

La science

Christophe Roland

4 avril 2014

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Qu'est ce que la science ?</b>	<b>2</b>
1.1	Introduction . . . . .	2
1.2	La science : l'aspect «ensemble de connaissances» . . . . .	2
1.3	La science : aspect «ensemble de méthodes» . . . . .	4
<b>2</b>	<b>La notion de théorie scientifique</b>	<b>4</b>
2.1	Introduction . . . . .	4
2.2	Remarque sur le terme «scientifique» . . . . .	5
<b>3</b>	<b>L'inductivisme</b>	<b>5</b>
3.1	Idée générale . . . . .	5
3.2	Critique de l'inductivisme . . . . .	6
3.2.1	Paradoxe de Goodman . . . . .	7
3.2.2	Une pétition de principe ? . . . . .	7
3.2.3	Inductivisme sophistiqué . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Le réfutationnisme</b>	<b>8</b>
4.1	Introduction : critique de l'inductivisme . . . . .	8
4.2	La réfutabilité . . . . .	8
4.3	Le critère de démarcation vue comme une définition . . . . .	9
4.4	Notion de confiance dans une théorie . . . . .	9
4.5	Exemple : théories freudiennes et relativité . . . . .	10
4.6	Exemple : la théorie de l'atome . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Le rasoir d'Occam</b>	<b>10</b>
5.1	Énoncé . . . . .	11
5.2	Exemple célèbre : l'éther . . . . .	11
<b>6</b>	<b>La notion de «science exacte»</b>	<b>11</b>
6.1	Définition . . . . .	11
6.2	Science exacte ? . . . . .	12
6.3	Le problème . . . . .	12
<b>7</b>	<b>La mathématisation des sciences</b>	<b>12</b>
7.1	L'attrait pour la rigueur mathématique . . . . .	13

# 1 Qu'est ce que la science ?

## 1.1 Introduction

Depuis que l'Homme est apparu sur terre, il tente de comprendre le monde qui l'entoure. C'est un réflexe naturel, qui vient dès l'enfance : tous les enfants posent des questions de nature scientifiques : pourquoi le ciel est bleu, qu'est ce c'est que la foudre, comment fonctionne un aimant, . . . Ces questions, la plupart d'entre nous ne se les posent plus ou moins souvent : la vie nous donne d'autre préoccupations. Mais la curiosité ne disparaît pas complètement et la science est un produit direct de la curiosité humaine.

On peut insister sur ce dernier point. Dans une société comme la notre où la science peut coûter cher, se pose parfois la question de son utilité. Après tout, pourquoi dépenser des millions dans (par exemple) une expérience de physique des particules alors que l'on pourrait dépenser cet argent pour résoudre des problèmes plus urgents.

Une réponse classique à cette interrogation est la suivante : la science (même et y compris la recherche fondamentale) aboutit toujours à des évolutions (voire des révolutions) technologiques, évolutions qui ont un impact souvent très direct sur le quotidien. L'histoire des sciences montre à quel point cet argument est fort. Mais ce n'est pas la motivation des scientifiques qui font de la recherche : il ne se préoccupent même pas de savoir si des applications pratiques de leurs travaux seront un jour possible. C'est bien la curiosité qui est le moteur de la science, tout le reste n'est finalement que du bonus.

La science se construit depuis des siècles, voire pourrait-on dire des millénaires. Le terme de «science» vient du latin «*scientia*» qui signifie «connaissance» : ainsi est-il a priori raisonnable de penser la science comme un simple ensemble de connaissances. Mais il existe un autre aspect qu'il ne faut pas négliger : en même temps que l'Homme a accumulé des connaissances scientifiques, il a perfectionné petit à petit les *méthodes* qui lui permettent d'accumuler ces connaissances. Ainsi, nous dirons que le mot «science» désigne en fait à la fois un ensemble de connaissance et un ensemble de méthodes de recherche.

Dans ce chapitre, nous allons donc discuter plus en détails de ce qu'est la science et quels sont ses principes fondamentaux. Nous allons nous interroger sur la nature même de la science, c'est à dire que nous allons faire de la *philosophie des sciences*. Elle nous permettra de fournir une définition relativement précise de ce qu'est la science, de distinguer ce qui est scientifique de ce qui ne l'est pas. Comme on analyse ce qu'est la science, on se situe en quelque sorte sur un autre plan : ce chapitre n'est pas un chapitre scientifique (on ne fait pas de science) mais en quelque sorte «méta-scientifique»

## 1.2 La science : l'aspect «ensemble de connaissances»

C'est le premier aspect du mot «science», le sens le plus commun. Il est cependant imprécis car seule une partie du savoir humain est de nature scientifique. Préciser cette définition revient à résoudre un problème de démarcation : qu'est ce qui différencie un savoir de nature scientifique d'un savoir qui ne l'est pas ?

On peut déjà donner une première définition un peu naïve. Nous avons l'habitude de

classer les différentes disciplines simplement en fonction de leurs objets d'étude. Ainsi, on a tendance à ranger dans ce qui scientifique des choses comme la physique, la biologie et la chimie, simplement parce que ces disciplines étudient des phénomènes naturels (au sens large).

C'est bien mais il reste des problèmes : par exemple, que faire des mathématiques ? Est-ce que les mathématiques sont une science ? L'usage veut que l'on considère effectivement les mathématiques comme une science. Mais pour marquer la différence avec les disciplines comme la physique ou la biologie, on range ces dernières dans la catégorie des *sciences naturelles*, et on place les mathématiques dans la catégorie des *sciences formelles*, aux côtés de l'informatique théorique.

Existe-t-il une troisième catégorie ? Oui, c'est la catégorie des *sciences humaines et sociales*. Dans cette dernière catégorie, on trouvera des disciplines comme l'histoire, la psychologie, ou encore l'anthropologie.

On peut ainsi proposer une première définition du mot « science » :

**Définition 1.** *La science désigne l'ensemble des disciplines suivantes :*

1. *les sciences formelles,*
2. *les sciences naturelles,*
3. *les sciences humaines et sociales.*

Mais bien sûr, il faut définir (au moins intuitivement) ces différentes disciplines :

**Définition 2.** *Les sciences formelles étudient des constructions théoriques abstraites, en utilisant des techniques rigoureuses et formelles de déductions.*

Bien sûr, il s'agit là d'une définition quelque peu vague et non-rigoureuse, l'essentiel étant d'en avoir une intuition. L'idée est que ces sciences n'étudient que des constructions purement théoriques, dans lesquels on construit uniquement des objets abstraits. Bien que parfois très abstraites, ces constructions théoriques sont souvent motivées par des applications concrètes. Ainsi, beaucoup de développements en mathématiques sont motivés par des problèmes en physique. Mais il faut bien se rendre compte que ce n'est pas systématiquement le cas : il est d'ailleurs tout à fait possible que des recherches en mathématiques ne trouvent jamais d'applications concrètes. Mais ce n'est pas un problème car ce n'est pas là notre motivation principale, ce que nous voulons avant tout c'est satisfaire notre curiosité naturelle.

**Définition 3.** *Les sciences naturelles étudient le monde naturel, c'est-à-dire à la fois les objets qui le compose et les lois qui le gouverne.*

L'exemple le plus direct est bien sûr la physique. C'est elle qui fournit la base aux autres sciences naturelles car elle étudie les lois *fondamentales* de la nature. C'est à partir des lois de la physique que l'on peut déduire toutes les principes de la chimie, et par la chimie toutes les connaissances de la biologie.

**Définition 4.** *Les sciences humaines et sociales étudient différents de l'humain, comme son comportement et ses interactions sociales.*

Les sciences humaines et sociales forment un ensemble extrêmement vaste de connaissance. Elle concerne tout ce qui touche au comportement humain tant au niveau individuel (comme la psychologie) qu'au niveau collectif (comme l'anthropologie et la sociologie). Certaines de ces sciences sont directement motivées pour des applications concrètes comme par exemple l'économie.

### 1.3 La science : aspect «ensemble de méthodes»

Nous allons maintenant discuter des méthodes de recherche scientifiques. Préciser quelles sont ces méthodes pourraient nous donner une définition plus simple et plus générales des connaissances scientifiques, car elle pourra se reformuler tout simplement en : «l'ensemble des connaissances acquises par des méthodes scientifiques».

Dans la suite, nous allons essayer de trouver comment définir à la fois les méthodes et les connaissances scientifiques. Ce que nous voulons c'est fournir des critères clairs et simples qui nous permettent facilement de faire la distinction entre ce qui est scientifique et ce qui ne l'est pas. Cela nous permettra de remplacer notre définition actuelle de la science en tant que liste de disciplines : nous pourrons alors répondre à des questions comme : est-ce que l'astrologie est une science ? Et l'homéopathie ? Il est bien connu que ce genre de question fait débat. Mais ce qui fait débat n'est pas toujours l'objet d'étude mais bien souvent uniquement les méthodes de raisonnement. Voilà pourquoi nous ne pouvons pas en rester là et nous devons continuer notre réflexion.

## 2 La notion de théorie scientifique

### 2.1 Introduction

La notion de *théorie* est centrale en science. Comprendre exactement ce que l'on entend par «théorie scientifique» n'est pas quelque chose de trivial et a fait l'objet de nombreuses discussions parmi les philosophes et les scientifiques.

Le grand public ne comprend souvent pas très bien cette notion, et n'en a en fait qu'une idée très vague. L'illustration la plus flagrante est donnée par la théorie de synthétique de l'évolution, en effet ses détracteurs l'accusent souvent de «n'être qu'une théorie». Ceci montre une confusion (souvent volontaire) entre la notion de théorie scientifique et la notion de théorie telle qu'on la conçoit dans le langage courant. En effet, dans le langage courant, on parle de théorie pour indiquer une explication dont la véracité est très hypothétique, et donc non confirmée. Ce n'est pas cela une théorie scientifique.

Une théorie scientifique doit se baser sur un certain nombre d'hypothèses. C'est une chose absolument incontournable pour pouvoir produire quelque de solide et cohérent : on doit se reposer sur un certain nombre de principes fondamentaux, que ne remet jamais en cause au sein de la théorie. Si l'un de ces principes est remis en cause de façon certaine, par exemple par l'expérience, alors il faut rejeter ce principe, et par suite toute la théorie. En physique principalement, on appelle ces principes des *postulats*.

Une fois que l'on a posé ces postulats, une série de déductions peuvent être faites. On utilise assez souvent le terme de «théorème» pour désigner ces résultats de manière

générale. Ces théorèmes demandent donc une *démonstration* : on doit démontrer que si les postulats sont vrais, les théorèmes sont vrais également. D'une certaine manière, on peut dire que la vérité des théorèmes n'est pas établie malgré leur démonstration, en effet ils ne sont vrais que sous l'hypothèse que les postulats sont bons.

On comprend donc qu'il est judicieux de parler de *vérification* pour une théorie : c'est très intéressant d'établir une théorie, mais tant qu'aucune autre expérience ne vient confirmer la validité de cette théorie, rien ne nous permet d'être véritablement confiant envers notre théorie, elle reste hypothétique. La notion de vérification d'une théorie sera développée en détail plus loin.

Nous sommes donc près à définir la notion de théorie :

**Définition 5.** *Une théorie scientifique est un ensemble constitué :*

1. *d'une série de postulats qui sont les points de départ de la théorie,*
2. *d'une série de résultats énoncé parfois sous forme de formules ou de théorèmes.*

Le mot théorème est surtout utilisé en mathématique et parfois en physique. En physique, beaucoup de résultats importants sont simplement des équations, (exemple : l'«équation de Schrödinger»), on utilise aussi le terme de loi.

## 2.2 Remarque sur le terme «scientifique»

Il est important de noter que toute théorie scientifique doit pouvoir être validée par l'expérience. C'est une évidence, mais il faut un petit peu réfléchir pour bien comprendre ce que l'on entend par là. La confrontation à l'expérience est essentielle pour passer du stade de simple spéculation, au stade de théorie reconnue et solide. C'est donc un point très important à préciser.

C'est sur l'adjectif «scientifique» que nous allons nous concentrer dans la suite. Qu'est ce que cela veut dire que quelque chose est scientifique ? En particulier qu'est ce cela veut dire qu'une théorie est scientifique ? Est-ce que ça existe une théorie non-scientifique ?

Il est intéressant de noter un paradoxe dans la perception de la science dans le grand public. Alors qu'à la fois la science est élevée au rang de juge suprême (qui n'a jamais entendu comme argument que telle chose est prouvée scientifiquement ?) elle est parfois considérée comme dogmatique (exemple du GIEC) ou essentiellement impuissante (le fameux «la science ne peut pas tout expliquer» appliqué à tort et à travers). Ainsi, la science est à la fois reçue avec enthousiasme et avec méfiance. C'est probablement le meilleurs argument pour dire qu'il est important d'expliquer ce qu'est la science.

## 3 L'inductivisme

### 3.1 Idée générale

La méthode la plus élémentaire de recherche scientifique (et d'une certaine manière la plus primitive) repose sur l'induction. Il s'agit de savoir comment trouver une loi générale à partir d'un nombre limité d'observations.

L'idée centrale repose sur deux concepts essentiels : l'expérience précède la théorie, et il faut faire une généralisation à partir d'un ensemble fini d'observations. La science se compose en effet de lois générales, mais une expérience n'est jamais qu'un cas particuliers. Extraire une loi générale à partir d'un ensemble de cas particuliers est un problème délicat, aussi on s'impose les contraintes suivantes :

- Faire un grand nombre d'expériences. Si une expérience réussit trois fois, on peut penser qu'on a eu de la chance d'être dans des conditions particulières. Si elle réussit cent fois, c'est déjà moins probable et la confiance en l'expérience est accrue.
- Varier les conditions expérimentale. Ceci permet d'éliminer les facteurs qui n'entrent pas en jeu. Si on fait une expérience dans lequel on utilise un certain matériaux, et que l'on pense que sa nature n'influence pas le résultat, il convient d'essayer avec un autre matériaux pour le vérifier.
- Aucune observation ne doit contredire la loi : c'est une évidence, un seul contre-exemple suffit à invalider une loi générale.

Par exemple, Galilée a effectué plusieurs expériences sur la chute des corps. Plusieurs fois, il laissa rouler des objets sur un plan incliné et repéra le temps écoulé à intervalles réguliers. Il répéta ces expériences, avec différents objets de différentes masses, et en tira une loi générale : la distance parcourue par un objet en chute libre, sans vitesse initiale, est proportionnelle au carré du temps écoulé depuis le lâcher. En particulier, elle ne dépend pas de la masse de l'objet.

Ce procédé s'appelle *induction* et il est important de ne pas la confondre avec la notion de déduction. En effet, dans une déduction, la conclusion est vraie de manière certaine si les prémisses sont vraies, ce n'est pas le cas dans le cadre de l'induction, où la conclusion est seulement probablement vraie mais ce n'est pas assurée.

C'est le problème que nous allons aborder tout de suite.

## 3.2 Critique de l'inductivisme

Le mathématicien et philosophe Bertrand Russell dit à propos de ce problème :

« Une dinde arrive dans une ferme, est nourrie tous les jours à 9h. En bonne inductiviste elle recueille un grand nombre de données (jour, climat,...) pour établir une conclusion quant à l'heure des repas des dindes. Elle finit par conclure qu'elle est toujours nourrie à 9h du matin,... jusqu'à la veille de Noël où on lui tranche le cou. »

C'est le problème fondamental : l'induction ne permet pas de tirer une conclusion certaine. Le même problème se pose pour la chute des corps, par exemple on pourrait imaginer qu'au delà d'une certaine masse, la loi énoncée par Galilée n'est plus vraie. Ou peut-être n'est-elle vraie en moyenne qu'une fois sur un million. On peut ainsi imaginer des tas de choses, éventuellement très farfelues, le point principal étant que la loi n'est absolument pas prouvée : on peut en effet en imaginer d'autres, pourtant tout aussi compatibles avec l'observation.

### 3.2.1 Paradoxe de Goodman

Un exemple intéressant est donnée par le philosophe et logicien Nelson Goodman en 1946. On introduit un nouvel adjectif : «vleu» qui veut dire :

«vert jusqu'en 2050, puis bleu ensuite»

Observer des émeraudes vertes donne par induction : «toutes les émeraudes sont vertes», mais peut très aussi donner : «toutes les émeraudes sont vleues». Le paradoxe est dans le fait qu'on considère toujours comme vraie la première affirmation mais jamais la seconde, alors qu'il n'y a pas de raison logique formelle pour cela.

La raison, d'après Goodman et Hume, se trouve dans «l'habitude». Nous voyons toujours des émeraudes verte, et nous n'observons jamais de changement, alors que la couleur «vleu» suppose une transformation brutale. Ainsi, on fait l'hypothèse implicite de la régularité : les lois de la physique ne changent pas au cours du temps, et on ne peut donc pas présupposer une propriété avec ce genre de référence temporelle. De même, on pourrait s'interdire d'avoir une référence spatiale (c'est à dire : les lois de la physiques sont les mêmes partout).

Il est toutefois important de remarquer que ce genre de supposition trouvent elles mêmes leur origine dans un raisonnement inductif. En fait, Hume considère que cette notion d'habitude trouve sa source dans la psychologie humaine, bien que Hume ne s'interdise pas de l'utiliser dans un cadre scientifique.

### 3.2.2 Une pétition de principe ?

Un argument possible en faveur de l'induction, est de constater que généralement cette méthode de raisonnement fonctionne bien. Mais si on y regarde de plus près, ceci nous fait entrer dans un cercle vicieux.

En effet, affirmer que le raisonnement inductif fonctionne parce que jusqu'ici il a toujours bien fonctionné est en soi en raisonnement inductif! On a donc une pétition de principe, c'est à dire que l'on suppose (au moins implicitement) ce que l'on veut prouver et c'est bien évidemment un raisonnement fallacieux.

### 3.2.3 Inductivisme sophistiqué

Pour répondre à toutes ces objections, les inductivistes ont tentés d'améliorer la situation en s'écartant d'une idée trop naïve de l'induction. Ainsi on peut parler d'«inductivisme sophistiqué», mais ce terme peut s'appliquer à différents systèmes de pensée inductiviste ; il ne faut donc pas voir derrière ce terme un courant de pensée homogène et objectivement identifiable.

En effet, l'histoire des sciences montre que de nouvelles idées ne viennent pas toujours d'un raisonnement purement inductif. Elles peuvent venir d'arguments purement théoriques ou d'une bonne intuition. Elles peuvent aussi être motivées par des données empiriques, mais les raisonnements entre les données et la conclusion ne sont pas forcément de nature inductive.



Claude Bernard, un médecin du dix-neuvième siècle, était un partisan de l'inductivisme. Il a créé la méthode OHERIC : Observation, Hypothèse, Expérience, Résultats, Interprétation, Conclusion ; qui modélise la démarche scientifique. Il s'agit déjà d'un inductivisme sophistiqué, mais l'observation reste la source première du raisonnement. Ainsi, Claude Bernard refusait l'idée que l'on puisse un jour déterminer la composition des étoiles, car il rejetait tout ce qui était inaccessible à l'observation directe.

Nous savons cependant de nos jours beaucoup de choses sur la composition des étoiles. Il faut donc accepter que l'idée de départ ne soit pas forcément issue d'un raisonnement inductif. Toutefois, puisque l'on se place dans le cadre d'un inductivisme sophistiqué, l'induction n'est pas supprimée mais simplement déplacée. Elle n'est plus forcément la méthode utilisée pour trouver la loi, mais pour la confirmer.

Même si l'induction est déplacée au rang de méthode de vérification et non plus de méthode de recherche, il reste que comme nous l'avons vu, cette vérification est incertaine. Ceci ne répond donc pas totalement aux critiques.

## 4 Le réfutationnisme

### 4.1 Introduction : critique de l'inductivisme

Karl Raimund Popper était un philosophe des sciences qui a vécu pendant le vingtième siècle. Il pensait qu'un problème majeur de la philosophie des sciences est de pouvoir distinguer ce qui est scientifique de ce qui ne l'est pas. Il va ainsi sévèrement critiquer l'inductivisme.

Pour Popper, on peut faire autant d'expérience que l'on veut qui vont dans le sens de la théorie, ce n'est pas suffisant pour avoir vraiment confiance en elle. Au lieu de parler de vérification, Popper parle de «corroboration» pour les observations qui vont dans le sens de la théorie.

Il propose donc d'abandonner l'induction comme méthode scientifique. Et il va moins s'intéresser aux méthodes de recherches scientifiques qu'à trouver un critère de démarcation discriminant les théories scientifiques des théories non-scientifiques.

### 4.2 La réfutabilité

Popper considère alors que pour qu'une théorie soit scientifique, elle doit être *réfutable*. Qu'est ce que cela veut dire ?

Imaginons une théorie non-réfutable c'est à dire qu'on ne peut jamais prouver qu'elle est fausse. Par exemple, je vais dire : il existe autour de nous des tas de lutins invisibles qui nous observent. Cette théorie est irréfutable, en effet vous ne pourrez jamais prouver que cette théorie est fausse.

Prenons maintenant une théorie réfutable : la relativité générale. Elle a fait un grand nombre de prédictions qui ont été mis à l'épreuve. Par exemple, elle prévoyait que la trajectoire des rayons lumineux soit courbée dans un champs de gravitation (comme a proximité du Soleil) suivant un angle deux fois plus grand que celui prédit par la théorie

newtonienne. Cette prédiction a été mise à l'épreuve dès 1919 à l'occasion d'une éclipse totale.

Pour qu'une théorie soit réfutable, elle doit donc faire des prédictions pour pouvoir la mettre à l'épreuve. Si la théorie prédit quelque chose qui a déjà été observé ce n'est suffisant (ce n'est qu'une «postdiction») car aucune expérience ne permet de réfuter cette théorie.

### 4.3 Le critère de démarcation vue comme une définition

Le critère de réfutabilité peut être utilisé pour définir l'adjectif «scientifique» très simplement :

Une théorie est scientifique si elle est réfutable

Ainsi, on sort quelque peu du débat de savoir si le critère de démarcation est juste : il l'est pas définition. Bien sûr, c'est un peu facile car il faut encore être en accord avec l'acceptation généralement admise du terme «scientifique» ainsi qu'avec l'histoire des sciences.

Cela marche assez bien mais il faut ici attirer l'attention sur une faute à ne pas faire. Il ne faut pas voir la réfutabilité comme ayant quelque rapport avec la démarche scientifique. Ainsi, quand on confronte l'histoire des sciences avec cette définition, il ne faut pas chercher à savoir si le chercheur avait ce genre d'idée en tête ou pas ; c'est une fois la théorie faite que l'on peut dire : cette théorie est scientifique (ou ne l'est pas). En effet, les expériences ne sont pratiquement jamais faites pour réfuter mais confirmer ou collecter des données afin de construire une nouvelle théorie. C'est pourquoi le réfutationnisme n'est en rien une base pour comprendre la méthode scientifique.

### 4.4 Notion de confiance dans une théorie

Il faut maintenant préciser cette notion de réfutabilité par rapport à la vraisemblance d'une théorie. C'est à dire, quel est le lien entre le fait qu'une théorie soit scientifique (au sens de Popper) et qu'elle décrive correctement la réalité ?

Il est parfaitement possible d'avoir une théorie scientifique fautive, tout comme il est possible d'avoir une théorie non-scientifique correcte. Le critère de Popper n'est pas une garantie absolue de la véracité d'une théorie. Elle permet cependant d'augmenter notre confiance en elle.

Ainsi, si je dis qu'un petit nounours vert est quelque part caché sous la surface de Pluton, comme personne n'a les moyens d'aller vérifier, personne ne pourra jamais me prouver que j'ai tort, la théorie est donc non-scientifique au sens de Popper. Il est raisonnable d'être sceptique par rapport à cette affirmation, des théories de ce genre on peut en imaginer des centaines, étant hors de portée de toute réfutation, on est obligé de rester dans le doute.

Mais si je dis que les horloges vont tourner plus vite dans un champs de gravitation plus faible et que je peut même chiffrer la différence, je prend beaucoup de risque en disant

cela car on peut vérifier cela autant de fois que l'on veut avec différentes expériences éventuellement très précises. Si malgré cela personne n'aura prouvé que j'avais tort, ma théorie est passée à l'épreuve du feu : elle s'en sort renforcée, car même en laissant la possibilité de la critiquer, elle est restée indemne.

#### 4.5 Exemple : théories freudiennes et relativité

Popper donne comme exemple les théories de Freud en psychanalyse et la théorie de la relativité d'Albert Einstein :

1. pour Popper, le gros problème des théories de Freud est qu'elle sont irréfutables donc non-scientifiques. Par exemple, Freud explique beaucoup de choses en faisant appel à l'inconscient mais les mécanismes de l'inconscient ne se prêtent guère à l'expérience. Popper qualifie la psychanalyse de pseudo-science au même titre par exemple que l'astrologie ou l'homéopathie. Il est à noter qu'il n'est pas le seul à avoir critiqué la psychanalyse et encore aujourd'hui le statut de cette discipline fait débat même si il généralement admis par les scientifiques et les philosophes des sciences que la psychanalyse n'est pas une science.
2. Dans le cas de la théorie de la relativité, comme on s'y attend, Popper la considère comme une théorie scientifique. La relativité a fait des tonnes de prédictions dont la majeure partie a été confirmée par l'expérience.

#### 4.6 Exemple : la théorie de l'atome

Beaucoup de gens le savent : la notion d'atome est très ancienne et remonte à l'Antiquité. C'est le philosophe Démocrite qui est à l'origine de cette notion dans une doctrine appelée l'atomisme.

Aujourd'hui, nous savons tous que Démocrite avait (partiellement) raison. Mais il reste que sa théorie n'était certainement pas scientifique. En effet, dans le contexte de la Grèce antique, cette affirmation n'était pas réfutable donc non-scientifique. Le fait que son intuition était bonne ne change rien à ce fait.

La théorie de l'atome redevient d'actualité avec John Dalton au début du XIXe siècle. Cette théorie devient scientifique et l'existence des atomes fut confirmé expérimentalement.

En conclusion, une théorie peut être scientifique ou non selon les moyens d'expérimentation dont on dispose. Il est toutefois hasardeux d'émettre des théories en espérant que l'on puisse un jour les confirmer car on a dû attendre plus de deux mille ans avant que la théorie atomique passe de simple spéculation à théorie scientifique.

### 5 Le rasoir d'Occam

Le rasoir d'Occam est un des principes fondamentaux de la science. C'est tout simplement un outil qui permet de choisir entre deux théories pour savoir laquelle est préférable, la plus «probable».

## 5.1 Énoncé

L'idée est de toujours choisir la théorie la plus simple et celle qui introduit le moins d'hypothèses entre deux théories concurrentes. Il suffit de faire attention au fait de ne mettre en concurrence que des théories réfutables. Par exemple si on a une théorie qui dit que les orages sont produits par le dieu Thor lorsqu'il est en colère, c'est assurément une théorie plus simple qu'une théorie météorologique complexe sur la formation des orages, mais étant une théorie non réfutable, c'est une théorie non scientifique.

## 5.2 Exemple célèbre : l'éther

Au début du vingtième siècle, on pensait que l'espace était rempli d'une substance appelée «éther» dans laquelle se propageait les ondes électromagnétiques. Il y avait à ce moment plusieurs expériences qui tentaient de mettre en évidence ce fameux éther qui paraissait incontournable du fait de l'incompatibilité entre l'électromagnétisme et la relativité de Galilée.

Après la célèbre expérience de Michelson et Morley, plusieurs physiciens dont Poincaré et Lorentz tentèrent d'expliquer ses résultats. Leurs théories s'apparentent à la théorie de la relativité mais il reste encore la notion d'éther.

Einstein remarqua ensuite qu'il était possible d'abandonner tout simplement la notion d'éther si on abandonne l'idée d'un temps et d'un espace absolu. Sa théorie ne contenait pas la notion d'éther, elle est donc plus simple et demande moins d'hypothèses que la théorie de Poincaré : il est donc légitime de la choisir.

## 6 La notion de «science exacte»

Nous savons qu'il existe plusieurs domaines scientifiques : la physique, la biologie, la sociologie, ... On peut classer ces différentes sciences de plusieurs manières. Un tel classement est naturel : certaines sciences ont des liens étroits avec d'autres, ce qui nous amène à les mettre dans un même groupe. Nous allons discuter ici d'une classification assez connue : le classement des sciences en sciences *exactes* et *inexactes* (on dit aussi sciences «dures» et sciences «molles»).

Nous allons d'abord donner une définition du terme «science exacte» pour ensuite l'analyser.

### 6.1 Définition

**Définition 6.** *Les sciences exactes regroupent :*

1. *les sciences de la nature : chimie, physique, biologie, astronomie, ...*
2. *les sciences formelles : mathématique, informatique, géométrie, logique, ...*

Le terme de «science exacte» s'oppose aux *sciences humaines* et aux *sciences sociales*. Mais il reste une question : quelle est la raison de cette distinction entre sciences exactes et «inexactes» ?

## 6.2 Science exacte ?

Il faut d'abord faire attention au fait qu'on peut très bien travailler sur des sciences humaines et en même temps faire preuve de rigueur. En effet, le terme «inexact» est trompeur : on a l'impression que cela sous entend une sorte de manque de sérieux ou de rigueur. Les raisons de cette distinction sont en réalité tout autres.

D'une part, on peut dire que les sciences exactes sont plus précises. En effet, dans les sciences exactes on peut avoir des résultats chiffrés et avoir des théories ne contenant aucune ambiguïtés. En psychologie par exemple, c'est très différent, les choses sont d'une certaine manière plus complexes, il est bien souvent très difficile de déterminer exactement l'origine d'un problème psychologique. On n'aura jamais une affirmation aussi précise que par exemple : «le demi-grand axe de l'orbite de la terre est de 149 597 870 km». C'est un problème en réalité insoluble pour les sciences humaines et sociales : les théories n'auront jamais de précision «mathématique». Donner un chiffre est quelque chose de vraiment puissant, ce chiffre peut être vrai ou faux, pas autre chose. Malheureusement, c'est (en général) impossible de chiffrer quoi que ce soit dans les sciences humaines.

En effet, on peut le montrer simplement sur un exemple. Lorsque l'on étudie la schizophrénie, on se trouve face à un problème complexe. Remarquons d'abord qu'il existe plusieurs formes de schizophrénie, avec des symptômes différents. Le problème se complique encore par le fait que la schizophrénie semble avoir des causes multiples. Mais de plus, tout les schizophrènes ne sont pas également atteints, certains ont des troubles graves, d'autres auront moins de symptômes. À partir de là, il est naturel d'introduire une échelle de valeur, mais cette échelle sera toujours subjective!! Il est évidemment impossible de dire à un patient : «Vous êtes schizophrène à un degré de 3,12 sur notre échelle de valeur». D'où le qualificatif d'inexact.

## 6.3 Le problème

Cette classification peut poser problème. Dire que l'on travaille dans une science inexacte semble peu gratifiant. Ce terme est un peu péjoratif.

Il est d'ailleurs assez intéressant de constater l'énorme attrait pour les mathématiques de la part de scientifiques travaillant dans les sciences humaines et sociales. L'idée de mathématiser la sociologie peut sembler étrange mais pourtant une partie de la sociologie est mathématisée à outrance (parfois avec des relations mathématiques relativement compliquées). Il semble clair que le but est d'atteindre une plus grande précision, qui pourrait (?) être offerte par la mathématisation. Cela est-il vraiment une bonne façon de raisonner ? Je pense que la question se pose et je pense que la réponse est non. Afin de mieux cerner les efforts de mathématisation des sciences inexactes, nous allons nous intéresser à cet étrange attrait pour les mathématiques.

## 7 La mathématisation des sciences

De plus en plus de sciences utilisent le formalisme mathématique. Une science en particulier l'utilise vraiment tout le temps : la physique. Il existe toute une gradation

entre cette science et des sciences où les mathématiques sont absentes, certaines sciences utilisent les mathématiques de manière sporadiques.

## 7.1 L'attrait pour la rigueur mathématique

Les mathématiques ont une qualité énorme : l'absence (autant que possible!) de la moindre ambiguïté. Cela est dû au fait que les mathématiques tentent de s'échapper des raisonnements trop imprécis de la langue parlée en inventant tout simplement leur propre langage. De là vient l'expression de *langage mathématique*.

Tout le monde connaît certains aspects de ce langage. L'expression mathématique bien connue : « $2 + 2 = 4$ » par exemple, qui illustre bien l'utilisation d'un langage symbolique. Nous allons d'ailleurs plus loin reparler de cette notion de langage en mathématique. Beaucoup de symboles sont tout simplement des lettres grecques ou latines, on utilise de plus les chiffres arabes et certains symboles ont été inventés uniquement pour les mathématiques. Il est d'ailleurs ici utile de rappeler l'alphabet grec, très souvent utilisé :

alpha : $\alpha, A$	êta : $\eta, H$	nu : $\nu, N$	tau : $\tau, T$
beta : $\beta, B$	thêta : $\theta, \Theta$	xi : $\xi, \Xi$	upsilon : $\upsilon, Y$
gamma : $\gamma, \Gamma$	iota : $\iota, I$	omicron : $o, O$	phi : $\phi, \Phi$
delta : $\delta, \Delta$	kappa : $\kappa, K$	pi : $\pi, \Pi$	khi : $\chi, X$
epsilon : $\epsilon, E$	lambda : $\lambda, \Lambda$	rhô : $\rho, P$	psi : $\psi, \Psi$
zêta : $\zeta, Z$	mu : $\mu, M$	sigma : $\sigma, \Sigma$	omega : $\omega, \Omega$

La première lettre de l'alphabet hébreu est aussi parfois utilisée. C'est aleph :  $\aleph$ .

Tout comme pour le langage habituel, il existe un certain nombre de règles (tout agencement de symboles mathématiques n'a pas de sens) et c'est précisément la *rigidité* de ces règles qui offre aux mathématiques toute leur rigueur. La question est donc de savoir comment, face à un phénomène naturel, on peut retranscrire ce problème en terme mathématique. Une fois le problème posé en équation, on peut profiter de toute la rigueur offerte.