

# UN CADRE POUR RECONSIDÉRER L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES DISTINGUER EXPÉRIMENTATION ET EXPÉRIENCE

Vasilis Koulaidis  
Anna Tsatsaroni

*Dans cet article, nous tentons de renouveler la réflexion sur les notions d'expérience et d'expérimentation, considérées comme centrales dans les pratiques scientifiques courantes à l'école. Pour ce faire, nous discutons :*

- les distinctions entre théorie et observation qui sous-tendent quatre images de la science ;*
- l'introduction de la virtualité dans la constitution du champ épistémique, qui enrichit les images de la science et aide à délimiter les champs de la théorie, de l'observation, de la pratique et de la communication.*

*L'analyse indique que la simulation est un élément essentiel dans le champ de la pratique, l'expérimentation étant envisagée comme un cas particulier de simulation. L'expérience est, elle, intrinsèquement liée au champ de la communication, lui-même associé au champ de la pratique.*

*L'article examine ensuite les implications de ces analyses pour l'enseignement des sciences, conçu comme un effort dirigé visant à aider les élèves à (re)construire des explications scientifiques qui enrichissent leur expérience. Cela demande avant tout une compréhension du réel à travers le virtuel et nécessite que les élèves, tout en se plaçant dans les limites du réel, soumettent leur compréhension aux conditions (et aux limites) du champ de la pratique.*

## 1. INTRODUCTION : DÉLIMITATION DU CHAMP

au cœur des  
critiques des  
changements  
des cursus  
scientifiques...

Les points de vue en faveur d'une réforme des cursus scientifiques ne sont ni nouveaux ni spécifiques à certains pays (Jenkins, 1994), mais quelles que soient les tentatives visant, ces quelques vingt-cinq dernières années, à introduire des changements, elles ont soulevé de graves critiques. On peut dire que les notions d'expérience et d'expérimentation sont au cœur de ces critiques.

... les notions  
d'expérience et  
d'expérimentation

Par expérimentation, nous entendons un élément ordonné de la pratique scientifique caractérisé par le fait que "sa répétition conduit à un effet identique" jusqu'au moment où les phénomènes peuvent être déduits régulièrement (Hacking, 1983, pp. 220-232). Par expérience, nous désignons la connaissance commune que les enfants acquièrent à travers leur participation aux activités quotidiennes et leur interaction avec les enfants de leur âge et les adultes, par l'intermédiaire de codes quotidiens de communication.

Nous considérons que les critiques formulées à l'égard de l'enseignement et des tentatives d'innovation ne contribuent pas à clarifier ces notions, et que cela crée des confusions quant au rôle de l'expérience et de l'expérimentation dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences. Nous nous proposons donc tout d'abord de faire une analyse des critiques et de construire un cadre dans lequel ces termes peuvent être abordés de façon satisfaisante.

• **Premier niveau de critiques**

Les critiques relient les résultats insatisfaisants des élèves aux processus d'enseignement et d'apprentissage et au manque d'installations et/ou d'opportunités permettant un travail expérimental et un travail de recherche dans les écoles. Elles relèvent les problèmes suivants : effectifs des étudiants déséquilibrés dans les cours d'enseignement scientifique (1), manque d'objectifs clairement définis concernant les compétences à développer à travers l'enseignement scientifique, difficultés des élèves à appliquer la pensée rationnelle à des contextes d'action quotidiens, et de façon plus générale difficulté à relier tout ce qu'ils apprennent à l'école à leur représentation quotidienne du monde.

Mais les critiques concernent aussi l'image de la science qui sous-tend les cursus scientifiques : production et validation de la connaissance scientifique, lien entre connaissance et expérience commune.

Les solutions proposées par rapport aux critiques de ce premier niveau évoquent des changements dans l'infrastructure (en particulier des laboratoires plus nombreux et/ou mieux équipés, afin de valoriser la pratique expérimentale dans l'enseignement) mais aussi un effort de repérage des compétences intellectuelles et sociales complexes à travers lesquelles la connaissance scientifique se construit. Tel est le cas, par exemple, de l'objectif "Science Expérimentale et Science de la Recherche" (SCAA, 1994) du programme d'enseignement national d'Angleterre et du pays de Galles.

Elles encouragent aussi une promotion des résultats des recherches, spécialement de la recherche qui s'intéresse à l'exploration des représentations des élèves. On croit en effet que si les professeurs connaissaient mieux ces représentations, leur enseignement serait de meilleure qualité, que les élèves comprendraient mieux les sciences. Cette deuxième proposition est très proche de la recommandation de considérer, dans l'apprentissage scientifique, "la science comme une activité effectuée par tout le monde en tant que partie intégrante de la vie quotidienne" (réforme du

difficultés  
pour les élèves  
de relier  
apprentissages  
scolaires  
et contexte  
quotidien

différentes  
directions dans  
les solutions  
proposées...

... en particulier  
la connaissance  
des représentations  
des élèves

(1) Nous devrions noter que ce même argument est souvent invoqué en ce qui concerne les mathématiques scolaires. Voir le Rapport Cockcroft, 1982.

cursus scientifique en Nouvelle Zélande, Ministère de l'Éducation, 1993); ou celle d'aider les élèves à assimiler "*l'attitude scientifique critique*" qui consiste à suspendre "*le jugement en l'absence de preuves crédibles et d'arguments logiques*" et à l'appliquer dans "*la vie quotidienne*" (Projet 2061 aux États-Unis, AAAS, 1993 ; Jenkins, 1996, p. 147).

Si l'usage des laboratoires est de toute façon important dans l'enseignement des sciences (Millar, 1989), le repérage des compétences pose plus de problème. Il nécessite en effet d'identifier ce qui caractérise le mieux la science.

En ce qui concerne les représentations des élèves, il existe actuellement un important corpus de connaissances dont la diffusion retentit sur les écoles puisque, par exemple, elles sont prises en compte dans la production des ressources pour l'enseignement scientifique. Toutefois, la manière d'utiliser ce type de résultats de recherches est loin d'être évidente. Un passage sans problèmes des représentations quotidiennes des enfants au savoir scientifique scolaire et vice-versa est largement contesté dans les analyses critiques des sciences ainsi que d'autres matières scolaires (Muller & Taylor, 1995 ; Jenkins, 1996).

l'utilisation  
de cette  
connaissance  
n'est cependant  
pas évidente

#### • *Deuxième niveau de critiques*

L'histoire, la philosophie et la sociologie des sciences énoncent des points de vue concernant la rationalité, l'objectivité, le rôle du langage dans la construction de sens scientifique, donc concernant la production, la validation et le statut du savoir scientifique. Ces points de vue vont dans le sens de conceptions épistémologiques qui, selon Jenkins (1996) sont en conflit avec "*les descriptions confiantes de la 'méthodologie' scientifique et les énumérations rituelles de processus ou compétences supposés scientifiques qui caractérisent une grande partie de l'enseignement scientifique*" (p. 145).

la question de  
l'épistémologie...

Une telle critique soulève différents problèmes car il y a des différences considérables entre les comptes rendus scientifiques des savants et les comptes rendus méta-théoriques offerts par la philosophie, la sociologie et l'histoire des sciences. Il s'agit donc de savoir si la question de l'épistémologie des sciences a sa place dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences. Trois solutions semblent envisagées : l'enseignement de la science en tant que méthode scientifique ; l'adjonction de cours de STS (Science Technologie et Société) ; l'intégration dans le cursus scolaire scientifique d'une dimension épistémologique, en espérant que l'absence de consensus à propos des différents aspects de la nature de la science encouragera les étudiants à explorer ces différentes idées et points de vue (Jenkins, 1996, p. 146).

... a-t-elle  
sa place dans  
l'enseignement  
des sciences ?

Ces critiques s'inscrivent dans des problématiques plus générales.

conjoncture  
actuelle  
favorable à  
repenser cette  
construction

### 1. La construction du savoir scientifique

Aux différentes approches épistémologiques de la relation entre théorie et expérimentation, et au débat sur le registre théorique et le registre de l'observation, il faut ajouter la dimension du virtuel dont les derniers progrès technologiques ont fait repérer l'importance. La conjoncture actuelle est spécialement favorable pour repenser la question de la construction des connaissances scientifiques ainsi que des questions plus spécifiques telles que le rôle et le statut épistémologique de la simulation dans les sciences et dans l'enseignement scientifique.

### 2. La construction des connaissances scientifiques scolaires

le savoir scolaire  
n'est pas  
une version  
simplifiée  
du savoir  
scientifique

L'importance de cette question est évidente si l'on admet que le savoir scolaire n'est pas une version simplifiée du savoir scientifique mais une construction complètement différente (Bernstein, 1990, 1996). La façon dont chacun perçoit cette construction dépend de sa position épistémologique (Koulaidis & Tsatsaroni, 1996) et surtout de la distinction qu'il fait entre registre théorique et registre de l'observation (Koulaidis, 1994). Car ce sont ces points de vue qui implicitement ou explicitement organisent et légitiment le choix des éléments fondamentaux autour desquels s'articule l'enseignement scientifique.

### 3. Le discours pédagogique

l'expérience,  
instrument  
pédagogique  
fondamental

Le discours pédagogique conçoit depuis longtemps l'expérience comme un instrument pédagogique fondamental en s'appuyant sur les travaux de Dewey (1938) à Piaget (1969, 1974). En didactique des sciences en particulier, la notion d'expérience renvoie à la pratique expérimentale d'une part et à la connaissance commune d'autre part. Ce dernier aspect est particulièrement pris en compte dans les recherches sur les représentations des élèves à propos des concepts scientifiques (Driver, 1981 ; Driver & Easley, 1978) (2). De façon plus générale, le discours pédagogique actuel, sous l'influence des courants épistémologiques du constructivisme (Mahoney, 1989 ; Matthews, 1993), a renforcé les points de vue traditionnels à propos de l'expérience en réaffirmant son importance et sa valeur fondamentale.

l'expérimentation,  
notion liée  
aux débats  
épistémologiques  
sur la théorie  
et l'observation

Des trois points ci-dessus il ressort que l'expérience et l'expérimentation sont des notions à travailler pour rénover l'enseignement scientifique. L'expérimentation, notion que nous considérons comme centrale dans les pratiques de l'enseignement scientifique à l'école, est liée aux débats épistémologiques sur la théorie et l'observation. L'expérience, liée selon les définitions aux représentations des élèves à propos de la science ou à leur engagement actif

(2) Il est utile de noter un mouvement parallèle dans l'enseignement des mathématiques, où une importance considérable est accordée à la connaissance commune des mathématiques chez les enfants.

dans la pratique expérimentale, est sous-jacente aux débats sur la relation entre registre théorique et registre de l'observation et sur le lien entre théorie et pratique. Expérience et expérimentation sont associées à la représentation de la connaissance, et à la construction de l'objet de la science même.

Cet article se propose d'analyser ces notions :

quatre  
directions  
d'analyse

- en distinguant quatre conceptions de la science selon la relation qu'elles établissent entre théorie et observation ;
- en introduisant le "virtuel" dans la discussion sur la distinction entre théorie et observation ; cette introduction contribuant à enrichir l'image de la science ;
- en reprenant la problématique théorie/observation afin de délimiter les champs de la théorie, de l'observation et de la pratique ;
- en prenant en compte les limites de ces champs pour reconsidérer les notions d'expérience et d'expérimentation et de simulation, et tenter de relier la notion d'expérience à son contexte de communication.

## **2. LE DÉBAT SUR LA THÉORIE ET L'OBSERVATION. QUATRE CONCEPTIONS DE LA SCIENCE**

Le débat entre philosophes des sciences à propos de la nature de la connaissance scientifique a porté principalement sur les points suivants (Koulaidis, 1994) :

- méthodologie,
- critères de délimitation,
- modèles d'évolution de la connaissance scientifique,
- validité de la connaissance scientifique.

trois aspects  
de la relation  
théorie-  
observation

Les positions adoptées dépendent en partie du lien qui est établi entre théorie et observation, qui organise, dans une large mesure, l'image ou la conception du savoir scientifique. Trois aspects de la relation entre théorie et observation apparaissent d'une importance considérable pour l'analyse et permettent de repérer des positions épistémologiques distinctes :

- existence d'une distinction entre théorie et observation ;
- nature et caractère de cette distinction ;
- hiérarchie entre théorie et observation.

Quatre courants épistémologiques sont ainsi distingués : empirico-inductif, hypothético-déductif, contextualiste et relativiste (Koulaidis, 1987).

courant  
empirico-  
inductif

• La tradition empirico-inductive de la science souligne le rôle central du raisonnement inductif et soutient que la distinction entre théorie et observation est fondamentale. Elle suppose que, pour formuler une théorie, il est nécessaire d'accumuler des observations, et par conséquent, d'être capable de distinguer les deux. La théorie est définie

- comme une accumulation d'observations qui se condensent en suivant les principes méthodologiques de l'induction, seule méthode fiable d'investigation scientifique.
- courant hypothético-déductif

    - On peut dire que le courant hypothético-déductif défend la rationalité dans le champ scientifique. Critique par rapport à l'héritage scientifique empirico-inductif ; il défend une rationalité basée sur le réalisme contre les tendances relativistes. Ainsi les rationalistes, tels que Popper (1963, 1979) et Lakatos (1970, 1978), affirment l'existence de critères éternels, universels et par conséquent a-historiques qui permettent le choix entre des théories scientifiques rivales. Ce courant opère lui aussi une distinction entre théorie et observation, puisque les observations sont utilisées pour falsifier des théories (rivales). Cette distinction n'est cependant pas aussi nette que le courant empirico-déductif le soutient et n'est pas sans restrictions (voir plus bas). En outre c'est la théorie, qui dans ce cas, occupe une position privilégiée.
  - courant contextualiste

    - Le courant contextualiste, représenté par Kuhn, met l'accent sur l'importance de l'examen impartial de l'histoire et de la pratique scientifique pour formuler une image de la science. Pour les tenants de ce courant, toute observation reposant sur la théorie, une distinction entre théorie et observation ne pourrait être qu'arbitraire.
  - courant relativiste

    - Enfin, le relativisme, tout comme la pensée contextualiste, nie l'existence de modèles de rationalité universelle et a-historique mais va même au-delà du contextualisme puisqu'il utilise la notion d'incommensurabilité, qui implique la relativité du raisonnement. Feyerabend, principal représentant du relativisme, affirme que cette question de la distinction entre théorie et observation est dépourvue de signification mais propose néanmoins un schéma contre-inductif (voir plus bas) dans lequel la distinction entre registre théorique et registre de l'observation peut en fait être opérée.
- Si l'on veut, comme le font les inductivistes, défendre la position selon laquelle la distinction entre théorie et observation est une différence de nature et non de niveau (les observations étant privilégiées), il faut défendre le point de vue que les observations sont privilégiées soit sémantiquement, soit épistémologiquement, soit les deux :
- pour les inductivistes, observations privilégiées...

    - Sémantiquement, l'observation est complètement indépendante des assomptions théoriques. Or de nombreux arguments venant à l'appui des assertions du type "*des théories clairement formulées sont une condition nécessaire pour des énoncés d'observation précis*" (Kuhn, 1970 ; Chalmers, 1982, p. 29) sont cependant formulées. Le point de vue du courant inductif selon lequel les affirmations universelles (théories, lois) dérivent d'affirmations singulières (observations) semble remis en question.
  - ... soit sémantiquement...

    - Épistémologiquement la distinction entre théorie et observation implique que les observations constituent l'unique

... soit  
épistémologique-  
ment

en fait la théorie  
peut précéder  
et dominer  
l'observation

pour Popper  
c'est une théorie  
qui dirige  
notre attention

importance  
de la forme  
et de la fonction  
des énoncés

essayer  
de réfuter  
les théories

base solide pour établir des théories et des lois scientifiques. Or l'histoire des sciences fournit quantité d'exemples qui s'opposent à cette affirmation. Ainsi Feyerabend (1975, p. 126) se réfère à une observation astronomique effectuée par Kepler, au moyen d'un télescope galiléen : "*Mars est carré et intensément coloré*". Si l'on admet la probité intellectuelle de Kepler, et puisque la fausseté de l'affirmation est bien établie aujourd'hui, on ne peut que reconnaître que les énoncés d'observation peuvent être erronés. En fait la théorie prédominante dirige l'attention de l'observateur vers des aspects spécifiques de l'objet observé ; une telle thèse s'oppose avec la thèse inductive. Des exemples comme celui-ci indiquent que la théorie peut précéder et dominer l'observation (Rozen, 1959). Pour les contre-arguments du courant inductif, cf. Carnap (1962) et Feigl (1970).

Pour Popper (1979, voir aussi Hacking, 1983), il existe une distinction entre observation et théorie, mais cette distinction ne signifie pas pour autant que les énoncés d'observation sont épistémologiquement privilégiés par rapport aux énoncés théoriques, comme le soutient le courant inductif. Il considère que le contraire est tout aussi vrai, car même la plus humble des observations présuppose (explicitement ou implicitement) une sorte d'assomption théorique. Par exemple, pour l'affirmation "Ceci est un cube de glace", on doit faire appel à des parties de théorie sur ce qu'est la glace ou à des considérations géométriques sur les cubes (Newton-Smith, 1981, p. 73). De plus, c'est une théorie, dit Popper, qui dirige notre attention vers ce qui semble constituer les aspects pertinents du phénomène considéré et nous fait délaisser les aspects non pertinents. C'est dans ce sens-là que la proposition "l'observation repose sur la théorie" doit être entendue.

Dans le paragraphe ci-dessus, il était question des aspects à éliminer d'une distinction entre théorie et observation. Les aspects à conserver pour cette distinction concernent, selon ces auteurs, la forme et la fonction des énoncés. L'exemple d'énoncé d'observation préféré de Popper est le suivant : "*Il y a un corbeau dans la région spatio-temporelle K.*" Les énoncés d'observation sont dans leur forme "*des assertions existentielles à propos d'une région spatio-temporelle définie*" (Newton-Smith, 1981, p. 49) ; dans leur fonction, ce sont les falsificateurs potentiels d'une théorie.

La réfutation a une importance primordiale. En effet, ce qui permet aux partisans du courant hypothético-déductif de renverser la succession "observation suivie de construction de la théorie" (sur laquelle repose le courant inductif), c'est l'assertion suivant laquelle on doit essayer de réfuter les théories au lieu de chercher à les vérifier. Elle est fondée sur l'affirmation que la distinction entre théorie et observation n'a pas de signification épistémologique.

C'est précisément l'observation qui permet de remettre en question la pensée hypothético-déductive. Car, comme le

certaines  
réfutations  
peuvent se révéler  
basées sur des  
observations  
fausses

pour Feyerabend  
le principe de  
la prolifération  
des théories  
scientifiques...

... à mi-chemin  
entre empiristes  
et rationalistes...

fait observer Putnam (1981, pp. 68-69), même si une théorie est réfutée par un essai expérimental qui tient compte de la position hypothético-déductive selon laquelle observations et théories peuvent être faillibles au même degré, la théorie peut toujours être correcte et l'observation fausse. Par conséquent, les théories ne peuvent pas être définitivement réfutées, les énoncés d'observation qui forment la base de la falsification pouvant s'avérer faux à la lumière de développements ultérieurs (Chalmers, 1982, p. 63).

Le relativisme, également, tel qu'il est exprimé par Feyerabend (1975), remet en question à sa manière le principe hypothético-déductif de réfutation. Afin de remettre en question la confiance accordée au rôle des preuves empiriques pour adopter ou rejeter une théorie scientifique donnée, Feyerabend substitue à ce qu'il appelle le principe de consistance un processus contre-inductif (*ibid.*, p. 29). Pour que le progrès scientifique ne soit pas entravé, des théories en opposition avec les théories actuellement admises doivent proliférer : *"des hypothèses contredisant des théories bien confirmées, nous fournissent des preuves empiriques qui ne peuvent pas être obtenues autrement"* (*ibid.*, p. 35). Ce principe de la prolifération de théories scientifiques constitue une des thèses principales de Feyerabend à propos du renouvellement scientifique. Pour appuyer sa thèse, Feyerabend invoque l'histoire des sciences. Son argumentation procède *grosso modo* de la sorte : tout argument scientifique, par exemple l'argument de la tour aristotélicienne utilisé pour réfuter le mouvement de la Terre, implique une interprétation de l'observation en connexion étroite avec les théories dominantes. Par conséquent, le premier pas consiste toujours à déceler les principes sur lesquels repose l'observation.

Ayant débrouillé les vieilles notions théoriques implicites des observations pertinentes, on peut exprimer des observations en utilisant un nouveau langage d'observation, qui évidemment est soutenu par un nombre d'idées théoriques implicites tirées de la nouvelle théorie proposée (Feyerabend, 1975, chap. 5 & 6).

Feyerabend se place en quelque sorte à mi-chemin entre les empiristes et les rationalistes. Il est proche des premiers, puisque, pour lui, il doit y avoir une expérience (c'est-à-dire une donnée sensible) qui est en principe indépendante de sa caractérisation (c'est-à-dire le langage d'observation) et il est proche des seconds car une telle caractérisation repose sur la théorie; elle intègre toujours la théorie. Cependant il diffère des premiers, car selon lui, on ne peut séparer le langage d'observation de ses présuppositions théoriques qu'en le remplaçant (implicitement ou explicitement) par une autre théorie.

Cette position de Feyerabend peut nous permettre de dégager quelques points importants concernant le débat en cours sur la distinction entre théorie et observation. En effet, en dépit de son relativisme, le lien que Feyerabend entretient

... ce qui crée  
des paradoxes  
provocants

importance de  
l'interprétation  
de  
l'observation...

... condition  
pour que  
l'observation  
soit significative

avec des points de vue opposés crée des paradoxes provocants : il remet en question la prédominance et le statut de la théorie, puisque les théories reposent sur des croyances et qu'en outre il peut y avoir des anti-théories pour la même "chose" ; il fait appel à une prolifération de théories comme condition du renouvellement et du progrès scientifique ; il souligne, tout comme les autres courants épistémologiques (et à l'exception du courant inductif), le fait que toute observation repose sur la théorie, mais son image de la science n'est pas dominée par les effets qu'entraîne cette position, à savoir l'idéalisme (Barnes, 1982). Il est du côté de l'empirisme, puisqu'il insiste sur des distinctions entre observation, langage d'observation et termes théoriques, en ayant l'intention de n'en privilégier aucune. Si l'on s'en tient à sa position selon laquelle "toute observation requiert une interprétation", il est aisé de conclure que lui aussi finit par être idéaliste, mais on ne peut manquer de noter qu'il cherche à introduire une différence au moyen de sa distinction entre observation, ou expérience sensible, et expérience significative. Ce que nous retenons n'est pas son acceptation de la distinction entre observation et langage d'observation, qui de toute façon est problématique, mais plutôt l'importance qu'il donne à l'affirmation que l'interprétation d'une observation est la condition pour qu'une observation soit significative.

### 3. LA CONSTITUTION DU CHAMP ÉPISTÉMIQUE : UNE TENTATIVE POUR COMPLÉTER LES CONCEPTIONS DE LA SCIENCE

examen du réel  
à travers le  
couple validé/  
non-validé

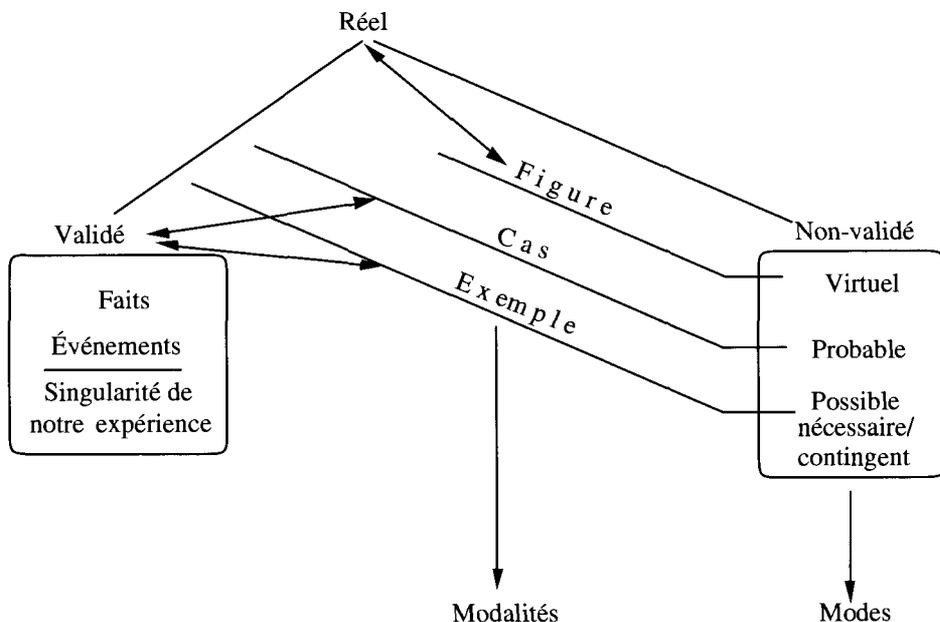
Notre analyse de la constitution du champ épistémique reposera sur l'examen du réel à travers le couple validé/non-validé (3). Les modes constitutifs du non-validé sont le possible, le probable et le virtuel. Comme le montre la figure 1, le premier mode, à savoir le possible, est en rapport avec le validé, et est exprimé à travers la distinction entre nécessaire et contingent. Le second mode, le probable, étant dans un rapport indirect avec le validé, est une sorte de validation, une validation qui ne se réfère pas directement à des événements ou à des objets. Enfin, le mode du virtuel est celui

(3) Cf. Granger, Gilles-Gaston (1995). Nous devrions noter ici que ces catégories introduisent une dimension temporelle dans la conception de la science, habituellement entendue seulement en fonction de sa dimension spatiale.

N. de T. : les termes "*actual*" et "*non actual*" qui renvoient à l'idée de ce qui est éprouvé vs non éprouvé, avec une valeur de validité par rapport au monde réel ont été traduits par "validé" et "non validé". Ceci ne permet pas de rendre compte à chaque usage de l'idée qui le sous-tend. Les traduire par les termes "réel" et "non réel" aurait entretenu une ambiguïté avec l'usage de "*real*" en anglais et n'aidait pas à la compréhension du texte. Ce choix a le mérite de se repérer facilement et de permettre de se placer dans un contexte de langue anglaise...

des figures ou représentations d'objets et d'événements qui sont détachés des conditions d'une expérience complète, et n'a aucun besoin de se référer au valide.

**Figure 1. La constitution du champ épistémique**



Cela suggère que le champ épistémique, se constituant essentiellement à travers les modes du non-validé, dont chacun est en relation spécifique avec le valide, s'éloigne en fait du valide comme source exclusive d'expérience. Cela ne signifie pas pour autant qu'il est moins réel ou non réel, car son cadre de référence est le réel. Tel est le paradoxe que l'analyse de la constitution du domaine épistémique, mieux que toute autre analyse, révèle si clairement : le savoir scientifique envisage la réalité alors qu'il est situé, en partie, dans le domaine du non-validé.

Cela implique que l'objet scientifique est en partie une configuration abstraite, en ce sens que :

- il est incomplet par rapport aux singularités de notre expérience (4) (voir figure 1, ci-dessus et notre discussion au paragraphe 4).

l'objet scientifique, une configuration abstraite

(4) À un autre niveau de théorisation, comme nous le verrons, cette condition de lacune crée la possibilité structurelle de la suppléance, c'est-à-dire la possibilité que la théorie – déterminée par les éléments constitutifs mentionnés dans le texte – devienne un programme pratique, dépassant ainsi les limites de la théorie. En effet, comme le remarque Kambouchner (Kambouchner 1980, p. 153), le "telos" (le but final) d'un programme scientifique – au moment où ce programme semble contrôlable, et semble, par conséquent, alimenter la soumission à un programme pratique ou pragmatique – n'est plus interne à la théorie.

- il n'y a pas de constitution qui ne soit pas conçue selon l'opposition entre le général et le particulier et, réciproquement, il n'y a aucune occurrence de cette opposition qui ne soit pas fondée à l'intérieur d'un cadre de référence constitutif ; en effet, la constitution en tant qu'acte implique qu'un point de vue général donne le point de départ pour la définition de structures et de catégories, principalement de concepts et de valeurs ; en tant que structure fondamentale, elle peut admettre seulement des fonctions et des valeurs générales dans lesquelles les éléments et les faits sont contenus et constitués ; cela garantit que le particulier est constamment comparé au général et constitué par rapport à lui ;
- l'objet scientifique est théorique aussi bien qu'empirique dans sa modalité ; la dimension empirique est révélée au niveau de la constitution puisque deux des modes essentiels du non-validé sont en rapport avec le validé, entendu comme événements, objets ou singularités de l'expérience.

cette  
constitution  
du champ aide  
à comprendre  
autrement...

... les différentes  
positions  
épistémologiques  
traditionnelles

une conception  
alternative  
de la science  
introduit  
le virtuel

Nous pensons que la conception du domaine épistémique en termes de modes constitutifs peut nous aider à comprendre autrement les images traditionnelles de la science - c'est-à-dire le positivisme logique, Popper et Lakatos, le contextualisme et le relativisme. Ces images sont similaires par rapport à un aspect fondamental : elles situent (correctement) la constitution de l'objet scientifique au niveau de la relation entre le validé et le non-validé, mais elles définissent le non-validé par rapport à deux de ses expressions seulement, à savoir le possible et le probable. Les différences de chaque conception résident alors dans la manière dont chacune de ces approches permet de concevoir la relation entre le validé et le couple probable-possible du non-validé. C'est cela, tout autant que l'importance accordée à la temporalité qu'introduit la distinction entre le possible et le probable comme éléments du non-matériel, qui définit et distingue les différentes positions épistémologiques, du positivisme logique au relativisme. Ainsi, par exemple, pour la position empirico-inductive, l'induction est l'instrument méthodologique qui contribue à assurer le passage entre le possible, le probable et la configuration abstraite. Au contraire, pour les relativistes, c'est précisément la difficulté d'indiquer un moyen nécessaire et rationnel pour assurer la connexion entre le couple possible/probable et la configuration abstraite qui compromet l'ensemble de l'opération. La troisième position épistémologique, celle de Popper, a cherché à dépasser ce problème en construisant le troisième monde poppérien et ce faisant est retombée dans l'idéalisme. Une conception alternative de la science (qui n'est pas incompatible avec le contextualisme) se distingue des conceptions traditionnelles par sa volonté de présenter le virtuel comme un élément constitutif du non-validé. En effet, cet élément qui, par définition, n'est pas en rapport avec le validé, est déterminé seulement en fonction des deux

autres éléments du non-validé. C'est par conséquent une expérience non matérialisée qui, précisément parce qu'elle ne se rapporte pas au validé, clarifie la contribution du couple possible/probable, en relation avec le validé, à la constitution de l'objet scientifique (5). Il est clair alors qu'en englobant dans cette conception le virtuel comme élément constitutif, la distinction entre validé et non-validé devient possible, car les éléments qui avaient été intégrés dans le couple possible/probable et qui créaient une confusion dans les conceptions traditionnelles, sont à présent attribués au virtuel (6).

#### **4. LA CONSTITUTION DU CHAMP DE LA PRATIQUE : INTERSECTION DE LA THÉORIE ET DE L'OBSERVATION**

Sur la base de la présente discussion, nous chercherons à développer la relation entre théorie et observation, d'une part, et théorie et pratique de l'autre, pratique et observation étant entendues comme distinctes.

Le point de départ de notre analyse est la constitution du champ épistémique, dont les principaux éléments sont présentés dans le paragraphe précédent, et qui pourrait aboutir aux catégories analytiques de l'exemple, du cas et de la figure. L'exemple est défini comme un élément concret qui remplit une certaine fonction ou occupe une certaine place; le cas, comme une possibilité structurellement définie ou comme un cas exceptionnel vu comme typique ou atypique mais non comme indéfinissable (Kambouchner, 1980, p. 154); et la figure, comme leur 'expression' (ou inscription) dans un langage/code.

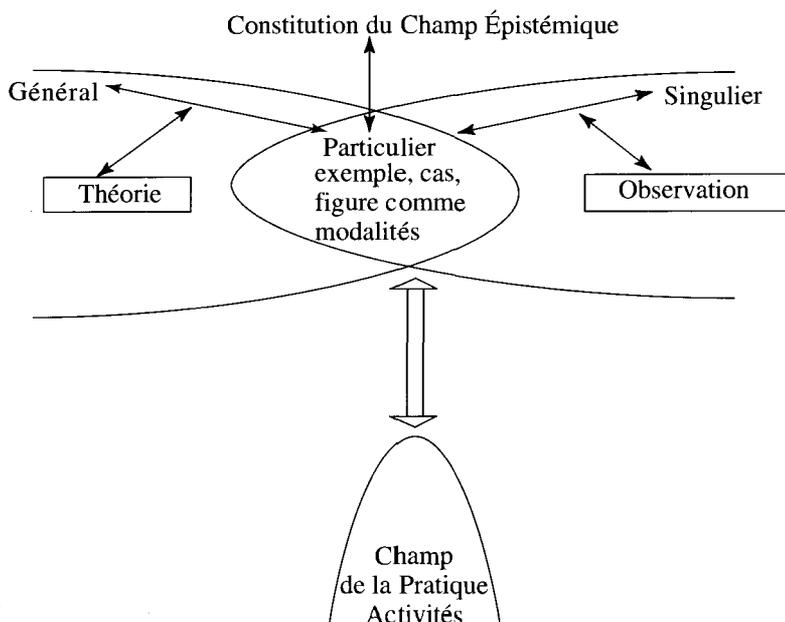
Nous procéderons en considérant ces trois catégories comme conçues à travers les couples général/particulier d'une part, et singulier/particulier de l'autre. L'exemple, le cas et la figure, conçus soit comme des modes (général) ou des modalités (particulier), appartiennent au champ de la théorie. D'autre part, ces catégories conçues à travers le couple particulier/singulier appartiennent à l'observation. Ce réseau de relations est illustré dans le figure 2.

l'exemple, le cas  
et la figure...

...dans  
un réseau  
de relations

- 
- (5) Cet élément peut aussi contribuer à spécifier la différence entre l'objet scientifique et l'objet de connaissance mathématique. Ceci pourrait être particulièrement intéressant pour l'enseignement, puisque la coopération entre les domaines de mathématiques et d'enseignement scientifique pourrait être facilitée.
- (6) Comme nous le dirons plus loin, ces distinctions nous permettent de spécifier le rôle de l'expérience et des activités pratiques, l'utilisation de modèles mathématiques, la simulation etc., en d'autres termes ces éléments qui se rapportent à l'expérience, et qui sont essentiels non seulement pour la construction des sciences mais aussi pour la construction de l'enseignement scientifique.

**Figure 2. Les champs de la théorie, de l'observation et de la pratique**



à l'intersection  
de la théorie et  
de l'observation,  
le champ  
de la pratique

Notre propos étant de clarifier les notions d'expérimentation et d'expérience, il est essentiel, dans notre approche, de délimiter le champ de la pratique, fondé sur les éléments constitutifs du champ épistémique. Les modalités de l'exemple, du cas et de la figure se trouvent à l'intersection de la théorie et de l'observation et délimitent le champ de la pratique. Considérée en ces termes, la pratique, puisqu'elle est en correspondance avec les deux couples (c'est-à-dire, particulier/général et singulier/particulier) est distincte de la théorie et de l'observation mais en même temps en relation avec elles (7).

une analyse  
qui permet  
de reconsidérer  
l'observation...

Cette analyse nous permet de reconsidérer l'activité d'observation. Comme déjà mentionné, cette activité, tout en étant confrontée à la complexité naturelle, passe par les modalités de l'exemple, du cas et de la figure pour mettre en relation et élaborer l'objet scientifique. De plus, les conditions nécessaires à l'observation dérivent du caractère des modalités mêmes. Cela signifie que :

- du fait de leur position à l'intérieur du couple général/particulier (c'est-à-dire, du fait de leur lien à la théorie) leur élaboration ne devrait produire aucun résidu appréciable, ce qui signifie que durant l'observation, aucun

(7) Autrement dit, notre approche repose non pas sur l'opposition entre théorie et observation, mais sur leur intersection.

...et  
l'interprétation...

élément constitutif ne devrait rester non traduit (non interprété);  
– ce qui résulte de la traduction ou de l'interprétation devrait être assimilable par la théorie.

D'autre part, du fait du lien de ces conditions avec le couple particulier/singulier, l'interprétation devrait justement garder sa fonction d'observation, qui est de respecter leurs singularités.

Ainsi l'observation/interprétation apparaît à la fois comme un ensemble d'opérations à travers lesquelles les modalités de l'exemple, du cas et de la figure se situent par rapport au général (théorie) et comme une activité qui cherche à les élaborer, c'est-à-dire à leur permettre de révéler leur propre singularité.

... activités  
étroitement  
liées

Nous pouvons à présent justifier notre point de vue selon lequel, épistémologiquement, l'observation et l'interprétation sont étroitement liées (8), ou constituent les aspects essentiels d'une activité visant à élaborer les modalités de l'activité scientifique.

l'interprétation,  
essentiellement  
activité de  
description et  
de traduction...

Dans une interprétation, la théorie s'occupe de ce qui peut être soit décrit en termes généraux soit traduit dans un système de significations. Ainsi, la théorie subsume le particulier sous le général. L'interprétation, dans la mesure où elle utilise des éléments élaborés à l'intérieur d'un cadre théorique, est essentiellement une activité de description et de traduction qui détermine les modalités en fonction de la généralité seulement. Chaque interprétation tire parti de schémas de description et de traduction à travers lesquels la forme d'une modalité est liée à certains catégories/signes généraux alors que sa complexité signifiante est liée à certains ordres de sens fondamentaux.

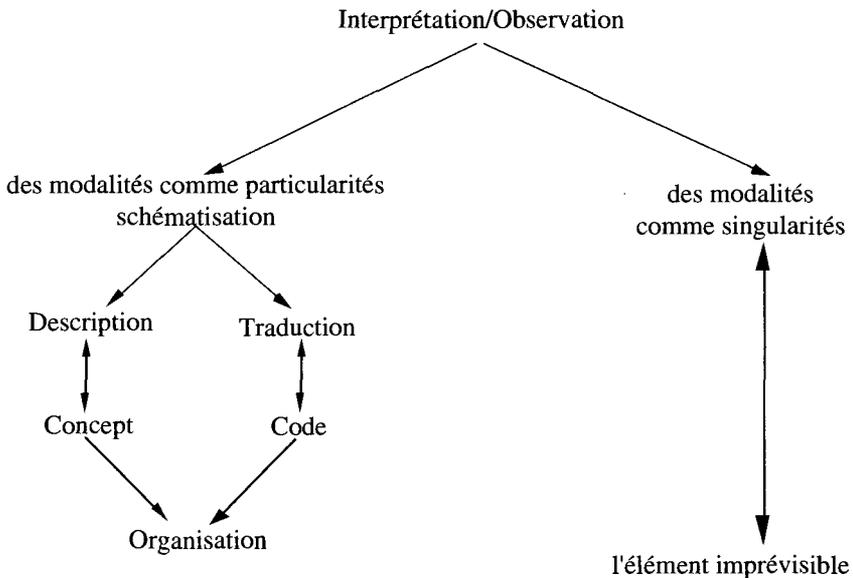
... mais confrontée  
à la complexité,  
elle requiert deux  
autres types  
d'opérations

Mais lorsqu'une interprétation est confrontée à la profondeur, la densité et la complexité générale d'une modalité, elle devrait, pour prendre en compte cette complexité ou pour se situer par rapport à elle, effectuer deux types d'opérations qui n'appartiennent ni à la description (concepts) ni à la traduction (codes). La première est une opération à travers laquelle un élément jugé signifiant est noté ou reformulé, sans être lié à aucune généralité, la seconde, une opération à travers laquelle deux ou plusieurs éléments sont associés et déterminés l'un par rapport à l'autre, à travers une affinité de sens (Kambouchner, 1980, pp. 161 et suivantes).

---

(8) Dans notre analyse de ces deux termes, nous suivons Kambouchner (1980).

**Figure 3. Observation et Interprétation**



construction de sens en tenant compte à la fois de la rigueur nécessaire et de l'événement imprévisible

les opérations singulières : dimensions essentielles et non pas accidentelles de l'observation/interprétation

Comme illustré dans la figure 3, l'observation/interprétation qui a lieu au cours de la construction de sens peut être vue à la fois comme une forme, c'est-à-dire un travail de description et de traduction (schématisation), et comme une opération singulière (l'observation conçue comme non prévisible, non établie par une loi). De même, la construction de sens à travers l'observation/interprétation peut seulement être entendue en fonction de ces deux dimensions, c'est-à-dire en tenant compte de la rigueur nécessaire, et de l'événement imprévisible qui est une force active dans sa production. En effet, les opérations singulières ne serviraient en rien à l'aspect de schématisation de l'interprétation (détermination), si elles ne constituaient que les préliminaires nécessaires à la description et à la traduction.

Il apparaît que l'observation/interprétation requiert une capacité d'attention qui peut atteindre sa cohérence dans une théorie établie : "ceci et cela doit être noté", mais, en même temps, l'observation/interprétation a lieu seulement si quelque chose de singulier et d'imprévisible est découvert. L'attention que demandent les modalités ne peut jamais être absolument programmée, et l'observation/interprétation est autant un événement imprévisible que le produit de la rigueur. Le point fondamental est ici que les opérations singulières sont des dimensions essentielles, et non pas tout simplement accidentelles, de l'observation/interprétation. Cela signifie qu'elles sont liées à l'observation/interprétation, comme une activité ou un événement au statut singulier. C'est pour cela que cette activité demeure insubordonnée

au statut de détermination théorique. Mais, en même temps, le statut épistémologique de l'observation est transformé puisque celle-ci est présentée comme étant fondamentalement une activité d'interprétation (lecture) plutôt qu'un exercice des sens.

## 5. CHAMP DES PRATIQUES : MODÈLES ET SIMULATIONS

Nous pouvons à présent achever la figure 1 (paragraphe 3), qui illustre la constitution du domaine épistémique (9), au moyen de l'introduction des pratiques associées aux modalités du non-validé. Le champ des pratiques a été délimité par l'intersection de la théorie et de l'observation. Dans cette intersection, le particulier doit être entendu dans les deux sens, à savoir, dans son lien avec le général, et dans son lien avec le singulier.

les modèles et les simulations appartiennent au champ des pratiques...

Nous pouvons à présent considérer la notion de simulations et de modèles. Les modèles et les simulations sont, en même temps, des articulations de théories (conçues comme le répertoire de techniques à disposition), et des représentations approximatives de phénomènes (Hacking, 1983 ; Lenoir, 1988). Ainsi, ils appartiennent au champ des pratiques comme défini plus haut, puisque, dans leur constitution, les éléments de théorie et d'observation se rencontrent.

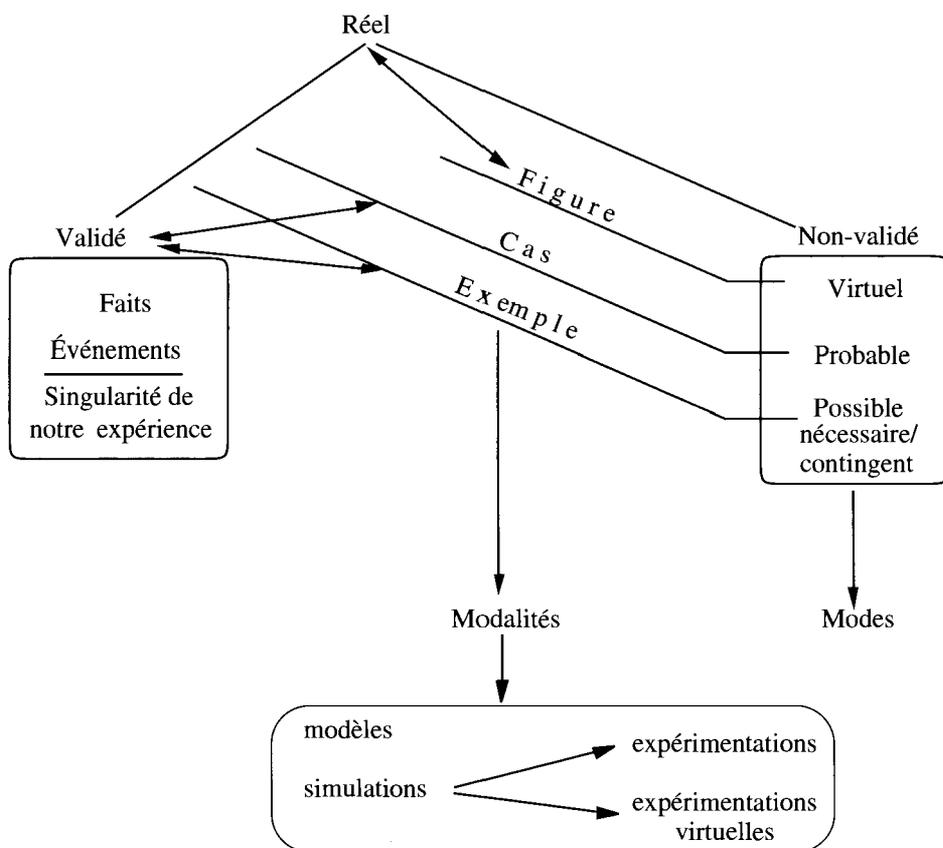
... à l'intersection de la théorie et de la complexité naturelle

La figure 4 est, par conséquent, un remaniement de notre point de vue sur la relation entre théorie et observation, et de notre analyse de l'effort scientifique en termes de distinction entre théorie et pratique, développés dans les parties précédentes. Contrairement aux thèses qui maintiennent l'opposition entre théorie et pratique expérimentale (10), et qui introduisent ainsi une confusion dans la localisation des modèles et simulations, cette figure les place à l'intersection de la théorie et de la complexité naturelle (événements et faits). Il faut distinguer cette dernière du terme "phénomène scientifique", lequel, au moyen de l'utilisation des appareils et techniques disponibles, est construit comme "pur", isolé, fiable et répétable (Hacking, 1983, pp. 220-232). Ceci est un

- 
- (9) Dont la référence est le réel scientifique, construit à travers ses éléments constitutifs (le validé et le non-validé), ses modes épistémiques (le virtuel, le probable et le possible), et ses modalités (exemple, cas et figure).
- (10) Lenoir (1988), exactement à cause de cette opposition, ne peut voir en Hacking (1983) que des arguments qui l'aident à formuler sa propre position. À savoir : "le contexte pratique du laboratoire, et la culture de la vie de laboratoire sont essentiels à la production de savoir"; et : "le contexte est un facteur constitutif de la production de savoir" (p. 6). Mais un tel contextualisme plutôt que de clarifier le domaine de la science, le rend plus confus.

effet du travail effectué avec les modèles et simulations, c'est-à-dire avec des structures mathématiques, des techniques de calcul, des analogies etc., à savoir, des expressions ou des codes d'un genre particulier. Ainsi, modèles et simulations sont, à la fois, des articulations de théories en fonction des techniques disponibles, et des représentations de phénomènes.

Figure 4. Simulations dans le champ épistémique



Modèles et simulations sont caractérisés par la rencontre de la théorie, de l'observation et de la pratique ; par l'interaction entre les couples général/particulier et particulier/singulier ; et par l'articulation de la théorie et des techniques disponibles, dans le but de former une représentation approximative (re)production) d'un phénomène scientifique. Par conséquent, les expérimentations sont également des cas de simulation. Et en effet dans la notion d'expérimentation, nous trouvons tous les éléments qui caractérisent les simulations.

les  
expérimentations,  
des cas de  
simulation

## 6. LE RÉSEAU DE COMMUNICATION : L'EXPÉRIENCE RECONSIDÉRÉE

construction  
de connaissance  
scientifique et  
construction  
de connaissance  
commune

Dans la construction de la connaissance scientifique, il faut chercher à approcher et à comprendre le réel, en se tenant dans le champ du validé, en opérant à travers le non-validé et en participant au champ des pratiques – spécifiées ici comme modèles et simulations. C'est exactement cette complexité qui produit l'expérience associée à la science et pertinente par rapport à la science. La construction de la connaissance commune diffère de la connaissance scientifique en ce que l'inclusion des modalités du non-validé pour l'interprétation du validé n'est pas conditionnée par leur sujétion systématique aux éléments du champ des pratiques. En d'autres termes, la connaissance commune n'est certainement pas basée directement sur des données sensibles mais elle est caractérisée par l'incorporation inconditionnée d'anciennes théories. C'est ce qui distingue la connaissance scientifique de la connaissance commune et creuse un abîme épistémologique entre les deux.

élaboration  
de catégories  
conceptuelles  
et production  
de signification  
scientifique

La notion d'expérience peut être discutée sous une autre perspective, en définissant un réseau de communication. Si nous revenons à la figure 2 (paragraphe 4), nous pouvons repérer le réseau de communication produit par les activités de simulation. La communication est définie en ce lieu comme l'élaboration de catégories conceptuelles et la production (active) de signification scientifique. Il faudrait noter que cette élaboration n'est pas supplémentaire ou extérieure à la formation de concepts car, comme l'a soutenu Bachelard (1984), les concepts scientifiques intègrent en eux-mêmes les conditions de leur réalisation, c'est-à-dire dans notre terminologie, les conditions pour leur localisation dans le champ des pratiques. Cette position peut être spécifiée par les points suivants.

les simulations  
présupposent  
l'emploi  
de codes ou  
de signes...

- Les activités de simulation présupposent l'emploi de codes spécifiques. Cela signifie que pour qu'une simulation soit effectuée, un code ou un signe est présupposé. La condition déterminant le code est la faculté de celui-ci à être réitéré ou modifié (Derrida, 1988, spécialement pp. 111-154; Staten, 1985, pp. 114-123). Cela signifie que :
  - pour qu'un signe fonctionne comme signe, il doit pouvoir se répéter (c'est-à-dire, se détacher de la pensée qui l'a produit) et être reconnaissable (par autrui) ;
  - lorsqu'un signe est répété dans un autre contexte, son sens sera déterminé, au moins de façon marginale, par son nouveau contexte ; ceci parce que le nouveau contexte fait ressortir de nouveaux aspects de ses possibilités signifiantes ;
  - puisque ce contexte ne peut être déterminé de manière exhaustive, on ne peut préciser jusqu'à quel degré un contexte peut transformer un signe.

... qui jouent  
un rôle essentiel  
dans  
la production  
de sens

• Les codes utilisés dans les simulations jouent un rôle essentiel dans la production de sens ; et par conséquent la manière dont on conçoit la constitution du champ de communication influe sur la manière dont on conçoit la production de connaissances scientifiques. Ce point de vue s'oppose aux points de vue classiques où la communication est conçue comme le transfert ou "transport" d'un sens "pré-produit" ou "pré-constitué", c'est-à-dire, d'un sens constitué au niveau des concepts (ou théorie).

Ainsi, à travers les simulations, les concepts sont élaborés et spécifiés. Des codes différents créent des contextes différents, autant qu'il y a une multiplicité de sens.

• L'expérience n'est qu'un effet de ces activités de simulation et du réseau de communication.

simulations  
lisibles et non  
pas seulement  
perceptibles,  
de même  
l'expérience

Or, si les simulations sont lisibles (du fait de leur lien avec l'utilisation de signes et de codes) et pas seulement perceptibles – c'est-à-dire visibles ; l'expérience est un effet de la lecture de ces voix multiples, qui correspondent aux différents codes. Cette vision de l'expérience s'oppose aux visions qui lient l'expérience avec l'expérience sensible ou vécue. Cela nous permet aussi de remettre en cause, sans le renier complètement, un des principes fondamentaux du discours pédagogique : la méthode d'apprentissage la plus efficace est l'expérience et la participation active des enfants aux activités.

## 7. CONCLUSION ET DISCUSSION SUR LES CONSÉQUENCES POUR L'ENSEIGNEMENT SCIENTIFIQUE

Nous avons commencé par nous demander quels changements devaient avoir lieu dans les cursus scolaires afin d'aider les enfants à apprendre les matières scientifiques. Nous avons soutenu qu'il était nécessaire de clarifier l'image de la science sur laquelle est fondé l'enseignement scientifique et en particulier les notions d'expérimentation et d'expérience.

rôle de  
l'expérience  
dans  
l'enseignement  
pas clairement  
défini

En ce qui concerne ces notions, nous avons soutenu que, bien qu'elles soient employées ou présupposées dans les discussions et les débats en cours sur les réformes de l'enseignement scientifique, leurs significations semblent reposer sur des sens communs ou des sens établis par des paradigmes épistémologiques plus anciens. Elles prêtent à confusion ou induisent en erreur à beaucoup d'égards. Ainsi, alors même que les professeurs de sciences acceptent l'idée de l'importance de la participation des élèves à des expériences, l'objectif de cette participation, le rôle de l'expérience dans l'enseignement des sciences ne sont pas clairement définis. Alors que nous disposons à présent d'un important corpus de résultats de recherches sur les représentations des élèves et

proposition  
d'une  
conception  
alternative  
de la science

la connaissance commune concernant les phénomènes scientifiques, leurs rôles dans les processus d'enseignement et d'apprentissage, et en particulier la relation entre la connaissance commune et la connaissance scolaire n'ont pas été explorés de manière pertinente.

Une conception alternative de la science a été proposée. Afin de construire cette conception, nous avons discuté la question de la constitution de l'objet de science, nous avons analysé ses modes et modalités épistémiques, et essayé de délimiter les champs de la théorie, de l'observation, de la pratique et de la communication. En nous appuyant sur cette analyse, nous pouvons avancer que le savoir scientifique est produit à travers un mouvement alternatif entre la théorie et l'observation, contrôlé par les éléments du champ de la pratique.

À la suite de cette analyse, on peut soutenir qu'enseigner les matières scientifiques revient à aider les enfants à construire des interprétations scientifiques de façon à enrichir leurs expériences. Cette construction repose sur une tentative de compréhension du valide à travers le non-valide, tout en se plaçant dans le réel et en assumant les conditions (et limitations) propres au champ des pratiques.

Ce point de vue permet de concevoir pourquoi il est "difficile" de comprendre les sciences. Car comme toute activité qui utilise le non-valide, elle n'est pas intuitive.

des segments  
de  
connaissance  
commune  
comme  
ressource pour  
la construction  
de cursus

Nous pensons que dans un cadre différent et en des termes différents, les discours pédagogiques – aussi bien anciens que contemporains – qui affirment l'importance de l'expérience sont conscients de cette difficulté. Mais la notion d'expérience utilisée dans les discours pédagogiques est semblable à celle qui est associée à la connaissance commune. Une référence à la position de Bernstein (1996) sur cette question peut contribuer à clarifier ce point. Bernstein remarque que ces dernières années, de nombreuses matières scolaires tendent à utiliser des segments de la connaissance commune comme ressources pour la construction de leur cursus. Cette connaissance commune "*constitue une ressource cruciale pour le populisme pédagogique puisqu'au nom du pouvoir de la connaissance, des voix qu'elle libère du silence et de l'accès à la participation, elle combat l'élitisme et le prétendu autoritarisme des discours verticaux* [i.e. les formes de savoir scientifique]" (1996, p. 181, n. 6). Comme d'autres auteurs l'ont aussi remarqué (Dowling, 1994, 1995), des segments de connaissance commune deviennent des ressources pour des cursus qui s'adressent aux étudiants non universitaires.

Si l'on veut se fonder sur la notion d'expérience dans un but éducatif, il faudrait répondre aux deux questions suivantes.

- De quelle manière la connaissance commune – dans laquelle l'interprétation du réel n'est pas assujettie systéma-

représentations  
et  
transformation  
graduelle  
des couches  
de sens

tiquement au champ de la pratique – peut-elle être utilisée pour la construction du savoir scientifique, dans laquelle la dimension du non-validé est un élément nécessaire et constitutif ? Une des hypothèses serait que la connaissance commune des élèves peut être exploitée en vue d'une suppression graduelle des couches de sens associées à des théories plus anciennes, enregistrées dans leur expérience commune sans avoir été soumises à la rigueur des pratiques scientifiques. Cette hypothèse souligne l'importance pour l'enseignement scientifique du corpus de recherches concernant les représentations des enfants et de la tradition herméneutique du changement conceptuel entendu comme une transformation graduelle des couches de sens.

construire la  
compréhension  
scientifique  
en participant  
au champ  
des pratiques

• Si nous sommes convaincus de l'importance de l'expérience, pouvons-nous mettre en œuvre dans les écoles ce travail de compréhension scientifique du validé, partant du non-validé, l'utilisant et participant au champ de pratiques ? Dans ce cas, la métaphore "l'élève comme un scientifique" pourrait être entendue de façon très spécifique comme l'engagement dans un effort pour construire la compréhension scientifique en participant au champ des pratiques (simulations, incluant expérimentations) et en communiquant à travers ce réseau.

les simulations  
sont nécessaires  
pour  
deux raisons

Selon les autres éléments de notre analyse, il semble correct de conclure que les simulations (en partie techniques), qui sont constitutives de la science, sont très importantes pour le passage de la nature sensible dans toute sa complexité à une compréhension scientifique, et donc devraient être des pratiques essentielles dans l'enseignement. Ainsi, l'expérience n'est pas indépendante des techniques qui sont disponibles à un moment donné. Le recours aux simulations en science n'est pas seulement utile mais nécessaire pour deux raisons :

- les simulations sont les conditions nécessaires, sur le plan méthodologique, pour atteindre le réel (scientifique) en partant du validé et en utilisant le non-validé ;
- elles participent de la formation de l'expérience (scientifique), celle-ci étant nécessairement connectée aux techniques disponibles.

Dans ce cadre, le rôle de l'expérimentation est différent de celui que lui assigne le discours pédagogique traditionnel. En particulier, l'expérimentation doit être comprise dans une acception plus large, non pas comme "purement pratique" (une activité de faire au sens littéral) et en opposition à un travail théorique, et sûrement pas comme une expérience sensible associée seulement aux données des sens.

En conclusion, nous dirons que la discussion précédente a mis en évidence un point plus général : elle a montré, nous l'espérons, l'importance d'une orientation épistémologique pour l'éducation scientifique. Les éléments suivants viennent conforter ce point de vue.

Dans cet article, la construction de la connaissance scientifique a été discutée à deux niveaux : en termes de constitution d'un champ épistémique et, d'une façon plus descriptive, en termes de quatre images de la science qui correspondent aux différents courants qui se sont développés dans le champ de l'épistémologie. C'est en vertu de la première approche, c'est-à-dire d'une implication explicite dans l'objet épistémique et dans les catégories d'analyse, que la seconde peut être clarifiée. Une telle clarification a des implications que nous pensons pertinentes pour l'éducation scientifique. Cela nous permet de faire une distinction importante entre deux types de modèles de la science. Le premier modèle est lié à ces images de la connaissance scientifique qui construisent l'objet de la science, la nature, comme un objet en principe transparent pour le scientifique. Le second modèle de la science construit ses objets selon deux caractéristiques qui aident à repérer la distinction entre sciences de la nature et sciences de la société/sciences de l'homme. Selon la première caractéristique, l'objet scientifique est le produit d'un réseau de schèmes interprétatifs ; selon la seconde caractéristique, la science, en liant ses pratiques et son réseau de communication diffère des autres disciplines en ce sens qu'elle spécialise ses pratiques. Ainsi la frontière, jusqu'à présent infranchissable entre les sciences humaines et les sciences de la nature, attribuée à la nature expérimentale de ces dernières, est atténuée. Nous pouvons maintenant commencer à en voir les implications pour l'enseignement des sciences. L'épistémologie peut non seulement aider à clarifier les relations entre histoire des sciences et enseignement scientifique, et entre enseignement des sciences et autres sujets du curriculum, mais aussi contribuer à clarifier ce qu'on attend de la classe de science elle-même, et en particulier de l'intégration de sujets scientifiques et de l'abolition des frontières entre des sous-disciplines.

entre sciences  
humaines et  
sciences de la  
nature, frontière  
atténuée

Vasilis KOULIDIS  
Anna TSATSARONI  
Université de Patras, Grèce

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AAAS (1993). *Benchmarks for science literacy*, New York : Oxford University Press.
- BACHELARD, G. (1984). *Le Nouvel Esprit scientifique*, trad. A. Goldhammer. Boston : Beacon Press. Première édition 1934.
- BARNES, B. (1982), *T.S. Kuhn and Social Science*, Londres : The Macmillan Press.

- BERNSTEIN, B. (1990). *Class, codes and control : The structuring of pedagogic discourse* (Vol. 4), Londres : Routledge.
- BERNSTEIN, B. (1996). *Pedagogy, symbolic control and identity : theory, research, critique*. Londres : Taylor and Francis.
- CARNAP, R. (1962). *Logical Foundations of Probability*. Chicago : Chicago University Press (2<sup>e</sup> édition).
- CHALMERS, A.F. (1982). *What is this thing called science*. Milton Keynes : Open University Press.
- DERRIDA J. (1988). *Limited Inc.*, trad. S. Weber. Evanston IL : Northwestern University Press.
- DEWEY, J. (1938). *Experience and Education*, traduction grecque. Athènes : Éditions Glaros.
- DOWLING, P. (1994). Discursive saturation and school mathematics texts : A strand from a language of description. In P. Ernest (Ed.). *Mathematics, education and philosophy : An international perspective*. Londres : The Falmer Press.
- DOWLING, P. (1995). Discipline and Mathematics : the myth of relevance in education. *Perspectives in Education*, 16, 2, 209-226.
- DRIVER, R. (1981). Pupils' Alternative Frameworks in Science. *European Journal of Science Education*, 3, 1, 93-101.
- DRIVER, R. et EASLEY, J. (1978). Pupils and Paradigms : A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-84.
- FEIGL, H. (1970). The Orthodox View of Theories. In M., Radner et S., Winokur (Eds.). *Analyses of Theories and Methods of Physics and Psychology*. Minneapolis : University of Minnesota Press.
- FEYERABEND, P. (1975). *Against Method*. Londres : New Left Books.
- HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening*. Cambridge : Cambridge University Press.
- JENKINS, E.W. (1994). HPS and school science education : remediation or reconstruction? *International Journal of Science Education*, 16, 6, 613-623.
- JENKINS, E.W. (1996). The 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 28, 2, 137-150.
- KAMBOUCHNER, D. (1980). The Theory of Accidents, *Glyph*, vol.7
- KOULAUDIS, V. (1987). *Philosophy of Science in Relation to Curricular and Pedagogical Issues : A study of science teacher's opinions and their implications*. Thèse de Doctorat inédite, University of London.
- KOULAUDIS, V. (1994). Science Teaching and Epistemology : The selection/construction of content. In *Proceedings of European Physical Society : History Teaching Physics*. Hongrie : Université de Szobathely.

- KOULAIDIS V. & TSATSARONI, A. (1996). A pedagogical analysis of science textbooks : how can we proceed? *Research in Science Education*, 26, 1.
- KUHN, T. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago : Chicago University Press (2<sup>e</sup> édition).
- LAKATOS, I. (1970). Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. In I., Lakatos et A., Musgrave, A. (Eds.). *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge : Cambridge University Press.
- LAKATOS, I. (1978). The Methodology of Scientific Research Programmes. In J., Worrall et G., Currie (Eds.). Cambridge : Cambridge University Press.
- LENOIR, T. (1988). Practice, Reason, Context : The dialogue between theory and experiment. *Science in Context*, 2, 1.
- MAHONEY, M. J. (1989). Participatory Epistemology and Psychology of Science. In B., Gholson, W.R., Shadish Jr., R.A., Neimeyer et A.C., Houts (Eds.). *Psychology of Science : Contributions to Metascience*. Cambridge : Cambridge University Press.
- MATTHEWS, M. R. (1993). Constructivism and Science Education : Some epistemological problems. *Journal of Science Education and Technology*, 2, 1, 359-370.
- MILLAR, R. (1989). Bending the Evidence : The Relationship between Theory and Experiment in Science Education. In R., Millar (Ed.). *Doing Science : Images of Science in Science Education*. Londres : The Falmer Press.
- Ministry of Education (New Zealand) (1993). *Science in the New Zealand curriculum*. Wellington : Ministère de l'Éducation.
- MULLER J. et TAYLOR N. (1995). Schooling and everyday life : Knowledges sacred and profane. *Social Epistemology*, 9, 3, 257-275.
- NEWTON-SMITH, W.H. (1981). *The rationality of Science*. Londres : Routledge and Kegan Paul.
- PIAGET, J. (1969). Le langage et les opérations intellectuelles. In H. G., Furth (Ed.). *Piaget and knowledge*. New Jersey : Prentice-Hall.
- PIAGET, J. (1974). *La compréhension de la causalité*. New York : Norton & Co.
- POPPER, K.R. (1963). *Conjectures and Refutations*. Londres : RKP.
- POPPER, K. P. (1979). *Objective Knowledge*. Oxford : Oxford University Press (Édition Revue).
- PUTNAM, H. (1981). In I., Hacking (Ed.). *Scientific Revolutions*. Oxford : Oxford University Press.
- Rapport Cockcroft (1982). *Mathematics Counts, Report of the Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools*. Londres : H.M.S.O.
- ROSEN, E. (1959). *Three Copernican Treatises*. New York : Dover.
- SCAA (1994). *National Curriculum Orders*. Londres : School Curriculum and Assessment Authority.
- STATEN H. (1985). *Wittgenstein and Derrida*. Oxford : Basil Blackwell.