

ENSEIGNER LA PHYSIQUE PAR SITUATION PROBLÈME OU PAR PROBLÈME OUVERT

Jean Marie Boilevin

La littérature pédagogique française utilise fréquemment depuis quelques années les expressions situation-problème ou problème ouvert dans le domaine de l'enseignement de la physique. Pour justifier cette utilisation, l'intérêt didactique des problèmes est souvent mis en avant, la relation entretenue entre problème et apprentissage de la physique apparaissant essentielle. Mais la signification même des expressions utilisées pour convoquer le problème de physique ne semble pas stabilisée. N'y a-t-il pas alors un risque que des malentendus surgissent et que des divergences sur les questions d'enseignement-apprentissage naissent de l'utilisation de termes divers (problème, situation-problème, problème ouvert, problématisation) sans qu'un travail sur le sens n'ait été accompli ?

Nous proposons dans cet article d'analyser plus précisément deux types d'activités rencontrées dans l'enseignement de la physique en France et qui ont fait l'objet de réflexions théoriques et de tentatives de validation par certains chercheurs en didactique : la situation-problème et l'activité de résolution de problème ouvert. La comparaison d'un point de vue épistémologique, psychologique et didactique de ces deux outils amène à interroger notamment la nature et la place du problème dans l'apprentissage de la physique.

1. INTRODUCTION

Depuis quelques années, concernant l'enseignement de la physique, on trouve une utilisation fréquente de l'expression *situation-problème*, parfois de *problème ouvert* (ou *situation ouverte*) dans la littérature pédagogique (manuels, revue d'associations de spécialistes (1), sites Internet institutionnels ou non) comme chez les prescripteurs (instructions officielles) ou encore dans les documents d'accompagnement des programmes (2). Ainsi, à propos de la place de l'expérience dans l'enseignement, les programmes de seconde et de première S (3) indiquent que l'enseignement expérimental « offre la possibilité de répondre à une situation-problème par la mise au point d'un protocole, la réalisation pratique de ce

un usage
d'expressions
diverses...

-
- (1) Nous pensons au *Bulletin de l'union des physiciens* et à la *Revue de l'association des professeurs d'initiation aux sciences physiques*.
 - (2) Ces documents sont élaborés par le *Groupe d'experts en programme scolaire* (GEPS) de sciences physiques.
 - (3) BOEN Hors Série n° 2 du 30 août 2001 et BOEN Hors Série n° 7 du 30 août 2000.

...convoquant
le problème
de physique

mais des
significations
non stabilisées

protocole, la possibilité d'aller-retour entre théorie et expérience, l'exploitation des résultats ». De même, les documents d'accompagnement proposent des mises en œuvre du programme de première S s'appuyant abondamment sur l'idée de *situation-problème*.

Pour justifier cette utilisation, l'intérêt didactique des problèmes est souvent mis en avant par différents auteurs en mettant l'accent notamment sur la relation entre problème et apprentissage de la physique. Mais la signification même des expressions utilisées pour convoquer le problème de physique ne semble pas stabilisée. De même, les points de vue épistémologiques, psychologiques et didactiques sous-jacents ne sont pas souvent explicités. N'y a-t-il pas alors un risque que des malentendus apparaissent et que des divergences sur les questions d'enseignement apprentissage naissent de l'utilisation de termes divers (*problème, situation-problème, problème ouvert, problématique*) sans qu'un travail sur le sens n'ait été accompli ?

De très nombreux travaux de recherche sur la résolution de problème en contexte scolaire existent. Ainsi le « *Problem Based Learning* » semble-t-il très développé comme démarche d'enseignement (4) dans le monde anglo-saxon. Pour notre part, nous proposons dans cet article d'analyser plus précisément deux types d'activités rencontrées dans l'enseignement de la physique en France et qui ont fait l'objet de réflexions théoriques et de tentatives de validation par certains chercheurs en didactique : la situation-problème et l'activité de résolution de problème ouvert. La comparaison de ces deux outils didactiques devrait permettre d'interroger notamment la nature et la place du problème dans l'apprentissage de la physique.

2. QU'EST-CE QU'UN PROBLÈME EN PHYSIQUE ? QUELLES SONT SES FONCTIONS DANS L'ENSEIGNEMENT ?

Nous essayons de préciser le sens que nous pourrions attribuer au mot problème. Nous analysons ensuite ses rôles didactiques possibles dans l'enseignement apprentissage de la physique.

2.1. Un détour linguistique

Le Petit Robert propose deux sens au mot problème. Dans un premier cas, un problème est « *une question à résoudre qui prête à discussion, dans une science* ». Cette « *question à*

(4) Voir par exemple Pochet (1995) pour une étude de cette question.

résoudre porte soit sur un résultat inconnu à trouver à partir de certaines données, soit sur la détermination de la méthode à suivre pour obtenir un résultat supposé connu. » Dans une deuxième proposition plutôt orientée vers la vie courante, un problème est une « difficulté qu'il faut résoudre pour obtenir un certain résultat ; une situation instable ou dangereuse exigeant une décision. »

question
de physique ?

En fait, le mot problème est apparu tardivement dans la langue française, remplaçant peu à peu le mot question.

Qu'est-ce donc qu'une question ? Le Dictionnaire historique de la langue française (1993) précise à ce propos que « question » est emprunté par notre langue au latin *quaestio* au XII^e siècle. Ce terme « désigne la recherche en général » et « s'est spécialisé en droit au sens d'« enquête », « interrogatoire », plus spécialement « enquête avec torture », et dans la langue philosophique « interrogation, discussion » ». Le même dictionnaire précise : « Le mot, sans reprendre le sens général du latin, réservé en français à quête et à recherche, a été emprunté pour désigner une demande faite en vue d'une information, d'un éclaircissement. Avant la fin du XII^e siècle, question désigne un point qui prête à discussion, soulève un débat théorique ou pratique ».

ou problème
de physique...

Le mot problème ne s'est imposé en français que depuis le XVII^e siècle : longtemps après, on continuera de parler de questions de physique (ou de mathématiques, etc.) plutôt que de problèmes de physique. Selon le *Dictionnaire historique de la langue française* encore, le mot dérive, par le latin *problema*, qui désigne une question à résoudre, d'un mot grec signifiant, « ce que l'on a devant soi, et spécialement un obstacle, une tâche, un sujet de controverse, une question à résoudre ». Le mot grec est en effet formé à partir de *pro*, « devant », et de *ballein*, « lancer » : l'idée essentielle est celle d'une difficulté, d'un défi-intellectuel, par exemple – que l'on lance (*β<λλω*) devant soi (*πρό*).

Que deviennent ces différents points de vue dans le domaine de la physique et de son enseignement ? Pour notre part, il nous semble qu'une question appelle en général une réponse alors qu'un problème appelle une procédure de résolution. De plus, comme le soulignent De Vecchi & Carmona-Magnaldi (1996), l'instabilité liée à l'existence du problème à résoudre (évoquée par le Petit Robert) semble fournir une situation tout à fait favorable à l'apprentissage.

2.2. Représentation du problème, résolution de problèmes et problématisation

De l'étude étymologique, Fabre (1999) tire trois réseaux sémantiques délimitant le mot « problème » : l'initiative ou le projet, la difficulté ou l'obstacle, la saillance ou le significatif. Ces trois dimensions sont questionnées par cet auteur à

trois dimensions du
mot problème...

l'aide d'une part des travaux de la psychologie cognitive et d'autre part de certains points de vue épistémologiques.

...questionnées

par la psychologie
cognitive

par l'épistémologie

La première orientation permet de mettre l'accent sur la tâche et sur l'activité du sujet résolvant le problème (Weil-Barais, 1993). Il faut alors distinguer la description objective de la tâche faite par l'expert de la représentation subjective que s'en fait le sujet qui traite le problème. Les recherches portent alors sur le processus de résolution de problèmes insistant en particulier sur deux étapes importantes : la représentation du problème et l'élaboration de la solution.

L'étude des rapports entre théorie et faits d'observation a amené les épistémologues contemporains à abandonner une vision inductiviste de la démarche scientifique pour une approche hypothético-déductive. Dans le rapport dialectique entre théorie et réalité, la démarche du physicien se fait alors résolution de problème. Pour Fabre, « *le problème devient la catégorie centrale de l'épistémologie antipositiviste* », représentée par Bachelard et Popper. Mais « *le soucis omniprésent du problème ne garantit en rien que soient sauvegardées toutes les exigences de la problématicité* ». Fabre met en garde contre trois propositions sur lesquelles s'appuie le paradigme du problème : « *les réponses sont plus fondamentales que les questions ; savoir si les réponses sont vraies ou fausses est la seule chose vraiment importante ; le plus déterminant dans la pensée, c'est de savoir résoudre les problèmes.* » Mais pour cet auteur, cette vision dogmatique du problème peut être compensée par les idées de Bachelard ou celles du pragmatisme qui mettent l'accent sur la construction du problème (la problématisation).

2.3. Essai de définition dans le domaine de l'enseignement de la physique

distinguer
problème de science
et
problème de classe

Chez Dumas-Carré & Goffard (1997) « *pour qu'il y ait problème, il doit y avoir une question qui a du sens et nécessite une réponse qui n'est pas connue, sinon il n'y aurait que rappel de connaissances mémorisées. La résolution d'un problème consiste à élaborer un raisonnement qui conduit de la question à la réponse, en utilisant des connaissances déjà acquises. Si le chemin était connu, il s'agirait aussi de rappel de connaissances.* »

De Vecchi & Carmona-Magnaldi (1996) ajoutent que les problèmes rencontrés en milieu scolaire ne sont en fait que des exercices puisqu'ils se résument bien souvent « *à un questionnement venant d'une personne (maître ou auteur du manuel) et devant être résolue par une autre personne (apprenant).* »

Joahua & Dupin (1993) insistent sur les niveaux de distinction d'un problème. Tout d'abord, un problème rencontré en classe de sciences n'est pas un problème naturel. Ces auteurs prennent l'exemple de la nuit qui est noire pour tout le monde. « *Ce n'est qu'en classe de physique que cette couleur*

distinguer
problème de la vie
quotidienne
et
problème scolaire
académique

devient un problème. Ce problème, d'abord et avant tout scientifique, est aussi un problème didactique car il est posé en classe de physique, en vue d'apprendre la physique. [...] L'existence du problème dans la classe ne va pas de soi ; c'est une construction externe à la classe », qui nécessite une dévolution (au sens de Brousseau, 1986). Le mot problème est en effet souvent employé pour désigner la tâche, comme s'il s'agissait effectivement d'un problème pour les élèves à qui l'on propose cette tâche. En fait, proposer des problèmes en classe relève d'un travail didactique considérable, comme le précisent ces deux auteurs.

Dumas-Carré & Goffard s'attachent à comparer les problèmes de la vie quotidienne et les problèmes scolaires académiques. Elles insistent sur le fait que dans le premier cas, seul le résultat obtenu compte alors que dans le second cas, le résultat importe peu d'un point de vue pratique, c'est la façon dont il a été obtenu qui importe. En effet, la résolution du problème permet de donner du sens aux connaissances de physique.

Ces auteurs s'interrogent alors sur la finalité des activités de résolutions de problèmes scolaires.

2.4. Les formes et les fonctions possibles des activités de résolution de problèmes en milieu scolaire

selon le modèle
pédagogique,
différents statuts
pour le problème
en milieu scolaire

Étudiant la littérature pédagogique consacrée au problème, Fabre (1999) repère trois types de pédagogie avec trois statuts possibles pour le problème en milieu scolaire. Cet auteur évoque ainsi la pédagogie de la réponse ou de la compréhension, celle de la résolution de problèmes et celle de la problématisation. Dans chaque modèle pédagogique, la troisième forme se présente comme une synthèse des deux autres : appropriatif (Champagnol, Charnay) investigation/structuration (Astolfi, Develay) et situation-problème (Meirieu).

deux fonctions
pour le problème :
évaluation
ou apprentissage

Mais la première fonction prise en compte par l'enseignant est la fonction d'évaluation : « un sujet résout un problème en utilisant les connaissances qu'il possède déjà. Être capable de résoudre "correctement", un problème est donc preuve que l'on possède ces connaissances » (Dumas-Carré & Goffard, 1997).

La seconde fonction est celle d'apprentissage : « pour résoudre un problème, un sujet construit une solution nouvelle, pas encore connue de lui. Il crée ainsi un savoir nouveau, un nouvel assemblage. Il apprécie le champ d'application d'un concept, d'une loi. Il relie ce concept à d'autres ou l'associe à d'autres qui, jusque-là, lui paraissaient indépendants » (Dumas-Carré & Goffard, 1997).

Dans les deux cas, ce sont les mêmes énoncés, que Dumas-Carré appelle des problèmes coutumiers, qui sont utilisés dans la pratique scolaire. Cet amalgame entre deux finalités différentes semble dommageable pour ce qui concerne la

fonction apprentissage et amène à proposer d'autres types de problème :

- La situation-problème : une alternative au cours lui-même.
- Le problème ouvert : une alternative au problème classique.

3. ENSEIGNER LA PHYSIQUE PAR SITUATION-PROBLÈME

situation-problème :
concept d'origine
pragmatique...

La *situation-problème* est un concept dont le champ d'application à la didactique d'un grand nombre de disciplines. Mais comme de nombreux concepts forgés de façon pragmatique par les didacticiens, il semble que sa définition soit floue même s'il semble fécond dans l'usage qui en est fait. Dans le cas de la physique, des efforts d'explicitations théoriques ont été entrepris concernant ce concept, notamment par Robardet (2001).

3.1. Généralités

De nombreux domaines de la didactique ont exploré ce concept, du français aux sciences expérimentales. Pour Meirieu (1988), la *situation-problème* s'oppose aux pédagogies de la réponse et aux pédagogies du problème. « *Tout l'effort de la pédagogie des situations-problèmes est d'organiser précisément l'interaction pour que, dans la résolution du problème, l'apprentissage s'effectue. Cela suppose que l'on s'assure, à la fois, de l'existence d'un problème à résoudre et de l'impossibilité de résoudre le problème sans apprendre* ».

...utilisable
quelle que soit
la discipline...

Pour De Vecchi & Carmona-Magnaldi (1996, 2002) la *situation-problème* est utilisable quelle que soit la discipline d'enseignement. Il s'agit d'une situation de recherche, en relation avec un obstacle lié à des conceptions erronées et vécu par les élèves comme une contradiction. Le travail sur cet obstacle s'appuie alors sur des conflits cognitifs ou socio-cognitifs et son dépassement ouvre sur la construction de connaissances à caractère général. Ces auteurs ajoutent que la *situation-problème* est « *porteuse de sens pour celui qui apprend* », « *Face à la difficulté de trouver de véritables situations-problèmes dans la littérature pédagogique* », De Vecchi propose ainsi un ouvrage (2004) constituant « *une banque de situations-problèmes tous niveaux* ».

...à condition
de distinguer
gestion
pédagogique
et
gestion didactique

« *La situation-problème est ainsi au cœur de la réflexion didactique, elle articule le niveau des représentations et des conceptions des élèves et le niveau de l'organisation conceptuelle des apprentissages* » (Cornu & Vergnion, 1992).

Mais comme le souligne Fabre (1999), il convient de distinguer la gestion pédagogique des *situations-problèmes* de la gestion didactique. La première s'appuie essentiellement sur

un axe psychologique alors que la seconde exige « une élucidation épistémologique des savoirs à enseigner » permettant ainsi de garantir la valeur des apprentissages. « À l'axe psychologique vient alors s'articuler un axe épistémologique, celui qui relie le savoir visé aux représentations premières, lesquelles peuvent alors – mais alors seulement – s'interpréter en termes d'obstacles. »

3.2. Cas de l'enseignement de la physique

objectif-obstacle
et dépassement
d'un obstacle
épistémologique

Les caractéristiques d'une *situation-problème* dans le domaine de l'enseignement de la physique ont été étudiées et détaillées par Robardet dans une série d'articles (1990, 1995, 1997, 2001).

• Objectif obstacle ou comment s'attaquer à une difficulté conceptuelle importante

L'objectif premier qui est visé dans un enseignement de physique s'appuyant sur une *situation-problème*, c'est le dépassement d'un *obstacle* (épistémologique). Le choix de cet *obstacle* et l'utilisation qui en est faite amène à parler d'*objectif-obstacle* comme le propose Martinand (1986). De plus, le changement conceptuel accompli par les élèves devra être souligné par l'enseignant à la fin du travail.

• Construire une situation suivie d'une question

construire
une situation
répondant
à des contraintes
précises

Le savoir à enseigner doit être contextualisé afin de se présenter de manière opératoire, en concurrence directe avec les conceptions des élèves. L'étude proposée aux élèves s'organise donc autour d'une situation à caractère concret. « *Construire une situation, c'est construire un milieu (au sens de Brousseau) au sein duquel le savoir enseigné va pouvoir prendre tout son sens pour l'élève* » (Robardet, 2001).

Le choix de la situation répond donc à des contraintes précises. Il faut tout d'abord identifier l'obstacle. Il faut alors faire preuve d'imagination, comme le dit Robardet, pour trouver la situation dans laquelle l'*obstacle* va se manifester et dans laquelle le savoir enseigné va pouvoir prendre tout son sens.

organiser
la situation concrète
en proposant
des questions

Il faut ensuite organiser la situation (aspect matériel ; travail par groupes de deux, de quatre etc. ; différentes phases de travail). Les consignes de travail doivent être précises (prévision, argumentation, activité expérimentale). De même, une attention doit être apportée au choix des activités ainsi qu'au choix et à la formulation des questions posées. Nous voyons ici que la place de l'expérimental doit être particulièrement travaillée.

La situation concrète étant organisée, il s'agit alors de proposer aux élèves une ou plusieurs questions. « *Dans la plupart des cas, on demande aux élèves guidés par leurs conceptions de prévoir et d'argumenter un effet avant d'en*

effectuer le constat expérimental » (Robardet, 2001). Généralement, les prévisions ne résistent pas à l'épreuve des faits et l'apparition de ce paradoxe permet de passer à la phase suivante du travail.

• **Problématisation**

Reprenant les propos de Fabre (1999), Robardet distingue pour penser le concept de problème deux niveaux qui s'écartent de la vision habituellement rencontrée dans l'enseignement et déjà signalée précédemment (où un problème est en fait un simple exercice d'application des connaissances) : la problématisation et la résolution.

distinguer
phase
de problématisation
et phase
de résolution

La phase de problématisation est essentielle. Elle amène les élèves à participer à la construction du problème au cours des interactions en classe. On retrouve les idées de Bachelard (1938) sur la nécessité de construire les problèmes qui ne se posent pas d'eux-mêmes.

La phase de résolution proprement dite est précédée de la dévolution du problème. En effet, si la situation est bien menée, le problème imaginé par le professeur va devenir le problème des élèves. La mise en évidence du paradoxe entre les prévisions et les observations effectuées va alors créer le besoin de résoudre le problème.

Généralement, les schémas habituels de résolution ne fonctionnent plus. L'apport du professeur est alors nécessaire (institutionnalisation) et les élèves sont conduits à s'approprier les éléments nécessaires à la construction d'une solution.

• **Rôles de l'enseignant**

Robardet reprend le découpage du travail en classe en plusieurs moments distingués par Brousseau.

La première phase est une phase d'action, un moment de recherche, de discussion en petits groupes. L'enseignant est ici un organisateur.

suivant les phases
rôles différents
de l'enseignant

La phase suivante est une phase de formulation, un moment d'échanges entre groupes, de confrontations de points de vue. L'enseignant joue alors le rôle d'animateur et veille notamment à organiser les discussions.

Enfin, le travail se termine par une phase de validation. Il s'agit alors de choisir entre les différentes propositions (hypothèses explicatives) et de recourir éventuellement à l'expérience pour trancher. L'enseignant joue encore le rôle d'un animateur.

Le problème étant résolu, le professeur institutionnalise le savoir, en le décontextualisant de la situation étudiée. L'enseignant est ici le représentant de la Physique, le garant de la conformité du résultat aux savoirs de la Physique.

• Place de l'expérience

L'expérience peut répondre à deux objectifs. Tout d'abord, elle peut permettre à l'enseignant de mettre en évidence un phénomène particulier. Il s'agit ici d'une monstration (au sens de Johsua).

l'expérience :
deux objectifs
possibles

Mais la place essentielle de l'expérience se situe à la fin de la phase de formulation lorsqu'il s'agit de valider ou d'invalidier les propositions. L'expérience est alors associée à la recherche de preuves.

Dans une *situation-problème*, l'élaboration du protocole expérimental et sa mise en œuvre sont assurés si possible par les élèves. Le compte-rendu des observations et des mesures doit amener la classe à conclure avec l'aide du professeur.

Ajoutons qu'une séance d'*enseignement-apprentissage* de physique utilisant une *situation-problème* s'appuie souvent sur une série de situations expérimentales.

3.3. Cadres théoriques et types d'apprentissages en jeu

un dispositif
didactique...

D'un point de vue épistémologique, notons que ce dispositif tente de construire un rapport à l'expérimental plus conforme aux pratiques actuelles. En effet, il s'appuie sur le primat du théorique sur l'expérimental, abandonnant de ce fait la vision empiriste encore très répandue chez les enseignants. Ainsi, la pratique du questionnement, de la construction d'expérience à l'intérieur d'un cadre théorique initial (ici les conceptions des élèves) permet d'illustrer la notion de problème scientifique.

...pour un rapport
à l'expérimental
plus conforme
à la pratique
scientifique...

De plus, le travail en groupes donne une image de la pratique scientifique aux élèves. D'une part, le produit de la recherche d'une équipe se partage avec l'ensemble de la communauté scientifique. D'autre part, la connaissance est un processus de construction qui nécessite une communication et une validation entre les individus.

L'apprentissage à l'œuvre dans ce type de situation s'appuie sur les travaux de Piaget. En effet, le découpage et l'emboîtement des situations assurant sa progression permet aux mécanismes d'accommodation-assimilation de fonctionner et amène ainsi les élèves à progresser dans l'appropriation des connaissances.

...et s'appuyant
sur l'hypothèse
constructiviste...

Fabre (1999) note cependant une certaine incohérence chez les didacticiens à convoquer d'une part Piaget et d'autre part Bachelard dans cet outil didactique. En effet, Piaget développe une conception continue dans la construction des connaissances (les processus d'adaptation et d'équilibration permettant une restructuration de la connaissance) alors que Bachelard développe une vision plutôt discontinue (le dépassement des obstacles épistémologiques permettant la construction de connaissances).

...et/ou
socioconstructiviste

Notons aussi que si le travail de groupes est privilégié par l'enseignant, les interactions sociales entre pairs vont faciliter l'apprentissage (Vygotski). En effet, les conceptions des élèves sont exprimées et discutées, ce qui permet une mise en échec éventuelle des théories alternatives des apprenants. La *situation-problème* serait alors un dispositif didactique reposant sur l'hypothèse socioconstructiviste.

4. ENSEIGNER LA PHYSIQUE EN UTILISANT DES PROBLÈMES OUVERTS SANS DONNÉES

travaux en sciences
cognitives
à l'origine
de ces recherches

La pratique du problème ouvert a été discutée en didactique des mathématiques (Arsac *et al.*, 1988) pour redonner du sens aux activités mathématiques. L'utilisation de problèmes ouverts sans données dans l'enseignement de la physique a été développée conjointement par des chercheurs espagnols et français (Dumas-Carré *et al.*, 1989, 1992 ; Goffard & Dumas-Carré, 1993 ; Dumas-Carré & Goffard, 1992, 1997 ; Gil-Pérez, 1992 ; Furio-Mas *et al.*, 1994).

Ces recherches prennent appui sur les travaux en sciences cognitives et particulièrement sur l'approche *traitement de l'information* (par exemple Newell & Simon, 1972 ; Richard, 1990) qui met l'accent sur les processus de résolution de problèmes et sur les mécanismes d'acquisition.

4.1. Comparaison entre un problème fermé et un problème ouvert

caractéristiques
du problème ouvert

Pour parler de problème ouvert sans données, les tâches proposées aux élèves doivent posséder les caractéristiques principales suivantes :

- la situation à étudier est décrite en termes de phénomènes, d'objets ;
- la situation est ouverte, sans données (les grandeurs susceptibles d'intervenir sont à déterminer, les conditions aux limites sont à fixer, la modélisation est, elle aussi, ouverte) ;
- la question est posée en termes de phénomènes et d'objets.

Dumas-Carré & Goffard (1997) citent ainsi les exemples suivants, à propos de mécanique en terminale S, pour illustrer cette distinction entre problème fermé et problème ouvert sans données.

Énoncé coutumier :

Une locomotive de 100 tonnes se déplace sur une voie rectiligne et horizontale à la vitesse constante de 70 km/h. Sur la voie se trouve une voiture à l'arrêt. Quelle doit être la force de freinage pour que la locomotive s'arrête en 25 secondes ?

Énoncé transformé en problème ouvert :

Un train roule sur une voie. Sur celle-ci se trouve un obstacle. Le train rencontrera-t-il l'obstacle ?

faire des choix de représentation	<p>À partir de ces exemples, les principales caractéristiques d'un problème fermé peuvent être comparées à celles d'un problème ouvert.</p> <p>Dans l'énoncé coutumier, la représentation et la modélisation du problème sont explicites et ne sont donc pas à la charge de l'élève. De plus la question est posée en termes de grandeur physique à déterminer. Il s'agit simplement pour l'élève d'appliquer les lois de la mécanique pour obtenir cette grandeur, ces dernières étant suggérées par l'énoncé du problème.</p>
faire des choix de modélisation	<p>Par contre, à partir du texte du problème ouvert et de la formulation de la question, plusieurs problèmes sont envisageables. Suivant la représentation de la situation problématique et des choix de modélisation faits, différents énoncés pourront être proposés et traités. L'énoncé coutumier apparaît alors comme l'un des problèmes possibles à partir du problème ouvert, suivant les fermetures (5) opérées par exemple au cours des choix de représentation et de modélisation. Dans le problème ouvert proposé, la voie peut être considérée horizontale ou inclinée. De même, les forces de frottements peuvent être considérées constantes ou non pendant le freinage.</p>

4.2. Activité de résolution de problèmes ouverts de physique

Nous avons déjà eu l'occasion d'analyser ce dispositif didactique ainsi que sa mise en œuvre par des enseignants en formation (Boilevin, 2000 ; Boilevin & Dumas-Carré, 2001).

• Cadre théorique

comparaison experts/novices	<p>Ce modèle s'appuie notamment sur l'idée de <i>représentation du problème</i>. Un courant de recherches sur la résolution de problèmes utilisant la comparaison experts/novices (Larkin & Reif, 1979 ; Chi <i>et al.</i>, 1981) est à l'origine ce concept. La résolution de problèmes est découpée en étapes et la représentation du problème constitue le produit obtenu à la fin de la première étape. Mais les interactions entre les individus résolvant un problème sont aussi prises en compte dans le modèle développé par Dumas-Carré & Goffard.</p> <p>Un point de vue développé par l'épistémologie contemporaine (Bachelard, Popper) considère les théories non comme des découvertes mais comme des inventions, produits de l'activité humaine. « <i>Rien n'est donné, tout est construit</i> » (Bachelard, 1938). L'idée d'une réalité objective du monde dévoilé par la science est alors abandonnée. La science est</p>
--------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(5) Par fermeture, il faut comprendre un problème traditionnel fermé (conditions et modélisation précisées) compatible avec la situation ouverte étudiée. Le professeur guide les élèves vers certaines fermetures, suivant ses objectifs et les moyens des élèves.

le concept
d'intersubjectivité
remplace
celui d'objectivité

vue comme un processus collectif de construction d'une représentation de la réalité. Le concept d'intersubjectivité (échange de points de vue entre individus) remplace alors celui d'objectivité. Le discours scientifique n'existe que s'il est reconnu comme tel par la communauté partageant les mêmes critères de rationalité et de preuves, les mêmes exigences méthodologiques etc. « *Il n'y a de connaissance que collective, et donc partagée* » (Lévy-Leblond, 1996).

certaines activités
scolaires éclairées
par le concept
de pratique sociale
de référence

Le concept de pratique sociale de référence (Martinand, 1986) désigne les activités sociales pouvant servir de références à des activités scolaires. De ce point de vue, un programme d'enseignement ne se réduit pas à une simple réduction ou adaptation du savoir savant en savoir à enseigner. Il convient de ne pas oublier les activités sociales correspondantes. Les conditions d'obtention et d'utilisation des savoirs sont aussi importantes que ces derniers. Ainsi, on peut faire appel à des pratiques de références variées (la recherche scientifique, l'ingénierie, voire les activités domestiques). À partir de ce concept didactique, Dumas-Carré & Goffard proposent un modèle d'activité de résolution de problèmes ouverts, en prenant comme référence le chercheur scientifique et comme activité la résolution de problèmes (activité principale de la recherche scientifique). Elles choisissent alors certaines « activités intellectuelles » parmi les éléments de la démarche scientifique pour une transposition en classe. Le recours à des problèmes ouverts sans données permet à l'élève de développer des activités cognitives absentes très souvent dans la résolution traditionnelle d'un problème de physique :

- travailler la précision de la situation, la représentation du problème ;
- émettre des hypothèses, rechercher les facteurs pertinents ;
- choisir une modélisation, travailler les limites d'utilisation du modèle utilisé ;
- rechercher différents chemins de résolution ;
- exprimer ses idées, ses préconceptions.

modification du rôle
des élèves et du rôle
du professeur

Le rôle des élèves et celui du professeur sont ainsi nettement modifiés par rapport à la pratique traditionnelle. Pour illustrer notre propos, nous présentons dans le document 1 une comparaison possible entre l'activité d'un chercheur (la recherche scientifique) et l'activité d'un élève en situation de résolution de problème ouvert sans données (la recherche élève).

• **Analyse du modèle d'activité**

Pour analyser ce modèle, nous avons repéré six catégories qui le structurent.

a) Caractéristiques des tâches

Il s'agit de problèmes ouverts sans données, occasions de faire développer aux élèves des activités intellectuelles en référence aux activités intervenant dans une recherche scientifique. Par exemple :

problèmes ouverts
sans données

- Problématiser : clarifier le but du problème, exprimer une question en termes de concepts de physique.
- Modéliser : se représenter le problème, choisir et préciser la situation (niveau de prise en compte du réel)
- Émettre des hypothèses : déterminer les facteurs dont dépend(ent) la ou les grandeur(s) recherchée(s) et comment ils interviennent.
- Élaborer des stratégies de résolution (anticiper, explorer, organiser).
- Contrôler, analyser la cohérence entre les résultats et les hypothèses.

activités
intellectuelles
en référence
à certaines activités
de recherche

- Déterminer de nouvelles questions, par exemple en changeant la modélisation, en choisissant une situation plus complexe maintenant abordable compte tenu des connaissances construites.
- Effectuer un retour synthétique sur les différentes étapes suivies pour résoudre le problème

Le dernier point n'existe pas dans la pratique de référence. Mais cette étape est essentielle pour que l'activité de résolution de problème ouvert assure une fonction d'apprentissage auprès des élèves (transfert à d'autres problèmes, construction de méta-connaissances). Nous retrouvons ici ce que l'équipe de recherche de l'I.N.R.P. regroupée autour de Astolfi nomme « *activités de structuration* » (1985). Ces dernières « *ont pour objet de permettre une synthèse à partir d'un ensemble de situations de référence* ». C'est pourquoi Dumas-Carré et Goffard préconisent l'utilisation de ce modèle d'activité pendant une série de séquences d'enseignement et non ponctuellement. Cela permet aux élèves de construire des relations entre des connaissances ponctuelles résultant de la résolution de problèmes variés.

activités
de structuration

b) Travail en commun

L'organisation du groupe classe est essentielle dans les activités de résolution de problèmes ouverts. Il s'agit d'un travail collectif avec une alternance de :

travail collectif
et tâches
intermédiaires

- Temps de réflexion et de production en petits groupes de façon à pouvoir discuter, échanger entre élèves et avancer ensemble dans la résolution du problème.
- Temps de communication des travaux de groupes.
- Temps de discussion, de confrontation des points de vue en classe entière.

L'ensemble d'une séquence de classe est organisé autour de tâches intermédiaires. Une organisation possible est présentée dans le document 2 ci-contre.

Document 2. Déroulement d’une séquence de classe
Rôles de l’enseignant et activités des élèves

	Rôles du prof	Activités des élèves
Durant toute la séance	– gérer le temps et la forme	
Présentation de la séance	– présenter les règles du jeu – anticiper (groupe de proximité, de TP, ... ?) – distribution de l’énoncé	– constitution des groupes et désignation du secrétaire rapporteur sous la tutelle du prof
Titre 1^{re} phase	Problématisation	
1 ^{re} Phase Travail en groupe	– faire traduire l’énoncé en un problème de physique – organiser la discussion – susciter le questionnement – demander des explications – propose des contre-exemples	– répondre à la question – production écrite – consensus (si possible) du groupe
1 ^{re} Phase Restitution classe entière	– animer – guider (tutelle et/ou médiation) – guider vers un consensus	– secrétaire au tableau (ou affiche) ; les autres lisent – recherche des convergences et des différences – discussion en classe entière – définition d’un problème de physique commun (en termes de grandeurs, de concepts et formulation d’hypothèses)
Titre 2^e phase	Résolution du problème commun	
2 ^e Phase Travail en groupe	– faire résoudre le problème – personne ressource	– résolution
2 ^e Phase Restitution classe entière	– contrôle et validation	– résultats – conformation aux hypothèses
Titre 3^e phase	Institutionnalisation (Retour sur la méthode)	
3 ^e Phase Questionnement personnel	– institutionnalisation – introduction du vocabulaire – ouverture « Qu’est-ce que la démarche scientifique ? »	– retour sur le résultat ouverture – retour sur la méthode – trace écrite

travail en équipe
image
de la pratique
scientifique

Le découpage en différentes phases est organisé « *par rapport à des types d’activités intellectuelles et non par rapport à des résultats intermédiaires* » (Dumas-Carré & Goffard, 1997).

Les phases de recherche et de production sont des élaborations entre pairs, avec communication des idées individuelles et donc avec confrontation des points de vue. Le travail en équipe donne, de plus, une image de la pratique scientifique aux élèves. Les connaissances sont construites à partir des interactions entre élèves et elles sont validées à un moment donné de l’histoire du groupe classe.

c) Communication

Le découpage de l'activité de résolution de problèmes en phases permet notamment à chaque groupe d'élèves de présenter le résultat de ses travaux au reste de la classe par l'intermédiaire d'un porte-parole présent au tableau. Cette communication est suivie d'un échange des points de vue et d'une discussion.

Les résultats des recherches sont partagés avec les autres équipes. Ceci montre que le produit de la recherche se partage et se discute. La communication scolaire est ici considérée comme un moyen que se donnent les différents partenaires pour réaliser la tâche proposée à l'ensemble du groupe classe. La connaissance est un processus de construction nécessitant une communication et une validation entre les individus. Le rôle du professeur est fondamental dans cette phase de travail, notamment dans la gestion des processus de négociation accompagnant la recherche de significations partagées.

partage
entre équipes
des résultats
de recherche

d) Rôles du professeur

Par rapport à une situation coutumière où la tâche proposée aux élèves est très cadrée, le rôle de l'enseignant change profondément en classe mais aussi dans la façon de préparer la séance.

Dans les travaux en petits groupes, il agit comme un guide ou une ressource à la demande et peut ainsi être considéré comme un tuteur. Dans les discussions en classe entière, il est animateur et il assure une fonction d'institutionnalisateur en fin de séance (le professeur sait et dit ce qui est conforme à la physique, c'est lui le représentant de la communauté scientifique). Dans ces deux rôles, les processus de négociation, de partage de significations et de validation sont essentiels : le professeur est alors médiateur.

le professeur :
tuteur
et/ou médiateur

La préparation de la séance nécessite de la part de l'enseignant une double expertise : celle du physicien-chimiste et celle du didacticien. D'une part, le professeur doit choisir la tâche à proposer aux élèves par rapport aux objectifs d'apprentissage visés. D'autre part, le professeur doit anticiper les réactions éventuelles des élèves, les propositions, les incompréhensions et les difficultés possibles. Il lui faut analyser ces difficultés en termes de préconceptions et/ou de modes de raisonnement spontanés. Cette anticipation permet alors de prévoir des arguments, des exemples et des contre-exemples à utiliser en classe.

double expertise
nécessaire :

celle du
physicien-chimiste

celle du didacticien

e) Nécessité ou non de la recherche d'un consensus

Le consensus sur la question à traiter et sur le choix de la modélisation, ce que nous appellerons la problématisation, est important pour traiter le même problème de façon à permettre un réel apprentissage. Par contre, des représentations différentes de la situation problématique initiale peuvent entraîner des hypothèses différentes (c'est en fait l'expression des conceptions qui a lieu). Il en est de même pour

les stratégies de résolution envisagées ainsi que le traitement du problème qui peuvent être différents d'un groupe à l'autre.

f) Nécessité de langages intermédiaires

du langage courant
au langage
scientifique

Pour passer du référent empirique au registre des modèles physiques, le recours à des systèmes symboliques ou à des langages intermédiaires s'avère nécessaire. En effet, l'apprentissage des *sciences physiques* consiste, entre autres, à passer d'une description des objets et des phénomènes dans un langage courant à une description en termes de concepts de physique et de chimie. C'est lorsque les concepts sont construits par les élèves que les termes scientifiques utilisés prennent véritablement du sens et deviennent un langage partagé.

Dans les activités de résolution de problèmes, le recours à des langages intermédiaires (de véritables aides cognitives) s'avère particulièrement important dans la phase de représentation du problème par les élèves. Il leur permet de communiquer et donc d'échanger autour de leurs conceptions.

5. COMPARAISON DES DEUX DISPOSITIFS DIDACTIQUES

Nous comparons les points de vue épistémologiques, psychologiques et didactiques sur lesquels s'appuient les deux dispositifs didactiques présentés.

5.1. Principales caractéristiques

situation-problème
et *problème ouvert*

caractéristiques
communes
et différence

De par sa construction, une *situation-problème* est donc parfaitement cadrée : elle ne peut être confondue avec un *problème ouvert* (Robardet, 2001). En effet, l'espace de liberté apparaît plus important dans l'activité de résolution de *problème ouvert*. De même, la place prépondérante occupée par l'activité expérimentale dans la *situation-problème* ne permet pas de confondre les deux types de dispositifs. Mais *situation-problème* et situation problématique ouverte partagent plusieurs caractéristiques.

5.2. Cadres théoriques – Discussion

Les activités des élèves décrites ci-dessus peuvent ainsi être rapprochées de la recherche scientifique. Elles comportent en effet trois éléments :

activités des élèves
proches
de la recherche
scientifique...

- une tâche à effectuer, un problème à résoudre ;
- un travail en équipe ;
- la communication des résultats des recherches aux autres équipes.

Le premier élément est l'occasion de faire développer certaines activités cognitives par les élèves comme la représentation de la situation, l'émission d'hypothèses et la modélisation du

Document 3. Caractéristiques des deux dispositifs didactiques

Caractéristiques	Situation-problème	Problème ouvert
Énoncé	Situation décrite en terme de physique et/ou situation expérimentale réelle Question énoncée en termes de physique	Vocabulaire plutôt quotidien Situation décrite en termes de phénomènes et d’objets Question en terme d’événement ou de phénomènes
Cadre de l’étude	Modélisation à construire	Pas de grandeurs physique Pas de données Modélisation à construire
Résolution	Recours à l’expérience Unicité de la solution	Papier-crayon Plusieurs solutions possibles Plusieurs résolutions possibles
Objectifs d’apprentissage	Franchissement d’un obstacle épistémologique ou didactique souvent fondé sur la présence d’une ou plusieurs conceptions Processus de modélisation Apprentissage d’une démarche scientifique	Apprentissage d’une démarche scientifique Processus de modélisation Apprentissage conceptuel

...répondant
à des conditions
psychologique,
didactique et/ou
épistémologique

problème. Il répond ainsi à une condition psychologique (un point de vue constructiviste sur l'apprentissage) mais aussi à une condition didactique (la prise en compte des conceptions initiales et la mise en échec éventuelle des théories alternatives des apprenants). Une différence apparaît cependant au niveau de l'énoncé ou de la situation de départ : la représentation de la situation est probablement moins divergente chez les élèves face à une monstration que dans le cas d'un *problème ouvert* papier-crayon où l'intermédiaire du langage peut entraîner de grandes différences.

Le second élément donne la possibilité aux élèves de travailler à plusieurs. Il donne ainsi une image de la pratique scientifique aux apprenants. Il s'agit ici d'une condition épistémologique liée à la pratique de référence. De plus le travail à plusieurs permet aux élèves de construire des connaissances dans les interactions. Il s'agit alors d'une seconde condition psychologique : un point de vue socioconstructiviste sur l'apprentissage.

Le dernier élément répond lui aussi à une double condition épistémologique et psychologique. D'une part, le produit de la recherche d'une équipe se partage avec l'ensemble de la communauté scientifique. D'autre part, la connaissance est un processus de construction qui nécessite une communication et une validation entre les individus.

• **Épistémologie**

abandonner
la vision inductiviste
pour l'approche
hypothético-déductive

Les dispositifs étudiés s'appuient sur certaines idées contemporaines concernant l'épistémologie des sciences. Ainsi, l'étude des rapports entre théorie et faits d'observation a amené les épistémologues contemporains à abandonner une vision inductiviste de la démarche scientifique pour une approche hypothético-déductive. Cet aspect est bien pris en compte dans la *situation-problème* comme dans la situation problématique ouverte. De même, l'idée de distinction entre la réalité objective et les théories scientifiques (ces dernières apparaissant comme des discours sur les phénomènes) est présente dans les deux dispositifs. De plus, les connaissances scientifiques sont définies au sein d'une communauté scientifique et elles ne sont validées qu'à un moment donné de l'histoire de cette communauté. Les modèles élaborés ont donc un caractère révisable, mais l'histoire des sciences nous a montré que ces changements ne sont pas gratuits et qu'ils sont liés à un changement de questionnement pour rendre compte de nouveaux phénomènes (6). Ce dernier aspect apparaît particulièrement présent dans la *situation-problème*.

• **Psychologie**

socioconstructivisme

Nous avons vu que la *situation-problème* emprunte un certain nombre d'éléments à la théorie piagétienne. Mais si le travail en groupe des élèves est développé, alors le cadre socioconstructiviste est à prendre en compte. C'est d'ailleurs ce dernier qui est privilégié dans l'activité de résolutions de problèmes ouverts où les interactions entre élèves conduisent ces derniers à construire des connaissances (passage de l'interpsychique à l'intrapsychique).

• **Didactique**

stratégies orientées
vers la construction
du sens
par les élèves

Les recherches sur les stratégies orientées vers le changement conceptuel des apprenants sont développées en didactique des sciences du monde anglo-saxon au monde francophone, en passant par le monde hispanique. Plusieurs modèles ont été proposés, des premières approches par Posner (1982) ou Resnick (1989) aux modèles de Gil-Pérez (1993) ou de Chi *et al.* (1994) ou encore celui de Fabre & Orange (1997).

Les deux dispositifs étudiés dans cet article sont à rattacher à ces recherches de stratégies orientées vers la construction du sens par les élèves. Gil-Pérez (1993) considère que la stratégie de changement conceptuel est sérieusement limitée si elle n'est pas associée au changement méthodologique et épistémologique. D'où la proposition de recourir à des situations problématiques ouvertes.

(6) Nous pensons aux obstacles épistémologiques de Bachelard (1938) et à l'idée de révolutions scientifiques au sens de Kuhn (1971).

des dispositifs
qui comportent
des limites

dont la portée réelle
devrait être évaluée
en contexte
scolaire

qui entraînent
une rupture
avec la coutume
didactique

Fabre (1999) attire l'attention sur certaines limites de ces dispositifs. Il note que le changement conceptuel demeure un processus complexe et donc difficile à gérer. Par exemple, la relation entre conceptions et obstacles est à considérer de près. Astolfi & Peterfalvi (1993) indiquent à ce propos que la relation biunivoque *conception-obstacle* n'est pas toujours vraie. Une conception peut renvoyer à plusieurs obstacles ou un obstacle peut renvoyer à plusieurs conceptions. D'autres facteurs influant sur le changement conceptuel sont étudiés par les didacticiens des sciences : le conflit cognitif, le conflit sociocognitif ou encore l'utilisation du débat scientifique en classe (Johsua & Dupin, 1989 ; Orange, 1998). Fabre note de plus que l'accent est trop mis sur la résolution des problèmes dans l'usage des *situations-problèmes* et pas assez sur la construction du problème. Or, apprendre, pour cet auteur, c'est problématiser. Il convient donc de « *distinguer la construction du problème de leur position ou de leur résolution. ...c'est pour des raisons à la fois épistémologiques et psychologiques que le déploiement de la problématisation doit être préféré, comme on l'a montré en didactique des sciences. Parce que les savoirs scientifiques valent ce que valent les problématiques dont ils émanent. Et que prendre la recherche pour pratique de référence, c'est essayer dans l'enseignement-apprentissage d'imiter cette construction. Mais aussi parce que, fondamentalement, apprendre concerne la région des problèmes ; leur position et définition. De sorte que la décision pédagogique est finalement de savoir si l'on va ignorer la problématisation privée de l'élève, la favoriser extérieurement par des dispositifs, ou essayer de la réguler en intervenant dans le processus même de construction ou de reconstruction des problèmes, sans toutefois faire le travail de l'élève à sa place.* »

À cet égard, il nous semble que le dispositif didactique *résolution de problèmes ouverts de physique* s'avère plus attentif à la construction du problème que le dispositif *situation-problème* et peut-être plus efficace en terme d'apprentissage. Des études comparatives complémentaires en contexte scolaire seraient nécessaires pour évaluer la portée réelle de ces deux outils didactiques.

Notons enfin que ces deux types de dispositif entraînent une certaine rupture avec la coutume (7). Dans le dispositif proposé, le maître n'est plus le seul à détenir le savoir puisque les savoirs des élèves sont utilisés et pris en compte par l'ensemble du groupe classe : il y a partage du savoir. De plus, l'enseignant n'est pas celui qui décide seul. Une partie des décisions est laissée à la charge des élèves : il y a partage du pouvoir. Ce nouveau dispositif peut donc déstabiliser non

(7) Nous faisons ici allusion au concept de coutume didactique développé par N. Balacheff (1988) pour caractériser certains aspects implicites du fonctionnement social des situations d'enseignement : « *La classe est une société coutumière* » régie par des pratiques établies par l'usage, et le plus souvent implicites.

seulement le professeur mais aussi les élèves lorsqu'il est utilisé en classe les premières fois. En effet, « *ce n'est plus l'élève qui s'adapte au contenu et à l'enseignant mais c'est l'enseignant qui, partant des connaissances que possède l'élève, va l'aider à prendre conscience du domaine de validité de celles-ci, et le conduire à en acquérir de nouvelles* » (Goffard, 1992).

6. CONCLUSION

Nous avons vu que le problème de physique (problème de science) devait être distingué du problème de la vie courante (problème naturel) et du problème utilisé en classe de physique (problème didactique). De plus, les utilisations classiques mélangeant évaluation et apprentissages conduisent à proposer (par exemple) deux dispositifs où le problème de physique occupe une place particulière : la *situation-problème* fonctionnant comme une alternative au cours lui-même ; la situation problématique ouverte comme une alternative au problème classique.

D'autres types de dispositifs reposant sur l'hypothèse socio-constructiviste (démarche d'investigation, construction de problème, activité de modélisation,...) existent dans le domaine de l'enseignement des sciences et participent à la construction du sens par les élèves.

La situation-problème et l'activité de résolution de problème ouvert sont deux exemples de dispositifs didactiques partageant le même point de vue sur l'apprentissage des sciences (hypothèse socioconstructiviste) et sur le fonctionnement actuel de la science (épistémologie contemporaine). Même si les activités mise en œuvre avec les élèves s'appuient sur des concepts didactiques différents dans les deux cas (la situation au sens de Brousseau pour le premier et la pratique sociale de référence pour le second) le concept clé est bien le problème de physique. Celui-ci apparaît comme le moteur de la progression scientifique (Popper, 1973).

Si l'on considère que la physique et la chimie sont non seulement définies par un ensemble d'énoncés mais aussi par un ensemble d'activités intellectuelles (notamment les activités de modélisation), s'approprier ces domaines c'est aussi s'approprier leurs modes de pensée et leurs langages. Or, ceux-ci présentent une forte spécificité. Le langage scientifique se distingue en particulier du langage naturel par des systèmes de codage (logicomathématique notamment) et de représentation.

L'enseignement habituel s'intéresse essentiellement à l'ensemble des énoncés. Si l'on veut aussi que les élèves s'approprient les activités intellectuelles, un travail sur le partage des significations de ce langage s'avère nécessaire

dans cette étude,
deux dispositifs
didactiques
parmi d'autres

organisés autour
du concept clé
de problème
de physique

dans les activités en classe. De même, un travail sur les modes de raisonnement propres aux sciences expérimentales doit être envisagé. Les activités de modélisation, qui permettent aux élèves de distinguer les phénomènes étudiés des concepts scientifiques, prennent tout leur sens. Les activités de résolution de problèmes ou les *situations-problèmes*, qui familiarisent les élèves avec les démarches de type scientifique, sont aussi à privilégier.

repenser la place
du professeur
et des élèves
dans les situations
de classe

Ces types d'activités amènent à repenser la place du professeur et des élèves dans les situations de classe. En effet, les élèves disposent en arrivant en classe de systèmes de représentations du monde et de connaissances plus ou moins éloignées des connaissances scientifiques (de véritables « théories naïves »). Les interactions didactiques devraient les amener, comme dans les activités scientifiques, à retraduire, ré-interpréter, re-formuler ces connaissances. Il s'agit de concevoir des activités où « *à partir des connaissances que possède l'élève, l'amener à prendre conscience du domaine de validité de celles-ci et à en acquérir de nouvelles* » (Goffard, 1992).

travail
sur la construction
de problème
et apprentissage
de la physique

Le travail sur la construction de problème par les élèves en physique pourrait ainsi devenir une vraie situation d'apprentissage si les enseignants prenaient conscience des choix bien souvent implicites auxquels ils ont recours. En particulier, ces types de séance d'enseignement-apprentissage s'appuient sur le partage du pouvoir et le partage du savoir (Goffard & Dumas-Carré, 1993). Avant de mettre en place une telle activité, il faut préciser ce qui sera à la charge des élèves et ce qui sera de la responsabilité du professeur dans les interactions didactiques.

Jean Marie BOILEVIN
UMRADEF IUFM Aix-Marseille
Université de Provence – INRP
jm.boilevin@aix_mrs.iufm.fr

BIBLIOGRAPHIE

ARSAC, G., GERMAIN, G. & MANTE, M. (1988). *Problème ouvert et situation-problème*. Villeurbanne : IREM, université Lyon 1.

ASTOLFI, J.-P. (coord). (1985). *Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales*. Paris : INRP.

ASTOLFI, J.-P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y. & TOUSSAINT, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck.

ASTOLFI, J.-P., PETERFALVI, B. & VERIN, A. (2001). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.

BACHELARD, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.

BALACHEFF, N. (1988). Le contrat et la coutume, deux registres des interactions didactiques. In *Actes du premier colloque franco-allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique (Lumigny)*. Grenoble : La Pensée sauvage.

BOILEVIN, J.-M. (2000). *Conception et analyse du fonctionnement d'un dispositif de formation initiale d'enseignants de physique-chimie utilisant des savoirs issus de la recherche en didactique : un modèle d'activité et des cadres d'analyse des interactions en classe*. Thèse de doctorat. Université de Provence.

BOILEVIN, J.-M. & DUMAS-CARRÉ, A. (2001). Un modèle d'activité de résolution de problèmes de physique en formation initiale d'enseignants. *Aster* 32, 63-90.

BROUSSEAU, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherche en didactique des mathématiques*, vol 7, 2, 33-115.

BROUSSEAU, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

CHALMERS, A.-F. (1987). *Qu'est-ce que la science ?* Paris : La découverte.

CHI, M.-T.-H., FELTOVICH, P.-J. & GLASER, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 5 (2), 121-152.

CHI, M.-T.-H., SLOTTA, J.-D., & DE LEEUW, N. (1994). From things to process : a theory for conceptual change for learning science concepts. *Learning and instruction* 4, 27-43.

CORNU, L. & VERGNIoux, A. (1992). *La didactique en questions*. Paris : Hachette.

DE VECCHI, G. (2004). *Une banque de situations-problèmes tous niveaux*. Paris : Hachette.

DE VECCHI, G. & CARMONA-MAGNALDI, N. (1996). *Faire construire des savoirs*. Paris : Hachette.

DE VECCHI, G. & CARMONA-MAGNALDI, N. (2002). Faire vivre de véritables situations-problèmes. Paris : Hachette.

DUMAS-CARRÉ, A., CAILLOT, M., MARTINEZ-TORREGROSSA, J. & GIL-PEREZ, D. (1989). Deux approches pour modifier les activités de résolution de problèmes en physique dans l'enseignement secondaire : une tentative de synthèse. *Aster* 8, 135-157.

DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. & GIL-PEREZ, D. (1992). Difficultés des élèves liées aux différentes activités cognitives de résolution de problèmes. *Aster* 14, 53-75.

DUMAS-CARRÉ, A. & GOFFARD, M. (1992). Utiliser des problèmes papier/crayon ? Oui, mais autrement. *Bulletin de la Société Française de Physique*, 87, 17-20.

DUMAS-CARRÉ, A. & GOFFARD, M. (1993). Des activités de résolution de problèmes pour l'apprentissage. *Les sciences de l'éducation* 4, 9-32.

DUMAS-CARRÉ, A. & GOFFARD, M. (1997). *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique. Concepts et démarches*. Paris : Armand Colin.

FABRE, M. (1999). *Situations-problèmes et savoirs scolaires*. Paris. Presses universitaires de France.

FABRE, M. & ORANGE, C. (1997). Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster* 24, 37-58.

FURIO-MAS, C.-J., ITURBE-BARRENETXEA J. & REYES-MARTIN J.-V. (1994). La « résolution de problèmes comme recherche » : une contribution au paradigme constructiviste de l'apprentissage des sciences. *Aster* 19, 87-102.

GIL-PEREZ, D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster* 17, 41-64.

GOFFARD, M. (1992). Partager le savoir, partager le pouvoir. *Science et Vie Hors série*, 180, 84-89.

GOFFARD, M., & DUMAS-CARRÉ, A. (1993). Le problème de physique et sa pédagogie. *Aster* 16, 9-28.

JOHSUA, S. & DUPIN, J.-J. (1989). *Représentations et modélisations : le « débat scientifique » dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.

JOHSUA, S. & DUPIN, J.-J. (1993). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris, Presses universitaires de France.

KUHN, T.S. (1971). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.

LARKIN, J.-H. & REIF, F. (1979). Understanding and learning problem solving in physics. *European Journal of Science Education* 1, 191-203.

LEVY-LEBLOND, J.-M. (1996). *La pierre de touche. La science à l'épreuve...* Paris : Gallimard.

MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

- MARTINAND, J.-L. (Éd.) (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- MEIRIEU, P. (1988). *Apprendre... oui, mais comment ?* Annexe 1 : Guide méthodologique pour l'élaboration d'une situation-problème. Paris : ESF.
- NEWELL, A. & SIMON, H.-A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs. New jersey : Prentice Hall.
- ORANGE, C. (1998). Débats scientifiques dans la classe et espaces-problèmes. *Actes du 2^e colloque international Recherches et formation des enseignants*. IUFM de l'académie de Grenoble.
- POCHET, B. (1995). Le « Problem-Based Learning » une révolution ou progrès attendu. *Revue Française de Pédagogie* 111, 95-107.
- POPPER, K. (1973). *La logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot.
- POSNER, G.-J., STRIKE. K.A., HEWSON, P.W. & GERTZOG. W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception. Toward a theory of conceptual change. *Science Education*. 66 (2), 211-227.
- RESNICK, L. (1989). Les approches pédagogiques et les conceptions conflictuelles. In N. Bednarz et C. Garnier (Dir.) (pp. 268, 276). *Construction de savoirs, obstacles et conflits*. Ottawa : Cirade.
- RICHARD, J-F. (1990). *Les activités mentales. Comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- ROBARDET, G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir des situations-problèmes. *Bulletin de l'Union des Physiciens* 720, 17-28.
- ROBARDET, G. (1995). Situations-problèmes et modélisation ; l'enseignement en lycée d'un modèle newtonien de la mécanique. *Didaskalia* 7, 129-143.
- ROBARDET, G. (1997). Le jeu de résistors : une situation visant à ébranler des obstacles épistémologiques en électrocinétique. *Aster* 24, 59-80.
- ROBARDET, G. (2001). Quelle démarche expérimentale en classe de physique ? Notion de situation-problème. *Bulletin de l'Union de Physiciens* 836, 1173-1190.
- WEIL-BARAIS, A. (1993). *L'homme cognitif*. Paris : PUF.