

PREMIERE PARTIE

DE LA RECHERCHE EXPLORATOIRE AU CADRE PROBLEMATIQUE

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I : LA RECHERCHE EXPLORATOIRE

I.1. LE CONTEXTE ET LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE EXPLORATOIRE

Un aspect très instructif dans la formation à la recherche, est sans doute le processus d'émergence des questions de recherche, et les fondements de la motivation pour une recherche. A ce propos, la genèse de notre projet est un exemple qui permet de montrer comment des préoccupations utilitaires d'un formateur ont fini par induire un intérêt de recherche qui s'est traduit ensuite par des questions de recherche prenant du sens sous l'éclairage théorique. Nous allons en faire l'économie dans le paragraphe qui va suivre.

Après avoir exercé pendant trois ans la fonction de professeur de physique et chimie dans un lycée, et après une formation pédagogique post-universitaire, nous avons été amené à intégrer l'équipe de formation du Département de physique et chimie de l'École Normale Supérieure de Dakar, un institut universitaire de formation de professeurs pour l'enseignement secondaire.

C'est dans ce contexte de formation initiale de professeurs, que nous avons introduit, un module intitulé : "**Résolution de problèmes et méthodologie des travaux dirigés en physique et chimie.**"

Nous allons présenter brièvement l'activité de formation en résolution de problème et les observations qui ont été formulées à leur propos.

I.1.1. Description sommaire d'une pratique de formation en résolution de problème en physique et chimie.

L'activité consistait essentiellement à réfléchir sur la forme des énoncés proposés aux élèves et à analyser des algorithmes de résolution de problèmes de physique et chimie proposés dans les manuels scolaires, afin de mettre en évidence leurs limites. Les analyses ainsi faites permettaient de fonder l'argumentation des recommandations pour la préparation et la gestion pédagogique des séances de travaux dirigés, en rapport avec les stratégies d'apprentissage des élèves.

Exemple d'analyse d'un énoncé de chimie

On réalise la combustion d'un litre de benzène. Le volume total d'air disponible est de 4m³. Quels sont les produits restants après réaction et retour aux conditions normales ?

On admettra que si la quantité d'air est suffisante pour assurer la combustion complète, il se forme du dioxyde de carbone et de l'eau ; lorsque la quantité d'air est insuffisante, il se forme du carbone et de l'eau (densité du benzène liquide : 0,88) ; on rappelle que l'air contient 1/5 en volume d'oxygène).

Les élèves-professeurs étaient amenés à se prononcer sur la clarté de l'énoncé :

- quels sont les termes les plus importants de l'énoncé (les termes clés sont soulignés);
- la tâche demandée est-elle suffisamment explicitée ?
- quelles sont les données du problème : données qualitatives et données quantitatives.

C'est à la suite de cette analyse seulement que l'on passait à la recherche de la solution. La séance était également l'occasion d'analyser des algorithmes de résolution de problème proposés dans des manuels scolaires ou des annales.

L'objectif était de faire prendre conscience aux élèves-professeurs des lacunes que recèlent certains schémas, souvent proposés de bonne foi aux apprenants dans divers documents pédagogiques, même parmi ceux qui se situent dans une perspective d'innovation.

Exemple d'algorithme analysé : la résolution d'un problème de mécanique

(Tiré de la Collection Eurin Gié, Terminales C et E (1989), Hachette Ed., page 96)

Tableau 3 : *L’algorithme suivant constitue pour les auteurs de ce manuel une démarche générale qui permet de résoudre un problème de mécanique classique.*

<p>1) Définir le référentiel galiléen associé au solide (le référentiel terrestre peut être considéré comme galiléen).</p> <p>2) Préciser le système étudié.</p> <p>3) Faire le bilan des forces extérieures appliquées au système.</p> <p>4) Ecrire le théorème du centre d’inertie et/ou le théorème de l’énergie cinétique qui permettent d’exprimer le vecteur accélération et/ou la vitesse du centre d’inertie du système.</p> <p>5) Projeter le théorème du centre d’inertie sous forme vectorielle, dans un repère orthonormé adapté. Dans le cas des mouvements circulaires, choisir le repère de Frenet de base (u, n).</p> <p>Dans certains problèmes, l’opération de projection n’est pas nécessaire, et on peut raisonner directement sur les vecteurs sans faire apparaître les coordonnées.</p> <p>6) Procéder à l’étude cinématique du mouvement du centre d’inertie du système.</p> <p>Pour un mouvement plan, dans un repère(o, i, j) : $\mathbf{a} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j}$.</p> <p>En prenant les primitives successives de x et y et en tenant compte des conditions initiales, on établit les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement.</p> <p>L’élimination du temps entre ces deux équations permet de connaître l’équation y(x) de la trajectoire.</p> <p>Pour un mouvement circulaire, dans le repère de Freinet l’accélération est donnée par :</p> $\mathbf{a} = (dv/dt) \mathbf{u} + (v^2/R) \mathbf{n}.$

Dans ce tableau les lettres en gras représentent des vecteurs

La séance était ici destinée à faire émerger au niveau des élèves-professeurs une attitude critique vis à vis de tels algorithmes. A la suite des échanges entre stagiaires avec la participation du formateur, des observations étaient formulées et notées dans les cahiers de stage. En voici quelques unes :

- la logique interne des algorithmes proposés n’est pas explicitée : les élèves peuvent avoir tendance à les considérer comme des recettes à appliquer de manière infaillible;
- la dimension fondamentale de la représentation du problème n’apparaît pas de manière explicite;
- on ne donne pas aux élèves les moyens de construire une solution en se posant des questions appropriées et opportunes, et en répondant à celles-ci;

- il n'y a aucune indication sur les procédures de sortie d'impasses, d'évaluation de la démarche et des résultats obtenus;
- certaines étapes de l'algorithme font allusion à une catégorie limitée de problèmes et risquent d'embrouiller le raisonnement de l'élève;
- de manière plus spécifique on parle de repère galiléen avant de définir le système à étudier.

Une dernière étape de cette activité de formation consistait à faire travailler les stagiaires en groupe de manière à élaborer un canevas susceptible d'aider les élèves à réaliser de meilleures performances en résolution de problème.

Exemple de canevas proposé par un groupe d'élèves professeurs pendant cette activité. Pour une résolution efficace des problèmes de physique et chimie, ce groupe propose l'algorithme suivant :

- 1- *Lire attentivement tout l'énoncé pour se situer dans le cours*
- 2- *Relire la première question*
- 3- *Rechercher dans l'énoncé ce qu'on demande de calculer*
- 4- *Faire l'inventaire des lois et des formules du cours*
- 5- *En fonction des données, choisir les formules qui permettent de résoudre l'exercice ou le problème*
- 6- *Faire d'abord un calcul littéral jusqu'à la solution finale*
- 7- *Faire les applications numériques*
- 8- *Faire la même chose pour chaque question*

Les efforts de rationalisation de la démarche de résolution de problème ainsi faits par les futurs enseignants révèlent des lacunes méthodologiques. En effet, dans ce canevas la référence est constituée par le cours et les questions posées dans l'énoncé. La lecture de l'énoncé n'a ici qu'une fonction de repérage dans le cours. Aucune allusion n'est faite de manière explicite sur les phénomènes physico-chimiques qui sont au cœur des exercices et problèmes posés aux élèves.

L'item 3 est très significatif: "Rechercher dans l'énoncé ce qu'on demande de calculer".

Les élèves sont ainsi "dirigés" vers des problèmes purement quantitatifs. C'est là une vision déformée de la réalité de la résolution de problème où les aspects qualitatifs sont déterminants.

Les solutions proposées aux élèves, en classe ou dans les corrigés des manuels scolaires et les annales d'exercices, sont souvent truffées de non-dits. Des approximations et des hypothèses non explicitées sont souvent nécessaires à l'élaboration d'une solution à partir d'un énoncé (Sall et al., 1998).

De manière générale, les activités pédagogiques de formation nous ont permis de faire un certain nombre d'observations qui allaient déclencher le processus de problématisation (Bachelard, 1938) de notre recherche.

I.1.2. Observations générales sur la pratique de formation décrite

La mise en œuvre de cette pratique de formation en résolution de problème a conduit aux observations suivantes :

- les algorithmes à l'image de celui analysé plus haut, du point de vue même des enseignants en formation, ne rendaient pas compte du processus de résolution lui-même. La préoccupation était surtout de donner des recettes à priori au lieu de développer des compétences à poser le problème et développer un raisonnement non linéaire pour trouver la solution.

- les élèves-professeurs, bien que titulaires d'une licence, d'une maîtrise et parfois d'un DEA (Diplôme d'Études Approfondies) en physique ou en chimie avaient tendance à manifester des comportements similaires à ceux des élèves du second cycle secondaire, face à la résolution de problème. Ainsi, les données particulières, notamment les données quantitatives et les résultats numériques attendus, inhibaient les capacités de l'apprenant à s'engager dans un processus de construction de solution, à partir des données qualitatives et des connaissances réactivées de manière pertinente.

- le rôle des phénomènes physico-chimiques dans l'élaboration des raisonnements pour résoudre les "problèmes ou exercices" ne semblait pas bien perçu par les stagiaires, malgré tout leur cursus scolaire où cette activité a toujours occupé une partie importante du temps d'enseignement/apprentissage. Quand on donne des consignes à l'élève pour l'amener à lire attentivement l'énoncé, on n'insiste pas sur la nécessité d'identifier les phénomènes en jeu. Les formules et les lois évoquées sont surtout celles du cours précédent et non celles qui interviennent effectivement dans l'étude des phénomènes identifiés.

- les élèves-professeurs arrivaient difficilement à émettre un discours structuré sur leurs activités connues en contexte scolaire comme étant "la résolution de problème".

- enfin la perception du concept de problème semblait surtout se référer à une des pratiques de référence qui caractérise le système d'enseignement des sciences : celle

de l'enseignant évaluateur.

La première conclusion que nous avons tirée de ces observations empiriques était que les enseignants en formation ne percevaient pas la finalité des activités de résolution de problème. Mieux, les idées qu'ils avaient du problème et de la résolution de problème ne semblaient pas liées à la maîtrise des concepts scientifiques qui structurent la physique et la chimie.

Des discussions étaient organisées autour de ces observations avec les enseignants en formation et des recommandations étaient formulées sur la manière dont ce travail devait être organisé en classe pour permettre aux élèves d'en tirer le meilleur bénéfice, et à l'enseignant d'être efficace dans ses tâches d'encadrement.

Mais cette approche pédagogique de la résolution de problème a fini par montrer ses limites. Il nous apparaissait en effet, de plus en plus que, pour répondre avec pertinence à certaines questions des élèves-professeurs, et justifier les recommandations formulées, il fallait mettre en avant des concepts et des outils d'analyse plus élaborés, moins généraux et donc plus spécifiques à la discipline et plus particulièrement aux concepts de problème et de résolution de problème en physique et chimie.

Ce questionnement interne qui habitait le formateur praticien allait bientôt créer un besoin d'aller plus loin. L'idée de faire de la recherche en résolution de problème était née.

I.1.3. Des préoccupations du formateur à la motivation pour la recherche

Le cadre pédagogique se révélait ainsi trop étroit pour l'analyse des différentes observations permettant de fonder nos pratiques de formateur. La nécessité de faire prendre conscience aux futurs professeurs du fait que les idées qu'ils ont du problème et de la résolution de problème, pourraient constituer un obstacle épistémologique à un encadrement efficace de leurs élèves commençait à s'imposer comme une tâche urgente. Mais un préalable à cette action de remédiation était de bien connaître les structures de ces idées, de les décrire avec des outils étalonnés, de voir l'influence de certaines variables indépendantes, et dans des cas spécifiques, par exemple au cours

d'une formation initiale d'enseignants, d'étudier les conditions de leur évolution .

C'est dans cette posture de questionnement et de recherche d'outils conceptuels que nous avons "rencontré" la littérature sur la didactique des sciences. Ce courant de recherche et d'action s'est particulièrement développé depuis bientôt une trentaine d'années, en Belgique (FUNDP, Namur; UCL, Louvain-La-Neuve), au Québec (Université de Montréal, et particulièrement en France (INRP-CNRS, LIRESPT, INRP-UNESCO) et en Suisse (LDES) (Gil-Perez, 1996; Giordan, 1998). Les Journées Internationales sur l'éducation scientifique dites " de Chamonix" de 1979 sont considérées par Giordan (1998) comme ayant eu un impact fondateur dans le développement du courant de la didactique des sciences. Nous reviendrons dans le cadre théorique spécifique sur l'émergence et le développement de ce courant de recherche.

Les premières données fournies par cette littérature mettaient l'accent sur l'importance des idées premières de l'élève sur le processus enseignement/apprentissage. Mieux, ces idées étaient dotées d'une grande capacité de résistance même au niveau de personnes très qualifiées sur le plan scientifique, même lorsqu'elles exercent le métier d'enseignant. Pour les élèves ces idées pouvaient devenir de véritables obstacles à

l'apprentissage (Viennot, 1978, 1988 ; Giordan et de Vecchi, 1987 ; Weil-Barais, 1993).

Une première question surgit à ce niveau de réflexion. Ces obstacles, avant de concerner les concepts disciplinaires déclaratifs, n'interviennent-ils pas aussi à propos de concepts plus généraux, tels que l'apprentissage, la science en tant que concept, l'évaluation ou la résolution de problème.

C'est cette dernière considération qui nous a inspiré l'idée d'adopter une approche constructiviste dans la manière d'aborder la résolution de problème avec les enseignants en formation. Les idées que les enseignants ont du processus de résolution de problème, qui se sont formées tout le long de leur cursus scolaire et universitaire, méritaient d'être étudiées. La construction d'un édifice, ici la didactique de la résolution de problème, nécessite la connaissance de " l'état du terrain " pour éviter de s'engager dans un travail de Sisyphe. La première étape dans la mise en oeuvre de cette approche consisterait donc à recueillir les conceptions des élèves-professeurs sur le problème et la résolution de problème: conception, problème et résolution de problème constituent ainsi les concepts centraux de cette recherche exploratoire.

Deux idées de base ont sous-tendu ce travail exploratoire :

1. Les conceptions des élèves-professeurs à propos de la résolution de problème sont centrées sur la situation de départ décrite par l'énoncé et les résultats attendus.
2. Le processus de résolution n'est pas suffisamment pris en compte dans les conceptions des élèves-professeurs.

C'est sur cette base que notre recherche exploratoire s'est engagée.

I.2. LA MÉTHODOLOGIE DE LA RECHERCHE EXPLORATOIRE

I.2.1. L'outil de recueil de données de la recherche exploratoire

Au moment de passer à la phase de recueil de données, des questions ont surgi, à propos de la méthodologie à adopter. Fallait-il construire un questionnaire et sur quelles bases ? Comment faire pour recueillir les conceptions des enseignants en formation de la manière la plus spontanée possible ? Comment formuler la question de manière accessible pour ces étudiants qui ne possèdent pas encore les concepts de base des sciences de l'éducation ?

Nous avons finalement opté pour un questionnaire réduit à une seule question ouverte pour recueillir les idées des enseignants à propos du problème et de la résolution de problème de manière aussi spontanée que possible.

La question était libellée comme suit :

*"Au cours de votre cursus scolaire (enseignements reçus, contrôle continu, compositions, examens, concours) ou dans la vie de tous les jours, vous avez souvent utilisé ou entendu utiliser le mot "problème" . **Donnez une définition d'un problème.***

I.2.2. L'échantillonnage et le dispositif de recueil de données

Pendant quatre années (1991-1992 --> 1994-1995) cette question était posée aux élèves-professeurs du Département de Physique et Chimie et du Département de Mathématiques, dès le début de la formation.

Il faut signaler que pour la première année seuls les élèves-professeurs de physique et chimie avaient été interrogés. Les réponses étaient recueillies et classées. Pour les étudiants de physique et chimie, la question était posée juste avant le début du module "Résolution de problème et méthodologie des travaux dirigés".

Pour les étudiants de mathématique, l'administration du questionnaire était faite dans une plage horaire quelconque suivant les disponibilités offertes par les formateurs.

Nous avons ainsi recueilli sur les quatre années, 157 définitions du concept de problème¹. La répartition des réponses suivant les strates définies par deux critères (discipline : deux modalités ; année universitaire : quatre modalités) est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Echantillon des sujets interrogés

Discipline ----->	Physique et chimie	Mathématiques	Total
Années			
1991-1992	20	0	20
1992-1993	21	38	59
1993-1994	25	31	56
1994-1995	14	8	22
Total	80	77	157

On voit ainsi que l'échantillon est pratiquement constitué à parts égales de stagiaires de mathématiques et de physique et chimie. L'essentiel de l'échantillon de mathématiques a été constitué en deux ans (1992-1993 et 1993-1994). Nous avons ainsi constitué une base de données susceptible d'être enrichie d'année en année.

I.2.3. Traitement des données recueillies

La nature des données recueillies (des définitions fournies par des enseignants en formation) impose un traitement à plusieurs niveaux : un traitement qualitatif fait à partir d'une grille d'analyse établie sur la base d'indicateurs, et un traitement quantitatif sur des variables numériques créées à partir de ces indicateurs.

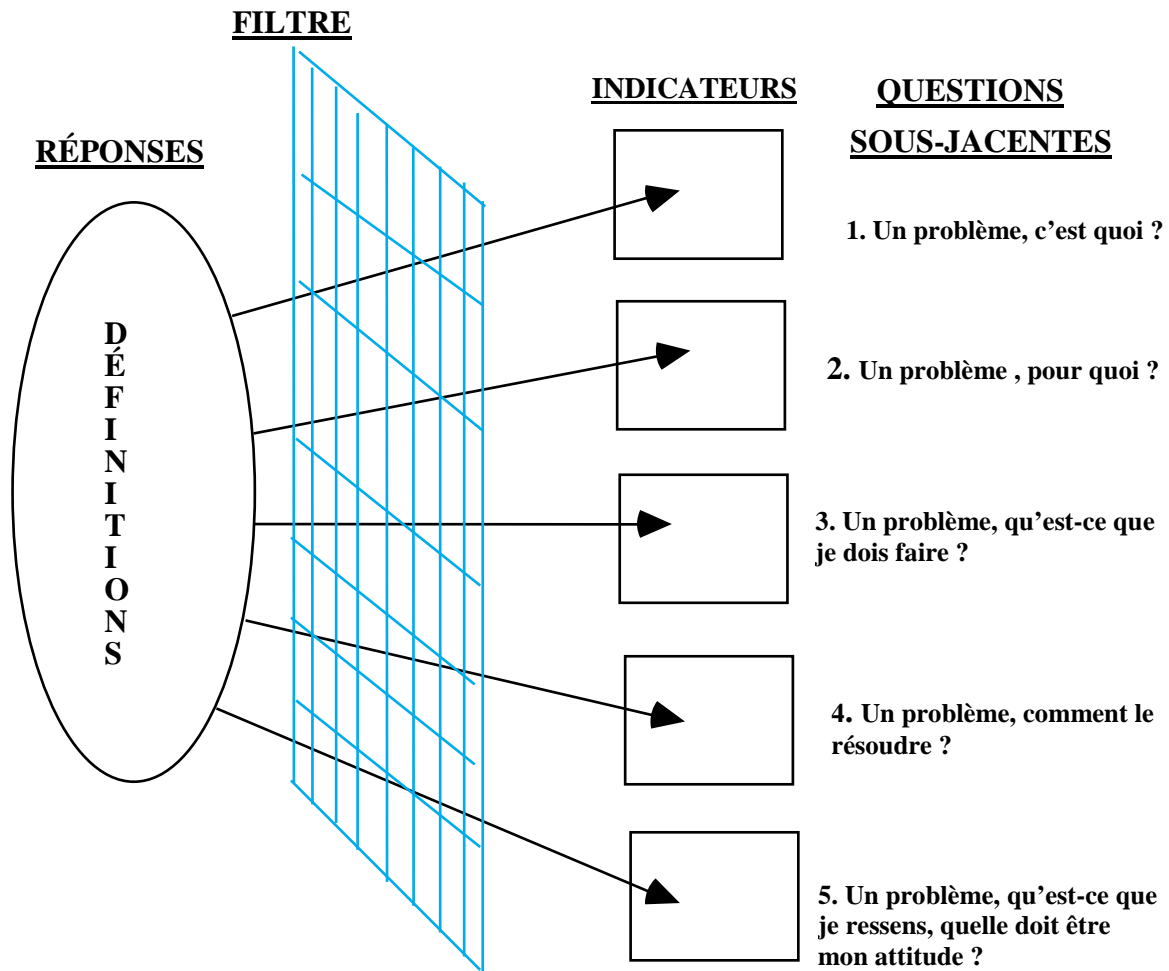
I.2.3.1. Elaboration d'une grille d'analyse

Pour faire une analyse de contenu de ces données, deux méthodes étaient à notre disposition : analyser les contenus des discours libres des enseignants à partir d'une grille établie a priori, ou induire une grille à partir des contenus manifestes (Bardin,

¹ Voir ANNEXE A

1977 ; L'Ecuyer : 1987 ; Jonnaert : 1996). Nous avons combiné ces deux approches. Nous avons d'abord fait une lecture libre de l'ensemble des réponses avec prise de notes sur les aspects saillants se dégageant du discours des enseignants. Cette phase nous a permis de constater de manière empirique que les définitions proposées répondaient au moins à une question sous-jacente. Nous avons explicité ces questions. Les résultats de cette explicitation sont donnés par le schéma 1 suivant :

Schéma 1 : Identification et classification des indicateurs



Chacune de ces questions sous-jacentes sera illustrée par un exemple de définition tiré de la banque de données des 157 définitions. Nous préciserons à chaque fois la spécialité du sujet (Physique et Chimie, **PC** ou Mathématiques, **Math**) et l'année de recueil de la définition. Naturellement, une même définition peut contenir des réponses à plusieurs questions.

Question sous-jacente 1

** un problème, c'est quoi ? (ce qui renvoie à la situation de départ)*

Exemple 1:

“ **situation nouvelle** à laquelle on est confronté et que l'on cherche à résoudre ”

(PC, 1992)

Pour ce sujet, un problème c'est d'abord une situation nouvelle. Cet exemple est assez intéressant, puisqu'il introduit déjà le concept de nouveauté que l'on retrouvera comme critère principal dans la typologie de D'Hainaut développée par Roegiers(1993).

Question sous-jacente 2

**un problème, pour quoi ? (ce qui renvoie à la finalité du problème)*

Exemple 2:

“ un problème est **un moyen de contrôle ou d'évaluation des connaissances acquises** en classe ” (Math, 1995)

Cette définition renvoie à une finalité d'évaluation. C'est une vision purement scolaire ce qui correspond à l'usage le plus courant du problème dans l'enseignement des sciences.

Question sous-jacente 3

**un problème, qu'est-ce que je dois faire ? (ce qui renvoie à la tâche attendue)*

Exemple 3:

“ une situation obscure, ambiguë, à laquelle **il faut apporter clarté, lumière,** autrement dit, c'est un ensemble de questions auxquelles **il faudra apporter des solutions précises, des réponses exactes.** ” (PC, 1995)

Cette définition (Exemple 3 indique la nature de la tâche qui attend le sujet qui est confronté à un problème : il doit clarifier une situation, “ obscure ”, apporter une solution.

Question sous-jacente 4

un problème, comment le résoudre ? (ce qui renvoie au processus de résolution)

Exemple 4

“ une situation qui **fait appel à une compilation de connaissances pour construire ou déduire des inconnues ou d’autres connaissances** ” (PC, 1993)

Cette définition met l’accent sur le rôle des connaissances et sur un processus de traitement des connaissances tel que la déduction.

Question sous-jacente 5

un problème, qu'est-ce que je ressens, comment je dois être, quelle attitude ? (aspects affectifs et conatifs)

Exemple 5

“ un problème c’est un phénomène ou une situation ou un procédé qui n’est pas familier et dont la présence devant moi **perturbe tous mes sens** ” (PC, 1995)

Cette définition est très originale. Elle met l’accent sur un état d’esprit qui est souvent passé sous silence. Les problèmes donnés aux élèves, du fait de leur utilisation comme outil d’évaluation et de sélection sont chargés négativement et créent des perturbations psychologiques qui souvent inhibent les capacités des élèves à élaborer une démarche scientifique.

Cette démarche d’analyse des définitions proposées par les enseignants va nous permettre de sélectionner des termes et expressions susceptibles de rendre compte de chacun des cinq aspects cités.

I.2.3.2. Identification et classification d'indicateurs

Nous avons ensuite fait une deuxième lecture orientée de l'ensemble des réponses.

Nous avons ainsi constaté qu'on pouvait associer aux questions sous-jacentes des

termes ou des expressions qui pouvaient servir d'indicateurs. Cette opération est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Association d'indicateurs aux questions sous-jacentes

Questions sous-jacentes /Dimensions	INDICATEURS
un problème c'est quoi ?	- situation - informations - énoncé- libellé – questions - hypothèse- un besoin- faits – données – texte - sujet- contraintes – équation – obstacle.
un problème, pour quoi ?	- tester des connaissances - évaluer les élèves - permettre de comprendre - permettre aux élèves d'apprendre -développer des capacités d'apprentissage - mesurer le volume de connaissances - classer - critère d'insertion sociale. - sanctionner - s'auto-évaluer - passer le temps - solliciter ses cellules grises - développer le sens du raisonnement - se préparer à faire face aux besoins de la vie pratique - développer le sens du raisonnement.
un problème, qu'est-ce que je dois faire ?	- trouver une valeur numérique - répondre à une question - trouver un lien, des connexions logiques entre des faits - expliquer un phénomène - élucider un énigme - surmonter une difficulté, un obstacle - créer un nouveau modèle théorique- satisfaire un besoin- trouver des moyens pour réaliser une action - donner un avis argumenté - appliquer un(des) critères, une(des) règles à une situation - apporter des issues heureuses à une situation - résoudre une équation - découvrir de nouvelles structures.
un problème, comment le résoudre ?	- utiliser des connaissances - utiliser des méthodes - raisonner, raisonnement - réfléchir, réflexion - effort intellectuel - ordonner - traiter, traitement- mettre en relation - utiliser des règles, des conventions - critiquer – analyser – élaborer – simplifier – comparer.

<p>un problème, qu'est-ce que je ressens, quelle doit être mon attitude ?</p>	<p>- difficile, difficulté - rude épreuve- ennui – malaise - refus d'acceptation - obscur – ambiguïté – confus - conscience humaine - cas de conscience - fatigue l'esprit</p> <p>- embarras, embarrassant - se débattre - se tirer d'affaire – bloqué</p> <p>– incapacité - perturbe les sens - contraintes, s'oppose au désir.</p>
--	--

Le tableau 5 précédent montre le processus d'analyse des définitions. Un énoncé est reconnu par le biais des indicateurs comme contenant la réponse à l'une des questions sous-jacentes. Les indicateurs jouent donc le rôle de filtre. Comme indiqué plus haut, une même définition peut contenir la réponse à plusieurs questions sous-jacentes.

I.2.3.3 Création de variables

Les définitions fournies par les enseignants ne pouvaient pas servir de modalités de la variable « conception ». Les dimensions ainsi identifiées à partir d'indicateurs choisis sur les productions des élèves-professeurs vont nous permettre de concevoir la conception comme une macrovariable. A chacune de ces dimensions, nous associons une variable permettant d'indiquer si une définition proposée par un répondant, possède ou non un des indicateurs de la dimension. On obtient ainsi cinq variables V1, V2, V3, V4, V5, définies comme suit :

- la situation de départ (Sd) : Elle contient l'ensemble des données de base, qualitatives et quantitatives contenues dans l'énoncé du problème. (Variable **V1**)
- la finalité ou fonction du problème (Fi) : Cette variable rend compte de la prise en compte de la finalité sociale du problème dans les conceptions des enseignants et des apprenants. (Variable **V2**)
- la représentation de la tâche (Rt) : Cette dimension rend compte de la place accordée à la nature de la tâche attendue de l'apprenant. Par exemple, le but à atteindre dans un problème classique de physique dans l'enseignement secondaire est de trouver une valeur numérique, établir des relations. En mathématique il est souvent question de résoudre une équation, c'est-à-dire trouver une ou plusieurs inconnues ou d'établir des relations. (Variable **V3**)
- le processus de résolution (Pr) : Cette variable rend compte de la mesure dans laquelle les conditions, les compétences et les formes de traitement des connaissances

mises en jeu dans la résolution de problème sont invoquées dans les conceptions.(Variable **V4**)

- la composante affective (Ca) : La composante affective est une variable destinée à mesurer la part des attitudes et des sentiments associés à la situation de résolution de problème. (Variable **V5**).

Les tableaux suivants donnent les correspondances respectives entre d'une part les questions sous-jacentes et les variables, et d'autres parts entre les variables et les indicateurs qui leur sont associés.

Tableau 6 : Association questions sous-jacentes /variables créées

Questions sous-jacentes	Variables créées
un problème, c'est quoi ?	situation de départ (Sd) V1
un problème, pourquoi ?	finalité (Fi) V2
un problème, qu'est-ce que je dois faire ?	représentation de la tâche (Rt) V3
un problème, comment le résoudre ?	Processus de résolution (Pr) V4
un problème, qu'est-ce que je ressens, quelle doit -être mon attitude	Composante affective (Ca) V5

En associant les variables et les indicateurs on obtient à la page suivante le tableau 7, qui permet de décrire chaque variable.

Tableau 7 : description des variables à l'aide des indicateurs

Questions sous-jacentes / Dimensions	INDICATEURS
Situation de départ (Sd) V1	- situation - informations - énoncé- libellé – questions - hypothèse- un besoin- faits – données – texte - sujet- contraintes – équation - obstacle
Finalité (Fi) V2	- tester des connaissances - évaluer les élèves - permettre de comprendre - permettre aux élèves d'apprendre -développer des capacités d'apprentissage - mesurer le volume de connaissances - classer - critère d'insertion sociale- sanctionner - s'auto-évaluer - passer le temps - solliciter ses cellules grises - développer le sens du raisonnement - se préparer à faire face aux besoins de la vie pratique - développer le sens du raisonnement
Représentation de la tâche (Rt) V3	- trouver une valeur numérique- répondre à une question - trouver un lien, des connexions logiques entre des faits - expliquer un phénomène - élucider un énigme - surmonter une difficulté, un obstacle - créer un nouveau modèle théorique - satisfaire un besoin- trouver des moyens pour réaliser une action - donner un avis argumenté - appliquer un(des) critères, une(des) règles à une situation - apporter des issues heureuses à une situation - résoudre une équation - découvrir de nouvelles structures
Processus de résolution (Pr) V4	- utiliser des connaissances - utiliser des méthodes - raisonner, raisonnement - réfléchir, réflexion - effort intellectuel - ordonner - traiter, traitement - mettre en relation - utiliser des règles, des conventions - critiquer – analyser – élaborer – simplifier - comparer
Composante affective (Ca) V5	- difficile, difficulté - rude épreuve- ennui – malaise - refus d'acceptation - obscur – ambiguïté – confus - conscience humaine - cas de conscience - fatigue l'esprit - embarras, embarrassant - se débattre - se tirer d'affaire – bloqué – incapacité - perturbe les sens - contraintes, s'oppose au désir

Les définitions fournies par les enseignants en formation ont été analysées sur la base de cette grille. Certains aspects ont été exprimés par des termes légèrement différents, et il a fallu donc procéder à certains correctifs. Mais certaines tournures françaises bien qu'incorrectes ont été maintenues.

A la fin de cette étape, nous disposons ainsi d'une grille d'analyse des définitions s'appuyant sur des indicateurs qui sont des termes et expressions tirés du discours des enseignants.

I.2.3.4 Mesure des variables

Pour être mesurable une variable doit être opérationnalisée , c'est-à-dire définie par l'opération qui permet de lui faire correspondre des modalités .

Celles-ci dépendent de la nature de la variable (Howell, 1998). Ces modalités constituent les résultats de l'opération de mesure.

Les variables que nous avons créées étant associées à des indicateurs, nous avons choisi d'en faire des variables dichotomiques. Dans chaque production fournie par un sujet, il y a deux possibilités :

- la définition fournie par le répondant contient un indicateur lié à une variable V_i ; celle-ci prend alors la modalité 1(chiffre 1) ;
- la définition fournie par le répondant ne contient pas un indicateur associé à la variable V_i ; alors celle-ci prend la modalité 0 (Chiffre Zéro).

Exemples d'illustration de la mesure des variables :

A chaque définition on a associé un petit tableau à une ligne et cinq colonnes correspondant aux cinq variables V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 .

Dans chacune des cases correspondant à une variable, il s'agira d'inscrire respectivement le chiffre 1 ou zéro (0) selon que la définition contient ou non un indicateur associé à la variable.

Nous allons illustrer cette démarche sur des définitions du concept de problème que nous avons tirées de notre banque de données.

Définition 1 : On l'utilise dans le langage courant pour signifier une difficulté ou un *obstacle* auquel l'individu est confronté. En pédagogie : Énoncé d'un exercice_ (long ou court) pouvant faire l'objet d'un examen ou d'un test pour vérifier la compréhension d'une leçon.

Les termes ou expressions soulignés dans la définition correspondent à des indicateurs des variables :

difficulté : V_5 (Ca) ; **obstacle, énoncé** : V_1 (Sd) **vérifier la compréhension** : V_2 (Fi)

La définition comporte des indicateurs correspondant aux variables V_1, V_2, V_5 qui auront chacune, dans cette définition, la modalité 1.

La définition ne comporte pas d'indicateurs correspondant aux variables V3 et V4. Ces variables auront, dans cette définition, la valeur zéro (0).

Ces résultats donnent le tableau de codage de cette définition comme suit :

V1	V2	V3	V4	V5
1	1	0	0	1

Définition 2 : Une *situation* dans laquelle se trouve un individu ou bien une situation qu'on lui présente et à laquelle il propose une résolution.

Cette définition ne renferme que deux indicateurs : **situation (V1)** et propose une solution (V3). D'où le tableau de codage.

V1	V2	V3	V4	V5
1	0	1	0	0

Définition 3 : Un agencement de données plus ou moins désordonné qui *nécessite un traitement*, un réarrangement *pour le comprendre*.

Les indicateurs repérés dans cette définition sont : données (V1) , *nécessite un traitement* (V3), *pour comprendre* (V2), ce qui donne le tableau de codage :

V1	V2	V3	V4	V5
1	1	1	0	0

Pour tester la fiabilité de notre méthode de mesure, nous avons fourni à cinq (5) formateurs-chercheurs de l'Ecole Normale Supérieure de Dakar un échantillon de 20 définitions choisies au hasard sur la banque de données, le tableau associant les variables et leurs indicateurs respectifs, et l'explication du mode de codage.

Il s'agissait d'appliquer la méthode de l'accord inter-juges aux définitions du concept de problème sur la base des indicateurs présentés en appliquant le mode de codage utilisé.

Le test a donné un accord inter-juges de 80%, ce qui est largement supérieur au taux de 75% souvent admis dans ce mode de validation.. Les écarts semblaient surtout liés à la manipulation des indicateurs de la variables V5. De plus il y a eu quelques hésitations entre les indicateurs des variables V3 et V4.

Mais les résultats du test nous ont semblé acceptables et le mode de codage a été par la suite appliqué par nos soins à l'ensemble des 157 définitions.

Le tableau de codage obtenu est un tableau à 5 colonnes et 157 lignes.

1.2.3.5. Traitements appliqués

Les valeurs prises par chacune des cinq variables pour chaque définition ont été ensuite cumulées. La somme obtenue est considérée comme « le poids » de chaque variable dans les conceptions des sujets interrogés à propos de résolution de problème.

Deux traitements ont été opérés sur les données transformées :

- on donnera le cumul des variables pour l'ensemble de l'échantillon, puis le cumul de ces mêmes variables pour les deux sous-groupes distincts : les élèves-professeurs de physique et chimie et les élèves-professeurs de mathématiques. La représentation graphique des points cumulés en fonction de la variable permet de mettre en évidence la position relative des cinq dimensions les unes par rapport aux autres ;
- le test CHI^2 permettant de comparer les conceptions des élèves-professeurs de Mathématiques et ceux de physique et chimie.

I.3 LES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE EXPLORATOIRE

Dans cette partie, après avoir présenté les résultats de la mesure des variables, nous les discuterons pour en tirer des enseignements.

I.3.1 Présentation des résultats

Notre échantillon étant constitué de 157 élèves-professeurs avec deux spécialités disciplinaires : physique et chimie (PC) et mathématiques (MATHS). Nous présenterons successivement les résultats d'ensemble de l'échantillon, les résultats du sous-groupe (PC) et les résultats du sous-groupe (MATHS)

1.3.1.1. Résultats d'ensemble de l'échantillon

Le tableau 8 suivant présente le cumul des points obtenus par chaque dimension :

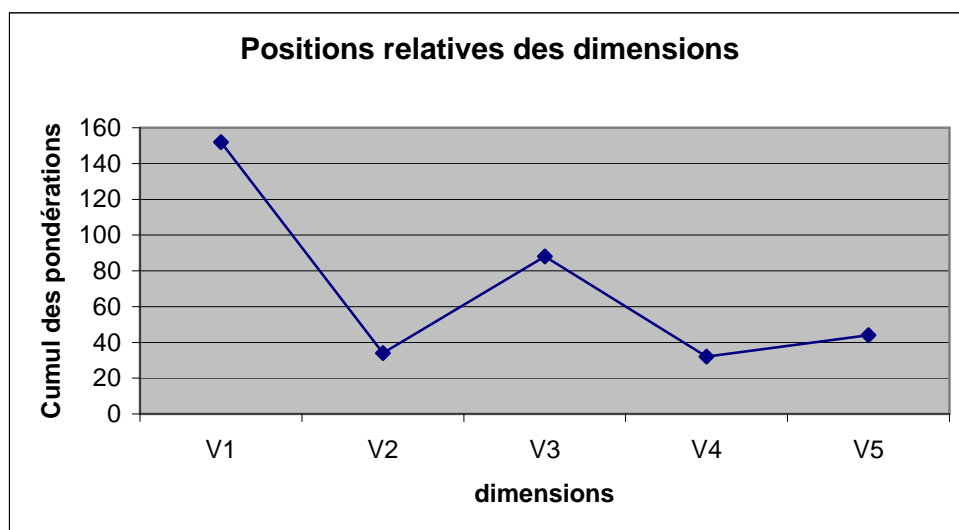
Tableau 8 : Résultat du codage des données à partir des variables créées

Dimensions	V1	V2	V3	V4	V5
Cumul des points	152	34	88	32	44

On voit nettement que la dimension V1 (situation de départ, Sd) est la plus présente (152) dans les conceptions des élèves-professeurs, suivi de très loin par la dimension V3 (représentation de la tâche, Rt) avec 88 points. La dimension processus (Pr) est en dernière position avec 32 points suivie il est vrai de très près par la dimension V2 (Finalité, Fi). La dimension V5 (composante affective, Ca) vient en troisième position avec 44 points.

Ces résultats sont mis en évidence dans le graphe 1 suivant :

Graphe 1 : Positions relatives des dimensions extraites des définitions fournies par les 157 sujets.



Légende : V1 = situation de départ (Sd) ; V2 = Finalité (Fi) V3 = Représentation de la tâche (Rt) ; V4 = Processus de résolution (Pr) ; V5 = composante affective (Ca)

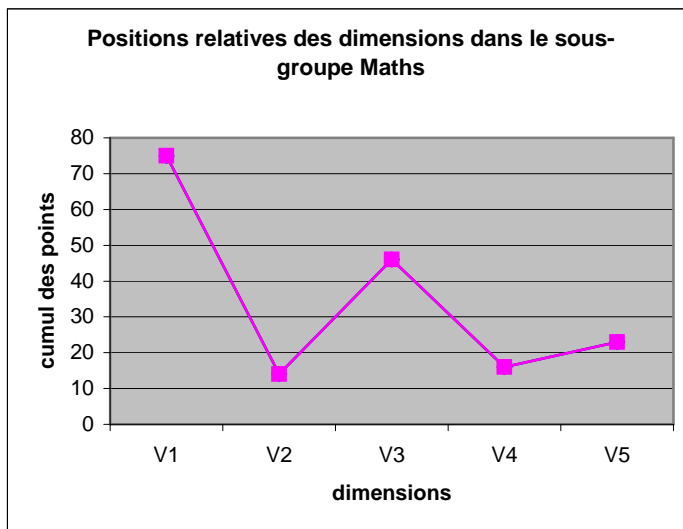
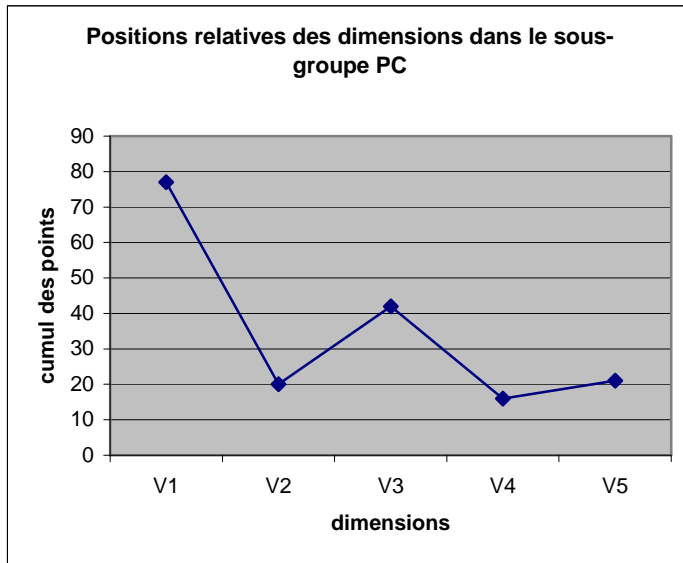
I.3.1.2. Résultats des sous-groupes « Physique et chimie » (PC) et « Mathématiques » (MATHS)

Tableau 9 : description des résultats par sous-groupes

Dimensions	V1	V2	V3	V4	V5
Cumul PC	77	20	42	16	21
Cumul Maths	75	14	46	16	23

Les résultats des sous-groupes (PC) et (MATHS) reconduisent la hiérarchie établie entre les dimensions par les résultats d'ensemble. La dimension V1 est toujours largement en tête et la dimension processus est toujours en dernière position. Les graphes 2 et 3 suivants mettent bien en évidence ces résultats.

Graphe 2 et Graphe 3 : résultats des sous groupe PC et Maths



On voit bien que les deux sous-groupes PC et MATHS ont une structure analogue, ce qui sera confirmé par le test du CHI^2

1.3.1.3. Confirmation de la similitude des sous groupes (PC) et (MATHS) par le test du CHI^2

La méthode du CHI^2 a été appliquée aux résultats obtenus à partir d'effectifs cumulés d'étudiants en Mathématiques (effectif : 77) et en physique et chimie (effectif: 80). Elle

montre (degré de liberté $dl = 4$; $CHI^2 = 1,32$) , qu' il n' y a pas de différence significative entre les conceptions des deux types d'étudiants, même avec une probabilité d'erreur inférieure ou égale à 0,005.

I.3.2. Discussion des résultats

Les résultats montrent que les conceptions des élèves professeurs sont marquées par un accent mis sur la situation de départ (Sd, V1) et la représentation de la tâche (Rt, V3). La référence au processus de résolution (Pr, V4) est rangée à la dernière place ainsi que la finalité ou fonction du problème (Fi, V2). Les aspects affectifs (Ca, V5) viennent à chaque fois en troisième position. En réalité la différence entre les variables V2,V4,V5 n'est guère significative.

Ces résultats suggèrent l'hypothèse selon laquelle les conceptions des professeurs en formation se concentrent sur les données du problème au détriment de la perception du rôle de l'activité de résolution de problème et surtout du processus lui-même.

La faiblesse de la fréquence obtenue par la variable V2 (Fi) indique clairement le manque de sensibilité des élèves-professeurs à la finalité des activités de résolution de problème.

Les résultats graphiques obtenus révèlent également de manière nette une structure pratiquement identique des conceptions des élèves-professeurs de Mathématiques et de Physique et Chimie, quelque soit l'année d'investigation considérée, ce qui confirme les résultats du test du CHI^2 .

Le fait que ce résultat soit le même pour élèves-professeurs de Maths et de physique et chimie nous semble également intéressant. La structure de ces conceptions pourrait ne pas dépendre de la discipline scientifique et être une donnée des systèmes scolaires. Les mêmes pratiques de résolution de problème conduiraient à des résultats analogues d'une discipline à une autre. Mais pour pouvoir faire des comparaisons de manière valide d'une discipline à une autre, il faut être en mesure de décrire avec plus de précision ces conceptions.

Cependant, il est possible de considérer comme une hypothèse plausible que les conceptions des élèves-professeurs à propos de la résolution de problème sont centrées sur la situation de départ (Sd) et la représentation de la tâche (Rt). Il n'est peut-être pas inutile de remarquer à ce niveau que l'échantillon est constitué d'élèves-professeurs qui viennent de finir leurs études universitaires et sont encore très marqués par leurs pratiques d'étudiants.

Les situations de résolution de problème seraient pour eux des situations dans lesquelles ils sont astreints à des tâches dont ils ne se soucieraient pas de la finalité. Celle-ci est évidente pour eux : il s'agit d'avoir la note qui permet d'avoir le certificat recherché ou le passage en année supérieure. La troisième place occupée par la dimension composante affective (Ca) complète ce « tableau universitaire » connue pour l'importance du stress au moment des évaluations. De nombreuses recherches sur l'enseignement universitaire (Sall, 1983), ont montré l'importance du stress et de l'estime de soi dans les performances des étudiants dans le système universitaire. Cette prudence dans l'interprétation des résultats de la recherche exploratoire est liée aux limites des outils et méthodes utilisés dans le cadre de cette phase exploratoire. Nous allons à présent mettre en évidence ces limites.

I.4. LES LIMITES DE LA RECHERCHE EXPLORATOIRE

Les limites de notre recherche exploratoire sont à la fois d'ordre théorique et méthodologique.

I.4.1 Sur le plan théorique

Les concepts de problème et de résolution de problème ne sont pas de simples outils pédagogiques, malgré leur usage courant dans le discours scolaire. Ils sont au centre de la théorie de la connaissance. La recherche exploratoire avait des ambitions limitées sur le plan théorique. Ces limites restreignent ainsi l'interprétation des résultats obtenus.

On peut par exemple se demander ce que recouvre le concept de situation de départ. Se limite-t-elle simplement à l'énoncé, ou ne faudrait-il pas inclure l'état des connaissances de l'apprenant et le contexte de résolution de problème ? Ce sont là des

questions qui ne trouveront réponse que dans un cadre conceptuel plus approfondi. Un axe central de l'approfondissement théorique serait de présenter les différents concepts dans les paradigmes qui ont tenté de modéliser les processus éducatifs. Cet approfondissement théorique devra cependant être renforcé du point de vue empirique par des exemples d'illustration, par des situations-problèmes dans le cadre de la physique et de la chimie.

Plusieurs questions surgissent à cette étape :

- qu'est-ce qu'un problème ?
- quels types de problèmes sont généralement posés, en contexte scolaire ou au-delà ?
- les réponses aux questions précédentes sont-elles les mêmes selon que l'approche est d'ordre philosophique, psychologique, ou didactique (recherche), ou pédagogique (un enseignant dans sa classe) ?
- quelles sont les théories qui sous-tendent la formulation de ces réponses ?
- quelle est la nature du processus de résolution de problème selon les différentes approches théoriques ?

C'est là autant de questions qui ne trouvent pas de réponse dans le cadre de la recherche exploratoire. Ces limites théoriques rejaillissent naturellement sur les aspects méthodologiques.

1.4.2. Sur le plan méthodologique

L'outil de recherche constitué d'un questionnaire réduit à une question ouverte constitue à lui seul une limitation dans le recueil de données.

La forme de l'unique question ouverte peut fonctionner comme un piège pour les sujets. Etant habitués à des définitions de type essentiel basées sur des substantifs, ils ont pu avoir tendance à utiliser à chaque fois les termes comme « situation » ou « état » dans leurs productions, ce qui a pu favoriser par exemple « la situation de départ ». Il n'est donc pas prudent de considérer qu'une dimension telle que le « processus de résolution » soit aussi marginale dans les conceptions des élèves-professeurs.

Sur le plan du traitement, malgré l'accord inter-juge obtenu, la manipulation des indicateurs lors de la mesure des variables ne s'est pas faite sans quelques dilemmes. Par exemple le terme « difficulté » qui est souvent revenu dans les définitions est assez ambigu. Il peut revêtir un aspect cognitif, mais il contient également une charge

affective.

La méthode de traitement, malgré son originalité et son caractère pratique ne fournit pas des informations fines sur les idées des enseignants à propos du problème et de la résolution de problème.

La méthodologie de la recherche devra donc être mieux articulée avec la partie théorique. Par exemple une option purement constructiviste aura des conséquences sur la démarche et les outils de la recherche. On pourrait par exemple placer le sujet dans une situation qui lui permet de faire des discriminations entre plusieurs idées, ce qui permettrait de reconstituer plus fidèlement sa pensée.

C'est ainsi qu'il nous semble qu'un mode d'échantillonnage permettant de prendre en charge certaines caractéristiques des populations-cibles doit être mis en œuvre, et cela en vue éventuellement de pouvoir étudier d'éventuelles variables pertinentes par rapport aux conceptions de la résolution de problème.

Ainsi, un questionnaire plus fouillé, mettant le répondant en situation de construction de sa conception de la résolution de problème, devra être élaboré.

Enfin les traitements appliqués aux données devront être affinés pour tirer profit de la masse d'informations qui seront recueillies.

Malgré ses limites théoriques et méthodologiques, la recherche exploratoire nous a fourni une banque de données pour construire une problématique pertinente sur les conceptions des enseignants à propos de la résolution de problème. Elle nous a également permis de nous situer par rapport aux exigences du processus de recherche en éducation.

I.4.3 La nécessité d'une plus grande conceptualisation

Dans la perspective d'une recherche plus approfondie, la nécessité d'aller vers une conceptualisation plus poussée s'impose à nous, à cette étape de notre recherche. En effet il apparaît clairement que la résolution de problème articulée avec les conceptions mobilisent plusieurs champs théoriques qu'il faudra visiter avec plus de précision.

C'est d'ailleurs là une des caractéristiques de la recherche en didactique, une discipline

“ emprunteuse ” par nature (Giordan, 1998). La nécessité de se situer par rapport à plusieurs champs théoriques ne doit cependant pas faire perdre de vue notre encrage dans la didactique de deux disciplines scolaires en interaction, la physique et la chimie.

Si la confection d'un outil de recueil de données plus élaboré s'avère nécessaire, l'identification ou l'élaboration d'une méthode de traitement de ces données est également une autre exigence, surtout dans une perspective heuristique visant à établir des liens entre les conceptions à propos de la résolution de problème et certaines variables indépendantes telles que les caractéristiques professionnelles des enseignants. Il nous faut redéfinir un nouveau cadre théorique qui permettra ensuite de reposer la problématique des conceptions des enseignants de manière plus explicite. C'est l'objet des deux prochains chapitres.