
Comitato per la Edizione Nazionale delle Opere di

FEDERIGO ENRIQUES

ENRIQUES, FEDERIGO AND DE SANTILLANA, G.

**Histoire de la pensée scientifique. III: Les derniers
Physiologues de la Grèce**

Hermann, Paris, 1936.



L'utilizzo di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali.

*Il presente testo è stato digitalizzato nell'ambito del progetto "Edizione nazionale delle opere di
Federigo Enriques"
promosso dal*

*Ministero per i Beni e le attività Culturali
Area 4 - Area Archivi e Biblioteche
Direzione Generale per i Beni Librari e gli Istituti Culturali*

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES

386

HISTOIRE DE LA PENSÉE SCIENTIFIQUE

PAR

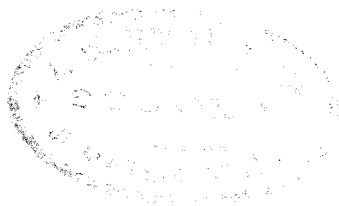
F. ENRIQUES et G. DE SANTILLANA

III

LES

DERNIERS "PHYSIOLOGUES"

DE LA GRÈCE



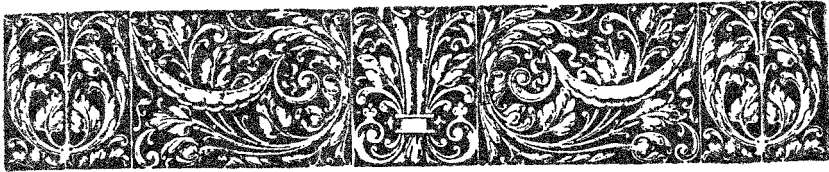
PARIS

HERMANN & C^{ie}, ÉDITEURS

6, Rue de la Sorbonne, 6

1936

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation
réservés pour tous pays.
COPYRIGHT 1936 BY LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE HERMANN ET C^o,
PARIS.



EMPÉDOCLE ET ANAXAGORE

Réponses aux paradoxes des Eléates. — En développant les motifs de la pensée ionienne et pythagoricienne jusqu'à leurs conséquences extrêmes, les philosophes d'Elée avaient abouti à une négation radicale de la réalité sensible. Puisque la matière qui s'identifie avec l'être ne comporte aucune différenciation qualitative et a comme attribut unique l'étendue ; puisque cette matière est par définition « tout ce qui existe » et qu'il serait contradictoire d'admettre l'existence à côté d'elle du vide, rigoureusement défini comme « ce qui n'existe pas », il ne peut y avoir d'intelligible, de « vrai » pour la pensée que l'espace figuré de la géométrie. De l'univers ainsi constitué par la pensée logique toute raison suffisante de diversité et de devenir, toute possibilité de *phénomènes* se trouvent nécessairement bannies. Les données sensibles sont déclarées pure illusion et la raison elle-même court à son suicide, car elle ne peut que s'abîmer dans la contemplation de cette immobilité de mort où le Tout s'éternise.

Le sens commun ne pouvait accepter un paradoxe si outrancier et de tout temps il s'est insurgé contre la logique de PARMÉNIDE et de ZÉNON ; ni les contemporains ni la postérité n'ont épargné les sarcasmes à l'adresse de ces champions intrépides d'une philosophie qui osait nier l'évidence.

C'est ce qui arrive aux héros s'ils tentent une aventure dont l'imprudence est évidente pour des esprits rassis. Ceux-ci ne manqueront pas de prodiguer avertissements et remontrances. Mais s'ils les écoutaient, ceux-là seraient-ils des héros ?

Ainsi en est-il de la témérité spéculative qui pousse les philosophes à braver l'absurde et le ridicule, à mépriser les sages accommodements dans l'unique souci de ne point forfaire à la logique dont ils se sont engagés à soutenir les droits jusqu'au bout. Tel fut le courage de PARMÉNIDE, et cela lui a valu d'être honoré par PLATON qui lui appliqua le vers homérique :

Majestueux et terrible dans sa grandeur (1).

La logique éléate avait cependant assuré ce résultat important dans l'histoire de la pensée : si on voulait éviter de choir dans l'absurde, force était désormais de soumettre à une nouvelle enquête les prémisses acceptées d'instinct. On se trouvait en présence de l'hypothèse moniste que les Ioniens avaient prise pour point de départ de leurs spéculations : une matière unique qu'on tendait naturellement à dépouiller de toutes les qualités, hors celle d'être étendue.

En second lieu on niait le vide, attendue l'impossibilité de le concevoir comme quelque chose qui existe. Enfin la thèse éléate impliquait le droit de la raison à juger de la vérité, en déboutant le témoignage des sens. Puisque trois points fondamentaux étaient à revoir et à discuter, trois voies d'exploration s'ouvraient devant les philosophes qui succédèrent aux Eléates, et par ces voies la pensée allait être guidée vers de nouvelles positions et vers des problèmes nouveaux. En effet, les trois directions dans lesquelles s'effectue le progrès de la pensée grecque furent :

1° les théories pluralistes de la matière chez EMPÉDOCLE et ANAXAGORE;

2° la doctrine atomique de LEUCIPPE et DÉMOCRITE ;

3° l'empirisme qui trouve son expression dans la critique de la connaissance chez les sophistes, PROTAGORAS et GORGIAS.

Nous avons là trois réponses à la thèse éléate : et bien que leurs développements se répandent bien au delà du champ clos, où se décidait le débat ouvert par PARMÉNIDE, il n'en reste pas moins qu'un même fil unit ces écoles diverses dans la trame logique de l'histoire.

1. *Théét.* 183 c.

Pluralisme. — Le postulat d'après lequel « rien ne se perd rien ne se crée » n'a pas été inventé par les Eléates ; nous l'avons déjà vu figurer comme principe normatif dans la spéculation ionienne. Mais sitôt qu'on eut développé cette proposition d'une manière rigoureuse, une signification nouvelle et une plus profonde exigence s'en sont dégagées.

« Si l'univers n'avait changé que d'un cheveu au cours de dix mille ans, il aurait déjà péri tout entier dans la totalité infinie du temps (1). »

Ainsi s'exprimait MÉLISSOS en une formule frappante.

L'exigence rationnelle est donc : qu'aucun changement réel n'ait lieu. Ce qui *est* doit demeurer toujours identique à lui-même. D'où les Eléates avaient conclu que la matière unique ne saurait impliquer de différences ; toute diversité ne peut donc être qu'illusion.

Mais alors, diront les théoriciens du pluralisme, si la diversité n'est pas illusoire, c'est à l'uniformité absolue de la nature première qu'il convient de renoncer. C'est-à-dire qu'il faut admettre l'existence dans la nature de plusieurs qualités, qui diffèrent entre elles tandis que chacune demeure toujours égale à elle-même ; ainsi la matière sensible nous apparaîtra comme le résultat du mélange d'éléments qui demeurent irréductibles et les multiples aspects dépendront des proportions du mélange.

EMPÉDOCLE d'Acragas ne pousse pas très loin cette manière de considérer les choses. Il lui suffit d'adopter un compromis éclectique, aux termes duquel il élève au rang de « racines » (éléments) (2) les quatre états physiques de la matière que les Ioniens distinguaient déjà, en accord avec une tradition populaire et très ancienne. Ou, plus précisément, et comme il convient à la mentalité grecque, EMPÉDOCLE entend par « racines » certaines propriétés élémentaires et tangibles qui se trouvent associées aux états de la matière. A ses yeux la terre, l'eau, l'air, et le feu deviennent non pas des « états » susceptibles de se transformer l'un dans l'autre, mais des corps simples, aux qualités immuables, et qui sont les composants de toutes les espèces variées de corps matériels.

1. Fragm. 7 (2).

2. Le terme propre pour « éléments » (στοιχείον) est de date postérieure, puisqu'il appartient aux atomistes : cfr. DIELS, *Elementum* (1899).

« Entends d'abord que *quatre* sont les racines de toutes choses
 ZEUS éblouissant et HÉRA qui anime tout : AÏDONÉE,
 NESTIS qui de ses larmes distille la source mortelle (1). »

ANAXAGORE de Clazomènes développe d'une manière beaucoup plus pénétrante le point de vue pluraliste : les qualités de la matière ne sont nullement de simples apparences, mais elles *existent* sans subir de changement, exactement dans le sens que la critique éléate a donné à la notion d'existence. La matière est donc le résultat d'un mélange d'éléments innombrables : « sec », « humide », « blanc », « rouge », etc. ; dans tout il y a de tout et le mélange se retrouve jusqu'en les parties infinitésimales ; les qualités qui prévalent sur les autres dans une combinaison donnée déterminent l'apparence particulière de chaque chose.

« Les choses qui se trouvent en ce monde uni, ne sont pas isolées ; la hache ne pourrait séparer le chaud du froid (2). »

« Par rapport à ce qui est petit il n'existe pas un dernier terme de la petitesse, mais toujours il y a un autre plus petit, car ce qui existe ne peut être anéanti à force de divisions. De même par rapport à ce qui est grand, il y a toujours un *plus grand*, et en tant que pluralité le plus grand est égal au petit ; et en soi toute chose, qu'on conçoit comme la somme d'un nombre infini de parties infimes, est grande et petite en même temps » (3) (Thèse de ZÉNON).

« Mais si, en tant que pluralité, le grand et le petit s'égalent, il peut donc y avoir quelque chose de tout en toute chose, rien n'est isolé et tout participe à tout (4). »

TANNERY a été le premier à comprendre la véritable portée de cette doctrine sur la matière et son interprétation va au fond des choses.

ANAXAGORE nie l'existence de particules élémentaires de différentes espèces ; il y a « de tout dans tout » : aussi loin qu'on pousse la division, jamais on n'arrivera à quelque chose de simple. L'idée grandement originale et qui évidemment a été inspirée par ZÉNON fut d'introduire dans la conception même de la matière la notion d'infiniment petit : « la petitesse se pousse elle aussi à l'infini (5). »

1. Fragm. 6.

2. Fragm. 8.

5. Fragm. 1.

3. Fragm. 3.

4. Fragm. 6.

Le prophète et le savant. — EMPÉDOCLE et ANAXAGORE sont contemporains ; « le premier ayant été le cadet de l'autre quant à l'âge ; mais son aîné quant à l'œuvre », selon l'expression d'ARISTOTE. Cela signifie qu'EMPÉDOCLE est né quelque dix ans après ANAXAGORE qui doit avoir vu le jour vers 500 av. J.-Ch.

Ils ont vécu dans des milieux différents et ils ne se ressemblent ni dans leur formation scientifique, ni par leurs tempéraments.

EMPÉDOCLE appartenait à une des familles les plus illustres d'Akragas (plus tard Agrigente) et sa renommée de médecin et de thaumaturge se répandit dans toute la Sicile. Son père MÉTON avait contribué en 470 à renverser le tyran THRASIDÉE. Quant à lui-même on raconte qu'il refusa le diadème royal que ses concitoyens voulaient lui décerner. Il préféra être honoré, presque à l'égal d'un dieu, en qualité de prophète et de voyant.

« Salut à vous, amis, habitants de la grande cité, en coteau sur le flavescent Akragas, hommes accoutumés à la probité dans vos œuvres, hôtes sûrs, exempts de perfidie ! Parmi vous je chemine ceint de la bandelette sacrée et de couronnes fleuries, non plus en simple mortel, mais en être divin, honoré comme il sied ; dans ce même apparat m'accueillent les villes prospères, où les hommes et les femmes, en grand nombre, me vénèrent et me suivent, anxieux d'apprendre de moi le chemin caché qui mène au salut : les uns me demandent des oracles ; d'autres, accablés depuis longtemps de souffrances aiguës, la parole qui guérit de maux innombrables. »

Et en vérité, il ne se considérait guère comme un simple mortel, mais plutôt comme un génie, un *daïmon*, condamné pour un certain temps à l'existence sur cette terre.

« Le Destin l'a prédit, les dieux immortels l'ont décrété, en scellant d'un ample serment leur sentence : si l'un des esprits auxquels une vie très longue est accordée se laisse tenter par la Haine et souille de sang ses mains criminelles ou impiement se parjure, il quittera le séjour des bienheureux pour errer pendant trois fois dix mille saisons et renaître dans le temps sous toutes les formes des êtres mortels afin d'éprouver les douloureux parcours de l'existence. Car la puissance de l'éther le plonge dans la mer, la mer le rejette sur la terre, la terre le lance dans le brasier du soleil, qui à son tour le précipite dans les tourbillons de l'éther. Et chaque milieu qui l'accueille le déteste à l'égal de ceux qui l'ont vomi. Je suis l'un de ceux-

là, fuyant devant les dieux, et j'erre sans répit parce que j'ai obéi à la Discorde furieuse. »

Il semble certain que ses dons d'inspiré lui ont procuré un pouvoir presque fascinateur sur son entourage. Il fut grand orateur et ARISTOTELE lui attribue même l'invention de la rhétorique qui est l'« art de persuader ». *Alexanémos*, dominateur (ou conjureur) du vent, est le surnom que lui donnèrent ses concitoyens.

Il est vrai que son génie lui donnait une puissance réelle dont il fit preuve à Sélinonte, lorsqu'il délivra cette cité des fièvres malignes en faisant assécher les marécages alentour. A soixante ans, des circonstances mal connues le forcèrent à se réfugier dans le Péloponnèse où il mourut, à ce qu'il semble, victime d'un accident. Mais la légende eut hâte de démentir une fin si banale, en le faisant engloutir par les laves brûlantes de l'Etna ou ravir au ciel sur un nuage de flammes.

Auprès du personnage hiératique que fut le Sicilien, médecin, orateur et voyant, ANAXAGORE nous apparaît comme un savant austère et froid.

La notion de l'infiniment petit que nous avons relevée dans le fragment déjà cité suffit à montrer son esprit mathématique, même si on renonce à faire état du témoignage de PROCLUS qui attribuait précisément à ANAXAGORE certains progrès de la géométrie. Et c'est bien le fait d'une intelligence mathématique que d'avoir reconnu une lumière réfléchie dans l'éclat de la lune (cfr. plus loin).

Toute la vie d'ANAXAGORE demeure comme l'exemple parfait d'une dévotion entière à la science.

Aristocrate de par sa famille, il négligea — à en croire PLATON — l'administration des biens hérités pour ne s'occuper uniquement que de ses études. A l'âge de quarante ans, il vint de l'Ionie à Athènes où le cénacle de lettrés, formant l'entourage de PÉRICLÈS, s'empressa de l'accueillir et de l'honorer. Et il fut le maître et l'ami d'EURIPIDE. La réaction qui s'ébaucha à la veille de la guerre du Péloponnèse dirigea un de ses premiers coups contre l'étranger et le libre penseur ; on était aussi bien aise de frapper un ami du grand homme d'Etat.

On reprochait à ANAXAGORE d'avoir parlé du soleil comme d'une « masse incandescente, plus grande que le Péloponnèse », ce qui impliquait une « matérialisation » sacrilège de Phébus-Apollon.

Accusé d'impiété, il dut quitter l'Attique pour retourner dans sa

patrie ionienne. Il mourut âgé de soixante-douze ans à Lampsaque (1).

Les citoyens de cette ville lui élevèrent un monument consacré à l'Intelligence et à la Vérité ; et pendant longtemps l'anniversaire de sa mort fut un jour de vacances pour les enfants des écoles, conformément, dit-on, au désir qu'il avait exprimé.

Les différences qu'on note dans le caractère et le tempérament d'EMPÉDOCLE et d'ANAXAGORE se retrouvent dans les œuvres des deux philosophes.

A travers l'exposition poétique du voyant d'Akragas on remarque un intérêt très vif pour les réalités du monde extérieur ; d'où aussi cette grande richesse d'observations ; la résistance de l'air, lorsqu'on le comprime par la pénétration d'un corps, la transpiration des pores de la peau, etc. Sa curiosité de médecin s'attarde avec complaisance aux phénomènes de la vie et c'est sûrement dans le domaine de la médecine que la théorie des quatre éléments — en se combinant dans la doctrine des tempéraments avec les oppositions du chaud et du froid, de l'humide et du sec — a pu rendre des services pratiques : ce qui explique le sort que lui a fait ARISTOTE et le triomphe durable de cette doctrine dans la science antique.

Tout à l'encontre du langage poétique et imagé d'EMPÉDOCLE, la prose d'ANAXAGORE est précise, telle qu'on s'attend à la trouver chez un géomètre. Et plus que toute qualité de détail on y admire la puissance logique du dessein.

Traits communs aux deux penseurs : observations et expériences. — Mais, plus est grande la diversité en ce qui concerne l'inspiration et la mentalité de nos auteurs et plus nous demeurons frappés par l'affinité intime qui subsiste entre les deux œuvres : cette concordance ne s'arrête pas au point de vue pluraliste que l'un et l'autre opposent au monisme éléate. Chez les deux philosophes nous voyons les mêmes problèmes et en partie aussi les mêmes principes naître d'observations analogues ou d'une exigence qui leur est commune ; soit qu'une influence directe se soit exercée de l'un à l'autre, soit plutôt qu'ils aient puisé tous les deux les motifs dominants dans le même milieu intellectuel.

Le fait est que des influences ioniennes et des influences d'origine

1. A ce sujet voir les récits contradictoires dans *DIOGÈNE LAERCE*, II, 12-14.

italiote s'accusent — bien que d'une manière et dans une mesure différentes — aussi bien chez EMPÉDOCLE que chez ANAXAGORE. Le premier imite de fort près le discours de PARMÉNIDE et emprunte bien des théories aux Pythagoriciens (notamment à ALCMÉON le fameux médecin de Croton), mais il s'inspire aussi visiblement d'HÉRACLITE l'Ephésien. De son côté, le physicien de Clazomènes suit la tradition ionienne toute proche d'ANAXIMANDRE, d'ANAXIMÈNE et d'HÉRACLITE, mais non moins manifestes sont ses accointances avec les penseurs de la Grande Grèce, ne fût-ce qu'avec les Eléates, comme déjà nous l'avons indiqué.

Il se rencontre avec EMPÉDOCLE dans une manière d'expliquer le « devenir » qui correspond à la conception de l'existence telle que l'avaient établie les Eléates.

« Les Hellènes se font une opinion erronée du devenir et du périr ; car rien ne devient ni ne périt, mais il n'y a que des mélanges et des séparations entre les choses qui existent. C'est pourquoi au lieu de « devenir » ou « périr », on devrait dire « se composer » ou « se décomposer » (1).

C'est à peu près ce que dit EMPÉDOCLE dans le fragm. 8.

De même les deux philosophes s'accordent pour nier le vide (2). Cependant EMPÉDOCLE a emprunté à PARMÉNIDE l'idée du Tout fini et sphérique (fr. 28 et 29), tandis qu'ANAXAGORE s'accorde avec MÉLISSOS pour déclarer l'univers infini (fr. 1 et 2) ; et c'est là une prémisse nécessaire de son système du monde, puisque selon lui — comme nous allons voir — la révolution initiale qui donne naissance au monde procède par une extension sans limite dans l'espace.

Mais même lorsqu'on accepte ainsi les résultats auxquels les Eléates ont fait aboutir leur spéculation abstraite, c'est une mentalité nouvelle qui s'affirme maintenant par la recherche d'une preuve expérimentale : ANAXAGORE aurait essayé de prouver que le vide n'existe pas par l'expérience de la clepsydre et de montrer la résistance à la compression des outres gonflées d'air. La première de ces expériences est décrite dans les *Problemata* qu'on attribuait autrefois à ARISTOTE et on en retrouve la représentation bien plus imagée dans un passage d'EMPÉDOCLE :

1. Fragm. 17.

2. EMPÉDOCLE, fr. 13 et 14 ; ANAXAGORE dans DIELS, 68-69.

« De même que lorsque une jeune fille, jouant avec une clepsydre d'airain étincelant, la plonge dans la masse fluide de l'eau argentine, en ayant eu soin de clore de sa jolie main l'orifice du goulot, et alors le liquide ne peut pénétrer dans le vase parce que la masse de l'air l'en refoule jusqu'à ce que, les doigts s'étant écartés, l'air s'échappe par en haut et l'eau peut affluer jusqu'au niveau déterminé... Et de même aussi que, lorsque l'eau occupe la partie supérieure de la clepsydre et la main de la jeune fille bouche l'orifice et le goulot, l'air du dehors, désireux de pénétrer repousse le liquide et produit un gargouillement autour de l'issue, jusqu'à ce que la main enlevée laisse la voie libre à la descente de l'air et sous la poussée de celui-ci l'eau s'écoule... Pareillement le sang clair qui s'agit à travers les veines reflue à l'intérieur; et alors le flux d'air pénètre avec bruit; mais dès que le sang fait retour, l'air est expiré en quantité égale. »

L'historien de la science se sent induit ici à poser une question intéressante : jusqu'à quel point et en quel sens EMPÉDOCLE a su distinguer l'air de la vapeur d'eau. Aux yeux d'ANAXIMÈNE c'était une seule et même chose : l'eau n'étant que de l'air condensé. Mais l'idée d'EMPÉDOCLE selon lequel les éléments demeureraient irréductibles l'un à l'autre tout en pouvant se mélanger et s'entre-pénétrer, semble impliquer la distinction chimique qui, aujourd'hui, nous est familière. Quel pouvait être cependant le sens exact d'une pareille distinction pour le philosophe d'Akragas ?

Si nous essayons de traduire, aussi fidèlement que possible, sa manière de voir les choses, nous devons dire qu'il n'est possible d'extraire de l'air ambiant de l'eau liquide que lorsque cet air est humide, c'est-à-dire déjà chargé de gouttes d'eau et dans la mesure où de l'eau se trouve mélangée à l'air. En effet, EMPÉDOCLE conçoit l'« air humide » (qui est bien l'air atmosphérique dans le fragm. 38, 3) comme autre chose que l'air proprement dit, c'est-à-dire l'*éther* ou air sec (*αἰθήρ ὁ ἄερος* du fr. 17, 18) relégué dans la région infiniment haute.

Rien n'indique toutefois que cette intuition se soit étayée sur des observations ou des expériences particulières, grâce auxquelles il aurait pu arriver à saisir les faits (ou quelques-uns des faits) que nous sous-entendons aujourd'hui en énonçant la distinction chimique entre l'air et la vapeur d'eau (1).

1. BURNET, à p. 229 de son *Early Greek Philosophy*, cite à ce propos l'expérience de la clepsydre, que nous venons de mentionner. Mais il est évident qu'on ne saurait lui attribuer pareille signification et que, dans l'idée

Dans la génération qui vint après celle d'EMPÉDOCLE, un épigone de l'école ionienne, DIOGÈNE d'Apollonie, parle, lui aussi, de différentes espèces d'air, plus sec ou plus humide (fr. 5 et 7), mais c'est dans le dessein de réfuter la doctrine des quatre éléments ; car il suppose que la différence de nature exclue toute possibilité de mélange et d'action réciproque ; c'est pourquoi aussi il voudrait revenir à la thèse d'ANAXIMÈNE, d'après laquelle l'air serait la matière primordiale, le principe unique de toutes choses.

ARISTOTE reprendra cette théorie des deux espèces d'air, mais ce sera dans le sens d'HÉRACLITE. La terre réchauffée par le soleil produit deux sortes d'émanations :

« L'une se rapproche davantage de la vapeur d'eau (ἀπμιδωδέστέρα), l'autre de l'air (πνευματωδέστέρα) ; la première est une évaporation de l'humeur qui se trouve dans la terre et sur sa surface, l'autre est comme une fumée qui s'élèverait de la terre aride. Cette seconde émanation étant plus légère, elle se maintient à une plus grande hauteur, tandis que l'émanation plus humide, en raison de sa lourdeur, occupe les lieux plus bas » (1).

Ces deux émanations permettent à ARISTOTE d'expliquer — en plein accord avec la mentalité ionienne — tous les phénomènes météorologiques, en y comprenant les comètes ainsi que la Voie Lactée et même la formation des roches, des minéraux et des métaux (2).

Dans un ordre d'idée tout différent, un autre cas où EMPÉDOCLE aurait eu recours à l'expérience est mentionné par ARISTOTE (3).

Voulant expliquer comment il se fait que les cieux ne tombent pas sur la terre, le philosophe sicilien parle de la force centrifuge et en illustre les effets en faisant tourner une coupe remplie d'eau

d'EMPÉDOCLE, elle devait seulement démontrer — comme nous avons dit — que le vide n'existe pas (dès que l'air sort, l'eau en prend la place). Notons en passant que GOMPERZ interprète la chose à rebours : il prétend que cette expérience ne serait pas possible sans l'existence (au moins momentanée) du vide ; en raison de quoi il se voit ensuite poussé à attirer par des disquisitions subtiles le sens des passages où le philosophe poète nie le vide en termes explicites. Or cette négation est un élément essentiel du système des pluralistes et en reconstruisant l'enchaînement historique des idées comme nous avons fait, on la voit s'imposer presque *a priori*.

1. *Meteor.* I, 4.

2. *Ibid.*, III, 7.

3. V. DIELS, A. 67.

et attachée au bout d'une corde. Nous verrons cette même force centrifuge jouer un rôle encore plus essentiel dans le système d'ANAXAGORE.

Un autre point de ressemblance qu'on trouve entre nos philosophes est la manière dont tous les deux traitent de la luminosité des corps célestes. ANAXAGORE soutient que la lune n'a pas de lumière propre, mais qu'elle est éclairée par le soleil et parfois aussi par les rayons que renvoient des corps obscurs qui s'interposent ; de même le soleil peut être éclipsé par la terre. HIPPOLYTE qui nous donne ces renseignements (1) ajoute qu'ANAXAGORE fut le premier à expliquer ainsi les éclipses et ainsi la visibilité de la lune par le soleil. Cependant on retrouve la même explication dans les fragm. 42 et 48 d'EMPÉDOCLE.

Or, la ressemblance entre nos philosophes n'en reste pas à la position initiale et à l'étude de problèmes déterminés : car ils ne se contentent pas d'exposer une théorie générale qui rende compréhensible le devenir du monde réel, mais ils essaient d'expliquer l'évolution du cosmos et dans ce but ils reprennent et développent le problème posé par la tradition ionienne.

Matière et force : système cosmologique d'Empédocle.

— La matière, comme la concevaient les Ioniens, était toute animée ; aucune limite n'ayant encore séparé ce qui est vivant de ce qui ne l'est pas, toute chose se trouvait participer à la spontanéité de la vie. Mais voici que la pensée arrive à établir une différence et précisément dans deux sens. On a davantage observé les phénomènes de la vie justement à cause de l'intérêt qui s'y attache. De cet intérêt accru une preuve indirecte nous est offerte dans le choix même des exemples sur lesquels ANAXAGORE appuie son raisonnement (« comment le cheveu pourrait-il naître du non-cheveu, ou la chair de la non-chair », fragm. 10). D'autre part, l'analyse des Pythagoriciens et des Eléates, en réduisant la notion de « ce qui existe » à l'étendue géométrique, apportait la vision d'un univers inanimé, où toute cause de mouvement ou de devenir se trouvait abolie. Et lorsque, par la suite, l'hypothèse pluraliste eut réussi à éliminer le motif profond de ce paradoxe, la matière n'en demeura pas moins

1. Dans DIELS, A. 42 (8)-(10).

quelque chose qui ne saurait être mue que par une impulsion extérieure ; autrement dit : on exige maintenant que le mouvement ait une cause.

C'est pourquoi EMPÉDOCLE (à qui il ne répugnait pourtant pas de donner une âme à toutes choses) s'avisait d'ajouter aux quatre éléments l'*Amour* et la *Haine* qui sont deux forces matérialisées : force d'attraction et force de répulsion, opposées l'une à l'autre, de sorte que leur alternance domine les deux cycles qui, éternellement, se répètent dans la vie de l'univers.

« Et ces choses (les éléments) ne cessent jamais, dans leur continuuel changement, de se réunir tantôt toutes dans l'unité par Amour (*φιλία*), tantôt d'être entraînées séparément par l'action haineuse de la Discorde. Ainsi l'Un surgit régulièrement des choses multiples, pour ensuite se dissoudre à nouveau en une multiplicité ; c'est un perpétuel devenir et aucun état dans la vie des choses n'est stable ; mais comme le changement ne cesse jamais et se reproduit éternellement, il y a une divine immobilité dans le cycle même (de l'univers).

« Ecoute maintenant mes paroles, car la connaissance enrichit l'esprit. Comme j'ai déjà dit dans le préambule où je fixais les limites de mon discours, c'est deux vérités que je veux énoncer : les choses se composent tantôt en une unité qui les embrasse toutes, tantôt, au contraire, elles se sont dégagées de l'unité et subsistent séparées, le feu et l'eau et la terre ainsi que la hauteur infinie de l'air et distincte de ces quatre la funeste Discorde qui les enveloppe ; mais parmi elles ton esprit percevra aussi l'Amour égal en longueur et en largeur, et il n'y a là rien qui doive t'étonner : car les hommes peuvent se convaincre qu'il est infus aussi dans leurs membres, c'est grâce à lui qu'ils conçoivent des pensées aimables et accomplissent des œuvres de paix et d'harmonie ; ils l'appellent par différents noms, Joie ou Aphrodite, mais jamais encore un mortel n'a reconnu que ce même Amour circule dans les éléments. Ecoute donc mon raisonnement bien ordonné et qui ne trompe pas. Ces choses sont toutes égales et d'origine également première, mais chacune maintient son avantage particulier et chacune est d'un caractère différent ; tour à tour, dans le progrès du temps, chacune d'elles arrive à prédominer sur les autres, et en dehors d'elles aucune chose ne s'ajoute ni ne cesse d'exister. Car si elles s'épuisaient entièrement, il n'y en aurait plus trace et quelle

chose pourrait alors augmenter ce tout, et d'où viendrait-elle ? Et où pourraient-elles se perdre s'il n'y a rien qui soit vide d'elles ? »

Le cycle dans lequel nous vivons a pris commencement dans le chaos « sphérique » où tout était intimement mélangé de par la force de l'Amour.

Cet état d'équilibre parfait (qu'aujourd'hui « nous dirions d'énergie libre minimum ») aurait pu durer éternellement :

« Mais tout égal il était et de tout côté infini

« Sphaïros arrondi, jouissant de la solitude qui l'enveloppe (1).

Mais la Haine entre en jeu pour séparer les éléments ; elle agit d'abord sur le côté extérieur du monde, tandis que l'Amour se réfugie au centre. En premier lieu ce fut l'air qui se trouva séparé, forma une sphère en dehors du reste et, s'étant condensé sous l'action du feu, devint la voûte cristalline des cieux. Sous cette voûte se logea le feu et il y eut deux hémisphères, l'un composé tout entier de feu, l'autre d'air avec un peu de feu : l'inégalité de ces deux hémisphères fut l'origine du mouvement de révolution qu'exécute l'univers. Ensuite la terre se plaça au milieu et l'élan de sa rotation ayant déterminé une violente compression, l'eau fut projetée au dehors et par évaporation engendra les nuages. Toutes les choses terrestres naquirent par la condensation d'éléments divers et l'Amour fit éclore les différentes formes vivantes (2). Le jour et la nuit sont l'effet du passage au-dessus de la surface terrestre où nous habitons tout à tour de l'hémisphère lumineux et de l'hémisphère sombre : le soleil n'est qu'une apparence produite par le réfléchissement du feu contenu dans l'hémisphère diurne. Cette théorie bizarre qui semble dérivée des Pythagoriciens, répondait à un motif très profond, dont nous essaierons de donner l'explication au chapitre XIII.

Quant aux étoiles, EMPÉDOCLE admet qu'elles sont des formations de feu : les étoiles fixes demeurant attachées à la voûte céleste, tandis que les planètes se déplacent librement.

Dans la description qu'on vient de retracer, il importe de noter ce qu'AËTIUS rapporte sur la rotation du monde. EMPÉDOCLE

1. Fr. 28. L'image dans MARC-AURÈLE (XII, 3).

2. Pour toute cette description : cfr. les fragm. 30, 31, 35, 36 ainsi que les témoignages d'AËTIUS et du *pseudo-PLUTARQUE* dans DIELS, 40 et 50.

n'explique pas pourquoi les mouvements des éléments que la Haine a entraîné « dans des directions différentes » se composent en un mouvement rotatoire du monde tout entier. Mais il est certain qu'il voyait là un effet du mouvement dans le plein : si — à l'intérieur du Tout-plein — des masses séparées du mélange tendent à se mouvoir dans une même direction et avec une vitesse égale, il en peut résulter une révolution de plusieurs sphères concentriques aux différentes vitesses angulaires : les parties intérieures tourneront plus vite que les autres. En tout cas, nous voyons naître ainsi un mouvement relatif, c'est-à-dire la seule espèce de mouvement qui put avoir une signification et une importance d'après ce qu'enseignait PARMÉNIDE.

Le mouvement dans le plein produit un autre effet admirable comme déjà le relevait ARISTOTE. La Haine qui tend à séparer les éléments dissemblables, pousse nécessairement à la réunion des semblables ; la force de répulsion est en même temps, dans un sens opposé, force d'attraction ; par elle « la terre accroit sa masse, et l'air augmente le volume de l'air » (1), « [le feu] se précipite en haut [vers le feu] » (2).

Nous avons là des aperçus d'un intérêt extraordinaire. Les anciens naturalistes qui faisaient naître le *cosmos* d'un *chaos* primitif, où les différentes qualités de la matière étaient supposées confondues et mélangées, devaient se demander comment il avait pu se faire que les grandes masses homogènes de la terre, de l'eau et de l'air, telles que nous les voyons aujourd'hui, se fussent séparées les unes des autres. Une idée grandiose s'était présentée soudain à leur esprit. La loi qui permet de donner une réponse à la question qu'on vient de dire — l'attraction du semblable par le semblable — doit aussi expliquer la chute des corps lourds sur la terre et l'élévation des corps légers (gaz, flamme) dans l'air. Ainsi donc, dès l'antiquité la loi de la pesanteur rentrait à titre de cas particulier dans un principe d'*attraction universelle* qu'on retrouvera (et même accompagné d'une explication mécanique plus satisfaisante) chez des physiciens contemporains d'EMPÉDOCLE ou postérieurs à lui jusqu'à PLATON (3). Ce ne sera qu'ARISTOTE qui nous ramènera au

1. Fragm. 37.

2. Fragm. 51.

3. *Timée*, 62-63.

point de vue géocentrique avec sa théorie sur la tendance des éléments à se mouvoir vers leur lieu naturel.

Système du monde chez Anaxagore. — Une explication mécanique de l'évolution du monde et du jeu des forces qui y participent est donnée dans le système d'ANAXAGORE qui se fonde sur la notion de force centrifuge. C'est du *Noûs* (dont il nous faudra encore parler) que part l'impulsion première, par laquelle la matière cosmique, où toutes les qualités se trouvent à l'état de mélange, est animée d'un mouvement rotatoire en un point déterminé : à la suite de quoi la révolution se poursuit, en entraînant toute la matière à l'entour, et s'étend de proche en proche dans l'espace (fragm. 12). Pour imaginer clairement ce qui advient ainsi, que l'on songe à un mouvement rotatoire qui se produirait dans un fluide visqueux ; le tourbillon entraînerait successivement des parties du fluide toujours plus périphériques et chaque partie plus éloignée tout en acquérant une vitesse plus grande marquerait une vitesse angulaire en décroissance par rapport à la zone plus proche du centre. De cette manière nous pouvons concevoir comment la rotation du noyau central du monde (c'est-à-dire l'endroit présentement occupé par la Terre) peut entraîner de l'orient vers l'occident la région de l'éther qui emporte avec elle la lune, puis celle où se trouve le soleil et enfin celle du firmament. Ainsi le mouvement de ces corps trouve une explication tout en demeurant relatif selon le principe de la critique éléate. La révolution du monde crée la force centrifuge, dont l'effet inégal sur les différentes qualités de la matière suffit à déterminer la séparation de ces dernières.

« Les choses tournent et sont séparées par la force et la vitesse. C'est la vitesse qui fait la force... (1) »

« Le dense et l'humide, le froid et le sombre se sont réunis là où est maintenant la terre, tandis que le subtil et le chaud, le sec (et le lumineux) se sont portés vers la région extérieure de l'éther (2). »

A cause de cette séparation des substances la Terre continue à se solidifier. En effet la vapeur se détache de l'eau, l'eau de la terre, et la terre friable des roches que le froid a durcies. Celles-ci sont pro-

1. Fragm. 9.

2. Fr. 15.

jetées (par la force de rotation) plus loin de l'eau (1). Cette dernière assertion d'ANAXAGORE a été illustrée par HIPPOLYTE :

« Le soleil, la lune et toutes les étoiles sont des pierres embrasées, auxquelles la rotation de l'éther imprime un mouvement circulaire. Au-dessous des étoiles se trouvent le Soleil et la Lune ainsi que d'autres corps sombres qui les accompagnent dans leur rotation (2). »

Or, la séparation des différentes qualités, par l'effet du mouvement rotatoire produit en même temps, comme nous avons dit, l'attraction du semblable par le semblable et ce principe universel comprend aussi la loi de la pesanteur.

La chute des graves a donc pour cause le fait que la force centrifuge éprouve plus de difficulté à déplacer les masses volumineuses et compactes (la terre, l'eau) que les corps subtils (l'air ou le feu) et lorsque ces derniers sont poussés vers l'extérieur, ils laissent derrière eux une place qui ne peut rester vide. C'est une explication remarquable de la pesanteur et comme un rudiment de la théorie que HUYGHENS développera au xvii^e siècle (3).

La pesanteur qui fait que les corps que nous appelons lourds se ramassent autour du centre du monde, explique aussi comment la Terre demeure en cette position centrale. C'est dans ce sens qu'il convient d'interpréter les témoignages des doxographes (4), d'après lesquels la Terre conserve son équilibre parce que—le vide n'existant pas— elle y est maintenue par la pression de l'air et le tourbillon cosmique. A moins qu'il ne faille entrevoir ici une intuition mécanique de plus haute portée : car l'observation de la toupie (5) et du mouvement de la roue pourrait avoir révélé à nos penseurs la propriété qu'a l'axe d'un solide qui tourne sur lui-même de conserver sa position dans l'espace (permanence de l'axe de rotation). Le fait que la Terre ne se déplace pas du centre s'expliquerait alors par l'effet des mouvements autour d'elle, puisque l'air l'empêcherait de se

1. Fr. 16.

2. In A. 42, 16.

3. Cfr. U. FORTI, *La Teoria della gravitazione di Huyghens* in « Periodico di Matematiche », novembre 1916.

4. HIPPOLYTE in An. 42 (1) ; ARISTOTE, *De Caelo*, II, 13 (14), chez DIELS, A. 88 et SIMPLICIUS, *ibidem*. La seconde explication se rapporte aussi à EMPÉDOCLE.

5. La toupie est mentionnée par ARISTOPHANE (*Les Oiseaux*, v. 1461¹ et aussi chez PLATON (*Republique*, 436d).

mouvoir dans la direction de l'axe et que cette direction ne peut être modifiée.

Le Nous. — Tout le système mécanique d'ANAXAGORE dépend du mouvement de révolution qu'accomplit l'univers. Mais ce mouvement même, à quelle cause faut-il l'attribuer ? Le philosophe a eu recours à un acte momentané de création, à la « chiquenaude initiale » que VOLTAIRE invoquera encore pour mettre en branle les corps célestes selon le système de NEWTON. A côté de la matière confuse il y a une substance pure et isolée, le *Nous* (raison ou matière pensante) et c'est lui qui a donné la première impulsion, en animant d'un mouvement de rotation un petit fragment de matière, mais à partir de ce moment il semble bien que la rotation s'est propagée par voie naturelle ; par inertie de proche en proche, indéfiniment, des sphères toujours plus vastes du monde matériel ont été entraînées dans le tourbillon. Ainsi donc l'évolution cosmique tend à organiser le Tout, en procédant vers l'infiniment grand, tandis qu'en même temps s'opère la séparation des qualités de la matière, c'est-à-dire que la même force agissante pénètre toujours davantage dans l'infiniment petit.

ARISTOTE, dans sa *Métaphysique* (1) a grandement loué ce recours à la Raison. « Celui qui le premier déclara que la Raison était cause de l'ordre et de la disposition du Tout, dans la nature aussi bien que dans les organismes animés, fut semblable au seul homme sobre dans une compagnie de gens ivres, où personne ne sait ce qu'il dit ». D'ailleurs nous voyons déjà SOCRATE, dans le *Phédon*, exalter ce mérite d'ANAXAGORE, dont il dit que pendant un certain temps ses discours l'avaient séduit.

Mais, SOCRATE exprime aussitôt après le regret de voir ce nouveau principe si vite abandonné par son auteur et guère utilisé pour expliquer comment tout s'ordonne dans le monde en vue du mieux. Au lieu de cela ANAXAGORE a préféré s'en tenir à des causes naturelles : « à des airs, des éthers et autres choses singulières ». Pour notre compte, c'est précisément dans ce que blâmait SOCRATE que nous sommes portés à voir le meilleur titre de gloire du savant de Clazomènes ; car, s'il avait suivi la voie indiquée dans le dialogue platonicien, c'est en théologien et non en physicien

1. I, 3 (13).

qu'il aurait parlé. Qu'on laisse donc à SOCRATE l'honneur d'avoir développé une idée métaphysique qu'ANAXAGORE, « physicien par excellence », n'a que discrètement ébauchée, et qu'on borne l'interprétation du *Nous* au sens véritable qui lui revient dans une explication mécanique du monde. Son auteur a délibérément fait sienne l'intuition vitaliste qu'impliquait la tradition ionienne et en particulier la pensée d'HÉRACLITE : tout ce qui vit est animé et tous les êtres animés, grands et petits, sont mis en mouvement par le *Noûs* (cfr. fr. 12). Le monde n'étant lui aussi — selon la tradition — qu'un grand animal, devait être mû d'une manière semblable. Le *Noûs* sert uniquement à combler une lacune dans l'enchaînement des causes mécaniques. Mais le philosophe de Clazomènes a su exprimer l'exigence d'une explication mécanique mieux que n'avaient fait ses prédécesseurs.

Il n'en reste pas moins que ce facteur de nature spirituelle, hétérogène à la matière qu'il « anime », fait figure de *Deus ex machina*, d'artifice, ce qui est pire qu'une confession d'ignorance. La logique du système amènera les atomistes à l'éliminer. Il suffira pour cela de concevoir d'une manière plus radicale l'inertie de la matière : le mouvement naturel qu'ANAXAGORE voyait déjà se prolonger indéfiniment dans le futur, sera conçu comme n'ayant pas non plus de limite dans le passé ; on l'imaginera donc subsistant de toute éternité sans avoir besoin de supposer un moment où quelque chose le fit commencer (1).

Survivance des plus aptes dans l'évolution de la vie. — Aussi bien EMPÉDOCLE qu'ANAXAGORE reprennent l'idée d'ANAXIMANDRE au sujet de l'évolution de la vie. EMPÉDOCLE a là-dessus une conception grandiose dont il convient de saisir le

1. Le *Nous* a-t-il opéré en un seul point de l'Univers, ou bien en plusieurs, de sorte à être l'origine d'une pluralité et même d'un nombre infini de mondes ? Le texte très clair du fr. 4, où il est question d'autres soleils et d'autres lunes, indique bien l'existence d'une pluralité de mondes, quoique AËTIUS le nie explicitement (in A. 63). Mais s'il en était ainsi l'extension des mondes, à la suite du progrès incessant de la masse que chacun d'eux entraîne dans sa révolution devrait aboutir à une conflagration. L'hypothèse n'est guère absurde, puisque elle s'accorde avec la tradition ionienne; mais on n'en trouve pas la moindre trace chez les doxographes. C'est une contradiction que nous ne pourrions prétendre de résoudre.

véritable sens à travers les expressions à la fois ingénues et paradoxales.

« Nombre de visages en ébauche ont bourgeonné sans être rivés à aucun cou ; et des bras nus erraient veufs d'épaules, et des yeux solitaires privés de front... (1). »

La phase suivante fut celle des assemblages monstrueux, dus au hasard des occasions mécaniques.

« Maints furent ceux qui naquirent alors avec deux poitrines et deux visages ; il y eut des bœufs aux fronts humains, tandis qu'au contraire sur des bustes d'homme s'entaient des têtes de taureaux ; et les formes des mâles se mêlaient à celles des femelles... (2). »

Le sens de ces phrases ne saurait être douteux et d'ailleurs ARISTOTE s'est chargé de nous l'expliquer (3). « On peut supposer que toutes les choses se sont faites par hasard telles que si elles avaient été créées dans un but défini. Certains organismes se sont conservés parce qu'ils avaient acquis spontanément une structure bien adaptée, tandis que d'autres ont succombé ou succombent, comme ces bœufs à visage humain dont parle EMPÉDOCLE ». L'objection d'ARISTOTE est que c'est vraiment faire la part trop belle au hasard ! Mais qui ne reconnaîtra aussitôt, sous l'accoutrement bizarre, la grande idée de la « survivance des plus aptes » sur laquelle DARWIN édifiera sa théorie de la sélection naturelle et de l'origine des espèces ? D'ailleurs EMPÉDOCLE a indiqué lui-même une application intéressante de ce principe et le fragment 97, fâcheusement mutilé, est illustré par ARISTOTE (4) : pour expliquer le passage des invertébrés aux vertébrés, il supposait que certains invertébrés s'étaient brisés l'échine dans un effort pour tourner la tête ; cette variation s'étant démontrée utile, les sujets qui l'avaient subie survécurent et par la suite les vertèbres prirent consistance.

Plus tard EPICURE reprendra l'idée d'EMPÉDOCLE pour expliquer comment les choses peuvent sembler ordonnées selon des buts dans un monde purement matériel, et il comblera ainsi une lacune dans le système mécanique de DÉMOCRITE.

1. Fr. 57.

2. Fr. 61.

3. Chez DIELS, *loc. cit.*

4. *Ibid.*

Analyse des sensations. — En dénonçant les illusions des sens, PARMÉNIDE avait posé le problème de l'analyse des sensations. Ses réflexions sceptiques étaient d'ailleurs inspirées par les recherches qu'entreprenait déjà dans ce domaine ALCMÉON de Crotone, médecin et adepte du pythagorisme. ALCMÉON qui pratiquait la dissection anatomique et avait reconnu la primauté du cerveau comme *sensorium* commun, aborda l'étude particulière des organes des sens et de leurs fonctions : il découvrit l'élément subjectif de la vision, et, d'autre part, l'importance de l'air pour la perception des sons ne lui échappa pas. Un bout de phrase qui s'est conservé de ses écrits — « sur les choses invisibles et sur les choses mortelles, les Dieux seuls possèdent une certitude » — semble préluder au doute critique des Eléates. Après PARMÉNIDE, ZÉNON insista sur l'aspect négatif de cette critique, en l'illustrant par l'exemple du grain de mil.

La mentalité d'EMPÉDOCLE et d'ANAXAGORE les portaient à s'attaquer au même problème, en marchant sur les brisées d'ALCMÉON, mais dans un esprit plus positif. Nous avons déjà dit comment ces penseurs, tout en acceptant les thèses essentielles du rationalisme éléate, s'efforçaient d'en accorder la vérité avec les témoignages des sens. EMPÉDOCLE n'hésite pas à proclamer l'importance de ces derniers.

FR. 4. — « Astreins-toi à bien considérer comment toute chose peut clairement se connaître. N'accorde pas trop de créance à la vue, en négligeant l'ouïe et le goût ; et ne refuse ta confiance à aucune partie du corps, par laquelle l'intelligence peut s'ouvrir une avenue. »

Telle était, sans doute, aussi la pensée d'ANAXAGORE, bien qu'il lui arrivât de dire (fr. 21) : « la faiblesse de nos sens fait que nous sommes incapables de connaître la vérité ». Il entendait par là qu'il nous est impossible de discerner dans la matière toutes les qualités qui s'y trouvent mélangées et qu'il faut donc nous borner à repérer celles qui prédominent.

On peut résumer l'idée qui inspire aussi bien EMPÉDOCLE qu'ANAXAGORE en disant : la sensation naît d'une action réciproque entre l'objet et le sujet ; ce sera une action du semblable sur le semblable pour EMPÉDOCLE ; un effet des contraires selon ANAXAGORE. L'un et l'autre se sont essayés dans une description détaillée des organes des sens et de leurs fonctions ; c'est THÉOPHRASTE qui nous l'apprend.

Pour expliquer la sensation à distance, EMPÉDOCLE admet des effluves qui émanent de toute chose ; la lumière en particulier est un feu qui se dégage des corps et se rencontre avec un autre feu : la flamme subtile et douce que l'Amour a captée dans l'eau de l'œil et qui sort par les petites ouvertures de la pupille.

Ainsi naît la vision (1). Le son dérive d'un choc de l'air agité qui par l'oreille se transmet à l'encéphale ; et EMPÉDOCLE arrive même à réperer comme organe spécifique de l'ouïe un « os corné » capable de résonner comme une « crécelle » (fr. 99) et qui est notre « limaçon ». Quant à l'odorat, c'est à la respiration qu'il se rattache.

En général, la sensation a lieu quand les pores de l'organe sensible ne sont ni trop grands ni trop petits, de sorte que l'effluve du corps perçu peut y pénétrer ; ce qui arrive précisément dès qu'il y a affinité de substance entre ce corps et la matière dont se compose l'organe en question.

Mais ANAXAGORE disait — d'après THÉOPHRASTE (2) — que la perception est produite par une rencontre des contraires, car le semblable ne saurait être affecté par le semblable. ANAXAGORE donnait aussi une description particulière des différents sens. Nous voyons grâce à l'image qui se forme dans la pupille ; et aucune image n'est projetée sur une surface de même couleur, car elle ne saurait se détacher que sur un fond d'une teinte différente... C'est de la même manière que le toucher et le goût parviennent à discerner les objets. Le contact de ce qui est aussi chaud ou aussi froid que notre corps ne saurait ni réchauffer ni refroidir ce dernier ; de même le doux et l'amer ne se perçoivent que par contraste et non par eux-mêmes. Nous connaissons le froid moyennant la chaleur... et il n'en va pas autrement pour l'odorat et l'ouïe : c'est en respirant que nous percevons des odeurs et nous entendons le son qui a frappé un os creux, proche du cerveau, auquel se transmet ensuite la vibration.

Ici encore comme dans d'autres cas que nous avons notés, des vues plus générales et plus profondes distinguent la psychologie

1. EMPÉDOCLE approfondit aussi l'analyse des couleurs qu'il fait dériver de la combinaison de trois teintes principales. Il semble que cette idée lui ait été inspirée par la technique des peintres (KRANZ).

2. *De sensu*, 27 (in A. 92).

d'ANAXAGORE ; mais quant à l'étude des détails anatomiques EMPÉDOCLE semble être allé plus loin.

Épigones éclectiques. — Si on fait abstraction de l'influence exercée sur l'école d'Abdère (LEUCIPPE et DÉMOCRITE), EMPÉDOCLE et ANAXAGORE ont une action très marquée sur certains épigones de l'école ionienne qui cherchent à concilier l'enseignement de ces deux philosophes avec les doctrines héritées d'une époque plus primitive.

Nous avons déjà nommé HIPPOCRATE de Samos qu'on présume avoir été affilié à l'école médicale d'Italie (et c'est pourquoi on le dit parfois de Crotona, de Rhégion ou de Métaponte). Il était revenu à l'intuition de THALÈS en la modifiant dans le sens d'ANAXIMÈNE : toutes les choses, selon lui, seraient nées de l'*humide*, c'est-à-dire d'un mélange de l'eau et de l'air.

De son côté DIOGÈNE d'Apollonie voyait la substance primordiale dans l'« air » auquel il attribuait le rôle de matière pensante qui chez ANAXAGORE revenait au *Nous*. ARISTOPHANE l'a bafoué dans les *Nuages* en mettant dans la bouche de SOCRATE cette allusion burlesque : « mélange des pensées les plus subtiles avec l'air qui leur est semblable ».

Chez ces épigones on remarque un intérêt particulier pour les sciences de la vie. DIOGÈNE d'Apollonie notamment a continué les études d'EMPÉDOCLE et des médecins de la Grande Grèce sur la génération, la respiration et le sang. ARISTOTE (1) nous a conservé une description topographique des veines dans le corps humain qui est de DIOGÈNE et offre un document précieux sur les connaissances anatomiques de cette époque.

ARCHÉLAOS d'Athènes semble avoir été un anaxagoréen de stricte observance et il succéda au maître à la tête de l'école de Lampsaque. La cosmologie fut son domaine préféré. Il nous est parvenu qu'il connaissait les différences du lever du soleil selon les latitudes ; d'où il déduisait que la Terre devait être *concave*. Nous aurons encore à revenir sur cette théorie (au chap. XIII).

Mais chez aucun de ces épigones on ne trouve une idée nouvelle qui soit d'un intérêt véritable pour l'histoire de la *pensée* scientifique.

1. *Hist. Animalium*, III, 2 dans DIELS, fr. 6. Traduction française dans l'*Histoire* de MIELI et BRUNET, p. 202.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

Sur Empédocle :

- J. BIDEZ. — *La biographie d'Empédocle*, Gand, 1894.
E. BODRERO, *I principi fondamentali del sistema di Empedocle*. Roma, 1905.
W. KRANZ, *Empedokles und die Atomistik*, dans « Hermès », t. 47 (1912).

Sur Anaxagore :

- TANNERY, *Mémoires scientifiques*, t. X.
— *Pour l'histoire de la science hellène*, chap. XII.
F. LOEWY-CLEVE, *Die Philosophie der Anaxagoras*. Versuch einer Rekonstruktion. Vienne, 1917.
E. WELLMANN, *Anaxagoras* (article dans l'Encyclopédie de PAULY-WISSOWA).

Sur les épigones :

- C. FRIEDRICH, *Hippokratische Untersuchungen* dans les « Philologische Untersuchungen » de KIESSLING et WILAMOWITZ, fascicule 15. Berlin, 1899.



LA THÉORIE ATOMIQUE DE LEUCIPPE ET DE DÉMOCRITE

Les atomes et le vide. — Tandis qu'EMPÉDOCLE et ANAXAGORE essayaient d'avoir raison des difficultés qu'avait soulevées la critique éléate en abandonnant le monisme de tradition ionienne pour l'hypothèse d'une matière scindée dès l'origine en différentes qualités, le Milésien LEUCIPPE découvrait une solution nouvelle et DÉMOCRITE d'Abdère se chargeait de l'approfondir et de la développer. Aux yeux de ces penseurs la matière demeure, comme le voulait PARMÉNIDE, une substance étendue, dénuée de qualité, continue et impénétrable. Mais ils ne la conçoivent plus comme formant une masse compacte unique. Elle leur apparaît fractionnée en des masses de grandeurs et de formes variées : ce sont des *atomes* qui se meuvent dans le *vide*. Cette hypothèse nouvelle semble avoir été directement préparée par la critique de l'école d'Elée, puisque nous avons entendu MÉLISSOS conclure son raisonnement polémique en disant : « s'il y avait plusieurs êtres ils devraient tous posséder ce qui est le propre de l'Un ».

La liaison historique entre l'atomisme et la philosophie éléate est d'ailleurs clairement attestée par ARISTOTE et THÉOPHRASTE dans le livre I des *Opinions des physiciens* : LEUCIPPE serait sorti de l'école de PARMÉNIDE et aurait plus particulièrement suivi les leçons de ZÉNON (1). De son maître il avait adopté la conclusion, selon laquelle on ne saurait concevoir le mouvement ni la diversité dans les phénomènes dès qu'on a reconnu l'existence d'une matière unique, étendue, homogène, impénétrable sans vides. Là-dessus il se décidait à faire cette concession à l'expérience : « ... le plein n'est pas d'un seul tenant ; au contraire, il existe un nombre

1. Cfr. DIOG. LAERCE, IX, 30.

infini de masses pleines et si petites qu'elles sont invisibles. Elles se meuvent dans le vide — car il y a un vide — et c'est leurs réunions et leurs séparations qui engendrent et détruisent toutes les choses » (1).

L'hypothèse atomique est donc née d'une idée *a priori* sur la matière (matière étendue, impénétrable, dénuée de qualités) ou plutôt d'un effort pour accorder cette idée avec la réalité sensible. Cependant les atomistes n'ont pas perdu de vue certaines expériences particulières qui servaient à corroborer leur théorie. Ce sont en somme les mêmes idées générales et les mêmes faits qu'on trouve ou qu'on trouvait, naguère, résumés dans les introductions des manuels de physique, où — selon le mot de W. OSTWALD — on voit parader les *vénérables propriétés de la matière*.

La matière est étendue ; la matière est impénétrable ; dans l'espace qu'occupe une chose, une autre ne saurait se placer : mais comment se fait-il alors qu'un vase rempli de cendres absorbe presque autant d'eau qu'il en faut pour le remplir quand il est vide ? (2).

On répond à cela que la cendre ne forme pas un tout compact, mais se trouve être un ensemble de particules séparées par des vides et l'eau s'introduit dans ces interstices vides et non pas dans les endroits occupés par la matière cendreuse, de même qu'une éponge absorbe l'eau grâce aux trous visibles dans sa contexture.

Alors pour accorder l'impénétrabilité théorique avec la pénétrabilité que nos sens constatent, il suffira d'admettre qu'en général la matière est *porouse*. EMPÉDOCLE avait déjà avancé cette hypothèse des pores pour expliquer le phénomène du mélange ; mais il n'entendait pas que les pores fussent rigoureusement vides ; il suffisait que ce qui les remplissait fût de l'air ou une autre matière subtile et facile à déplacer par le corps étranger qui venait envahir sa place.

LEUCIPPE considère les pores comme des vides authentiques, par lesquels la continuité de la matière est rompue. L'existence de ces

1. ARISTOTE, *De Gener. et Corrupt.*, I, 8. Le passage entier est de toute importance puisqu'il résume d'une manière très claire la filiation des écoles.

2. Cet exemple est cité par ARISTOTE, *Physique*, IV 6 (7) comme un argument des atomistes. Le même auteur (IV, 6 (2)) dit que les prétendues expériences d'ANAXAGORE pour combattre la notion du vide (outres pleines d'air, clepsydres, etc.) ne démontrent pas du tout sa thèse, mais seulement le fait que « l'air est quelque chose ».

vides se révèle non seulement dans la pénétrabilité des corps, mais encore dans leur *divisibilité*. Sur ce point les explications qu'on trouve habituellement dans nos manuels de physique sont moins claires et moins précises que les idées des anciens et il se pourrait que l'enseignement eût à profiter d'une meilleure connaissance de l'histoire. Essayons d'expliquer comment il se fait que la matière se laisse diviser. Que signifie, par exemple, couper un morceau de bois à l'aide d'un couteau : il est assez naturel de penser que la lame pénètre dans les interstices ou pores de la matière ligneuse. Si nous entreprenons de couper un corps plus dur, dont la texture est plus compacte, il nous paraîtra naturel que la division offre plus de difficultés et qu'il nous faille un tranchant plus aiguë et plus fin. Par conséquent si nous avons à faire à un morceau de matière absolument compacte, la résistance qu'il opposerait à la division devrait être vraisemblablement infinie.

Tel est le sens original de la doctrine atomique. On atteint la limite de la divisibilité de la matière lorsqu'on a réussi à élargir les vides qu'elle contient, en séparant les fragments de substance compacte : on n'a plus alors devant soi que des *atomes*, c'est-à-dire des indivisibles, *propter soliditatem* comme s'exprimera CICÉRON.

La discussion sur la divisibilité de la matière a été continuée et maintes fois reprise, encore par les physiciens modernes. Bien souvent il a été fait état de la contradiction qui subsisterait entre l'hypothèse atomique et la notion claire que nous avons d'une divisibilité géométrique sans limites ; de sorte qu'au cours de cette controverse on a vu réapparaître de temps à autre le fantôme de l'infinièrme actuel.

Il y a une cinquantaine d'années William THOMSON (Lord KELVIN) a examiné la question dans ses si belles conférences populaires : ce n'est pas, disait-il, que la division devienne impossible à un certain degré de petitesse (il n'y a si petit, dont on ne puisse réellement concevoir un plus petit), mais il est permis de supposer qu'on arrive à un très petit fragment de matière, dont la division ultérieure impliquerait un changement radical de ses propriétés physiques.

Dans la pensée des Grecs, l'idée de l'atome infinitésimal avait déjà été logiquement déboutée, c'est-à-dire « dépassée », dans la polémique des Eléates contre les *Monadés* pythagoriciennes : dès lors il n'était plus permis d'associer la notion de matière discontinue à une manière analogue de concevoir l'espace. L'idée d'un

« minimum sensible », qui se retrouvera chez EPICURE et qui s'accorde avec l'empirisme de celui-ci, devait rester tout à fait étrangère aux conceptions rationalistes de nos philosophes. Aussi l'atome de LEUCIPPE et de DÉMOCRITE n'est nullement *a-tome* (indivisible) en raison de sa petitesse ; bien que dans le domaine de la matière dont nous avons l'expérience, force nous soit de lui attribuer les dimensions d'une parcelle invisible, rien ne s'oppose à ce que dans des conditions différentes, loin de notre milieu terrestre, il y ait des atomes grands comme un monde. C'est ce qu'affirmait DÉMOCRITE (1).

Propriétés de la matière. — D'accord avec l'idée que s'en faisait PARMÉNIDE, l'école de LEUCIPPE nie que les atomes possèdent en propre une qualité quelconque, sauf les attributs qui définissent la matière étendue : « Convention que la couleur ; convention que le doux et l'amer ; de fait rien que les atomes et le vide ». Par cette affirmation DÉMOCRITE (2) établit clairement la distinction entre qualités premières et qualités secondaires que devaient reprendre les fondateurs de la science moderne (GALILÉE, DESCARTES, LEIBNIZ, etc.) et qu'exposera particulièrement JOHN LOCKE.

D'ailleurs dans la pensée des anciens atomistes, tout autant que dans celle des modernes, cette réduction des propriétés de la matière au nombre, à la grandeur, à la forme et à la disposition des éléments signifiait une orientation vers l'idéal pythagoricien qui consistait à vouloir traduits en termes mathématiques toutes les données de la physique. ARISTOTE s'en est bien aperçu et n'a pas caché l'hostilité qu'il éprouvait à l'endroit de ce penchant : « D'une manière ou d'une autre tout ce qui existe devient pour eux des nombres ou dérive de nombres. Même quand ils ne le déclarent pas explicitement c'est bien ce qu'ils entendent » (3).

Les formes innombrables ainsi que les dispositions non moins variées des atomes peuvent être considérées *a priori* comme susceptibles d'expliquer toutes les différences qualitatives, c'est-à-dire les caractères sensibles des matières existantes. Mais chez DÉMOCRITE on trouve aussi un essai d'explication concrète. Le fait qu'un corps

1. AËTIUS, 12, 6 dans DIELS, A. 47.

2. Fragm. 125 (cfr. 9).

3. *De Caelo*, III, 4 (5).

soit plus lourd ou plus léger (différences des poids spécifiques) est expliqué par l'extension plus ou moins considérable de l'ensemble des atomes qui dans le premier cas laisse subsister moins de vide que dans le second (voir plus loin). Il semble qu'il faille justifier d'une manière analogue le fait qu'un corps est plus dur ou plus mou. Toutefois la dureté et le poids ne sont pas nécessairement alliés : le fer est plus dur que le plomb et pourtant moins lourd que ce dernier. C'est l'effet d'une texture différente de ces deux métaux : les atomes du fer ont des formes plus inégales et par conséquent leur agencement comporte un plus grand nombre d'interstices, mais cela n'empêche pas une structure plus serrée que celle des atomes du plomb (1).

DÉMOCRITE expliquait à peu près de la même manière les autres propriétés de la matière, et notamment les propriétés chimiques. Il supposait, par exemple, que les substances acides avaient des atomes pointus et que ces pointes étaient perçues par le goût comme saveur picotante. Cette naïveté s'explique par une estimation très imparfaite de l'ordre de petitesse où se rangent les atomes. D'ailleurs le raisonnement semblait encore tout à fait pertinent au xvii^e siècle, tant il est vrai qu'un chimiste comme Nicolas LEMERY pouvait gravement énoncer : « Je ne crois pas qu'on me conteste que l'acide n'ait des pointes..., il ne faut que le goûter pour tomber dans ce sentiment, car il fait des picotements sur la langue » (2).

Bien remarquable est la théorie de la chaleur qui, selon DÉMOCRITE, serait l'effet d'un mouvement très rapide des atomes du feu, ceux-ci étant minuscules et de forme ronde car — disait-il — la sphère est de toutes les figures la plus mobile (3) ; par quoi il entendait qu'elle a plus de probabilités de pouvoir se glisser dans le vide béant entre d'autres particules, sans être arrêtée ou déviée par le choc de ces dernières. Cette théorie satisfaisait encore GALILÉE qui la reprit pour son compte et dénomma « ignicules » les corpuscules thermiques.

Leucippe. — De LEUCIPPE, de sa vie et de ses œuvres on ne sait rien de précis, à tel point qu'on a même pu mettre en doute qu'il

1. THÉOPHRASTE, *De sensu*, 62.

2. *Cours de Chimie*, 1675.

3. ARISTOTE, *De Anima*, I, 2.

eût existé (1). Même pour son lieu de naissance que la plupart situe à Milet on trouve indiqués d'autres endroits : Elée ou Abdère. Mais cela doit se rattacher d'une part à la circonstance qu'il avait suivi — comme on l'a déjà dit — l'enseignement de l'École d'Elée et de l'autre à ce qu'on peut lui attribuer avec assez de vraisemblance la fondation de cette école d'Abdère d'où sont sortis PROTAGORAS le sophiste et ensuite, DÉMOCRITE.

Les écrits de LEUCIPPE ont été incorporés dans la collection des œuvres de son grand disciple DÉMOCRITE qui, dans la science antique, a joui d'une renommée à nulle autre pareille. En se fondant sur des indications de THÉOPHRASTE, les philologues modernes se hasardent à revendiquer pour LEUCIPPE, deux œuvres seulement du *corpus* démocratéen : le *Grand système du monde* (μέγας διάκοσμος) et le traité *Sur la raison* (περὶ νοῦ).

Démocrite. — DÉMOCRITE est né à Abdère, petite colonie ionienne dans la Thrace, vers l'an 460 av. J.-Chr. et en tout cas quarante ans après ANAXAGORE et vingt ou vingt-cinq années après son concitoyen PROTAGORAS, le plus illustre des Sophistes. L'époque où il se forma suffit à nous faire comprendre comment sa philosophie offre non seulement un développement plus avancé des problèmes ayant trait aux sciences naturelles mais aussi une pleine conscience des questions nouvelles soulevées dans le domaine de la morale et de la théorie de la connaissance. On peut donc dire de DÉMOCRITE qu'il appartient déjà à l'âge de la réaction que le Sophistique a suscitée. Sa place est entre SOCRATE et PLATON puisqu'il fut l'aîné de celui-ci et le cadet de celui-là (cfr. chap. IX).

De nombreux témoignages, dont une partie est certes discutable, nous renseignent sur la vie et la personnalité de DÉMOCRITE. Des voyages prolongés l'ont mis en contact avec les Egyptiens, les Chaldéens, les Persans et peut-être même les Indiens ; sa soif de connaissances a été en même temps avivée et largement satisfaite au cours de ces randonnées à travers les civilisations de l'ancien Orient.

« De mes contemporains aucun n'a voyagé davantage que moi ; j'ai poussé mes recherches plus loin que tout autre ; j'ai visité

1. C'est RONDE qui a émis ce doute. Cfr. la discussion sur l'existence historique de LEUCIPPE dans l'introduction aux *Vorsokratiker* de DIELS (4^e éd.) ; voir aussi BURNET, p. 330. Une boutade d'ÉPICURE est à l'origine de ces perplexités.

plus de pays, vu plus de climats, écouté plus de discours d'hommes instruits. »

Mais surtout personne ne l'a « dépassé dans la composition de lignes avec des preuves à l'appui (solutions de problèmes géométriques) même parmi les *arpedonaptés* (scribes cadastrés) d'Égypte » (1).

Et, en effet, DÉMOCRITE a été un grand géomètre de par l'étroite parenté spirituelle qui l'unissait aussi bien à l'école de Pythagore (2) qu'à celle d'Élée. Il a laissé plusieurs livres de géométrie où il traitait aussi des incommensurables et c'est lui qui a découvert le volume de la pyramide, comme nous l'apprend ARCHIMÈDE. Cette découverte ainsi que d'autres recherches dont quelques vestiges se sont conservés, nous montrent qu'il marcha de l'avant dans la voie ouverte par ZÉNON aux spéculations concernant l'analyse infinitésimale.

Prodigieuse est la versatilité de DÉMOCRITE. Les œuvres qu'on lui attribue et dont il ne nous reste, en dehors des titres, qu'à peine quelques bribes de phrases, ont pour sujet aussi bien les mathématiques pures que la Cosmologie et la Physique, et aussi la Botanique et la Zoologie, la Logique et la Théorie de la connaissance, l'Éthique, la Musique, la critique des Arts et même l'Agriculture, la Médecine, la technique de la Peinture et l'art de la Guerre. « Il semble avoir médité sur toutes choses », dit ARISTOTE qui, sans cesse, a l'occasion de discuter ses vues et ses observations ; et il ajoute : « Personne avant lui n'avait parlé d'une manière qui ne fût pas superficielle, de la croissance et du mouvement. »

Quelques-uns de ses fragments (et en particulier ceux qui ont trait à la morale et que nous aurons l'occasion de citer au chap. IX) nous permettent d'apprécier ce style dont les anciens louaient hautement la beauté.

D'ailleurs l'idée que DÉMOCRITE avait de l'art est bien indiquée dans le jugement que lui attribue CICÉRON en l'unissant en ceci à Platon : *Poëtam bonum neminem sine inflammatione animorum existere posse et sine quodam adflatu quasi furoris*. Et aussi dans des passages comme ceux-ci :

1. CLÉMENT D'ALEXANDRIE, *Strom.*, I, 15, 69 (dans DIELS, *Vorsokr.*, B. 299, fr. au moins douteux).

2. DIOGÈNE LAERCE parle de ses rapports avec GLAUCOS et PHILOLAOS.

« Quand c'est un dieu ou le souffle sacré qui dicte, le poète ne manque pas d'écrire quelque chose » (fr. 18).

« Les draperies et la grâce relèvent magnifiquement un tableau, mais encore faut-il qu'il y ait du cœur » (fr. 195).

La vie de DÉMOCRITE fut celle d'un sage et presque d'un ascète. Sa passion était de pénétrer les secrets de la nature : il aurait volontiers « donné le diadème du Grand Roi pour une découverte scientifique » (fr. 118). Il se plaignait par ailleurs de ce que « la vérité se trouve si profondément enfouie » (fr. 117). On raconte que tout son patrimoine avait passé dans les voyages d'étude, si bien qu'ensuite il se trouva réduit à vivre d'une pension que ses concitoyens lui assurèrent par décret. Loin du tumulte des passions et aussi de tout amour, il recherchait comme un bien suprême la sérénité dans la contemplation. La légende en fit le « philosophe qui rit » par opposition à HÉRACLITE « philosophe qui pleure ».

En général, il devint le héros d'histoires exemplaires et d'apologues édifiants. Plus tard on en fit un disciple des mages et des prêtres d'Égypte qui l'auraient initié aux mystères de l'alchimie (1). On a aussi brodé sur ses rapports avec son grand contemporain le médecin HIPPOCRATE de Cos qui, de son île assez proche, aurait été appelé par les Abdérites pour examiner DÉMOCRITE dont l'air absent et le mutisme prolongé (alors qu'il s'absorbait dans ses méditations) faisaient craindre pour sa raison. Cette rencontre aurait été le point de départ d'une fort belle correspondance entre DÉMOCRITE et HIPPOCRATE qu'on trouve incluse dans le *Corpus* hippocratique mais qui semble bien être apocryphe.

La théorie cinétique du monde. — Selon les idées de LEUCIPPE et de DÉMOCRITE l'hypothèse atomique ne sert pas seulement à expliquer les propriétés foncières de la matière, mais elle fournit aussi une théorie cinétique du monde et de son évolution. La

1. Les écrits attribués à DÉMOCRITE et où il est question de l'art « royal » d'imiter l'or, l'argent et la pourpre semblent avoir été des faux fabriqués par BOLOS de Mende qu'on appelle aussi BOLOS-DÉMOCRITE et qui, sous les Ptolémée, cultiva les sciences occultes, assaisonnées de toutes les superstitions orientales (cfr. chap. XXXII). WELLMANN voudrait voir dans ce Bolos l'auteur des œuvres techniques sur l'agriculture, la médecine, etc. que DIOGÈNE LAERCE et d'autres assignent à DÉMOCRITE. Voir les deux notes de WELLMANN dans « Abhandl. d. Preuss. Akad. der Wissenschaften ». Phil.-hist. Klasse, 1921, 1928.

vie du cosmos n'a d'autre raison première que le mouvement des atomes dans le vide et les chocs qui s'ensuivent.

Les atomistes ont réussi à surmonter la critique relativiste de PARMÉNIDE et de ZÉNON en définissant le mouvement « par rapport au lieu » (*κατὰ τόπον*). C'est précisément dans ce but, dit ARISTOTE, qu'ils ont voulu que le vide fut une réalité au même titre que le plein (1). « Le Néant est quelque chose tout autant que l'Être (2). »

Cette proposition rappelle l'hypothèse au moyen de laquelle les physiciens modernes, depuis NEWTON, ont essayé de donner un sens au mouvement absolu, en remplissant l'espace d'un *éther* immobile et en définissant les lois du mouvement par rapport à cet éther.

Mais jusqu'à ces temps derniers les historiens ont méconnu d'une manière étrange le système cinétique des atomistes, en confondant LEUCIPPE et DÉMOCRITE avec EPICURE ; c'est pourquoi ils ont parlé (et parlent encore, parfois) d'une pluie d'atomes que leur poids ferait tomber de haut en bas : et le point sur lequel s'est concentrée leur attention critique a été de savoir s'il existait un motif valable pour que des chocs réciproques fissent dévier les corpuscules en chute de la verticale. L'école d'Abdère était bien éloignée d'une mécanique si ridiculement anthropocentrique.

Ille (Democritus) atomos quos appellat id est corpora individua propter soliditatem, censet in infinito inani, in quo nihil nec summum, nec infimum, nec medium, nec ultimum sit, ita ferri, ut concursioibus inter se cohaerescant, ex quo efficiantur ea, quae sint quaeque cernantur, omnia; eumque motum atomorum nullo a principio, sed ex aeterno tempore intellegi convenire. C'est ainsi que CICÉRON (3) résume la doctrine.

Ce qui empêche de bien entendre cette doctrine n'est pas l'insuffisance ou l'obscurité des textes doxographiques, mais — osons le dire — l'incompréhension et l'ignorance de cette première loi fondamentale du mouvement qui est pourtant à la base de la Dynamique de GALILÉE-NEWTON : le principe d'inertie.

Un point matériel, sur lequel aucune force n'agit, se meut indéfi-

1. *Phys.*, IV, 6 (4).

2. ДЭМОКР., fr. 156. Il y a en grec un jeu de mots : « le *μη δέυ* est quelque chose comme le *δέυ* ».

3. *De Finibus*, I, 6, 17. Ce passage concorde avec toute la tradition doxographique et avec les indications d'ARISTOTE, pourvu qu'on sache les interpréter correctement.

niment d'un mouvement rectiligne et uniforme. Les forces sont des causes non point du mouvement ou de la vitesse, mais seulement des variations de vitesse ou accélérations. Pour n'avoir pas compris cette notion essentielle de la science moderne, ZELLER a posé comme principe qu'aucun mouvement n'est concevable sans force motrice ; et cela l'a entraîné à refuser les témoignages les plus explicites (1) qui établissent cette différence si importante entre DÉMOCRITE et ÉPICURE : le premier ne concédant guère aux atomes la pesanteur comme un attribut primordial : mais disait ZELLER, s'ils sont en mouvement, il faut bien que quelque force les y ait poussés et je n'en vois guère d'autre que la pesanteur (2).

La science de ZELLER semblait ignorer la victoire de GALILÉE sur le péripathétisme et s'en tenir paisiblement à l'enseignement d'ARISTOTE. Ce dernier toutefois se bornait à exprimer l'étonnement naïf qu'il éprouvait en présence d'une théorie qui dépassait son entendement. « LEUCIPPE et PLATON disent que le mouvement existe depuis toujours, mais ils ne disent pas quelle en est la cause (3). » « DÉMOCRITE retient qu'il n'y a pas lieu de rechercher la cause de ce qui est ou qui devient depuis toujours (4). »

Si les atomes se communiquent le mouvement en se heurtant les uns contre les autres, remarque encore ARISTOTE (5), il faut bien qu'il existe pour eux un mouvement naturel (*κατὰ φύσιν*), et c'est bien ce genre de mouvement qu'il semble juste de reconnaître dans le mouvement rectiligne qui (selon les atomistes) se poursui-

1. AÉTIUS, I, 3, 18 dans DIELS, *Vorsokr. Dem.*, A. 47.

2. Il semble que cette interprétation erronée ait été corrigée pour la première fois (et jusqu'à un certain point) par BRIEGER (*Die Urbewegung der Atome und die Weltentstehung bei Leukipp und Demokrit*, 1884) et par LIEPMANN (*Die Mechanik der Leukipp-Demokritischen Atome*, 1885). En France, LIARD (Thèse latine, p. 43) reconnaît que l'atome de DÉMOCRITE n'a pas de pesanteur et PILLON (*Année philosophique*, 1891) arrive à dire très bien : « la pesanteur est ici le résultat et non la cause du mouvement ». Mais cela n'a pas empêché MABILLEAU (*Histoire de la philosophie atomistique*, 1895) de revenir aux arguments de ZELLER. Les précis historiques plus récents de GOMPERZ, WINDELBAND et BURNET reconstituent le système cinétique dans ses termes exacts, en indiquant que les atomes se meuvent dans toutes les directions ; cependant ces auteurs négligent de relever clairement le rapport entre cette doctrine et la notion moderne d'inertie.

3. *Métaph.*, XI, 6 (7).

4. *Phys.*, VII, 1 (15). Cfr. *De Gen. Animalium*, II, 6.

5. Cfr. *De Caelo*, III, 2 (3).

vrait à l'infini. C'est la possibilité d'un tel mouvement que le livre I du *De Caelo* s'applique à dénier : on y prétend démontrer que seul le mouvement circulaire peut être dit naturel, puisqu'il est parfait, c'est-à-dire achevé en lui-même.

Plus précisément on peut reconnaître le principe démocritien de l'inertie dans l'énoncé qui résume pour ARISTOTE la réduction à l'absurde de l'hypothèse du mouvement dans le vide : « Personne ne saurait justifier pourquoi un corps, une fois mis en mouvement, devrait s'arrêter quelque part, plutôt en un lieu que dans un autre. De sorte qu'il devra, ou bien rester en repos, ou bien continuer indéfiniment son mouvement dans l'espace, jusqu'à ce qu'il ne soit pas arrêté par une force plus grande (1). »

Quel était donc le système cinétique de l'école d'Abdère ?

Dans son idée fondamentale ce n'était autre chose que ce que les modernes ont repris pour offrir une explication mécanique du monde, en essayant ensuite d'appliquer ces mêmes principes à des phénomènes d'ordres différents, par exemple à la théorie cinétique des gaz telle qu'on l'a élaborée depuis Daniel BERNOULLI jusqu'à MAXWELL. Les atomes se meuvent par inertie d'un mouvement rectiligne dans toutes les directions (2) et c'est en se heurtant les uns contre les autres qu'ils sont déviés, réunis et séparés de nouveau (3). L'effet de tout cela étant la naissance et la mort d'un nombre infini de mondes dans l'espace.

Selon LEUCIPPE et DÉMOCRITE la genèse d'un monde est due au choc excentrique d'un atome ou d'un groupe d'atomes, ayant pour conséquence un mouvement rotatoire ou un tourbillon (δίνη). Le tourbillon s'étend en entraînant après lui d'autres groupes d'atomes et ainsi le monde s'accroît : mais les mondes, surgis en différents endroits, peuvent entrer en collision et alors l'un d'eux est absorbé ou détruit par l'autre et on a ainsi une évolution des mondes.

Pesanteur et gravitation. — La description pas très claire de la marche que suit la formation du cosmos nous donne quelques

1. *Phys.* IV, 8 (215, 19).

2. D'après DIOGÈNE LAERCE (IX, 31) qui semble copier un passage de THÉOPHRASTE SUR LEUCIPPE, ils seraient *ισορόπιοι*.

3. Le principe d'inertie semble avoir été ensuite adopté par ECPHANTE de Syracuse, un pythagoricien qui subit amplement l'influence de DÉMOCRITE. HIPPOLYTE (chez DIELS) dit d'ECPHANTE qu'il « faisait mouvoir les corps non par l'effet de la pesanteur ou des chocs, mais par une force divine ».

aperçus sur la loi de la pesanteur : la résistance ou la pression occasionnée par les chocs (ἀντερείσεις) a sur les atomes de dimensions plus grandes l'effet de les pousser vers le centre du tourbillon, tandis que les atomes plus petits sont refoulés vers la périphérie. Cela signifie que la pesanteur rentre dans une loi générale, celle de l'attraction du semblable par le semblable (1) que déjà nous avons vu figurer dans les systèmes d'EMPÉDOCLE et d'ANAXAGORE.

DÉMOCRITE lui-même résume cette loi dans un fragment qui nous a été conservé par SEXTUS (2) :

« De même que tous les animaux s'unissent à leurs semblables, les pigeons aux pigeons, les grues aux grues, et ainsi pour tous les autres animaux ; de même cela se voit aussi pour les corps sans âme, comme on peut l'observer pour les grains passés au crible ou pour les pierres battues par les vagues. Là, en effet, sous l'action du tourbillon du crible, les lentilles viennent se placer à côté des lentilles, les grains d'orge à côté des grains d'orge et les grains de blé à côté des grains de blé ; ici sous l'impulsion des vagues, les pierres oblongues se rangent près des oblongues, les rondes près des rondes, comme si la ressemblance des choses entre elles avait pour effet de les rassembler. »

Cependant, en examinant de plus près l'effet de la pesanteur, le philosophe s'aperçoit que ce qui entre en ligne de compte, c'est la grandeur plutôt que la forme des atomes :

« Chacun des indivisibles est d'autant plus lourd qu'il y a en lui excès [de grandeur] (3). »

Quant aux corps composés les plus légers d'entre eux sont ceux qui contiennent le plus de vide (4). Autrement dit : le poids d'un corps est en raison de la somme que forment les volumes des atomes (5).

Tout cela est l'effet de la formation du monde et, par conséquent, la loi de la pesanteur, ou plutôt la gravitation, doit s'expliquer

1. Cfr. pour Leucippe *DIOG. LAERCE*, IX, 31 ; et pour Démocrite *SIMPLICIUS, Phys.*, 28, 15 (dans *DIELS*, A. 38).

2. Cf. *Diels fr.* 164.

3. *ARISTOTE, De Gener. et Corrupt.*, I, 8 (10).

4. Témoignages chez *DIELS*, A. 60, 61.

5. Et ce qui est léger, ne l'est pas absolument, mais seulement de par la poussée que lui font subir les atomes plus lourds. Il y a ici une idée qui semble préfigurer le principe hydrostatique d'ARCHIMÈDE.

comme le résultat des chocs entre les atomes qui se meuvent dans l'espace.

Le passage cité nous montre que DÉMOCRITE apercevait tout au moins qu'il y a là l'effet général de causes mécaniques agissant sur des masses différentes. D'après ce qui nous reste de son œuvre nous ne sommes pas autorisés à lui attribuer une explication plus profonde. Cependant il est facile de se rendre compte comment deux corps de dimensions considérables et qui sont incessamment heurtés par d'innombrables corpuscules lancés dans toutes les directions en arrivent à être transportés l'un vers l'autre exactement comme s'ils s'attiraient réciproquement : c'est une idée simple que FATIO de Duilliers et LESAGE devaient avancer à l'époque moderne pour expliquer la gravitation (hypothèse des « corpuscules ultra-mondains »).

En effet, si un corps *a* est bombardé dans tous les sens par d'innombrables corpuscules il ne sera pas sollicité de se mouvoir dans un sens plutôt que dans l'autre ; mais si dans un même milieu deux corps *a* et *b* se trouvent par hasard assez rapprochés pour que chacun protège l'autre contre la rafale de corpuscules arrivant de son côté, le résultat sera une pression exercée sur tous les deux et qui les poussera l'un vers l'autre. On serait tenté de supposer que cette idée si simple ait germé sous une forme quelconque dans la pensée de LEUCIPPE ou de DÉMOCRITE avant d'inspirer les démocritéens modernes. Que ces penseurs grecs aient, par exemple, songé à la pression de corpuscules aériforme ou à peu près tels. Mais faute de documents nous ne pouvons donner un fondement satisfaisant à cette hypothèse (1).

Le hasard et la loi. — Dans le système cinétique des atomistes tout dépend de causes mécaniques et il s'ensuit que le monde est gouverné par le déterminisme le plus inflexible. « Rien ne se fait par hasard mais tout advient pour quelque raison (ἐκ λόγου) et par nécessité », dit l'unique fragment qui nous ait été conservé des œuvres de LEUCIPPE.

1. L'*antéréisis* dont il a été fait mention indique-t-elle seulement la résistance des masses plus grandes à l'entraînement dans un mouvement circulaire (comme le suppose BURNET) ou bien une pression opérée par les chocs des corps plus petit ; sens qui s'accorderait mieux avec l'étymologie du terme (ἐρείδω « appuyer fortement » et parfois « s'abattre sur », « s'attaquer » chez ESCHYLE et ARISTOPHANE) ?

Et cependant n'avons-nous pas eu les oreilles rebattues du reproche que la tradition s'est acharnée à faire peser sur les atomistes et qu'expriment déjà les vers de DANTE :

*« Democrito che il mondo a caso pone
(DÉMOCRITE qui asseoit le monde sur le hasard). »*

Mais cette accusation dont l'origine remonte à la philosophie de PLATON et d'ARISTOTE ne veut dire qu'une chose : que les atomistes nient les *causes finales*. L'objection est clairement formulée par ARISTOTE : on ne saurait comprendre, comment l'harmonie du monde et de la vie serait issue de rencontres de corps dont le mouvement se fait au hasard, c'est-à-dire sans but préétabli. Et il est bien vrai que les atomes de DÉMOCRITE sont en ce sens livrés au hasard lorsqu'ils se trouvent lancés indifféremment dans toutes les directions ; aussi les modernes qui ont voulu pousser plus avant l'étude du système ont été naturellement amenés à lui appliquer les lois du calcul des probabilités.

Il est évident que le dilemme « hasard ou loi » est en soi équivoque, à cause du double sens qui s'attache à la notion de « hasard ». Pour les déterministes cela ne signifie pas une séquence de fait qui serait en principe « hors de toute loi » mais simplement l'impossibilité relative de toute prévision à son sujet. Bien entendu cette incapacité de prévoir n'a d'autre motif que l'ignorance où nous sommes à l'égard d'un trop vaste enchaînement de causes multiples et disparates. En opposition à la téléologie du platonisme et de l'aristotélisme, les Abdérites ont pensé que dans le domaine illimité des causes mécaniques qui font l'univers, toutes les combinaisons possibles se réalisent, y compris les mondes et les organismes dont l'agencement mécanique semble correspondre à des buts déterminés (cfr. chap. IX). On ne voit pas d'ailleurs qu'ils aient médité à fond cette difficulté de leur système qui est la pierre d'achoppement de tout système matérialiste. Plus tard EPICURE s'efforcera de combler cette lacune en accueillant l'idée d'EMPÉDOCLE qui, comme nous l'avons vu, introduisait le principe d'une sélection naturelle dans l'évolution des formes vitales.

Biologie. — DÉMOCRITE s'est occupé aussi de biologie. Il a enregistré un grand nombre d'observations exactes sur l'anatomie et l'embryologie aussi bien des animaux que des plantes. Nous

savons qu'il a procédé à la dissection d'animaux, aussi bien des espèces supérieures que des inférieures ; au sujet de ces dernières il enseignait, en contradiction avec la doctrine que soutiendra ARISTOTE, que leurs individus possèdent un système organique complet même si à nos yeux il demeure invisible (1). C'est à DÉMOCRITE que remonte la classification aristotélécienne en animaux *qui ont du sang* (les vertébrés) et animaux *anèmes* ou qui n'ont pas de sang (les invertébrés). Le sexe dépend selon DÉMOCRITE de la prépondérance du germe d'un des parents. Et la manière dont il conçoit l'hérédité fait apparaître l'Abdérite comme un précurseur de DARWIN et de sa théorie de la *pangenèse*. Le déterminisme mécanique, dont il n'admet aucune atténuation, lui fait adopter une théorie de l'évolution dans laquelle l'homme figure comme le descendant du vermisseau, né directement du limon. Mais on est étonné de trouver chez DÉMOCRITE un sens très large de la finalité vitale dès qu'il entreprend la description de la structure et des organes chez les êtres animés. Il voit, en effet, dans l'organisme une unité logique qui implique la corrélation étroite des parties assemblées ; et ce système, — bien que fondé sur des combinaisons mécaniques dont les premières causes nous échappent — n'en aboutit pas moins à la subordination de l'ensemble à des fonctions qu'il faut bien se représenter comme des fins selon la raison. Ce sens positif de l'explication vitaliste — par quoi DÉMOCRITE s'apparente à HIPPOCRATE de Cos — est fort bien exprimé dans un traité « *Sur la nature de l'homme* » qui fait partie du *Corpus* hippocratique (2) et que DIELS considère comme une imitation d'époque tardive. Les organes de l'homme y sont décrits en rapport avec les fonctions auxquelles ils sont destinés et la description s'achève sur des mots qui rappellent le caractère mécanique des phénomènes dont la matière vivante est le siège :

« Mais la nature incorporelle a fabriqué dans ses tréfonds les viscères de toutes les formes dont la mort cependant ne tarde pas à supprimer les fonctions. »

Influence historique. — Un problème de la plus haute importance est celui de l'influence que DÉMOCRITE a pu exercer sur ses

1. Cfr. la note que nous donnons au chap. XVI.

2. Ed. LITTRÉ. Paris, 1861, vol. 9, p. 395.

contemporains et, par la suite, sur les courants principaux de la pensée antique. L'école d'Abdère ne compte que peu de noms qui nous soient connus : MÉTRODORÉ de Chios, ANAXARQUE, NAUSIPHANÈS et BION d'Abdère, dont on mentionne surtout les opinions critiques sur la connaissance qui préludent au scepticisme de PIRRHON d'Elis. Mais cette école a aussi contribué à l'avancement des sciences naturelles. BION, par exemple, aurait examiné les conséquences de la forme sphérique qu'a la Terre et reconnu qu'aux pôles le jour et la nuit devaient durer six mois chacun (1).

Jusqu'à ces derniers temps on s'est peu soucié de mettre en lumière l'influence de DÉMOCRITE sur les grands philosophes de l'époque postérieure, et sur PLATON en particulier ; il semble pourtant que non seulement les spéculations naturalistes du *Timée* mais aussi les raisonnements qui appuient la recherche d'une définition de la science (dans le *Théétète*) portent l'empreinte de la pensée démocratienne : ainsi que nous le verrons dans la suite.

Nous avons déjà remarqué l'insistance avec laquelle ARISTOTE a étudié la doctrine de DÉMOCRITE, bien qu'il n'eût jamais compris les idées profondes de ses théories mécanistes ; et il n'est pas douteux qu'une quantité d'emprunts aux œuvres du grand savant d'Abdère n'ait enrichi l'encyclopédie du Stagirite. Nous aurons l'occasion de les relever, à propos de l'histoire naturelle. L'influence de DÉMOCRITE a été encore plus décisive sur les disciples d'ARISTOTE et en particulier sur STRATON de Lampsaque qui fut scolarque du Lycée de 287 à 268 av. J.-Chr.

Parmi les grandes écoles philosophiques que la fin de l'époque hellène a vu éclore, celle d'ÉPICURE (fondée à Athènes vers l'an 306 av. J.-Chr.) est considérée comme l'héritière directe de la pensée démocratienne, bien qu'en réalité les principaux motifs de sa doctrine remontent aux hédonistes semi-socratiques de Cyrène. Mais ÉPICURE n'a adopté l'hypothèse atomiste d'une formation mécanique de l'Univers que pour en faire le soubassement d'un système de morale où se révèle sa véritable originalité. Les sciences ne l'intéressaient guère et il déconseillait même à ses disciples de les cultiver. Aussi le voyons-nous tomber dans maints malentendus lorsqu'il s'agit d'exposer les théories les plus difficiles du maître ; il n'a

1. DIOGÈNE LAERCE, IV, 18. Cfr. SCHIAPARELLI dans *Scientia*, n. VII, p. 53 (1908).

pas compris, par exemple, le mouvement naturel par inertie et a fait donc de la pesanteur la cause du mouvement des atomes, qui devient une pluie ou une chute du haut en bas. C'est en suivant ARISTOTE dans les applications spécieuses du principe de raison suffisante qu'ÉPICURE arrive ensuite à attribuer à tous les atomes une vitesse égale ce qui rendrait inconcevable qu'ils s'entreheur-tassent. Il sacrifie à cette exigence et aussi (paraît-il) au postulat du libre arbitre humain, le déterminisme universel et rigoureux des Abdérites ; sans ce biais il n'aurait pu donner créance à l'idée que la seule possibilité de choc pour les atomes réside en une légère déviation de la verticale (le fameux *clinamen* de Lucrèce). A ce point de vue on peut soutenir que ce n'est pas l'école d'ÉPICURE mais bien celle du Portique qui a su capter le grand héritage du déterminisme de LEUCIPPE et DÉMOCRITE.

Dans les domaines spéciaux de la science l'œuvre de DÉMOCRITE a fructifié pendant toute la période hellénistique. Le péripathéticien STRATON de Lampsaque, déjà mentionné, a été le maître d'ARISTARQUE de Samos (le Copernic de l'antiquité ; voir chapitre XIV) et l'ami d'ERATOSTHÈNE de Cyrène, qui par la suite fut bibliothécaire du Musée alexandrin. Il convient aussi de supposer une connaissance approfondie de l'œuvre de DÉMOCRITE chez les mathématiciens et les astronomes de l'entourage platonicien : tel EUDOXE de Cnide dont les théories géométriques ont été incorporées dans les *Eléments* d'EUCLIDE et, plus tard, devaient inspirer ARCHIMÈDE ; tel aussi HÉRACLIDE du Pont qui se rattache à DÉMOCRITE par l'entremise du pythagoricien ECPHANTOS de Syracuse.

Toutefois le système tout entier de la physique et de la mécanique comme DÉMOCRITE les avait conçues, n'a été vraiment repris et développé que vingt siècles après, par les fondateurs de la science moderne.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

Sur l'existence historique de Leucippe :

- BOKOWNEW, *Die Leukippfrage*. Dorpat, 1911.
DIELS, Préface à la 4^e édition des *Vorsokratiker*.

Sur les doctrines des Atomistes :

- L. MABILLEAU, *Histoire de la philosophie atomistique*. Paris, 1895.
C. BAILEY. *The Greek Atomists*. Oxford, 1928.
A. BRIEGER, *Die Urbewegung der Atome und die Weltentstehung bei Leukipp und Demokrit*.
H. C. LIEPMANN, *Die Mechanik der Leukipp-Demokritischer Atome*. Berlin, 1885.

(C'est à ces deux derniers ouvrages que remonte, comme nous avons dit dans le texte, l'interprétation du système cinétique que nous croyons exacte.)

Sur l'histoire ultérieure de l'atomisme :

- K. LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton*, 2 vol. Leipsick, 1890.
E. BLOCH, *Die antike Atomistik in der neueren Geschichte der Chemie*, dans « *Isis* », 1914.
P. TANNERY, *Démocrite et Archytas*, dans « *Bulletin des sciences mathématiques* », t. X (1886).
A. DYROFF, *Demokritstudien* (avec bibliographie). Leipsick, 1899.
— *Über die Abhängigkeit des Aristoteles von Demokritos*, dans « *Philologus* », vol. 63 (1904).
L. LÖWENHEIM, *Die Wissenschaft Demokrits und ihr Einfluss auf die moderne Naturwissenschaft*. Berlin, 1914.

Sur les nombreux apocryphes :

- H. DIELS, *Ueber die auf den Namen den Demokritos gefälschten Schriften*, dans « *Sitzungsberichte der Berliner Akademie* », 1902.



TABLE DES MATIÈRES

	Pages
V. — Empédocle et Anaxagore	3
Réponses aux paradoxes des Eléates	3
Pluralisme	5
Le Prophète et le savant	7
Traits communs aux deux penseurs : observations et expériences	9
Matière et force : système cosmologique d'Empédocle	13
Système du monde chez Anaxagore	17
Le <i>Nous</i>	19
Survivance des plus aptes dans l'évolution de la vie	20
Analyse des sensations	22
Epigones éclectiques	24
<i>Note bibliographique</i>	25
 VI. — La théorie atomique de Leucippe et de Démocrite	 27
Les atomes et le vide	27
Propriétés de la matière	30
Leucippe	31
Démocrite	32
La théorie cinétique du monde	34
Pesanteur et gravitation	37
Le hasard et la loi	39
Biologie	40
Influence historique	41
<i>Note bibliographique</i>	44





ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES



PUBLIÉES SOUS LA DIRECTION DE MM.

F. ENRIQUES

De l'Académie *Dei Lincei*
Professeur à l'Université de Rome

**PHILOSOPHIE ET HISTOIRE
DE LA PENSÉE SCIENTIFIQUE**

Ch. FABRY

Membre de l'Institut
Professeur à la Faculté des Sciences

OPTIQUE

E. FAURÉ-FREMIET

Professeur au Collège de France

BIOLOGIE

(Embryologie et Histogenèse)

Ch. FRAIPONT

Professeur à la Faculté des Sciences
de Liège

PALÉONTOLOGIE

**ET LES GRANDS PROBLÈMES
DE LA BIOLOGIE GÉNÉRALE**

Maurice FRECHET

Professeur à la Sorbonne

ANALYSE GÉNÉRALE

M. L. GAY

Professeur de Chimie-Physique
à la Faculté des Sciences de Montpellier

THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE

J. HADAMARD

Membre de l'Institut

**ANALYSE MATHÉMATIQUE
ET SES APPLICATIONS**

Victor HENRI

Professeur à l'Université de Liège

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE

A. F. JOFFÉ

Directeur de l'Institut Physico-Technique
de Leningrad

PHYSIQUE DES CORPS SOLIDES

A. JOUNIAUX

Professeur à l'Institut de Chimie de Lille

CHIMIE ANALYTIQUE

(Chimie-Physique, minérale
et industrielle)

N. K. KOLTZOFF

Directeur de l'Institut de Biologie
expérimentale de Moscou
Membre honoraire R. S. Edinbourg

**LA GÉNÉTIQUE ET LES PROBLÈMES
DE L'ÉVOLUTION**

P. LANGEVIN

Membre de l'Institut
Professeur au Collège de France

**I. — RELATIVITÉ
II. — PHYSIQUE GÉNÉRALE**

Louis LAPICQUE

Membre de l'Institut
Professeur à la Sorbonne

**PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE
DU SYSTÈME NERVEUX**

A. MAGNAN

Professeur au Collège de France

**MORPHOLOGIE
DYNAMIQUE**

ET MÉCANIQUE DU MOUVEMENT

Ch. MARIE

Directeur de Laboratoire
à l'École des Hautes-Études

ÉLECTROCHIMIE APPLIQUÉE

Ch. MAURAIN

Membre de l'Institut
Doyen de la Faculté des Sciences
Directeur de l'Institut de Physique du Globe

PHYSIQUE DU GLOBE

André MAYER

Professeur au Collège de France

PHYSIOLOGIE

Henri MINEUR

Astronome à l'Observatoire de Paris
Maître de Recherches

ASTRONOMIE STELLAIRE

Chr. MUSCELEANU

Professeur à la Faculté des Sciences
de Bucarest

PHYSIQUE GÉNÉRALE ET QUANTA

M. NICLOUX

Professeur à la Faculté de Médecine
de Strasbourg

**CHIMIE ANALYTIQUE
(Chimie organique et biologique)**

P. PASCAL

Correspondant de l'Institut
Professeur à la Sorbonne et à l'École
Centrale des Arts et Manufactures

**CHIMIE
GÉNÉRALE et MINÉRALE**

Ch. PÉREZ

Professeur à la Sorbonne
BIOLOGIE ZOOLOGIQUE

CATALOGUE SPÉCIAL SUR DEMANDE