

Un aperçu de la physique d'Aristote

Autor(en): **Gagnebin, Samuel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue de Théologie et de Philosophie**

Band (Jahr): **22 (1934)**

Heft 93

PDF erstellt am: **18.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-380264>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

UN APERÇU DE LA PHYSIQUE D'ARISTOTE ⁽¹⁾

INTRODUCTION : IMPORTANCE ET SIGNIFICATION DE LA PHYSIQUE D'ARISTOTE

Il peut paraître audacieux de parler de la *Physique* d'Aristote après tant d'écrits remarquables ou même célèbres qui lui ont été consacrés. Mais cette audace mérite d'être qualifiée de téméraire lorsqu'on connaît les jugements opposés auxquels elle a donné lieu de la part des savants contemporains.

Dans un ouvrage qui a eu la plus grande influence sur ces juge-

(1) Cette conférence a été présentée à la Société romande de philosophie, réunie le 11 juin 1933 à Rolle. Son texte a été développé sur quelques points, pour tenir compte, entre autres, des questions posées dans la discussion qui suivit.

Nous tenons à citer dès le début les ouvrages qui nous ont servi de source, ou dont nous nous sommes plus particulièrement inspiré :

ARISTOTE, *Physique*. Texte et traduction par Henri Carteron. Collection G. Budé. Paris, les Belles Lettres, 1926, 1931, 2 vol.

— *Physique II*. Traduction et commentaire par O. Hamelin. 2^e éd. Paris, J. Vrin, 1931.

— *De la génération et de la corruption*. Traduction nouvelle et notes par J. Tricot. Paris, J. Vrin, 1934.

H. CARTERON, *La notion de force dans le système d'Aristote*. Paris, J. Vrin, 1924.

W. D. ROSS, *Aristote*. Traduction préfacée par D. Parodi. Paris, Payot, 1930.

EMILE BOUTROUX, *Aristote*. Article de la *Grande Encyclopédie*, 1886. Reproduit dans : *Etudes d'histoire de la philosophie*. Paris, Alcan, 1901.

PIERRE DUHEM, *Le système du monde* (t. I, chap. IV : La physique d'Aristote, p. 130-241). Paris, Hermann, 1913.

EMILE BRÉHIER, *Histoire de la philosophie*, I, p. 168-259. Paris, Alcan [1927].

JACQUES CHEVALIER, *La notion du nécessaire chez Aristote*. Paris, Alcan, 1915.

ARNOLD REYMOND, *Histoire des sciences exactes et naturelles dans l'antiquité gréco-romaine*. Paris, Blanchard, 1924.

ments, je veux parler du livre intitulé *Pour l'histoire de la science hellène*, Paul Tannery, parlant d'Anaxagore, déclare ce qui suit :

« On sait ⁽¹⁾ le long triomphe de cette théorie (celle d'Aristote) formée d'éléments disparates ; il suffit de remarquer qu'au point de vue scientifique elle est très inférieure à celle d'Anaxagore ; aussi doit-on regretter que ce ne soit pas cette dernière que la science antique ait eu à mettre à l'épreuve, au lieu de se mouvoir dans le cadre étroit de la symétrique construction d'Aristote.

» Cette dernière ne permet aucune combinaison mathématique effective ; son infériorité à cet égard est malheureusement trop prouvée *a posteriori* pour que j'aie à insister sur ce point.

» La réunion constante des qualités opposées, telle que la professait Anaxagore, satisfaisait au contraire aux conditions scientifiques, car elle a pour conséquence qu'il faut toujours uniquement considérer la résultante des deux tendances opposées, et l'on se trouve dès lors bientôt aux mêmes points de départ que la science moderne pour l'explication des phénomènes.

» La séparation absolue des qualités opposées et leur association arbitraire avec telles ou telles autres étaient un retour, avec de nouvelles erreurs en sus, aux premières ébauches des théories pythagoriciennes. C'était la consécration du système d'explications vagues et illusoire déjà en vigueur chez les médecins de l'époque ; car ce sont eux qui ont, les premiers, abusé des qualités élémentaires, comme on devait si longtemps continuer à le faire d'après Aristote. Avec la théorie de ce dernier, ces qualités élémentaires deviennent de véritables êtres de raison, auxquels on attribue les propriétés les plus diverses et le mode d'action le plus fantastique. Le nombre des combinaisons logiques possibles se réduit au minimum et, comme elles doivent suffire à expliquer l'infinie variété des phénomènes, on a recours à d'étranges artifices en s'écartant de plus en plus de l'observation et de l'expérience.

» Mieux eût valu, certes, au lieu de ce bizarre compromis entre des conceptions essentiellement différentes, s'en tenir fidèlement au pluralisme décidé que professait Empédocle et ne pas chercher, dans les accouplements arbitraires des qualités élémentaires, une preuve *a priori* qu'il doit y avoir quatre éléments et qu'il ne peut y en avoir davantage. Si grossière que fût la première approximation d'Empédocle, il y avait dans ses idées un point de départ pour l'étude des combinaisons chimiques ; les éléments d'Aristote, avec leurs qualités prétendument immuables en soi ne sont plus un sujet d'expérience, mais de véritables fictions dont le fantôme hantera pour des siècles le cerveau des pionniers de la science.

» Quand enfin celle-ci aura pu s'en débarrasser, après quelques tâtonnements incertains, l'antique doctrine de Leucippe apparaîtra comme le seul port de salut ; le trait de génie d'Anaxagore restera oublié, et ses idées seront condamnées à attendre dans l'oubli qu'on tente de les soumettre à leur tour à l'épreuve de nos théories. »

Nous ne nierons pas les titres d'Anaxagore à la reconnaissance du savant. C'est lui qui le premier a expliqué correctement les éclipses et les phases de la lune. Cependant, si admirable qu'ait été son effort,

CHARLES WERNER, *La finalité d'après Aristote*. Dans « Etudes sur la finalité », Revue de théologie et de philosophie, n° 78, Lausanne, 1931.

Les renvois au texte d'Aristote indiquent la page, la colonne, les lignes de l'édition Bekker, Académie de Berlin, 1831-1870. Ces indications sont données dans le texte de la collection Budé ou dans la traduction citée de Tricot.

(1) Paul TANNERY, *Pour l'Histoire de la Science hellène*. Alcan, 1887, p. 294.

il faut reconnaître que c'est celui d'un hardi constructeur d'hypothèses scientifiques plutôt que d'un véritable astronome sachant observer et contrôler ses hypothèses.

On pourrait aussi se demander si la preuve *a posteriori* dont parle Tannery et qui démontrerait l'infécondité de la *Physique* d'Aristote ne concernerait pas plutôt l'ensemble du génie grec à l'époque classique. Sans doute, on a souvent remarqué que les Grecs se sont montrés ingénieux dans la construction d'appareils de physique ⁽¹⁾. D'autre part, les Grecs se sont beaucoup préoccupés de l'Univers et de sa constitution physique. Cependant, les recherches qu'ils ont faites sur ce point ne sont nulle part mises en corrélation avec la technique qu'ils avaient inventée et toutes les œuvres intitulées *περὶ φύσεως*, si nombreuses au VI^e et au V^e siècle avant Jésus-Christ, sont consacrées, d'après une remarque de John Burnet ⁽²⁾, à la recherche de la *substance primordiale*, bien plus qu'à des considérations relevant d'une véritable science physique.

On sait d'ailleurs le résultat décevant de ces recherches. Elles ont fait conclure à un scepticisme général de telle sorte que, pour échapper à cette conclusion, Socrate a dû ramener l'intérêt sur l'étude de l'homme et de son savoir efficace et, pour fonder une science réelle, détourner l'attention des philosophes des problèmes de la nature.

Dans un passage de la *Vie de Marcellus*, concernant les inventions mécaniques d'Archimède, Plutarque déclare que la mécanique eut pour initiateur Eudoxe et Archytas cherchant la solution de problèmes dont ils ne possédaient pas la démonstration géométrique. Il ajoute : « Mais quand Platon leur eut reproché avec indignation de corrompre la géométrie, de lui faire perdre sa dignité en la forçant, comme une esclave, à descendre des choses immatérielles et purement intelligibles aux objets corporels et sensibles, d'employer une vile matière qui exige le travail des mains et sert à des métiers serviles, la mécanique, dégradée, fut séparée de la géométrie ; et, longtemps méprisée par la philosophie, elle devint un des arts militaires » ⁽³⁾.

Dans la dernière phase de son enseignement, Platon possède une compréhension plus profonde des problèmes de la nature. Il se rend

(1) Arnold REYMOND, *op. cit.*, p. 174-178. Les anciens ne connaissaient cependant pas notre gouvernail. Celui de la construction duquel parle Aristote (194 b) n'était, paraît-il, pas semblable au nôtre. — (2) John BURNET, *L'aurore de la philosophie grecque*. Trad. Aug. Reymond. Paris, Payot, 1919, p. 13 à 15. — (3) PLUTARQUE, *Vie de Marcellus*. Ch. XIV. Cette citation m'a été indiquée par M. G. Méautis, de l'Université de Neuchâtel.

compte que, pour le progrès même de la philosophie, il ne faut pas négliger l'étude des techniques les plus terre à terre, utiles à la vie. Ce mouvement n'est cependant qu'esquissé dans ses dialogues du *Sophiste*, du *Politique*, du *Philèbe*, du *Timée* ou du *Critias*. Et l'on trouve encore des jugements sévères, comme celui qu'il formule dans le *Politique*, sur « ces amateurs de spectacles », physiciens, astronomes et naturalistes qui pensent trouver la vérité dans la contemplation du monde ⁽¹⁾.

Comme on le sait, Aristote a passé dix-neuf ans à l'école de Platon. Il a assisté à toute l'évolution de la pensée subtile et mouvante du Maître. Il n'a pas pu ignorer la critique que Platon faisait lui-même de la théorie des idées et il a vu s'élaborer la théorie des Idées-Nombres. Jamais Aristote ne s'est dégagé complètement de cette influence profonde et féconde et sa réflexion s'est constamment portée sur les problèmes qui préoccupaient Platon.

Aristote n'aurait pas été le disciple de Platon s'il n'avait été géomètre. Comme tel, il s'est surtout préoccupé du problème du continu et de l'infini. Il distingue deux suites possibles de nombres qu'il désigne par les termes : *κατὰ πρόσθεσιν* (par addition et composition) et *κατὰ διαίρεσιν* (par division). La première est semblable à la suite des nombres entiers, la seconde aux termes d'une progression géométrique décroissante, tels que : $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4} : \text{etc.}$ et dont la somme est 2. Il y a dès lors deux sens du mot infini. Il y a un infini *κατὰ πρόσθεσιν* qui n'est jamais achevé. C'est un infini en puissance. Mais le mot *en puissance* n'a pas ici son sens habituel. Il signifie que l'infini est toujours en génération, limité certes, mais différent et cela sans cesse. Il y a, d'autre part, un infini par division qu'Aristote caractérise par les propositions qui suivent, empruntées à la traduction de Cartéron : « Dans la mesure où le corps apparaît divisé à l'infini, dans cette mesure les additions successives apparaissent *converger vers le corps fini*. En effet, si, une partie prise dans une certaine proportion sur une grandeur limitée, on en prend une autre dans la même proportion, n'enlevant pas ainsi au tout la même grandeur, *on n'arrivera pas* au bout du corps limité ; mais si l'on augmente la proportion, au point d'enlever successivement une quantité toujours la même, on y arrivera, parce que tout corps limité est épuisé par une soustraction finie quelconque » (206 b, 5-12). On remarque que cette dernière proposition n'est autre que l'axiome d'Archimède et le

(1) René SCHÆRER, *Etude sur les notions de connaissance et d'art d'Homère à Platon*. Mâcon, 1930, p. 164.

commentateur d'Aristote W. D. Ross peut affirmer qu'Aristote avait certainement compris l'existence de séries infinies convergeant vers une somme finie ⁽¹⁾.

Pour ce qui concerne l'analyse du continu, Aristote affirme qu'il ne faut pas considérer la ligne comme formée de points. En effet, il considère toujours le point comme la limite ou la borne d'une longueur et, pour lui, le point n'a pas de dimension. Il ne peut pas y avoir de points consécutifs et seul un élément continu de longueur peut constituer l'intervalle entre deux points. Un point sur une ligne possède deux significations, ou bien il n'existe qu'en puissance et alors il ne rompt pas la continuité de la ligne, ou bien il existe en acte et alors il faut le compter comme deux points, car il est à la fois la limite de la portion de droite qui le précède et l'origine de la portion de droite qui le suit. La droite dans son ensemble n'est plus continue. Il y a, entre la longueur et le point, la même relation qu'entre le tout et sa partie. Le tout a des propriétés qui ne se retrouvent pas dans ses parties : ainsi un cercle possède un rayon, mais un point de la circonférence du cercle, pris en lui-même, ne peut révéler l'existence de ce rayon. Le cercle existe donc avant ces parties, qui n'existent qu'en puissance dans le cercle.

Par cette analyse Aristote s'oppose à la doctrine des pythagoriciens qui représentait les nombres par des points ; or les nombres sont consécutifs, les points ne le sont pas. Il donne ainsi d'autres prémisses à la géométrie et à l'arithmétique. Il constate la supériorité logique de l'arithmétique sur la géométrie ⁽²⁾.

Dans son *Organon*, où Aristote définit les conditions logiques de la démonstration scientifique, c'est constamment aux mathématiques qu'il emprunte ses exemples et ce sont les *proportions* qui lui servent de modèle pour construire son syllogisme ⁽³⁾. Mais il faut ajouter que si Aristote avait poussé plus loin l'analyse des raisonnements du mathématicien, il aurait certainement élargi sa logique en découvrant d'autres types de syllogisme.

Ainsi, les relations : au delà de, entre, etc., qui sont si fréquentes en mathématiques ne sont pas introduites dans la théorie du syllogisme. Aristote s'en servait couramment dans ses démonstrations. En voici un exemple : En partant de la définition, le plus rapide parcourt plus de chemin dans le même temps, Aristote démontre cette

(1) W. D. Ross, *Aristote*, p. 121. — (2) *Ibid.*, p. 72. — (3) *Ibid.*, p. 51-52.

proposition : le plus rapide parcourt un espace plus long en un temps plus court ; et voici sa démonstration :

Soit ZH le temps que A , le mobile le plus rapide, met à aller de Γ en Δ . Dans ce temps, le mobile B va seulement de Γ en E . Soit un point Θ compris entre E et Δ et soit ZK le temps que met A pour aller de Γ en Θ . Le temps ZK sera plus petit que le temps ZH . Donc A parcourt, en un temps plus petit, $ZK < ZH$, un espace plus long, $\Gamma\Theta > \Gamma E$, que celui que parcourt B (232 a, 31-232 b, 5). Ce théorème sert à démontrer que le temps est divisible et continu comme l'espace. C'est la base de la théorie aristotélicienne du mouvement.

Comme l'a fait remarquer le professeur Stenzel dans son importante communication au Congrès universel des mathématiciens à Zurich en 1932⁽¹⁾, on peut tirer un parti important des ouvrages d'Aristote pour la connaissance des mathématiques avant l'œuvre synthétique d'Euclide. Cependant, il faut bien reconnaître qu'Aristote était plus logicien que géomètre.

Descendant d'une famille de médecins, exceptionnellement doué de facultés d'observation, comme le prouvent en particulier les faits relatés dans son traité *De la génération des animaux*, Aristote ne pouvait cependant pas être pleinement satisfait par les leçons de l'Académie. Il trouvait les solutions de Platon par trop théoriques en ce qui concerne la physique. En comparant l'atomisme géométrique du Maître à l'atomisme de Démocrite, il écrit dans son traité *De la génération et de la corruption* : « Ceux qui vivent dans une intimité plus grande des phénomènes de la nature, sont aussi plus capables de poser des principes fondamentaux, tels qu'ils permettent un vaste enchaînement. Par contre, ceux que l'abus des raisonnements dialectiques a détourné de l'observation des faits, ne disposant que d'un petit nombre de constatations, se prononcent trop facilement » (316 a, 6-10).

D'ailleurs, Aristote définit toute son attitude par le programme qu'il se trace dans cette simple proposition du début de sa *Physique* : *Il faut avancer des choses générales aux particulières* (184 a, 23-24)⁽²⁾. Le savant directeur de la traduction complète des œuvres d'Aristote entreprise par l'Université d'Oxford, W. D. Ross, définit cette

(1) J. STENZEL, *Anschauung und Denken in der klassischen Theorie der griechischen Mathematik*, p. 324 à 335. — (2) Il ne s'agit pas ici de la déduction, mais d'un ordre de recherche.

attitude par « la conviction que la forme et la signification du monde ne peut être trouvée qu'incluse en sa matière et non en dehors d'elle »⁽¹⁾.

Ainsi, loin qu'il faille accuser uniquement Aristote du caractère conceptuel et artificiellement symétrique de la science qui l'a suivi, il nous paraît qu'Aristote a tenté de renouer avec la tradition des anciens physiciens, de reprendre, sur une nouvelle base, l'œuvre si souvent recommencée et en dernier lieu par Démocrite, et de constituer une discipline présentant des définitions, comportant des démonstrations et fondée sur l'observation attentive de la nature.

Si justes qu'on estime les reproches de Tannery, et bien que la *Physique* d'Aristote soit encore loin d'être un essai de science expérimentale, ce que je viens de rappeler en rend l'intérêt évident.

Je voudrais montrer en effet que cet intérêt n'a pas une portée historique seulement. L'effort accompli par Aristote marque une étape peut-être nécessaire du développement de la pensée scientifique. Entre la formation d'hypothèses générales concernant l'Univers d'une part, et la science expérimentale d'autre part, il y a place pour une *logique-physique*, c'est-à-dire pour une discipline qui, prenant pour base la logique générale et les notions du sens commun, cherche à expliquer les faits observés et à en former un tout.

Considérée sous cet angle, l'étude de la *Physique* d'Aristote permettrait de préciser la signification et le rôle de la logique aristotélicienne, et elle ferait mesurer la véritable nouveauté de la science expérimentale. Il vaudrait donc la peine, lorsqu'on s'occupe de la science actuelle, d'arrêter aussi sa méditation sur la *Physique* d'Aristote. Je ne suis certes pas le premier à le reconnaître. L'auteur de *L'expérience humaine et la causalité physique* l'a reconnu depuis longtemps et cela nous a valu l'une de ses analyses les plus pénétrantes⁽²⁾.

Il est peut-être nécessaire d'avertir le lecteur qu'il ne faut pas s'attendre à trouver dans la *Physique* d'Aristote un traité de physique semblable, même de très loin, à un quelconque de ceux que nous avons entre les mains. On n'y trouve en particulier la relation d'aucune expérience au sens précis que nous donnons à ce terme. Bien que l'expérience ait servi de fondement à la *Physique*, et qu'il y ait dans les *Problèmes mécaniques* (*Mechanica*) des allusions à des expériences précises, jamais Aristote ne discute une expérience au cours

(1) *Op. cit.* p. 33. — (2) LÉON BRUNSCHVIG. Paris, Alcan, 1922 : Liv. 6, le système des quatre causes ; liv. 7, chap. 16, le problème de la causalité aristotélicienne, p. 137-159.

de son ouvrage ; il en tire seulement des conséquences générales. L'expérience et l'observation sont comme sous-jacentes à l'exposé. Jamais non plus Aristote ne propose une vérification des constatations sur lesquelles il a établi ses principes et les preuves qu'il donne se rapportent toujours à des faits qu'il considère comme indiscutables. Sa *Physique* prend donc bien plutôt l'aspect d'un ouvrage de philosophie et de logique que celui d'un traité de physique expérimentale.

PREMIÈRE PARTIE : LES PRINCIPES

§ 1. LA MÉTHODE DANS LA PHYSIQUE D'ARISTOTE. — Dès les premières pages de la *Physique* le lecteur est frappé par le caractère méthodique de l'exposé d'Aristote. Un sujet n'est jamais abordé sans que les opinions émises par les auteurs précédents, et dont les noms sont souvent cités, soient analysées. Cette méthode nous a valu des renseignements historiques parfois de premier ordre. Aristote note de même les expressions courantes qui se rapportent aux faits qu'il veut étudier. Il distingue par exemple soigneusement les homonymes des synonymes et fonde des raisonnements sur cette distinction. S'il se trouve en désaccord avec les usages de la langue, il ne manque pas d'expliquer l'origine de ceux-ci.

Il établit des comparaisons en se servant de faits sûrement connus de ses lecteurs et empruntés au domaine des métiers et des techniques en général. La comparaison de la nature et de l'art est même une méthode d'une portée plus générale et sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir.

On sait l'importance de la *définition* dans la réforme socratique et dans la dialectique platonicienne. Elle n'est pas moins grande pour Aristote. Ceci exige cependant quelques précisions qui vont nous faire pénétrer plus profondément dans la méthode d'Aristote.

En exposant les conditions de la science dans les *Analytiques dernières*, il distingue un premier stade de la connaissance en disant qu'elle est *première pour nous* (πρότερον πρὸς ἡμᾶς). A cette première connaissance du sujet correspond une définition globale qui n'a pas d'autre signification que de désigner clairement l'objet de la recherche.

Mais il faut s'élever de là à un second stade de connaissance qui nous permettra de considérer des choses moins familières mais pré-

sentant un plus haut degré d'intelligibilité. Ce sont les choses *premières par nature* (πρότερον φύσει). Par cette ascension on découvrira les prémisses (αἱ ὑποθέσεις) propres à la science qu'on étudie. Ainsi, ce qui est premier dans l'être est dernier dans la connaissance.

Le premier stade répond à la question de fait, il correspond à la perception, puis à la dialectique qui essaie de découvrir les causes par des raisonnements établissant des probabilités. Le second stade répond au pourquoi et il constitue le domaine du démontrable.

Il faut éviter l'erreur de croire que tout est démontrable, ainsi que celle de croire que tout ce qui n'est pas démontrable est incertain. La science est établie sur des prémisses indémontrables, mais qui n'en sont pas moins vraies universellement.

Ces prémisses sont le résultat de l'induction, partant de la perception. Après un certain nombre d'expériences d'un fait, une explication universelle apparaît à la raison intuitive. Cela est vrai parce que, en percevant une chose particulière, nous notons en elle les caractères qu'elle a en commun avec d'autres et qu'ainsi, dans les choses, nous saisissons les essences. L'induction n'a donc une signification et une portée qu'en vertu de l'existence des espèces. C'est pourquoi Aristote, loin de baser l'induction sur une énumération complète comme le souhaite sa logique, conclut parfois sur un exemple significatif.

Les prémisses découvertes, on pourra procéder par syllogismes et ceux-ci tiendront leur valeur scientifique du fait que les prémisses seront : 1° vraies, 2° premières, c'est-à-dire immédiates et indémontrables, 3° plus intelligibles que la conclusion du syllogisme, et 4° causes de la conclusion. Le syllogisme permettra d'énoncer une nouvelle définition dite réelle ou causale.

Par exemple, une étude de la lumière permet d'affirmer ce principe que la lumière venant d'une source peut être interceptée par certains corps. D'autre part, la lune a un mouvement tel que la terre peut se trouver entre elle et le soleil. De ces deux prémisses, bien établies par induction, on pourra, après un syllogisme facile à construire, donner une définition causale de l'éclipse de lune : l'éclipse est la perte de lumière subie par la lune à la suite de l'interposition de la terre entre elle et le soleil ⁽¹⁾.

Une définition causale comme celle que nous venons d'indiquer

(1) Une des preuves de la rotondité de la terre, indiquée par Aristote, est la forme circulaire de l'ombre portée sur la lune par la terre lors d'une éclipse. DUHEM, *op. cit.*, p. 211.

satisfait Aristote et il la considère comme le but de la science. Il y a là une sorte de positivisme du fait et ce n'est pas le seul point de ressemblance qu'on puisse signaler entre la doctrine d'Aristote et les conceptions des savants du milieu du XIX^e siècle⁽¹⁾.

Le but ainsi fixé en suivant l'inspiration de la tradition socratique, il s'agit de l'atteindre dans le problème du devenir qui a tant préoccupé les philosophes grecs. C'est tout le programme de la *Physique*.

§ 2. LES PRINCIPES. — C'est en effet en cherchant à résoudre le problème du devenir qu'Aristote découvre les principes qui sont à la base de sa physique.

Nous n'avons pas à insister sur les difficultés logiques rencontrées par les Anciens dans l'existence du devenir : l'être n'existe que s'il est *un*. La multiplicité, que l'opinion érige en réalité, ne peut venir que du non-être. Mais rien ne peut venir du non-être. Il en résulte qu'il faut ou nier le changement et le considérer comme une illusion, ou admettre l'existence d'un irrationnel, c'est-à-dire renoncer à constituer une science du réel ; nous ne pourrions nous représenter le réel qu'à travers des mythes.

Ignorer le mouvement c'est ignorer la nature (200 b, 13 à 14) déclare Aristote, car la nature est un principe et une cause de mouvement et de repos pour ce en quoi elle réside (192 b, 21-23).

Cependant l'insuccès des philosophes qui l'ont précédé dans la solution du problème du devenir tient à un défaut d'analyse des jugements que nous portons sur le mouvement. Les notions d'être et d'unité ont des acceptions multiples de sorte que l'être, ni l'unité ne sont des catégories comme la substance, la qualité, la relation, etc. Ils sont au-dessus des catégories et s'appliquent, avec des sens particuliers, à l'intérieur de chacune d'elles. Pour Aristote, comme pour Platon, *être* signifie toujours *être quelque chose*.

Il ne naît rien de l'être en tant qu'être, ni du non-être en tant que non-être et pris absolument (ἀπλῶς).

Toute génération vient d'un sujet réel — d'une substance — qui est privé d'une détermination et qui est un non-être relativement à celle-ci.

Par exemple un médecin construit une maison. Ce n'est pas le médecin comme tel (ἥ) qui construit, mais s'il construit c'est qu'étant homme il possède l'art de construire et, à cet égard, un médecin comme tel est un non-être.

(1) Voir L. BRUNSCHVIG, *L'expérience humaine et la causalité physique*, p. 141.

Pour se faire comprendre, Aristote n'emploie pas seulement la distinction du *absolument* et du *comme tel*, ou relativement. Il dira aussi que le constructeur est un médecin *par accident*, tandis que le médecin possède ou perd, *par soi*, l'art de guérir. C'est donc d'un non-être par accident que l'être viendra.

Aristote pourra encore utiliser la distinction de la puissance et de l'acte en disant que le médecin a, comme tout homme, en puissance, l'art de construire et qu'en construisant il passe de la *puissance* (δύναμις) à l'*acte* (ἐνέργεια).

Enfin Aristote remarque que tout changement implique la permanence d'un sujet qui n'est pas toujours explicitement indiqué. Ainsi le non-lettré devient le lettré, mais en réalité il faudrait dire : l'homme non-lettré devient lettré. Dans cette proposition, Aristote distingue une *matière*, le genre homme, et une *forme*, une espèce, le lettré. La génération s'est produite parce que la matière, privée d'une forme, s'est revêtue de cette forme.

Il faut remarquer que le mot matière est pris dans un sens beaucoup plus général que celui que lui attribuent les savants modernes. Ainsi, Aristote définit la matière comme le premier sujet pour chaque chose, l'élément immanent et non-accidentel de sa génération (192 a, 31-32). Il faudrait définir la matière comme un *potentiel* de changement ou de multiplicité. La matière existe dès qu'il y a une virtualité de changement et elle est définie par la nature du changement possible. Par exemple, les astres incorruptibles ne sont soumis qu'au changement local, ils sont donc d'une matière spéciale (ὕλη τοπική) matière locale⁽¹⁾. Le premier moteur qui est immobile sera par conséquent acte pur, sans virtualité de changement, sans matière. De même il y a une matière intelligible (ὕλη νοητή) qui rend possible la multiplicité des objets mathématiques, d'ailleurs immobiles (194 a, 5).

Grâce à cette analyse où interviennent les distinctions suivantes : 1^o absolument et comme tel, 2^o par soi et par accident, 3^o puissance et acte, 4^o matière et forme, Aristote parvient à échapper aux difficultés logiques que les philosophes avaient découvertes dans la notion de mouvement en général. Il parvient du même coup à formuler les trois principes de sa *Physique*, qui sont les *contraires* qu'il particularise sous les noms de *privation* (στέρησις) et de *forme* (εἶδος) et la *matière* (ὕλη) potentiel de changement et de multiplicité.

(1) O. HAMELIN, Aristote, *Physique II*, p. 111.

Aristote considère alors tout changement comme un *passage* de la puissance à l'acte. C'est, traduit Ross, l'actualisation de la puissance comme telle⁽¹⁾, et voici la définition d'Aristote : le changement est l'entéléchie de ce qui est en puissance comme tel (l'entéléchie est l'action accomplie) (201 a, 10-11). Aristote veut distinguer ici le mouvement, passage de la puissance à l'acte, de son terme, l'acte auquel la puissance tend. Ainsi le constructible a, en tant que tel, son entéléchie dans la construction, au sens actif, et non dans la maison construite (201 b, 9-10).

Pour Aristote le changement est donc inséparable de la notion de potentiel, et comme ce potentiel est conditionné par l'essence même du sujet changeant il doit concerner les qualifications possibles de ce sujet. Or ces qualifications sont ce qu'Aristote appelle les catégories. Celles-ci ne sont pas toutes susceptibles de changement ; seules le sont celles de substance, qualité, quantité, lieu. Cette remarque permet la classification suivante du changement : le changement en général est désigné par le terme μεταβολή. Il comprend deux groupes, le changement selon la substance, *génération* ou *corruption* (γένεσις et φθορά) et le changement suivant les autres catégories (κίνησις). Celui-ci, à son tour, se différencie suivant les trois catégories qui le concernent : selon la quantité, *augmentation* et *diminution* (αὔξησις et φθίσις) ; selon la qualité, *altération* (ἀλλοίωσις) ; selon le lieu, *transport* ou changement local (φορά) (200 b, 32 ; 201 a, 10-14 ; 226 a, 23-35).

Enfin il faut ajouter que le repos (ἡρεμία) est la privation du changement dans le sujet capable de changer ; il ne concerne pas les choses immobiles par essence, comme les objets des mathématiques (226 b, 10-15).

Au physicien moderne ces distinctions et ces principes sembleront n'avoir qu'un rapport lointain avec l'expérience. Ils appartiennent, en effet, au domaine du sens commun, mais il n'est pas inutile peut-être de rappeler que toute observation ressortit à ce domaine et, si nous n'employons plus le même langage, les concepts sont restés voisins. En effet, les objets de la vie pratique sont restés sensiblement les mêmes et c'est sur eux et sur le langage qui les concerne qu'a été constituée la logique aristotélicienne. Tous les exemples présentés par Aristote pour établir les distinctions indiquées se rapportent à

(1) Ross, *Aristote*, p. 117.

la vie pratique et il suffit de raisonner sur le concept de siège, de table, de santé, de maladie, et des arts qui s'occupent de ces objets pour en saisir exactement le sens. Or, quelle que soit la science que nous considérons, le savant y circonscrit toujours, en apparence arbitrairement, un ensemble de faits pour l'observer. Cela ne se peut que grâce à un procédé d'abstraction, d'objectivation, comme disent les philosophes, qui comporte précisément la détermination de possibles et d'espèces qu'Aristote désigne sous les noms de matière, forme, puissance, acte, par soi, par accident. Ainsi quand, par exemple, un physicien étudie le passage d'un gaz à travers un métal, il note la date et l'heure, il mesure la température du four où se produit le phénomène qu'il veut observer, les index que le gaz diffusé forme dans le tube capillaire de sa pompe, la hauteur barométrique à cet instant avec la température de la salle, enfin il détermine également la pression à l'intérieur de l'ampoule contenant le gaz. Il vérifie en outre, au moyen d'un spectroscope, la pureté du gaz et il s'assure avec une précision aussi grande que possible de la pureté du métal traversé. Ces procédés de vérification définissent l'*espèce* des corps qu'il étudie, leur *forme*, dirait Aristote. D'ailleurs il ne tient compte ni des phénomènes astronomiques (bien que la date des observations permette de les connaître) ni des événements politiques, etc. ; et les savants qui liront la relation de ces expériences n'apprendront rien sur les multiples perceptions qu'il peut avoir eues en faisant ses observations. L'observateur a donc audacieusement limité les faits qui intéressent le phénomène étudié et c'est dans cette limitation qu'apparaît l'habileté de l'observateur. Le reste est jugé accidentel et nous employons encore le mot *essentiel* pour désigner ce que nous devons observer. Nous postulons une unité dans le phénomène observé et, à cette unité, sont liés des possibles déterminés.

§ 3. LA NATURE ET LES QUATRE CAUSES⁽¹⁾. — Voyons comment Aristote, au moyen de ces éléments tout formels et logiques, parvient à constituer une théorie de la nature. Cela nous permettra de préciser les principes énoncés et d'en montrer l'usage.

Parmi les *choses naturelles* (φύσει) Aristote range les animaux et leurs parties, les plantes, puis les quatre éléments, la terre, le feu, l'air et l'eau. Pour chercher l'essence commune de ces choses, Aris-

(1) Je me suis constamment inspiré du Commentaire du livre II de la *Physique*, qui suit la traduction de O. HAMELIN.

tote les oppose aux choses artificielles (τὰ τεχνικά). Il remarque immédiatement que les premières ont toutes en elles un principe de changement ou de fixité, quant au lieu, quant à l'accroissement ou quant à l'altération. Les choses artificielles au contraire ne possèdent pas ce principe en tant que telles, mais seulement par accident, par exemple suivant qu'elles sont faites de pierre, de bois, d'airain, etc.

Les anciens philosophes faisaient consister la nature des choses dans leur matière, parce qu'ils désignaient sous le terme nature ce qui persiste à travers les modifications. Brisez une statue, l'airain s'en conserve ; fondez l'airain, l'eau subsiste ; brûlez le bois, ce qui demeure est de la cendre, c'est-à-dire de la terre : l'airain, l'eau, la terre sont les *matières prochaines* de la statue, de l'airain et du bois. Les anciens en arrivaient ainsi à découvrir la nature des choses dans le feu, dans l'air ou dans l'eau qui étaient comme des sujets éternels de toutes choses.

A cette idée que la nature est la matière des choses, Aristote reconnaît une part de vérité ; mais comme il voit dans la nature un principe de mouvement et qu'à la notion de mouvement sont liés les concepts de matière et de forme, Aristote va s'attacher à démontrer que la nature est, en un autre sens : le type, la forme, le concept.

Tout d'abord nous ne parlons d'une chose conforme à l'art que si la chose existe déjà en acte et non seulement en puissance, nous ne devons donc dire d'une chose qu'elle est conforme à la nature que si elle est en acte de la chair ou de l'os, c'est-à-dire si elle a une certaine figure, couleur et grandeur, et qu'elle réponde à sa définition. En d'autres termes la nature est forme.

En second lieu, la réunion d'une matière et d'une forme constitue une substance, qui n'est pas une nature mais *existe par nature*. Or cette chose n'existe vraiment que si elle est en acte, c'est-à-dire si elle possède sa forme achevée ; ainsi la nature réside surtout dans la forme.

En troisième lieu, ce qui constitue la nature d'une chose c'est ce qui persiste. Or, un homme naît d'un homme, un lit au contraire ne saurait naître d'un lit. Dans la génération, c'est donc la forme qui demeure et caractérise la nature.

Du reste, si l'on considère le devenir en général, il va parfois vers la corruption ; on donne encore le nom de nature à ce qui résulte de ce changement. Mais la privation, nous dit Aristote, est encore une forme à sa manière : elle est, en effet, une *détermination* ; de plus, la

génération d'une substance correspond toujours à la corruption d'une autre, et réciproquement.

Si le physicien cependant doit s'occuper des formes, comment le distinguer du mathématicien ? Disons, pour résumer la réponse d'Aristote à cette question, que le mathématicien s'occupe des figures et des mouvements en tant que tels, tandis que le physicien appuie ses explications *sur la nature des substances et sur le principe du meilleur*. Cette formule un peu brève est tirée des commentateurs grecs d'Aristote et elle nous semble résumer admirablement ce que nous avons à exposer.

Bien que le physicien étudie les formes, il ne peut les séparer d'une matière, car le monde est constitué par des substances où matière et forme sont indissolublement liées. Le mathématicien ne commet aucune erreur en considérant les nombres et les figures séparés des sujets sensibles qui leur correspondent et les définitions mathématiques sont indépendantes de ces sujets. Pour expliquer sa pensée, Aristote se sert d'une comparaison célèbre : si le mathématicien considère une courbe, le physicien considérera *le camus*, à savoir une courbe qui ne peut pas être séparée, même dans la pensée, de l'idée de nez.

Il existe des sciences qu'on fait souvent rentrer dans les mathématiques comme l'astronomie, l'optique, l'acoustique. Bien que revêtant une forme mathématique, ce sont en réalité des sciences physiques, car elles considèrent les figures et les rapports qu'elles déterminent en relation avec leur sujet. Les objets de cette sorte, dit Aristote, ne sont ni sans matière, ni pourtant considérés sous leur aspect matériel (194 a, 14).

En somme, Aristote adopte la théorie platonicienne de la matière, définie comme une condition d'individuation et d'existence des sensibles, et cependant il reproche aux platoniciens de ne pas reconnaître pleinement le fait fondamental de l'impossibilité de séparer forme et matière dans les sensibles. La matière est un pur relatif (194 b, 8). Il y a entre forme et matière la même relation qu'entre fin et moyen. Or, comme nous le verrons, la nature comporte des fins et des moyens. Dans les arts on distingue deux espèces de techniques, ainsi le pilote prescrit quelle doit être la forme du gouvernail et c'est, en second lieu, au fabricant de prescrire de quel bois et par quels mouvements le gouvernail sera fabriqué. Bien que dans les choses artificielles nous façonnions la matière prochaine et qu'au contraire celle-ci préexiste

dans les choses naturelles, la nature présentera également la dualité que nous venons de constater dans l'art.

Dès lors, si l'on demande jusqu'où le physicien doit connaître la forme et jusqu'où il doit connaître la matière, il faudra répondre : dans la mesure où le médecin et le fondeur connaissent ces formes qui sont le tendon et l'airain, c'est-à-dire dans la mesure où les formes naturelles sont des moyens ; car les formes naturelles peuvent toutes être considérées comme des moyens. Il en résulte que les formes de la nature se rapportent à des êtres dont l'essence n'est séparable que spécifiquement et résident dans la matière. C'est l'œuvre de la philosophie première, non de la physique, de déterminer l'essence de l'être séparé (194 b, 10-15).

Dans ce qui précède, nous avons distingué la forme et la matière, c'est-à-dire deux des quatre causes que considère Aristote. En distinguant fin et moyen, nous venons de faire allusion à la troisième de ces causes, la cause finale ; la quatrième est la cause efficiente. Cette dernière mérite de nous arrêter quelque peu.

La cause efficiente est ce dont vient le premier commencement du changement ou du repos ; elle désigne l'agent (194 b, 29-31), ou le moteur (198 a, 33). Cette cause peut être prise dans divers sens comme le montrent les exemples choisis par Aristote. Elle peut désigner l'auteur d'une décision ; celui-ci fait commencer l'action sans mettre la main à l'œuvre. Mais elle peut désigner le médecin qui met la main à l'œuvre et même elle désigne parfois la semence, de telle sorte qu'elle tient alors le milieu entre la cause formelle et la cause matérielle. Cette semence possède en effet une forme spécifique et cependant c'est par sa propre transformation qu'elle donne lieu à la chose qu'elle doit produire (195 a, 21-22). D'une façon générale, la cause efficiente se distingue de la cause formelle en ce que la première est extérieure, la seconde immanente à la chose produite. La cause efficiente réside dans une substance et ne se réduit pas à un simple instrument, celui-ci étant un intermédiaire.

Aristote déclare que dans la recherche des causes le physicien ne doit pas s'arrêter avant d'avoir déterminé *la plus haute* (195 b, 22). Les commentateurs ont discuté s'il s'agissait de la cause initiale ou de la cause prochaine. Il s'agit probablement de l'une et de l'autre suivant les cas (324 a, 26-29). Cependant si l'on se rapporte au passage des *Analytiques derniers* que nous avons cité sur le syllogisme (p. 293), on voit que la cause la plus haute devrait être première et

immédiate, c'est-à-dire qu'elle doit être *propre* au sujet traité. La cause efficiente sera donc rarement ce que nous désignerions sous le nom de cause mécanique, et le plus souvent elle concernera au contraire un agent doué, et même au delà, de toutes les perfections qu'on trouvera dans l'effet ⁽¹⁾.

Dans le domaine des choses corruptibles, c'est-à-dire où les choses sont des moteurs-mus — et ce domaine constitue le domaine propre du physicien — la forme ne peut se distinguer de la cause finale. C'est en effet la forme qui définit le mouvement et en enchaîne les phases. Il ne faudrait pas confondre la fin avec le terme du mouvement, par exemple la fin de l'homme c'est de réaliser aussi pleinement que possible la forme parfaite de l'homme, et ce n'est que par dérision qu'on peut parler de la mort comme de la fin de la vie, elle n'en est que le terme.

D'autre part et dans le même domaine, la source prochaine du mouvement, la cause efficiente, est spécifiquement sinon numériquement, identique à la chose produite, puisque c'est l'homme qui engendre l'homme.

De ces remarques, il résulte que la cause finale, la cause formelle et la cause efficiente se confondent spécifiquement dans la nature. Seule la cause matérielle se distingue du groupe des premières. Le physicien serait donc tenté de se borner à indiquer la matière, la forme et le moteur prochain, et c'est souvent ce qu'il fait lorsqu'il se borne à indiquer quelle chose vient après telle autre, quel est l'agent et quel est le patient et ainsi de suite indéfiniment (198 a, 33-35). Cependant, il ne faut pas oublier que le principe du mouvement est double dans la nature, car les choses naturelles subissent l'action les unes des autres, et, en outre, elles subissent l'action des formes en tant que fins. De sorte que le physicien ne doit jamais négliger de dire « pourquoi cela est mieux ainsi, non pas absolument, mais relativement à la substance de chaque chose » (198 b, 5-9). Ainsi s'explique la formule des commentateurs d'Aristote, indiquée à la page 299.

Aristote se rend parfaitement compte qu'on peut faire des objections à son finalisme : si Zeus fait pleuvoir ce n'est pas pour augmenter les récoltes, mais par nécessité, car l'exhalaison s'étant élevée doit se refroidir et, s'étant refroidie, et étant devenue eau par géné-

(1) O. HAMELIN, *op. cit.*, p. 104.

ration, descend. Quant à l'accroissement de la récolte, c'est un accident. On pourrait étendre ce raisonnement à la formation des parties des êtres vivants, par exemple ce serait par nécessité matérielle que les dents poussent les unes tranchantes et propres à déchirer, les autres larges et aptes à broyer. Bien entendu, ce sont les êtres où tout s'est produit comme s'il y avait détermination téléologique qui ont été conservés, s'étant trouvés convenablement constitués ; les autres ont péri et périssent comme, pour Empédocle, les bovins à face d'homme (198 b, 16-32).

A cette objection Aristote répond en invoquant d'autres faits : tout d'abord la constance observée dans la nature ; en second lieu l'unité et la continuité des changements qui s'y produisent ; enfin l'analogie profonde qui existe entre l'art et la nature. L'art continue et imite la nature ; l'hirondelle construit son nid, l'araignée fait sa toile, même les plantes ont des organes distincts en vue d'une fin, telles les racines qui sont dirigées vers le bas en vue de la nourriture.

Aristote ne se contente pas de signaler ces faits, il analyse les notions de fortune et de hasard dont les philosophes qui l'ont précédé se sont constamment servi, mais qu'aucun d'eux ne s'est donné la peine de définir. Il remarque tout d'abord que la fortune et le hasard se rapportent à des faits exceptionnels et imprévisibles (196 b, 12-13) ⁽¹⁾. En second lieu, ces notions se rapportent à des faits susceptibles d'être pris pour des fins (196 b, 30). En troisième lieu, bien que les effets du hasard doivent être considérés comme des fins, ils ne sont produits que *par accident* et non par les causes qui auraient dû être en vue de ces fins.

Aristote donne l'exemple devenu célèbre du créancier qui, étant allé sur la place publique où il ne se rend que rarement, et cela dans le but d'y rencontrer un ami, trouve son débiteur et peut toucher son argent ; c'est une heureuse fortune. Et l'on voit que la fortune peut être définie une cause par accident, survenant dans les choses qui, étant en vue d'une fin, relèvent de la pensée.

D'autres exemples concernent les choses de la nature ; un cheval a quitté, pour aller boire, le lieu où il aurait trouvé la mort ; un trépied est tombé et cela précisément de manière à servir de siège. Nous parlons alors des effets du hasard. Le hasard est donc une

(1) O. HAMELIN, *op. cit.*, p. 123.

cause naturelle, mais accidentelle et il ne peut se rapporter qu'à des choses qui ont lieu en vue d'une fin.

Aristote conclut cette analyse en disant que la fortune et le hasard étant causes d'effets dont l'intelligence ou la nature pourraient être causes, quand de tels faits ont une cause par accident, il est évident que le hasard et la fortune ne peuvent être antérieurs à l'intelligence ou à la nature (198 a, 5-10). Ce ne sont pas des causes par soi.

S'il est impossible d'expliquer par le hasard les faits constants de la nature, il est très facile au contraire de comprendre comment la poursuite d'une fin peut donner lieu à des faits de hasard. C'est le cas dans les choses artificielles. Il arrive au grammairien d'écrire incorrectement, au médecin d'administrer mal à propos sa potion. Pareillement, les monstres sont les erreurs de la finalité (199 b, 4). Même dans ces monstres on peut encore observer le règne d'une finalité; car, si le hasard seul en était cause, il faudrait que la génération à partir d'une semence déterminée fût imprévisible et l'on verrait des vignes à tête d'olivier.

Si l'on objecte encore que la nature ne délibère pas, il suffit de faire observer que l'artisan non plus ne délibère pas, à moins qu'il n'ait pas encore acquis la maîtrise qu'il doit avoir (199 b, 26-28) ⁽¹⁾.

On peut se demander de quelle nécessité est susceptible une nature comportant des causes finales? Est-ce d'une nécessité absolue ou d'une nécessité hypothétique?

Aristote répond que la nécessité reconnue par le physicien est celle du syllogisme scientifique tel qu'on le rencontre en mathématiques. Raisonnons sur l'exemple suivant: La droite étant telle (c'est-à-dire étant donnée une certaine définition de la droite), on démontre que la somme des angles d'un triangle égale deux droits. On démontre encore que, si cette conclusion est fausse, la droite telle qu'elle a été définie n'existe pas. Mais en supposant donnée la conclusion, il n'est pas possible d'en inférer toutes les parties de la définition de la droite telle qu'elle a été posée.

Considérons maintenant une fin et une matière produite en vue de cette fin; par exemple une maison doit être construite, on demande quels sont les matériaux qui rendront possible la réalisation de cette fin. Dans le cas présent, l'hypothèse est la fin, la conclusion sera la matière. De la réalité de l'hypothèse on peut conclure à la nécessité

(1) Voir sur la finalité dans la *Physique* d'Aristote l'article clair et détaillé de Ch. WERNER, p. 5-16.

de la matière puisque, si la maison est bâtie, les matériaux existent aussi nécessairement. Il est évident également que si la conclusion est fausse, c'est-à-dire si la matière n'existe pas, l'hypothèse, c'est-à-dire la fin, n'est pas non plus réalisée. Mais de l'existence de la conclusion on ne peut pas non plus conclure à la réalité de la fin (hypothèse) : les matériaux assemblés en effet ne sont pas encore la maison. Le raisonnement est donc identique au précédent, à l'ordre près qui est l'inverse, puisque l'antécédent, la matière, est comparable à la conclusion du syllogisme tandis que le conséquent, la fin, est comparable à l'hypothèse.

Enfin Aristote remarque encore que la fin n'est que le principe du raisonnement, non de l'exécution et que le syllogisme est hypothétique (200 a, 15-27).

La nécessité, dans la nature, sera donc hypothétique et c'est dans la matière qu'est le nécessaire. La cause finale est dans la notion. C'est la fin qui est cause de la matière et non la matière qui est cause de la fin (200 a, 30-34).

De cette conception, il résulte que les antécédents ne déterminent pas les conséquents ; ou plutôt que les antécédents ne déterminent les conséquents qu'en vertu du fait qu'ils tiennent leurs pouvoirs d'une forme qui est celle des conséquents. La cause efficiente n'est donc pas la matière ; elle commence le mouvement en vue de la fin et détermine les antécédents en vue de cette fin.

Un des commentateurs d'Aristote, Philopon, cité par Hamelin, dit très bien : si les formes résultaient nécessairement des antécédents pris en eux-mêmes, quel besoin y aurait-il de la cause efficiente, je veux dire de la nature ? ⁽¹⁾

On le voit, la cause efficiente est liée organiquement à la cause finale. La cause finale est la forme, mais ce n'est pas, observe M. Rodier ⁽²⁾, la forme que possède l'animal qui le meut, c'est la forme parfaite et achevée qu'il devrait posséder pour réaliser pleinement son essence. La cause finale est la forme de l'espèce, et la causalité n'est réalisable, aux yeux d'Aristote, que par des cycles, comme ceux que nous constatons dans la génération des animaux.

La nature est ainsi définie, dans les choses dans lesquelles elle réside, comme un principe intérieur de mouvement continu en vue d'une fin. De chacun des principes naturels dérive un terme final,

(1) O. HAMELIN, *op. cit.*, p. 163. — (2) Cité par O. HAMELIN, *op. cit.*, p. 146.

différent pour chaque chose, et qui n'est pas au gré de la fortune. Ce terme est constant pour chacune d'elles à moins d'empêchement (192 *b*, 21-22 ; 199 *b*, 15-18).

Cependant la nature comporte une part de contingence du fait qu'elle est double, étant matière et forme. Les monstres résultent d'une impuissance de la nature comme forme à dompter la nature comme matière. Le meilleur exemple que nous puissions imaginer pour comprendre la nature est celui de l'homme qui se guérit lui-même ; la nature lui ressemble (199 *b*, 30-31).

DEUXIÈME PARTIE :

QUELQUES RÉSULTATS INTÉRESSANT LE PHYSICIEN

§ 1. LA CONTINUITÉ DE L'UNIVERS FINI. — Nous venons de dessiner le cadre logico-biologique utilisé par Aristote pour classer les faits d'observation. La physique n'a jamais été conçue par lui comme une théorie constructive capable de déterminer d'avance le résultat d'une expérience. Elle sert à mettre en ordre ce que l'expérience nous donne ⁽¹⁾, comme le remarque Henri Carteron dans son ouvrage sur *La notion de force dans le système d'Aristote* auquel nous nous référons souvent dans l'exposé qui va suivre. Il faut aussi avertir le lecteur qu'il y a quelque chose d'arbitraire à nous borner au monde des choses inanimées qui intéresse spécialement le physicien moderne et qu'Aristote ne sépare jamais dans ses ouvrages le monde inorganique du monde organique, ces deux mondes obéissant aux mêmes principes. Nous commencerons par examiner comment ces principes l'amènent à affirmer la continuité matérielle de l'Univers et ses limites.

A. LA THÉORIE DU LIEU. On ne peut comprendre les raisons alléguées par Aristote dans ce domaine, si l'on ne possède les éléments de sa théorie du lieu. On reconnaît l'existence du lieu, nous dit Aristote, lorsqu'on fixe son esprit sur le phénomène du *remplacement* (208 *b*, 2) ; par exemple, de l'eau remplacée dans un vase par de l'air, l'air vient dans le lieu où était l'eau. Le lieu concerne donc les choses mobiles

(1) H. CARTERON, *op. cit.*, p. 140.

(212 *b*, 29). D'ailleurs, il est distinct des choses qui y entrent et qui en sortent en se remplaçant (208 *b*, 7-8), et il est séparable de ces corps (209 *b*, 24).

Le lieu comporte en plus des déterminations comme le haut, le bas, la droite, la gauche, l'avant, l'arrière. Ces déterminations sont relatives à la position que nous occupons pour tout ce qui nous concerne, ou concerne notre pensée. Ainsi les objets mathématiques peuvent être considérés à notre droite ou à notre gauche, mais ils n'ont, par eux-mêmes, aucune de ces déterminations. Dans la nature, il en est autrement. Chaque détermination est définie absolument : ainsi, il y a un haut et un bas qui diffèrent non seulement par leur position, mais par leur *puissance*. En effet, le haut est le lieu où le feu et le léger sont transportés, le bas, le lieu où les choses pesantes et terreuses sont transportées (208 *b*, 8-25).

La question du lieu présente une difficulté particulière, car si l'on considère le lieu comme l'enveloppe du corps il apparaîtra comme la *forme* de celui-ci et, si on le considère comme ce par quoi la grandeur du corps est déterminée, il apparaîtra comme la *matière de la grandeur* (209 *b*, 3-4). Cependant, le lieu ne peut être ni forme ni matière, puisque la forme ni la matière ne sont séparables du corps (209 *b*, 23).

D'autre part, le lieu n'est pas non plus l'intervalle occupé par le corps, car il faudrait alors donner à l'intervalle une existence en soi et l'on tomberait dans toutes sortes de contradictions, le lieu serait dans un autre lieu, et cela à l'infini, comme le remarque Zénon (209 *a*, 23-24) ; d'autre part, plusieurs lieux se pénétreraient (211 *b*, 25).

Aristote définit donc le lieu de la même manière que le point, c'est une limite, celle du corps enveloppant, le corps enveloppé étant transportable. D'ailleurs, lorsque le corps mobile est transporté, le lieu qu'il occupait reste immobile et c'est un autre corps qui vient l'occuper. Il faut donc définir le lieu comme *la limite immobile, immédiate de l'enveloppe*.

Mais comment expliquer la puissance du lieu ? Cette puissance, Aristote la constate comme un fait fondamental, il ne peut qu'en préciser la nature. Tout d'abord, le centre du ciel et l'extrémité du transport circulaire (celle, dit Aristote, qui est de notre côté) sont admis comme étant, pour tout, au sens éminent, l'un le bas, l'autre le haut. L'un demeure éternellement, l'autre, l'extrémité de l'orbe,

demeure en ce sens qu'elle se comporte éternellement de la même manière (212 *a*, 20-24). On pourra donc dire que la sphère universelle, le tout, ne change pas de lieu (212 *a*, 35). Certaines de ses parties se meuvent en cercles, ni vers le haut, ni vers le bas ; d'autres, celles qui subissent condensation et raréfaction, se meuvent vers le haut ou vers le bas (212 *b*, 1-2). Ainsi le tout, ne subissant aucun transport et n'ayant, comme tout, rien qui soit en dehors de lui, ne pourra pas être considéré comme ayant un lieu, ni comme étant dans un lieu.

Les parties d'un corps homogène et continu ne sont dans un lieu qu'en puissance, elles ne le seraient en acte que si on les séparait. Nous verrons d'autre part, que seules les choses *séparées et au contact* peuvent agir les unes sur les autres ; celles qui sont soudées ensemble ne forment qu'un corps et ne peuvent agir les unes sur les autres (212 *b*, 31). On peut comprendre dès lors qu'un corps qui est en contact avec des corps parents, *dans son lieu propre*, soit comme une partie dans un tout et, ne subissant pas d'action violente, soit au repos (212 *b*, 35). Ailleurs, il n'est au repos que par accident. Ce n'est pas par elle-même que la sphère terrestre est au repos, c'est parce qu'étant lourde, elle est au centre qui est au repos. Elle serait en mouvement si on l'écartait du centre (205 *b*, 11) ⁽¹⁾.

B. L'UNIVERS EST LIMITÉ DANS L'ESPACE. Disons maintenant les principales raisons qu'allègue Aristote pour conclure que l'Univers est limité dans l'espace, non dans le temps. Il est bien entendu, remarque Aristote, que c'est dans les choses sensibles que nous nous demandons s'il y a ou non un corps infini quant à l'accroissement (204 *b*, 2-3).

Le raisonnement est fondé sur ces deux remarques : 1° la définition d'un corps est « ce qui est limité par une surface » ; 2° un nombre, ou ce qui a nombre, est nombrable ; si donc le nombrable peut être en fait compté, alors l'infini pourrait être parcouru (204 *b*, 8-10). Or, la définition de l'infini, applicable aux choses sensibles, est : ce qu'on peut, par nature, parcourir, mais qui ne se laisse pas parcourir et n'a pas de fin (204 *a*, 5-6). Il en résulte que le nombre ne sera pas infini en tant que séparé abstraitement.

De ces deux remarques, on peut déjà conclure que, si l'Univers est formé de corps finis, il ne peut être infini.

(1) On peut rappeler les idées de Christian Huygens sur les causes de la pesanteur. Voir E. MACH, *La mécanique*. Trad. E. Bertrand. Paris, Hermann, 1904, p. 155-156.

Il se pourrait cependant qu'il existe un corps sensible infini. Montrons que c'est physiquement inconciliable avec l'Univers que nous observons.

Supposons d'abord que le corps infini soit homogène. On pourra affirmer alors qu'une quelconque de ses parties ou sera toujours immobile, ou sera en mouvement perpétuel. Serait-elle en mouvement ? Cela est impossible ; car pourquoi le mouvement se ferait-il vers le haut ou vers le bas ou dans un sens quelconque ? Son lieu serait infini. D'ailleurs serait-elle, par impossible, en mouvement, elle le serait partout également et ne s'arrêterait nulle part (205 *a*, 13-19). Serait-elle au repos ? elle le serait également partout. L'hypothèse examinée est donc constamment contredite par les faits observés.

Supposons alors le corps infini hétérogène. Ce corps n'aura d'autre unité que par le contact. Il sera donc formé de corps dont l'un au moins sera infini puisque le tout est infini. Mais ce corps-là n'aura plus de lieu, car avoir un lieu c'est être quelque part et il est impossible qu'il soit tout entier ici ou là. Si l'on disait que ce corps a une partie ici et une partie là, il faudrait faire remarquer que dans l'infini il n'y a ni centre, ni extrémité, ni haut, ni bas. On voit qu'il est impossible d'admettre un corps infini et, en même temps, un lieu pour les corps (205 *b*, 24-30).

D'ailleurs dans le cas d'un corps hétérogène, les parties au contact agiraient les unes sur les autres. Or, quel que soit l'excès de puissance d'un de ces corps sur un autre à quantité égale, pourvu que cet excès reste nombrable, le corps infini détruirait le fini (204 *b*, 14-18).

Enfin, on ne peut pas ne pas traiter de pair le lieu et le corps. La grandeur du lieu tout entier ne peut pas dépasser celle qu'est susceptible de remplir le corps (205 *a*, 32-33). En conséquence, il n'existe pas, en acte, de corps infini (206 *a*, 7) et rien n'est infini en acte (318 *a*, 20).

Les raisons invoquées pour l'espace n'existent pas pour le temps, car, dans le temps et les générations des hommes, les parties ne subsistent pas (206 *b*, 2) et, d'une manière générale, l'infini consiste dans le fait que ce que l'on prend est toujours nouveau, ce que l'on prend étant, certes, toujours limité, mais différent. Par conséquent, il ne faut pas prendre l'infini comme un individu particulier, mais bien comme on parle d'une journée ou d'une lutte dont l'être n'existe pas à titre de substance déterminée, mais est toujours en génération et corruption, limité certes, mais différent et cela sans cesse (206 *a*, 25-32).

C. LE VIDE N'EXISTE PAS. Il s'agit de savoir s'il existe ou s'il n'existe pas d'extension différente des corps, soit comme séparable, soit comme réalisée en acte, s'étendant à travers l'ensemble de la nature corporelle et la divisant de façon à en rompre la continuité, comme le disent Leucippe, Démocrite et beaucoup d'autres physiologues, ou s'étendant à l'extérieur de l'ensemble de la nature corporelle qui resterait continue (213 a, 32-213 b, 1). En d'autres termes, il s'agit de savoir s'il existe *un lieu sans corps* (213 b, 34).

Aristote a déjà démontré l'impossibilité de cette hypothèse en remarquant que le lieu ne peut être un *intervalle substantiel* (214 b, 27) (voir p. 306).

Malgré cette conclusion décisive, il examine si l'existence du mouvement n'implique pas l'existence du vide et il va montrer que, non seulement l'existence du vide n'est pas impliquée par celle du mouvement, mais qu'elle rend le mouvement incompréhensible.

Tout d'abord, l'existence du vide amènerait les mêmes difficultés que celles qui ont été constatées à propos du corps homogène infini, car vers quoi le mouvement se produirait-il ? Le vide, comme tel, ne comporte aucune différence et le haut n'y diffère en rien du bas (215 a, 9). S'il n'y a pas pour chaque corps un mouvement naturel, il n'y en aura pas non plus de forcé, car le mouvement violent suppose le mouvement naturel et ne peut être défini que comme son contraire (215 a, 3-4). D'ailleurs, le mouvement d'un projectile serait impossible, car il faut dans tous les cas un véhicule pour tous transports. Rien n'expliquerait, en outre, que le projectile s'arrête ; il serait transporté à l'infini, si rien de plus fort ne l'arrête (215 a, 18-22).

C'est encore à propos de la question du vide qu'Aristote précise les conditions du mouvement dans un milieu. Ce mouvement dépend à la fois du milieu et du mobile.

Voyons d'abord l'effet du milieu. Celui-ci agit comme un obstacle, surtout quand il est mû en sens contraire, mais aussi quand il est au repos. C'est une question de *densité*, car plus un milieu est dense, moins il est facile à diviser (215 a, 31). Aristote affirme une proportionnalité entre la rareté du milieu et la vitesse du corps qui le traverse, toutes choses égales d'ailleurs. Mais alors le vide n'ayant aucune proportion avec aucun corps, si petite soit la densité de celui-ci, le rapport des vitesses n'existera plus, car le quotient par zéro d'un nombre fini n'existe pas (215 b, 15-16). Si donc on affirmait qu'un intervalle vide était traversé en un temps donné, il faudrait nier qu'un

intervalle plein d'une substance, aussi rare soit-elle, puisse être traversé (216 *a*, 8-10).

Voyons ensuite l'effet du mobile. Un mobile peut différer par la figure et par la force. L'expérience montre que les corps de même figure mais dont la force est plus grande, soit en pesanteur, soit en légèreté, traversent plus vite un espace égal et dans la proportion que les grandeurs ont entre elles (216 *a*, 14-16). On comprend cela dans les choses pleines, car un corps de puissance supérieure divise plus vite. Dans le vide, tous les corps auraient donc la même vitesse. Mais c'est impossible (216 *a*, 20).

Enfin, nous donnons encore un argument d'Aristote parce qu'il fait intervenir la notion de masse : Si l'on plonge un cube solide dans l'eau ou dans l'air, il déplacera une quantité d'eau ou d'air égale au cube et ce déplacement aura lieu vers le haut ou vers le bas, suivant la nature du fluide déplacé. Mais pour le vide, cela ne se pourrait, et dès lors le vide, ne pouvant se déplacer, devrait pénétrer le cube. Admettons cette hypothèse, et supposons alors qu'on enlève au cube solide toutes ses affections : le chaud, le froid, le lourd, le léger ; il resterait la masse du cube. Si donc le vide existait, la masse du cube ne différerait en rien d'un vide égal ; mais pourquoi alors toutes les choses en nombre quelconque ne coïncideraient-elles pas ? De plus, en changeant de place, ce corps, comme c'est général, conserve sa masse, et alors le vide, ou le lieu séparé, semble un dédoublement inutile de la masse du corps (216 *b*, 15).

D. LE DENSE ET LE RARE. Les partisans du vide peuvent encore faire ce raisonnement : des quantités déterminées d'eau donnent lieu à des quantités d'air qui sont dans un rapport fixe, mais plus grandes. Dès lors, ou le tout devra se mouvoir par gonflement, ou, pour chaque quantité d'eau transformée en air, il devra y avoir parallèlement une égale quantité d'air transformée en eau afin que la masse totale soit constante (217 *a*, 17). Or, ces conséquences seraient évitées si l'on admettait l'existence du vide. Le plus rare s'expliquerait facilement par un vide intérieur et la condensation par la diminution de ce vide.

A cette objection Aristote répond en donnant sa propre théorie. Le chaud, le froid, le rare, le dense et les autres affections ont une matière unique. La génération se produit par un passage de l'existence en puissance à l'existence en acte. La matière n'est pas séparable mais diffère par l'essence et reste numériquement une. Pour un corps

passant du petit au grand, c'est la matière, sans addition de rien, qui s'accroît en volume ; et lorsque l'air devient par génération une *masse plus petite*, c'est encore la matière qui, grande en puissance, devient petite en acte. Ainsi c'est la même matière qui est dense ou rare et qui peut être affectée des deux qualités (217 b, 10). Or le dense et le rare sont causes efficientes du transport (217 b, 24-25).

§ 2. LE CHANGEMENT LOCAL.

A. L'UNITÉ DU MOUVEMENT. Nous voici parvenu au centre de notre étude, car c'est bien, en premier lieu, à l'étude du mouvement qu'est consacrée la *Physique* d'Aristote. Cependant on se rappelle que sous le terme de mouvement sont rangés les changements tels que l'accroissement et l'altération. Nous nous bornerons ici au changement local qui, théoriquement, est le plus important puisqu'il est impliqué par les autres.

Platon n'avait consacré aucune étude systématique au mouvement. Les analyses critiques de Zénon étaient restées sans réponse et Aristote comprenait que sans cette réponse l'étude de la nature n'était pas abordable. Il s'agissait donc pour lui de saisir le mouvement dans son unité spécifique. Sans doute, comme nous allons le voir, il s'est aidé de l'analyse du continu qui avait été élaborée par les mathématiciens, mais c'est au domaine de la logique qu'il a emprunté ses notions fondamentales. En effet, parler du passage de la puissance à l'acte, c'est faire intervenir la matière et la forme ; or ces notions jouent déjà un rôle fondamental dans l'étude du syllogisme sous le nom de genre et d'espèce. Si donc on suit l'inspiration génératrice de la pensée d'Aristote, on voit sa réflexion passer progressivement du domaine des mathématiques à celui de la logique et du domaine de la logique à l'étude de la physique.

Il s'agit cependant d'une conception précise et pour cela, il ne suffit pas de s'arrêter au cadre logique général d'une relation primitive et irréductible du potentiel à la forme actualisée.

Avant de définir l'unité spécifique du mouvement, Aristote en distingue les éléments : le *moteur*, puis le *mû* (le mobile est le *mû* en puissance et celui-ci est le mobile en acte), le *domaine du mouvement* où sera distingué le *terme initial* et le *terme final*, enfin le *temps*. Dans le cas du changement local ou transport, le domaine du mouvement est le lieu ; dès lors les éléments seront le moteur, le mobile, les termes du mouvement, le temps.

Aristote s'est longuement arrêté à ce dernier élément (livre IV, 10-14 ; 217 *b*, 29 — 224 *a*, 17) et ce n'est pas à cause de son manque d'intérêt que nous laissons de côté cette étude. Qu'il nous suffise de dire que le temps est le même pour tous les mouvements. Il y a, dit Aristote, mesure du temps par le mouvement et mesure du mouvement par le temps, parce que c'est au temps, sur un mouvement déterminé, que se mesure la quantité du mouvement et du temps (223 *b*, 15-16). Nous mesurons en effet le temps au mouvement de la sphère céleste (223 *b*, 22).

L'unité du mouvement implique l'unité de chacun des éléments distingués. Ainsi il faut que l'unité du domaine soit réalisée. Si un mobile animé d'un mouvement local subit, par le choc, une modification dans sa température, l'unité du mouvement n'existe plus. L'unité du temps comporte qu'il n'y ait pas d'arrêt au cours du mouvement.

Quant à l'uniformité du mouvement (ὁμαλότης), elle est réalisée, en ce qui concerne la trajectoire, par le mouvement rectiligne et le mouvement circulaire, mais non pas par le mouvement en ligne brisée, ni en hélice, où l'on ne peut faire coïncider les parties (228 *b*, 25). L'uniformité concerne également le régime ; si la vitesse est la même, le mouvement est uniforme, sinon, non. L'uniformité n'est pas nécessaire pour l'unité du mouvement.

L'unité du mouvement implique au contraire sa continuité (228 *a*, 21). Nous devons donc exposer succinctement l'analyse qu'Aristote fait du continu : le *consécutif* (227 *a*, 1) est ce entre quoi il n'y a aucun intermédiaire du même genre. *Le contigu* (227 *a*, 6) est ce qui, étant consécutif, est en outre en contact. *Le continu* est dans le genre contigu, et se produit lorsque les extrémités sont une et non plus deux. Il se trouve dans les choses dont la nature est de ne plus faire qu'une, lorsqu'elles sont en contact (227 *a*, 13-15).

D'après les définitions indiquées, il est impossible qu'un continu soit composé d'indivisibles (231 *a*, 24). En effet, dans une chose indivisible et sans parties il ne saurait y avoir une extrémité, puisque l'extrémité est distincte de ce dont c'est l'extrémité ; il faudrait distinguer des parties dans l'indivisible. Nul continu n'est divisible en choses sans parties, en indivisibles. Le continu est divisible en parties toujours divisibles (231 *b*, 11-15).

Ainsi, il n'y aura plus consécution entre un point et un point, un instant et un instant, de façon à faire du point ou de l'instant la longueur ou le temps (231 *b*, 6-7).

Du fait que la trajectoire est continue Aristote déduit que le mouvement est continu, sans quoi il serait fait de mouvements achevés, et, comme le mouvement serait achevé en chaque point, le mouvement serait fait de repos. Puis Aristote démontre que le temps est aussi divisible en parties toujours divisibles, et, de plus, qu'il y aura même division pour le temps et pour la grandeur. Ainsi une longueur bornée sera parcourue en un temps borné, puisque la longueur, comme le temps, sont des infinis selon la division ⁽¹⁾.

Si on admet d'autre part qu'un instant est indivisible, il faudra conclure que rien ne se meut dans l'instant (234 a, 24) car, si l'on admet qu'un mobile puisse avoir diverses vitesses en un instant, il faudra diviser l'instant. Mais dans l'instant, il n'y aura pas non plus repos (234 a, 32) car, pour qu'il y ait repos, il faut que le mouvement soit possible.

Cette analyse ruine les objections de Zénon qui se fondent sur l'existence *en acte* des points et des instants dans le mouvement ⁽²⁾. Elle aboutit en outre à cette proposition qu'il est impossible de considérer l'un sans l'autre le mouvement déjà achevé et le mouvement en train de se faire, car on voit que, forcément, ce dont la génération est accomplie a été en train de s'engendrer, et que ce qui est en train de s'engendrer a déjà été engendré ; la raison dernière en est que jamais une chose sans parties n'est contiguë à une chose sans parties (237 b, 3-7).

Aristote ajoute à cette analyse mathématique, correcte étant données ses définitions du point et de l'instant, une argumentation de nature logique (264 a, 8) qui va l'amener à une proposition apparaissant comme le fondement véritable de sa physique : « Pour tout ce qui est mû d'une façon continue et sans être détourné par rien, le point où il est parvenu selon le transport est celui vers lequel aussi il était transporté d'abord ; par exemple, s'il est parvenu en B, c'est qu'il était transporté vers B, et cela non pas seulement quand il en était près, mais dès le début de son mouvement ; pourquoi, en effet, maintenant plutôt qu'auparavant ? » (264 a, 9-13).

Il résulte de là que le dernier terme du mouvement joue nécessairement un rôle unique dans tout le mouvement et fait partie de son

(1) Cette conclusion n'est pas fondée : on conçoit le mouvement d'un mobile qui parcourrait un espace limité en un temps infini ; par exemple, le mouvement de l'équipage mobile d'un galvanomètre dont la résistance a la valeur critique. —

(2) On voit qu'Aristote est aussi opposé que Zénon à la théorie pythagoricienne du nombre-point. Cf. P. TANNERY, *op. cit.*, p. 260.

unité. On comprend facilement que cette proposition introduise la finalité dans la mécanique même⁽¹⁾.

De cette proposition Aristote tire l'un de ses arguments en faveur de la supériorité du mouvement circulaire sur le mouvement rectiligne : dans le changement qui affecte la qualité ou la grandeur, le mouvement a lieu entre des termes contraires. Ainsi la croissance d'un animal l'amène à une forme achevée qui dépend de la nature propre du sujet. Dans le transport il n'en est plus ainsi, car il n'est pas *toujours* limité par des contraires (241 b, 3) et, d'autre part, un mouvement ne peut parcourir l'infini. Dès lors, dans le mouvement selon le lieu, le contraire est ce qui est le plus éloigné en ligne droite ; celle-ci est la plus courte distance entre deux points et sert ainsi de mesure (226 b, 32-33). Tout mouvement en ligne droite comportera donc un arrêt (264 a, 20). Il n'en est pas de même du mouvement circulaire, car ce qui est transporté à partir de A sera du même coup transporté vers A en vertu d'une même tendance, vu que le point où il doit arriver est celui vers lequel il se meut, sans que pour cela les mouvements contraires ou les opposés coexistent (264 b, 10-13). Or un arrêt rompt l'uniformité du mouvement et assurément le mouvement non-uniforme est *un* dans le cas où il est continu, mais il l'est moins (229 a, 1). Aristote remarque que le mouvement sur un arc de cercle limité a le même défaut que le mouvement en ligne droite.

B. LE MOTEUR MÔ. Dans le mouvement, la matière, c'est le mû ; la cause formelle, c'est le domaine et les termes ; la cause finale, le dernier terme. Ainsi, dans le changement local, la cause formelle est le lieu ; la cause matérielle, le mobile en acte ; la cause finale, le but visé ou le lieu propre.

Il reste à étudier la cause efficiente : le moteur.

L'étude du moteur doit commencer par l'étude de la relation de l'agent au patient, car pour être en acte, un moteur *doit* faire passer le mobile à l'acte, c'est-à-dire transformer le mobile en mû. Il y a un seul acte pour l'un et l'autre également (202 a, 18). Ainsi pour étudier un moteur, il faut toujours connaître le mobile.

(1) Il faut rappeler que, dans la logique d'Aristote, le tout n'est pas la somme des parties puisqu'il possède certaines qualités (forme) qui ne se retrouvent pas dans les parties. Les parties sont au tout ce que les moyens sont à la fin (cf. p. 289). Ainsi les concepts de totalité, de forme, de fin sont liés logiquement comme le fait remarquer Kant à propos de la distinction du jugement déterminant et du jugement réfléchissant. (*Kritik der Urteilskraft*, éd. Reclam, p. 17-18.)

Une première remarque au sujet du mobile est qu'il ne peut se réduire à un point. Un point est une limite et n'est mû que par accident, c'est-à-dire comme appartenant à un mobile continu. Nul mobile n'est sans parties (240 b, 31) ⁽¹⁾.

Un mobile peut être mû de trois manières :

1. *par accident*, comme une partie d'un mobile, un homme assis sur un bateau ;

2. *par l'une de ses parties*, comme on dit qu'un homme se meut lorsqu'il lève la main ;

3. *en soi*, lorsqu'il est mû tout entier (226 a, 20).

C'est ce dernier cas que nous considérons.

Alors, de deux choses l'une, ou le mobile se mouvra de lui-même, ou il sera mû par quelque autre chose.

Mais un mobile ne peut se mouvoir tout entier de lui-même, car il serait à la fois transporté et transportant. Or pour qu'un moteur agisse sur un mobile et le fasse passer à l'acte, il faut que ce moteur ait d'abord passé de la puissance à l'acte.

Seules les choses actuelles sont causes des actualisées (195 b, 28). Ainsi le mobile qui se mouvrait lui-même tout entier serait, en même temps et sous le même rapport (257 b, 10) puissance et acte, ce qui est logiquement impossible.

Il résulte de là que, dans ce qui se meut soi-même, comme les animaux, il y a nécessairement une partie qui meut et une autre partie qui est mue (257 b, 13).

Dès lors, le second terme seul de l'alternative est possible et il y aura toujours un mû et un moteur distinct, extérieur au mû. Tout ce qui est mû est mû par quelque chose (256 a, 2).

Il se peut que le moteur soit lui-même un mobile mû. Dans ce cas, il ne fera que transmettre le mouvement et sera un *moteur-mû*.

Ce moteur prochain pourrait être à son tour mû par un moteur-mû et ainsi de suite. De sorte qu'il y aurait une chaîne de mobiles se transmettant le mouvement.

Mais, d'autre part, il est impossible, dit Aristote, que la série des moteurs qui sont eux-mêmes mus par autre chose aille à l'infini,

(1) Aristote en donne plusieurs raisons que nous ne pouvons examiner et qui reviennent à affirmer qu'un mobile doit occuper un espace, parce que tout ce qui change est divisible ; cette affirmation entraîne celle de l'immobilité de la terre, au centre du monde. Il semble que Duhem ne l'ait pas eue présente à l'esprit. Cf. *op. cit.*, I, p. 220.

puisque dans les séries infinies il n'y a rien qui soit premier. Si donc, tout ce qui est mû l'est par quelque chose, et que le premier moteur tout en étant mû ne l'est pas par autre chose, il est nécessaire qu'il soit mû par soi (256 a, 17-20). C'est d'ailleurs ce que nous constatons : le vent renverse, ou par lui-même, ou par la pierre qu'il a poussée. Le bâton ne peut mouvoir que mû par un homme ; il en est de même du levier et de la main (256 a, 23-25).

Cette proposition contredit cependant celle-ci qu'un mobile ne peut se mouvoir par lui-même. Remarquons alors que le premier moteur de la série *ne transmet* pas le mouvement et, en tant qu'il n'est pas ce par quoi se transmet le mouvement, le moteur est immobile (256 b, 20).

Il faut inférer de ces propositions l'existence de moteurs non-mus, de moteurs immobiles. La cause première du mouvement est donc toujours un moteur immobile. C'est là une des propositions fondamentales de la *Physique* d'Aristote.

Un autre aspect de la transmission du mouvement est la nécessité d'un *contact* entre moteur et mû. Aristote établit cette proposition par induction en examinant le transport par traction, par poussée, par portage et par roulement (liv. VII, 2 ; 243 b, 15-244 b, 1). Tout contact entre des choses séparées suppose que ces choses sont actives et passives mutuellement (liv. VIII, 4 ; 255 a, 13-14).

Quant à la réaction du mû sur le moteur, de l'agent sur le patient, elle doit être considérée comme de règle, mais non pas comme absolument nécessaire. Il n'est pas nécessaire que le mobile-mû meuve en retour (257 b, 22). Aristote affirme en effet l'existence de cas où le moteur touche simplement le mobile, sans que ce qui est touché touche ce qui le touche ; pour le faire comprendre, il dit que celui qui nous fait de la peine nous touche, mais que nous ne le touchons pas (*De la gén. et de la cor.* I, 6, 323 a, 27-32). Cette absence de réaction est de règle, au contraire, dans la transmission du mouvement entre les choses incorruptibles.

D'après les propositions qui viennent d'être rappelées, on voit qu'il serait contraire à la pensée d'Aristote d'assimiler un moteur, même immobile, à une force statique. Le rapprochement entre moteur et force statique a été établi pour la première fois par Galilée ⁽¹⁾.

Du reste, pour comprendre le sens de ces propositions, il faut se

(1) E. JOUGUET, *Lectures mécaniques*. Paris, Gauthier-Villars, 1924, t. I, p. 102, s.

rappeler qu'Aristote les étend à tous les changements. Ainsi, l'exemple qu'il donne d'un mobile ne pouvant se mouvoir tout entier de lui-même est celui du chaud en acte qui est moteur du chaud en puissance (255 a, 23). Seul le chaud peut échauffer.

C. LE MOUVEMENT VIOLENT. Aristote désigne sous ce terme les mouvements contraires à ceux qu'offre la nature. Par exemple, une chose lourde est élevée, un projectile est lancé, de la matière ignée est abaissée, de l'air placé dans des outres est couvert d'une certaine épaisseur d'eau, etc. Dans ces mouvements les moteurs sont séparés et c'est pourquoi Aristote les étudie avant le mouvement naturel dont le moteur n'est pas évident. Cependant, les mouvements violents supposent le mouvement naturel et ne s'expliquent pas sans lui. Ils se composent avec lui. Aristote se sert constamment de la composition des mouvements sans donner grande précision à cet égard et sans être toujours parfaitement clair.

Dans le livre VII de la *Physique*, après avoir défini les mouvements *comparables*, comme ceux qui se produisent sur des trajectoires de même figure et dans des milieux de même espèce, il ajoute : Seront de même vitesse les choses mues de la même grandeur dans le même temps ; j'entends par *le même* ce qui est indistinct sous le rapport de l'espèce et cela le sera également sous le rapport du mouvement (249 a, 19-21). Il énonce ensuite les lois qui sont restées célèbres et ont été rapprochées, beaucoup plus tard, du principe des vitesses virtuelles.

Ces lois sont contenues dans le tableau suivant où A est la puissance du moteur ; B la grandeur du mû ; Γ la grandeur selon laquelle il est mû ; Δ le temps dans lequel il est mû. La puissance du moteur est aussi appelée force (δύναμις, ἰσχύς) et le mobile est mesuré par son poids (βάρος).

Force	Poids	Espace	Temps
A	B	Γ	Δ
A	$\frac{1}{2}$ B	2 Γ	Δ
A	$\frac{1}{2}$ B	Γ	$\frac{1}{2}$ Δ
A	B	$\frac{1}{2}$ Γ	$\frac{1}{2}$ Δ
$\frac{1}{2}$ A	$\frac{1}{2}$ B	Γ	Δ

Si on généralise ces indications, la loi énoncée s'exprimerait en disant que la force est proportionnelle au produit du poids (ou de la masse) du corps transporté par la vitesse acquise.

On trouve dans le *de Cælo* que, dans le choc de deux corps, l'effet est le même lorsque le produit de la vitesse par le poids du corps est le même. « La vitesse du plus petit sera à celle du plus grand, comme le plus grand est au plus petit. » (301b, 4-13).

Dans l'exemple du halage des bateaux, qu'Aristote propose à l'occasion d'une remarque qui suit, on vérifie approximativement cette loi lorsque la vitesse est constante et pas très grande. Car alors le poids du bateau augmente la surface de frottement et la résistance de l'eau est proportionnelle à la vitesse. Donc, pour entretenir le mouvement du bateau, il faut une force sensiblement proportionnelle, à la fois, à la vitesse et à la masse du bateau.

Cette loi s'applique également au levier droit, lorsque la force a un bras de levier invariable et que le poids du corps est suspendu à diverses distances du point d'appui. Le moment statique du poids du corps sera constant et égal à celui de la force si le produit de ce poids par sa vitesse est constant. En augmentant, en effet, le bras de levier du poids suspendu, on augmente dans la même proportion la vitesse de déplacement de ce poids, elle-même proportionnelle au rayon de la trajectoire circulaire qu'il décrit. De cette façon, le produit du poids par la vitesse du mobile est proportionnelle à la force appliquée.

Malheureusement, la loi générale énoncée dans la *Physique*, livre VII, est donnée sans aucune de ses applications et l'on peut se demander si Aristote a établi les rapprochements que nous indiquons. L'exemple du levier est utilisé deux fois dans la *Physique*, d'abord comme exemple du moteur violent (255 a, 22) ; ensuite pour faire comprendre comment le principe moteur des animaux fait usage de leur corps dans lequel il est logé comme dans un levier (259 b, 20), Aristote se sert ailleurs de l'image du pilote agissant sur le gouvernail de son bateau (254 b, 30).

Dans les *Mechanica*, qui sont généralement attribués à des disciples immédiats d'Aristote, mais que H. Carteron croit d'Aristote lui-même, les effets merveilleux du levier sont attribués à sa similitude avec le cercle. Il semble que l'inertie dans le mouvement circulaire ait vivement frappé l'imagination d'Aristote : « selon certains, le cercle est toujours en mouvement, de même que les choses, en repos, opposent au mouvement une force contraire »⁽¹⁾. D'ailleurs, les *Mechanica* expliquent la loi du levier par la proportionnalité des poids

(1) Passage cité par H. CARTERON, *op. cit.*, p. 25.

suspendus aux composantes centripètes des mouvements que leur imprime le levier. Cette proportionnalité se vérifie en effet pour les petits mouvements.

Après l'énoncé des relations que nous venons d'examiner, Aristote fait la remarque à propos de laquelle il cite l'exemple du halage des bateaux, remarque qui s'applique effectivement lorsque le bateau est tiré sur le sable, c'est-à-dire lorsqu'il est soumis au frottement solide : il arrive en effet que si c'est la force entière qui a mû de telles quantités, sa moitié ne mouvra ni de telles quantités, ni en tel temps que l'on voudra, vu qu'un seul homme pourrait mouvoir le bateau, si l'on divisait la force totale des haleurs, selon leur nombre (250 *a*, 14-19). Le terme employé par Aristote pour indiquer ce halage, *νεωλκέω*, signifie effectivement tirer les navires à sec. L'observation exacte d'Aristote s'accordait d'ailleurs très naturellement avec les principes de sa philosophie ; prise en elle-même, la partie ne meut même pas autant que lorsqu'elle est dans le tout ; car elle n'est rien, si ce n'est en puissance dans le tout (250 *a*, 22-24). Aristote rattache à cette remarque le cas d'une altération telle que la congélation (253 *b*, 25) qui se produit d'un bloc. Il oppose ces faits à la théorie du mouvement perpétuel et universel qui échappe toutefois à notre perception. Il remarque l'absence des altérations, dureté, etc. (253 *b*, 30), que devraient produire les mouvements locaux s'ils se continuaient toujours, dans un autre genre, en disparaissant (253 *b*, 30).

On peut donc conclure que les règles énoncées par Aristote sont basées sur une observation précise, mais qu'elles sont généralisées sans une discussion suffisante des cas particuliers.

A propos du mouvement d'un projectile dans l'air, Aristote indique deux explications : celle des tourbillons ou effets des retours en contre-coup, et celle qui consiste à douer l'air d'une force propre que le mouvement initial déclencherait, mais qui n'empêcherait pas l'air d'offrir, d'autre part, une résistance au mouvement. Il ne fait guère que citer la première de ces explications et il la réfute (267 *a*, 17), tandis qu'il analyse avec soin la seconde qui paraît le satisfaire davantage. Comme le remarque Carteron, si Aristote avait constaté certains effets de l'inertie, il n'aurait cependant aucune idée du principe général de l'inertie qui n'a été compris qu'à partir de Descartes. Il faut au mouvement un moteur en acte, en contact avec le mû. Le premier moteur, la main, déclenche l'effet d'un principe moteur qui réside dans l'air ou parfois dans l'eau (267 *a*, 3-4 ; 15-16). Ces choses ne cessent pas

de mouvoir lorsqu'elles cessent d'être mues ; elles cessent d'être mues quand le moteur cesse de mouvoir, mais elles sont encore motrices à ce moment. Cependant, cet effet moteur s'atténue en se transmettant et il cesse à la fin quand l'avant-dernier moteur ne rend pas moteur, mais seulement mû, le terme qui lui est contigu (267 *a*, 9-10).

Le principe de la composition des forces est connu d'Aristote sous une forme générale : s'il y a deux forces et que chacune meuve chaque corps de tant, dans tant de temps, les forces étant composées mouvront le corps composé des deux poids d'une grandeur égale en un temps égal, car c'est la proportion (250 *a*, 25-28). Dans les *Mechanica*, on trouve le principe du parallélogramme appliqué à la composition des mouvements.

D. MOUVEMENT NATUREL. Aristote insiste à plusieurs reprises sur la difficulté de déterminer le moteur dans la question du mouvement naturel des choses inanimées (254 *b*, 33 ; 255 *a*, 1, 31). Tout d'abord les corps inanimés ne peuvent se mouvoir par eux-mêmes, cela non seulement en vertu du principe général, mais en tant que ces corps sont souvent homogènes, c'est-à-dire impassibles. D'ailleurs s'ils se mouvaient d'eux-mêmes, ils auraient aussi le pouvoir de s'arrêter (255 *a*, 7) ou de varier leurs mouvements (255 *a*, 11), ce que nous ne constatons jamais. Ainsi les choses mues par nature sont toujours mues par quelque chose. La raison dernière du mouvement de ces corps inanimés est que leur nature le veut ainsi et que c'est là l'essence du léger et du lourd, déterminée pour l'un par le haut, pour l'autre par le bas (255 *b*, 15-17).

Mais il faut encore remarquer qu'une chose peut être légère ou lourde en plusieurs sens (255 *b*, 17) car, en un sens l'eau est légère, puisqu'elle est *en puissance* de l'air, du léger. Et l'air lui-même est encore en puissance, puisqu'il peut être empêché d'être en haut et que l'acte du léger, c'est le fait d'être en un certain lieu (255 *b*, 11) ; mais quand l'empêchement est enlevé, il passe à l'acte et monte.

Il faut ainsi considérer *deux causes motrices* à savoir : 1^o l'essence ou la forme du léger et du lourd qui comporte d'être au repos dans un certain lieu, ailleurs non, si ce n'est par accident ; 2^o ce qui a mû l'obstacle (255 *b*, 24-25). Ici, Aristote distingue donc une cause motrice essentielle, génératrice et efficiente (256 *a*, 1) et une cause motrice accidentelle, qui agirait comme un déclenchement ; mais

qui peut agir aussi pour changer la direction du mouvement, tel le mur qui renvoie la balle (255 *b*, 28).

Aristote dit quelque part : si les choses inanimées ont en elles un principe de mouvement, c'est un principe, non de motricité, ni d'action, mais de passivité (255 *b*, 30-31).

On peut comprendre cette action de la forme, cause efficiente du mouvement naturel, de deux façons différentes. Ainsi M. Rodier⁽¹⁾ dit : ce qui meut la terre ou le feu, c'est leur lieu naturel, en qui ils arrivent à être pleinement ce qu'ils tendent à être. Mais on peut aussi insister sur l'action mutuelle des substances, comme semble le suggérer le passage de la *Physique* que nous avons cité à propos du lieu (p. 307), « mouvement par lequel, dit Simplicius, ils ont en vue de rejoindre la masse de substance à laquelle ils appartiennent, ou bien encore la lutte que les qualités, en vue de se maintenir dans leur sujet, soutiennent contre leur contraire »⁽²⁾.

Quoi qu'il en soit de ces interprétations qui dépendent de l'importance qu'on donne à tel passage plutôt qu'à tel autre, il faut remarquer que le mouvement naturel se distingue des mouvements violents par le fait qu'il ne peut avoir pour trajectoire que la ligne droite, du moins pour les choses corruptibles, et que le mouvement rectiligne n'y est jamais uniforme : « en effet, toujours le corps qui va s'arrêter est transporté plus vite » (230 *b*, 24-25), ou « les choses mues sur une ligne droite ne sont pas transportées uniformément du commencement vers la fin ; car plus elles s'éloignent de l'état où elles sont en repos⁽³⁾, plus rapide est le transport » (265 *b*, 12-14).

Enfin, une question qui, d'après la remarque de H. Carteron, a beaucoup préoccupé Aristote, est celle de la *densité relative*. Le poids ou la force ascensionnelle ne sont proportionnels à la quantité du corps transporté que dans les limites d'un genre : une petite quantité de terre est toujours plus lourde qu'une quantité de feu si grande soit elle. De même un morceau de bois peut être plus lourd dans l'air qu'un morceau de plomb, et cependant plus léger que lui dans l'eau. Ce dernier fait est expliqué par la quantité d'air contenue dans le bois, quantité qui est lourde dans l'air et légère dans l'eau⁽⁴⁾.

La question de la densité de l'air a occupé particulièrement Aristote ; d'après un passage de *De la génération et de la corruption* (333 *a*,

(1) Cité par O. HAMELIN, *op. cit.*, p. 146. — (2) Cité par O. HAMELIN, *op. cit.* p. 156. — (3) Il ne s'agit pas ici du repos naturel mais d'un repos forcé. — (4) CARTERON, *op. cit.*, p. 43. L'auteur cite *De cælo*, IV, 4.

22-23) il suppose que la quantité d'air qui correspond à une quantité d'eau a dix fois plus de volume et dans les *Mechanica* est décrite une expérience sur le poids d'une outre vide, puis gonflée d'air, qui n'a donné aucun résultat et qui ne pouvait pas en donner un.

Ainsi, les genres de matière sont qualitativement différents et c'est à l'intérieur des genres que la force est proportionnelle à la quantité.

§ 3. LA GÉNÉRATION ET LA CORRUPTION.

A. L'HYPOTHÈSE DES ATOMES. La question du mouvement naturel du corps inanimé ne serait pas traitée complètement, si nous ne nous arrêtions pas à la question du changement substantiel qui produit le rare et le dense, causes efficientes des mouvements vers le haut et vers le bas. La question des changements substantiels est traitée dans un petit ouvrage en deux livres intitulé *De la génération et de la corruption*.

Il s'agit de distinguer ce changement de l'altération et de l'accroissement, de manière à mettre en évidence son caractère spécifique et à en déterminer la cause efficiente.

Aristote commence par discuter l'hypothèse des atomes. Il rattache cette hypothèse aux idées des Eléates : Ces philosophes, dit-il, dépassant la sensation et la dédaignant, dans la pensée qu'il faut s'en tenir au raisonnement, prétendent que l'univers est un et immobile et même, ajoutent certains, infini, puisque toute limite finirait au vide (325 a, 12-16). Cette opinion se heurte à l'expérience la plus commune et, pour réduire l'opposition, Leucippe imagina l'hypothèse des atomes. Il concède aux Eléates que l'être est un et entièrement plein ; cependant la diversité que nous observons s'explique par une multiplicité d'êtres indivisibles et invisibles en raison de la petitesse de leur masse. Ils se meuvent dans le vide et diffèrent seulement les uns des autres par leurs figures (325 b, 19).

Aristote remarque que la doctrine d'Empédocle se rapproche de cette hypothèse par la théorie des pores et que, dans le *Timée*, Platon énonce un mythe qui n'est pas sans rapport avec les idées de Leucippe. Tandis que les atomes de Leucippe sont des corps solides, les figures de Platon sont planes et leurs formes sont de deux sortes seulement et triangulaires.

Mais c'est surtout Démocrite dont Aristote discute les théories

plus précises et mieux adaptées à l'explication des choses naturelles.

Aristote reconnaît les avantages de l'hypothèse des atomes. Le problème dont nous nous occupons est ainsi très facile à résoudre, car la génération et la corruption se produisent par la réunion et la séparation des atomes qui peuvent entrer en contact pour former les diverses espèces de corps que nous connaissons. L'ordre dans lequel ces atomes se réunissent, ainsi que la figure de ceux-ci, permettent de comprendre la variété des sensations qu'ils produisent sur nous. Un changement dans cet ordre explique une altération. Quant à l'accroissement, il se comprend par l'augmentation des vides qui séparent toujours partiellement les atomes (315 *b*, 5-10). La variété infinie des effets produits par les arrangements des atomes est comparée par Aristote à la diversité des tragédies et des comédies écrites au moyen des mêmes lettres (315 *b*, 14).

L'hypothèse des atomes semble aussi rendre compte de la transparence de certains corps et de l'existence des mixtes. Deux corps se mélangent facilement lorsqu'ils peuvent se pénétrer mutuellement grâce à la petitesse des atomes et aux vides qui les séparent.

Cependant Aristote reproche à l'hypothèse des atomes d'admettre l'existence de corps possédant une grandeur limitée et indivisible. Son réalisme mathématique ne lui permet pas de voir autre chose qu'une pure fiction dans cette limite arbitraire de la grandeur. De plus, comment expliquer par cette hypothèse les diverses propriétés telles que la chaleur, la dureté, ainsi que la grandeur, organiquement limitée, des corps et leur action mutuelle ?

Démocrite, qui semble plus préoccupé que les autres atomistes d'expliquer le détail des faits, a bien imaginé des atomes sphériques ayant la propriété particulière d'être chauds, mais alors il reste très difficile d'expliquer comment le poids du corps ne change pas avec sa température. De plus, Démocrite n'a trouvé aucune explication de la dureté et des autres propriétés. D'ailleurs, si chacune des propriétés que nous observons doit s'expliquer par une figure particulière des atomes, on pourra se demander si leur substance est encore une. Pourquoi les propriétés des atomes ne dépendraient-elles pas de leur masse aussi bien que de leur figure (326 *a*) ?

Devant ces difficultés, Aristote en revient à son hypothèse de la continuité, et il va s'attacher à résoudre le problème de la génération et de la corruption au moyen de cette théorie.

B. HYPOTHÈSE DE LA CONTINUITÉ. Aristote commence par avouer les difficultés de l'entreprise. Si l'on admet que les corps sont indéfiniment divisibles, il faudra admettre qu'on puisse les résoudre en une sciure (316 a, 35) ayant perdu toutes les propriétés du corps, de telle sorte que le corps se sera évanoui dans l'incorporel (316 b, 25). On serait donc conduit à admettre que les corps sensibles contiennent des grandeurs indivisibles. Mais Aristote montre que de l'hypothèse de la continuité il ne résulte pas qu'on puisse diviser infiniment un corps, ni même qu'on doive concevoir cette division comme réellement possible ; en effet, dans la continuité, un point n'est pas consécutif à un autre point ; il nous est donc impossible de diviser le corps par des *divisions contiguës*. Il restera toujours des parties du corps non divisées, car une grandeur n'est pas composée de non-grandeurs (317 a, 9-12 ; 316 b, 5).

De ce point de vue, la différence entre la génération ou la corruption et, d'autre part, l'altération viendra de ce que, dans l'altération, *le sujet* (ou matière) *sensible* demeure le même, alors que certaines de ses qualités passent d'un contraire à un autre, d'un intermédiaire à un autre intermédiaire ; dans la génération, le changement porte sur la chose *prise comme un tout* de telle sorte que rien de sensible ne demeure (319 b, 15), et c'est dans ce cas seulement qu'on peut parler de la génération d'une substance, comme lorsque la semence produit le blé et l'eau, dans son tout, produit de l'air.

Il faut distinguer la génération absolue d'une génération relative, car à chaque qualité correspond une forme et une privation, la forme représentant l'être, la privation, le non-être et, plus une matière est déterminée par sa forme, plus elle est une substance (318 b, 15). Par exemple, le passage au feu est une génération absolue, mais une corruption de quelque chose, à savoir de la terre, tandis que la génération de la terre est une génération relative, et non une génération absolue, mais une corruption absolue, à savoir du feu (318 b, 3-6). Dans toutes les catégories on pourra faire cette distinction et établir la colonne positive des deux contraires (319 a, 14).

Le rôle qu'Aristote attribue à la forme apparaît encore d'une façon plus claire dans la théorie de l'accroissement. Dans ce phénomène, il faut tenir compte de trois caractères : le premier est que toute partie quelconque de la grandeur qui s'accroît devient elle-même plus grande ; le second est que l'accroissement se produit par l'ac-

cession de quelque chose et le troisième, qui le distingue de la génération, est que l'augmenté est conservé et persiste (321 a, 18-22). Or, il est impossible de tenir compte de ces caractères si l'on ne veut pas attribuer le rôle principal à la forme. C'est en effet la forme elle-même qui s'accroît ⁽¹⁾, tandis que la matière continue de s'écouler à travers cette forme agrandie comme si, pour mesurer de l'eau, on choisissait une *autre mesure* et cette mesure fait partie de la forme (321 b, 22-27).

Par exemple, dans la croissance d'un animal, c'est l'animal qui est la cause efficiente de cet accroissement. Il s'empare de la nourriture qui est de la chair en puissance, et la transforme en chair en acte comme le feu déjà existant s'alimente des bûches de bois qu'on y jette en les transformant en flammes.

C'est encore dans la forme qu'il faudra chercher la différence entre l'accroissement et la simple nutrition. Dans l'accroissement, l'aliment est en puissance de la chair de *telle quantité*, de telle sorte que la forme est encore précisée par la quantité (322 a, 22). Et cette forme, dit Aristote, est comme une sorte de conduit, une puissance engagée dans la matière. Si cette forme n'est plus *capable d'agir*, l'assimilation ne se produira plus bien, et il y aura diminution de la quantité. Aristote compare cet affaiblissement de la forme à ce qui se produit lorsqu'on ajoute une trop grande quantité d'eau à un mélange de vin et d'eau de telle sorte qu'il perd sa forme de mélange et devient simplement de l'eau (322 a, 27-33).

C. L'ACTION ET LA PASSION. Aristote pose en principe que la génération et la corruption ne peuvent se produire que sous l'action d'un corps et que cette action comporte toujours un contact, comme entre moteur et mû. Puisque nous avons affaire à des choses corripibles, le contact sera toujours réciproque (voir p. 316).

Les philosophes anciens admettaient que le semblable n'est jamais affecté par le semblable. Seul Démocrite a montré qu'une action ne pouvait se concevoir qu'entre des choses qui comportaient des éléments identiques. Aristote précise que l'agent et le patient sont génériquement identiques et spécifiquement dissemblables (324 a, 6). En effet, deux choses ne se peuvent faire sortir l'une l'autre de leur nature, si elles ne sont ni contraires, ni composées de contraires,

(1) Ceci n'est pas en contradiction avec la fixité de la forme spécifique. La substance passe d'une forme imparfaite à une forme parfaite.

l'agent et le patient ayant en commun une même contrariété (323 b, 27-28).

Il faut appliquer à l'action le même raisonnement qu'au moteur (voir p. 316) et admettre l'existence d'un premier agent, qui soit lui-même impassible. C'est le cas lorsque l'agent et le patient n'ont pas la même matière. Les contrariétés constituant les genres, ont par conséquent la même matière.

En définitive, seules les substances peuvent être actives dans la génération et la corruption ; et l'on ne peut pas, à proprement parler, dire que les fins ou les formes soient actives. Les fins ou les formes sont des sortes d'état (324 b, 17). Ainsi, le feu contient le chaud engagé dans la matière, mais si le chaud pouvait exister séparé de la matière, ce chaud ne pâtirait d'aucune façon. La forme n'existe cependant jamais à l'état séparé, et elle ne peut agir qu'engagée dans la matière, c'est-à-dire à l'état de qualité d'une substance.

Certaines parties d'un corps peuvent être plus actives et passives que d'autres. On reconnaît dans les métaux des sortes de veines continues de passivité qui s'étendent à travers la substance (326 b, 35). Aristote explique ainsi la constitution fibreuse de certains métaux.

D'ailleurs, l'action d'un corps peut se transmettre par contiguité ; le feu chauffe l'air, qui chauffe à son tour des corps éloignés de la flamme.

La génération et la corruption ne résultent pas exclusivement de la réunion et de la séparation ; cependant la division contribue à l'action des corps les uns sur les autres et facilite la corruption. C'est ainsi que le mélange de deux corps est plus facile lorsqu'ils sont liquides que lorsqu'ils sont solides (237 b).

Aristote consacre à la nature des mixtes des remarques ingénieuses. Il les différencie des mélanges apparents en remarquant que leurs parties ne sont plus distinctes, même si l'on suppose à l'observateur le regard de Lyncée. La propriété qui facilite le mélange est celle d'être aisément *limitable* (328 b, 1). Ainsi, les liquides sont généralement limitables, les liquides visqueux ne le sont pas. D'ailleurs un certain équilibre est nécessaire entre les éléments du mixte et ici encore la forme a son rôle à jouer, car l'un des composants peut être seul actif, l'autre fortement passif. Dès lors, le résultat du mélange est simplement un accroissement de volume, l'un des deux éléments déterminant la forme, l'autre jouant le rôle de matière ou de réceptacle (328 b, 10). C'est précisément ce qui arrive pour cer-

tains métaux, l'étain une fois allié au bronze disparaît presque entièrement, sauf quant à la quantité, et il amène seulement une légère différence de coloration.

D. LA GÉNÉRATION DES QUATRE ÉLÉMENTS. Bien que dans la génération et la corruption ce soit la chose tout entière qui change, une matière première y subsiste comme le sujet de tout changement. En effet, la génération d'une chose correspond toujours à la corruption d'une autre. Cette matière première ne peut être sensible puisque sans cela la génération ne serait qu'une altération. Cependant, la matière première est, en puissance, un corps sensible. Celui-ci comporte en outre des contrariétés.

Les éléments, la terre, l'eau, l'air et le feu, qu'Aristote emprunte à la philosophie d'Empédocle, ne peuvent être simplement des contrariétés. En effet, contrairement à la doctrine d'Empédocle, Aristote reconnaît que les éléments se transforment les uns dans les autres. Ce n'est pas le cas des contrariétés, en sorte qu'il faut admettre l'ordre suivant : la matière première, les contrariétés, les quatre éléments formant la matière sensible.

Nous avons vu que les transformations ne pouvaient se faire que par contact ; il en résulte que c'est par leurs propriétés *tangibles* qu'il faudra distinguer les contrariétés qui forment les éléments.

Les contrariétés se rapportant au toucher sont les suivantes : chaud-froid, sec-humide, lourd-léger, dur-mou, visqueux-friable, rugueux-poli, gros-fin. Mais de ces contrariétés, le lourd et le léger ne sont ni passifs ni actifs, un corps n'est pas dit lourd par l'action d'un autre. Or il faut que les éléments soient respectivement actifs et passifs, puisqu'il y a mixtion et transformation réciproques. Par contre, le chaud et le froid, l'humide et le sec, sont des termes dont le premier couple est actif, le second passif (329 *b*, 16-25). Le chaud réunit les choses du même genre, car c'est bien en cela que consiste la purification ; le froid au contraire réunit et rassemble indifféremment les choses homogènes et les choses de genre différent. L'humide n'a pas de limite propre et est facilement délimitable ; le sec a des limites propres mais est difficilement délimitable (329 *b*, 26-33).

Les autres propriétés tangibles dérivent de l'humide et du sec, par exemple, le fin entre en contact comme l'humide, et le gros comme le sec (329 *b*, 34 — 330 *a*, 4).

C'est donc au moyen de ces deux contrariétés que vont se définir

les quatre éléments : le feu est chaud et sec. L'air est chaud et humide, étant une sorte d'exhalaison. L'eau est froide et humide. La terre est froide et sèche. Il est bien entendu qu'aucun des éléments n'est un corps simple, chacun d'eux est un mixte. Le corps simple correspondant au feu aurait pleinement la forme feu, tandis que celui que nous percevons est un corps qui a un excès de chaleur. Ainsi la glace a un excès de froidure (330 *b*, 21-30).

On sait déjà que le feu et l'air se portent vers la limite extérieure de l'univers, la terre et l'eau vers le centre. Le feu et la terre, éléments extrêmes, sont les plus purs, tandis que l'eau et l'air sont intermédiaires et plus mêlés (330 *b*, 33-34). Le feu et l'eau ont des qualités contraires, on peut donc les considérer comme des contraires, et il en est de même de la terre et de l'air. Un élément diffère toujours d'un autre élément par une au moins de ses qualités, la seconde leur étant commune. Ces qualités communes facilitent la transformation entre les éléments. Aristote les appelle souvent des tessères, (σύμβολα). Ainsi les transformations du feu en air, de l'air en eau, de l'eau en terre, et les transformations inverses, sont plus faciles que toutes autres. Cependant, tous les éléments peuvent procéder de tous les autres. Par exemple, quand le chaud de l'air et le sec de la terre auront péri, l'eau en résultera, puisqu'il reste l'humide de l'air et le froid de la terre ; mais quand l'humide de l'air et le froid de la terre auront péri, le feu sera, qui a le chaud de l'air et le sec de la terre. La flamme, en effet, est le feu par excellence, mais la flamme est de la fumée qui brûle et la fumée est constituée d'air et de terre (331 *b*, 25).

Ainsi est constituée la matière sensible, et rien de sensible n'existe avant ces éléments (332 *a*, 26).

Comme le chaud ni le froid ne se rencontrent dans notre expérience en entéléchies, c'est-à-dire pleinement en acte, les corps chauds et froids agiront sur les choses de manière à former des mélanges. Ces intermédiaires agiront suivant qu'ils sont en puissance plus chauds que froids ou le contraire. Il en sera de même du sec et de l'humide qui, par leur mélange, constituent tous les corps que nous pouvons observer. D'ailleurs, les quatre éléments se retrouveront en plus ou moins grande quantité dans tous les corps (335 *a*, 9).

Parmi les quatre éléments, le feu a un rôle particulier ; il est seul à se nourrir, comme c'est depuis longtemps reconnu, et cela tient au fait qu'il est plus que les autres une forme. Il se porte pour cela vers

la limite de l'Univers, car les formes sont de la nature des limites (335 a, 22).

Nous avons vu ainsi la cause matérielle, la cause formelle et la cause finale de la transformation des quatre éléments. D'après ce que nous rapporte Platon dans le *Phédon*, Socrate pensait que ces causes suffisent, c'est-à-dire que les idées sont une cause nécessaire et suffisante de la génération et de la corruption. Mais, si les idées étaient cause, pourquoi n'engendreraient-elles pas toujours et d'une façon continue ? Elles sont en effet éternelles. Or, nous constatons qu'il n'en est rien. Une chose naît à un certain moment et non à d'autres (335 b, 9-23).

A l'opposé de cette doctrine, il y a des philosophes qui pensent que la cause matérielle suffit et que certaines conditions étant données, la génération en résulte nécessairement. Ces philosophes confèrent ainsi aux corps la puissance qui opère la génération. C'est confondre la puissance véritable avec ses instruments. Comme il est de la nature du chaud de séparer et de celle du froid de réunir, c'est à partir de ces contraires, et par leur action, qu'ils expliquent la génération et la corruption de tout le reste. Mais le feu est pourtant lui-même mâ et patient. On voit qu'il faut de toute évidence recourir à une cause efficiente pour rendre compte d'une façon complète de la transformation des éléments (335 b, 24 — 336 a, 13).

E. LA CAUSE EFFICIENTE : LE SOLEIL. Dans le livre VIII de la *Physique*, Aristote a montré qu'il fallait admettre des choses toujours en repos, d'autres toujours mues, d'autres enfin tantôt au repos et tantôt mues (254 a, 21-22). Pour expliquer cet état, Aristote reconnaît l'existence d'un premier moteur immobile agissant sur la sphère du premier ciel pour lui donner un mouvement de rotation uniforme et continu, le moteur immobile donnant toujours le même et unique mouvement et de la même manière. Le premier ciel transmet ce mouvement jusqu'aux choses corruptibles dont le rapport aux autres choses corruptibles est variable. Il en résultera que ces choses ne seront pas cause d'un mouvement identique, mais, qu'elles seront tantôt en repos, tantôt en mouvement (260 a, 5-10).

Aristote explique ainsi que la génération est continue. La translation éternelle produira la génération d'une façon ininterrompue. Mais le mouvement de translation circulaire uniforme ferait supposer qu'il ne peut se produire qu'une sorte de changement, soit la géné-

ration, soit la corruption, puisque par nature la même cause produit toujours le même effet (336 a, 27). Il faut donc qu'il existe des mouvements contraires dans la cause qui produit les deux effets.

Le Soleil n'a pas seulement un mouvement de translation circulaire uniforme. Son mouvement sur l'Ecliptique entraîne comme conséquences que le Soleil tantôt s'éloigne et tantôt se rapproche, sa distance étant inégale (336 b, 4-6). Ainsi la continuité du mouvement a pour cause la translation du Ciel tout entier, mais le mouvement de rapprochement et d'éloignement du Soleil a pour cause son inclinaison sur l'Ecliptique.

Si le Soleil donne lieu à la génération par son rapprochement et sa proximité, il donnera au contraire lieu à la corruption par son éloignement, c'est pourquoi les durées et les vies des différentes espèces de vivants ont un nombre ; car pour toutes choses il y a un ordre et toute vie et toute durée sont mesurées par une période (236 b, 12-13).

Enfin, pour expliquer que toutes les choses n'ont pas la même durée, il suffit de rappeler que leur matière étant irrégulière et n'étant pas partout la même, nécessairement leurs générations sont aussi irrégulières, les unes trop rapides, les autres trop lentes. Il en résulte ce que nous observons, par le fait que la génération irrégulière des unes est la corruption irrégulière des autres. Ainsi la génération et la corruption seront continues, et jamais elles ne feront défaut (336 b, 22-26).

La nature tend toujours vers le meilleur (336 b, 28). Cependant, l'Etre ne peut appartenir à toutes choses au même degré, parce que les choses sont plus ou moins éloignées de leur principe. Ainsi Dieu a réalisé la perfection de l'Univers en faisant la génération ininterrompue, car l'enchaînement le plus rigoureux possible sera assuré à l'existence : ce qui se rapproche le plus de l'être éternel, c'est que la génération elle-même se refasse toujours (236 b, 34). C'est pourquoi toutes les choses qui se transforment réciproquement l'une dans l'autre en vertu de leurs affections et de leurs puissances, imitent la transformation circulaire. En effet, quand l'eau se change en air, l'air en feu, et que le feu se change à son tour en eau, nous disons que la génération a fermé le cercle, parce qu'elle revient à son point de départ. Il en résulte que la translation rectiligne n'est continue que par imitation du mouvement circulaire (337 a, 2-7). On peut ainsi expliquer que les quatre éléments ne se soient pas depuis longtemps séparés les uns des autres et ne soient pas en repos dans leur lieu, car leur transformation se fait grâce à la translation envisagée dans sa dua-

lité, de sorte que nul d'entre eux ne peut rester en aucun des lieux qui lui est assigné (337 *a*, 12-14).

On peut se demander si ce que nous venons de dire de la génération et de la corruption des choses n'entraîne pas une contingence irréductible de la nature. Car si des choses sont capables d'être ou de ne pas être, leur génération est contingente. Ce qui est nécessairement est aussi ce qui est toujours, puisque ce qui est nécessaire ne peut pas ne pas être (337 *b*, 35-36). Mais, dans les choses corruptibles, la génération sera nécessaire dans la mesure où cette génération se produira circulairement et reviendra à son point de départ (338 *a*, 4-5 ; 14-15). Ainsi, de l'existence de la translation du premier Ciel, il suit que le Soleil est mû circulairement d'une façon déterminée. Puisque le Soleil accomplit ainsi sa révolution, les saisons ont une génération circulaire et, de même, à leur tour, toutes les choses qui en dépendent seront engendrées circulairement. Il y a, pour les choses incorruptibles, une identité dans leur substance qu'on pourrait nommer individuelle ou numérique ; au contraire, pour les choses corruptibles, le retour des choses constituera une identité spécifique. C'est pourquoi l'eau qui vient de l'air, et l'air de l'eau, sont identiques spécifiquement et non numériquement : il y a un tout supérieur aux éléments (338 *b*, 15-17).

Le mouvement est éternel : impérissable et indéfectible, il appartient aux êtres comme une sorte de vie pour tout ce qui existe dans la nature (250 *b*, 14-15).

CONCLUSION :

LA PHYSIQUE D'ARISTOTE ET LA PHYSIQUE MODERNE

§ 1. REMARQUES TECHNIQUES. — La lecture des ouvrages d'Aristote relatifs à la physique convainc, je crois, le lecteur que ce philosophe est un observateur attentif, exact et incapable de modifier les observations qu'il fait en vue de les voir cadrer avec ses idées directrices. Si les faits qu'il rapporte nous semblent souvent éloignés de ce que nous enseigne la science actuelle, c'est tout d'abord qu'une masse de faits ont été découverts par la recherche expérimentale, de sorte que nous nous faisons une tout autre idée de l'ensemble des

phénomènes. Il est donc vain d'adresser à Aristote un reproche plutôt qu'un autre et on peut considérer, au contraire, l'exposé d'Aristote comme présentant un recensement fidèle des faits connus à son époque⁽¹⁾. Cet exposé présente l'avantage unique de nous permettre de distinguer ce qui appartient à la connaissance commune et ce qui a exigé la recherche spéciale du savant et de l'inventeur.

Mais il y a, dans la *Physique* d'Aristote, des faits qui dépassent certainement cette observation commune et qui ont servi d'amorce à des développements scientifiques d'une valeur incontestable. Parmi eux, il faut ranger les relations énoncées entre la force, le poids (ou la masse) et la vitesse (p. 317 à 318). Ces relations ne constituent pas, loin de là, une loi générale en dynamique, mais elles sont vraies dans des cas particuliers importants, ainsi dans le choc des corps, dont Descartes faisait encore la loi universelle de la mécanique. De plus, comme nous l'avons dit (p. 318), ces relations s'appliquent au levier. Il est curieux de constater que, dans les *Mécaniques*⁽²⁾ de Galilée, ouvrage publié pour la première fois en français par le Père Mersenne, à Paris 1634, une note du traducteur reproduit l'explication des lois du levier donnée dans les *Mechanica* et dont nous avons parlé au même endroit.

Dans ce dernier ouvrage, inspiré directement d'Aristote, la loi du levier est étendue à plusieurs machines simples, entre autres au coin. Sa généralité est donc constatée.

Dans *Les origines de la statique* (tome I), Duhem expose les recherches de Jordanus de Nemore au XIII^e siècle. Elles ont aussi pour point de départ la loi des vitesses. Mais cette loi est corrigée par la considération d'une *gravité de situation*, d'où résulte une descente plus ou moins directe⁽³⁾. Si cependant on applique la règle ainsi énoncée au levier coudé, elle se trouve en défaut à moins que le déplacement considéré ne soit supposé infiniment petit. Cette remarque a été faite pour la première fois dans sa généralité par Descartes⁽⁴⁾. C'est ainsi que s'est élaborée, par une succession de chercheurs parmi lesquels il faut citer Léonard de Vinci et le maître inconnu de celui-ci, la notion de travail virtuel, l'une des plus profondes et des plus fécondes de la science moderne.

La densité des corps, dont Aristote avait senti toute l'importance,

(1) Voir en particulier les scrupules « positifs » qui l'ont empêché de se rallier à l'atomisme, L. BRUNSCHVIG, *op. cit.*, p. 125-127. — (2) E. JOUGUET, *Lectures de mécanique*, t. I, p. 35. — (3) *Ibid.*, t. I, p. 63. — (4) *Ibid.*, t. I, p. 72-73.

et qu'il considérait comme la cause de l'existence des graves et des légers (voir p. 311 et 322), a aussi suscité des recherches et nous en avons la preuve par les écrits de Straton de Lampsaque mort vers 270, c'est-à-dire cinquante ans après Aristote⁽¹⁾.

D'ailleurs, la lecture de la *Physique* est propre à nous faire comprendre l'importance du principe d'Archimède, dont l'ignorance a causé à Aristote le plus grand embarras. Comme nous le verrons tout à l'heure, la connaissance de ce principe aurait amené des transformations profondes dans la *Physique*.

La généralité, si constamment affirmée par Aristote, de la transformation des quatre éléments contient en germe la loi physique des trois états de la matière. Et si l'on songe qu'Aristote ne connaissait pas d'autre gaz que l'air, on se convaincra que c'était la seule forme qu'Aristote pouvait donner à cette loi. Il ne pouvait distinguer les phénomènes physiques des transformations chimiques. On le voit encore lorsqu'il rapproche les changements d'états des effets de la combustion dans les exemples que nous avons indiqués.

Il n'y a rien de curieux à ce qu'il ait considéré l'incandescence comme un état semblable aux états solide, liquide ou gazeux de la matière.

L'effet de la chaleur et son importance dans cette transformation sont aussi remarquablement mis en évidence.

Il y a des erreurs de faits dans les observations qui nous sont rapportées dans la *Physique*, par exemple cette affirmation que plus un corps est lourd, plus est grande sa vitesse dans le mouvement de chute. Mais on sait qu'il a fallu attendre les expériences de Galilée pour découvrir cette erreur. Elle repose d'ailleurs en partie sur des observations justes et Aristote en cherchait la cause dans la résistance de l'air qui explique les faits observés.

C'est Galilée qui a découvert que le mouvement de chute se continuait dans le mouvement d'un projectile et qui a calculé sa trajectoire parabolique en admettant le principe d'inertie et le principe de l'indépendance des effets des causes agissantes. C'est évidemment par ignorance de ces principes qu'Aristote a commis les erreurs les plus significatives et c'est là, pour celui qui enseigne la mécanique, un précieux avertissement et une confirmation des expériences qu'il fait dans son enseignement. Les conséquences de ces principes ne

(1) RODIER, *La Physique de Straton de Lampsaque*, Paris, 1890.

peuvent être aperçues par le débutant et elles donnent parfois lieu à des confusions qui ne sont pas toujours clairement évitées dans certains ouvrages d'enseignement ⁽¹⁾. Il ne serait donc pas paradoxal de prétendre que les erreurs de ce grand observateur qu'était Aristote nous sont utiles pour mieux comprendre les fondements de la physique.

D'une manière plus générale, l'idée de la fixité des formes et celle des potentiels de changement relatifs à ces formes, ont permis de préciser bien des observations, dans le domaine de la biologie surtout, mais aussi dans des questions de physique. Cette idée de la forme est encore actuellement utile, ainsi, le professeur R. Matthey, de l'Université de Lausanne, résumait l'œuvre d'Emile Guyénot en disant qu'elle est dominée par le problème de la forme, le plus général en biologie. « Derrière toutes les inconnues biologiques se dresse un mystère unique : ce qui semble la propriété la plus originale de la vie, c'est cette édification d'une forme spécifique, maintenue semblable à elle-même, à travers des générations innombrables et ressuscitant sans cesse » ⁽²⁾.

De même en chimie, la question des mixtes et de leurs éléments définis par une forme fixe, a suscité des recherches qui ont certainement aidé à la constitution de l'idée de corps chimiquement simples.

Mais nous abordons ainsi l'examen de l'influence des idées philosophiques d'Aristote sur la manière particulière dont il présente les faits.

§ 2. RÔLE DES CONCEPTIONS GÉNÉRALES D'ARISTOTE. — Si l'on jette un coup d'œil sur le développement de la science, on peut dire que les idées fondamentales qui se rattachent à Aristote sont : l'existence d'un premier moteur immobile, immuable, éternel, communiquant son mouvement à tout l'Univers ; l'inexistence du vide ; la fixité des espèces végétales et animales et la recherche des essences qui en résultent ; l'existence des causes finales et l'application du principe du meilleur. Or, il semble qu'aucune de ces idées ne subsiste dans notre science. Si cependant, comme nous l'admettons, les faits observés par Aristote concordent avec ceux que nous constatons, il faut bien croire que cette opposition provient d'une différence dans les conceptions fondamentales.

Si le premier moteur apparaît tout à fait inutile au physicien moderne, c'est que celui-ci découvre le mouvement à la base de tous les

(1) Voir le rapport de M. MEISSNER, *Zum Mechanik-Unterricht an der Mittelschule*, 54^e Annuaire de la Société suisse des professeurs de gymnase (Aarau, 1926).

— (2) R. MATTHEY, *Emile Guyénot : La forme de la vie*. Gazette de Lausanne, 14 mars 1933.

phénomènes qu'il étudie quelle que soit l'échelle de grandeur du phénomène. La Mécanique ondulatoire constate le mouvement à la base même de l'existence de l'atome et l'astronome est obligé d'admettre que les nébuleuses spirales sont animées de vitesses radiales de l'ordre de mille kilomètres par seconde. Le physicien admettra donc l'existence du mouvement comme une réalité qui n'est plus à expliquer et ce sera au contraire la stabilité de certaines structures qui lui apparaîtra comme le problème le plus important que la physique ait à résoudre. Le point de vue est exactement inverse de celui auquel se plaçait Aristote, qui se croyait en présence de formes fixes et cherchait à expliquer le mouvement naturel.

De cette première opposition en résulte une seconde. En effet, si les formes fixes sont le point de départ de la science, le hasard nous apparaît comme un phénomène accidentel et qui ne saurait, par lui-même, expliquer aucune de ces formes. Il sera seulement invoqué pour expliquer comment ces formes ne peuvent pas rendre compte de tant de faits qui ne sont liés à elles par aucun lien logique. Au contraire, si c'est le mouvement qui apparaît comme le point de départ du physicien, l'idée s'imposera que la variété des mouvements ne s'oppose pas à l'existence de certains effets généraux résultant constamment de ces mouvements. Cette remarque a conduit aux fameuses lois du hasard. D'où vient que certains savants espèrent expliquer toute la nature par les effets inattendus de mouvements prodigieusement compliqués.

Bien plus, le calcul des probabilités s'est introduit à la base même de la physique. Non seulement les physiciens ont réussi à rendre compte par son moyen des lois auxquelles obéissent les gaz, mais on n'a pu obtenir une interprétation des quanta découverts dans les phénomènes de rayonnement, que par son moyen. Or, les quanta sont actuellement à la base de la théorie de l'atome, de sorte que la Mécanique ondulatoire comme la Mécanique des matrices ont pour but de calculer une probabilité⁽¹⁾.

Mais chose digne de remarque, cette probabilité correspond à une structure de l'atome⁽²⁾ ; de telle sorte que l'idée de forme, proche

(1) Nous faisons allusion à l'interprétation que Born a donnée des fonctions propres fournies par l'équation de Schrödinger. Cf. Eug. BLOCH, *L'ancienne et la nouvelle théorie des quanta*. Paris, Hermann, 1930, p. 315 s. ; 359. — (2) Voir A. BERTHOUD, *Matière et atomes*. 2^e éd., Paris, Doin, 1932, p. 307-313 ; ainsi que les remarques de G. JUVET sur la structure des groupes de la physique dans *La structure des nouvelles théories physiques*. Paris, Alcan, 1933, p. 169-174.

parente de l'idée d'une structure, se trouve traduite en termes mathématiques, grâce aux lois du hasard. Evidemment, cela est en opposition complète avec ce que pouvait concevoir Aristote.

A travers toute la philosophie de celui-ci, on peut constater une tendance marquée vers un substantialisme, qu'on appelle souvent le réalisme d'Aristote. C'est à cette tendance qu'il faut rattacher l'affirmation que le *vide* ne peut être que l'idée abstraite de la place d'un corps sensible, et celle-ci que l'infini ne peut exister en acte. C'est dire que les idées d'Aristote sur la continuité absolue d'un Univers fini et la nécessité d'un premier moteur immobile dépendent bien plus de ses conceptions générales que de ses observations. Mais les conséquences de ses idées se font sentir très profondément dans sa *Physique* et orientent celle-ci dans un sens directement opposé à la physique moderne.

Nous avons vu qu'il était impossible à Aristote de reconnaître la fixité de la masse et de la densité d'un corps. En effet, le poids d'un corps dépend du milieu dans lequel se trouve ce corps et il fallait pour concevoir l'idée d'un poids fixe admettre l'idée du poids dans le vide. Il est curieux de constater l'effet historique du lien logique qui existe entre le principe d'Archimède et l'affirmation de l'existence possible du vide.

Il semble bien pourtant qu'Aristote ait soupçonné quelque chose comme une conservation de la masse à travers les transformations des quatre éléments. Mais il ne pouvait se faire aucune idée précise relative à la masse, qu'il mesure souvent par le volume du corps.

D'ailleurs l'idée de matière est, pour Aristote, d'origine logique ; c'est une notion relative comme celle de genre. Puisqu'elle peut être appliquée à la détermination de n'importe quel objet, on ne peut la douer d'un caractère fixe. La matière première ne représente que l'idée d'un potentiel de changement. Admettre un caractère constant de la matière et donner ainsi une forme précise à la continuité qu'Aristote soupçonnait dans les transformations des quatre éléments, c'eût été donner à la matière première *une forme* et cela est tout à fait impossible si la matière s'oppose logiquement à l'idée de forme.

Ainsi, par ses observations (qui ne l'avaient pas conduit au principe d'Archimède), pas plus que par sa conception logique de la physique, Aristote ne pouvait parvenir à l'idée de la conservation *d'une quantité* dans les transformations naturelles. Il paraît dès lors un peu vain de reprocher à Aristote de n'avoir pas conçu la physique en rap-

port plus direct avec les mathématiques. Mais aussi, il faudra reconnaître que la *Physique* d'Aristote ne pourra être qu'une physique des qualités (voir note p. 314).

Aristote ne conçoit un moteur que réalisé dans une substance. De plus, il applique au moteur la distinction logique du possible et de l'acte. Il conçoit dès lors l'action des corps les uns sur les autres comme impliquant un contact. On comprend ainsi les difficultés qui se sont présentées dans l'étude du mouvement d'un projectile. Mais il en est résulté de bien plus grandes quand Aristote a voulu expliquer l'action des formes sur les substances, cette action ne pouvant être *motrice* que si la forme est dans une substance. Jamais Aristote n'a pu tirer au clair la notion d'action mécanique ; elle ne se séparait, dans son esprit, ni de l'idée de substance, ni de celle de fin. Le chemin qui aurait pu le conduire à l'idée de *force*, telle qu'elle est conçue dans la physique moderne, paraît donc très long et embarrassé de difficultés de toutes sortes.

§ 3. RÔLE DE LA LOGIQUE. — C'est sous le rapport du rôle assigné à la logique qu'il me semble le plus intéressant de comparer la *Physique* d'Aristote à la physique moderne. Avec les notions de substance et de qualité, de forme et de matière, de puissance et d'acte, on voit qu'Aristote a emprunté tous les principes de sa *Physique* à la logique ⁽¹⁾. Dans Aristote lui-même, cette logique ne sert que de cadre à l'observation et il ne semble pas que la première l'ait détourné de la seconde. Mais si la théorie de la physique est de pure logique, et si l'on considère comme suffisants pour l'explication des phénomènes les principes logiques énoncés, on sera conduit à considérer l'observation attentive des faits comme inutile. C'est bien là le danger qui a constamment menacé la physique aristotélicienne au cours de son histoire et qui lui a été sans doute fatal.

Les principes et les notions fondamentales de la physique moderne ne sont pas d'origine logique et l'évolution de cette science montre de plus en plus que le lien de la logique et de la science n'est pas celui que prétendait vérifier Aristote.

Pour faire comprendre cette affirmation, choisissons l'exemple de la notion de force telle qu'elle s'est développée à partir des expériences de Galilée sur la chute des corps.

(1) On l'a déjà dit : « La logique, sous sa forme la plus primitive, peut être envisagée comme une physique de l'objet quelconque ». F. GONSETH, *La vérité mathématique et la réalité*. Dans l'Enseignement mathématique, 31^e année, 1932, p. 102.

Pour élaborer simplement l'idée de ses expériences, Galilée a dû renoncer à chercher les *causes* de la chute des corps. Il a dû fixer son attention exclusivement sur ce qu'il y avait de commun dans tous les phénomènes de chute et pour cela acquérir l'idée des modifications qu'on pouvait faire subir à la chute d'un corps sans changer ce caractère commun. Il fut ainsi amené à l'étude du mouvement d'un corps sur un plan incliné.

Galilée connaissait deux hypothèses qui avaient été émises sur la relation des temps et des espaces parcourus dans le mouvement de chute : la vitesse pouvait dépendre directement, soit de l'espace parcouru, soit du temps. De la première hypothèse exprimée mathématiquement, il conclut qu'il devrait y avoir des espaces parcourus en un temps nul. Cela lui fit rejeter la première hypothèse et l'engagea à soumettre la seconde à l'épreuve de l'expérience.

Il ne put dégager complètement la signification de son observation qu'en élaborant la notion d'accélération, encore confuse pour Aristote.

C'est bien des années plus tard, dans la dernière période de sa vie, que Galilée mit ses expériences en rapport avec la notion de poids. Il remarqua qu'on pouvait établir une relation entre la valeur de l'accélération, constante sur un plan incliné, et le poids qu'il faut pour retenir le mobile sur ce plan. Ces deux quantités sont constantes pour une même inclinaison et elles varient proportionnellement au sinus de l'angle du plan avec l'horizontale. Il en conclut qu'une force constante crée une accélération constante ⁽¹⁾.

De cette affirmation découle le principe d'inertie que Galilée n'a pas compris dans toute sa généralité et qui avait été énoncé par Descartes en suivant un autre chemin ⁽²⁾.

C'est en établissant un lien entre l'idée de poids et celle d'accélération que Galilée est parvenu à saisir le fondement véritable de l'idée de force.

Mais la loi fondamentale de la dynamique n'était pas complètement découverte, puisqu'il fallait encore établir le rapport numérique entre la force et l'accélération, et la signification physique de ce rapport. Ce fut l'œuvre de Newton et elle nécessita l'élaboration de la notion de masse.

Ces trois notions d'accélération, de force et de masse, sont liées par une relation qui entre dans la définition même des notions de force

(1) E. JOUGUET, *Lectures de mécanique*. T. I, p. 103-104. — (2) *Ibid.*, p. 81 82 et 111.

et de masse. Il en résulte qu'aucune des deux notions n'est définissable intrinsèquement. Cette constatation n'est pas conciliable avec la logique d'Aristote qui suppose toujours les jugements établis entre des notions logiquement indépendantes.

Le développement de la science exige donc, dès le début, une réforme profonde de la logique d'Aristote. Ce n'est plus le concept qui peut servir de base à la logique. « Le concept isolé n'est rien, dit H. Delacroix, tout concept est un jugement ébauché⁽¹⁾ ». Donc, dit Couturat, « tandis que la logique classique reposait tout entière sur la notion fondamentale de concept, la logistique considère cette notion comme complexe et dérivée et, conformément à l'esprit de la logique moderne, la subordonne à la notion de jugement qui est beaucoup plus générale et vraiment primordiale⁽²⁾ ». Cette réforme était déjà incluse dans les raisonnements de Galilée et de Newton.

A ce point de vue, la logique ne doit pas être considérée comme une branche indépendante de la science, construite avant celle-ci, et que la science devrait appliquer dans un domaine, simplement différent du domaine du sens commun. La logique se bâtit au contraire en même temps que la science ; la construction de l'une est réellement la construction de l'autre. Nous en avons, semble-t-il, une preuve nouvelle dans les difficultés qui ont surgi lorsqu'on a appliqué le principe du tiers exclu à l'existence de termes définis dans une série infinie. Le mathématicien Brouwer conclut à une nouvelle limitation du domaine d'application de ce principe⁽³⁾.

Dans des expériences significatives, comme celles de Galilée concernant le mouvement d'un corps glissant sur un plan incliné, l'unité ne peut plus être découverte au moyen de relations logiques entre des essences définies. Même la notion de cause est parfois absente de la pensée du savant qui découvre cette unité. Celle-ci ne peut s'exprimer que par une relation mathématique entre phénomènes mesurables. Il résulte de là que la définition logique est le plus souvent remplacée par une méthode de mesure. Ce procédé ne changerait sans doute pas grand'chose aux habitudes de la logique. Mais il arrive

(1) Cité par Arnold REYMOND, *Les principes de la logique*. Paris, Boivin, 1932, p. 78. — (2) Id., p. 78 s. — (3) Le domaine défini par ce que Hilbert appelle une théorie incomplète. Cf. J. HERBRAND, *Les bases de la logique hilbertienne*, Revue de métaphysique et de morale, t. XXXVII (n° 2, 1930), p. 253. On sait qu'Aristote limitait déjà l'emploi de ce principe. Cf. J. LARGUIER DES BANCELS, *La logique d'Aristote et le principe du tiers exclu*. Dans la Revue de théologie et de philosophie, Lausanne, 1926, p. 120 s.

le plus souvent qu'une notion ne correspond pas à une seule méthode de mesure. La notion découverte dans une expérience s'est trouvée utile dans une autre, et elle entre ainsi dans une nouvelle relation mathématique, qui permet de la définir par une nouvelle méthode de mesure. On peut en particulier constater la chose sur la notion de masse.

Il arrive ainsi que la science est constituée par un grand nombre d'implications impossibles à ranger dans un ordre linéaire. Les savants modernes, pour mettre en évidence ces implications, ont créé la science de l'axiomatique et l'on est obligé, dès lors, de reconnaître que la hiérarchie des sciences a changé. Tandis que l'évolution de la pensée d'Aristote s'était faite à partir des mathématiques, à travers la logique, pour atteindre la physique, le savant moderne, prenant pour base les mathématiques, étudie la physique et ce n'est que pour le couronnement de l'œuvre qu'il s'appliquera à la logique.

Si la logique aristotélicienne a pu pénétrer assez profondément dans la physique, c'est grâce à l'idée de cause. Il est facile de donner une définition d'un siège, d'une table, d'organes, de la santé et de la maladie par leur but, par leurs fonctions, que nous apercevons clairement. Il est de même facile de définir l'éclipse, l'octave, la raréfaction et la condensation, lorsqu'on connaît la cause efficiente du phénomène. Réciproquement, l'application de l'idée de cause comporte la possibilité de séparer les choses et de considérer leur existence comme des données indépendantes ; il faut, en effet, distinguer un agent et un patient.

Or, nous venons de le voir, il est impossible de faire en particulier cette distinction dans le cas du mouvement, car la force et la masse sont des notions qui s'impliquent. Elles constituent, bien plutôt, des « caractéristiques déterminantes » du mouvement, comme les appelle E. Mach, dans son admirable ouvrage sur *La mécanique*⁽¹⁾.

Mais que devient, sans l'idée de cause, la logique dans son application à la physique ?

§ 4. PROBLÈME DE LA CAUSALITÉ. — Il faut d'abord le remarquer : le rôle que l'axiomatique assigne à la logique dans la science moderne semble être celui d'un contrôle. L'axiomatique considère en effet une théorie scientifique comme une donnée dont il s'agit de définir

(1) E. MACH, *La mécanique*. Trad. E. Bertrand, introd. de E. Piccard. Paris, Hermann, 1904.

le caractère logique. Le professeur Gonseth dans un article « Sur le rôle de l'axiomatique dans la physique moderne » décrit très bien l'aspect que prend la méthode axiomatique dans ses applications à la physique. Supposons qu'on enseigne la géométrie élémentaire en commençant par une sorte de géométrie expérimentale : « l'élève dessine et construit dans le réel, avec du papier, des ciseaux et de la colle, des figures et des corps simples. Pendant ce stade préparatoire, les premières notions de géométrie, de ligne droite, de mouvement, de symétrie, prennent corps, sont intuitivement fondées. Et c'est seulement lorsque ce fondement intuitif a suffisamment de cohérence et de consistance que le travail logique doit intervenir. On peut alors passer résolument aux notions abstraites correspondant aux notions intuitives qui ont été d'abord invoquées.

» Or c'est à ce moment précis qu'intervient la méthode axiomatique. Les concepts abstraits de point, de ligne, d'angle, etc., sont à accepter comme concepts fondamentaux, qu'il ne faut pas chercher à réduire à d'autres concepts plus primitifs encore. Et certaines observations, qu'on a enregistrées dans le stade intuitif, sont à remplacer par certaines relations abstraites entre les concepts fondamentaux. Ces relations sont *les axiomes* qu'il faut accepter sans velléité de démonstration... parce que toute possibilité de démontrer quoi que ce soit fait encore défaut.

» Sur cette base axiomatiquement acceptée et intuitivement fondée, tout l'édifice de la géométrie s'élève ensuite, construit par les seuls moyens du raisonnement logique et de la démonstration purement abstraite. »⁽¹⁾

Voyons maintenant comment procède le physicien : « Il commence en général par accumuler et analyser des sensations, sensations qui lui viennent du monde extérieur par le canal de ses sens aidés de ses instruments.

» Il ordonnera et coordonnera ses observations selon des lois qui tout d'abord seront surtout empiriques. Mais dès l'instant où il cherchera à édifier la théorie d'un phénomène, il se trouvera exactement dans la même situation que notre professeur de mathématiques de tout à l'heure. Les concepts qui figurent dans une théorie sont aux nombres mesurés, aux coïncidences observées dans le réel, dans le

(1) F. GONSETH, *Sur le rôle de l'axiomatique dans la physique moderne*. L'enseignement mathématique. Paris et Genève, 1928, p. 204-205.

même rapport — en principe naturellement — que le sont les concepts intuitifs de la géométrie aux notions fondamentales axiomatiquement acceptées...

» Il n'y a point de différence de principe entre le rôle que jouent les concepts fondamentaux et les relations primitives ou axiomes dans la géométrie et dans la physique. »⁽¹⁾

Quant au caractère des axiomes, il est entièrement différent dans l'ancienne conception de la science et dans l'axiomatique, car de ce caractère l'évidence a disparu et M. Gonseth cite en exemple un axiome de la théorie de M. Hermann Weyl : « La grandeur physique est une grandeur mathématique, dont chaque composante ne peut prendre qu'un système déterminé de valeurs avec une probabilité variable selon les cas »⁽²⁾.

La théorie des groupes qui permet une classification rationnelle des propriétés des fonctions, comme aussi une classification rationnelle des géométries, s'est introduite dans la physique à la suite des travaux de H.-A. Lorentz. M. Weyl a montré le rôle important de cette théorie dans la construction de l'axiomatique appliquée à la physique⁽³⁾.

De l'axiomatique, l'idée de cause est absente, car cette discipline se fonde sur un certain nombre de concepts, dont le physicien reconnaît la correspondance dans le monde sensible, et sur des axiomes qui permettent l'établissement des équations fondamentales qu'il suffira ensuite d'appliquer. La physique se réduit, dans ces conditions, à des relations mathématiques entre des grandeurs et à des méthodes de mesure.

Sans doute, Aristote attribue aussi à la logique cette fonction d'un contrôle exercé sur les raisonnements de l'observateur, puisque le but de la physique lui apparaît comme la construction d'un syllogisme qui permet de donner une définition causale de la chose observée. Mais, dans sa *Physique*, la logique prend un autre rôle encore, puisque c'est d'elle qu'il tire les principes de cette science. La logique est essentiellement pour lui une méthode de recherche. Elle doit diriger l'observateur en lui rappelant les questions qu'il a à résoudre et en lui donnant le cadre des solutions qu'il devra trouver. La théorie des quatre causes joue pour lui ce rôle d'une méthode de

(1) *Ibid.*, p. 206. — (2) *Ibid.*, p. 212. — (3) Sur les idées de M. Weyl, voir l'ouvrage cité de G. JUVET. Voir aussi, du même auteur, *Quelques aspects de la mécanique ondulatoire et de la théorie des quanta*. Lausanne, Rouge, 1930, p. 25-28.

recherche⁽¹⁾. Elle lui rappelle constamment les analogies des phénomènes qu'il observe avec le monde familier de la pratique journalière. Or, tout le monde sait le rôle énorme de l'analogie dans la découverte scientifique, comme aussi dans la formation des notions fondamentales que le physicien utilise dans l'étude des groupes de phénomènes relativement nouveaux pour lui.

Il est évident que les notions fondamentales auxquelles recourt un *chercheur* moderne ne sont plus les mêmes que celles qui sont à la base de la physique aristotélicienne, mais la logique n'en est pas aussi différente qu'il semble au premier abord ; comme nous l'avons rappelé dans la première partie de cet exposé (p. 296-297), l'observateur fixe son attention sur un groupe de phénomènes qui lui apparaissent comme formant un tout indépendant. Cette opération implique, par elle-même, des notions voisines de celles qu'Aristote introduit sous le nom de cause efficiente et même de cause finale.

Dans la construction rationnelle qui va de l'expérimentation directe jusqu'à la création d'une théorie axiomatique, les notions utilisées au début jouent longtemps encore un rôle. C'est ainsi que se sont élaborées les idées d'action et de cause mécaniques qui ont si longtemps dirigé les recherches de l'astronome et du physicien. Qu'on se rappelle le principe du déterminisme absolu qui a été si souvent présenté comme l'axiome fondamental de toute science.

L'idée de cause mécanique semble avoir disparu, soit des théories fondées sur le principe de relativité, soit de celles fondées sur la statistique et le calcul des probabilités. Peut-être cependant qu'à y regarder de près, on en retrouverait la trace profonde dans ces théories⁽²⁾.

Il serait intéressant d'étudier le rôle de la cause finale dans la physique moderne. L'application du calcul des variations à la physique semble reposer sur la considération d'un phénomène dans sa totalité. Considérons par exemple le principe de Fermat ; il peut s'exprimer en disant que la lumière met toujours le temps le plus court pour parvenir d'un point à un autre à travers les divers milieux qui modifient sa vitesse. On peut déduire de ce principe les lois de la réflexion et de la réfraction de la lumière. Or, pour choisir ce chemin

(1) A ce point de vue la logique d'Aristote est à rapprocher des méthodes d'induction qui lui ont été opposées par F. Bacon et par John Stuart Mill. —

(2) Voir par exemple les remarques de A. BERTHOUD au sujet de l'indétermination qui résulte des données statistiques (*Matière et Atomes*, 2^e éd. 1932, p. 312-313) et les remarques de W. RIVIER sur la causalité dans la théorie de la relativité (*Essai sur la simultanéité à distance*, Bruxelles, 1932, p. 70).

qui l'amène dans le temps le plus court d'un point à un autre, la lumière doit, pour ainsi dire, connaître l'ensemble de son trajet en vue du point qu'elle doit atteindre.

Dans la mécanique, on trouve des principes de ce genre, ainsi le principe de moindre action, énoncé par Maupertuis et précisé par Lazare Carnot ⁽¹⁾, le principe de R. Hamilton, qui en est voisin, et le principe de moindre contrainte de Gauss. On sait que l'expression mathématique de ces principes peut se déduire des équations générales de la mécanique, de l'équation de d'Alembert par exemple, qui ne fait intervenir en aucune façon la finalité. On constate, sur cet exemple, que la cause finale peut s'accorder avec les principes de la mécanique, mais qu'en réalité elle n'est pas nécessaire et permet seulement de présenter ces principes sous une forme frappante et remarquablement suggestive. Ce n'est pas par hasard que la mécanique classique a été généralisée dans la mécanique ondulatoire, en prenant pour base l'un des principes cités, et l'on peut conclure que la cause finale a donné sa forme à l'équation fondamentale de celle-ci.

Il faut conclure de ces remarques que l'idée de cause et la logique qui y est impliquée ont encore un rôle important à jouer dans la découverte des phénomènes physiques et que ce rôle apparaît jusque dans la forme que prennent les équations fondamentales établies par l'axiomatique.

L'axiomatique utilise les concepts dans la mesure seulement où ils sont indispensables à la construction purement logique d'une théorie physique. Cela ne signifie pas que d'autres notions, non introduites dans l'axiomatique, n'aient pas été utiles pour l'élaboration des bases expérimentales de la théorie, ni même que ces notions ne puissent plus être utiles à l'avenir. Comme le montre M. Gonthier, l'axiomatisation correspond à une schématisation plus profonde que la science à laquelle elle s'applique. Ainsi, la géométrie est un abstrait par rapport à la base intuitive qu'elle suppose et elle est « un concret par rapport au logique » ⁽²⁾. M. Gonthier ajoute : « ce sont justement les caractères qu'on s'accorde à nommer spécifiquement géométriques qui ne trouvent pas accès dans le domaine de la logique ⁽³⁾ ».

Il y a aussi dans la physique un grand nombre d'expériences qu'il serait peu naturel de considérer exclusivement comme des méthodes

(1) E. JOUGUET, *op. cit.*, II, p. 261. — (2) F. GONTHIER, *La vérité mathématique et la réalité*. L'Enseignement mathématique, Genève, 1932, p. 110. — (3) *Ibid.*, p. 110.

de mesure et qui gardent, aux yeux du physicien, une valeur de premier ordre. A titre d'exemple, nous ne citerons que le double-baromètre de Pascal; les expériences de Laue, Bragg, Debye et Scherrer sur la constitution des cristaux révélée par les rayons X; les expériences de C. T. R. Wilson qui mettent en évidence la trajectoire des particules α ; celles de Rutherford et de ses élèves sur la désintégration de l'azote, et toutes celles qui mettent indubitablement en évidence une existence nouvelle ou un lien nouveau entre des phénomènes. Il y a dans ces expériences une unité, une beauté, une valeur démonstrative, qui ne peuvent se réduire en formules mathématiques, et cela constitue sans doute le caractère spécifique de la physique expérimentale. On pourrait comparer l'importance de ces expériences en physique à l'importance des théorèmes d'existence en analyse mathématique.

Ce n'est qu'abstraitement que l'on peut raisonner comme si la théorie physique se suffisait à elle-même. Sa valeur résulte de toute la construction qui s'élève à partir des données sensibles et que couronne l'axiomatique. Il y a autre chose dans la physique que de la géométrie. Ce qu'il y a d'autre, c'est le *passage* à la géométrie, c'est-à-dire le mouvement qui, dans son ensemble, constitue la science expérimentale. Si la science expérimentale s'élève progressivement jusqu'à une théorie qui puisse prendre la forme axiomatique, c'est pour descendre sans fin de ces hauteurs logiques, vers le sensible, et organiser des vérifications toujours nouvelles. Celles-ci, atteignant une plus grande précision, exigeront, en fin de compte, une révision plus ou moins profonde de la théorie axiomatique, et ce mouvement constitue la réalité même de la science.

Si je ne me trompe, le platonisme et l'aristotélisme symboliseraient assez bien les deux mouvements de pensée qui s'opposent, ou mieux, se complètent dans l'élaboration de la science moderne. Car la théorie des Idées ou même celle des Idées-Nombres demande qu'on s'attache à la science formelle comme à l'unique moyen de s'approcher du Bien, et Aristote oppose à cette exigence la volonté de ne pas séparer les formes des substances particulières, seules existantes en réalité.

Mais en vérité, c'est la science tout entière qu'il faut considérer comme une méthode de recherche, car les résultats acquis, si prodigieux soient-ils, ne sont sans doute encore rien en comparaison de ceux qu'elle nous apportera. C'est, me semble-t-il, à ce point de vue

qu'il faut se placer pour voir la véritable unité et la valeur unique de la science. L'exemple donné par Aristote, en faisant de sa logique une méthode de recherche, est suivi par le savant qui construit la science moderne en se servant de la science déjà construite, comme Aristote faisait de sa logique. N'y aurait-il que cet exemple, il lui vaudrait déjà le respect de ce savant.

En somme, nous constatons ici un caractère général du développement des sciences. Les deux fonctions qu'Aristote attribuait à la logique se différencient dans la science moderne. L'une, la fonction de contrôle, est exercée par l'axiomatique, l'autre, la fonction d'une méthode, l'*organon*, est exercée par la science déjà constituée où le savant puise la forme des raisonnements qu'il utilise dans ses recherches. Le géomètre utilise souvent l'algèbre comme une logique, le physicien se sert ainsi de la géométrie et d'autres savants font de même avec les conclusions du physicien.

Mais alors, l'erreur est de séparer les sciences, ou de donner à l'une d'elle une prééminence trop marquée. Les Péripatéticiens ont précisément commis cette erreur en faisant jouer à la logique, considérée comme une science achevée, un rôle exclusif. La réaction de Descartes telle qu'elle s'exprime dans les *Regulæ* est donc pleinement justifiée. Cependant, parmi les intuitions fécondes, formant le fondement de la science, on pourrait reconnaître un droit de cité à celle qui est à la base de la physique aristotélicienne et tend à saisir le mouvement dans son unité, dans sa totalité. Elle transparait encore dans l'idée moderne d'exprimer la loi du mouvement des planètes et des rayons lumineux, en écrivant l'équation d'une géodésique de l'espace-temps.

*
* *
*

Destinée curieuse que celle de l'aristotélisme. Toute dirigée par son initiateur vers un dynamisme intégral, cette doctrine sert actuellement de base aux théories qui prétendent défendre la fixité des espèces.

C'est cependant à Platon qu'Aristote reprochait de vouloir séparer les idées de la réalité du mouvement et c'est le platonisme que souvent nos contemporains considèrent comme ouvrant devant nous les plus larges perspectives de liberté et de progrès.

Ce caractère qu'à notre époque on attribue à ces deux philosophies correspond-il à une distinction profonde ? Le réalisme d'Aristote et

l'idéalisme de Platon en seraient-ils la véritable cause ? Faut-il plutôt en chercher la raison dans l'incapacité où s'est trouvé Aristote de résoudre le problème de la cause efficiente du mouvement des corps corruptibles, n'ayant pas su se former une idée claire de l'action mécanique ? Serait-ce le rôle exclusif qu'il fait jouer à une logique trop arrêtée ?

Peut-être le jugement qu'on porte actuellement sur l'aristotélisme vient-il surtout de ce que la science moderne n'a pas encore fait une analyse suffisante de ce qui correspondait à la forme dans la *Physique* d'Aristote, car, sur ce point, elle fait à la doctrine de ce philosophe l'emprunt le plus caractérisé ; et d'autre part l'importance attribuée par Aristote à l'*infima species* est, comme le dit W. D. Ross, le point central de sa logique ⁽¹⁾. On peut d'ailleurs rapprocher cette remarque du besoin qu'Aristote éprouve de chercher un élément fixe dans le changement.

Mais en insistant exclusivement sur cet aspect de l'aristotélisme on tend à oublier qu'Aristote est le premier qui ait systématiquement rattaché la science démonstrative à la technique et à l'observation méthodique, se plaçant ainsi à l'origine d'un mouvement qui se continue encore à travers le prodigieux épanouissement de la science expérimentale. Nous ne devons pas l'oublier, si nous voulons comprendre le développement de notre science comme de notre logique.

SAMUEL GAGNEBIN.

(1) W. D. Ross, *Aristote*, p. 39.

DISCUSSION

Le travail publié ci-dessus fut suivi, à la Société romande de philosophie, d'une discussion dont voici les points essentiels, et que le président central de la Société, Arnold Reymond, ouvrit en ces termes :

Au nom de tous je félicite vivement S. Gagnebin de son étude approfondie qui renouvelle certains aspects de la pensée aristotélicienne et en montre la fécondité plus grande par rapport à la physique moderne qu'on ne suppose généralement.

S. Gagnebin a commencé par nous donner un examen serré des notions dont Aristote fait usage, d'abord notions mathématiques (continu et discontinu, fini et infini) puis notions indispensables à la physique (devenir, être et unité, etc.) sur quoi s'appuieront les démonstrations et les définitions réelles.

Cela fait, il a étudié dans la pensée aristotélicienne les rapports de la logique et des mathématiques et plus spécialement les rapports concernant la physique et les mathématiques (mouvement et proportionnalités). Pour conclure il a montré que si Aristote n'a dégagé aucune des notions fondamentales de la physique moderne (travail qui ne commence qu'avec Galilée) il a cependant mis en pleine lumière le rôle du dynamisme, du potentiel, l'importance des formes en mathématiques et en biologie, l'importance aussi des cycles et de la structure qui devient de plus en plus essentielle dans la physique moderne.

Pour ouvrir la discussion je poserai deux questions :

1. Est-ce que les exemples choisis par S. Gagnebin ont été pris dans les *Mechanica* ou dans la *Physique* ? Comme on le sait, les *Mechanica* semblent être l'œuvre des disciples d'Aristote et non d'Aristote lui-même ; cet ouvrage marque ainsi un stade plus avancé dans le développement des idées mécaniques.

2. S. Gagnebin paraît se séparer de Milhaud en ce qui concerne les idées d'Aristote sur les mathématiques. D'après Milhaud, Aristote serait resté pour une large part inféodé à l'arithmétisme pythagoricien dans ses conceptions sur le nombre. En particulier, il n'au-

rait pas compris les idées profondes que Platon avait développées sur l'idée de fonction et des lieux de points. S. Gagnebin estime-t-il que cette critique de Milhaud soit trop catégorique ?

F. Abauzit : Je signale les traductions remarquables de Ross et son livre sur Aristote. Je rappelle que selon Burnet les ouvrages de Milhaud sont remarquables, parce qu'ils mettent en lumière ce que la philosophie ancienne doit aux mathématiques.

Sur la demande de *R. Wavre*, S. Gagnebin lit des pages qu'il avait laissées de côté (p. 289-290, 299, 312-313) d'où il ressort qu'Aristote était au courant des mathématiques de son temps et qu'il était parfaitement capable de faire une démonstration de géométrie. D'ailleurs son exposé se base presque exclusivement sur la *Physique* et sur *De la génération et de la Corruption*. Ses sources sont toujours citées.

R. Wavre : L'exposé relatif aux rapports de la logique et des mathématiques montre que pour Aristote métaphysique et physique ne se séparent guère, sinon dans les explications des faits particuliers, du moins dans les postulats qui servent à l'explication de ces faits.

A. Reymond : Au fond Aristote part de définitions nominalistes et considère les mathématiques comme abstraites du sensible.

R. Wavre : Il ressort donc que Aristote n'a pas su dégager les circonstances essentielles dans les phénomènes particuliers qu'il envisageait.

S. Gagnebin : Sans doute, Aristote n'a pas trouvé la clef de la statique comme Archimède, ni celle de la dynamique comme Galilée, mais ses observations en physique sont remarquablement exactes (v. p. 318-319, 326). Il s'y mêle des idées théoriques, comme je l'ai fait remarquer, qui sont plutôt les conséquences de son réalisme logique et mathématique que de sa métaphysique proprement dite. Ainsi l'idée de l'impossibilité d'une vitesse infinie ou celle d'un mobile réduit à un point. (p. 313, 315)

Ch. Werner : J'ai été extrêmement intéressé par le travail de S. Gagnebin. Jusqu'à présent, j'avais considéré la philosophie d'Aristote comme fondée essentiellement sur la biologie, et S. Gagnebin nous a montré qu'elle a également un fondement solide dans la physique et les mathématiques. Venu à Rolle avec une très grande admiration pour l'œuvre d'Aristote, j'en repartirai avec une admi-

ration encore accrue. Je voudrais cependant faire, au sujet de l'exposé si remarquable que nous venons d'entendre, une observation très générale. La notion principale de la physique d'Aristote est la notion de finalité. S. Gagnebin a peu insisté sur cette notion, parce qu'il s'est placé au point de vue de la science moderne. Et c'est un fait que la physique, comme science positive, laisse en dehors de son champ les considérations de finalité. Mais la philosophie, elle, ne peut pas renoncer à la finalité, et il est regrettable que la plupart des grands systèmes modernes l'aient rejetée, ou ne lui aient pas fait une place suffisante. La philosophie devra revenir au point de vue d'Aristote, et reconnaître que la nature est inexplicable si l'on ne tient pas compte de l'attrait qu'exercent sur les êtres la souveraine perfection.

Elie Gagnebin : Aristote avait nettement reconnu les trois degrés d'abstraction qu'a précisés la scolastique. Il a donc bien distingué, en principe, la physique de la mathématique et de la métaphysique.

R. Wavre : Aristote, malheureusement, n'a pas dégagé le phénomène physique élémentaire : le point matériel et les lois de son mouvement. S'il l'avait fait à partir de l'atomisme, par exemple, il aurait créé la physique qui s'est développée depuis la renaissance jusqu'au XX^e siècle ; et il aurait aperçu la connexion exacte entre le mathématique et le physique. Mais sa physique est trop globale ; d'où ce manque de distinction nette entre le physique, le biologique et le métaphysique. La théorie des causes, la distinction entre forme et matière, puissance et acte, aurait été singulièrement difficile à appliquer à la dynamique d'un seul point ; ces distinctions parfois obscures se seraient montrées inopérantes et une physique plus restreinte mais objective serait née vingt siècles plus tôt.

J. de la Harpe : Cournot a montré que la matière n'est pas une notion simple comme le prétend Aristote. Il y a des matières lourdes ou légères, etc. La physique d'Aristote reste enfantine à plus d'un égard.

S. Gagnebin : Si, sans se référer aux vues d'ensemble d'Aristote, on s'en tient strictement à ses démonstrations physiques, on voit qu'il a fait effort pour dégager la physique de présuppositions métaphysiques. Pour lui, la cause motrice reste nécessaire. D'autre part un objet physique, un siège par exemple, est défini par son *eidos* ; la

forme extérieure (chaise, fauteuil, canapé) est secondaire. De même en physique, sauf en musique, optique, astronomie, ou en mécanique — qu'Aristote ajoute une fois à cette liste — l'application des mathématiques est secondaire. Aristote a cherché en dehors des mathématiques l'essence même des phénomènes.

Ch. Werner : La finalité n'en est pas moins le principe fondamental qui explique tout.

Elie Gagnebin : En un sens, oui. Mais la cause finale une fois posée a besoin de l'action des causes matérielles et efficientes, qu'elle n'implique ni n'explique, pour la réalisation du but.

A. Reymond confirme cette remarque. En vertu de la finalité chaque espèce de corps a sa place assignée dans l'univers. La terre qui est lourde est au centre, puis à sa surface vient l'eau, etc. Une pierre qui est lancée dans l'air retombe de plus en plus vite, parce que son lieu prescrit par la finalité exerce une action motrice d'autant plus forte que la pierre s'en rapproche.

J. Piaget : Il y a sans doute chez Aristote dualisme entre le statique et le dynamisme ; mais confusion d'autre part entre la biologie et la physique. La notion de mouvement est imprégnée de biologie (théorie des lieux rappelée par Reymond). La notion de force est essentiellement vitaliste (ignorance du principe de la conservation de l'énergie). De même la théorie du hasard. L'impossibilité de distinguer nettement le physique et le biologique est caractéristique de la mentalité enfantine (le projectile maintient son mouvement en faisant refluer l'air derrière lui).

Elie Gagnebin : Il semble qu'Aristote ait transposé sur le plan métaphysique certains principes qu'il a dégagés en biologie, puis que de cette transposition il ait conclu à la valeur absolue de ces principes. Ainsi le développement individuel des animaux, aboutissant à des êtres d'espèces différentes, paraît bien lui avoir suggéré toute son ontologie, où la nature tend à réaliser des formes spécifiques. Mais de cette doctrine métaphysique il conclut à la nécessité de la préexistence des formes, à l'état de notions, et donc à la fixité absolue des espèces.

G. Juvet : Tout ce qu'on vient de dire renforce mes opinions anti-aristotéliennes. On juge d'une théorie physique par sa cohérence et

son efficacité. Malgré ce qu'en a dit Duhem, la physique d'Aristote n'est pas efficace ; elle n'a pu servir à intégrer les progrès de la science ; je crois que le physicien de Bordeaux se trompait même, lorsqu'il disait que l'énergétisme — périmé aujourd'hui — est tout aristotélicien. De plus, il faut remarquer que l'idée de finalité ne peut avoir qu'un sens mathématique pour un physicien ; elle se ramène probablement à l'idée de fonction. Aristote ne l'a pas compris, pas plus qu'il n'a compris la théorie des Idées et des Nombres (cf. la thèse de Robin, *La théorie platonicienne des Idées et des Nombres d'après Aristote*, Paris, 1908) ; il lui a donné une signification toute téléologique qui est bien étrange dans une Physique qu'on voudrait donner en exemple aux savants de notre temps.

A. Reymond : Le problème peut être éclairé par la remarque suivante. Pour les Anciens la matière est aussi éternelle que l'idée ; seulement la matière est aveugle et ne se laisse que difficilement façonner par l'idée et l'action de l'esprit. Elle ne comporte donc pas de lois rigoureusement déterminantes. Pour le christianisme, Dieu a créé la matière et en la créant il l'a soumise à des lois inflexibles. C'est ce qui permet à Descartes de séparer nettement la substance matérielle de la substance pensante et de ramener l'explication des phénomènes physico-mécaniques à quelques principes d'où ils peuvent tous se déduire. La matière est donc parfaite dans son genre, puisqu'elle est régie par des lois rigoureuses qui dérivent de sa nature même (étendue et mouvement). L'esprit humain est de même parfait en son genre ; mais, comme il est doué de liberté et qu'il est fini dans son entendement, il est capable de se tromper. Soulever quant au rapport de l'esprit et de la matière le problème de perfection sous l'angle où le posaient les Anciens est chose absurde, car l'on aboutit à un renversement des valeurs. En effet la matière seule serait vraiment parfaite puisqu'elle obéit toujours sans défaillance aux lois que Dieu lui a imposées.

Mais, proteste *Ch. Werner*, la matière se laisse pour les Anciens persuader par l'idée.

A. Reymond : La persuasion n'aboutit jamais complètement et c'est pourquoi l'explication de la nature comporte une marge d'indétermination. Peu importe ici de savoir qui du christianisme ou de la philosophie grecque a raison.

J. Piaget : Les observations d'Aristote comme biologiste sont remarquables. Mais les notions par lesquelles il explique le résultat de ses observations n'ont rien à voir avec la science. Elles sont tirées par introspection de ce que nous éprouvons comme êtres vivants et ressortent à la mentalité enfantine.

Cb. Baudouin : J'ai été frappé tout à l'heure par la discussion qui s'est élevée entre M. Reymond et M. Werner au sujet de la finalité. Je me demande si l'on ne s'approcherait pas d'un accord en suivant M. Piaget sur la piste qu'il vient de nous indiquer, et en la poursuivant plus avant.

Il est clair que nos idées abstraites procèdent d'une élaboration de notions très concrètes, qui en constituent comme l'étymologie et que l'on gagne à ne pas perdre de vue. Or, en ce qui concerne l'idée de finalité, elle peut procéder de deux modèles concrets très différents : d'une part le but gardé par l'ouvrier qui construit un objet, d'autre part l'adaptation de la partie au tout, telle que l'être vivant nous en donne le spectacle. Bref, finalité tantôt extrinsèque, tantôt intrinsèque. Nous savons bien que la finalité d'Aristote est du second type ; qu'elle est conçue sur le modèle biologique, qu'elle est « fonctionnelle » (dans le même sens où M. Claparède peut parler de psychologie fonctionnelle). Nous le savons ; mais notre pensée moderne, dominée par la philosophie chrétienne et cartésienne, par la conception d'un Dieu créateur et d'une nature créée, dont les rapports sont ceux de l'ouvrier et de l'œuvre, a sans doute une propension presque instinctive à revenir toujours implicitement à la finalité du premier type, même lorsqu'elle croit parler de l'autre. De là sans doute des malentendus. Si nous cherchions à opposer plus nettement la finalité selon les anciens et selon les modernes, la pensée d'Aristote et celle de Descartes, peut-être serions-nous près de résoudre ces difficultés.

J. de la Harpe : *L'eidos* est différent chez Platon et chez Aristote. Chez Platon la forme est intelligibilité mathématique ; chez Aristote, c'est la forme biologique sensible.

F. Abauzit : Au sujet de la différence de conception chez les Anciens et les modernes, *kinésis* en grec veut dire non seulement mouvement, mais changement. L'air pour Aristote sort de l'eau (comme la vapeur) et se distingue de l'éther.

A. Reymond : L'essence-unité qu'Aristote maintient au travers du devenir est-elle un invariant au sens de la physique moderne, c'est-à-dire faisant corps avec les phénomènes au travers desquels il se réalise ou bien a-t-elle une sorte d'existence idéelle indépendante ?

S. Gagnebin : La question est difficile à trancher. En physique, jamais la forme n'est séparée de la matière et elle ne peut être cause efficiente qu'engagée dans une substance (v. p. 299, 326). Mais l'action de cette forme sur la matière est difficile à concevoir clairement. J'ai tâché de montrer l'idée que s'en faisait Aristote (v. p. 324-325). C'est certainement par l'idée de génération circulaire (v. p. 304, 330-331) qu'Aristote se rapproche le plus de la loi telle que nous l'entendons.

Ch. Baudouin : L'essence aristotélicienne est foncièrement qualitative.

A. Reymond : Non pas uniquement, si l'essence est unité-multiplicité.

S. Gagnebin clôt la discussion en remerciant tous ceux qui y ont pris part.

A la discussion qui eut lieu dans la séance même de Rolle nous joignons la lettre que peu après Henri-L. Miéville nous a adressée à son sujet et que voici :

Ce qui caractérise la métaphysique aristotélicienne, c'est un effort pour corriger le réalisme platonicien des Idées et surmonter les difficultés qu'il soulève. Mais c'est un effort qui s'arrête à mi-chemin et ne parvient pas à créer un système cohérent. Aristote oscille entre deux points de vue : tantôt forme et matière ne sont pas réellement séparables et n'existent pas l'une sans l'autre; ce sont deux aspects ou deux moments d'une seule et même réalité que l'abstraction considère séparément : l'être pleinement réel, c'est l'être singulier, l'individuel, c'est-à-dire non pas la forme considérée séparément, mais la forme réalisée dans une matière, l'*entéléchie*, (*ἐν καὶ ταὐτὸ ἕκαστον καὶ τό τι ἦν εἶναι*). Comme l'a dit Boutroux, la forme est alors la « perfection de la chose ».

Mais d'autre part la pensée aristotélicienne ne s'est pas dégagée de l'artificialisme platonicien, c'est-à-dire de l'idée la moins féconde que le platonisme contenait. Aristote a cru que « comprendre une chose, c'est la rapporter à son type » (L. Brunschvicg), ce type préexistant

à la chose comme l'idée de la statue préexiste à la statue dans l'esprit du sculpteur. Explication illusoire et tautologique, parce que l'idée que nous concevons du type n'est que la projection de celle que nous tirons des phénomènes ou des êtres à expliquer, de sorte que cette « explication » consiste à détacher d'une chose l'ensemble de ses déterminations, puis à imaginer qu'elle s'explique par l'effet de ces déterminations qui n'existent pas sans elle !

On comprend dès lors comment Aristote fut amené à investir la forme d'une fonction qui n'était guère compatible avec la définition qu'il en donnait, lorsqu'il y voyait la chose elle-même pourvue de l'ensemble de ses caractères, non point l'idée de la chose ou son essence, mais la réalité singulière et indivise qu'elle constitue. Cette fonction est d'opérer le passage de la puissance à l'acte (de ce qui est en puissance, de la matière, *δυνάμει ὄν*, à ce qui est en acte, *ἐνεργείᾳ ὄν*, puis enfin, le processus étant achevé, *ἐντελεχείᾳ ὄν*). Ainsi la forme est tour à tour l'être complet, l'entéléchie qui *résulte* du passage de la puissance à l'acte, et elle est un principe qui provoque ce passage et qui existe par conséquent *avant* qu'il soit effectué. Comment l'acte peut-il exercer sur la matière l'action qui la fait passer de la puissance à l'acte, s'il n'existe comme acte qu'à partir du moment où ce processus est achevé ?

Il arrive donc qu'Aristote prête à la forme deux modes d'existence incompatibles : l'un qui l'identifie avec l'être complètement déterminé, avec la réalité concrète, l'autre qui l'en sépare et qui en fait une *essence* pareille à l'Idée platonicienne. Il n'est pas étonnant dès lors que les interprètes du Stagirite discutent pour savoir si c'est l'individu ou si c'est l'essence ou la quiddité qu'Aristote élève au rang de substance première (*οὐσία πρώτη*). L'oscillation entre le réalisme des essences et une théorie qui s'en affranchirait est précisément ce qui fait le propre de l'aristotélisme. Cela se marque avec évidence si l'on considère la clef de voûte du système, l'idée de Dieu.

Ou bien l'acte pur est déjà l'actualisation d'une matière parvenue à son point d'achèvement — et alors comment veut-on que l'acte pur, que Dieu soit *en outre* ce qui provoque le mouvement et le progrès du cosmos ? Ou bien l'acte pur n'est pas l'être pleinement déterminé, il est, non le résultat, mais le principe de l'actualisation, il est l'ensemble des déterminations de l'être auxquelles une existence est prêtée avant que se soit constitué, sous leur influence, l'être dont elles seront les déterminations.

Ces considérations permettront peut-être de répondre à la question de M. Arnold Reymond : « l'essence-unité qu'Aristote maintient au travers du devenir est-elle un invariant au sens de la physique moderne ? »

L'invariant du physicien moderne fixe dans une formule précise (soit sous la forme d'un principe soit sous celle d'une équation) l'aspect quantitatif du devenir. Or nous constatons tout d'abord que l'essence aristotélicienne est d'ordre qualitatif (le mouvement, expliqué par un premier moteur immobile). De plus si nous envisageons les deux modes d'existence qui lui sont tour à tour attribués, l'existence *in re* et l'existence *ante rem*, ni l'une ni l'autre ne correspond au genre d'existence qui convient à l'invariant du physicien. L'existence *in re* n'appartient à la forme aristotélicienne que pour autant que le passage de la puissance à l'acte est réalisé. Or l'invariant du physicien n'existe pas comme un achèvement ; il exprime simplement les modalités d'un devenir auquel il ne met aucunement fin, dont il n'est pas le couronnement, mais la loi. D'autre part l'existence *ante rem* qui caractérise la forme aristotélicienne pour autant qu'elle agit sur la matière au cours du devenir, avant que l'être pleinement réel, c'est-à-dire pleinement déterminé, ne soit — moins encore que l'existence *in re* — ne saurait être énoncée de l'invariant tel que le définit la science moderne. D'aucune façon en effet, ni directement ni indirectement, un invariant n'exerce une action sur le devenir. La conservation de l'énergie, par exemple, est une hypothèse très générale, un postulat qui n'est pas autre chose que la généralisation du fait que des quantités équivalentes d'énergie réalisée sous des formes diverses sont mesurées avant et après le changement survenu. Il n'y a point là d'influence exercée sur une matière plus ou moins rebelle par une forme qui réussirait à s'imposer progressivement. La conservation de l'énergie ne progresse pas. Si elle était susceptible de progresser, elle ne serait pas un invariant. Il n'y a décidément rien de commun entre le finalisme aristotélicien et la science mathématisée des modernes.

Comme nous le remarquons au début, Aristote a tenté d'échapper aux difficultés que soulève l'idéalisme platonicien, en tant qu'il est un réalisme des essences ; l'être singulier n'est plus pour lui la copie imparfaite et inutile d'un modèle préexistant et parfait, puisque la forme, le modèle platonicien, n'a de réalité que dans l'être singulier dont elle constitue les déterminations. *Mais ce point de vue n'est pas*

maintenu ; l'absence, chez Aristote, d'une critique du concept et l'idée toute anthropomorphique qu'il se fait encore de l'explication l'empêchent en effet de s'affranchir de l'ontologie réaliste. La distinction *réelle* de la forme et de l'être concret est rétablie dès le moment que celle-ci continue à être le principe qui explique le passage de la puissance à l'acte.

Après avoir pris connaissance de la lettre ci-dessus, S. Gagnebin ajoute la remarque suivante :

Je me suis placé sur le terrain de la physique, où le problème de la forme séparée n'est pas abordé par Aristote et où substance, matière et forme ne sont pas réduites à l'unité. Je rappelle que, dans ce domaine, seule la forme spécifique est invariable. Les remarques si intéressantes de Henri-L. Miéville ne me semblent donc pas épuiser la question.
