



# Cethes-Emstes

*Construire une éthique de l'Enseignement scientifique  
Enseignement des Mathématiques et des Sciences,  
Technologies, Éthiques et Sociétés*

---

Tiré à part de Probio-Revue, mai 1999, n° 1, pp. 3-15.

---

[Retour aux articles](#)

---

## Enseigner les démarches scientifiques

---

Gérard FOUREZ et Véronique ENGLEBERT-LECOMTE(1)

---

### Résumé

Cet article examine quelques difficultés qui surgissent quand on ambitionne d'enseigner les démarches scientifiques comme compétence spécifique. Cela conduit à mettre en évidence deux manières de penser les démarches scientifiques : l'une associée au positivisme empiriste (OHÉRIC) et l'autre à la dynamique des développements scientifiques (selon K. Popper). L'article propose de contourner les débats à ce propos par un enseignement des méthodes scientifiques centré sur deux grands axes de compétences : celui de l'abstraction et/ou modélisation, d'une part, et celui de la tradition de tester les modèles scientifiques, d'autre part. L'accent est mis sur la façon dont ces compétences peuvent s'exercer dans la vie quotidienne.

---

### 1. Peut-on enseigner la démarche scientifique ?(2)

L'enseignement des méthodes et des démarches scientifiques ? liées aux compétences que les scientifiques sont supposés utiliser pour construire et faire adopter les modèles qu'ils proposent - peut créer un problème dans le secondaire pour plusieurs raisons, parmi lesquelles, on peut noter :

- la diversité des méthodes et des démarches pouvant être qualifiées de scientifiques (par exemple : inductives, déductives, statistiques, empiriques, systémiques, linéaires, etc.)
- l'oubli de ce que, quand on parle de méthodes scientifiques, on propose un récit de pratiques et que celui-ci sélectionne toujours parmi ces pratiques.
- la croyance assez répandue de ce qu'une description souvent proposée (parfois appelée OHÉRIC(3)) est — à quelques variantes près — pratiquement la seule bonne.

Examinons ces trois points plus en détail.

#### A. LA DIVERSITÉ DES MÉTHODES ET DES DÉMARCHES SCIENTIFIQUES

Selon les types de problèmes rencontrés, les scientifiques adoptent bien des méthodologies différentes. Par exemple, s'il arrive régulièrement qu'une recette de cuisine échoue et produise des

plats carbonisés, il se peut que, quelqu'un, après avoir observé le phénomène, émette une hypothèse : les plats qui brûlent sont ceux qui ont été cuits dans des casseroles mal lavées où un reste de nourriture adhère au fond. Cette personne peut songer à une expérimentation pour tester cette possibilité. Interprétant ses résultats l'expérimentateur pourra — dans les cas favorables — conclure par un jugement sur la valeur de l'hypothèse qui avait été avancée.

Ce type de démarche peut être assez bien décrite par le schéma OHÉRIC (Observation, Hypothèse, Expérimentation, Résultats, Interprétation, Conclusion). Celui-ci donne une lecture assez plausible de ce qui s'est passé. De même, ce récit peut donner une représentation assez parlante de la façon dont un médecin qui hésite sur un diagnostic prescrit des tests ou des examens supplémentaires avant de se prononcer.

Les partisans du schéma OHÉRIC insisteront pour dire que toute recherche part d'une observation. Leurs "adversaires" feront remarquer qu'une observation est toujours une interprétation qui utilise une grille de lecture, ne fut-ce que celle du langage. Autrement dit, pour dire que j'observe un crayon, il me faut posséder cette notion. La plupart des épistémologues ou des psychologues cognitivistes s'accorderont pour dire qu'observer — ou en tout cas observer en scientifique — c'est se construire une représentation(4) du monde, un modèle.

De plus, dans le schéma OHÉRIC, quand on parle d'observation scientifique, cela évoque souvent une attitude neutre et dépourvue d'affectivité qui ne met pas toujours en évidence l'étonnement, le choc, voire la frustration, qui, selon d'autres récits des démarches scientifiques, sont présentés comme très importants.

Sans mettre en doute l'utilité du schéma OHÉRIC pour décrire certaines démarches, on peut tout de même lui reprocher de moins bien rendre compte de la façon de travailler de certains scientifiques. Par exemple, en physique théorique, on procédera plutôt en déduisant d'un certain modèle théorique le type de particules qu'on s'attend à trouver; puis, on demandera à une équipe d'expérimentateurs "d'aller voir". Un médecin établissant son pronostic agit de façon assez semblable.

De plus, comme l'a montré Souchon(5), OHÉRIC ne parviendra pas non plus à fournir le cadre choisi spontanément pour décrire une recherche sur le lien entre l'usage du tabac et les décès dus au cancer du poumon. Dans ce cas, un scientifique utilisera probablement une méthode de Recherches de Corrélations Causales Possibles. Le schéma OHÉRIC, avec sa connotation de vérification expérimentale, fonctionne effectivement mal pour décrire la démarche adoptée dans ce type d'approche qui utilise des modèles statistiques. Et on pourrait dire la même chose des approches systémiques où l'on suppose qu'un phénomène dépend d'un ensemble de causes en interaction.

D'ailleurs, les démarches scientifiques diffèrent souvent selon les spécialités. Ainsi celles d'un naturaliste botaniste ressemblent assez peu à celles d'un ingénieur construisant un pont. De plus, un géologue ou un astronome n'ont, quant à eux, pas accès à une expérimentation au sens strict puisque les phénomènes qu'ils étudient ne peuvent pas être produits ou reproduits.

Présentons maintenant une autre perspective assez intéressante pour décrire des démarches scientifiques, bien que différemment du schéma OHÉRIC. Considérons par exemple un médecin qui reçoit un patient en période d'épidémie de grippe. Il a son idée en tête sur la maladie pratiquement dès le début (et c'est peut-être même le patient qui, spontanément, lui aura dit: "Docteur, je crois que j'ai une grippe !"). Pourtant, certains symptômes lui paraissent étranges. Cela l'étonne : son modèle théorique a comme des ratés(6). Ébranlé, il est conduit à mettre en doute son diagnostic et à en inventer un autre... qu'il utilisera jusqu'à ce que, suite à des "expériences" qu'il fait, ou à d'autres symptômes, il en arrive, de nouveau, à modifier sa description de la maladie. Le récit de sa démarche peut être sans doute décrit par un schéma du genre: "présupposés, expériences, doutes ou étonnement, élaboration d'une nouvelle représentation de la situation" (nous l'appellerons "schéma poppérien"(7)). Ce cycle peut ensuite recommencer. Dans ce récit, le point de départ n'est pas une

observation, mais la représentation théorique que le médecin avait. Alors que la description OHÉRIC est basée sur l'observation et l'affirmation de ce qui est observé, le modèle poppérien que nous venons de proposer parle de présupposés théoriques et de doutes. Dans le schéma OHÉRIC, on insiste sur la vérification ; dans le schéma poppérien, ce sont les problèmes et les étonnements que l'on a qui apparaissent comme le moteur des démarches scientifiques. OHÉRIC parle d'ailleurs plutôt de vérification d'hypothèses tandis que le schéma poppérien mentionne plutôt des tests destinés à ébranler les présupposés.

On peut conclure de ces réflexions qu'il convient de parler d'une diversité de démarches scientifiques et, a fortiori, de récits de démarches. Il y a, dès lors, un risque d'illusion, voire de duperie, à parler de LA méthode ou de LA démarche scientifique.

## **B. PARLER DE MÉTHODES SCIENTIFIQUES, C'EST CONSTITUER UNE DESCRIPTION, UN RÉCIT, OU ENCORE, DONNER DES CONSEILS**

Les méthodes des scientifiques sont racontées dans divers récits ou descriptions, souvent présentées sous l'intitulé de "démarches scientifiques". La description de la méthode qu'on affirme avoir suivi pour obtenir certains résultats est une construction de l'esprit ? une représentation - destinée à rendre compte des éléments qui nous paraissent les plus importants. C'est un récit, et, en tant que tel, c'est donc une sorte de mise en scène. Celle-ci est faite en fonction du contexte où l'on se trouve, des projets que l'on a et des destinataires auxquels on l'adresse(8). Et, lorsqu'il s'agit d'une description d'une démarche scientifique, on inclut pratiquement toujours des conseils implicites ou explicites : pour arriver à de bons résultats, voici comment il faut faire ! Les descriptions de méthodes scientifiques naviguent entre le descriptif et le normatif.

Il y a plusieurs manières de raconter (de mettre en scène) ce qu'un scientifique fait. Par exemple, selon que l'on présente les démarches comme celles d'une équipe ou d'un individu, on aura un récit différent de ce qui se passe. On pourra, ou non, inclure les structures organisationnelles d'une équipe de recherche dans le récit de la méthode. Ce qui est clair, en tout cas, c'est que ces structures organisationnelles font partie des moyens utilisés en vue d'obtenir le résultat de la recherche. Par ailleurs, il sera rare qu'on raconte, dans un "discours sur la méthode" la façon dont les chercheurs procèdent pour se détendre, après ou pendant leur travail intellectuel. Pourtant, là aussi, il s'agit d'une démarche de méthode. Bref, il n'y a donc pas seulement une diversité de démarches, mais bien une diversité de récits pour les mêmes démarches. Et chacun de ces récits peut avoir son intérêt et sa valeur, tout en mettant l'accent sur d'autres aspects. Il n'y a aucun récit qui dise "exactement ce qui s'est passé"(9).

Considérons le cas du diagnostic d'une "panne", par exemple celle provoquée par l'oubli de brancher la prise d'un appareil à l'alimentation électrique. Ce cas peut être décrit selon les schémas OHÉRIC ou poppérien.

Dans la perspective OHÉRIC, on dit que l'on observe l'appareil et qu'on voit qu'il ne marche pas. On émet l'hypothèse que c'est dû au manque d'alimentation électrique. On expérimente en regardant si, après avoir raccordé la prise, cela marche. On obtient comme résultat, par exemple, que l'appareil fonctionne. On l'interprète en disant que le courant est passé. Et on conclut en disant que la panne venait du non branchement de la prise. Le schéma OHÉRIC (Observation, Hypothèse, Expérimentation, Résultats, Interprétation, Conclusion) permet de structurer le récit selon l'angle de vue qu'il propose.

Dans une structure poppérienne, le récit partirait d'un étonnement ou d'une attente frustrée. On avait dans la tête une représentation de la situation impliquant que l'appareil allait démarrer dès qu'on pousserait sur l'interrupteur. Cette vision théorique a été démentie. On a cherché une autre représentation de la situation (en partant des représentations théoriques — les idées — dont on dispose) et on a choisi celle selon laquelle ça marcherait si on raccordait la prise. Et cela a

fonctionné. On a donc gardé — au moins jusqu'à nouveau pépin — la représentation renouvelée. Si cela n'avait pas fonctionné, on serait reparti vers la situation d'étonnement et d'attente frustrée : la quête continuerait. Cette description-ci met en évidence le changement de représentation qu'on se donne de la situation suite à la frustration engendrée par la représentation précédente. Elle insiste sur la façon dont les problèmes rencontrés stimulent la progression de la pensée.

Certains trouveront que les deux descriptions sont équivalentes. Et selon bien des points de vue, elles le sont (comme le sont les verres dits à moitié pleins ou à moitié vides). Mais si on peut estimer que, jusqu'à un certain point, elles sont équivalentes, elles ne sont pourtant pas les mêmes (comme ce n'est pas non plus la même chose de s'entendre dire qu'un verre offert est à moitié vide ou à moitié plein). L'accent est disposé autrement dans les deux récits : ils véhiculent des visions, des approches, voire des idéologies différentes. Dans le premier, apparaît plutôt l'image d'un scientifique neutre; dans le second, celle d'un scientifique qui a des sentiments et qui agit. OHÉRIC semble aussi donner peu d'importance aux "préconceptions" que les scientifiques ont dans la tête en abordant des problèmes; le schéma poppérien, au contraire, leur donne beaucoup d'importance. On pourrait également développer dans ces deux perspectives le récit de la construction d'un diagnostic médical.

### C. LES LIMITES D'OHÉRIC

Ce qui précède indique déjà en grande partie pourquoi beaucoup d'épistémologues et de didacticiens des sciences estiment que la description des démarches scientifiques à travers le schéma OHÉRIC pose problème (en tout cas quand on le décrit comme LE schéma représentant les démarches scientifiques). On peut résumer les reproches faits à cette perspective en trois points :

- Le schéma OHÉRIC semble dire que tout commence avec l'observation. Or, l'observation n'est pas un phénomène passif. On observe une situation avec des idées en tête — des présupposés. Ces présupposés sont souvent implicites et inconscients, mais ils sont à l'œuvre. Dans un cours d'arts plastiques, par exemple, on observera l'environnement autrement que dans un cours de biologie ou de géologie. De même, l'observation d'un appareil ménager n'est pas neutre : elle part aussi des présupposés que l'on a. Plus fondamentalement, toute perception des sens est une structuration par notre corps (et notre cerveau en particulier). Ainsi, on ne perçoit jamais le monde "en lui-même", mais toujours le monde tel que le perçoivent notre corps (ce qu'on appelle "nos sens") et nos structures mentales.  
On pourrait donc déjà changer la représentation OHÉRIC en POHÉRIC : Présupposés ou perspectives, Observation, Hypothèse, Expérimentation, Résultats, Interprétation, Conclusion. Un tel schéma permettrait aux élèves d'être davantage conscients de ce que leur observation est toujours orientée par les présupposés qui les habitent. On pourrait aussi proposer un schéma PÉOHERIC: Présupposés ou perspective, Étonnement, Observation, Hypothèse, Essai, Résultats, Interprétation, Conclusion. Chacun de ces schémas mettant en évidence des choses un peu différentes.
- Le schéma OHÉRIC pose problème dans le cas de l'hypothèse. Il suppose que le chercheur, face à un phénomène, va émettre l'hypothèse "c'est cela" ; un peu comme un détective lancerait son hypothèse quant à l'identité d'un coupable d'un crime. Il ne lui resterait alors qu'à la vérifier par des expériences, la réponse étant "c'est juste" ou "c'est faux". Une telle perspective minimise le travail d'imagination et de créativité qui conduit à modéliser une situation : "il serait intéressant de se la représenter de telle ou telle façon". On retrouve d'ailleurs le même travail imaginatif chez un détective : il ne lance pas une hypothèse quant au nom du coupable mais il construit un scénario, une mise en scène, une représentation des événements. La représentation choisie ne sera jamais adéquate que jusqu'à un certain point. Elle sélectionnera toujours ce qui paraît le plus important ou le plus significatif. Et finalement il ne s'agit pas de dire si le scénario ? ou le modèle hypothétique - est vrai ou faux, mais plutôt de se risquer à dire jusqu'à quel point il est adéquat ou fiable.
- Enfin, OHÉRIC est le plus souvent accompagné par l'expression "vérifier l'hypothèse". Or, quel que soit le nombre d'expériences qui confortent le modèle qu'on envisage, on ne pourra

pas en conclure qu'il est correct (ou qu'une représentation est "vraie"). On pourra seulement dire qu'il est fiable puisque éprouvé tant de fois avec succès. Ainsi, même si on a rencontré des milliers de corbeaux noirs, cela ne signifie pas que la loi "les corbeaux sont noirs" soit correcte. Il suffira de rencontrer un corbeau blanc pour l'infirmer (à moins qu'on ne la sauve en décrétant que ces corbeaux blancs ne sont pas de "vrais" corbeaux). Les discours de "vérifications d'hypothèse" par des expériences rendent parfois certains épistémologues nerveux : ils préféreraient parfois qu'on parle de tests de la fiabilité des modèles.

#### **D. OHÉRIC VS POPPER, OU COMMENT PARLER DE LA DYNAMIQUE DU DÉVELOPPEMENT SCIENTIFIQUE ?**

Souvent, on rattache le schéma de narration OHÉRIC à un médecin-expérimentateur du siècle passé, Claude Bernard(10). Dans ce schéma, le moteur du développement scientifique, c'est l'observation et la vérification des hypothèses par des expériences. Aujourd'hui, on oppose parfois à OHÉRIC le schéma de narration attribué au philosophe Karl Popper. Pour celui-ci, la dynamique des progrès scientifiques est liée au remplacement d'une représentation théorique d'une situation par une autre. Dans cette perspective on dira que Christophe Colomb avait une représentation selon laquelle il était en train d'aborder l'Inde ou le Japon. Et puis, suite à toute une série de problèmes, cette représentation a été abandonnée, pour être remplacée par une autre selon laquelle l'Amérique était un nouveau continent, jusqu'alors inconnu. Dans le tableau suivant, nous reprenons les principales différences entre ces deux démarches.

	<b>SCHÉMA OHÉRIC</b>	<b>SCHÉMA "POPPÉRIEN"</b>
Le moteur du développement scientifique	c'est l'observation et la vérification d'hypothèses par des expériences.	c'est l'insatisfaction qui nous pousse à remplacer le modèle "défaillant" par un autre plus satisfaisant
L'utilité des expériences scientifiques	elles servent essentiellement à la vérification des connaissances	elles servent davantage à chercher les limites de nos connaissances, à les déstabiliser et à "essayer" du neuf
Les tests théoriques (où on confronte ses modèles avec les résultats scientifiques actuellement acceptés)	Ils ne sont guère mentionnés dans OHÉRIC.	Ils sont source d'insatisfaction quant à nos modèles théoriques et poussent ainsi, comme les tests expérimentaux, à l'inventivité.
L'expérience scientifique	elle permet de valider l'hypothèse émise	elle sert plus à tester les limites d'une représentation ou à "essayer"
D'où viennent les lois scientifiques ?	on tend à croire que, d'une série d'observations ou d'expériences, découle la loi qu'on induit. (démarche inductive).	on considère la loi comme un modèle qui représente avec plus ou moins de succès une situation, mais toujours avec des limites. Les

	<p>Les observations ou les expériences révèlent en quelque sorte la loi.</p> <p>Par exemple : suite à une série d'observations, on conclura à l'existence de la loi du ressort et à celle d'une force de rappel.</p>	<p>lois et les modèles résultent d'une inventivité théorique.</p> <p>Par exemple, le modèle "loi du ressort et force de rappel" a été inventé et standardisé par la communauté scientifique car il permettait de bien gérer une série de situations.</p> <p>Les modèles scientifiques sont des constructions humaines (des artefacts).</p>
Les représentations spontanées des élèves(11)	elles sont souvent négligées. On tend à faire croire que les élèves changeront de représentation suite à des nombreuses observations ou à des expériences (qui fournissent des "preuves")	Elles sont le point de départ de l'apprentissage. C'est leur déstabilisation qui rend les élèves prêts à accepter des modèles parfois plus appropriés tels que les modèles scientifiques.
L'apprentissage	C'est surtout en regardant qu'on apprend.	C'est par nos limites ou erreurs qu'on apprend.
La vision du scientifique	Il apparaît comme quelqu'un de neutre. On minimise assez fort le travail d'imagination et de créativité lié à la profession scientifique.	Il apparaît plus comme un être humain qui a des sentiments et qui agit. On insiste sur le travail d'imagination et de créativité.

Chaque perspective introduit sûrement sa part d'intelligibilité, mais le simple regard ou la simple observation ne conduit pas au développement de modèles théoriques. On peut regarder très attentivement un feu de bois pendant des heures, sans pour cela construire un modèle de la combustion. Popper a sans doute raison de prétendre que c'est notre frustration par rapport à nos représentations d'une situation qui nous conduit à prendre le risque d'en inventer de nouvelles. OHÉRIC insiste sur l'intérêt de l'observation, quitte à minimiser l'apport des présupposés théoriques et des grilles de lecture dans les processus d'observation. Mais on semble y oublier qu'on ne part pas de zéro pour observer, mais bien avec une histoire et donc des grilles de lecture "spontanées" ou apprises (comme les façons d'observer à la manière du biologiste ou du physicien). Le schéma poppérien est probablement plus adéquat pour analyser la dynamique même du développement scientifique des savoirs.

Le schéma de Popper correspond par ailleurs assez bien aux démarches d'apprentissage, comme la didactique contemporaine les envisage. Selon celle-ci, les élèves viennent en effet en classe avec une

certaine idée du monde: leurs représentations spontanées (par exemple, que les objets tombent parce qu'ils sont poussés par l'air). La démarche didactique conduira à déstabiliser ces représentations pour que les élèves soient prêts à accepter que - au moins dans certaines situations - les modèles scientifiques sont plus appropriés. De cette déstabilisation des représentations spontanées des élèves, OHÉRIC a peu à dire. Dans cette dernière perspective, on tend plutôt à faire croire que ce sera suite à des observations ou à des expériences (appelées "preuves") que les élèves changeront de représentation. Mais les didacticiens font remarquer que, faute d'avoir fait sentir aux élèves que leurs représentations spontanées avaient de sérieuses limites, ceux-ci y retourneront immédiatement après la classe. Les "preuves" à la OHÉRIC, qui négligent les préconceptions, ne convainquent finalement que fort peu.

La différence entre la logique poppérienne et la logique OHÉRIC est bien illustrée par les cartes routières. Les observations, aussi nombreuses soient elles, ne fourniront jamais la manière de construire une carte. Celle-ci relève de l'ordre de l'invention et les techniques cartographiques sont des technologies de la représentation. Il y a une infinité de cartes possibles, mais toutes ne sont pas équivalentes. D'ailleurs les limites des représentations cartographiques conduiront à en inventer de nouvelles. On est en pleine perspective poppérienne. Selon le schéma OHÉRIC, au contraire, on prétendra que la carte est induite des observations, c'est-à-dire que de nombreuses observations conduiront nécessairement à présenter une carte précise(12).

Notons enfin qu'aucun des deux schémas ne rend fort compte d'un processus central de la construction des sciences : la standardisation des savoirs. En effet, le développement des sciences ne consiste pas seulement en l'invention de modèles adéquats : il produit des connaissances standardisées. Cela signifie que, parmi la diversité de mises en scène appropriée du monde, certaines se dégagent et sont standardisées dans la communauté scientifique. Ce sont celles qui sont enseignées comme "résultats scientifiques". Ici encore, la comparaison avec les cartes peut être utile. Ces dernières ne sont pas seulement des représentations adéquates du monde (il y en a d'ailleurs une infinité). Ce sont des représentations qui, pour de multiples raisons, ont été retenues dans un processus de standardisation.

Finalement, comment va-t-on, dans l'enseignement, arriver à tenir compte de la diversité des démarches scientifiques et à apprendre aux élèves comment les savoirs se développent ?

## **2. Deux axes pour enseigner les démarches scientifiques**

D'un côté, la piste qui consiste à prétendre dire aux élèves ce qu'est LA démarche scientifique nous paraît inadéquate. D'un autre côté, produire une liste des diverses démarches (depuis celles du botaniste à celles du physicien théoricien) serait sans aucun doute lourd, fastidieux et peu productif. Il existe pourtant deux démarches intéressantes que l'on pourrait mettre en évidence : l'abstraction modélisante, d'une part, et, d'autre part, la pratique de tester les théories, lois et modèles scientifiques. On peut d'ailleurs se demander si, historiquement, elles ne sont pas assez caractéristiques du succès des sciences, et si, pratiquement, il n'est pas important de les faire connaître et pratiquer par les élèves. Elles mériteraient donc d'être enseignées de façon à pouvoir être mises en œuvre. Il faudra sans doute y ajouter un enseignement de leurs processus de sorte que les élèves en aient aussi une "métacognition" critique (une connaissance seconde) leur permettant d'y réfléchir et d'en discuter.

### **A. L'ABSTRACTION SCIENTIFIQUE OU MODÉLISATION**

Une des caractéristiques de la pensée scientifique est qu'elle emploie l'abstraction et la modélisation. Un physicien, un biologiste, un médecin ou un ingénieur mettent en œuvre la capacité de se donner une représentation mentale objectivée de la situation qu'ils étudient. En d'autres mots, contrairement à ceux qui contemplant un feu de bois, les scientifiques ne se laissent pas immerger par le monde qui les entoure : ils opèrent des sélections pour se le représenter. L'approche

scientifique se distingue aussi de celle d'un bricoleur qui pourrait construire un objet sans s'en donner un plan. Elle se construit des modèles du monde dans lequel nous vivons. Modéliser, conceptualiser, se représenter, théoriser, trouver une loi d'un phénomène et abstraire sont un ensemble de termes qui parlent de la construction d'une image, d'un schéma, de phrases, de symboles, d'équations, etc., capables de tenir la place d'un réel complexe lors d'une discussion ou de la planification d'une action. Un peu comme une carte routière tient la place du terrain, le schéma d'un appareil tient celle de l'appareil, ou l'équation de la chute d'un corps la place de cette dernière.

Donc, le modèle n'est ni la réalité, ni son reflet, il en est une représentation, c'est-à-dire qu'il en tient la place dans certaines circonstances. Ainsi, dire d'un tissu biologique qu'il est formé de cellules, c'est affirmer que, dans certains contextes, on peut discuter de ce tissu en parlant des cellules et en négligeant toute une série de ses particularités. Ou, dire que les lois de Mendel s'appliquent à certains traits physiques hérités, c'est dire qu'on peut discuter de ceux-ci en se référant à ces lois, sans avoir à examiner chacun des cas particuliers. Exactement comme il est possible de discuter des performances attendues d'un moteur de voiture en partant d'un bon plan, sans avoir à le faire fonctionner (même si, pour s'assurer que le plan est fiable, il faudra le tester !).

La différence entre une approche utilisant ce type d'abstractions que sont les modèles et une autre approche plus banale peut s'observer à travers la façon dont on aborde la programmation d'un appareil vidéo. Dans une perspective spontanée, la personne procédera par essai et erreur, un peu par réflexe. Elle aura alors bien souvent de la peine à dire à un autre comment elle agit. Une personne fonctionnant selon une perspective scientifique se construira un schéma mettant en scène le fonctionnement de l'appareil. Cela lui permettra d'expliquer sans trop de difficultés comment procéder : on raisonnera et discutera en partant du modèle.

Enseigner la pratique de modélisation et d'abstraction consistera à amener l'élève à utiliser consciemment des modèles pour expliquer ce qu'il ou elle fait. Un bon indicateur de ce que l'élève a acquis ce niveau d'abstraction sera, par exemple, sa capacité d'utiliser une carte routière pour discuter d'un itinéraire. Un contre exemple sera celui d'un élève pour qui chaque itinéraire est une série de prescriptions : "on passe par tel village, puis on prend telle route, ensuite on tourne à droite, etc.". Un autre indicateur sera que l'élève est capable d'utiliser un modèle scientifique pour discuter d'une situation : par exemple, des lois de Mendel pour examiner l'hérédité de certains traits. Ou encore, il sera capable de connaître les caractéristiques d'un système d'eau chaude (boiler ou chauffe-eau) en partant de leurs représentations. Cela suppose une métacognition du modèle et, peut-être aussi, une mise à l'épreuve de sa limite. Dans ce but, il faudra confronter les élèves, d'une part avec des situations où ils s'essouffent et cafouillent et, d'autre part, avec des modèles plus puissants ou différents que leurs représentations spontanées.

On peut considérer que l'enseignement de l'abstraction scientifique ou de la modélisation poursuivra un double objectif : d'une part, celui d'être capable d'utiliser les modèles qu'on se construit soi-même ou ceux que d'autres ont élaborés et, d'autre part, savoir ce qu'est une représentation abstraite. Il s'agit, par une suite de pratiques, de convaincre l'élève que, dans certains cas, il est plus pratique de travailler sur une représentation que d'aller sur le terrain<sup>(13)</sup>. La carte routière est sans doute un des meilleurs exemples qui puisse être utilisé dans ce sens. Elle permet également assez bien de faire prendre conscience (métacognition) que le modèle ou la représentation tient la place d'une réalité plus complexe.

Dans l'apprentissage des sciences, il s'agira de faire saisir à l'élève l'intérêt qu'il y a souvent à utiliser les modèles standardisés par les communautés scientifiques. Et ce, parce qu'ils sont généralement très performants et que, en plus, leur standardisation permet une communication beaucoup plus large.

## **B. APPRENDRE À TESTER LES MODÈLES**



En partant encore de l'exemple de la cartographie, il est facile de montrer ce que signifie "tester un modèle". D'abord, il est aisé de montrer que, pour un terrain, il y a une multitude de cartes possibles. Pour construire une carte — comme pour construire des modèles scientifiques — des choix sont nécessaires et plusieurs d'entre eux sont valables. Mais toutes les cartes construites ne seront pas équivalentes. De la même façon, les modèles scientifiques ne sont pas équivalents. Si on les pousse à fond, ils révéleront tous des limites, mais certaines sont plus gênantes que d'autres. Ainsi, le modèle du ressort avec une force de rappel proportionnelle au déplacement ne vaut que dans un champ déterminé et seulement à condition de ne pas pousser les mesures trop loin. Pourtant, dans la pratique, la loi du ressort est bien utile et fiable. D'une manière générale, l'utilité (la pertinence) d'un modèle dépend du projet que l'on a et du contexte dans lequel on se trouve. Sa fiabilité peut être éprouvée (mais non prouvée) via divers tests (qui fonctionnent comme indicateurs de cette fiabilité). Ainsi, pour tester expérimentalement une carte routière, il suffit d'aller voir sur le terrain si on trouve effectivement un chemin là où la carte l'indique. Après plusieurs tests positifs, on estimera que le modèle est effectivement fiable et bien éprouvé. Dans le langage courant, on tendra à dire qu'on a "prouvé" que la carte est "correcte", c'est-à-dire cohérente par rapport à ses conventions.

Les tests expérimentaux sont importants dans la pratique scientifique. Il ne s'agit cependant pas de négliger l'existence de tests ou de confrontations théoriques pour lesquels on peut se dispenser d'aller sur le terrain. Ainsi, dans le cas d'une carte géographique, on jugera qu'elle est incorrecte si elle est, comme on dit dans le langage courant, invraisemblable. Par exemple, si elle indique une route qui traverse une falaise abrupte sans indiquer de pont ni de tunnel. Donc, un test théorique confronte un modèle avec un autre qu'on estime particulièrement fiable. Dans le cas qu'on vient de considérer, une route qui traverserait ainsi une falaise irait à l'encontre de tous les modèles que nous avons pour ce genre de situation. Un autre cas classique de test théorique est celui lié à la vitesse de la lumière, en physique : un modèle qui prétendrait qu'un objet se déplace plus vite que celle-ci ne passerait pas l'épreuve. De même, en histoire, un modèle qui impliquerait l'existence d'un moulin à vent au premier siècle échouerait aussi à un test théorique parce que les historiens pensent que cette technologie est apparue bien plus tard. Dans la pratique et dans notre monde technologique les tests théoriques sont très utiles.

Enseigner à tester des modèles, c'est par conséquent apprendre à utiliser ces deux types d'épreuves : expérimentales et théoriques. D'un côté, il s'agit d'une pratique d'essais concrets, de l'autre, on se réfère à des modèles qu'on estime particulièrement fiables. Une certaine "métaconnaissance" par rapport à ces tests est aussi intéressante à promouvoir, même et surtout, dans des pratiques de la vie courante. Par exemple, mettre sa main dans une baignoire pour vérifier si l'eau est chaude, c'est pratiquer un test expérimental. Mais c'est par un test théorique qu'on ne croira pas celui qui prétend avoir parcouru quarante kilomètres à pieds en une heure.

Ces pratiques peuvent néanmoins conduire à trois types d'écueils, au moins, qui méritent d'être signalés :

- L'ambiguïté de l'utilisation du terme "preuve". Si les tests "éprouvent" la fiabilité d'un modèle, ils ne peuvent jamais prétendre montrer sa pertinence d'une manière absolue — même si, dans certains cas, ils peuvent entraîner une conviction pratiquement totale. En sciences, on ne dispose d'aucune preuve absolue. Il faudrait donc éviter de faire croire que parce qu'un modèle rend bien compte d'une série de "faits" empiriques, il est le seul capable de le faire. Il existe toujours une multitude de modèles permettant de rendre compte de ces "faits" (pensons, par exemple, aux multiples manières de modéliser la digestion).
- La tendance répandue de ne valoriser que le test expérimental. Cette propension est compréhensible car il est clair que donner de l'importance à l'essai et à l'épreuve expérimentale fut une des inventions capitales des sciences modernes(14). Dans un monde plein de préjugés, d'obscurantisme et d'autoritarisme, cela avait du sens de valoriser l'expérience comme "juge" normalement ultime d'une controverse. Cela dit, le test théorique est aussi très important car c'est grâce à lui qu'on rejette un bon nombre de modèles non plausibles — comme chaque fois

que, dans la vie quotidienne, on rejette un récit comme invraisemblable. Il importe de bien expliquer aux élèves l'intérêt de ce genre de tests théoriques, tout en soulignant qu'il peut arriver que ce que nos théories estimaient impossible s'avère praticable ! C'est aussi un apport des sciences modernes de tenir compte de la précarité de toute tentative théorique.

- La manière d'enseigner des démarches expérimentales. Les communautés scientifiques ont développé des procédures souvent très sophistiquées pour contrôler divers aspects d'une expérience: protocole précis, séparation des facteurs et des variables, planification détaillée, etc. Cela conduit beaucoup à croire que toute expérience scientifique devrait procéder de la sorte pour "vérifier" une hypothèse. Mais si tous ces éléments sont souvent importants, ils risquent de masquer ce qui l'est parfois encore plus : à savoir les essais et les tentatives que représentent l'expérience. La formalisation des procédures expérimentales ne devrait pas masquer que, "faire un essai" pour voir comment cela marche, c'est aussi une expérience scientifique. Expérimenter, c'est oser tester, faire des tentatives et, même, prendre des risques ... même si ceux-ci devraient être bien mesurés. Il y a des moments où il est intéressant d'être très précis dans l'organisation d'une expérience; il en est d'autres où il est plus adéquat de tester globalement et d'essayer. Si donc la formalisation et la rigueur des processus expérimentaux doivent être valorisées, ce ne peut être au détriment de l'essai ? peut-être peu rigoureux, selon certains critères, mais combien fécond.

Enfin, il importe également de bien savoir et d'enseigner aux élèves qu'un modèle est toujours limité : il peut être fiable dans un contexte et ne pas l'être dans un autre. Par exemple, une carte routière bien appropriée pour les voitures peut l'être beaucoup moins pour des cavaliers. De même, les lois de la physique newtonienne ne sont adéquates que tant que les vitesses impliquées n'approchent pas de celle de la lumière.

### 3. Conclusions

L'apprentissage aux démarches scientifiques ne doit pas renvoyer à une normativité paralysante qui mettrait les sciences sur un piédestal très éloigné de la vie courante. Ce n'est pas non plus entrer dans des procédures rigides, qui font craindre qu'on ne les mène pas correctement. Au contraire, il s'agit de valoriser l'utilité de ces démarches dans la vie quotidienne.

Ainsi, modéliser n'est pas une activité compliquée, hors de portée des élèves moyens. C'est au contraire quelque chose que nous faisons très souvent. En fait, nous modélisons chaque fois que nous disons à propos d'un appareil ou d'un objet qu'il consiste en ceci ou cela. Ou encore lorsque nous disons : "Ça, c'est grosso modo telle ou telle chose". Par exemple, quand nous disons que des lunettes, c'est quelque chose qui se pose sur le nez, avec des lentilles pour améliorer la vue : nous en construisons un modèle. Qu'il s'agisse du modèle scientifique du fonctionnement des lentilles ou de celui qui vient d'être donné à propos des lunettes, on peut parler de "modèle" puisque tous deux sont des représentations, mises en scène et simplifications du "réel". Mais leur degré de complexité diffère. Chaque fois que nous expliquons à quelqu'un une situation ou un appareil, nous en faisons un modèle — plus ou moins adapté à nos projets et à ceux de notre interlocuteur. Modéliser, cela s'enracine dans la pratique quotidienne. Mais savoir qu'on le fait, savoir que l'on se re-présente une situation, c'est ouvrir la porte à une créativité intellectuelle car on peut commencer à se percevoir comme le créateur de ces représentations et l'on devient capable de présenter les choses à nouveau. C'est aussi améliorer ses possibilités de communication.

Pareillement, faire des expériences, c'est d'abord essayer, pour voir comment cela va marcher, et non, nécessairement, se lancer dans des protocoles effrayants. C'est tester des idées que l'on avait sur la question, c'est-à-dire des modèles. Là encore, se lancer dans des pratiques scientifiques, c'est percevoir à quel point, quand on essaie — c'est-à-dire quand on ose essayer —, on apprend beaucoup. Finalement, lorsqu'on aborde avec les élèves les pratiques expérimentales ou les tests théoriques, on enseigne à oser risquer la confrontation entre les idées qu'on avait et ce qui se passe (15). Pour cela il faut essayer... et surtout oser.

C'est sans doute pour cela que les sciences, c'est éducatif...

---

## **APPENDICE: Savoirs et compétences en matière de méthodologie scientifique**

Les méthodes des scientifiques sont racontées dans divers récits ou descriptions sous l'intitulé de "démarches scientifiques". La formation aux pratiques scientifiques serait de permettre aux élèves d'utiliser une série d'entre elles, dont :

- le raisonnement logique et l'art de l'argumentation;
- l'abstraction et la créativité nécessaires à la construction, l'utilisation et l'adaptation des lois, des modèles, des concepts, des représentations, des hypothèses, des schémas, des graphiques, etc.;
- la démarche scientifique expérimentale par laquelle on teste par des expériences des lois, des hypothèses, des modèles, etc.;
- la démarche scientifique théorique par laquelle on teste la plausibilité des modèles scientifiques en les confrontant à d'autres représentations théoriques qui paraissent plus "solides".
- la démarche par laquelle, suite à des tests expérimentaux ou à des confrontations avec des théories établies, on améliore, adapte ou modifie, voire met au rancart, les modèles qu'on utilisait;
- la rigueur qui conduit à expliciter, dans la mesure du possible, les objectifs poursuivis et les critères mis en oeuvre lors d'observations, de classements, de résumés ou de synthèses scientifiques;
- la rigueur conduisant à employer des procédures ou des langages convenus et/ou standards;
- la rigueur qui conduit à exiger un niveau de précision et de connaissances lié aux contextes et projets concernés;
- la rigueur permettant de distinguer le "scientifique" de l'"éthique", et l'"abstraction scientifique" (qui généralise) de la "complexité technologique" (qui est toujours unique);
- les tests en laboratoires qui utilisent des situations protégées pour tester des savoirs ou des technologies en vue de les utiliser sur le terrain;
- l'analyse permettant de discerner les éclairages apportés par des observations ou des résultats scientifiques à la pratique quotidienne ou à la construction de technologies.
- la "preuve" qui, en sciences, ne consiste pas à démontrer une fois pour toutes une loi, un modèle ou une théorie, mais à mettre à l'épreuve, grâce à divers tests, leur fiabilité, au moins dans certains contextes;
- les démarches inductives consistant à partir "du terrain" lors de la construction des hypothèses ou des modèles à tester;
- les démarches déductives consistant à partir de modèles ou de théories admises pour en explorer les conséquences;
- la division des savoirs en disciplines standardisées qui se représentent chacune le monde selon un biais spécifique;
- la consultation de spécialistes et/ou d'articles;
- les démarches interdisciplinaires conduisant à construire des représentations globales de situations individuelles ou sociales en utilisant les résultats de diverses disciplines;
- les démarches des médecins ou des technologues se construisant des modèles simples mais appropriés pour se représenter une situation dans un contexte donné;
- les démarches de transfert et/ou de traduction de modèles ou de modes de pensée d'un contexte à un autre;
- l'organisation du travail et de la communication en équipe, qui conduit à une efficacité globale.

---

**Notes**

(1) Cellule EMSTES (Enseignement des Mathématiques, Sciences, Technologies, Ethiques et Sociétés), Département Sciences, Philosophies, Sociétés  
Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix  
B-5000 Namur , BELGIQUE

e-mail : [gerard.fourez@fundp.ac.be](mailto:gerard.fourez@fundp.ac.be) ; [veronique.englebert@fundp.ac.be](mailto:veronique.englebert@fundp.ac.be)

Ce travail a été mené, en partie, pour le compte du Ministère de la Communauté Française de Belgique, Département de l'Éducation, de la Recherche et de la Formation - Direction de la Recherche en Education (recherche en éducation n° 40/97 : Les compétences terminales, dans l'enseignement secondaire général, relatives à la construction des savoirs et celles liées à la gestion des technologies).

[Retour au texte](#)

(2) Cet article se base sur une vision socio-constructiviste de l'épistémologie des sciences. Une telle vision ? à distinguer du socio-constructivisme des didacticiens - considère les pratiques scientifiques comme la construction, par la communauté scientifique, de modèles éprouvés, fiables et socialisés, pour nous représenter notre situation et nos possibilités et pour communiquer à leur propos. Cet article, destiné aux enseignants de terrain, évitera de développer les discussions épistémologiques qu'il pourrait soulever. À ce sujet, cf. par exemple : G. Fourez, La construction des sciences, les logiques des inventions scientifiques, De Boeck, Bruxelles, 3e éd., 1996 ; ou : A.F. Chalmers, Qu'est-ce que la science, La découverte, Paris, 1987 ; ou G. Fourez, V. Englebert-Lecomte & Ph. Mathy, Nos savoirs sur nos savoirs, un lexique épistémologique, De Boeck, Bruxelles, 1997 ; ou : I. Stengers, L'invention des sciences modernes, Ed., La Découverte, Paris, 1993 ; ou : B. Latour, La science en Action, Ed. La découverte, Paris, 1989.

[Retour au texte](#)

(3) Voir l'article de Christian SOUCHON, "La science sous nos yeux: Ohéric répond toujours" in Courrier du CETHES, n° 8, décembre 1989, pp. 21-27.

[Retour au texte](#)

(4) Nous appellerons "représentation " une image, un discours, des structures mathématiques, des graphiques, des maquettes, etc., qui peuvent, dans les réflexions et les discussions des acteurs sociaux, tenir la place de la complexité du monde. Un exemple typique est la carte routière qui représente le terrain. Dans ce sens, une représentation n'est pas une image ou un reflet du monde mais la structure construite qui peut en prendre la place, le "mettre en scène", le représenter (comme un député représente le peuple).

[Retour au texte](#)

(5) Op. cit.

[Retour au texte](#)

(6) Cet étonnement est le choc éprouvé quand ce qui se passe ne correspond plus à ce qu'on attendait (selon le modèle théorique implicitement utilisé).

[Retour au texte](#)

(7) Du nom du philosophe Karl Popper. Celui-ci estime que la logique de la découverte scientifique est basée sur les tests qui conduisent à infirmer la pertinence de certains modèles théoriques, plus que sur une démarche inductive. Pour Popper, ce sont les limites de nos modèles inadéquats qui nous conduisent à en inventer d'autres.

[Retour au texte](#)

(8) Il est, par exemple, bien connu que lorsqu'un scientifique raconte, dans un article, la manière dont il a procédé, cette relation est un récit partiel biaisé de ses démarches concrètes. Un des exemples les plus connus de ce "genre littéraire" est le récit, par Millikan, des expériences l'ayant conduit à la détermination de la charge de l'électron. Il avait soigneusement évité de mentionner toutes les expériences qu'il avait mis au rebut car, selon lui, elles avaient mal tourné.

[Retour au texte](#)

(9) On peut d'ailleurs estimer que, dans le cadre d'une description, le "exactement ce qui s'est passé" est une entité mythique, une image régulatrice, un peu à la manière de la "chose en soi" de Kant.

[Retour au texte](#)

(10) Mais le discours de Claude Bernard (auteur de Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, Paris, Delagrave, 1865) était plus nuancé que OHÉRIC.

[Retour au texte](#)

(11) Les représentations dites "spontanées" ne sont évidemment pas aussi spontanées que cela: elle sont le résultat d'une histoire (psycho-biologique et culturelle) et des conditionnements (auxquels elle a été soumise).

[Retour au texte](#)

(12) Ce qui n'est vrai que si la technique cartographique a été inventée par ailleurs; et même dans ce cas l'application de cette technique demandera des interprétations et ne sera pas automatique.

[Retour au texte](#)

(13) Par exemple, qu'il est des cas où il est plus pratique de modéliser la façon dont fonctionne un appareil vidéo que de travailler uniquement empiriquement.

[Retour au texte](#)

(14) C'est d'ailleurs cette valorisation de la confrontation à l'expérience qui a conduit à qualifier les sciences modernes de "expérimentales". Cependant quand cela conduit à survaloriser l'expérience et à négliger la dimension théorique des sciences, ce type de discours devient fort idéologique.

[Retour au texte](#)

(15) "Ce qui se passe" ! D'autres diront "les faits", d'autres "le réel". On est à la recherche de mots car dès qu'on se met à parler, on interprète et ce qu'on nomme parfois le "fait brut" ou le "réel" est déjà une interprétation et le résultat d'une certaine modélisation. Reste que la plupart sont d'accord pour parler de la résistance du monde: toutes les interprétations ne se valent pas et c'est cette résistance des "choses", des "faits", du "réel" qui nous conduit à modifier nos modèles représentatifs.

[Retour au texte](#)

---

[Retour aux articles](#)

---

Pour contacter la cellule : [Gérard Fourez](#).

Ces pages ont été réalisées par [Jean-Paul Leonis](#).

Mise à jour: 15 juin 2000.