

comme l'ordre chronologique ne correspond que très grossièrement à cette division, on pourrait distinguer *grosso modo* l'histoire de la pensée scientifique en trois étapes ou époques qui correspondent à leur tour à trois types différents de pensée : la physique aristotélicienne d'abord; ensuite la physique de l'*impetus*, issue, comme tout le reste, de la pensée grecque et élaborée dans le courant du xiv^e siècle par les nominalistes parisiens; enfin, la physique moderne, mathématique, du type d'Archimède ou de Galilée.

Ces étapes, nous les trouvons dans les œuvres du jeune Galilée : elles ne nous renseignent pas seulement sur l'histoire — ou la préhistoire — de sa pensée, sur les mobiles et les motifs qui l'ont dominée et inspirée, mais elles nous offrent en même temps, ramassé et pour ainsi dire clarifié par l'admirable intelligence de son auteur, un tableau frappant et profondément instructif de toute l'histoire de la physique prégaliléenne. Retraçons brièvement cette histoire, en commençant par la physique d'Aristote.

La physique d'Aristote est fautive, bien entendu, et complètement périmée. Néanmoins c'est une « physique », c'est-à-dire une science hautement élaborée, bien qu'elle ne le soit pas mathématiquement¹. Ce n'est pas de l'imaginaire puéril ni un grossier énoncé logomachique de sens commun, mais une théorie, c'est-à-dire une doctrine qui, partant naturellement des données du sens commun, les soumet à un traitement extrêmement cohérent et systématique².

Les faits ou données qui servent de fondement à cette élaboration théorique sont très simples et, en pratique, nous les admettons exactement comme le faisait Aristote. Tous, nous trouvons toujours « naturel » de voir un corps lourd tomber « en bas ». Exactement comme Aristote ou saint Thomas, nous serions profondément étonnés de voir un grave — pierre ou taureau — s'élever librement en l'air. Cela nous semblerait assez « contre nature » et nous chercherions à l'expliquer par quelque mécanisme caché.

De la même manière, nous trouvons toujours « naturel »

1. La physique aristotélicienne est par essence non mathématique. La présenter comme le fait Duhem (*De l'accélération produite par une force constante*, p. 859) comme simplement fondée sur une autre formule mathématique que la nôtre, est une erreur.

2. Souvent l'historien moderne de la pensée scientifique n'apprécie pas assez le caractère systématique de la physique aristotélicienne.

de voir la flamme d'une allumette se diriger vers « le haut » et de placer nos casseroles « sur » le feu. Nous serions surpris et chercherions une explication si nous voyions, par exemple, la flamme se retourner et pointer vers « le bas ». Qualifierions-nous cette conception ou plutôt cette attitude de puérite et simpliste? Peut-être. Nous pouvons même signaler que, selon Aristote lui-même, la science commence précisément lorsqu'on cherche à expliquer les choses qui paraissent naturelles. Cependant, quand la thermodynamique énonce comme un principe que la « chaleur » passe d'un corps chaud à un corps froid, mais non d'un corps froid à un corps chaud, ne traduit-elle pas simplement l'intuition du sens commun qu'un corps « chaud » devient « naturellement » froid mais qu'un corps froid ne devient pas « naturellement » chaud? Et même quand nous déclarons que le centre de gravité d'un système tend à prendre la position la plus basse et ne s'élève pas tout seul, ne traduisons-nous pas simplement une intuition du sens commun, celle-là même qu'exprime la physique aristotélicienne en distinguant le mouvement « naturel » du mouvement « violent ¹ »?

En outre, la physique aristotélicienne, pas plus que la thermodynamique, ne se satisfait d'exprimer simplement dans son langage le « fait » de sens commun que nous venons de mentionner; elle le transpose; la distinction entre mouvements « naturels » et mouvements « violents » se situe dans une conception d'ensemble de la réalité physique, conception dont les principaux traits semblent être : a) la croyance à l'existence de « natures » qualitativement définies; et b) la croyance à l'existence d'un Cosmos — en somme la croyance à l'existence de principes d'ordre en vertu desquels l'ensemble des êtres réels forme un tout hiérarchiquement ordonné.

Tout, ordre cosmique, harmonie : ces concepts impliquent que dans l'Univers les choses sont (ou doivent être) distribuées et disposées dans un certain ordre déterminé; que leur localisation n'est indifférente ni pour elles, ni pour l'Univers; qu'au contraire chaque chose a, selon sa nature, une « place » déterminée dans l'Univers, la sienne propre en un sens ². Une place pour chaque chose et chaque chose à sa place : le concept de « lieu naturel » exprime cette exigence théorique de la physique aristotélicienne.

1. Cf. E. Mach, *Die Mechanik*, pp. 124 sq.

2. C'est seulement à « sa » place qu'un être atteint son accomplissement et devient vraiment lui-même. Et voilà pourquoi il tend à atteindre cette place.

La conception de « lieu naturel » est fondée sur une conception purement statique de l'ordre. En effet, si chaque chose était « en ordre », chaque chose serait à sa place naturelle et, bien entendu, y resterait et y demeurerait pour toujours. Pourquoi devrait-elle la quitter? Au contraire, elle offrirait une résistance à tout effort pour l'en chasser. On ne pourrait l'en expulser qu'en exerçant quelque espèce de *violence*, et si, du fait d'une telle *violence*, le corps se trouvait hors de « sa » place, il chercherait à y revenir.

Ainsi, tout mouvement implique quelque espèce de désordre cosmique, un dérangement dans l'équilibre de l'univers, car il est soit l'effet direct de la *violence*, soit, au contraire, l'effet de l'effort de l'Être pour compenser cette *violence*, pour recouvrer son ordre et son équilibre perdus et troublés, pour ramener les choses à leurs lieux naturels, lieux où elles doivent reposer et demeurer. C'est ce retour à l'ordre qui constitue précisément ce que nous avons appelé mouvement « naturel ¹ ».

Troubler l'équilibre, revenir à l'ordre : il est parfaitement clair que l'ordre constitue un état solide et durable qui tend à se perpétuer lui-même indéfiniment. Il n'y a donc pas besoin d'expliquer l'état de repos, du moins l'état d'un corps au repos dans son lieu naturel, propre; c'est sa propre nature qui l'explique, qui explique par exemple que la Terre soit au repos au centre du monde. De même il est évident que le mouvement est nécessairement un état transitoire : un mouvement naturel se termine naturellement quand il atteint son but. Quant au mouvement violent, Aristote est trop optimiste pour admettre que cet état anormal pourrait durer; en outre, le mouvement violent est un désordre qui engendre du désordre, et admettre qu'il pourrait durer indéfiniment signifierait en fait que l'on abandonne l'idée même d'un Cosmos bien ordonné. Aristote maintient donc la croyance rassurante que rien de ce qui est *contra naturam possit esse perpetuum* ².

Ainsi, comme nous venons de le dire, le mouvement, dans la physique aristotélicienne, est un état essentiellement transitoire. Pris à la lettre, cependant, cet énoncé serait incorrect et même doublement incorrect. Le fait est que le mouvement, bien qu'il soit pour *chacun des*

1. Les conceptions de « lieux naturels » et de « mouvements naturels » impliquent celle d'un Univers fini.

2. Aristote, *Physique*, VIII, 8, 215 b.

corps mus, ou du moins pour ceux du monde sublunaire, pour les objets mobiles de notre expérience, un état nécessairement transitoire et éphémère, est néanmoins pour l'ensemble du monde un phénomène nécessairement éternel, et par conséquent éternellement nécessaire¹ — un phénomène que nous ne pouvons pas expliquer sans découvrir son origine et sa cause dans la structure physique aussi bien que métaphysique du Cosmos. Une telle analyse montrerait que la structure ontologique de l'Être matériel l'empêche d'atteindre l'état de perfection qu'implique la notion de repos absolu et nous permettrait de voir la cause physique dernière des mouvements temporaires, éphémères et variables des corps sublunaires dans le mouvement continu, uniforme et perpétuel des sphères célestes². D'autre part, le mouvement n'est pas, à proprement parler, un *état* : c'est un processus, un flux, un *devenir*, dans et par lequel les choses se constituent, s'actualisent et s'accomplissent³. Il est parfaitement vrai que l'Être est le terme du devenir et le repos le but du mouvement. Cependant, le repos immuable d'un être pleinement actualisé est quelque chose d'entièrement différent de l'immobilité lourde et impuissante d'un être incapable de se mouvoir lui-même; le premier est quelque chose de positif, « perfection et *actus* », la seconde n'est qu'une « privation ». Par conséquent, le mouvement — *processus*, devenir, changement — se trouve placé du point de vue ontologique entre les deux. C'est l'être de tout ce qui change, de tout ce dont l'être est altération et modification et qui n'est qu'en changeant et se modifiant. La célèbre définition aristotélicienne du mouvement — *actus entis in potentia in quantum est in potentia* — que Descartes trouvera parfaitement inintelligible — exprime admirablement le fait : le mouvement est l'être — ou l'*actus* — de tout ce qui n'est pas Dieu.

Ainsi, se mouvoir c'est changer, *aliter et aliter se habere*, changer en soi-même et par rapport aux autres. Ceci implique d'une part un terme de référence par rapport auquel la chose mue change son être ou sa relation; ce qui

1. Le mouvement ne peut résulter que d'un mouvement antérieur. Par conséquent tout mouvement effectif implique une série infinie de mouvements précédents.

2. Dans un Univers fini le seul mouvement uniforme qui peut persister indéfiniment est un mouvement circulaire.

3. Cf. Kurt Riezler, *Physics and Reality*, New Haven, 1940.

implique — si nous examinons le mouvement local¹ — l'existence d'un point fixe par rapport auquel le mù se meut, un point fixe immuable; lequel, évidemment, ne peut être que le centre de l'Univers. D'autre part, le fait que chaque changement, chaque processus, a besoin pour s'expliquer d'une cause, implique que chaque mouvement a besoin d'un moteur pour le produire, moteur qui le maintient en mouvement aussi longtemps que le mouvement dure. Le mouvement en effet ne se maintient pas, comme le repos. Le repos — état de privation — n'a pas besoin de l'action d'une cause quelconque pour expliquer sa persistance. Le mouvement, le changement, n'importe quel processus d'actualisation ou de dépérissement, et même d'actualisation ou de dépérissement continu, ne peut se passer d'une telle action. Otez la cause, le mouvement s'arrêtera. *Cessante causa cessat effectus*².

Dans le cas du mouvement « naturel », cette cause, ce moteur est la nature même du corps, sa « forme » qui cherche à le ramener à sa place et maintient ainsi le mouvement. *Vice versa*, le mouvement qui est *contra naturam* exige pendant toute sa durée l'action *continue* d'un moteur externe joint au corps mù. Otez le moteur, le mouvement s'arrêtera. Détachez-le du corps mù, le mouvement s'arrêtera aussi. Aristote, nous le savons bien, n'admet pas l'action à distance³; chaque transmission de mouvement implique selon lui un contact. Il n'y a donc que deux genres d'une telle transmission : la pression et la traction. Pour faire bouger un corps, il faut soit le pousser, soit le tirer. Il n'existe pas d'autres moyens.

La physique aristotélicienne forme ainsi une admirable théorie parfaitement cohérente qui, à dire le vrai, ne présente qu'un défaut (outre celui d'être fausse) : le défaut d'être démentie par l'usage quotidien du lancer. Mais un théoricien qui mérite ce nom ne se laisse pas troubler par une objection tirée du sens commun. S'il rencontre un « fait » qui ne cadre pas avec sa théorie, il en nie l'existence. S'il ne peut pas le nier, il l'explique. C'est dans l'explication de ce fait quotidien, celui du lancer, mouvement qui

1. Le mouvement local — déplacement — n'est qu'une espèce, quoique particulièrement importante, de « mouvement » (*kinesis*), mouvement dans le domaine de l'espace, par contraste avec l'altération, mouvement dans le domaine de la qualité, et la génération et la corruption, mouvement dans le domaine de l'être.

2. Aristote a parfaitement raison. Aucun processus de changement ou de devenir ne peut se passer de cause. Si le mouvement, dans la physique moderne, persiste par lui-même, c'est parce qu'il n'est plus qu'un processus.

3. Le corps *tend* vers son lieu naturel, mais il n'est pas *attiré* par lui.

continue en dépit de l'absence d'un « moteur », fait apparemment incompatible avec sa théorie, qu'Aristote nous donne la mesure de son génie. Sa réponse consiste à expliquer le mouvement apparemment sans moteur du projectile par la réaction du milieu ambiant, air ou eau¹. La théorie est un coup de génie. Malheureusement (outre que c'est faux), c'est absolument impossible du point de vue du sens commun. Il n'est donc pas étonnant que la critique de la dynamique aristotélicienne en revienne toujours à la même *questio disputata*: *a quo moveantur projecta*?

II

Nous reviendrons dans un moment à cette *questio* mais nous devons d'abord examiner un autre détail de la dynamique aristotélicienne : la négation de tout vide et du mouvement dans un vide. Dans cette dynamique en effet, un vide ne permet pas au mouvement de se produire plus facilement ; au contraire, il le rend complètement impossible ; ceci pour des raisons très profondes.

Nous avons déjà dit que, dans la dynamique aristotélicienne, chaque corps est conçu comme doué d'une tendance à se trouver dans son lieu naturel et à y revenir s'il en est écarté par violence. Cette tendance explique le mouvement naturel d'un corps : mouvement qui l'apporte à son lieu naturel par le chemin le plus court et le plus rapide. Il s'ensuit que tout mouvement naturel procède en ligne droite et que chaque corps chemine vers son lieu naturel aussi vite que possible ; c'est-à-dire aussi vite que son milieu, qui résiste à son mouvement et s'y oppose, lui permet de le faire. Si donc il n'y avait rien pour l'arrêter, si le milieu ambiant n'opposait aucune résistance au mouvement qui le traverse (tel serait le cas dans un vide) le corps cheminerait vers « sa » place avec une vitesse infinie². Mais un tel mouvement serait instantané, ce qui — à juste titre — semble absolument impossible à Aristote. La conclusion est évidente : un mouvement (naturel) ne peut pas se produire dans le vide. Quant au mouvement violent, celui par exemple de lancer, un mouvement dans le vide équivaldrait à un mouvement sans moteur ; il est évident que le vide n'est pas un milieu physique et ne peut

1. Cf. Aristote, *Physique*, IV, 8, 215 a ; VIII, 10, 267 a ; *De Cælo*, III, 2, 301 b. — E. Meyerson, *Identité et réalité*, p. 84.

2. Cf. Aristote, *Physique*, VII, 5, 249 b, 250 a ; *De Cælo*, III, 2, 301 e.

pas recevoir, transmettre et maintenir un mouvement. En outre, dans le vide (comme dans l'espace de la géométrie euclidienne), il n'y a pas de lieux privilégiés ou de directions. Dans le vide il n'y a pas, et il ne peut pas y avoir, de lieux « naturels ». Par conséquent, un corps placé dans le vide ne saurait pas où aller, n'aurait aucune raison de se diriger dans une direction plutôt que dans une autre, et donc aucune raison du tout de bouger. *Vice versa*, une fois mis en mouvement, il n'aurait pas plus de raison de s'arrêter ici que là, et donc aucune raison du tout de s'arrêter¹. Les deux hypothèses sont complètement absurdes.

Aristote, une fois encore, a parfaitement raison. Un espace vide (celui de la géométrie) détruit entièrement la conception d'un ordre cosmique : dans un espace vide, non seulement il n'existe pas de lieux naturels², mais pas de lieux du tout. L'idée d'un vide n'est pas compatible avec la compréhension du mouvement comme changement et comme processus — peut-être même pas avec celle du mouvement concret de corps concrets « réels », perceptibles : je veux dire les corps de notre expérience quotidienne. Le vide est un *non-sens*³; placer les choses dans un tel *non-sens* est absurde⁴. Les corps géométriques seuls peuvent être « placés » dans un espace géométrique.

Le physicien examine des choses réelles, le géomètre des raisons au sujet d'abstractions. Par conséquent, soutient Aristote, rien ne pourrait être plus dangereux que de mêler géométrie et physique et d'appliquer une méthode et un raisonnement purement géométriques à l'étude de la réalité physique.

III

J'ai déjà signalé que la dynamique aristotélicienne, en dépit — ou peut-être à cause — de sa perfection théorique, présentait un grave inconvénient; celui d'être absolument non plausible, complètement incroyable et inacceptable pour le gros bon sens, et évidemment en contradiction avec l'expérience quotidienne la plus commune. Rien d'étonnant donc à ce qu'elle n'ait jamais joui d'une recon-

1. Cf. Aristote, *Physique*, IV, 8, 214 b; 215 b.

2. Si on le préfère, on peut dire que dans un vide tous les lieux sont les lieux naturels de toute espèce de corps.

3. Kant appelait l'espace vide un *Unding*.

4. Telle était, nous le savons, l'opinion de Descartes et de Spinoza.