

La physique d'Aristote

Si l'on observe la lune quelques temps, on la voit tourner autour de la terre. De la même manière, si l'on observe le soleil quelques temps, on le voit tourner autour de la terre. Bien que l'astronomie contemporaine accepte la première proposition et rejette la seconde, elles sont toutes deux observables. De plus, l'observation du ciel par une nuit sans nuages nous montre d'une part que les étoiles sont disposées de manière sphérique autour de la terre (elles semblent, par une illusion d'optique, former la "voûte céleste"), d'autre part que cette voûte tourne autour de la terre. Donc, globalement l'observation nous mène à considérer que le monde est sphérique, et que, tout tournant autour de la terre, celle-ci en est le centre, et ne peut être pensée que sphérique et immobile. Tout cela, basé sur ce qu'on peut constater, paraît donc de bon sens, et constitue les bases du système aristotélicien, qui s'imposa pendant de nombreux siècles (alors que d'autres auteurs, tels Aristarque de Samos, avaient déjà enseigné la rotation de la terre sur elle-même et autour du soleil).

En ce qui concerne la chute des corps, on constate d'abord qu'il y a en fait deux sortes de corps, ceux comme les pierres, qui tombent, et qu'on appelle donc les corps lourds, et ceux comme le feu et la fumée qui s'élèvent, et qu'on appelle les corps légers. Mais il y a des cas plus compliqués, des corps mixtes, comme l'eau qui est plus légère que les pierres, mais plus lourde que l'air. Il y a un endroit normal, un "lieu naturel" où l'on trouve les pierres, et les corps lourds en général, c'est en bas. Il y a un endroit normal, un lieu naturel où l'on trouve les corps légers (comme les nuages), c'est en haut. On définit ainsi un "haut" et un "bas" absolus, ce qui n'est évidemment possible que dans un monde clos. On appelle mouvement violent, le mouvement par lequel un corps est contraint de quitter son lieu naturel (par exemple si l'on monte une pierre le long d'une échelle, la pierre ne monte jamais toute seule). On appelle mouvement naturel, celui par lequel un corps retourne de lui-même dans son lieu naturel (il suffit de lâcher la pierre, elle y retourne toute seule). Ce qu'on appelle de nos jours pesanteur est donc ici le mouvement naturel par lequel un corps lourd retourne de lui-même, donc par un mouvement naturel, à son lieu naturel. Ce qui frappe dans ce système explicatif est d'abord qu'il tente de rendre compte de ce qu'on peut observer, d'autre part qu'il tente de l'expliquer en faisant appel à des considérations à résonance anthropomorphique. Ce monde clos où les choses ont une place semble quelque peu calqué sur le modèle de la maison. Cette mise en forme à base de bon sens et de perception naïve possède une cohérence lui assurera une certaine pérennité.

La notion de lieu révèle un effort intéressant de conceptualisation. En effet, la perception naïve ne s'intéresse qu'aux objets, et si elle vient à prendre en considération l'endroit où ils sont, ce n'est précisément qu'en tant qu'ils y sont. Or Aristote considère que " le lieu est quelque chose d'indépendant des corps " (Physique), et, contrairement à l'appréhension immédiate qui considère l'objet comme premier, il donne la priorité au lieu : " La puissance du lieu est prodigieuse et prime tout; car ce sans quoi nulle chose n'existe et qui existe sans les autres choses est premier nécessairement; en effet, le lieu n'est pas supprimé quand ce qui est en lui est détruit. " (Physique). Cependant ce lieu est encore très loin d'être l'espace homogène, isotrope, etc., de la physique classique. Les lieux ont une nature propre (le haut, le bas), une puissance propre, comme les pièces de la maison dont chacune a sa fonction propre (et aussi sa puissance propre, cf. tpi sur l'espace). La notion de lieu est donc une sorte d'intermédiaire entre le réalisme naïf immédiat qui ne voit que les objets, et la conception d'un espace indifférencié cadre des phénomènes. Ce dernier est lié à la conception d'un univers infini, tandis que le lieu ne prend son sens que dans le cadre d'un cosmos, c'est-à-dire d'un monde clos et ordonné.

Les lois de la dynamique aristotélicienne ont toutes une sorte d'évidence intuitive, et seront toutes réfutées par la physique moderne. Les corps tombent plus vite s'ils sont plus lourds, les distances parcourues sont proportionnelles aux poids. Le corps lourd qui arrive près de son lieu naturel accélère, comme le cheval qui sent l'écurie. Un corps sur lequel ne s'exerce plus aucune force finit par s'arrêter (comme on croit pouvoir l'observer quand on regarde une balle s'arrêter toute seule, dans l'ignorance de ce que peuvent être une force de frottement ou la résistance de

l'air). Si cette physique a si bien et si longtemps résisté, ce n'est pas seulement pour des raisons politiques et historiques. Elle offre en effet un remarquable effort pour associer dans une synthèse cohérente les données du sens commun et de l'observation immédiate. Selon Pierre Duhem, physicien et épistémologue, "cette dynamique, en effet, semble s'adapter si heureusement aux observations courantes qu'elle ne pouvait manquer de s'imposer, tout d'abord, à l'acceptation des premiers qui aient spéculé sur les forces et les mouvements" (Le système du monde). Pour construire la physique moderne, il faudra rompre avec les schémas traditionnels, concevoir à la place des lieux concrets un espace abstrait, se méfier de la simple observation, accepter l'idée qu'un mouvement puisse se perpétuer sans l'aide d'aucune force, etc.

### De l'observation à l'expérimentation : Galilée

Galileo Galilei, connu en France sous le nom de Galilée, fut un très brillant mathématicien, physicien et astronome italien (1564-1642). Très inventif, il utilise l'invention hollandaise des lentilles, participe à la construction de lunettes plus performantes, et a surtout l'idée d'en faire un instrument scientifique. C'est ainsi qu'il découvre l'existence de satellites de Jupiter. Cette découverte a un impact important pour deux raisons. D'abord, là où d'autres émettent des théories sur le monde, Galilée fait voir. Ensuite, dans un contexte de polémique entre géocentrisme et héliocentrisme, la découverte de satellites pour une quelconque planète montre que n'importe quoi peut être un centre, et insinue l'idée qu'il n'y a peut-être pas de centre du tout. Il découvre la rotation du soleil sur lui-même, ainsi que les taches solaires, deux phénomènes qui peuvent aussi provoquer des interprétations inquiétantes. Son esprit technique ingénieux l'amène à concevoir un certain nombre d'inventions techniques : la pendule, le thermoscope, le compas géométrique et autres... Mais le plus décisif est sans doute la rupture de pensée qu'impliquent la découverte de la loi de la chute des corps et celle du principe d'inertie.

Concernant la loi de chute des corps, Galilée commence par raisonner. Quand on lâche une pierre, la pesanteur exercée par la terre la fait tomber et, au bout par exemple d'une seconde, lui a donnée une vitesse  $v$ . Il y a donc eu en une seconde un accroissement de vitesse de  $+v$ . Que peut-il alors se passer lors de la deuxième seconde ? Il faut nécessairement poser que les mêmes causes produisent les mêmes effets, principe a priori sans lequel il ne serait pas possible d'envisager une quelconque connaissance. Les causes ne changent pas lors de la deuxième seconde : même pierre, même terre, même pesanteur. Elles doivent donc produire le même effet, à savoir un accroissement de vitesse de  $+v$ . La vitesse à la fin de cette deuxième seconde sera donc de  $2v$ . Par récurrence, au bout de la  $n^{\text{ième}}$  seconde, la vitesse sera nécessairement de  $nv$ . Autrement dit, la seule possibilité logique est qu'il y ait une accélération constante de  $v$  par seconde, c'est-à-dire que la loi de chute des corps soit à accélération constante. Mais ceci d'une part est lourd de conséquence, d'autre part est contraire à l'observation courante. Lourd de conséquence, car cela met en évidence qu'une force provoque une accélération, et non une vitesse (ce qui introduit donc l'idée qu'une vitesse n'a pas besoin d'être entretenue par une force, et mène vers le principe d'inertie, contraire au sens commun usuel). Contraire à l'observation courante, car on peut facilement se rendre compte que si un corps qui tombe commence par accélérer, il finit par adopter une vitesse limite constante.

Peut-on avoir raison contre l'observation ? Galilée, assuré de son raisonnement, comprend alors qu'autre chose doit intervenir. Constatant que les corps tombent moins vite par exemple dans l'eau que dans l'air, il en vient à l'idée d'une résistance du milieu. On dégage alors les lois élémentaires de la résistance de l'air. Cette résistance est notamment proportionnelle à la surface de contact entre le corps et l'air (ce qui fera toute la différence entre un kilo de plumes et un boulet de plomb d'un kilo), et à la vitesse de pénétration du corps dans l'air. S'il y a accélération, plus le corps augmente de vitesse, plus la résistance de l'air est grande. Il arrive donc un moment où la résistance de l'air est égale, mais en sens inverse à la pesanteur : la résultante des forces est alors nulle, il y a donc alors vitesse constante. Cette situation nous fait comprendre pourquoi l'observation fait problème : elle présente indissociablement mélangés des phénomènes différents, elle n'est donc pas une bonne base pour saisir le fonctionnement des différents paramètres. Comment peut-on alors vérifier le raisonnement théorique ? C'est là qu'intervient la notion d'expérimentation. Il faudra par exemple construire une colonne de verre dans laquelle on aura fait le vide (ces deux exigences demandant des connaissances et une technique déjà avancées), c'est-à-dire se donner les moyens pour pouvoir séparer artificiellement ce qui ne l'est pas naturellement. Il y a donc une véritable rupture de pensée et de pratique entre l'observation immédiate et l'expérience. L'une prend en bloc, et (consciemment ou non) tente d'interpréter la situation indivise qui lui est donnée, l'autre dissocie et analyse. L'expérience comporte, comme on le verra plus bas un paradoxe : elle agit, elle crée des conditions artificielles, pour parvenir à une constatation pure de ce qui n'est pas naturellement donné de manière isolée.

Ce passage à l'expérience est inséparable d'une mathématisation. L'observation, elle, tend à rester qualitative. La démarche analytique de l'expérience, qui tend à séparer les paramètres, débouche logiquement sur une appréhension quantitative des corrélations entre ces paramètres. Reste à justifier la validité de cette mathématisation. Galilée se montre à cet égard très pythagoricien (également par réaction anti-aristotélicienne) : " La philosophie est écrite dans ce grand livre qui continuellement est ouvert devant nos yeux, moi je dis l'univers, mais on ne peut le comprendre si tout d'abord on n'apprend pas à connaître la langue dans laquelle il est écrit. Il est rédigé dans une langue de mathématicien et les caractères sont des triangles, des cercles et d'autres figures géométriques. Sans ces moyens, il est humainement impossible de comprendre une parole. Sans ceux-ci, on erre en vain, dans un obscur labyrinthe." (L'essayeur). Il faut donc noter un double mouvement inséparable. D'une part, Galilée est "l'essayeur", expérimentateur très ingénieux, qui donne à voir, et dont les dispositifs comportent d'ailleurs également une dimension artistique indéniable. D'un autre, il est le théoricien pythagoricien qui raisonne en mathématicien.

Corrélativement à ce mouvement qui fait glisser de la conception d'un monde clos (à la mesure de l'homme et centré sur l'homme), à celle d'un univers infini pour lequel la notion de centre n'a plus de sens (et donc déstabilisant et inquiétant), s'amorce une relativisation du pouvoir humain de connaître. "Extrême m'est toujours apparue la témérité de ceux qui veulent faire de la capacité humaine la mesure de ce que la nature sait et peut accomplir. Cette vaine présomption de tout comprendre ne peut avoir d'autre origine que de n'avoir jamais rien compris. Lorsque d'autres auront fait l'expérience une seule fois de comprendre parfaitement une chose et vraiment apprécié comment est fait le savoir, ils sauront à quel point personne ne comprend rien à l'infinité des autres conclusions." (Massimi sistemi). Galilée, à la fin de sa vie, emprisonné (villa Médicis...) suite à sa condamnation dans le procès initié par les jésuites (aristotéliciens dogmatiques), devint aveugle, du fait de ses observations du soleil. Ainsi, cet homme qui avait toujours eu le souci de soigner son image, termina comme celui qui était devenu aveugle en voulant percer les mystères de l'univers...

### Suggestions de lectures

- \* Gaston BACHELARD, Le nouvel esprit scientifique. (sur la physique du début du siècle).
- \* Gaston BACHELARD, La formation de l'esprit scientifique. (exemples et analyses d'obstacles épistémologiques).
- \* Ferdinand ALQUIÉ, L'expérience (P.U.F.)

### Rubrique "à éviter"

- \* Sur les sujets d'épistémologie, éviter de produire des argumentations vagues ne comportant aucune référence au contenu de la science sur laquelle on disserte.
- \* A l'opposé (mais le risque est beaucoup plus rare), éviter de tomber dans une simple exhibition d'érudition.

### Questions de révision et d'approfondissement

- \* Pourquoi faut-il se méfier de l'observation ?
- \* Quelle différence y a-t-il entre observer et expérimenter ?
- \* Quels motifs pouvaient rendre probante la physique aristotélicienne ?
- \* Quelle rupture implique le passage de la notion de lieu à celle d'espace ?
- \* En quoi l'expérimentation entraîne-t-elle la mathématisation ?
- \* En quoi la découverte de satellites de Jupiter par Galilée pouvait-elle troubler les esprits ?
- \* En quoi la notion d'expérimentation est-elle paradoxale ?
- \* Une expérience peut-elle prouver la validité d'une théorie ?
- \* Que prétend-on en disant que la vérité n'est que le mouvement de rectification des erreurs ?