



SCIENCES



ARTICLES

LEÇONS

GUIDE PRATIQUE

TESTS DE CONNAISSANCE

ANNEXE

LISTE COMPLÈTE

PAR THÈME

PAR MÉTHODOLOGIE

Qu'est-ce que la démarche expérimentale?

Qu'est-ce que la démarche expérimentale? On croit la connaître puisqu'on veut l'enseigner. Mais parfois des subtilités nous échappent. Est-ce la seule démarche scientifique ? Qu'est-ce qui la caractérisent au mieux ? Et comment intervient-elle dans l'élaboration du savoir ?...

Dans les temps anciens, quand il s'agissait d'expliquer ou de prévoir un phénomène, on se racontait une histoire, on allait chercher dans un livre sacré ou auprès d'un gourou une vérité révélée. Au mieux, on tirait quelque anecdote de la réalité et on la présentait comme une vérité générale. Aujourd'hui, aucune explication n'est plus acceptée d'emblée, du moins dans les milieux scientifiques. Les présupposés (hypothèse, loi, théorie, modèle,..) sont toujours soumis au test de la réalité : on réalise une expérience, des expériences devrait-on dire...

Y a-t-il une ou plusieurs démarches scientifiques ?

La démarche expérimentale n'est -disons-le tout de suite- toutefois pas la seule démarche dite "scientifique". Cette investigation n'est pas toujours faisable ; certains objets, comme les étoiles, sont trop lointains et par là inaccessibles. Seules des observations sont possibles, le plus souvent l'emploi d'instruments ou d'enregistrements suppléent les défaillances de notre vue. Dans d'autres cas, les objets d'études peuvent être dangereux ou difficiles à manipuler, il faut se contenter de modèles et de simulations. Parfois l'expérimentation n'est pas souhaitable, elle irait à l'encontre de questions éthiques. Il en est ainsi en matière d'expérimentation humaine. En plus, un certain test expérimental pourrait gravement perturber le phénomène observé. On lui substitue des enquêtes, comme on les réalise en épidémiologie.

Observations, mesures, enregistrements de données, modélisation et simulation, enquêtes sont également des démarches scientifiques. L'important est de pouvoir faire émerger des éléments observables ou quantifiables, de les confronter à des hypothèses, de pouvoir maîtriser la démarche pour éventuellement la reproduire et de pouvoir discuter tous résultats. Car rien n'est simple en matière de recherche scientifique.

La démarche expérimentale, pour revenir plus précisément à elle, est très souvent défigurée en classe. Fréquemment, cette approche est proposée au travers d'un schéma simplifié, comportant six étapes :

- on Observe, O,
- on émet une Hypothèse, H,
- on fait une Expérience, E,

- on Raisonne, R,
- on Interprète, I,
- on Conclut, C.

C'est la démarche "OHERIC" pour reprendre une expression que nous avons avancée dans une de nos premières études. Depuis, cette expression a connu quelques succès, sans forcément que ceux qui la manipulent sachent très bien toujours pourquoi. Pourtant rien n'est plus faux que concevoir la démarche expérimentale ainsi. Un tel processus est un modèle idéalisé ; en d'autres termes il est trop beau pour être vrai !

Jamais on n'a pu expérimenter de la sorte dans aucun laboratoire. La méthode OHERIC est en fait une reconstruction par la pensée a posteriori ; une fois que le chercheur a trouvé une réponse à ses interrogations, il organise sa publication de la sorte pour des facilités de présentation.

En classe, son succès réel en matière d'apprentissage n'est d'ailleurs pas très grand ; les élèves ont beaucoup de difficultés pour entrer dans une démarche aussi épurée. Nombre d'expérimentations seraient même impossibles si l'enseignant ne donnait pas quelques "coup de pouce" pour que l'expérience "marche" de la sorte...

Qu'est ce qu'une démarche expérimentale ?

De fait, il n'existe pas une démarche expérimentale standard ; on dénote plutôt une variété de démarches expérimentales possibles. Entre une approche expérimentale en immunologie, une autre en ethnologie, une autre encore en physique des particules, il y a de multiples et profondes différences.

Alors comment caractériser toute démarche de type "expérimental" ? Trois principaux moments forts sont présents en permanence. Ils sont d'ailleurs difficile à séparer ; ils fonctionnent en général comme un tout, ou plutôt comme un système, avec des interactions multiples et des feed-backs. Ce système à trois paramètres comporte :

- une question,
- une hypothèse,
- une argumentation.

C'est dans ce dernier cadre qu'interviennent des expériences.

En premier, une démarche expérimentale est une tentative de réponse à une question. Le chercheur, le simple individu est face à quelque chose qui l'intrigue, qui l'interpelle ou le préoccupe. Il constate un décalage entre le réel, du moins tel qu'il le perçoit, et l'idée qu'il s'en fait. La situation devient insatisfaisante, il a envie de savoir.

Parfois il y est contraint pour des nécessités vitales, il doit trouver de nouvelles ressources alimentaires, il doit faire face à un nouveau danger: comment soigner le cancer ou le SIDA ?

Pour répondre à cette interrogation (ou à cette angoisse, c'est selon), le chercheur

avance normalement des supputations. Ce sont les traditionnelles explications, "les plantes ont besoin de lumière pour se développer", "une carence est due à l'absence de vitamine"... Dans une démarche expérimentale, ces propositions prennent un statut différent. Le scientifique suspend ses affirmations le temps "de les vérifier".

Cette simple activité change tout, elle constitue une mutation profonde dans la pensée humaine. Les explications prennent le statut de suppositions qu'il s'agit d'éprouver. On les dénomme désormais des hypothèses. L'hypothèse apparaît d'abord comme une conjecture, non dans ce sens qu'elle est matière à discussion, mais parce qu'elle est reconnue comme possible et qu'elle doit être confirmée.

La formulation d'une hypothèse est le moment le plus créatif de toute la démarche scientifique. Il s'agit d'inventer ou de fabriquer une explication plausible. C'est même un moment irrationnel, il faut dépasser les évidences habituelles pour fabriquer une idée originale ("les moisissures produisent une substance qui empêchent le développement des bactéries") ou pour mettre en relation des paramètres divergents ou inattendus ("E = M.C²", l'énergie est mis en relation avec la masse d'un corps et le carré de la vitesse de la lumière).

Mais il ne s'agit pas de n'importe quel imaginaire. En sciences, toute imagination n'est pas possible. Celle-ci est bridée de toutes parts. Plusieurs contraintes pèsent lourdement sur elle. L'hypothèse doit être cohérente. Elle doit être en phase avec les savoirs reconnus de l'époque ; du moins ceux qui ne souffrent d'aucune contestation. Elle doit être explicative sur de nombreux domaines. Il faut surtout qu'elle permette de "travailler".

En la "pressant comme un citron", il n'y pas d'image plus proche, le chercheur doit pouvoir en tirer de multiples prévisions. Et ce n'est pas tout, l'imagination débordante du chercheur doit encore être soumise au test de la réalité. Dans ce but, le chercheur fabrique une expérience (du latin *experiri* : éprouver). Le scientifique essaie de perturber le fonctionnement habituel de la Nature pour voir comment elle réagit. Plus particulièrement, à travers la réalisation d'une expérience, il cherche à savoir si l'objet, l'individu ou la plante réagit comme le prévoit par avance l'hypothèse... "Pour savoir si la vasopressine agit bien sur la rétention d'eau dans le corps, j'enlève l'hypophyse ; si l'hypothèse dit vrai, les pertes d'eau doivent être augmentées...". "Pour savoir si les basses températures inhibent la dormance des grains de blé de printemps, je mets les graines dans un réfrigérateur pendant deux mois et je les fais germer... si elles germent mon hypothèse est confirmée".

Cette phase d'expérimentation demande toujours un protocole précis : le chercheur décrit le matériel et les produits utilisés, il indique une à une les étapes de sa démarche ou encore le dispositif technique approprié. Un ou plusieurs "témoins" sont nécessaires afin de faire des comparaisons fondées. Il faut ajouter qu'une seule expérience n'est jamais prouvante, il faut pouvoir la reproduire à l'identique de nombreuses fois.

Comment interfère question, hypothèse et expérience ?

À ce niveau, quelques précisions supplémentaires sont nécessaires. D'abord, les

expériences ne vérifient jamais complètement une hypothèse. On peut toujours réaliser un jour une expérience qui ira à l'encontre de l'hypothèse. L'épistémologue Popper qui a avancé cette idée disait que pendant l'essentiel de sa vie, il a cru vérifier l'hypothèse "tous les cygnes sont blancs". Et puis un jour, il a rencontré un cygne noir et son hypothèse s'est effondrée.

Une expérience peut seulement réfuter une hypothèse si le résultat contredit ce qui était prévu. Tant que l'hypothèse tient, on dit plutôt que l'expérience "corrobore" l'hypothèse. Si l'on voulait être encore plus précis, il faudrait dire l'expérience corrobore les conséquences de l'hypothèse. Si des moisissures apparaissent sur le pain à l'humidité, l'expérience ne corrobore pas l'humidité, mais le fait que l'humidité a pour conséquence de provoquer le développement de moisissures.

En fait, dans la vie du laboratoire, tout est encore plus complexe. Une expérience ne réfute jamais totalement une hypothèse, la plupart du temps, l'hypothèse résiste. Elle se transforme le plus souvent en s'adaptant aux circonstances. Quand Buffon suggérait à Charles Bonnet, chercheur du XVIIIème siècle que son hypothèse du bébé dans l'ovule ne pouvait tenir ; parce que dans le cas d'un hybride, le bébé ressemble également au père. Charles Bonnet répondait que le sperme pouvait tout au plus "nourrir" l'embryon et de la sorte le modifier légèrement. Pour lui, le germe restait bien "emboîté" dans l'ovule!... Plusieurs expériences convergentes sont indispensables pour conduire à l'abandon de l'hypothèse.

De plus, question, hypothèse et expérience ne sont jamais successifs, elles ne sont jamais uniques. Une situation signifie plusieurs problèmes qui entraînent à leur tour une série de questions. Face à un problème plusieurs hypothèses peuvent être émises... Il n'est donc pas question de substituer une démarche QHE (question, hypothèse et expérience) à une démarche OHERIC ! Ces trois paramètres interagissent en permanence l'un sur les deux autres soit directement, soit indirectement par feed-back.

Systèmes d'interactions

Au départ la question peut ne pas être précise, elle peut même être implicite ("une expérience pour voir"). La formulation d'une hypothèse va affiner la question, celle qui est publiée est rarement la question que se posait le chercheur à l'origine. C'est une nouvelle formulation qui résulte des discussions résultant de l'expérimentation. Il en est de même pour l'hypothèse, les résultats d'une première série d'expériences conduit à la retravailler, à l'affiner ou carrément à en proposer une autre.

En retour, l'expérimentation reste toujours un artifice. Elle n'apporte aucune information en soi. Elle ne prend sens que par interaction avec d'autres expériences et surtout en relation avec l'hypothèse qui lui procure son cadre de questionnement et d'interprétation. À la limite un fait n'existe pas en soi. Il n'est perçu déjà que si on a une grille d'analyse qui permet de l'enregistrer. Pour expérimenter sur "la chaleur", il faut avoir défini des grandeurs (température, degrés hygrométrique) sur lesquels sont construits les instruments de mesure. Les qualités sensibles ("chaud"- "froid", "sec"- "humide") sont nettement insuffisantes. Ainsi une démarche expérimentale doit être envisagée comme un processus dans le temps où question, hypothèse et expérience interfèrent mutuellement. Par étapes, le savoir se précise, comme le

montre le schéma global ci-après.

Évolution des hypothèses dans une démarche expérimentale

Les patatoïdes et l'ellipse représentent les modèles successifs qui sous-tendent le questionnement et l'interprétation. Rien n'est linéaire cependant, parfois la démarche se fourvoie dans des fausses pistes. Dans chaque "bulle" du système ci-dessus, l'interaction question, hypothèse et expérience peut se schématiser de la manière suivante :

Microdéveloppement de la démarche expérimentale

On voit apparaître le rôle préalable de la phase "état de la question", dans laquelle la documentation tient une place prépondérante. En dernier recours, la communauté scientifique intervient encore comme filtre lors de la publication. En retour, toutes les phases peuvent être reconsidérées.

Qu'est-ce qu'un modèle ?

Il ne suffit donc pas pour comprendre "d'ouvrir les yeux" ou de regarder là où l'on ne regardait pas avant. Rares sont actuellement les phénomènes qui s'imposent d'eux-mêmes. Interpréter une coupe d'organe au microscope ou un listing de données informatiques en physique des particules n'est pas très évident si on ne possède pas respectivement le modèle de cellule ou de quark.

Aujourd'hui les chercheurs parlent plutôt de "tester un modèle", car l'hypothèse s'inscrit dans un réseau d'idées plus large qui lui donne son sens. Elle intervient dans le cadre d'un modèle interprétatif pour lequel les expériences ont une importance stratégique. Leur but réel n'est pas uniquement la découverte en soi mais plutôt une tactique. Il faut tenter d'influer sur le champ du savoir en place. D'où le soin que porte tout scientifique à la délimitation de son domaine d'investigation ou encore à la mise au point d'une nouvelle technologie ou d'un nouveau vocabulaire. Il peut devenir très susceptible sur ce plan, c'est son "passage obligé".

Ne nous faisons pas d'illusions, des données expérimentales ne sont jamais totalement "originales" en soi. Elles dépendent sur les multiples acquis antérieurs. Elles ne le seront que si le chercheur arrive à en persuader ceux qui font ou défont la partie. Or cette perception dépend de la position des acteurs, c'est-à-dire de la place des chercheurs sur l'échiquier. D'où l'importance du crédit intellectuel qu'aura su engranger au préalable, le chercheur.

Car il ne suffit pas de trouver, il faut encore convaincre de l'importance de son travail. Tout est terriblement dynamique en la matière. Le chercheur ne marquera des "points" que s'il réussit progressivement à polariser l'attention sur son travail. Une métaphore militaire peut être très parlante, en la matière. Une position sur le terrain n'a aucune importance en soi. Elle n'est qu'un élément du paysage. Elle n'a d'intérêt, elle ne prend sa signification, qu'en fonction d'une bataille ! À ce moment-là et à ce moment-là seulement, elle peut devenir un enjeu, le point d'appui indispensable pour emporter la bataille ! Une stratégie de recherche expérimentale est identique en beaucoup de points. Encore faut-il, au moment opportun, mobiliser toutes les forces disponibles et tirer avantage des ressources de la position investie. On est loin de l'image stéréotypée que propage encore nombre de livres de la

démarche scientifique...

Objectifs possibles à travers une démarche expérimentale

Sur le plan éducatif, la démarche expérimentale est très porteuse. Elle permet de développer une multitude de qualités et d'investigations. Il est possible de catégoriser ces divers objectifs en deux groupes : attitudes et démarches.

1. Attitudes

- avoir envie de se poser des questions (curiosité),
- avoir confiance en soi,
- être critique (esprit critique),
- être créatif (imagination créatrice),
- avoir envie de chercher par soi-même,
- avoir envie de communiquer,
- avoir envie de travailler en groupe,

2. Démarches

- savoir entreprendre une activité pour répondre à ses propres questions, à celles de ses camarades ou de l'animateur,
- savoir énoncer sa propre formulation du problème,
- savoir rechercher une relation causale (savoir établir une corrélation ou un système causal),
- savoir formuler plusieurs hypothèses,
- savoir faire un corpus documentaire,
- savoir repérer une grandeur,
- savoir imaginer un dispositif expérimental,
- savoir rechercher des indicateurs,
- savoir envisager les causes d'erreurs,
- savoir mettre au point un test,
- savoir observer,
- savoir faire des mesures,
- savoir enquêter,
- savoir lire des résultats d'une expérience,
- savoir traduire les résultats sous forme d'un graphe,
- savoir argumenter,
- savoir discuter les apports de son expérimentation et la comparer avec celles d'autres
- savoir accueillir ou élaborer un modèle,
- savoir mobiliser une hypothèse corroborée (ou un modèle) dans d'autres situations,
- savoir reconnaître les limites d'une hypothèse.

NB : Nombre d'objectifs les plus formateurs résultent justement des interactions entre les phases d'une démarche expérimentale :

- savoir fonder une hypothèse par rapport au corpus documentaire,
- savoir mettre en relation les résultats obtenus avec l'hypothèse,
- savoir discuter les résultats,
- savoir reformuler une hypothèse, éventuellement en émettre d'autres,

- savoir reformuler le problème,
- savoir rechercher la cohérence d'une hypothèse au travers le modèle utilisé, etc..

À côté de la démarche expérimentale de type analytique (la démarche ci-dessus), il est important d'envisager des démarches systémiques où l'on apprend aux élèves à mettre en relation les différents facteurs (effets de synergie ou d'inhibition).

Auteur: André Giordan

Source: <http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan>