

ARISTOTE METTAIT-IL DE LA VINAIGRETTE DANS SA SALADE ?



Aristote est un philosophe grec né à Stagire en Macédoine, on l'appelait le stagirite, en ~384 et mort à Chalcis en Eubée en ~322. Il entre à l'Académie de Platon en 367, pour y devenir professeur par la suite. Il quitte l'Académie après la mort de Platon en ~347 pour rejoindre la cour d'Hermias, ancien disciple de Platon, qui avait pris le pouvoir à Atarnée. Il y épousa Pythias qui était une soeur ou une cousine d'Hermias. À la mort d'Hermias, livré aux Perses et exécuté sur l'ordre d'Artaxerxès III, Aristote quitte Atarnée pour Lesbos. En ~343, il devint précepteur d'Alexandre le Grand à la cour de Philippe II de Macédoine. Il y demeure jusqu'au meurtre de Callisthène en ~325. De retour à Athènes en ~335 et déçu de l'évolution de l'Académie depuis la mort de Platon, il fonde le Lycée d'Athènes où il enseigne pendant douze ans. À la mort d'Alexandre, en ~323, un fort courant anti-macédonien se développe à Athènes, forçant Aristote à se réfugier à Chalcis où il meurt l'année suivante.

Aristote a fait une synthèse des connaissances scientifiques de son époque. Parmi les théories de ses prédéces-

seurs, il a retenu celles qui étaient conformes à l'observation et les a englobées en une théorie scientifique très cohérente en ayant recours à une argumentation respectant les règles de la logique qu'il avait lui-même définies.

L'analogie est un élément important de la démarche scientifique, on y trouve souvent l'inspiration pour résoudre un problème, pour expliquer un phénomène ou pour ébaucher une théorie. Dans cet article, nous allons voir comment Aristote de l'analogie pour déterminer sa théorie du mouvement. Nous verrons également comment il s'est servi du raisonnement par l'absurde pour conclure à l'impossibilité du vide.

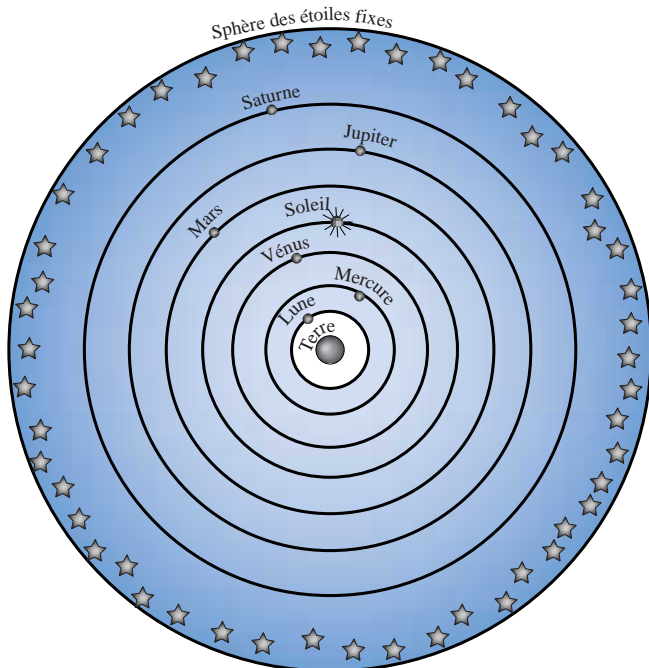
LA COSMOLOGIE D'ARISTOTE

Pour Aristote, l'univers est constitué de deux régions différentes divisées en sphères concentriques. La région la plus externe de l'univers est celle des cieux, le *monde supra-lunaire*, qui s'étend de la sphère de la Lune à la sphère des étoiles fixes. C'est une région supposée im-

muable et les seuls changements qui s’y produisent sont les mouvements des corps célestes qui sont des mouvements naturels, c’est-à-dire régis par des lois de la nature. L’autre région qui s’étend de la Lune au centre de la Terre est le *monde sublunaire*. On y retrouve des mouvements naturels bien sûr, mais également des mouvements violents causés par des forces qui ne sont pas naturelles.

LE MONDE SUPRA-LUNAIRE

La théorie d’Aristote sur le monde supra-lunaire s’inspire de la théorie d’Eudoxe pour expliquer le mouvement des planètes. Depuis longtemps, les savants avaient remarqué que des changements réguliers affectent les positions respectives des astres dans le ciel et, grâce à des dispositifs ingénieux, avaient associé ces changements aux saisons. Ainsi, en Égypte, le retour de Sirius à l’horizon indiquait l’imminence de la crue du Nil. On a également constaté que sept objets célestes semblaient se déplacer sur un fond d’étoiles fixes. Ces objets mobiles appelés *vagabonds* en grec sont le Soleil et la Lune ainsi que les planètes connues à l’époque, Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne.



Les planètes semblaient se déplacer d’ouest en est, à l’exception de Mars qui, parfois, semblait ralentir et même se déplacer en sens inverse durant quelques semaines.

Eudoxe, né en ~408, fut le premier à tenter d’expliquer ces phénomènes. Il imagina que la Terre était fixe et que les planètes étaient situées sur un ensemble de sphères transparentes et homocentriques qui tournaient à différentes vitesses autour de la Terre. Quant aux étoiles, elles étaient fixées à la sphère la plus extérieure.

Ce modèle, fort ingénieux n’expliquait pas le comportement étrange de Mars, mais cette seule exception n’était pas jugée suffisante pour invalider le modèle. Elle suggérerait plutôt de chercher les ajustements nécessaires pour que le modèle tienne compte de ce cas particulier.

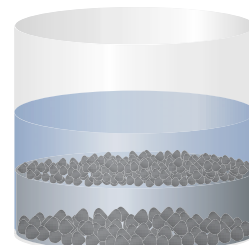
LE MONDE SUBLUNAIRE

LES ÉLÉMENTS

Pour saisir toute la finesse de la pensée d’Aristote concernant les éléments et le mouvement, il est conseillé de préparer la recette suivante :

- prendre un contenant avec couvercle,
- verser une demi-tasse d’huile,
- ajouter un tiers de tasse de vinaigre,
- ajouter des piments, des fines herbes, etc,
- mélanger le tout énergiquement,
- placer le bocal sur une surface, horizontale de préférence,
- laisser reposer et observer sans manifester d’impatience.

On constate que les éléments de la vinaigrette vont se séparer. L’huile qui ne semble pas vouloir fraterniser avec les autres ingrédients se sépare et flotte sur le vinaigre. Certains éléments vont flotter à la surface, d’autres vont se stabiliser entre les deux liquides. Les éléments les plus lourds se déposent au fond du récipient et les plus légers s’empilent sur les plus lourds.



Ce comportement des ingrédients permet d'illustrer comment Aristote concevait la chute des corps dans le monde supralunaire. Les corps plus lourds tombent plus rapidement que les plus légers et la vitesse à laquelle les éléments lourds s'enfoncent dépend de la résistance offerte par le milieu mais également des éléments qui les composent.

Dans sa philosophie, Aristote a repris la théorie qu'Empédocle avait emprunté aux Ioniens, selon laquelle l'Univers est constitué de quatre éléments qui sont contenus en proportions variables dans chaque corps. Pour lui, le monde sublunaire qui s'étend du centre de l'Univers, qui est également le centre de la Terre, jusqu'à la surface la plus rapprochée de la sphère lunaire est partagé en quatre régions sphériques concentriques. Chacune de ces sphères est l'emplacement naturel de l'un des quatre éléments d'Empédocle qui sont, du plus léger au plus lourd, le feu, l'air, l'eau et la terre. Ces quatre éléments sont présents dans chaque corps dans des proportions variables et les caractéristiques d'un corps sont définies par la prépondérance de l'un de ces éléments.

LE MOUVEMENT

Lorsqu'il est laissé à lui-même, chaque corps tend à occuper la place naturelle de son élément dominant. C'est ce qui se passe dans la vinaigrette. Sa tendance à occuper sa place naturelle sera d'autant plus grande que la proportion de son élément dominant sera grande. Ainsi, plus un corps est lourd (c'est-à-dire comporte une grande proportion de l'élément terre) plus il tombera rapidement car sa tendance à occuper son emplacement naturel sera forte. Plus un corps comportera une grande proportion de l'élément feu, plus il sera porté à s'élever rapidement. Cette propension est facile à constater lorsqu'on observe un feu, on voit bien que les flammes s'élèvent et tout corps contenant une forte proportion de cet élément fera de même.

Dans cette région intérieure de l'univers, des perturbations interviennent souvent, mais lorsque la cause de ces perturbations prend fin les corps vont reprendre leur place naturelle. Si on lance un objet dans les airs, on lui imprime un mouvement violent, contre nature, et lorsque la cause de ce mouvement violent aura pris fin le corps reprendra

sa place naturelle. Tout comme dans la vinaigrette, les corps se déplacent dans le milieu lorsqu'une perturbation, causée par la main du brasseur, intervient. Lorsque la cause de la perturbation cesse, les éléments vont graduellement reprendre leur place naturelle.

L'IMPOSSIBILITÉ DU VIDE

Dans une telle représentation de l'univers, le vide n'est pas concevable. Le mouvement requiert la présence de corps en interaction et la vitesse du mouvement dépend de la composition de ces corps. Dans la physique d'Aristote, si le mouvement est possible, c'est parce que le monde est rempli de matière. Aristote a recours à différents arguments pour démontrer par l'absurde¹ l'impossibilité du vide, en voici quelques exemples.

Selon Aristote, le vide n'offrant aucune résistance au déplacement des corps, ceux-ci devraient se mouvoir à une vitesse infinie, ce qui est impossible à concevoir.

Dans un espace vide, il n'y aurait pas de milieu résistant et l'espace agirait de façon égale dans toutes les directions. Un corps tendrait alors à s'y déplacer dans toutes les directions à la fois, ce qui est impossible à concevoir.

Dans un espace rempli de matière, la vitesse à laquelle un corps tombe est directement proportionnelle à son poids. Le corps lourd tombe plus vite que le corps léger parce qu'il traverse plus facilement le milieu qui lui résiste. Par conséquent, selon Aristote, des corps de

-
1. Un raisonnement par l'absurde consiste à construire une argumentation qui permet de rejeter une conjecture en montrant que celle-ci entre en contradiction avec les résultats précédemment démontrés ou acceptés. Ainsi, si on accepte la théorie du mouvement d'Aristote le vide ne peut exister. Pour accepter l'existence du vide, il faut développer une autre théorie du mouvement. Cette nouvelle théorie devra attendre la venue de Galilée. Les expériences démontrant l'existence du vide seront réalisées par Torricelli à la suggestion de Galilée dont il fut l'élève.

poids différents devraient tomber à des vitesses égales dans le vide. Ce qui est impossible puisqu'un corps tombe à une vitesse proportionnelle à son poids. Le vide ne peut donc exister.

Le mouvement d'un corps dans un espace vide, homogène et illimité, n'aurait aucune raison de s'arrêter car le milieu ne pourrait résister à son déplacement. Un tel corps serait donc arrêté pour toujours ou encore il se déplacerait perpétuellement. Ce qui est inconcevable.

L'INFINI ET L'UNIVERS

Dans toute description de l'univers, il y a deux questions inévitables. La question de la durée et celle de l'étendue. L'univers a-t-il été créé ou a-t-il existé de tout temps ? L'univers s'étend-il à l'infini ou est-il fini ? Aristote s'est évidemment posé ces questions.

LA DURÉE

Platon croyait que l'univers était l'oeuvre d'un démiurge qui, à partir du chaos originel, avait constitué un cosmos organisé. Aristote croyait que l'univers avait toujours existé, mais cette croyance était une conséquence de sa vision de l'univers. Pour lui, le monde supra-lunaire était parfait et immuable. C'est l'avantage de la perfection, il n'est nul besoin de changer pour s'améliorer. Le monde supra-lunaire étant parfait, il devait avoir existé de tous temps, sinon il n'aurait pas toujours été parfait, ce qui eut été fâcheux pour la théorie.

2. Paradoxes de Zénon

La dichotomie

Si un segment de droite est infiniment divisible, alors le mouvement est impossible, car pour parcourir ce segment, il faut d'abord en atteindre le point milieu. Mais, avant d'en atteindre le point milieu, il faut d'abord parcourir le quart de la distance. Avant de parcourir le quart de la distance, il faut en parcourir le huitième et ainsi de suite à l'infini. Il s'ensuit que le mouvement ne peut jamais commencer.

Achille

Si Achille fait une course avec une tortue à qui on a donné une longueur d'avance, lorsqu'Achille atteint le point de départ de la tortue, celle-ci a pendant ce temps parcouru

Le mouvement des planètes et des étoiles était expliqué par la rotation des sphères célestes. Les sphères avaient été choisies parce qu'elles répondaient assez adéquatement aux observations. Mais, ce n'était pas la seule raison. La planète est entraînée par la sphère dans sa rotation et l'orbite de la planète est alors un cercle, la figure parfaite qui n'a ni commencement ni fin et qui témoigne d'un mouvement infini à une vitesse constante.

L'ÉTENDUE

Aristote s'est beaucoup intéressé à l'infini même s'il considérait que c'était un sujet délicat. Depuis que Zénon² avait énoncé ses paradoxes, en jouant sur l'imprécision du concept d'infini et de divisibilité infinie, les savants évitaient la notion d'infini dans leurs raisonnements pour ne pas susciter de critiques comme celles énoncées par Zénon.

Aristote se rendait compte qu'il n'est pas simple de rejeter ou d'accepter l'existence de l'infini. Selon lui, le rejet comme l'acceptation de l'infini est source de paradoxes. Il donne d'ailleurs différentes raisons pour croire à l'existence de l'infini :

- l'infinité du temps;
 - la divisibilité infinie des grandeurs mathématiques;
 - le fini se bute toujours à quelque chose et il n'y a pas de limite au fini;
 - il n'y a pas de limite à ce que la pensée peut concevoir.
- En particulier, il n'y a pas de limite aux nombres ou

une distance. Pendant qu'Achille va parcourir la distance qui le sépare encore de la tortue, celle-ci s'éloigne à nouveau et elle est encore à une certaine distance d'Achille. Achille aura toujours une distance à parcourir pour rejoindre la tortue, le mouvement est donc impossible.

La flèche

Si le temps est fait d'instantanés indivisibles, alors une flèche en mouvement est toujours arrêtée car à tout instant, la flèche est en une position donnée et occupe un espace égal à elle-même. Puisque cela est vrai en tout instant, il s'ensuit que la flèche ne se déplace jamais parce qu'un corps qui occupe toujours le même espace ne se déplace pas.

aux grandeurs mathématiques et il n'y a pas de limite à ce qui s'étend au-delà des cieux.

Malgré ces arguments, Aristote rejetait le concept d'un univers infini³. Il a poursuivi ses réflexions sur l'infini en distinguant différents types d'infini, dont l'infini potentiel et l'infini actuel. L'infini potentiel est un processus, un devenir, comme le processus de la division illimitée d'un segment de droite ou de l'addition successive des nombres naturels. L'infini actuel serait le résultat de la division illimitée d'un segment de droite ou de l'addition successive. Or, ce résultat ne peut exister puisqu'il est toujours possible de diviser le petit segment résultant de la division précédente comme il est toujours possible de poursuivre le processus d'énumération des nombres naturels en additionnant l'unité au dernier nombre obtenu.

Ce rejet de l'infini actuel a eu des répercussions sur la cosmologie d'Aristote. Pour lui, l'univers est fini. Puisque seul l'infini potentiel existe, l'univers ne peut être infini car il serait en devenir, en changement dans le temps; or il n'y a pas de changement dans le ciel. Pour Aristote, le déplacement des constellations, observé depuis des siècles, suit un cycle immuable qui s'explique par la rotation de la sphère des étoiles, mais il ne s'agissait pas d'un

changement dans le sens d'une évolution, d'un devenir.

CONCLUSION

La vision du monde d'Aristote est le fruit d'un mélange d'observations, de sens commun et de spéculation. Comme chacun sait, la terre est lourde et elle ne peut être qu'immobile au centre du monde, c'est à la fois le résultat d'une observation et du sens commun. Il est également facile de constater que les objets ne tombent pas tous à la même vitesse et que les corps lourds tombent plus rapidement.

Il est facile également de constater qu'en lançant d'un même mouvement deux objets de poids différents, une pierre et une plume par exemple, ces objets ne se déplacent pas à la même vitesse. Un corps a donc une vitesse innée qui dépend de ses composantes. Plus il est lourd, plus sa vitesse innée est grande. Aristote a donc observé, et il a tenté d'expliquer. Il a induit des conjectures mais ces conjectures ont été considérées comme des lois sans autre forme de validation et ont fait partie de l'enseignement pendant deux mille ans. Il faudra attendre Copernic et Galilée pour que soient proposés une nouvelle cosmologie et une nouvelle théorie du mouvement.

Aristote a posé les fondements de la logique déductive et la logique joue un rôle important dans sa conception du monde. L'utilisation qu'il fait du raisonnement par l'absurde pour assurer la cohérence de l'ensemble de sa conception du monde est un enseignement important pour le développement de la connaissance scientifique. La cohérence de la théorie avec les observations et avec les résultats précédemment démontrés sont des exigences importantes de la construction du savoir scientifique.

Nous ne saurons jamais si Aristote mettait de la vinaigrette dans sa salade et la réponse n'a pas d'importance. Ce qui est important de constater, c'est que pour élaborer ses théories, il a eu recours à l'observation et qu'il a eu le souci de s'assurer que l'ensemble des explications qu'il donnait des phénomènes formait un tout cohérent. Pour assurer cette cohérence, il a défini et utilisé les règles de la logique déductive dont le raisonnement par l'absurde.

3. Au Moyen-Âge, les controverses sur l'infini opposant les théologiens et les philosophes vont semer le doute tant sur le dogme chrétien que sur les enseignements d'Aristote. Plusieurs paradoxes portant sur le concept d'infini seront énoncés. Les détracteurs d'Aristote, et partisans d'une Création de l'Univers par Dieu, ont cherché à démontrer l'inconséquence du postulat aristotélicien d'un univers qui a toujours existé. Pour eux, si l'Univers a toujours existé, tel qu'Aristote l'enseigne, le nombre de révolutions qu'une planète a effectué est infini et l'infini en acte existe, ce qui est une première incohérence. De plus, si l'univers a toujours existé, la planète Saturne a accompli une infinité de révolutions et la Lune en a effectué 360 fois plus et la sphère des étoiles fixes dix mille fois plus. Il est inconcevable qu'une grandeur puisse être plus grande que l'infini, Aristote a donc erré et il est impossible que l'univers ait toujours existé, il a donc été créé.

EXERCICES : ARISTOTE

1. Comment Aristote conçoit-il l'Univers?
2. Qu'est-ce qui caractérise le monde supra-lunaire?
3. Qu'est-ce qui caractérise le monde sublunaire?
4. Qu'est-ce qu'un mouvement violent?
5. Qu'est-ce qu'un mouvement naturel dans le monde sublunaire?
6. Le mouvement violent est-il concevable dans le monde supra-lunaire?
7. Expliquer comment Aristote établit une analogie entre le comportement des corps en chute libre dans l'eau et dans l'air.
8. Expliquer pourquoi Aristote considère que le vide est impossible.
9. Expliquer en quoi consiste un raisonnement par l'absurde.
10. Pourquoi dit-on que c'est grâce à des raisonnements par l'absurde qu'Aristote conclut à l'impossibilité du vide?
11. Qu'est-ce qui dans la physique d'Aristote n'était pas compatible avec l'existence du vide. Expliquer.
12. Pourquoi Aristote se méfiait-il de l'infini?
13. Pourquoi Aristote considère-t-il que l'Univers est fini?
14. En quoi un infini actuel est-il inconcevable?
15. Indiquer, dans les travaux des pythagoriciens, deux processus qui constituent des infinis potentiels.
16. Pourquoi l'orbite des planètes devait-elle être circulaire?
17. Comment Aristote concilie-t-il les mouvements planétaires avec l'idée que le monde supra-lunaire est parfait et immuable?
18. Quelle planète avait un comportement qui cadrait mal avec la théorie d'Aristote? Expliquer.
19. Comment Aristote explique-t-il que certains corps tombent plus vite que d'autres?
20. Qu'est-ce qu'Aristote entend par la vitesse innée d'un corps. Expliquer comment ce concept est le fruit d'une observation.
21. Expliquer quelques-uns des paradoxes soulevés par la conception d'Aristote d'un univers ayant toujours existé.