

Initiation à la Recherche

Une introduction à l'épistémologie

Polytech Lille — IS 4
François Boulier

5 septembre 2022

Épistémologie au sens large

La recherche [scientifique] est censée faire progresser la science.

Qu'est-ce que la science ?

Comment la science progresse-t-elle dans les disciplines scientifiques ?

Épistémologie au sens large

La recherche [scientifique] est censée faire progresser la science.

Qu'est-ce que la science ?

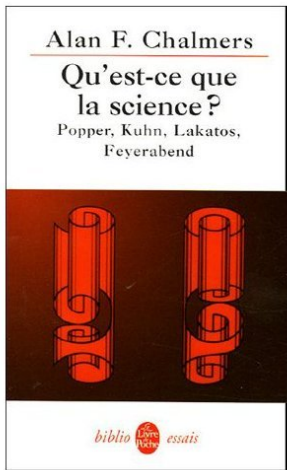
Comment la connaissance progresse-t-elle dans les disciplines scientifiques ?

Épistémologie : étude de la façon dont progressent les connaissances.

- À l'échelle de l'individu. Une branche de la psychologie. Un nom : Jean Piaget.
- À l'échelle d'un groupe d'individus. Dans le cas des scientifiques, c'est de l'histoire des sciences. Le mot épistémologie est souvent utilisé dans ce sens restreint.

Épistémologie au sens de l'histoire des sciences

Plusieurs théories : l'inductivisme, le falsificationisme (Karl Popper), la théorie des révolutions scientifiques (Thomas Kuhn), ...



- 1 L'inductivisme
- 2 Le falsificationisme
- 3 Introduction à la théorie de Kuhn
- 4 La révolution copernicienne
- 5 Retour à la théorie de Kuhn

Une vision toujours courante de la science

Extrait de l'article *Science* de la *wikipedia*

Principe de l'acquisition scientifique

L'acquisition de connaissances reconnues comme scientifiques passe par une suite de mécanismes. Francis Bacon en a décrit le mécanisme qui peut être simplifié comme suit :

- 1 observation, expérimentation et vérification
- 2 théorisation
- 3 prévision

Induction et déduction

Principe de l'induction

Si un grand nombre de A ont été observés et si tous ces A ont la propriété B alors tous les A ont la propriété B.

Exemple de raisonnement inductif :

- 1 procéder à des expériences, en chauffant de nombreux types de barres métalliques, et en variant les conditions expérimentales,
- 2 observer qu'elles se sont dilatées, à chaque expérience,
- 3 en déduire une loi générale : « toutes les barres métalliques se dilatent lorsqu'elles sont chauffées ».

Les lois, déduites des observations, permettent de prédire et d'expliquer (raisonnement déductif).

Points clefs de la théorie

Les lois sont faillibles mais les observations sont sûres.

Il suffit qu'une observation contredise une loi pour rejeter cette loi.

La connaissance progresse continûment (parce que l'ensemble des observations croît en permanence).

Une discipline est scientifique si elle produit des lois générales à partir d'observations, en appliquant la méthode inductive.

Discussion

Critiques logiques

- Le problème de l'induction [▸ Critique de Hume](#)
- Nombreuses, c'est combien ? [▸ La dinde de Russell](#)

Préexistence des théories

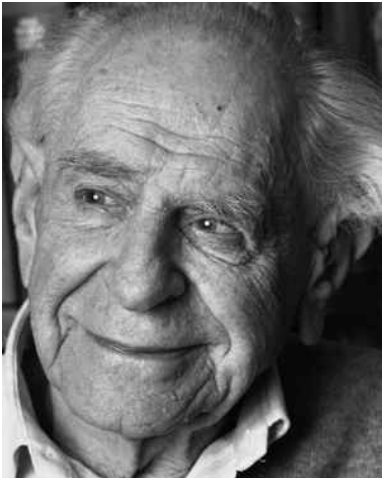
- Les énoncés d'observation s'appuient sur des théories et sont donc faillibles [▸ Les phases de Vénus](#)
- Faire varier les conditions expérimentales suppose aussi une théorie [▸ L'expérience de Hertz](#)

Toutefois

- [▸ Remarque historique](#)
- [▸ Apprentissage automatique](#)

- 1 L'inductivisme
- 2 Le falsificationisme**
- 3 Introduction à la théorie de Kuhn
- 4 La révolution copernicienne
- 5 Retour à la théorie de Kuhn

La théorie de Karl Raimund Popper (1902-1994)



Falsifiabilité

Une théorie scientifique est une conjecture qui doit être confrontée aux expériences. Il faut éliminer les théories contredites par ces expériences.

Une théorie est dite *falsifiable* s'il est possible de concevoir une expérience susceptible de conclure que la théorie est fausse.

Une théorie qui n'est pas *falsifiée* est dite *confirmée* par une expérience.

On peut montrer qu'une théorie est fausse, jamais qu'elle est vraie.

▶ Exercice

Points clefs

Scientifique implique falsifiable.

Pour Popper, la psychanalyse de Freud et le matérialisme historique de Marx sont des théories non falsifiables et donc, non scientifiques.

Plus une théorie est falsifiable, meilleure elle est.

On dispose d'un critère pour affirmer qu'une théorie est meilleure qu'une autre.

Points clefs

Scientifique implique falsifiable.

Pour Popper, la psychanalyse de Freud et le matérialisme historique de Marx sont des théories non falsifiables et donc, non scientifiques.

Plus une théorie est falsifiable, meilleure elle est.

On dispose d'un critère pour affirmer qu'une théorie est meilleure qu'une autre.

Le falsificationniste a une vision continue de la progression des sciences. Il aimerait pouvoir dire qu'un ensemble de théories qui constituent l'évolution historique d'une science est fait de théories falsifiables, chacune étant plus falsifiable que celle qui la précède.

Falsificationisme sophistiqué

Pour mieux tenir compte de l'histoire des sciences, les falsificationnistes ont sophistiqué leur théorie :

- 1 ils rejettent les modifications *ad hoc* faites pour protéger une théorie d'une falsification menaçante,
- 2 ils accordent de l'importance aux falsifications de théories prudentes et aux confirmations de théories audacieuses.

Une modification faite à une théorie est dite *ad hoc* si il est impossible de tester la modification indépendamment de la théorie.

▸ Les cratères lunaires

▸ La découverte de Neptune

Un rôle pour l'histoire des sciences

- Une théorie est audacieuse ou prudente en fonction du savoir de l'époque où elle est formulée. Le falsificationnisme perd un peu de l'élégance de sa formulation « logique ».

Discussion

Principale critique

- de grands progrès scientifiques se sont appuyés sur des raisonnements complètement incompatibles avec le falsificationisme.

Le rejet d'une théorie, en raison d'une falsification, est un acte définitif, à la différence de l'acceptation, qui est incertaine.

- Les critiques faites au sujet de l'inductivisme s'appliquent aussi au falsificationisme : les expériences et les observations présupposent une théorie, et sont donc faillibles. Aucune falsification ne peut être concluante.

- 1 L'inductivisme
- 2 Le falsificationisme
- 3 Introduction à la théorie de Kuhn**
- 4 La révolution copernicienne
- 5 Retour à la théorie de Kuhn

La théorie de Thomas Samuel Kuhn (1922-1996)

« L'histoire [des sciences] pourrait transformer de façon décisive l'image de la science dont nous sommes empreints. »

« Le concept de science qu'on tirerait [d'un manuel scientifique] n'aurait pas plus de chance de refléter la recherche qui lui a donné naissance que n'en aurait l'image d'une culture nationale tirée d'un prospectus de tourisme ou d'un manuel de langue. »

Kuhn, *Structure*, page 17.



► Livres de Kuhn

Une théorie retentissante

Encore récemment, en astronomie :

Le philosophe Thomas Kuhn, dans La Structure des Révolutions Scientifiques, décrit la Science comme « une série d'interludes paisibles ponctués de révolutions intellectuelles violentes ».

[...]

Or il n'est pas impossible qu'une révolution scientifique soit à nouveau en train de se préparer aujourd'hui, cette fois pour décrire les conditions extrêmes d'accélérations excessivement faibles des étoiles dans les galaxies.

http://www.astro.ulb.ac.be/Publications/bf_Matsombre.pdf

Progression des connaissances scientifiques

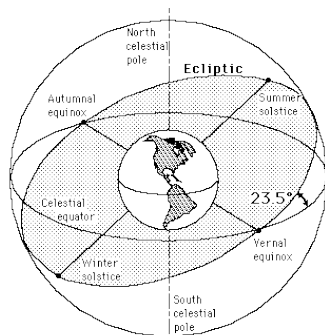
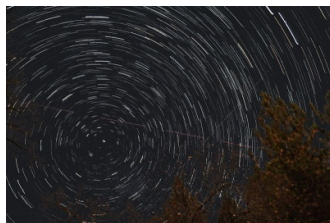
Une discipline scientifique progresse suivant le processus suivant (les trois dernières étapes se répétant indéfiniment) :

- 1 pré-science,
- 2 émergence d'un premier paradigme,
- 3 science normale (avec apparition intermittente d'anomalies),
- 4 crise,
- 5 révolution scientifique et changement de paradigme.

Exemple : cosmologies aristotélo-ptoléméenne, newtonienne, einsteinienne.

Le modèle des deux sphères (= la partie facile)

- Observations : La Terre est immobile. Le Soleil tourne autour de la Terre mais monte plus ou moins haut au-dessus de l'horizon au cours de l'année. Les étoiles tournent autour de l'étoile polaire
- Le modèle des deux sphères : La Terre est sphérique, immobile, au centre. La sphère des étoiles est en mouvement autour d'un axe. Le Soleil se déplace sur le cercle de l'écliptique : un grand cercle solidaire de la sphère des étoiles.

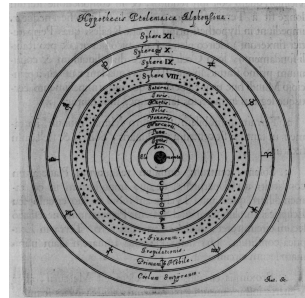
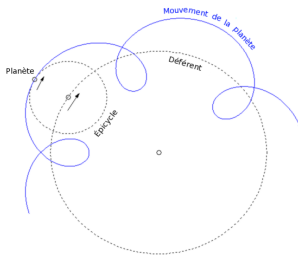


Difficulté : les planètes

Quelques difficultés :

- La vitesse du Soleil sur l'écliptique n'est pas constante
- Le mouvement rétrograde des planètes. Rétrogradation de Mars (Philippe Saadé)
- Mercure et Vénus ne s'éloignent jamais beaucoup du Soleil

Solution : introduire des déférents, des épicycles, des cercles excentriques, des équants



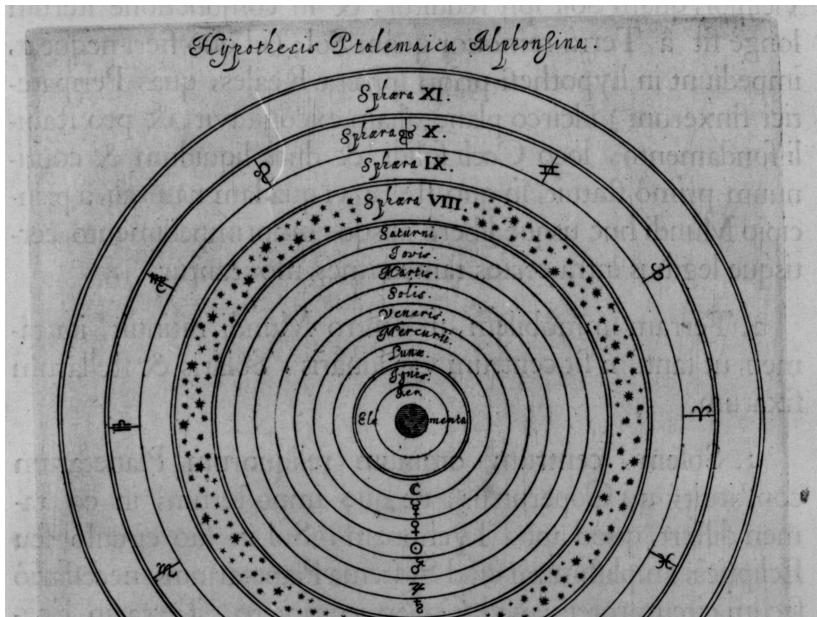
Le système aristotélo-ptoléméen

Aristote –350 *Du Ciel*. Claude Ptolémée +150 *L'Almageste*.

Les planètes se déplacent à des vitesses variables dans le plan de l'écliptique.

- L'espace entre la sphère des étoiles et la Terre est divisé en sphères concentriques d'éther (le 5ème élément, une matière parfaite, impondérable).
- Elles contiennent les planètes.
- La plus proche de nous est la sphère lunaire.
- Elles sont en mouvement, entraînées par la sphère des étoiles.

Les cercles de Ptolémée



Le système de Copernic (1473-1543)

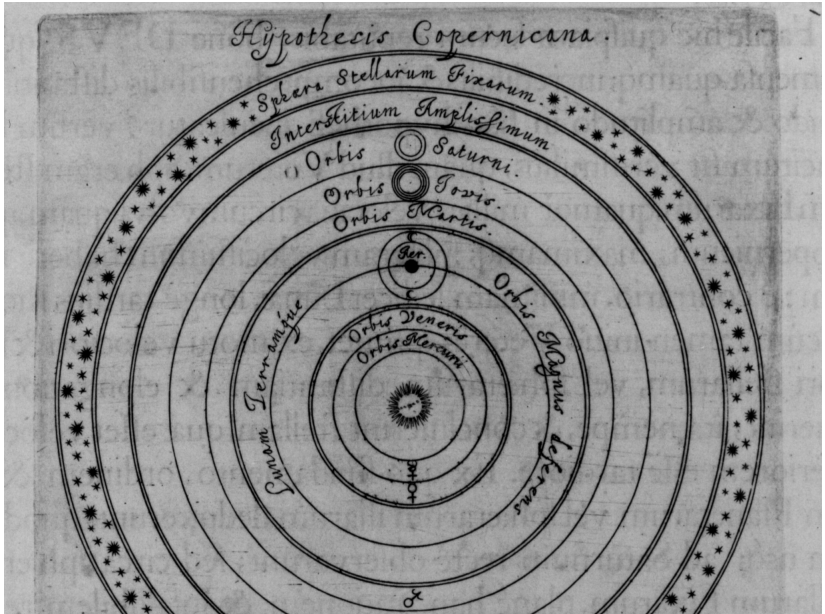
De Revolutionibus Orbum Caelestium

- 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,
- fait jouer un rôle particulier à la Terre,
- on n'observe ni les phases de Vénus ni parallaxe des étoiles,
- il faut faire tourner la Terre

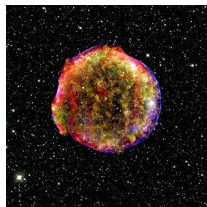
Les cercles de Copernic



La révolution copernicienne

Chronologiquement,

- Copernic publie en 1543 le premier livre d'astronomie qui puisse rivaliser avec l'Almageste de Ptolémée. Sa théorie a plein de défauts (phases de Vénus, absence de parallaxe).
- Tycho Brahé n'est pas copernicien mais contribue à la chute du système aristotélo-ptoléméen. La nova de 1572 et plusieurs comètes reconnues comme supra-lunaires.
- Jean Kepler nettoie la théorie de Copernic encore trop ptoléméenne et donne aux planètes des trajectoires elliptiques vers 1610.
- La lunette de Galilée fut un instrument de propagande (satellites galiléens, phases de Vénus, taille des étoiles fixes).
- La théorie de la gravitation de Newton donne une justification aux lois de Kepler, vers 1700.



Quelques remarques sous l'angle de Kuhn

- **Les frontières d'un paradigme sont floues.** Le système aristotélo-ptoléméen a résisté à de nombreux changements (nombre de sphères, d'élément, mécanique des épicycles) mais pas aux modifications qui faisaient de la Terre une planète. La position centrale de la Terre fait partie du paradigme aristotélo-ptoléméen.
- **Une observation est interprétée en fonction du paradigme.** Le caractère supralunaire d'une nova comme celle de 1572 peut s'établir avec des raisonnements élémentaires.
- **Importance de la science normale.** En travaillant le texte d'Aristote, les scolastiques du Moyen-Âge ont mené une activité de science normale et mis en évidence des anomalies. Leur travail est un élément décisif de la révolution copernicienne.
- **La scientificité d'une question dépend du paradigme.** La question de la masse des planètes n'est pas scientifique dans le paradigme aristotélo-ptoléméen. Elle est très importante dans le paradigme newtonien.

Progression des connaissances scientifiques

Une discipline scientifique progresse suivant le processus suivant (les trois dernières étapes se répétant indéfiniment) :

- 1 pré-science,
- 2 émergence d'un premier paradigme,
- 3 science normale (avec apparition intermittente d'anomalies),
- 4 crise,
- 5 révolution scientifique et changement de paradigme.

Exemple : cosmologies aristotélo-ptoléméenne, newtonienne, einsteinienne.

Paradigmes

Il est dans la nature des paradigmes de résister aux définitions précises

Un paradigme est un ensemble de lois, de méthodes . . . qui constituent le « le noyau dur » de la discipline : si une expérience contredit le paradigme, on cherche l'erreur ailleurs que dans le paradigme.

Le paradigme d'une discipline a deux rôles importants :

- 1 il joue le rôle de programme de recherche,
- 2 il façonne la vision du monde des chercheurs.

L'activité scientifique n'est pas totalement 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).

Fonctions des différentes étapes

La science normale et les révolutions ont toutes deux un rôle nécessaire pour qu'il y ait progrès.

- La science normale doit être non-critique.

C'est parce qu'ils font confiance à un paradigme que les scientifiques acceptent de consacrer leur vie à la résolution d'une énigme posée par lui.

Sans paradigme, il y a autant de théories que de chercheurs. Chacun repart de zéro (stade pré-scientifique).

- Si tous les scientifiques ne pratiquaient que la science normale, la connaissance resterait confinée dans les limites d'un seul paradigme.

Révolution. n.f. *Changement des institutions par des moyens que les institutions interdisent.*

Quelques remarques

Déf. Une discipline est une science si elle comporte un paradigme.

La progression des connaissances n'est pas continue : lors d'un changement de paradigme, des observations anciennes sont interprétées complètement différemment.

Qu'est-ce qu'un chercheur ? En période de science normale, quelqu'un qui résout des énigmes qui lui permettent de prouver son habileté en utilisant les méthodes admises par le paradigme et qui ont nécessairement une solution, le paradigme étant admis. Les questions de recherche ne sont pas motivées par leur importance aux yeux du public.

La formation en sciences s'appuie sur des manuels d'enseignement récents. On ne demande jamais aux étudiants de lire des articles de recherche ou des textes historiquement importants. Cette technique efficace est due à la confiance des scientifiques en leurs paradigmes.

Discussion

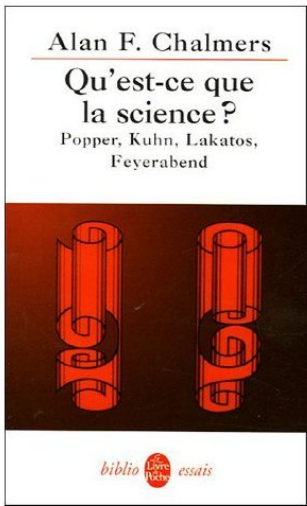
Une théorie pas si populaire que cela, en France

- en raison de son caractère « psychologique » ou « sociologique » ?
- à la différence de l'inductivisme ou du falsificationisme, elle ne « guide » pas les scientifiques

Une théorie qui fait réfléchir

- appuyée sur l'histoire des sciences, domaine très complexe.
- qui présente des relations avec d'autres théories de la connaissance, chez l'individu [▶ Piaget](#)

6 Annexes

[▶ back](#)

Exercice

Identifier les énoncés d'observation, et les parts de raisonnement inductif et déductif dans l'exemple suivant.

*Considérons les nombres impairs les uns après les autres.
Trois est impair. C'est un nombre premier.
Cinq est impair. C'est un nombre premier.
Sept est impair. C'est un nombre premier.
Tous les nombres impairs sont donc des nombres premiers.
En particulier, dix-sept, qui est un nombre impair, doit être un nombre premier.*

▶ Back

« Le problème de l'induction »

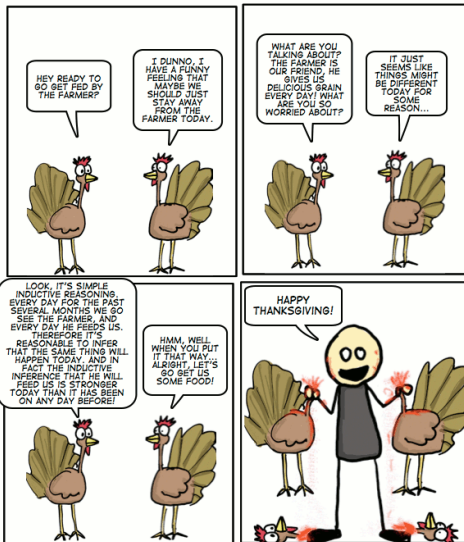
Que penser de l'argument suivant ?

la méthode inductiviste est fondée puisqu'elle a fonctionné sur de très nombreux exemples.

Critique de Hume (XVIIIème siècle)

▶ Back

La dinde inductiviste

<http://chaospet.com>

L'expérience de Hertz

En 1888, Hertz effectue l'expérience qui lui permet d'être le premier à détecter les ondes radio.

S'il avait été un pur inductiviste, il aurait dû refaire son expérience en faisant varier une infinité de paramètres, y compris, la couleur de ses chaussures, le jour de la semaine, la dimension du laboratoire . . .

L'expérience de Hertz

En 1888, Hertz effectue l'expérience qui lui permet d'être le premier à détecter les ondes radio.

S'il avait été un pur inductiviste, il aurait dû refaire son expérience en faisant varier une infinité de paramètres, y compris, la couleur de ses chaussures, le jour de la semaine, la dimension du laboratoire . . .

En fait, Hertz testait la théorie de Maxwell qui prédisait que les ondes radio se déplaçaient à la vitesse de la lumière. Or plusieurs mesures de Hertz aboutirent à un résultat différent . . .

L'expérience de Hertz

En 1888, Hertz effectue l'expérience qui lui permet d'être le premier à détecter les ondes radio.

S'il avait été un pur inductiviste, il aurait dû refaire son expérience en faisant varier une infinité de paramètres, y compris, la couleur de ses chaussures, le jour de la semaine, la dimension du laboratoire . . .

En fait, Hertz testait la théorie de Maxwell qui prédisait que les ondes radio se déplaçaient à la vitesse de la lumière. Or plusieurs mesures de Hertz aboutirent à un résultat différent . . .

Les ondes radio se réfléchissaient sur les murs du laboratoire et brouillaient les mesures. Un paramètre « hors-sujet » est en fait essentiel.

Chalmers, pages 66-68

▶ Back

Remarque historique

L'inductivisme est une vision de la science qui semble remonter au conflit qui a opposé les scientifiques du XVII^{ème} siècle (Galilée, Kepler, Newton ...) aux philosophes aristotéliens.

Pour comprendre la Nature, il faut consulter la Nature et pas les écrits d'Aristote. Francis Bacon.



▶ Back

Apprentissage automatique

- Le principe de l'induction, base de l'inductivisme, est fortement critiqué.
- Pourtant, il connaît un succès spectaculaire dans le cadre plus restreint et plus formalisé de l'apprentissage statistique.

▶ Back

La découverte de Neptune

Des observations faites, au dix-neuvième siècle des mouvements de la planète Uranus indiquaient que son orbite s'éloignait considérablement de celle prédite par la théorie de la gravitation de Newton.

Exercice : imaginer une modification *ad hoc* pour sauver la théorie de la falsification.

La découverte de Neptune

Des observations faites, au dix-neuvième siècle des mouvements de la planète Uranus indiquaient que son orbite s'éloignait considérablement de celle prédite par la théorie de la gravitation de Newton.

Exercice : imaginer une modification *ad hoc* pour sauver la théorie de la falsification.

Leverrier en France et Adams au Royaume-Uni ont suggéré l'existence d'une nouvelle planète dans le voisinage d'Uranus. Le test a eu lieu et Galle a découvert Neptune, en 1846.



▶ Back

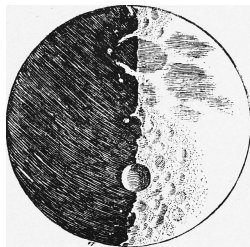
Parmi ces énoncés, lesquels sont falsifiables ?

- 1 on peut avoir de la chance au loto,
- 2 tous les corbeaux sont noirs,
- 3 dans un cercle euclidien, tous les points sont équidistants du centre,
- 4 les animaux ont été conçus de façon à remplir au mieux la fonction à laquelle ils sont destinés,
- 5 les planètes décrivent des trajectoires elliptiques dont le Soleil occupe un des foyers.

▶ Back

Une modification *ad hoc*

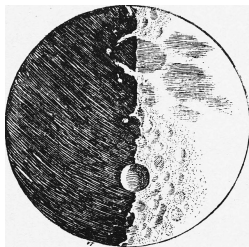
Ayant observé la Lune à la lunette, Galilée affirma que sa surface était pleine de montagnes et de cratères. Cette affirmation menaçait une notion fondamentale pour de nombreux aristotéliens, à savoir que tous les corps célestes sont des sphères parfaites.



Chalmers, page 94

Une modification *ad hoc*

Ayant observé la Lune à la lunette, Galilée affirma que sa surface était pleine de montagnes et de cratères. Cette affirmation menaçait une notion fondamentale pour de nombreux aristotéliens, à savoir que tous les corps célestes sont des sphères parfaites.



Chalmers, page 94

Face à la menace de falsification, l'adversaire aristotélien de Galilée affirma que la Lune était couverte d'une substance invisible qui remplissait les cratères de sorte que la Lune était sphérique.

À Galilée qui demanda comment détecter cette substance, l'adversaire répondit que ce n'était pas possible.

► Back

[▶ back](#)

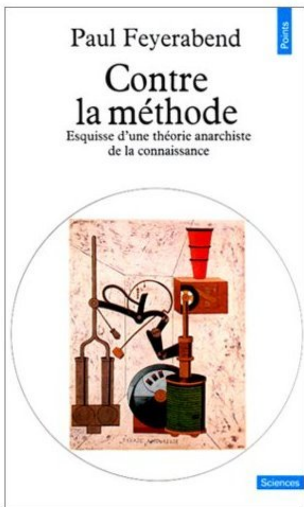
THOMAS S.

KUHN

**LA RÉVOLUTION
COPERNICIENNE**



LE LIVRE
POUR
TOUTES
LES
BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES



▶ back