aristote introduisit un cinquième élément : l'« *aithêr* », dont seraient constitués les corps célestes et qui eut la vie encore plus dure que l'hypothèse précédente puisqu'il fallut attendre l'expérience de Michelson et Morley (en 1887) pour le faire disparaître.

Bien sûr, il y eut des théories concurrentes, mais elles eurent peu de succès. La plus importante est celle suggérée par Leucippe et développée par Démocrite d'Abdère (-410) : la nature est constituée d'éléments insécables (*atomos*) qui se déplacent dans le vide et forment des édifices temporaires. Développée par quelques rares auteurs comme Épicure et Lucrèce, cette théorie a été condamnée par le Concile de Trente (1550) comme contraire à la transsubstantiation et par conséquent conduisant au bûcher (Giordano Bruno : 1600).

b) Les théories chinoises

Zou Yan (vers -300) expose que toute substance est un mélange de cinq éléments : la terre, l'eau, le feu, le bois et le métal. Ces éléments se contrôlent de façon cyclique suivant le schéma :

- la terre domine l'eau (elle peut l'endiguer),
- l'eau domine le feu (elle peut l'éteindre),
- le feu domine le métal (il peut le fondre),
- le métal domine le bois (il peut le tailler),
- le bois domine la terre (il peut la retourner).

Ces éléments interagissent grâce à deux principes opposés : le Yang (chaleur, ardeur, soleil, virilité) et le Yin (froid, humide, sombre, féminité). Ces deux forces sont toujours imbriquées et interviennent par leur poids relatif, et c'est ainsi que l'École des Logiciens (Ming Jia) explique la Nature, l'Histoire et la Politique.

Un des classiques fondamentaux, le *Livre des mutations (Yi Jing)* part de cette théorie pour donner un immense classement entre toutes choses, et son succès est tel qu'il stérilise tout autre développement.

Certes il y eut quelques sursauts. Par exemple, l'École des Sceptiques sous les Han de l'Est réagit contre les idées simplistes du *Yi Jing*. Wang Chong (27-97) écrit les *Discours pesés dans la balance*, qui forment un véritable traité de rationalisme,

¹ Geoffrey E. R. Lloyd, *Les débuts de la science grecque*, La Découverte, 1990.

refuse les prodiges et les présages et affirme que l'âme est mortelle comme le corps. Ce mouvement aura très peu de retentissement.

En conclusion, on est frappé par l'analogie des théories (quatre ou cinq éléments gouvernés par deux forces antagonistes), mais aussi par le côté rigide et dogmatique d'un système qui se veut « universel » et dont le rôle néfaste bride l'imagination des chercheurs pendant un temps très considérable.

LA MÉCANIQUE

Le phénomène est ici tout à fait différent du cas précédent, et les deux civilisations que nous comparons explorent des domaines différents avec des méthodes différentes. Les Grecs vont exceller dans tout ce qui est statique, car tout ce qui concerne les systèmes immobiles peut se ramener à un traitement géométrique où leur compétence est sans égale. Par contre, la difficulté des Grecs à concevoir l'intervention de la variable temps les conduira à de graves erreurs et à une méconnaissance totale des phénomènes d'action à distance et de propagation, que les Chinois vont étudier très pragmatiquement sans idée théorique *a priori*.

a) La mécanique en Grèce

Archimède (–287, –212) est le prototype du mathématicien (études sur la sphère et le cylindre, calcul de π) qui s'intéresse à la physique d'un point de vue géométrique. L'hydrostatique (poussée d'Archimède), l'équilibre des leviers sont parfaitement étudiés, mais, dès que le temps devrait intervenir, tout déraile : « donnez-moi un point d'appui et je soulèverai la Terre ». Or, même avec un point d'appui, l'opération demanderait un tel laps de temps qu'elle serait impossible. En effet, le rapport des bras de leviers se retrouve dans le déplacement des extrémités : pour soulever la Terre d'un centimètre, le bout de l'autre bras devrait se déplacer à la vitesse d'un boulet de canon pendant des milliards d'années.

De même, le paradoxe de la flèche, présenté par Zénon d'Élée vers –445 comme attaquant la possibilité du mouvement, expose qu'il faut d'abord parcourir la moitié de la distance à la cible, puis la moitié du reste, puis la moitié de la moitié et ainsi de suite sans jamais terminer cette série infinie. Il oublie que, dans un mouvement, le paramètre distance est lié au paramètre temps qui, ici, est aussi chaque fois divisé par deux, le rapport des deux paramètres, la vitesse, restant constant et seul significatif.

Les principaux traités grecs du mouvement sont dus à Aristote de Stagire (–384, –322). On y trouve quelques idées fondamentales qui induiront en erreur l'Occident pendant plus d'un millénaire. Ainsi, dans *Du ciel*, il dit : « si un certain poids franchit une certaine distance en un certain temps, un poids plus grand franchira la même distance en un temps plus court, dans le même rapport que les poids ». Il faudra attendre Galilée du haut de sa tour de Pise pour infirmer ce propos.

Aristote écrit dans *La Physique* (Livre VII) que la vitesse d'un mobile est directement proportionnelle à la force utilisée, posant implicitement qu'il s'agit d'une force de contact, seul type de force envisagé. Il n'y a donc pas de mouvement sans force appliquée, ce qui conduit à toutes sortes d'acrobaties pour expliquer le mouvement de la flèche une fois lancée. Ailleurs dans le même ouvrage, Aristote pose en principe qu'un mouvement s'effectue toujours à travers un milieu et suggère que la vitesse est inversement proportionnelle à la densité du milieu, d'où l'impossibilité de l'existence du vide, qui conduirait à une vitesse infinie.

Par ailleurs, l'optique est peu étudiée car suspecte d'illusions d'optique. L'idée générale est que l'œil fonctionne comme un radar : il émet une substance qui revient porteuse de l'information². L'*Optique* d'Euclide, malheureusement très apocryphe, pose bien la propagation en ligne droite. Seuls les astronomes s'intéressent à la réfraction pour corriger les positions des étoiles à l'horizon : Hipparque vers -135 et Ptolémée autour de +150 donnent des tables de réfraction.

Il est à noter que Ptolémée réalise un ingénieux dispositif pour mesurer les angles de réfraction r sous l'incidence i dans l'eau. Mais il suppose *a priori* que ces angles suivent la loi $r = ai - bi^2$, et il arrange ses résultats expérimentaux pour les faire coller à la théorie ! De façon générale, l'idée de soumettre la théorie à l'expérience n'existe pas en Grèce car, si on observait une contradiction, cela ne pourrait pas remettre en cause l'Idée, qui est souveraine, mais la vulgaire mesure, toujours sujette à caution. Pour Aristote, l'expérience est ce qu'un observateur normal perçoit dans les circonstances habituelles : seuls doivent être retenus les faits évidents de l'expérience commune, par exemple que le Soleil tourne autour de la Terre.

Pour terminer, on remarquera que deux phénomènes dépendant du temps ont cependant été soigneusement étudiés par les savants grecs : l'astronomie, la science par excellence selon Platon, et les sons des cordes vibrantes qui définissent des nombres régissant l'Univers selon Pythagore. Mais, dans un cas comme dans l'autre, il s'agit de phénomènes périodiques ou stationnaires dans lesquels le temps ne joue qu'un rôle secondaire.

Le temps selon Platon est « l'image mobile de l'éternité » (*Timée*). Il est ce qui permet aux révolutions cosmiques de communiquer la connaissance du nombre qui règle le ciel. Le temps selon Aristote provient de l'activité de la conscience : « sans l'âme, il est impossible que le temps existe ». Le temps n'est pas un paramètre, mais une loi du mouvement qui conduit le gland au chêne et le chêne à la planche et se termine pour l'homme quand il entre en contact avec Dieu, cause dernière et hors du temps.

² Il faudra attendre Ibn Al Haytham (965-1039) et ses dissections d'yeux de bœuf pour rétablir le sens de la lumière et le rôle de l'œil comme simple capteur.

b) La mécanique chinoise

Les premiers travaux sont dus à une secte pacifique qui a rédigé sous le pseudonyme de Mo Zi (-480, -390) le canon des Mohistes (*Mo Jing*) pour mettre à la disposition des opprimés des connaissances sur l'art militaire et les bases scientifiques correspondantes, particulièrement en mécanique et en optique³. Ces textes ont complètement été occultés à la suite des persécutions du premier empereur et n'ont été exhumés qu'au XVIII^e siècle.

On retiendra de la mécanique mohiste la proposition suivante, retrouvée par Needham : « L'arrêt du mouvement est dû à la force opposée. S'il n'y a pas de force opposée, le mouvement ne cessera jamais. Cela est aussi vrai qu'un bœuf n'est pas un cheval. » Cet énoncé très clair du principe d'inertie ne sera formulé en Europe que deux mille ans plus tard.

Le fait qu'un mouvement puisse exister sans force directement appliquée modifie complètement la conception de la dynamique et permet d'introduire des forces à distance, soit permanentes comme en magnétisme, soit fonctions du temps comme les vibrations. Avant d'aborder ces questions, disons encore un mot du *Mo Jing* et de ses découvertes en optique : formation des ombres et des pénombres à partir de la propagation rectiligne, point focal et chambre noire, miroirs plans, loi de la réflexion et indice de réfraction, miroirs concaves et convexes. Le traitement souffre d'une géométrie insuffisante, mais rend compte exactement de l'observation.

Le Taoïsme est une pensée religieuse très profonde en Chine, dans laquelle chacun à titre individuel doit vivre en harmonie avec la nature, ce qui exige la meilleure connaissance possible de celle-ci, donc une étude poussée et expérimentale de tous les phénomènes physiques, chimiques ou biologiques.

La mesure du magnétisme terrestre est intervenue très tôt dans les observations taoïstes de géomancie. Le phénomène est appliqué à l'orientation dans le désert dans le livre de Maître Han Fei (-300, -233) et la boussole est perfectionnée, sous les Han, en forme de cuiller de Fe₃O₄ (magnétite naturelle) pivotant sur son arrondi posé sur une plaque de bronze poli. Ce dispositif est attesté en 114. D'après Needham, le passage de la magnétite à des aiguilles d'acier se produit au V^e siècle et l'astronome Shen Gua (1030-1094) décrit l'usage maritime d'une boussole constituée d'un élément magnétique fixé sur un flotteur. À cette époque, les propriétés du champ magnétique terrestre, en particulier la déclinaison, ont été bien étudiées depuis Yi Xing en 720 et sont décrites par le même auteur. Les Chinois ne se posent pas de problèmes existentiels autour du phénomène : ils le constatent et ils l'étudient.

³ J. Needham, *Science and Civilisation in China*, Cambridge University Press ; S. Nakayama and N. Sivin, *Chinese Science*, tome II, 1973.

Dans le domaine du son, la référence est la corde vibrante en Grèce et le tuyau sonore (*lü*) en Chine, mais les Chinois étudient également les tambours et les gongs dont les partiels ne sont pas *a priori* harmoniques du fondamental, ce qui les amène, au delà des correctifs nécessaires, à une analyse fine du rôle des harmoniques dans le timbre de l'instrument et à en appliquer les résultats dans le jeu du grand luth à sept cordes, le « *gu qin* ».

L'assimilation du son à une vibration d'un milieu continu, le « *qi* » à la fois fluide et esprit, conduit les Taoïstes à assimiler le tympan à une membrane vibrante (Tan Qiao). Les phénomènes de résonance sont analysés et appliqués : ondes stationnaires à la surface d'un bol (bol cracheur), couplage d'une cloche avec les fréquences propres d'une salle...

Les phénomènes non linéaires sont également abordés : lors de mouvements d'amplitude notable, les conditions de résonance des membranes changent et les fréquences propres aussi. Lors de l'amortissement et du retour aux faibles déplacements, on observe un glissement de fréquence qui est mis à profit dans les « *xiao luo* » et « *da luo* » de l'Opéra de Pékin pour obtenir un changement de ton déterminé.

Un travail remarquable concerne la détection des ondes sismiques, particulièrement dangereuses dans une Chine constamment cisailée par la percussion de la plaque tectonique indienne. Le sismographe de Zhang Heng (132) comporte un pendule inversé, dispositif particulièrement sensible employé en Europe depuis celui de l'Abbé de Hautefeuille, construit en 1708 sans plus de bases théoriques qu'en Chine.

CONCLUSION

À la lumière de ces deux exemples, nous voyons comment deux civilisations complètement indépendantes ont réagi devant les problèmes posés par la compréhension de la nature inanimée. Si le premier domaine montre une étonnante convergence, il apparaît à travers le second des différences très nettes entre l'esprit des Grecs et celui des Chinois.

Les premiers privilégient la théorie au point même de rejeter souvent toute idée d'application. Ainsi Platon reproche à Archytas de Tarente, inventeur d'une sorte de règle à calculer, le « mésolabe », de « prendre et ruiner l'excellence de la géométrie qui déserte avec lui les notions abstraites et intelligibles pour passer aux objets sensibles et revient à l'utilisation d'éléments matériels qui demandent un long et grossier travail manuel »⁴. De même, Plutarque s'efforce de justifier le travail d'Archimède sur les leviers et machines simples par la pression des événements (le siège de Syracuse par les Romains) et les supplications du tyran Hiéron.

⁴ Cité par Michel Serres, *Éléments d'histoire des sciences*, Bordas, 1989, p. 107.

Tout au contraire, les Chinois placent avant tout l'observation de la nature, l'énoncé de lois expérimentales et l'application de leurs découvertes au développement de la société. En conséquence, les sciences de l'ingénieur chinoises auront souvent plus de 1000 ans d'avance sur celles de l'Occident.

Ce n'est que bien plus tard que l'idée grecque suivant laquelle tout phénomène peut être exprimé par la rigueur des mathématiques explosera pour donner la science moderne, après une meilleure prise en compte de la variable « temps ».

Cependant, les deux civilisations auront à peu près au même moment une étonnante convergence vers l'esprit rationnel. En effet, Thomas d'Aquin (1225-1274) ressuscite Aristote pour dire : « Rien n'arrive par hasard, tout se produit selon la nécessité », tandis que Zhu Xi (1130-1200) affirme : « *Tiān xià wèi yǒu wú lǐ zhī qì* » (sous le ciel, il n'y a jamais eu un quelconque souffle sans raison).