

LE RAISONNEMENT SCIENTIFIQUE : DES PRATIQUES DE RÉFÉRENCE AU SAVOIR CONSTRUIT PAR LES ÉLÈVES

Pierre Fillon

Ce numéro d'ASTER est centré sur le raisonnement scientifique. Plusieurs entrées sont possibles pour un tel sujet.

Si on se place au niveau des pratiques de référence, on peut distinguer deux approches différentes :

- le raisonnement scientifique tel que les chercheurs le mettent en œuvre dans leurs pratiques quotidiennes au laboratoire ;
- le raisonnement scientifique tel qu'il apparaît dans le discours scientifique (écrit ou oral) de ces mêmes chercheurs.

Pour éclairer ces deux approches, une étude épistémologique du raisonnement scientifique est nécessaire.

Mais comme cette revue traite de didactique des sciences, on peut se placer sur le plan de la **transposition didactique** de ce savoir de référence (on entend ici par savoir, les différents modes de raisonnement cités plus haut) vers le savoir à enseigner. Les deux domaines précédemment distingués gardant leur pertinence.

Enfin on peut se situer au niveau du **savoir enseigné et du savoir effectivement construit par les élèves**. À ce niveau d'analyse, trois aspects sont envisageables :

- l'étude des raisonnements spontanés des élèves ;
- l'étude des raisonnements mis en œuvre pendant les situations d'apprentissage ;
- l'étude des raisonnements utilisés dans les écrits demandés dans ces mêmes situations.

Les articles de ce numéro abordent plusieurs de ces points. Certains se situent prioritairement dans un domaine d'analyse tandis que d'autres sont souvent à l'intersection des pratiques de référence et du savoir enseigné dans les classes.

Du côté des pratiques de référence

Trois articles sont plus particulièrement centrés sur les pratiques de référence relatives au raisonnement scientifique. Ce sont ceux de G. Gohau, de A.-M. Hubat et J.-P. Gaudillère et enfin celui de J.-B. Grize.

G. Gohau, dans son article, analyse les différents modes de raisonnement utilisés en science (raisonnements inductif, déductif et hypothético-déductif) et cerne rapidement leurs limites respectives. Il en déduit que la science, dans son fonctionnement habituel, utilise un « inductivisme pratique » dans lequel les hypothèses corroborées sont considérées

une analyse des raisonnements des chercheurs

une transposition didactique

une étude des raisonnements enseignés et de ceux mis en œuvre par les élèves

un mode de raisonnement privilégié en science

nécessité de distinguer entre le raisonnement réel et celui des discours des chercheurs

apprendre à reconnaître les dispositifs argumentatifs et langagiers pour mieux cerner les enjeux des discours scientifiques

un discours scientifique est une reconstruction a posteriori

un discours scientifique est une mise en forme d'un raisonnement qui est orienté vers un auditeur déterminé

comme vérifiées provisoirement. L'auteur se démarque des thèses de Kuhn et présente en les valorisant les phases du développement de la science entre les révolutions scientifiques. Par ailleurs, en critiquant les travaux de Popper, sur le déductivisme, l'auteur est amené à distinguer le raisonnement réel du chercheur et la reconstruction logique à des fins d'exposition. En effet, la prétendue logique de la découverte scientifique n'est, pour G. Gohau, qu'une reconstruction a posteriori et qui n'est logique que dans la mesure où elle se fait sur ce qui est su. Ce point sera repris dans plusieurs articles notamment celui de A.-M. Hubat et J.-P. Gaudillère et celui de J.-B. Grize pour les pratiques de référence et ceux d'Anne Vérin et A. Dumas-Carré, M. Goffard, D. Gil pour ce qui est du savoir à enseigner. Pour terminer, l'auteur propose, lors de l'apprentissage du raisonnement scientifique, une limitation de l'initiative des élèves accompagnée d'un guidage plus serré de ces derniers.

A.-M. Hubat et J.-P. Gaudillère se placent par contre du côté de l'analyse des discours scientifiques. En partant du constat que les étudiants ont des difficultés à distinguer les différentes parties d'un discours (hypothèse, preuve, argumentation, démonstration), les auteurs examinent les articulations entre les enjeux et les dispositifs argumentatifs et langagiers qui le composent. Ils proposent d'engager les étudiants dans des activités d'analyse des contenus et dispositifs langagiers de plusieurs discours comme apprentissage de cette distinction. À titre d'exemple, ils proposent l'analyse, menée avec des étudiants, de deux recueils de textes correspondants à des controverses récentes (l'un sur la découverte du virus du sida, et l'autre sur la mémoire de l'eau). Ces deux recueils de textes permettent de montrer entre autres que le discours scientifique est une reconstruction a posteriori ; c'est un récit simplifié qui élimine tout ou partie des inconnues et des problèmes rencontrés au cours du travail de laboratoire effectif. Dans le premier texte, les arguments et les éléments démonstratifs peuvent s'imbriquer en effaçant les enjeux scientifiques. Dans le second l'argumentation peut faire intervenir des éléments extra-scientifiques dans le but de valider la qualité des travaux.

Pour J.-B. Grize un discours d'information correspond également à la « mise en forme d'un raisonnement » ; mais cette reconstruction est orientée d'un locuteur vers un auditeur déterminé. Dans son article, l'auteur analyse, en présentant des exemples, les différentes attitudes et méthodes que peut employer le producteur du discours pour qu'une communication (aussi univoque que possible) puisse s'établir avec l'auditeur. Le discours scientifique est caractérisé par l'emploi de langages spécifiques mêlés au langage naturel. J.-B. Grize fait remarquer la tendance qui conduit souvent à privilégier la cohésion sémantique du discours à la cohérence de l'information.

Du côté de l'apprentissage

Le point de vue de l'apprentissage de la démarche scientifique en classe est plus particulièrement abordé dans les articles de M.-G. Séré et de A. Dumas-Carré, M. Goffard et D. Gil ainsi que celui d'A. Vérin.

un conflit socio-cognitif peut aider à rendre un savoir procédural opératoire

un changement de modèle demande une réorganisation cognitive qui peut être catalysée par un conflit socio-cognitif

le problème traditionnel ne place pas l'élève en situation d'apprentissage du raisonnement scientifique

M.-G. Séré centre son article sur les aspects épistémologiques, cognitifs, psychologiques et sociaux de la mise en œuvre d'une pratique scientifique avec des élèves de collège dans le cadre d'activités de modélisation. À partir d'une première étude de cas portant sur l'apprentissage de la modélisation à propos des gaz, l'auteur analyse surtout les difficultés d'ordre psychologique rencontrées par un groupe d'élèves pour réaliser la rupture épistémologique qui consiste à passer de son propre modèle spontané à un modèle particulière proposé par le professeur. En particulier, M.-G. Séré montre que posséder un savoir procédural ne suffit pas pour le mettre en œuvre dans un raisonnement complexe et que l'implication dans un conflit est également nécessaire pour faire progresser les capacités cognitives. Cet aspect est repris dans la deuxième situation où des élèves doivent, avec l'aide du professeur, améliorer le modèle précédent pour élargir son champ d'investigation aux réactions chimiques. Dans cette partie, ce sont les caractéristiques et les conditions d'émergence du conflit socio-cognitif, moteur du changement de modèle, qui sont plus particulièrement analysées. La transformation du modèle nécessite de la part de l'élève une réorganisation cognitive qui laisse malgré tout un reliquat de conceptions préalables. Dans cette étude, M.-G. Séré égratigne «l'inductivisme naïf» latent dans l'enseignement secondaire en mettant en évidence que l'observation n'est jamais neutre et qu'elle est influencée par les schèmes de pensées présents à l'esprit.

Une autre manière de placer les élèves en situation d'apprentissage du raisonnement scientifique consiste à utiliser la résolution de problèmes. C'est l'approche qu'ont choisi A. Dumas-Carré, M. Goffard et D. Gil. Pour eux, le problème classique en sciences physiques, fermé, en partie modélisé, ne permet pas cet apprentissage. D'autre part, les solutions exposées par le professeur (le raisonnement y est reconstruit de façon linéaire dans une logique d'enchaînement des idées) incite l'élève à reproduire le schéma précédent dans une situation qu'il juge voisine sans mettre en œuvre une réelle démarche scientifique. Les auteurs partent donc du postulat que l'apprentissage du raisonnement scientifique ne peut se faire qu'à partir de problèmes ouverts, non modélisés et sans données numériques. Ce modèle d'apprentissage (1) est une transposition papier-

(1) André DUMAS-CARRÉ, Michel CAILLOT, Joaquin MARTINEZ TORREGROSSA, Daniel GIL "Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire : une tentative de synthèse", *Aster*, n° 8, 1989, pp. 135-160.

placer les élèves
devant des
problèmes
ouverts à l'image
du scientifique

les deux objectifs
divergents du
compte rendu en
science

deux sortes
d'écrit pour
favoriser
l'apprentissage
de
raisonnements
de natures
différentes

crayon des pratiques du chercheur. Dans l'article de ce numéro, les auteurs dégagent les difficultés, de tous ordres, rencontrées par les élèves dans ce type d'activités et émettent des hypothèses sur leurs origines. Enfin, ils proposent quelques solutions pour y remédier.

Dans l'enseignement secondaire, l'apprentissage du raisonnement scientifique passe aussi par l'intermédiaire de l'écrit au cours d'activités expérimentales. Cet écrit se résume bien souvent à un compte rendu d'expérience. Or celui-ci correspond à des objectifs divergents que doit gérer seul l'élève ; c'est un texte reconstruit dans une logique d'exposition, selon un modèle codé, des activités intellectuelles qui se sont déroulées selon une logique heuristique. A. Vérin analyse des dispositifs qui organisent un apprentissage différencié de ces deux modes de raisonnement en centrant les activités sur des types d'écrits différents. En s'appuyant sur des situations de classe, l'auteur met en évidence qu'en demandant aux élèves une production écrite avec formulation d'hypothèses et conception d'expériences on favorise la mise en œuvre de raisonnements heuristiques. Par contre, les raisonnements de type expositif sont induits par des productions de comptes rendus d'expériences. Le fait de favoriser l'un ou l'autre des types d'écrit, renvoie à des problèmes d'épistémologie scolaire. L'assimilation, dans l'enseignement, de la démarche de recherche à celle du discours scientifique se rattache aussi à ce qui précède.

Du côté des raisonnements spontanés

La construction de situations d'apprentissage du raisonnement scientifique nécessite une connaissance des raisonnements spontanés des élèves.

Deux articles traitent de ce point de vue : ce sont ceux de J.-L. Closset et de L. Viennot. Le premier compare les modes de raisonnement des étudiants dans deux domaines de la physique tandis que le deuxième s'intéresse à un type de raisonnement transversal à l'ensemble de la discipline.

Pour aider à la construction de concepts ou de modèles, il est souvent fait usage en science, de métaphores. C'est le cas en électricité où, pour rendre compte des différents phénomènes relatifs aux circuits électriques, l'analogie avec un circuit hydraulique est utilisée de façon quasi systématique. J.-L. Closset, dans son article, caractérise et compare les différents raisonnements spontanés utilisés par les étudiants dans ces deux domaines. Son étude montre que les raisonnements sont de même nature dans les deux domaines. L'utilisation de l'analogie hydraulique ne fait donc que déplacer les difficultés rencontrées par les élèves d'un domaine dans un autre. L'analyse de ces raisonnements fait apparaître que certains sont plus élémentaires que d'autres. L'auteur émet l'hypothèse d'une hiérarchisation de ces raisonnements ; les raisonnements élémentaires constituant un passage obligé pour atteindre les raisonnements plus élaborés.

l'analogie
hydraulique en
électricité ne fait
que déplacer,
dans un autre
domaine, les
difficultés
rencontrées par
les élèves

une tendance à la réduction du nombre des variables dans les raisonnements spontanés

un raisonnement linéaire et causal est privilégié

des activités de classe pour construire une approche de la conservation de l'énergie

quels effets provoque l'introduction de logiciels producteurs d'images sur les pratiques de classe et les représentations des élèves ?

L. Viennot, met en évidence un mode de raisonnement spontané transversal à tous les domaines des sciences physiques : son étude porte sur le raisonnement à plusieurs variables. L'auteur, dans son travail sur des étudiants du premier cycle universitaire, dégage leur tendance à réduire, dans les raisonnements, le nombre de variables. Par ailleurs, lors d'une analyse fonctionnelle, les étudiants sont aussi tentés de favoriser les grandeurs dont dépend le phénomène étudié plutôt que les grandeurs pertinentes dont il ne dépend pas. Enfin, lorsque les étudiants traitent le nombre voulu de variables, ils le font généralement de façon linéaire et causale. Ces modes de raisonnements spontanés sont des obstacles à la construction d'un raisonnement scientifique et il faut en tenir compte lors de l'élaboration de stratégies d'enseignement. Aussi L. Viennot s'interroge-t-elle sur le type d'entrée à privilégier pour traiter ces raisonnements spontanés. Elle propose des approches croisées à partir des contenus et des raisonnements mais toujours en favorisant le raisonnement fonctionnel.

Deux articles viennent s'ajouter aux précédents et peuvent dans une certaine mesure se rattacher au thème central de ce numéro.

L'un de ces articles, celui de J.-L. Canal, propose à partir d'une situation-problème, de construire avec des élèves de l'école élémentaire un premier niveau de formulation de la conservation de l'énergie. Les propositions pédagogiques, faites dans cette étude spécifique, en tenant compte des conceptions des élèves et en essayant de les transformer, permettent en même temps de les initier à la démarche scientifique.

L'autre article, celui de F. Monnet et Y. Paquellier, présente des modalités particulières de travail sur le raisonnement dans le domaine des mathématiques. Les auteurs s'intéressent aux modifications des pratiques de classes que peut induire l'utilisation de logiciels producteurs d'images. Ils analysent en même temps les activités faisant appel à la démarche expérimentale et les représentations, produites par les élèves, provoquées par l'utilisation de ces logiciels.

Ce numéro d'*Aster* rassemble des articles dont le sujet principal est le raisonnement scientifique. Pour cerner un tel sujet, dans une revue traitant de didactique des sciences, il est nécessaire d'avoir à l'esprit les différents axes d'analyse présentés au début de cette introduction. Les articles présents permettent des éclairages ponctuels de certains de ces domaines d'étude. D'autres champs restent à explorer ; en particulier l'épistémologie du raisonnement scientifique et la transposition didactique des pratiques de référence au

savoir enseigné. Ils seront, espérons-le, abordés dans des numéros ultérieurs de la revue, qui reste ouverte à tous les auteurs qui voudraient apporter leur contribution à cette construction du savoir sur le raisonnement scientifique.

Pierre FILLON
Collège «Charles Péguy», Paris 19e
Équipe de didactique des sciences
expérimentales, INRP