

CHAP INTRO LA PENSEE SCIENTIFIQUE

Pour comprendre et expliquer le réel en physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre, les scientifiques utilisent une méthode appelée la démarche scientifique. Quels sont ses grands principes ? Quels outils sont utilisés pour mettre en place des raisonnements logiques ?

1. QU'EST-CE-QUE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE ?

Voir la vidéo 1 sur le site: La démarche scientifique

La démarche scientifique est la méthode utilisée par les scientifiques pour parvenir à comprendre et à expliquer le monde qui nous entoure. De façon simplificatrice, **elle se déroule en plusieurs étapes** : à partir de l'observation d'un phénomène et de la **formulation d'une problématique**, différentes **hypothèses** vont être émises, testées puis infirmées ou confirmées.

A partir de cette confirmation se construit un **modèle** ou **théorie**. **L'observation** et **l'expérimentation** sont des moyens pour tester les différentes hypothèses émises.

Une **hypothèse** est considérée comme valide aussi longtemps qu'aucune observation ou expérience ne vient montrer qu'elle est fautive.

La **démarche scientifique** consiste à tester les hypothèses pour démontrer si elles sont fautes ou non et à conserver uniquement celles qui sont cohérentes avec toutes les observations et les expériences.

La fausseté d'une hypothèse est certaine alors que sa validité scientifique est temporaire et soumise à l'évolution des connaissances.

2. L'EVOLUTION DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE AU FIL DU TEMPS.

Voir la vidéo 2 sur le site : Histoire de la démarche scientifique.

De l'Antiquité à nos jours, les moyens d'investigation sur le monde ont évolué pour aboutir à une démarche dont les fondements sont communs à toutes les sciences de la nature (physique, chimie, sciences de la vie et de la Terre).

Dès l'Antiquité, Hippocrate, médecin grec, apporte de la nouveauté dans son traité « *Le pronostic* », qui détaille, pour la première fois, un protocole pour diagnostiquer les patients. Ce texte est l'une des premières démarches scientifiques.

Le XVII^e siècle est l'âge d'or des instruments et désormais **l'expérience est au cœur de la pratique scientifique** : on parle de Révolution scientifique. En plus des observations, **les hypothèses peuvent aussi être testées par l'expérience**. Par ailleurs, l'invention d'instruments tels que le microscope donne la possibilité aux scientifiques d'observer des éléments jusqu'alors invisibles à l'œil nu, comme les cellules, découvertes par Robert Hooke en 1665.

A partir du XX^e siècle, la science se fait de manière collective. Les études scientifiques sont soumises au **jugement des « pairs »**, c'est-à-dire à d'autres scientifiques et toutes les expériences doivent être détaillées pour être reproductibles par d'autres équipes. En contrepartie, la publication dans des revues internationales, et sur Internet dès les années 1990, permet aux chercheurs du monde entier d'accroître la notoriété de leurs idées et facilite l'accès aux sciences pour le grand public. Mais avec l'arrivée de l'informatique, il n'y a pas que la communication qui change, la méthode scientifique aussi se transforme. Il devient plus simple de trier de grands nombres de données et de construire des études statistiques. Il faut cependant faire attention à sélectionner les critères pertinents, car les progrès technologiques apportent aux chercheurs d'immenses quantités d'informations, appelées **big data**.

3. LES DIFFERENTES ETAPES DE LA DEMARCHE SCIENTIFIQUE

3.1. OBSERVATION ET FORMULATION D'UNE HYPOTHESE.

A la base de toute démarche scientifique, il y a au départ une observation d'un phénomène et la formulation d'une problématique.

Par exemple, depuis l'Antiquité, certains savants sont convaincus que la Terre est immobile au centre de l'Univers et que le Soleil tourne autour d'elle : c'est l'hypothèse du géocentrisme. Elle est émise car à l'époque, toutes les observations se faisaient à l'œil nu. Vu depuis la Terre, le Soleil peut donner l'impression de tourner autour de nous car il se lève sur l'horizon Est et se couche sur l'horizon Ouest. Cependant, ce n'était qu'une intuition car à ce stade, aucune véritable démarche scientifique n'est engagée.

Plus tard, quand les astronomes ont observé le mouvement des planètes, ils ont vu que le déplacement de certaines planètes forme parfois une boucle dans le ciel, ce qui est incompatible avec un mouvement strictement circulaire autour de la Terre. Le problème fut résolu en complexifiant le modèle : une planète se déplace sur un cercle dont le centre se déplace sur un cercle. C'est la théorie des épicycles.

3.2. LES HYPOTHESES ET LA CONSTRUCTION D'UN MODELE

Une nouvelle hypothèse fut émise par Nicolas Copernic au XV^e siècle. Selon lui, le Soleil est au centre de l'Univers et toutes les planètes, dont la Terre, tournent autour de lui. On appelle cette hypothèse « l'héliocentrisme ». Ce modèle rend naturellement compte des rétrogradations planétaires mais possède quand même des épicycles pour décrire leurs mouvements avec plus de précisions.

Durant l'hiver 1609-1610, Galilée pointe sa lunette vers le ciel et découvre les phases de Vénus et des satellites qui tournent autour de la planète Jupiter. Ses observations l'incitent à invalider l'hypothèse géocentrique et à adhérer à l'héliocentrisme.

Petit à petit, cette méthode est devenue générale. Une hypothèse reste considérée comme valide tant qu'aucune observation ou expérience ne vient montrer qu'elle est fautive. Plus elle résiste à l'épreuve du temps, plus elle s'impose comme une description correcte du monde. Cependant, il suffit d'une seule observation contraire pour que l'hypothèse s'effondre, et dans ce cas, c'est définitif. Il faut alors changer d'hypothèse.

Reste que l'héliocentrisme de Copernic s'est d'abord imposé par la qualité des éphémérides planétaires qui en étaient tirées plus que par la force de son hypothèse, certes plus pratique que l'hypothèse géocentrique mais pas confirmée directement. Pour cela, il fallut encore attendre quelques années, le temps que la qualité des instruments d'observation progresse.

3.3. L'OBSERVATION ET L'EXPERIMENTATION.

Si la Terre est animée d'un mouvement autour du Soleil alors on devrait constater un effet de parallaxe, c'est-à-dire de variation des positions relatives des étoiles au fil de l'année. L'absence d'une parallaxe mesurable était utilisée contre l'héliocentrisme. C'est en cherchant à mesurer la parallaxe des étoiles que l'astronome anglais James Bradley découvrit en 1727 un autre effet, l'aberration des étoiles, dont il montra qu'elle ne pouvait provenir que de la révolution de la Terre autour du Soleil. La première mesure de parallaxe, due à l'astronome Friedrich Bessel en 1838, vient clore le débat.

Le mouvement de rotation de la Terre ne fut prouvé que plus tard. En 1851 le physicien Léon Foucault mène une expérience publique spectaculaire : un grand pendule est accroché à la voûte du Panthéon de Paris et la lente révolution de son plan d'oscillation révèle la rotation de la Terre sur elle-même.

On trouve là une autre caractéristique de la démarche scientifique. Une fois le modèle mis au point en s'appuyant sur des observations qui le justifient, il faut en tirer des prédictions, c'est-à-dire des conséquences encore non observées du modèle. Cela permet de mener de nouvelles observations ou de bâtir de nouvelles expériences pour aller tester ces prédictions. Si elles sont fautes, le modèle qui leur a donné naissance est inadéquat et doit être réformé ou oublié. Si elles sont justes, le modèle en sort renforcé car il est à la fois descriptif et prédictif.

3.4. LA COMMUNICATION

Aujourd'hui, la « revue par les pairs » permet de contrôler la démarche scientifique d'une nouvelle découverte, par un collège de scientifiques indépendants. Si les observations et expérimentations vont dans le même sens et qu'elles ne se contredisent pas, la proposition est déclarée apte à être publiée dans une revue scientifique.

4. QUELS OUTILS POUR DECRYPTER LA SCIENCE ?

Voir la vidéo 3 sur le site : Quels outils pour décrypter la science ?

La démarche scientifique repose sur la construction d'un raisonnement logique et argumenté. Elle utilise les bases de la logique formelle : l'induction et la déduction.

4.1. L'INDUCTION.

L'induction cherche à établir une loi générale en se fondant sur l'observation d'un ensemble de faits particuliers (échantillon).

L'induction est par exemple utilisée en biologie. Ainsi, pour étudier des cellules dans un organisme, il est impossible de les observer toutes, car elles sont trop nombreuses. Les scientifiques en étudient un échantillon restreint, puis généralisent leurs observations à l'ensemble des cellules. Les scientifiques établissent alors des hypothèses et des modèles dont il faudra tester les prédictions par des observations et des expériences ultérieures.

4.2. LA DEDUCTION.

La déduction relie des propositions, dites **prémisses**, à une proposition, dite **conclusion**, en s'assurant que si les prémisses sont vraies, la conclusion l'est aussi.

Exemple classique de déduction : tous les hommes sont mortels, or Socrate est un homme donc Socrate est mortel.

La déduction est beaucoup utilisée en physique ou mathématiques, lors de la démonstration d'une loi ou d'un théorème.

4.3. RAISONNEMENT DU MODUS PONENS ET DU MODUS TOLLENS.

Le Modus Ponens et le Modus Tollens sont utilisés par les scientifiques dans leurs raisonnements.

Le **Modus Ponens** est, en logique, le raisonnement qui affirme que si une proposition A implique une proposition B, alors si A est vraie, B est vraie.

Mais si une implication est vraie alors sa contraposée l'est également (même valeur de vérité selon les règles de la logique formelle). Cela signifie que « la négation de B implique la négation de A » (contraposée de « A implique B »).

Le **Modus Tollens** est le raisonnement suivant : si une proposition A implique une proposition B, constater que B est fausse permet d'affirmer que A est fausse.

Un exemple : On sait que tous les poissons respirent sous l'eau. Or le saumon est un poisson donc il respire sous l'eau (Modus Ponens). La proposition initiale peut être énoncée sous une autre proposition équivalente (contraposée) : si « je ne peux pas respirer sous l'eau, alors je ne suis pas un poisson ». Cela permet de construire le raisonnement suivant : tous les poissons respirent sous l'eau, or je ne respire pas sous l'eau, donc je ne suis pas un poisson (Modus Tollens).

Ces outils de logique formelle permettent de vérifier la cohérence logique d'un argument et de détecter les argumentations fautives. Grâce à ces outils et en gardant un bon esprit critique et en vérifiant l'origine des informations diffusées, on peut donc plus facilement repérer un discours non scientifique ou pseudo-scientifique.