CST 01

Épistémologies contemporaines : le cercle de Vienne et ses héritiers

Bruno Bachimont[1]

[1] Université de technologie de Compiègne
Costech

Février 2025

Plan

1. **L'empirisme de Mach**
2. **L'analytique et le synthétique**
3. **Les maths et la logique comme langages**
4. **Le sens des énoncés**
5. **Les héritiers : de Popper à Feyerabend**
   - Popper
   - Kuhn et la science normale
   - Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

Plan

1. **L'empirisme de Mach**
2. **L'analytique et le synthétique**
3. **Les maths et la logique comme langages**
4. **Le sens des énoncés**
5. **Les héritiers : de Popper à Feyerabend**
   - Popper
   - Kuhn et la science normale
   - Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

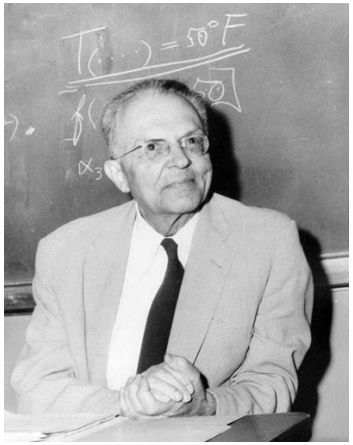
Le cercle de Vienne

- mouvement philosophique interdisciplinaire fondé à Vienne après la première guerre mondiale ;
- fondé par un physicien, Moritz Schlick, nommé en 1922 à la chaire de « philosophie et d'histoire des sciences inductives » de Vienne, à la suite de Mach et Boltzmann ; se regroupe autour de lui, dès 1925, chaque jeudi soir :

  des mathématiciens : Kurt Gödel, Hans Hahn, K. Reidemaster, F. Waismann ;
  un juriste : F. Kaufmann ;
  un sociologue : Otto Neurath ;
  un physicien : H. Feigl.
- à l'arrivée de Carnap en 1926, nommé professeur à Vienne, le cercle se constitue comme « Association Ernst Mach » ;
- coïncide avec la « Société pour une philosophie emprique », fondée en 1928 à Berlin autour de Reichenbach, Dubislav et Kraus ;
- les deux cercles fondent une même revue, *Erkenntnis* et collaborent activement.

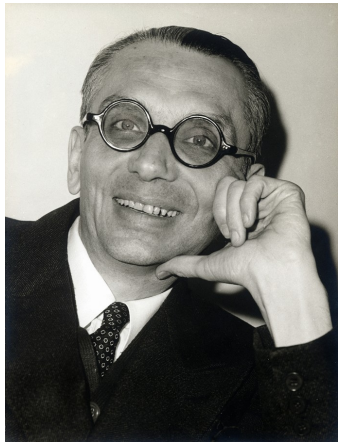
Galerie

Ernst Mach
(1838 - 1916)



Rudolf Carnap
(1891 -1970)

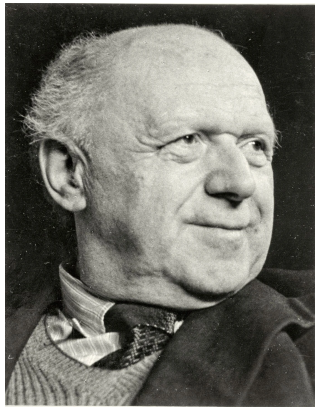
Moritz Schlick
(1882 -1936)



Kurt Gödel
(1906-1978)

Hans Hahn
(1879 -1934)

Hans Reichenbach
(1891 -1953)



Otto Neurath
(1882 -1945)

Friedrich Waismann
(1896 -1959)

L'empirisme de Mach - 1

La sensation à la base des connaissances et des choses :

La réalité de la sensation : seules les sensations ou éléments existent ; les concepts et objets sont des constructions :

≪ C'est des sensations et de leurs connexions que naissent les concepts, dont le but est de nous mener, par la voie la plus courte et la plus facile, à des idées sensibles qui s'accordent au mieux avec des sensations. L'intellection part ainsi toujours des perceptions sensibles et y retourne. ≫ *La connaissance et l'erreur*

L'irréalité des concepts et des choses : Ce n'est pas ce que nous appelons ≪ les choses (les objets, les corps), mais bien les couleurs, les tons, les pressions, les espaces, les durées (ce que nous appelons d'habitude les sensations), qui sont les véritables éléments du monde. ≫ *La mécanique*.

mais les concepts sont des abstractions *utiles* riches de contenu ;

L'empirisme de Mach - 2

La science comme forme ultime des connaissances :

L'unité de la science : « car toutes les sciences forment ultimement un tout » ; leur diversité est artificielle et accidentelle ;

Le dépassement de la philosophie : « Je n'ai pas voulu introduire une nouvelle philosophie dans la science, mais la libérer d'une philosophie vieille et dépassée ». *La connaissance et l'erreur*

la philosophie est une philosophie de la science, qui doit clarifier le contenu scientifique des concepts et non poser de nouveaux concepts ;

Sensation et points de vue

Si par exemple, je suis allongé sur un canapé, et ferme l'œil droit, l'image représentée par l'illustration suivante s'offrira à mon œil gauche. Dans le cadre formé par le sourcil, le nez et la moustache, apparaît une partie de mon corps ,la seule qui me soit visible, et ce qui l'entoure. Ce qui différencie mon corps des autres corps humains – en plus du fait que chaque représentation plus vive d'un mouvement se communique aussitôt par ce mouvement, et que le contact que j'ai avec mon corps occasionne des transformations encore plus brutales que le contact avec d'autres corps –, c'est qu'il n'est perçu qu'en partie, et que singulièrement il est vue sans tête.

Unité de la science

Il n'y a pas de distinction entre les différentes formes de connaissances :

- toute connaissance, si elle est une authentique connaissance, possède une vérité et renvoie à la réalité du monde ;
- le monde est unique, la vérité également : toutes les connaissances sont analogues ;

Il n'y a pas de différence entre la *connaissance scientifique* et la *connaissance de sens commun* ;
La science est unique : toutes les sciences constituent *une* science, *la* science ;

La formalité de la science

La science une du monde est une science logique, qui utilise le langage logique pour exprimer ses jugements :

- les sensations sont à la base des *énoncés d'observation* ou *énoncés protocolaires* ; ce sont les vérités fondamentales de la science ;

  ceci est rouge ; *ceci est dur* ;
- les énoncés scientifiques sont soit des énoncés d'observation, soit des énoncés déduits *logiquement* depuis les énoncés d'observation ;

On a donc un :

empirisme : toute connaissance *provient* l'expérience ;

logique : toute connaissance se *déduit* de l'expérience ;

Carnap

Deux langages différents, un langage psychique et un langage physique, sont à notre disposition, et nous affirmons qu'ils expriment le même contenu théorique. On objectera que ≪ A se réjouit ≫ exprime tout de même quelque chose de plus que l'énoncé physique correspondant. Et c'est effectivement exact. Le langage psychique n'a, en effet, sur le langage physique pas seulement l'avantage d'une simplicité considérablement plus grande, il exprime plus de choses. Mais ce plus n'est pas un plus en contenu théorique ; ce qui est exprimé par là, ce sont uniquement de représentations concomitantes.

Schlick

Car le sens de ces mots, utilisés par le poète ou par le psychologue, ne peut en toutes circonstances être donné et expliqué qu'en le réduisant aux relations formelles entre les objets. Le mot « vert » n'est en rien plus riche (au contraire, il est même plus pauvre) que le concept de fréquence des oscillations lumineuses par lequel le physicien l'a remplacé. Le mot « vert » n'exprime pas réellement ce qui est vécu lorsqu'on regarde une prairie verte, le mot n'a aucune affinité de contenu avec le vécu du vert ; il n'exprime qu'une relation formelle selon laquelle touts les objets que nous nommons verts sont reliés les uns aux autres.

Il faut donc formaliser....

Formaliser des connaissances, c'est les exprimer dans un langage formel. Un langage formel se définit par les primitives qu'il enrôle dans une :

Syntaxe générative : qui assemble les primitives selon des règles de construction pour construire des formules légales du langage ;

Sémantique compositionnelle : qui compose les significations des primitives pour déterminer la signification des formules qu'elles construisent ;

Le formalisme détermine les règles de construction syntaxique et de composition sémantique dès lors qu'il dispose de primitives.

Ontologie en représentation des connaissances

Une ontologie définit les primitives non logiques d'un langage formel de représentation et manipulation de connaissances :

- Les choisir ;
- Définir une sémantique pour chacune des primitives non logiques.

Exemple :

- soit la connaissance (informelle) que tout film avec un acteur connu sera un succès. Il faut en dégager la véritable connaissances :

$$Actor(x) \wedge Famous(x) \wedge Play(x, y) \wedge Film(y) \rightarrow Success(y)$$

- *Actor*, *Famous*, *Play*, *Film*, *Success* sont des **primitives non logiques**. Choisir telle ou telle primitive et lui associer telle ou telle signification se définit en plus du langage formel
- $\wedge$, $\rightarrow$ sont des **primitives logiques** : Le langage formel spécifie par lui-même quelles sont les primitives et quelle signification leur associer : $\wedge$ et la table de vérité de la conjonction.

Plan

1. L'empirisme de Mach
2. L'analytique et le synthétique
3. Les maths et la logique comme langages
4. Le sens des énoncés
5. Les héritiers : de Popper à Feyerabend
   - Popper
   - Kuhn et la science normale
   - Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

Enoncés analytiques et synthétiques

La distinction remonte à Kant (*Critique de la raison pure, 1781*) :

Une énoncé analytique est un énoncé dont le prédicat ne fait qu'expliciter le contenu du sujet sans rien lui ajouter ;

Un énoncé synthétique est un énoncé dont le prédicat précise une propriété non comprise dans le sujet et donc qu'il lui ajoute ;

Les énoncés peuvent être *a priori* ou *a posteriori* :

Les énoncés a priori sont connus avant l'expérience et donc ne dépendent pas d'elles ;

Les énoncés a posteriori sont connus après l'expérience et dépendent d'elles.

Kant soutenait qu'il existait des énoncés synthétiques a priori : des énoncés qui valent pour l'expérience alors qu'ils sont connus indépendamment de l'expérience ! Les mathématiques et la physique théorique sont un exemple.

énoncés	**analytique**	**synthétique**
a priori	Logique	Mathématiques
a posteriori	sans intérêt	Physique

Le synthétique et l'analytique pour l'empirisme logique

De manière contemporaine :

Un énoncé analytique est un énoncé vrai ou faux uniquement en fonction du sens de ses termes, indépendamment de la nature du monde ; *Tous les célibataires sont non-mariés.*

Un énoncé synthétique est un énoncé dont la vérité dépend du sens de ses termes *et* de la vérité du monde. *Tous les célibataires sont chauves*.

Le cercle de Vienne soutient qu'il n'existe pas d'énoncés synthétique a priori, mais seulement a posteriori :

énoncés	**analytique**	**synthétique**
a priori	Logique et mathématique	NON
a posteriori	NON	Physique

Mais alors, quel est le statut des mathématiques et de la physique théorique ?

Plan

1. L'empirisme de Mach
2. L'analytique et le synthétique
3. **Les maths et la logique comme langages**
4. Le sens des énoncés
5. Les héritiers : de Popper à Feyerabend
   - Popper
   - Kuhn et la science normale
   - Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

Science et langage

La solution proposée par le cercle de Vienne vient du fait qu'il distinguer la connaissance qui vient de l'expérience de l'organisation que nous lui donnons dans la science, qui vient de notre langage scientifique :

- la logique et les mathématiques ne sont pas des sciences : ce sont des langages ; Elles permettent d'exprimer le contenu de l'expérience, elles ne sont pas une expérience (pas d'expérience mathématique ou logique) .
- La connaissance n'est que physique et ne vient que de l'expérience. Elle possède un objet.

La science ne fait qu'organiser et classer les faits issus de l'expérience. Elle les abstrait en classes logiques de plus en plus théoriques, mais qui n'apportent pas plus de connaissances que les simples faits d'expérience. Ces classes sont peut-être plus intelligibles que l'expérience, mais n'apportent pas plus de connaissances.

En résumé

- seule l'expérience nous apprend que le monde est comme ceci ou comme cela ;
- les vérités mathématiques ne nous apprennent rien sur la nature du monde et du réel ; que $P \vee \neg P$ soit toujours vrai ne dépend pas du monde :

  les tautologies sont vraies dans tous les mondes concevables, y compris le monde réel ; découvrir une tautologie ne m'apprend rien sur le monde dans lequel je vis ;

  les contradiction sont fausses dans tous les mondes ; en débusquer une ne m'apprend rien sur le réel ;
- les mathématiques et la logiques sont *analytiques* et *ne sont pas des sciences mais un langage* ; elles n'ont pas d'objets d'étude pris sur le réel, mais sont leur propre réalité ;
- la seule science ou connaissance est celle déduite de l'expérience ; elle est synthétique.

Plan

1. L'empirisme de Mach
2. L'analytique et le synthétique
3. Les maths et la logique comme langages
4. **Le sens des énoncés**
5. Les héritiers : de Popper à Feyerabend
   - Popper
   - Kuhn et la science normale
   - Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

Signification et vérification

La question est à présent de savoir quelle signification donner aux énoncés synthétiques (les analytiques n'en ont pas) ?

la signification des énoncés est leur méthode de vérification

- comprendre un énoncé, c'est en fait savoir comment le vérifier ;
- mais la vérification est expérimentale : il faut faire dépendre les énoncés de l'expérience et de l'observation ;
- Il faut donc *traduire* chaque énoncé théorique en énoncés d'observation, c'est ne faisant référence qu'à la sensation, ou des configurations de sensations.

Mais :

- la vérifiabilité ne peut être établie qu'en principe ;
- la traduction en énoncés d'observation est rarement possible et ce critère fut affaibli par la suite.

Enoncés théoriques et énoncés d'observation

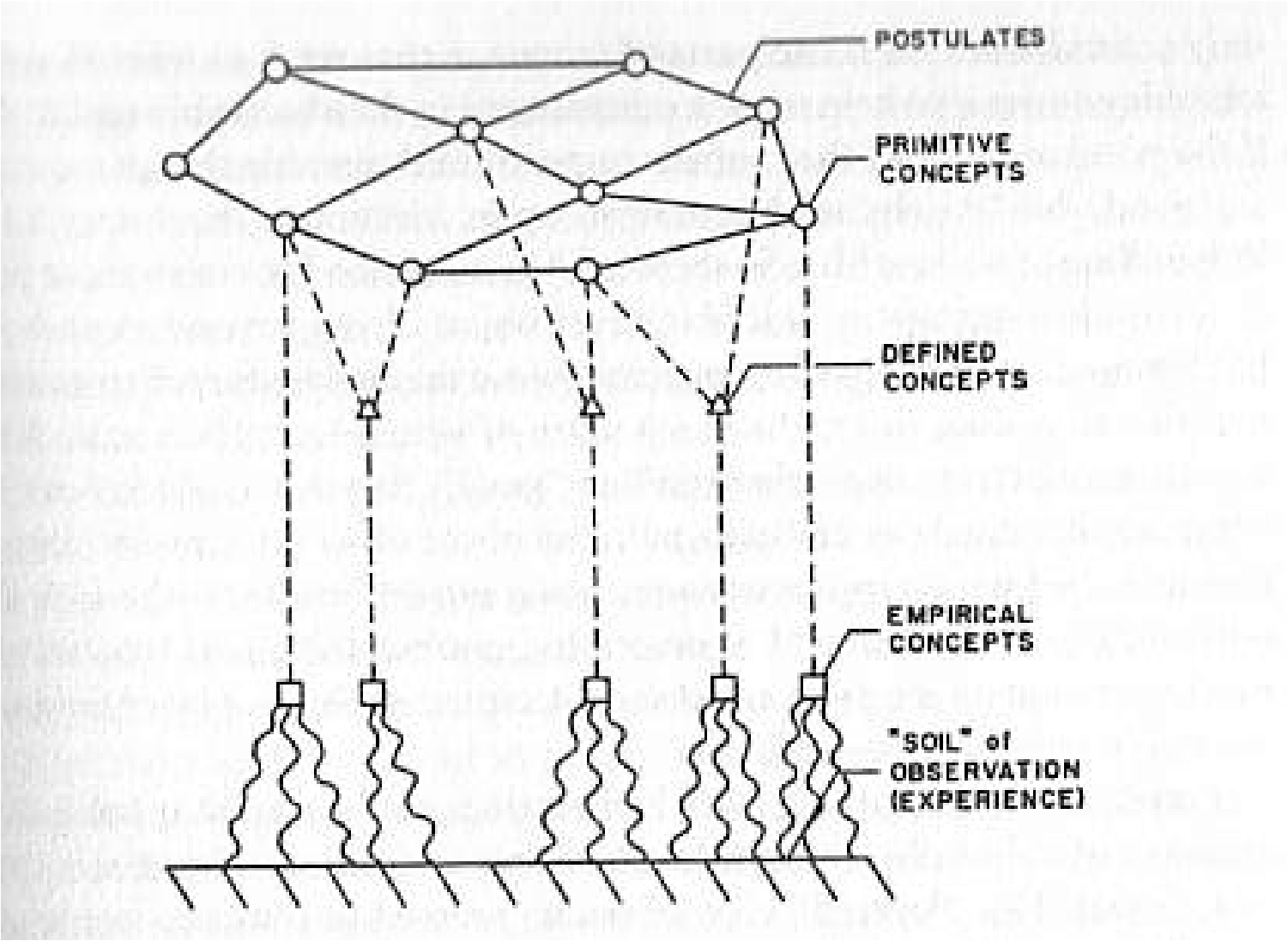
Le cercle de Vienne distingue donc :

Les énoncés d'observation décrivent directement les sensations observées :
le métal est rouge ;

Les énoncés théoriques correspondent aux autres énoncés. Ils classent les énoncés d'observation :
Les atomes d'Hélium ont deux électrons.

Mais les énoncés d'observation sont privés et propres à la conscience de l'observateur. Les énoncés d'observation doivent être intersubjectifs et se prêter à des expériences partagées.

Concepts et expériences



Plan

1 L'empirisme de Mach

2 L'analytique et le synthétique

3 Les maths et la logique comme langages

4 Le sens des énoncés

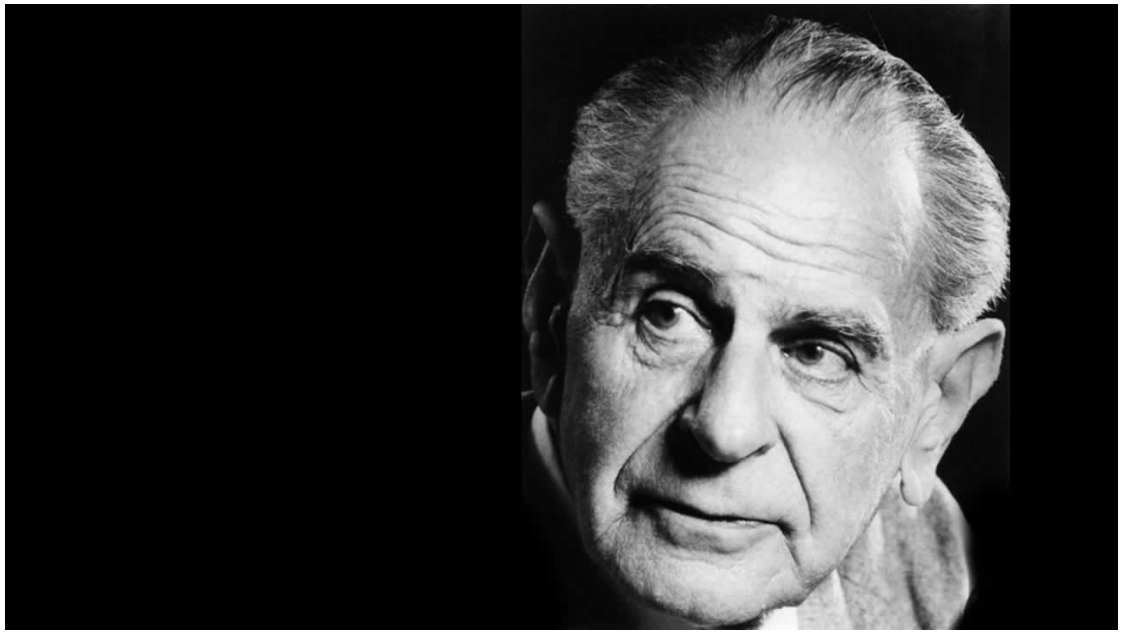
5 **Les héritiers : de Popper à Feyerabend**
- Popper
- Kuhn et la science normale
- Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

Plan

1. L'empirisme de Mach
2. L'analytique et le synthétique
3. Les maths et la logique comme langages
4. Le sens des énoncés
5. **Les héritiers : de Popper à Feyerabend**
   - Popper
   - Kuhn et la science normale
   - Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

Popper (1902 - 1994)

- héritier du cercle de Vienne ;
- né à Vienne, émigra en Australie puis en Angleterre, professeur à la LSE.
- épistémologue et philosophie politique.



Le problème d'une logique inductive

Chaque énoncé se déduit de l'expérience ; mais :

- l'expérience est *singulière* et porte sur un nombre *fini* de cas : $\exists x / x = a \wedge P(x)$;
- les énoncés scientifiques sont *universels* et portent sur un nombre infini de cas ;

Comment *dériver logiquement* l'universel du particulier ? Une dérivation logique est *ce qui conserve la vérité au cours du raisonnement* :

l'inductionnisme : une logique inductive permet de passer de la *vérité* du particulier à la *vérité* du général ;

le falsificationnisme : seulement possible de déduire la vérité du particulier de la vérité du général ; donc :

- on a des faits d'expérience ;
- on pose un hypothèse qui rend compte des faits ;
- on *déduit* véridiquement des conséquences pour les confronter à de nouvelles expériences ;
- on réfute l'hypothèse ou la confirme ; la réfutation est *définitive* et *absolue*, la confirmation est *provisoire* et *relative* ;

Problèmes et critiques

La théorie de la vérifiabilité est fortement critiquée par Willard Van Orman Quine : c'est le *holisme*.

Origine : argument proposé déjà par Pierre Duhem ;

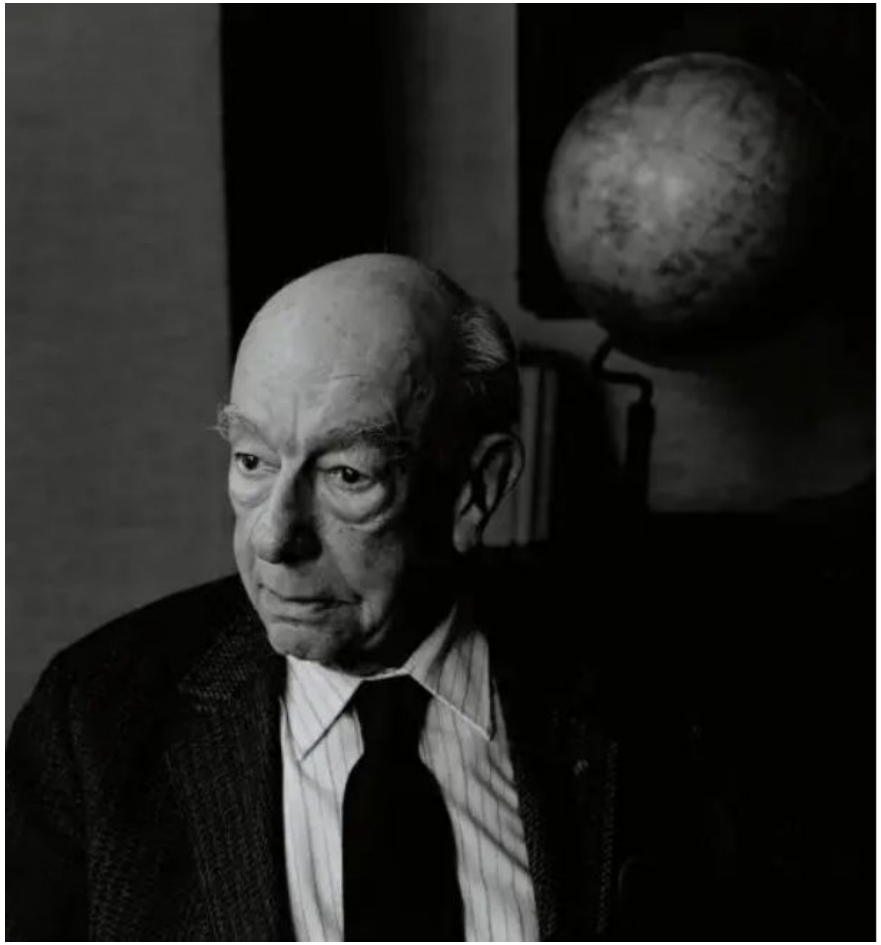
Contenu : l'expérience ne permet pas de réfuter un énoncé en particulier.

Explication : la théorie est un tout (*holon*) et le sens d'un énoncé découle de tous les énoncés globalement.

≪ Le dogme du réductionnisme survit dans la supposition que chaque énoncé, isolé de ses compagnons, peut être confirmé ou infirmé. Quant à moi, [...], je propose l'idée que nos énoncés sur le monde extérieur sont jugés par le tribunal de l'expérience sensible, non pas individuellement, mais seulement collectivement. ≫ Quine, Les deux dogmes de l'empirisme, dans *De Vienne à Cambridge*, Gallimard, 1980.

Duhem et Quine

Pierre Duhem (1861 - 1916)



Willard van Orman Quine (1908 -2000)

De l'expérience cruciale de Bacon au holisme de Pierre Duhem

Pierre Duhem entend réfuter la notion d'expérience cruciale que Francis Bacon avait proposée dans son Novum Organum ; crucial ne veut pas dire ici important, mais en forme de croix, c'est-à-dire que si l'on réfute un branche, alors il faut donc prendre l'autre :

> *Au nombre des instances prérogatives, nous placerons au quatorzième rang les Instances de la Croix, en empruntant le mot aux croix qui, dressées au bifurcations, indiquent et signalent la séparation des chemins.*

L'enjeu de l'expérience cruciale est de départager deux hypothèses rivales :

- on a deux hypothèses rivales sur la lumière : corpusculaire, ou ondulatoire ;
- si la lumière est corpusculaire, elle est plus rapide dans l'eau que dans l'air, sinon c'est l'inverse.
- l'expérience de Foucault permet d'évaluer la vitesse relative de la lumière dans l'eau et dans l'air ; comme la mesure confirme que la lumière et plus rapide dans l'air que dans l'eau, cela réfute forcément l'une des deux propositions, c'est-à-dire l'hypothèse corpusculaire au profit de sa rivale qui est alors validée : l'hypothèse ondulatoire.

Réfutation du principe de l'expérience cruciale

Pierre Duhem oppose deux objections à l'expérience cruciale :

1. « ce n'est pas entre deux hypothèses que tranche l'expérience cruciale ; c'est entre deux ensembles théoriques dont chacun doit être pris en bloc, entre deux systèmes complets » ;

   Cette objection découle donc du holisme ;

2. « La contradiction expérimentale n'a pas le pouvoir de transformer une hypothèse physique en une vérité incontestable ; pour le lui conférer, il faudrait énumérer complètement les diverses hypothèses auxquelles un groupe déterminé de phénomènes peut donner lieur ; or le physicien n'est jamais sûr d'avoir épuisé toutes les suppositions imaginables. »

   autrement dit, ce n'est pas parce qu'une hypothèse est réfutée que l'autre est vraie, car elles ne forment pas une partition exhaustive des possibles.

In *La théorie physique, son objet, sa structure.*

Le holisme de Duhem

Duhem constate que pour tester une hypothèse, il faut faire appel à plein d'autres hypothèses, soit au niveau théorique, soit au niveau pratique via les principes mis en oeuvre dans les appareils de mesure et le dispositif expérimental :

> *Un physicien se propose de démontrer l'inexactitude d'une proposition ; pour déduire de cette proposition la prévision d'un phénomène, pour instituer l'expérience qui doit montrer si ce phénomène se produit ou ne se produit pas, pour interpréter les résultats de cette expérience et constater que le phénomène prévu ne s'est pas produit, il ne se borne pas à faire usage de la proposition en litige ; il emploie encore tout un ensemble de théories, admises par lui sans conteste.*

La physique a donc un caractère organique : c'est un tout dont rien ne peut être considéré isolément :

> *La science physique, c'est un système que l'on doit prendre tout entier ; c'est un organisme dont on ne peut faire fonctionner une partie sans que les parties les plus éloignées de celle-là entrent en jeu.*

Le holisme de Quine

Quine est encore plus radical que Duhem, car il ne s'agit pas seulement de la connaissance scientifique, mais de la connaissance en général qui est soumise au holisme. Quine prend une métaphore plus topologique (centre - périphérie) qu'organique comme Duhem :

> *La totalité de ce qu'il est convenu d'appeler notre savoir ou nos croyances, des faits les plus anecdotiques de l'histoire et de la géographie aux lois les plus profondes de la physique atomique ou même des mathématiques pures ou de la logique, est une étoffe tissée par l'homme, et dont le contact avec l'expérience ne se fait qu'aux contours. Ou encore, pour changer d'image, l'ensemble de la science est comparable à un champ de forces, dont les frontières seraient l'expérience.*

Au centre, on a donc les hypothèses fondamentales, les plus abstraites, et à la périphérie les énoncés censés être en contact avec l'expérience :

> *si un conflit survient à la périphérie, des réajustements s'opèrent à l'intérieur du champ. Il faut alors redistribuer les valeurs de vérité de certains de nos énoncés. La réévaluation de certains de nos énoncés entraîne la réévaluation de certains autres, à cause de leurs liaisons logiques.*

Les conséquences du holisme de Quine

Quine défend un certain nombre de thèses qui ruinent pour beaucoup les espoirs du réalisme scientifique :

La sous détermination de la théorie par l'expérience : de même, au sein d'une théorie, on peut choisir librement quel énoncé il faut réviser pour sauver globalement la théorie et sa conformité à l'expérience : « *Le champ total [i.e. le système des énoncés à un moment donné] est tellement sous déterminé par ses frontières, c'est-à-dire par l'expérience, qu'on a toute liberté pour choisir les énoncés qu'on veut réévaluer, au cas où intervient une seule expérience contraire.* »

La possibilité de théories empiriquement équivalentes : plusieurs théories incompatibles entre elles peuvent rendre compte d'un même ensemble de phénomènes ;

Aucun énoncé n'est à l'abri ; tout énoncé peut être sauvé : « *on peut toujours préserver la vérité de n'importe quel énoncé, quelles que soient les circonstances. Il suffit d'effectuer des réajustements énergiques dans d'autres régions du système. [...] Réciproquement, aucun énoncé n'est tout-à-fait à l'ari de la révision.* »

In *Les deux dogmes de l'empirisme*

Plan

1 L'empirisme de Mach

2 L'analytique et le synthétique

3 Les maths et la logique comme langages

4 Le sens des énoncés

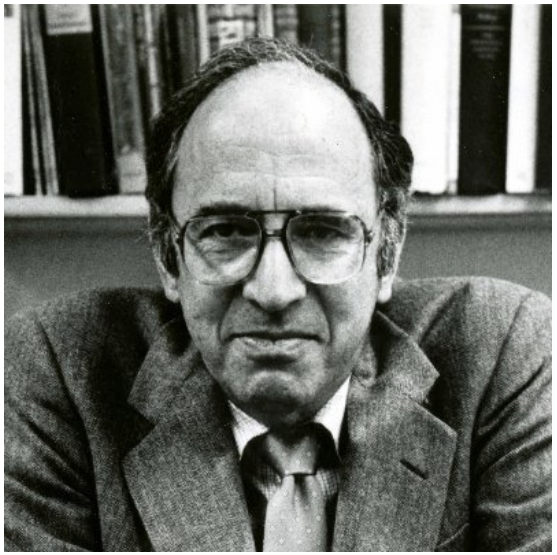
5 **Les héritiers : de Popper à Feyerabend**
- Popper
- Kuhn et la science normale
- Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

Après Popper

Il faut distinguer :

La science telle qu'elle doit se faire : c'est un point de vue idéal et normatif, qui dit ce que la science doit être. Le point de vue est alors plus épistémologique : ce qu'une théorie doit être pour être reconnue comme étant scientifique.

La science telle qu'elle se fait : c'est un point de vue empirique, descriptif, qui structure et organise les données d'observation. Le point de vue est alors plus sociologique : ce qu'une théorie est effectivement quand elle est reconnue scientifique.



Thomas Kuhn
(1922 -1996)

Popper est un représentant du premier point de vue. Thomas Kuhn est souvent cité comme un exemple du second point de vue.

Thomas Kuhn et la notion de paradigme

Dans son ouvrage *La structure des révolutions scientifiques* en 1962, Thomas Kuhn (1922 - 1996) explique l'évolution des théories scientifiques en s'appuyant sur deux notions complémentaires :

La notion de paradigme : il s'agit d'un cadre pléthorique consistant en un ensemble d'hypothèses constituant une certaine vision du monde, au sein de laquelle certaines questions sont formulables comme telles, c'est-à-dire qu'elles ont du sens et peuvent être posées.

La notion de révolution scientifique : Toute science se construit dans un le cadre d'un paradigme. Quand on change de paradigme, on a une révolution scientifique, un changement radical où les anciennes questions n'ont plus de sens pour être remplacées par du nouveaux agendas de recherche.

Paradigmes

Le terme de paradigme est polysémique et renvoie à 3 acceptions possibles :

Une acception grammaticale : un paradigme est un exemple servant de référence pour illustrer une catégorie grammaticale, par exemple *rosa* en latin pour la 1re déclinaison, ou le verbe *chanter* pour la conjugaison des verbes du premier groupe.

Une acception linguistique : à la suite de Saussure, un paradigme est une classe de substitution en langue, c'est-à-dire l'ensemble des termes possédant une même valeur pouvant être substituer l'un à l'autre dans une séquence linguistique donnée. Par exemple, *maison, château, masure, etc.* constitue le paradigme de l'habitat, termes que l'on peut substituer l'un à l'autre dans une phrase comme *j'habite dans ...*

Une acception épistémologique : c'est le sens donné par Kuhn, comme cadre conceptuel de référence pour une vision scientifique donnée. Cette acception est voisine de la notion d'*épistemé* élaborée par Michel Foucault dans *Les mots et les choses*.

Le fonctionnement de la science selon Kuhn

Kuhn distingue plusieurs phases dans le fonctionnement d'une théorie scientifique donnée :

La science normale : la théorie s'inscrit dans un paradigme donné ; les questions posées sont formulées dans ce cadre et les résultats sont destinés à être cumulatifs. Les scientifiques ne réinterrogent pas leurs hypothèses et ne se posent pas de questions : ils se spécialisent pour maximiser la visibilité des résultats, qui peut donc être inverse à la profondeur scientifique effective du résultat.

La crise : certains résultats ne sont plus cumulatifs et se contredisent. La science normale résiste, et se réaménage sur la marge pour conserver ses hypothèses fondamentales. On obtient une sophistication de la science normale pour « sauver les phénomènes ».

La révolution : malgré ses aménagements, la science normale apparaît comme un cadre artificiel qui ne porte plus l'intelligibilité des phénomènes à expliquer. Elle est alors remplacée par un nouveau paradigme, qui peut être moins précis mais est considérée comme plus intelligible, plus pertinent que le précédent.

La révolution permet alors de mettre en place une nouvelle science normale.

Un exemple : la révolution galiléenne

Kuhn a publié un célèbre ouvrage, *La révolution copernicienne* en 1957 montrant ces transitions.

Le paradigme géocentrique, de l'antiquité et du Moyen-Âge, correspondant à la science aristotélicienne.

Le paradigme héliocentrique, mis en place au 16e siècle, par Copernic et Galilée pour les principaux des protagonistes.

Devant les phénomènes singuliers à expliquer, notamment le mouvement rétrograde des planètes, Ptolémée a spécialisé le modèle géocentrique en respectant le principe des orbes circulaires et d'un mouvement fondé sur sur une architectonique (cf. Jonas). Cette adaptation a été considérée comme acceptable jusqu'au jour où l'accumulation des observations, leur confrontations ont mis en *crise* ce modèle.

Bien que moins précis au départ, le modèle Copernicien devait l'emporter par l'intelligibilité nouvelle qu'il apportait face aux phénomènes célestes.

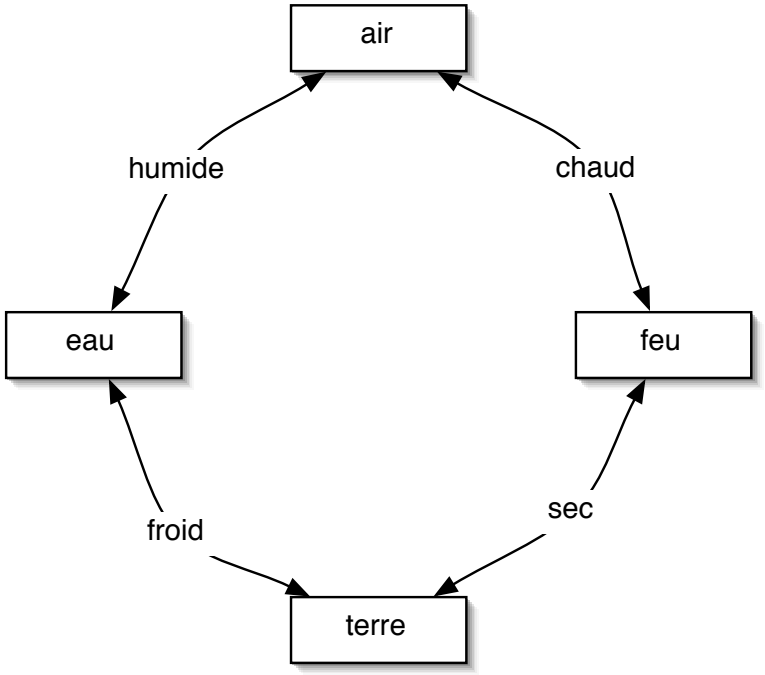
Le cosmos selon Aristote

Monde supralunaire : monde divin, immobile ou animé d'un mouvement circulaire uniforme et éternel, possédant une matière (puisqu'il y a mouvement), l'éther. Cette matière est proche de la la forme ultime dans la mesure où elle ne requiert que le mouvement circulaire pour y tendre.

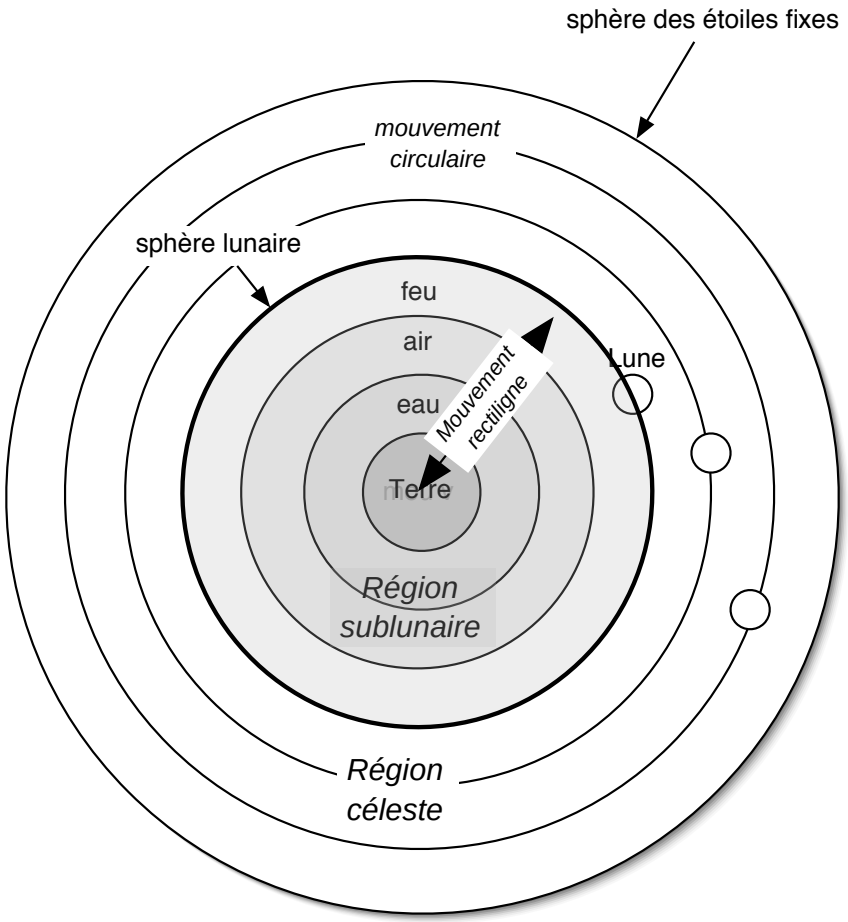
Monde sublunaire : monde terrestre, composé d'une matière faite des 4 éléments, soumis à la génération et la corruption. Le mouvement est rectiligne, conformément aux lieux naturels des 4 éléments, chaque chose voulant rejoindre son lieu naturel. La matière terrestre, sublunaire est indétermination et potentialité, inachèvement et imperfection. C'est la raison de la non divinité du sublunaire et de l'éloignement de la divinité loin des affaires humaines : davantage concentrée sur son acte pur que sur l'inachèvement terrestre et humain.

Les Eléments

- 4 éléments sublunaires : eau, terre, feu, air
- 4 qualités : chaud, froid, sec, humide
- l'air est chaud et humide, la terre froide et sèche, l'eau froide et humide, le feu sec et chaud.
- les éléments se transmutent par modification d'une de leur qualité.
- un élément supra lunaire unique : l'éther ; inaltérable, il porte les sphères où sont accrochées les astres et qui sont en rotation autour de la terre.



Les deux mondes



- Le mouvement supralunaire est circulaire, c'est le mouvement le plus proche de la stabilité et de la permanence.
- Le mouvement sublunaire est rectiligne : le lourd va au centre, occupé par la Terre, le léger va vers le haut.
- L'espace n'est pas isotrope : la physique des choses dépend de leur emplacement.

Comme le dit Hans Jonas

> *En d'autres termes, la « physique » des cieux n'était pas une cinétique, mais une architectonique avec une forme fondamentale (une circularité) « naturelle » aux cieux en tant que tels et réservée à eux seuls.*

Impact du XVIIe siècle, *in* Essais Philosophiques, Du credo ancien à l'homme technologique, Vrin, 2013.

Le cosmos : retrouver l'harmonie

Le cosmos antique, harmonieux, relève de la description mathématique et non de l'explication physique. Incorruptible, éternel, il n'est pas soumis à l'imperfection des phénomènes terrestres, c'est-à-dire à leur irrationalité (des longueurs irrationnelles, cf. $\sqrt{2}$). Mais cette harmonie bute sur des difficultés :

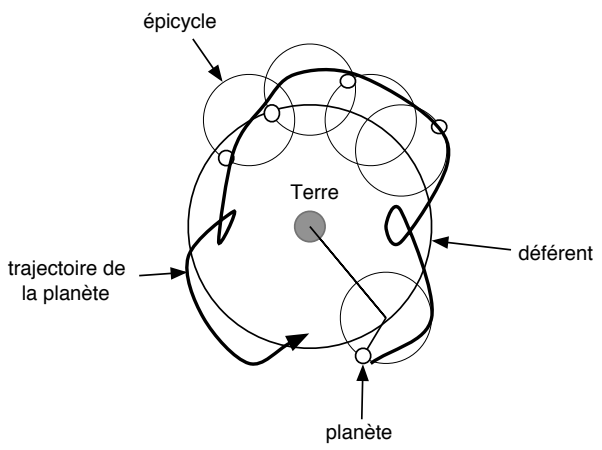
- les planètes sont étymologiquement des astres *errants* ('planète' = vagabond) : ils ne suivent apparemment pas un ordre rigoureux ;
- notamment, on note le mouvement rétrograde de Vénus et Mars (semblent revenir sur leur pas) ;
- il convient alors de rendre compte par des calculs rigoureux de la manière dont les planètes se déplacent.

Sauver les phénomènes : un tradition platonicienne

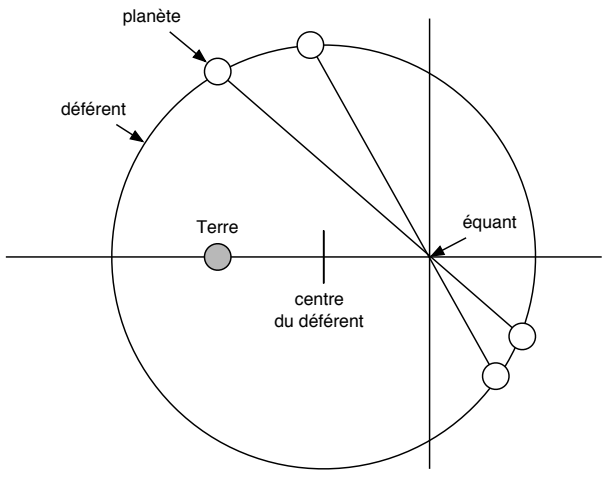
≪ L'astronomie et la cosmologie rationnelle ont pour objet commun le ciel intelligible, un système de mouvements idéaux, définis par leurs trajectoires et leurs vitesses, selon la vérité des nombres et des figures. Mais, tandis que pour l'astronomie mathématique, ce système de relations intelligibles n'est qu'un ensemble d'hypothèses commodes pour reconstruire idéalement les apparences visibles, les mouvements observables, pour la cosmologie rationnelle, il est fondé dans une réflexion téléologique ; il est saisi comme nécessaire en vertu de l'exigence inconditionnelle du Bien. La physique mathématique et la physico-théologie ont le même objet ; mais, d'un côté il est aperçu à tâtons, supposé par conjectures ; de l'autre, il est vu en pleine clarté, saisi dans sa raison ultime. ≫ Joseph Moreau, *Le sens du platonisme*, 1967.

Le cosmos selon Ptolémée

Ptolémée dans un ouvrage, l'*Almageste*, donne les principes d'une astronomie antique qui sauve les phénomènes sans les expliquer. Elle repose sur plusieurs principes :



Les épicycles sur les déférents permettent d'expliquer le mouvement rétrograde des planètes, en tout gardant le principe de sphères emboîtées.



L'angle de rotation de la planète tourne à une vitesse constante autour de l'équant. La planète à donc une vitesse linéaire variable sur le déférent. Cela permet d'expliquer les variations de vitesse.

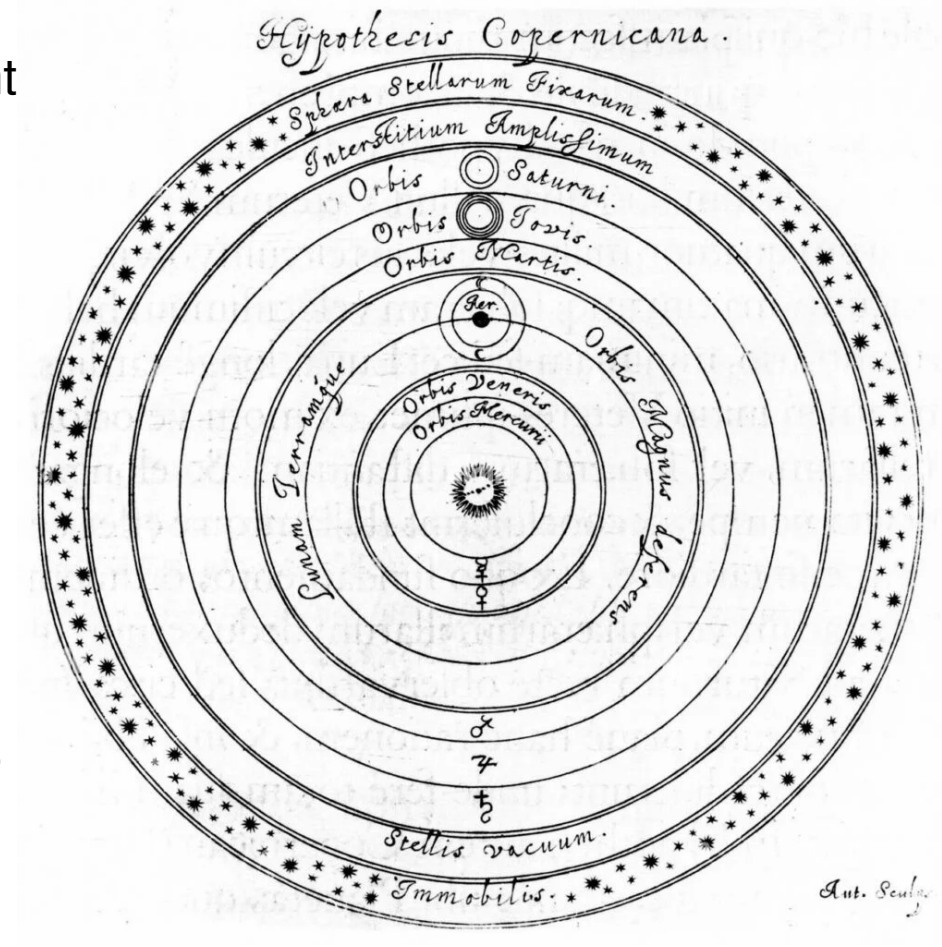
La révolution copernicienne

De Revolutionibus Orbum Caelestium (1543) :

- le Soleil est au centre de la sphère des étoiles, qui est fixe les planètes décrivent des trajectoires circulaires autour du Soleil
- la Lune décrit une trajectoire circulaire autour de la Terre
- Résout qualitativement les mouvements rétrogrades de Mars et le fait que Mercure et Vénus ne s'éloignent jamais beaucoup du Soleil.

Mais . . .

- quantitativement, Copernic a dû rajouter des épicycles et des cercles excentriques, et on n'observe ni les phases de Vénus ni parallaxe des étoiles.



Genèse de la révolution copernicienne

Plusieurs facteurs concourent à faire émerger une crise :

Imprimerie : les tables astronomiques (alphonsines, ruprechtiennes) sont diffusées, et on constate qu'elles ne disent pas la même chose (selon le moment où elles ont été établies) ;

L'observation : Tycho Brahe fait les dernières observations à l'oeil nu, avec une précision encore inégalée : il observe des phénomènes supralunaires (comètes, supernovae).

Complexité : les aménagements ptolémaïques paraissent d'autant plus artificiels qu'ils ne répondent plus aux hypothèses physiques.

Mais Copernic n'est pas tellement meilleur au départ, voire pire ; il faudra attendre :

Galilée : qui observe à la lunette des phénomènes supralunaires relevant du monde sublunaires ;

Kepler : qui définit la loi des aires et la forme elliptique des orbites, conformes (enfin) à l'observation ;

Newton : qui fera la synthèse théorique avec les lois de la dynamique et de la gravitation universelle.

Le progrès scientifique

Kuhn réfute qu'il y ait un progrès scientifique sur toute l'histoire de la science :

- les paradigmes sont **incommensurables** : certaines questions formulables dans un paradigme ne sont seulement pas pensables dans un autre.
- le progrès n'est envisageable qu'un paradigme donné et dans le cadre de la science normale, où les résultats sont cumulatifs.
- il faut résister à l'illusion rétrospective du vrai, où le nouveau paradigme assimile le précédent en le provincialisant à une région du réel, comme la mécanique Newtonienne dans la mécanique générale relativiste, ou l'astronomie ptolémaïque dans l'astronomie moderne.

La théorie de Kuhn est donc un structuralisme, repérant des solutions de continuités entre des ensembles épistémologiques avec une forte cohérence interne (science normale) mais incommensurables entre eux (révolution).

La science est-elle toujours rationnelle ?

- *La science normale est non-critique*. La plus grande partie de l'activité scientifique se passe en science normale, c'est-à-dire à préciser les détails du paradigme et à résoudre les énigmes qu'il pose.
- Quand trop d'anomalies se présentent, un état de crise se développe, qui ne se résout que par l'apparition d'un nouveau paradigme. *C'est l'attitude face à l'anomalie qui distingue la science normale de la science en crise.*
- Les tenants de deux paradigmes différents ont des difficultés à discuter parce que *les termes scientifiques utilisés n'ont de sens que dans le cadre d'un paradigme* (le mot masse désigne des notions différentes dans le paradigme de Newton et celui d'Einstein).

Plan

1 L'empirisme de Mach

2 L'analytique et le synthétique

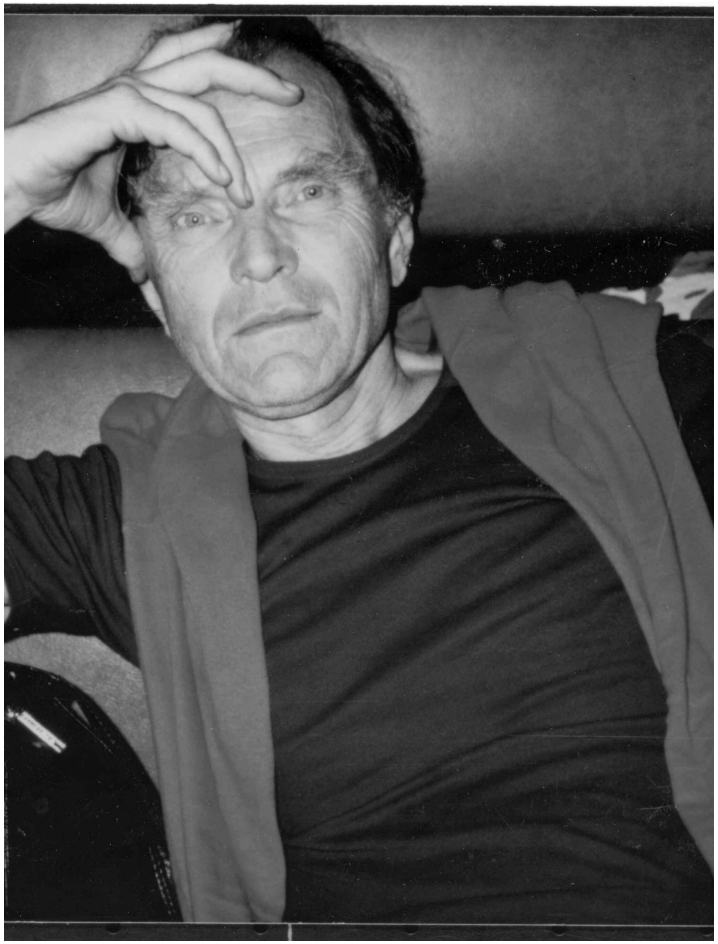
3 Les maths et la logique comme langages

4 Le sens des énoncés

5 **Les héritiers : de Popper à Feyerabend**
- Popper
- Kuhn et la science normale
- Des alternatives : Lakatos, Feyerabend

Lakatos et Feyerabend

Imre Lakatos (1922 - 1974)



Paul Feyerabend (1924 -1994)

Lakatos et les programmes de recherche

Imre Lakatos (1922 - 1974) s'oppose à Popper dans *Preuves et Réfutations : essai sur la logique de la découverte mathématique* en proposant une conception fondée sur la notion de **programme de recherche**, qui comprend les éléments suivant :

- chaque théorie scientifique repose sur un noyau dur, et un ensemble d'hypothèses complémentaires.
- Les réfutations ne peuvent remettre en cause sur ces hypothèses complémentaires.
- le programme comporte des heuristiques positives (ce qu'il faut chercher et la méthode qu'il faut employer), et des heuristiques négatives (ce qu'il ne faut pas chercher et les méthodes qu'il ne faut pas employer).

Les programmes scientifiques peuvent alors devenir progressifs ou régressifs, selon qu'ils permettent d'expliquer de plus en plus de faits ou le contraire.

L'anarchisme épistémologique de Feyerabend

Paul Feyerabend (1924 - 1994), dans *Contre la méthode, Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance* en 1975, s'attache à montrer qu'il n'existe pas de règles ni bonne manière de faire de la science. Sa devise : tout est bon.

- les théories scientifiques ne sont pas choisies ou élaborées parce qu'elles sont plus conformes aux faits, en général c'est même le contraire, elles sont moins précises que leur prédécesseur.
- les théories scientifiques ne sont pas adoptées car elles ont suivies la démarche dite scientifique.
- la philosophie ne peut finalement rendre compte de la manière dont la science progresse et les scientifiques doivent en faire à leur guise.