

LA "RÉSOLUTION DE PROBLÈMES COMME RECHERCHE" : UNE CONTRIBUTION AU PARADIGME CONSTRUCTIVISTE DE L'APPRENTISSAGE DES SCIENCES

**Carlos José Furió Mas
Jacinto Iturbe Barrenetxea
José Vicente Reyes Martín**

La proposition que nous présentons dans cet article est une contribution pour orienter l'enseignement vers des modèles de résolution de problèmes qui soient en cohérence avec la créativité du travail scientifique. Il s'agit de faire résoudre des problèmes ouverts intéressants pour l'élève et favorisant la pensée productive, non seulement dans les processus de résolution des problèmes mais en les insérant dans des processus d'apprentissage constructiviste des sciences.

Ce travail s'appuie sur les études et les résultats obtenus dans l'application du "Modèle de Résolution de Problèmes comme Recherche" et dans la conception et la réalisation de travaux pratiques, principalement en physique et chimie. Nous faisons une proposition didactique qui consiste à considérer ces activités de l'enseignement des sciences, initialement isolées, comme des composantes d'un même processus d'enseignement s'appuyant sur le traitement de situations problématiques ouvertes avec une orientation similaire à celle qui constitue réellement un travail de recherche.

INTRODUCTION

La recherche sur la résolution de problèmes est une activité permanente dans le champ de la psychologie (Anderson, 1990) et, au cours des dernières décennies, dans le domaine spécifique de la didactique des sciences, elle a occupé un nombre important de chercheurs (Garret, 1987 ; Mohapatra, 1987). Actuellement les programmes de recherche dans la résolution heuristique de problèmes peuvent relever de deux courants principaux.

a) Les différentes recherches à référence psychologique (traitement de l'information), préoccupées par l'étude de la façon dont les étudiants apprennent à résoudre des problèmes courants fermés habituels dans l'enseignement de la physique et de la chimie. L'objectif de ces recherches est d'établir le modèle empirique des procédures utilisées par les experts dans la résolution de problèmes, en notant les différences avec les procédures utilisées par les novices. Une fois

recherche sur la
résolution de
problèmes :
deux courants

courant
psychologique

identifiées, ces procédures seront transmises aux étudiants à travers le processus d'enseignement-apprentissage.

La connaissance des procédures utilisées par les experts et par les novices, ainsi que celle du fonctionnement de la mémoire à long et court terme et de la mémoire sensorielle, ont une valeur intrinsèque évidente. Cependant, les modèles de résolution élaborés à partir de ces recherches présentent des limites claires : ils ne sont pas adaptés à la résolution des problèmes ouverts (Selvaratnam, 1990) ; les stratégies didactiques implicites qu'ils défendent se situent dans le paradigme d'enseignement-apprentissage par transmission verbale et leur objectif est de reproduire correctement les procédures de résolution, ce qui ne favorise pas le développement de la créativité ni l'exercice de la pensée divergente.

b) Les programmes de recherche basés sur l'histoire, la philosophie et l'épistémologie des sciences s'intéressent à la façon dont les professeurs enseignent, dans le but de détecter d'une manière critique les défauts de base des procédures qu'ils utilisent pour enseigner la résolution de problèmes ; ils proposent des procédures alternatives en accord avec les processus de construction scientifique. Les caractéristiques de base de ces recherches sont les suivantes.

courant basé sur
l'histoire, la
philosophie et
l'épistémologie
des sciences...

- Elles prennent comme caractéristiques de résolution les traits propres aux contenus et aux procédures que la science met en œuvre dans une résolution de problèmes.
- Elles orientent l'enseignement vers des modèles de résolution de problèmes cohérents avec la créativité du travail scientifique, en proposant de résoudre des situations problématiques ouvertes qui ont un intérêt pour l'élève et qui favorisent la pensée productive non seulement dans le processus de résolution de problèmes mais dans toute activité concernant l'apprentissage des sciences.

... où s'inscrit le
"Modèle de
Résolution de
Problèmes
comme
Recherche"

Dans le cadre de ce deuxième courant de travail, nous avons évalué l'application du "Modèle de Résolution de Problèmes comme Recherche" (Gil et Martínez Torregrosa, 1983) par les élèves de l'enseignement secondaire, ainsi que leur évolution, par rapport aux étudiants qui utilisent les méthodologies d'enseignement habituelles. Les résultats obtenus montrent une plus grande créativité et efficacité des résolveurs appartenant au premier groupe d'étudiants (Martínez Torregrosa, 1987 ; Ramirez, 1990 ; Reyes, 1991).

Sur la base de ces travaux et des résultats obtenus concernant la conception et la réalisation de travaux pratiques, principalement en physique et chimie (Gil et Paya, 1988 ; Paya, 1991) nous faisons dans cet article une proposition didactique : elle consiste à considérer ces activités de l'enseignement des sciences, initialement isolées, comme des variantes d'un même processus d'enseignement s'appuyant sur le traitement de situations problématiques ouvertes avec une orientation semblable à ce qui constitue réellement le travail du chercheur.

1. CARACTÉRISTIQUES D'UN PROCESSUS DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES COHÉRENT AVEC UN PROCESSUS DE RECHERCHE

Une des conditions essentielles pour réussir de véritables problèmes est l'exercice de la créativité, capacité qui, selon Ausubel (1990), est l'expression suprême de la résolution de problèmes et inclut des transformations nouvelles ou originales des idées. Parallèlement à cette étroite relation psychologique entre la résolution de problèmes et la créativité, il existe une relation épistémologique entre la recherche et la production de connaissances scientifiques, selon laquelle la Science elle-même peut être considérée comme un processus créatif de résolution de problèmes. Ce processus créatif produit des connaissances à travers la recherche de solutions nouvelles, sous forme d'hypothèses, à de vieux problèmes dans le cadre du corps théorique accepté par la communauté scientifique. Dès lors pourquoi ne pas utiliser un processus d'enseignement de résolution de problèmes qui soit cohérent avec l'activité scientifique ?

La philosophie actuelle de la science a montré l'inexistence d'une unique "méthode scientifique", conçue comme un ensemble de séquences de règles dont le respect conduit inexorablement à la réussite dans la résolution de problèmes. Malgré la diversité, il est possible de faire une analyse épistémologique qui renforce certaines caractéristiques essentielles du travail scientifique et qui signale l'extraordinaire complexité et richesse méthodologique existant dans ces processus de création scientifique. La figure 1 représente le diagramme d'un cycle de recherche, que nous avons utilisé pour fonder épistémologiquement le modèle proposé de résolution de problèmes comme activité de recherche (Gil et Carrascosa, 1992 ; Gil, 1993). Parmi les caractéristiques essentielles des processus de construction scientifiques qui rejoignent les différentes orientations philosophiques existantes, nous faisons les remarques suivantes.

- Les scientifiques n'abordent pas des problèmes complètement définis initialement ; une phase d'analyse permettant de trouver des objectifs d'étude, clairs et définis, et d'établir les conditions délimitant le problème est nécessaire.

- L'émission d'hypothèses constitue une phase fondamentale du processus scientifique car le chercheur généralement ne part pas de données mais au contraire il les cherche en utilisant une spéculation créative fondée sur la théorie existante.

- Le résultat d'un travail scientifique est considéré comme valide non seulement parce que la procédure suivie a été correcte dans ses aspects fondamentaux, mais aussi parce qu'il est compatible avec les hypothèses et cohérent avec le paradigme en vigueur.

importance de la
créativité

il n'existe pas
qu'une unique
"méthode
scientifique" ...

... mais elle
présente des
caractéristiques
essentiels

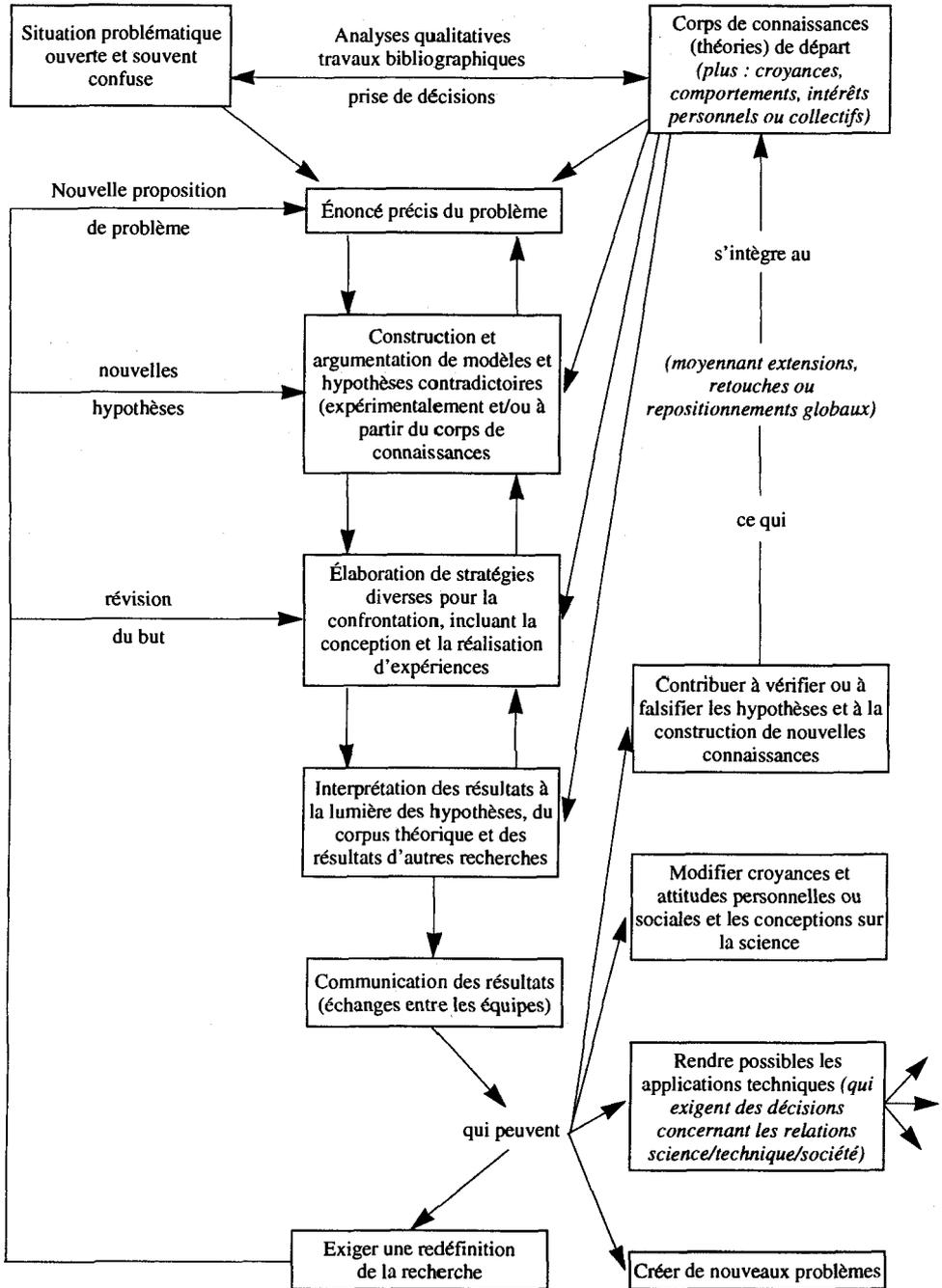


Figure 1 - Diagramme d'un cycle de recherche
Schéma d'un processus collectif extraordinairement complexe

L'adaptation d'un processus de résolution de problèmes dans la classe à la méthodologie scientifique implique alors de poursuivre les objectifs didactiques suivants.

pour augmenter
la créativité : des
problèmes
ouverts...

- Augmenter la créativité et l'intérêt des étudiants en résolution de problèmes en physique et chimie. Cet objectif n'est pas atteint avec la présentation habituelle d'énoncés standards et fermés puisqu'ils ne favorisent pas l'analyse de la situation problématique et mènent à une résolution routinière et non réfléchie. Ces énoncés répondent à une conception du problème comme "exercice fermé". L'idée de "problème ouvert" est différente : le résolveur doit prendre des décisions afin de délimiter le problème, de le préciser et finalement pour le concrétiser. De plus, l'utilisation de problèmes ouverts facilite l'introduction de liens entre théorie et pratique intéressants pour les étudiants, en particulier ceux relatifs aux relations Sciences/Techniques/Société.

... s'enchaînant
pour permettre
une immersion
dans un contexte
de recherche

- Prendre l'habitude de traiter ces situations problématiques ouvertes à la place des exercices fermés, implique de reprendre l'ancien objectif de familiarisation de l'étudiant avec la "méthode scientifique" que poursuivait le mouvement d'innovation curriculaire des années 60 et 70, mais en l'habillant d'un nouveau fondement où sont intégrés les contenus procéduraux, les contenus conceptuels et les contenus comportementaux (Furió, 1992). Cet aspect de familiarisation avec les méthodes scientifiques est essentiel si l'on souhaite produire un changement méthodologique profond chez les élèves. Ce changement requiert l'immersion prolongée des étudiants dans un contexte de recherche qui n'est pas atteint facilement avec une simple résolution occasionnelle de problèmes ouverts et sans aucun lien les uns avec les autres.

exercer la
pensée
divergente,
rechercher la
cohérence

- Favoriser l'exercice de la pensée divergente. Pour cela le processus de résolution doit favoriser les prises de décisions, telles que l'émission d'hypothèses, l'élaboration de différentes stratégies de résolution et inclure des actions telles que la conception et la réalisation de confrontations expérimentales. Ces aspects du processus sont aussi utilisés comme éléments de validation de la solution obtenue. Ceci correspond à la nécessité, caractéristique des processus scientifiques, de rechercher la cohérence interne des corpus théoriques traités (Popper, 1962).

2. LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES COMME ACTIVITÉ DE RECHERCHE

le modèle
proposé s'inscrit
dans le
paradigme
constructiviste...

Une proposition didactique pour l'enseignement de la résolution de problèmes, le "Modèle de Résolution de Problèmes comme Recherche" (Gil et Martínez Torregrosa, 1983), a été élaborée en partant d'un point de vue méthodologique qui prend en compte les aspects-clés du travail scientifique. Ce modèle s'insère dans le paradigme constructiviste. Il tient compte des conceptions alternatives des élèves. Il vise un changement conceptuel (Posner et al., 1982), méthodologique (Gil et Carrascosa, 1985 ; Gil, 1986 ; Hashweh, 1986) et comportemental (Aikenhead, 1985 ; Solbes et Vilches, 1989). Pour cela il utilise les aspects essentiels du travail scientifique afin de stimuler la créativité d'une manière rigoureuse et réfutable. L'idée que sans changement épistémologique et méthodologique il ne peut y avoir de changement conceptuel dépasse la distinction concepts-processus. Ce point de vue est de plus en plus considéré et étayé. (Burbules et Linn, 1991 ; Duschl et Gitomer, 1991). Ainsi, partant de résultats d'expériences (Gunstone et al., 1988) Duschl et al. (1990) pensent qu'il est plausible de suggérer que les changements dans les structures de la connaissance déclarative doivent être accompagnés par des changements concomitants dans les structures de la connaissance procédurale.

... testé en
physique et en
chimie

L'application du "Modèle de Résolution de Problèmes comme Recherche" a été testée expérimentalement pour différents domaines de la physique et de la chimie (Martínez-Torregrosa, 1987 ; Gil et Martínez Torregrosa, 1987 ; Ramírez, 1990 ; Reyes et Furió, 1990 ; Reyes, 1991).

travail plus
efficace et
intéressant pour
élèves et
professeurs

Ce modèle propose l'utilisation de situations problématiques ouvertes intéressantes pour l'étudiant, qui peuvent se construire à partir d'énoncés habituels, sans données numériques de façon à favoriser une résolution littérale. Ainsi le résolveur est dans l'obligation d'analyser la situation car il doit définir le problème, parallèlement il s'habitue à faire face à tout type de problèmes papier-crayon. Tout cela a une influence positive sur son attitude. La transformation d'énoncés fermés en énoncés ouverts est simple et conduit à un travail plus efficace et intéressant pour les élèves et les professeurs (Garret et al., 1990) avec l'avantage qu'il est possible d'aborder le problème de façon adaptée au degré de difficulté accessible à chaque niveau éducatif. Cette "traduction ouverte" des exercices classiques peut conduire à plusieurs possibilités.

Ainsi, par exemple, l'exercice fermé suivant :

"Quel volume de dioxygène est nécessaire pour la combustion de 100 l de butane, les volumes étant mesurés tous les deux dans des conditions normales ?"

peut être transformé, en deux versions de problèmes ouverts telles que :

transformation
d'un énoncé
fermé en deux
énoncés ouverts

- *“Quel est le taux d'humidité d'une pièce dans laquelle fonctionne un radiateur à butane ?”*
- *“Une personne endormie dans une pièce où brûle le gaz d'un radiateur sera-t-elle asphyxiée ?”*

Les phases suivantes structurent le “Modèle de Résolution de Problèmes comme Recherche”. Elles ne doivent pas être considérées comme une succession d'étapes consécutives et rigides mais plutôt comme un ensemble qui oriente le développement des processus.

- I. Envisager quel peut être l'intérêt de la situation problématique abordée.
- II. Analyse qualitative de la situation problématique pour la préciser opérationnellement (action de “fermer” le problème).
- III. Émission d'hypothèses : cette activité permet de faire expliciter d'une manière naturelle les structures cognitives des élèves lors de leur recherche d'une solution au problème abordé.
- IV. Explicitation des stratégies de résolution avant de les mettre en œuvre ; il s'agit d'une pratique métacognitive souhaitable qui permet de mettre en évidence l'itinéraire choisi pour arriver à la solution.
- V. Résolution proprement dite qui conduit à un résultat littéral sous forme d'une expression mathématique.
- VI. Discussion du résultat obtenu en ce qui concerne sa cohérence interne en relation avec les hypothèses émises en phase III.
- VII. Considérer les perspectives ouvertes par la recherche réalisée : envisager par exemple l'intérêt d'aborder la situation à un niveau plus complexe ou considérer ses engagements théoriques (approfondir la compréhension d'un concept) ou pratiques (possibilité d'applications techniques) ou encore concevoir, tout particulièrement, de nouvelles situations de recherche suggérées par l'étude réalisée (Gil et al., 1992).

sept phases qui
n'imposent pas
une succession
rigide mais
orientent des
processus

Il convient de souligner que le “Modèle de Résolution de Problèmes comme Recherche” ne prétend pas faire une reproduction exacte et fidèle d'une axiomatique méthodologique ; il cherche à utiliser, pour résoudre des problèmes papier-crayon, des procédures qui se sont révélées efficaces dans la résolution de problèmes par les scientifiques. Ce modèle intègre également d'autres processus considérés comme nécessaires dans les différents modèles de résolution de problèmes, dans une structure cohérente et fondamentale. En guise d'orientations théoriques, il essaye de changer les habitudes enracinées dans la pensée quotidienne, par exemple la procédure d'essai-erreur, dans le but de favoriser la réflexion, la critique et la créativité des étudiants dans l'apprentissage des sciences.

un modèle
utilisant des
procédures
efficaces dans la
recherche
scientifique

3. APPORTS DE LA "RÉSOLUTION DE PROBLÈMES COMME RECHERCHE" AU PARADIGME CONSTRUCTIVISTE DE L'APPRENTISSAGE DES SCIENCES

Les recherches didactiques réalisées au cours des vingt dernières années sur ce qui avait été initialement nommé "erreurs conceptuelles" ont été à l'origine d'une crise paradigmatique dans l'enseignement traditionnel, ce qui a donné lieu à l'apparition de différents modèles d'apprentissage des sciences, inclus dans une orientation constructiviste de ces processus (Posner et al., 1982 ; Osborne et Wittrock, 1983 ; Driver, 1986 ; Pozo, 1989). Ces modèles relèvent essentiellement de la conception de l'apprentissage comme construction active de nouvelles connaissances par l'apprenant lui-même qui prend nécessairement ses connaissances antérieures comme point de départ. Ces modèles présentent comme stratégie didactique commune, la nécessité de provoquer le changement conceptuel. Les résultats de l'expérimentation de la mise en œuvre de cette stratégie présentent deux nettes insuffisances :

- bien que cette stratégie soit beaucoup plus efficace que l'enseignement normal, certaines conceptions alternatives que l'on croyait dépassées, réapparaissent un peu plus tard (Hewson et Thorley, 1989 ; White et Gunstone, 1989) ;
- la mise en œuvre continuelle de conflits cognitifs, impliquant la négation constante des idées exprimées préalablement par les élèves, peut inhiber leur participation et augmenter leur attitude négative par rapport à l'apprentissage des sciences.

L'histoire et la philosophie des sciences admettent que dans le passage de la physique pré-galiléenne à la physique classique, il s'est produit non seulement une rupture conceptuelle avec le paradigme en vigueur, mais aussi un changement méthodologique (manières de procéder) et épistémologique (manières de raisonner). Dans ce dernier changement s'associaient la créativité de la pensée divergente, la rigueur de la confrontation expérimentale des hypothèses et la cohérence globale avec les théories. C'est-à-dire, que le dépassement de ce que l'on a appelé "*physique du sens commun*" n'a été possible qu'en substituant à la méthodologie et l'épistémologie sous-jacentes (de "sens commun") une épistémologie scientifique (Hashweh, 1986). Il est possible d'établir par analogie l'hypothèse que le changement conceptuel des étudiants ne se produira que s'il est accompagné d'un changement méthodologique profond (Gil et Carrascosa, 1985). Par ailleurs, l'objectif de la construction de connaissances scientifiques n'est pas de remettre en question les idées de celui qui veut aborder la solution d'un problème, l'objectif est plutôt la recherche de solutions toujours hypo-

la construction active de nouvelles connaissances par l'apprenant...

... à la base de modèles qui ont révélé deux insuffisances

analogies entre les facteurs du passage de la physique pré-galiléenne à la physique classique...

et ceux du
changement
conceptuel des
étudiants

thétiques, qui serviront à mieux expliquer le monde qui nous entoure. En conséquence, les stratégies didactiques constructivistes devraient se centrer sur le traitement de situations problématiques plus ou moins ouvertes, qui ont de l'intérêt pour l'élève et qui sont cohérentes avec la nature du travail scientifique. L'apprentissage significatif des théories et concepts et la familiarisation avec leurs procédures de construction doivent constituer des objectifs non pas autonomes mais au contraire interdépendants. La dénomination la plus adaptée à notre proposition est donc bien celle d'*"apprentissage par la recherche"* (Gil et al., 1991).

l'isomorphisme
entre le travail de
l'élève et celui
du chercheur...

L'isomorphisme certain entre, d'une part, l'apprentissage de l'élève par construction de ses connaissances à partir de ses conceptions et, d'autre part, la recherche scientifique comme construction de connaissances, peut être complété par les aspects méthodologiques et sociologiques. Cela implique de reconnaître que :

...présente aussi
des aspects
méthodologiques
et sociologiques

- le corpus de connaissances est le résultat des apports des générations antérieures ;
- la connaissance scientifique est produite dans des structures institutionnelles par petits groupes (Bernal, 1967 ; Kuhn, 1971) ;
- ces groupes sont en interaction avec d'autres groupes.

3.1. Comment organiser le travail des élèves pour l'apprentissage comme une activité de recherche ?

La figure 2 rassemble les trois composantes de l'apprentissage par la recherche de manière similaire à l'apprentissage coopératif de Wheatley (1991) (Furió et al., 1994).

les trois
composantes de
l'apprentissage
par la recherche...

- Les tâches d'apprentissage peuvent être préparées par les enseignants sous forme de *programmes guides d'activités* avant l'interaction éducative (Furió et Gil, 1978 ; Martínez-Torregrosa, 1987). Nous reviendrons sur ce point plus loin.
- L'organisation de la classe se fait en petits groupes de recherche sous la direction du professeur.
- Le fonctionnement des groupes ne doit pas être autonome, les interactions entre les groupes et avec la communauté scientifique représentée par le professeur, les textes, etc. doivent être favorisées.

qui permettra
un triple
changement :
conceptuel,
méthodologique,
comportemental

Avec son corpus de connaissances, l'élève aborde initialement une situation problématique ouverte qu'il doit rendre plus concrète. Pour cela, il élabore une analyse qualitative de la situation et une fois cette situation précisée, il conduit sa recherche. Dans ces processus, le corpus de connaissances disponibles est mis à l'épreuve et, en toute logique il y aura des conflits cognitifs et/ou affectifs, non seulement par rapport aux schémas conceptuels, mais aussi par rapport aux procédures ou stratégies que l'élève utilise d'habitude, par rapport aux valeurs, aux attitudes et aux règles

assimilées. Ainsi, l'apprentissage par la recherche, basé sur la résolution de problèmes, rend possible la réussite du triple changement conceptuel, méthodologique et comportemental.

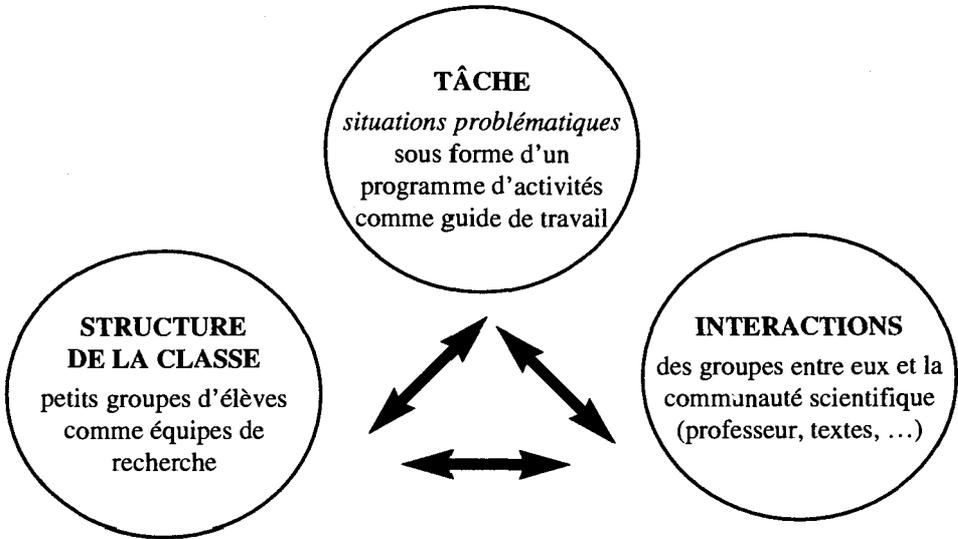


Figure 2 - Éléments essentiels d'une classe (de chimie) dans l'apprentissage par la recherche

3.2. Le programme d'activités : guide de travail dans le développement curriculaire de l'apprentissage par la recherche

L'élaboration d'un programme d'activités dans l'apprentissage par la recherche est présidée par l'idée (Furió et Gil, 1978) que chaque unité thématique, abordée sous forme de situation problématique, se traduit par un ensemble d'activités, dûment articulées selon un fil conducteur établi par les élèves, comme nous l'avons décrit dans le paragraphe précédent. Cela fait que le professeur est en situation de chercheur par rapport à ce qui est en jeu dans la classe. Cela doit produire une amélioration significative de son enseignement en lui permettant de l'évaluer par la critique. (Cañal et Porlán, 1987).

le professeur :
un chercheur
dans sa classe

L'élaboration de programmes d'activités doit être conçu comme une hypothèse de travail du professeur et comme une tâche propre à la recherche-action appliquée au matériel didactique disponible et aux objectifs poursuivis ; ceci implique d'éliminer une présentation rigide de ce genre de stratégies didactiques. Malgré cela, la programmation

nécessité d'une
programmation
flexible des
activités

flexible d'un ensemble d'activités préalablement préparées par le professeur est nécessaire car il ne s'agit pas de faire en sorte que les élèves construisent leurs "propres" idées sur le monde, mais qu'ils élaborent des théories scientifiques correctement constituées (Millar, 1987). Ils doivent donc réaliser une (re)construction de connaissances fondée sur les critères de la méthodologie scientifique. En conséquence, il convient de soulever quelques considérations sur les situations problématiques qui doivent être prises en compte dans l'élaboration des programmes d'activités.

- Les activités présentées doivent susciter une conception du travail ainsi qu'éveiller l'intérêt des élèves pour la tâche.

- Les situations problématiques doivent posséder une **pertinence logique** : elles doivent être insérées dans un contexte théorique de sorte qu'elles ne soient ni aussi convergentes que les exercices d'application habituels, ni aussi générales et ouvertes que les questions d'opinion, ces dernières étant essentiellement divergentes et sans critères de validation possibles.

ce qui est
souhaitable pour
les situations
problématiques
prévues

Ces situations doivent posséder également une **pertinence psychologique** : le travail proposé doit correspondre aux capacités des élèves, en termes piagétiens, c'est-à-dire que l'on doit tenir compte du seuil de compréhension de la plupart des élèves du niveau scolaire considéré, ainsi que de leurs schémas conceptuels, de sorte que le problème soit situé dans la zone que Vigotsky (1973) appelle "*zone proximale de développement*".

- Les situations proposées doivent être perçues et "ressenties" comme des problèmes réels et être intéressantes pour les élèves (Garret, 1988), ce qui n'est pas toujours facile. Cette méthode de résolution par la recherche de problèmes papier-crayon, base de "l'apprentissage par la recherche" que nous proposons, a démontré, au moins en physique et en chimie, qu'elle est capable de produire la motivation intrinsèque à tout processus de recherche et qu'elle peut améliorer considérablement l'attitude des étudiants envers la Science et son apprentissage.

une méthode
capable de
provoquer la
motivation
intrinsèque à tout
processus de
recherche

4. PEUT-ON ÉLARGIR LE "MODÈLE D'APPRENTISSAGE DES SCIENCES PAR LA RECHERCHE" À D'AUTRES APPRENTISSAGES SPÉCIFIQUES ?

Envisager cette question requiert une analyse préalable et une réponse réfléchie, très éloignée de tout "colonialisme intellectuel" de la didactique des sciences expérimentales vis-à-vis d'autres didactiques spécifiques. En principe, il est pertinent de signaler que le modèle proposé "d'apprentissage par la recherche" doit être applicable aux curricula du

ce modèle peut
être proposé
à partir de
14-15 ans

niveau de l'enseignement secondaire (plus précisément pour les élèves à partir de 14 ou 15 ans) et de l'université. À ces niveaux, les apprenants sont censés être en mesure de construire essentiellement des corpus cohérents de connaissances disciplinaires des sciences expérimentales dont les niveaux de formulation dans la phase d'introduction seront élémentaires.

des limites à son extension à d'autres disciplines

Dans ces curricula il est sûrement possible de proposer des finalités et des objectifs convergents, comme par exemple la production du triple changement conceptuel, procédural et comportemental aussi bien dans les sciences expérimentales que dans les sciences sociales ou les mathématiques. Cependant, il convient de souligner les dangers didactiques qui consistent à considérer les connaissances procédurales sans liaison avec les connaissances scientifiques caractéristiques de chaque discipline. Nous estimons qu'il y a de sérieuses limites d'ordre épistémologique à étendre un modèle d'enseignement-apprentissage basé sur les implications de l'histoire et de la philosophie des sciences dures, comme la physique, à d'autres plus souples, telles que les sciences sociales ou les langues, leurs propositions, leurs corps théoriques et leurs processus de construction étant certainement différents.

analogies avec le modèle d'apprentissage coopératif de Wheatley

Cependant, cela n'empêche pas l'émergence d'idées intéressantes dans un domaine didactique ou psychologique concret, qui puissent être généralisées et intégrées dans d'autres didactiques spécifiques. Dans notre cas, la conception de l'apprentissage comme résolution de situations problématiques ouvertes, que nous défendons, est très similaire à la notion d'apprentissage coopératif défendue par Wheatley (1991) aussi bien pour l'enseignement des sciences que pour celui des mathématiques. Peuvent aussi être intéressantes pour d'autres domaines, les stratégies didactiques basées sur la métaphore qui consiste à considérer des groupes d'élèves comme des équipes de jeunes chercheurs, à condition de respecter les raisons et les valeurs (axiologie) de la science que l'on souhaite (re)construire, ses propres contenus conceptuels, ses formes de raisonnement (épistémologie) et ses méthodes (méthodologie).

possibilité de transferts partiels du modèle à d'autres didactiques

En définitive, la non autonomie et l'interdépendance des objectifs de changement conceptuel, procédural et comportemental soulignées dans le "Modèle d'apprentissage des Sciences comme activité de recherche" font émettre des réserves d'ordre théorique sur sa généralisation totale à d'autres didactiques spécifiques. Il est cependant possible d'effectuer des transferts partiels du modèle qui puissent être utiles (et en conséquence intégrés) à différents corps théoriques didactiques. Cette nécessité de collaborer entre tous les chercheurs en didactique pour permettre une "fécondation croisée" d'idées, est vitale dans des moments

tels que ceux que nous vivons actuellement, où se constituent les noyaux durs, en termes lakatosiens, des différentes didactiques spécifiques.

Carlos José FURIÓ MAS
 Université de Valence, Espagne
 Jacinto ITURBE BARRENETXEA
 Université du Pays Basque, Espagne
 José Vicente REYES MARTÍN
 I.B. Txurdínaga Behekoa
 Pays Basque, Espagne

La traduction a été assurée par Cristina Carballo avec la collaboration de Claudine Larcher.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIKENHEAD, G.S. (1985). "Collective decision making in the social context of science", *Science Education*, 69 (4), 453-475.
- ANDERSON, J. (1990). *Cognitive Psychology and its implications*. New York : W.H. Freeman and Co.
- AUSUBEL, P.D., 1990 *Psicología Educativa. Un punto de vista cognitivo*. (Trillas : México).
- BERNAL, J.D. (1967). *Historia Social de la Ciencia*. Barcelona : Península.
- BURBULES, N. & LINN, M. (1991). "Science education and philosophy of science : congruence or contradiction ?", *International Journal of Science Education*, 13 (3), 227-241.
- CAÑAL, P. & PORLÁN, R. (1987). "Investigando la realidad próxima : un modelo didáctico alternativo", *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (2), 89-96.
- DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. & ELIOVITH, R. (1990). "Applying the « cognitive conflict » strategy for conceptual change. Some implications difficulties, and problems", *Science Education*, 74 (5), 555-569.
- DRIVER, R. (1986). "Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos", *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
- DUSCHL, R. & GITOMER, D. (1991). "Epistemological perspectives on conceptual change : implications for educational practice", *Journal for Research in Science Teaching*, 28 (9), 839-858.

DUSCHL, R.A., HAMILTON, R. & GRANDY, R.E. (1990). "Psychology and epistemology : match or mismatch when applied to science education ?", *International Journal of Science Education*, 12 (3), 230-243.

FURIÓ, C. (1992. "¿Por qué es importante la teoría para la práctica de la educación científica?", *Aula de Innovación Educativa*, 4-5, 4-10.

FURIÓ, C., BULLEJOS, J. et de MANUEL, E. (1994). "L'apprentissage de la réaction chimique comme activité de recherche". *Aster*, 18, 141-164.

FURIÓ, C. & ESCOBEDO, M. (1993). "La fijación funcional en el aprendizaje de la Química. Un ejemplo paradigmático : El Principio de Le Chatelier", en *Actas del II Congreso de ESQLIOL* (Enseñanza Superior de la Química en Lenguas de Origen Latino) (Málaga, septiembre de 1992) (en prensa).

FURIÓ C. & GIL., D. (1978). *El programa-guia : una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química*. Universidad de Valencia : ICE.

GARRET, R.M. (1987). "Issues in science education : problem-solving, creativity and originality", *International Journal of Science Education*, 1, 26-33.

GARRET R.M. (1988). "Resolución de problemas y creatividad : implicaciones para el currículo de ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 224-229.

GARRET, R.M., SATTERLY, D., GIL, D. & MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1990). "Turning exercises into problems : An experimental study with teachers in training", *International Journal of Science Education*, 12 (1), 1-12.

GIL, D. (1986). "La metodología científica y la enseñanza de las ciencias : unas relaciones controvertidas", *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 111-121.

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

GIL, D. & CARRASCOSA, J. (1992). "Approaching pupils' learning to scientific construction of knowledge", *2nd International Conference on History and Philosophy of Science in Science Teaching*. Canada : Ontario.

GIL, D., MARTINEZ-TORREGROSA, J., RAMIREZ, L., DUMAS-CARRÉ, A., GOFFARD, M. & PESSOA de CARVALHO, A. (1992). "La didáctica de la resolución de problemas en cuestión : elaboración de un modelo alternativo", *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 6, 73-85.

GIL, D. & CARRASCOSA, J. (1985). "Science learning as a conceptual and methodological change", *European Journal of Science Education*, 7 (3), 231-236.

GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIO, C. & MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1991). *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona : Horsori.

- GIL, D. & MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1983). "A model for problem-solving in accordance with scientific methodology", *European Journal of Science Education*, 5, 447-457.
- GIL, D. & MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1987). *La resolución de problemas de Física. Una didáctica alternativa*. Madrid : M.E.C. & Vicens-Vives.
- GIL, D. & PAYA, J. (1988) "Los trabajos prácticos de Física y Química y la metodología científica", *Revista de Enseñanza de la Física*, 2 (2), 73-79.
- GUNSTONE, R., WHITE, R. & FENSHAM, P. (1988). "Developments in style and purpose of research on the learning of science", *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 513-530.
- HASHWEH, M.Z. (1986). "Towards and explanation of conceptual change", *European Journal of Science Education*, 8 (3), 229-249.
- HEWSON, P.W. & THORLEY, N.R. (1989). "The conditions of conceptual change", *International Journal of Science Education*, 11 (spécial), 541-553.
- KUHN, T.S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. México : Fondo de Cultura Económica.
- MARTINEZ-TORREGROSA, J. (1987). *La resolución de problemas de Física como investigación : un instrumento de cambio metodológico*. (Tesis doctoral no publicada : Universitat de València).
- MILLAR, R. (1987). "Towards a role for experiment in the Science teaching laboratory", *Studies in Science Education*, 14, 109-118.
- MOHAPATRA, J.K. (1987) "Can problem-solving in physics give an indication of pupils « process knowledge » ?", *International Journal of Science Education*, 9 (1), 117-123.
- OSBORNE, R.J. & WITTRICK, M.C. (1983). "Learning science : a generative process", *Science Education*, 67 (4), 489-508.
- PAYA, J. (1991). *Los trabajos prácticos en la enseñanza de la Física y de la Química : un análisis crítico y una propuesta fundamentada*. (Tesis Doctoral : Universidad de València).
- POPPER, K.R. (1962). *La lógica de la investigación científica*. Madrid : Tecnos.
- POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. & GERTZOG, W.A. (1982). "Accommodation of a scientific conception : towards a theory of conceptual change", *Science Education*, 66, 211-227.
- POZO, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid : Morata.

RAMIREZ, J.L. (1990). *La resolución de problemas de Física y de Química como investigación en la Enseñanza Media : un instrumento de cambio metodológico*. (Tesis doctoral : Universidad de València).

REYES, J.V. (1991). *La resolución de problemas de Química como investigación : una propuesta didáctica basada en el cambio metodológico*. (Tesis doctoral : Universidad del País Vasco - Euskal Herriko Unibertsitatea).

REYES, J.V. & FURIÓ, J.C. (1990). "O Modelo de Resolução de Problemas como Investigaçao. Sua aplicaçao à Química", *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 41 (2), 11-16.

SELVARATNAM, M. (1990). "Problem-solving – a model approach", *Education in Chemistry*, Nov., 163-165.

STENHOUSE, L. (1975). *An introduction to curriculum research and development*. London : Heineman. *Investigación y desarrollo del curriculum* (1984). Madrid : Morata.

SOLBES, J. & VILCHES, A. (1989). "Interacciones C/T/S/ : un instrumento de cambio actitudinal", *Enseñanza de la Ciencias*, 7 (1), 14-20.

VIGOTSKY, L.S. (1973). *Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar*. Psicología y Pedagogía. Madrid : Akal.

WHEATLEY, G.M. (1991). "Constructivist perspectives on Science and Mathematics learning", *Science Education*, 78 (1), 9-21.