



HAL
open science

Résolution de problèmes a l'école primaire française : perspectives curriculaire et didactique

Sylvie Coppé, Catherine Houdement

► To cite this version:

Sylvie Coppé, Catherine Houdement. Résolution de problèmes a l'école primaire française : perspectives curriculaire et didactique. Colloque de la COPIRELEM, Jun 2009, France. halshs-00959613

HAL Id: halshs-00959613

<https://shs.hal.science/halshs-00959613>

Submitted on 14 Mar 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RESOLUTION DE PROBLEMES A L'ECOLE PRIMAIRE FRANÇAISE : PERSPECTIVES CURRICULAIRE ET DIDACTIQUE

Sylvie Coppé,

IUFM, Université de Lyon 2, ICAR
sylvie.coppe@univ-lyon2.fr

Catherine Houdement,

IUFM, Université de Rouen, LDAR
catherine.houdement@univ-rouen.fr

Résumé

Pour les élèves d'école primaire, leurs professeurs et leurs parents, la résolution de problème fait partie intégrante de l'enseignement des mathématiques parce que c'est un moyen de contrôler les connaissances acquises. Certains pensent aussi que la construction de la connaissance mathématique et la résolution de problèmes sont séparées. Or les programmes récents ont promu des pratiques où la frontière devenait plus ou moins perméable...

La conférence présentera les conceptions des programmes successifs sur les problèmes et les influences possibles (travaux de didactique, recherches innovation ...) sur ces changements de conception. Elle s'interrogera sur l'avenir de la résolution de problème et de la formation sur ce thème dans l'enseignement primaire.

1 INTRODUCTION

Toute étude est toujours située : *hic et nunc* ... nous développerons des points de vue que nous n'avons pas nécessairement par exemple en 2002, notamment l'une des auteures comme co-rédactrice des programmes. Comme tous nous avons bénéficié de nouveaux travaux et d'études sur l'enseignement des mathématiques ou l'impact des programmes.

L'objectif de cette étude est d'une part de comprendre la genèse des idées qui traversent la communauté des formateurs, d'autre part de faire la part des choses entre l'idéologique et le scientifique, notamment dans les programmes, leur interprétation, mais aussi en didactique.

Dans une première partie, nous examinerons l'évolution des problèmes dans les curricula entre 1945 et 2008. Dans une deuxième partie, nous passerons en revue les points de vue des recherches en didactique françaises pour montrer leur influence sur les curricula. La troisième partie étudiera la littérature grise plus récente, notamment les points de vue des IREM et de l'INRP sur les problèmes. Pour terminer nous donnerons quelques éclairages théoriques sur les problèmes et la problématisation pour dégager de nouvelles pistes.

Nous devons aussi préciser ce dont cette étude ne s'occupe pas. La pratique effective des enseignants sera peu étudiée, même à travers les manuels, considérés comme première

interprétations des programmes. Les évaluations (à partir de 1991) ne seront pas non plus étudiées bien qu'elles contribuent aussi, d'une certaine façon, à des changements de curricula voire de pratique.

2 LES PROBLEMES DANS LES CURRICULA

2.1 Préliminaires

Nous adoptons là un point de vue résolument français... sans prendre en compte d'éventuelles influences étrangères ou tendances mondiales. Nous insérons quelques remarques (dont le lecteur devra nous pardonner la brièveté) sur le climat social de l'époque, suivant en cela Prost (1997) qui déclare : « *La réflexion sur l'école tourne court si on oublie que la société lui assigne des fonctions précises par rapport à des populations déterminées* » Cette citation interroge en particulier les velléités de transfert un peu rapide de contenus de programmes anciens dans des programmes actuels. L'étude des anciens programmes est utile et sans doute nécessaire, mais pour mieux comprendre les phénomènes didactiques, non pour montrer (ou rêver) une efficacité a priori d'injonctions anciennes.

Nous choisissons délibérément de travailler par touches : il ne s'agit pas d'une étude exhaustive mais de la présentation de plusieurs facettes qui nous ont semblé emblématiques de certains changements ou nouveautés. Dans cette partie nous nous limitons aux textes sans regard critique.

L'école primaire française a vu se succéder diverses réécritures des programmes en relation ou non avec des transformations profondes du système d'enseignement : nous avons retenu comme dates emblématiques 1945, 1970 (passage dans l'enseignement aux mathématiques dites modernes), 1977 à 1980 (retour aux mathématiques dites concrètes), 1985 (réécriture courte), que nous avons regroupés avec 1991 (introduction des cycles) et 1995, enfin 2002 -2007 et 2008. Les documents d'étude sont les Programmes et Instructions officielles, autrement dit les Documents officiels du Ministère. Il est arrivé que nous interrogeons aussi des textes de revues pédagogiques, il s'agit alors d'interprétations de textes officiels.

2.2 Programmes 1945

Aperçu rapide historico- sociologique

« **Avant 1959**, celle-ci [l'organisation du système d'enseignement français] se caractérisait par la juxtaposition de deux réseaux séparés et concurrents : celui du primaire, du primaire supérieur et du technique d'une part, celui du secondaire d'autre part. » (Prost 1997, p.157-158)

Vision curriculaire

Il y a cinquante ans le mot « problème » est réservé à des énoncés textuels liés à la vie de tous les jours ou à des questions plus professionnelles (équilibrer un budget, faire un devis, une facture, calculer un poids de sucre pour la confiture, la surface d'un champ...). Les problèmes donnent lieu à un travail individuel qui a pour fonction de réinvestir et tester des connaissances déjà apprises et de montrer leur utilité pour la vie réelle d'adultes. Les problèmes sont essentiellement

numériques et leur complexité est liée au nombre d'opérations à enchaîner pour trouver le résultat.

Par exemple dans les *Instructions* (cité par COPIRELEM 1987 p.8), se lit :

« En principe on peut se borner aux problèmes dont la résolution ne demande qu'une seule opération, écrite ou mentale. Quand la solution demande plusieurs opérations, on peut en faciliter la recherche en demandant les étapes intermédiaires par des questions auxiliaires. Les quelques types simples qui paraissent constituer le maximum de ce que l'on puisse demander à des élèves du Cours Élémentaire sont :

- 1. Une suite d'additions et de soustractions de petits nombres, par exemple, recettes et dépenses avec gain et perte.*
- 2. Une facture simple : une ou deux multiplications et une addition.*
- 3. Une addition ou une soustraction suivie d'une division*
- 4. Une division suivie d'une multiplication. »*

Comme le souligne Mercier (2008 p. 96), d'autres choix auraient pu être faits, par exemple celui d'étendre au collège l'esprit de l'enseignement primaire et donc créer des théories sur l'étude des classes de problèmes mathématiques du quotidien : ce sont eux en effet qui forment la « *mathematical literacy* » que PISA teste actuellement. On voit bien là les influences socio historiques sur les contenus de programmes.

2.3 Programmes 1970

Aperçu rapide historico- sociologique

Toujours selon Prost (1997), les réformes de 1959, 1963, 1965 créent un système cohérent en imposant une organisation à trois niveaux successifs : les écoles, les collèges et les lycées : tous les élèves vont dans les écoles de 6 à 11 ans ; les lycées perdent leurs « petites classes » primaires. Ainsi l'école devient mixte, perd les classes de fin d'études primaires, les élèves de 12 ans vont dans les collèges ; la plupart des lycées sont amputés de leur premier cycle.

En 1969 : 1968 pousse à la réalisation de réformes déjà en gestation (Prost 1997, p.163) : dans les écoles s'instaure le tiers temps pédagogique (**arrêté 7 août 1969** : 1/3 matières de base : français et calcul , 1/3 disciplines d'éveil, 1/3 éducation physique) ; le temps de présence en classe passe de 30h à 27h (10h français, 5h calcul, 6h éveil à partager entre histoire-géographie, sciences naturelles, musique et chant). La démarche dite d'éveil sera abandonnée fin des années 1970 sans étude sur la façon dont les instituteurs ont fait fonctionner l'heure quotidienne d'éveil.

Vision curriculaire

Le programme de 1970, dit des « mathématiques modernes » se veut transitoire ; il est une réponse à l'allongement de la scolarité obligatoire, l'évolution des mathématiques savantes et les travaux sur l'enfant des psychologues cognitifs. Il rompt en partie avec la fonction utilitariste des mathématiques considérée alors comme un obstacle à la « vraie » compréhension : le mot « problème » disparaît des programmes, mais subsiste dans les commentaires où il est défini (ce sera la seule fois dans les programmes de 1945 à 2002) ainsi : « *Il y a problème si, connaissant un certain nombre d'informations concernant une situation, on se propose de déduire de ces*

informations des renseignements non explicités initialement. » (Circulaire IV 70-2 accompagnant l'arrêté du 2 janvier 1970, p.31)

Sous l'expression « situation » (sous entendu situation supposée familière aux élèves et pas « situation » au sens de la Théorie des Situations Didactiques¹), il acquiert

- une double fonction d'éducation : non plus seulement initier à la vie courante, mais aussi « *correspondre aux préoccupations et aux intérêts des réels des enfants* » ;
- une double fonction au service des mathématiques : motiver l'introduction de notions nouvelles et appliquer propriétés ou relations préalablement établies par les élèves, autrement dit mathématiser la réalité. Il est accompagné pour la première fois d'éléments méthodologiques tels que : « analyser la situation, dégager des chaînes de situations élémentaires, les schématiser afin de mettre en évidence les relations mathématiques qui les décrivent... ».

Une des dérives du programme fut de ne conserver que l'aspect mise en schéma des situations (et vice versa), tel que diagrammes de Venn, tableau cartésien...

La **circulaire** (IV 70-2) précise « *L'ambition d'un tel programme n'est donc plus essentiellement de préparer les élèves à la vie active et professionnelle en leur faisant acquérir des techniques de résolution de problèmes catalogués et suggérés par 'la vie courante', mais bien de leur assurer une approche correcte et une compréhension réelle² des notions mathématiques liées à ces techniques* » (p.31)

L'activité *Résoudre un problème* est découpée en opérations mentales qui pourraient se concevoir indépendamment, mais dont rien ne dit qu'il faudrait les enseigner indépendamment.

Résoudre un problème, c'est analyser la situation et les informations données, dégager éventuellement des chaînes de situations élémentaires, les schématiser afin de mettre en évidence les relations mathématiques qui les décrivent, utiliser ces relations et leurs propriétés pour en déduire les renseignements cherchés. » (Circulaire IV 70-2 accompagnant l'arrêté du 2 janvier 1970, p.31)

La noosphère a partagé l'idée que les problèmes ont disparu des programmes de 1970 : dans les textes ils n'ont pas disparu, y compris sous leur forme ancienne comme le relativise l'adverbe « *essentiellement* » dans l'extrait ci-dessus. Dans l'interprétation des textes (et par suite dans beaucoup d'ouvrages pédagogiques) c'est autre chose, comme en témoigne déjà l'interprétation par la revue *L'Éducation* (n°55 du 5 février 1977) : « *Il ne s'agit plus en effet de préparer les élèves à la vie active et professionnelle en leur apprenant à résoudre des problèmes suggérés par 'la vie courante', mais bien de leur assurer une approche correcte et, par suite, une maîtrise réelle des notions mathématiques.* » On entrevoit déjà les dérives que laissent suggérer ces remplacements et /ou omissions de mots (soulignés par nous), peut-être dans une volonté de 'modernisme' exagéré...

¹ Voir plus loin

² Souligné par nous

2.4 Programmes 1977 (CP) 1978 (CE) 1980 (CM)

Aperçu rapide historico- sociologique

1975 : Loi Haby CES et CEG fusionnent ; le passage école collège devient automatique ; il n'y a plus de filière dans le cycle d'observation (6è ; 5è)

1979 : la formation professionnelle des instituteurs passe à 3 ans.

Vision curriculaire

Les documents officiels du CNDP, assez volumineux, annoncent explicitement un objectif (nouveau ?) des textes de programmes : ils s'appellent (et ce sera la seule fois) *Contenus de formation*. Trois volumes paraissent selon le cycle : cycle préparatoire (1977) cycle élémentaire (1978) et cycle moyen. Ces volumes regroupent horaires, programmes et instructions (pédagogiques)

L'expression « situation–problème » apparaît dans les programmes en 1978 (Cours Élémentaire), est reprise en 1980 pour marquer une nouvelle rupture (début d'influence de la Théorie des Situations Didactiques ?). La pratique des problèmes ne se limite plus aux problèmes dont toutes les informations sont données dans l'énoncé, mais s'élargit à des situations plus ouvertes (aussi géométriques), plus « réelles », prétexte à plusieurs questions non strictement mathématiques. Un exemple de situation-problème est l'organisation d'un voyage scolaire, pour lequel la classe doit, après discussion, décider du mode de transport, sélectionner les horaires de départ et d'arrivée et calculer le coût à partir de documents réels.... Une situation-problème de ce type s'accompagne et vise des apprentissages méthodologiques plus transversaux : élaboration de questions, recherche et organisation d'informations, validation (mathématique ou par confrontation à la réalité) et communication des réponses (sous des formes nécessairement autres que le triptyque : schéma-solution-opération des années 1970).

Les programmes définissent enfin trois fonctions (et au moins deux moments, avant la connaissance de la notion visée et après) pour les problèmes dans l'apprentissage mathématique : pour approcher et construire de nouveaux outils mathématiques, pour réinvestir des acquis antérieurs, pour mettre en oeuvre son pouvoir créatif et tester son raisonnement (situations-problèmes plus complexes).

Dans les *Contenus de formation* cycle élémentaire 1978 (p. 39, partie Instructions pédagogiques et types d'activités), on trouve les expressions situations et situations problèmes ; leurs significations ne sont pas exactement les mêmes « *C'est pourquoi on privilégiera les démarches pédagogiques à travers lesquelles les élèves sont toujours confrontés à des situations qu'ils doivent traiter. Il peut s'agir de situations conçues et proposées par l'enseignant, qui exigent, soit l'introduction de nouvelles notions et de nouvelles techniques, soit le réinvestissement de notions ou de techniques travaillées dans des situations différentes. (...) mais il peut s'agir aussi de 'situations problèmes' beaucoup plus ouvertes, élaborées par l'enseignant ou par les élèves à propos desquelles la recherche peut s'exercer dans de multiples directions.* »

Les paragraphes sur notre thème d'étude sont les suivants : pour le CE 1978 page 49 :

« *Les problèmes au cycle élémentaire peuvent être envisagés selon trois points de vue :*

1) *On considérera que chaque nouvel outil mathématique peut se construire et trouver sa signification au travers de l'exploitation d'une ou plusieurs « situations-problèmes » convenablement choisies.*

Ainsi l'ensemble des activités mathématiques auxquelles sont confrontés les enfants peut être considéré comme une suite de « problèmes » particuliers choisis par l'enseignant pour permettre le meilleur accès à la notion ou à l'activité opératoire visée.(...)

2) D'autre part les « situations problèmes » seront le moyen pour les enfants tout au long de l'apprentissage de réinvestir, c'est-à-dire de généraliser et affiner les acquisitions antérieures, pour le maître de contrôler ces acquisitions de savoirs et de savoir-faire.

3) Enfin il semble souhaitable que le problème puisse être aussi, dès le cycle élémentaire, l'occasion d'une exploitation plus libre de situations diverses, mais surtout plus complexes, moins épurées que celles sur lesquelles les apprentissages se seront effectués. (Contenus de formation CE 1978 page 49).

Et pour le CM

« Les problèmes peuvent être envisagés selon trois points de vue :

- situations-problèmes utilisées pour l'approche et la construction de nouveaux outils mathématiques ;*
- situations-problèmes permettant aux enfants de réinvestir les acquis antérieurs, d'en percevoir les limites d'utilisation (situation contre-exemple) et au maître d'en contrôler le degré de maîtrise ;*
- situations-problèmes plus complexes, plus globales dans lesquelles l'enfant devrait pouvoir mettre en œuvre son pouvoir créatif et affiner la rigueur et la sûreté de son raisonnement.*

(...) Il ne suffit plus pas de demander aux élèves de résoudre des problèmes (même en multipliant les exemples) pour qu'ils progressent dans leur capacité à le faire. Un apprentissage spécifique de type méthodologique est nécessaire. » . (Contenus de formation cycle moyen 1980 p.41)

Le texte du programme développe des objectifs liés aux problèmes tels que : rechercher, sélectionner et organiser l'information (pour des situations effectivement vécues : organisation d'une sortie, construction d'une maquette.. ; un support de documentation : dépliant..) ; résoudre des problèmes, valider les solutions, communiquer la démarche et les résultats (*Contenus de formation cycle moyen p.41-42*).

L'expression 'situations-problèmes' semble être l'ostensif d'une volonté de transformer l'activité mathématique des élèves par rapport au programme de 1970, mais dont la direction n'est pas très explicite, sauf peut-être celle concernant les problèmes ne visant pas des apprentissages notionnels mathématiques, des problèmes plus complexes, « moins épurés » éventuellement issus des activités d'éveil. De façon **Bien que plus aucun programme de mathématiques par la suite n'y fasse référence**, cette expression (et les multiples interprétations possibles) aura une vie bien plus longue que celle des programmes qui l'ont institutionnalisée. Elle migrera d'ailleurs avec succès dans les autres disciplines. Liée à situation problème apparaît aussi l'idée d'une méthodologie à caractère général.

2.5 Programmes 1985- 1991- 1995

Aperçu rapide historico- sociologique

1981 voit la création des ZEP (zones d'éducation prioritaire)

1985 : le Ministère annonce l'objectif d'une réussite de 80% de la classe d'âge au baccalauréat.

Le baccalauréat professionnel est créé.

1986 : les instituteurs sont recrutés après DEUG ; le recrutement des PEGC est arrêté.

1991 : la formation des enseignants du primaire est intégrée dans les IUFM, qui affirment la nécessité d'une formation pour tous les enseignants, complémentaire de la formation strictement disciplinaire et différente du compagnonnage. Des évaluations nationales sont mises en place en début de CE2 et de 6^{ème}, en français et mathématiques ; elles sont suivies dans les premiers années de stages de formation continue.

Vision curriculaire

Les textes des programmes (programmes et surtout instructions) de 1985 se veulent résolument courts : le texte vendu en livre de poche était aussi déclaré à destination des parents. Sur la quatrième de couverture, on lit : « Pour la première fois, les programmes de l'école élémentaire sont présentés au grand public dans une édition claire et accessible... ». Il est d'ailleurs remarquable qu'on voit revenir à propos des problèmes de proportionnalité l'exemple de la règle de trois. Galisson (2009) y voit les prémices d'une Contre réforme, mais nous n'irons pas dans ce sens ; peut-être est-ce au contraire l'indice que l'école se professionnalise et qu'elle échappe ainsi à la compréhension naïve que croient pouvoir en faire les politiques et les parents : on associerait donc dans un livre destiné aux parents un mot plus « évocateur » de la proportionnalité.

Le domaine 'mathématiques' montre peu de changement sur le fond, juste sur la forme (volume d'écriture restreint oblige). **L'expression 'situation-problème' disparaît des mathématiques au profit du mot 'problème'** ; mais les problèmes gagnent une nouvelle fonction explicitée, pas des moindres : « *ils [les élèves] découvrent les notions comme réponses à des problèmes* » : la possibilité d'entrer dans la signification d'une notion par des problèmes (CE 1978 p.49) décrite ci-dessus en s'est transformée en nécessité.

Les problèmes sont encore de trois types :

1. « *ceux qui permettent la construction de nouveaux outils mathématiques (par exemple l'introduction de la soustraction, de la multiplication des nombres décimaux) ;*
2. *ceux qui invitent à utiliser des acquis (...)* ;
3. *ceux qui sont liés à une véritable recherche (par exemple trouver les patrons d'un cube) »*

Les cycles à l'école primaire, 1991, CNDP, Programmes et instructions 1985 p. 104

La citation des compétences nécessaires à la résolution de problèmes des programmes de 1978 devient en 1985 un programme d'enseignement :

« Résoudre des problèmes suppose la maîtrise d'un certain nombre d'outils, numériques et géométriques, et l'appropriation de méthodes. Pour cela le maître habitue les élèves à organiser les données (ce qui suppose des outils et la capacité de les choisir) ; à associer à une question posée des connaissances utiles ; à exprimer, oralement et par écrit, leurs démarches et les résultats obtenus, en essayant de les justifier. »

Les cycles à l'école primaire, 1991, CNDP, Programmes et instructions 1985 p. 104

L'introduction des cycles en 1991 (regroupement des années par trois avec un seul redoublement autorisé par cycle) a donné lieu à un complément d'écriture sur les programmes de 1985, une rédaction en termes de *Compétences à acquérir par les élèves au cours de chaque cycle*. Une rubrique spécifique, *Résolution de problèmes*, apparaît au même titre et en tête des domaines usuels (Connaissance des nombres, Calcul, Géométrie, Mesure) : la voici pour le cycle 3 :

« Dans des situations variées, l'élève pourra :

- reconnaître, trier, organiser et traiter les données utiles à la résolution d'un problème ;
- formuler et communiquer sa démarche et ses résultats ;
- argumenter à propos de la validité d'une solution ;
- élaborer une démarche originale dans un véritable problème de recherche, c'est-à-dire un problème pour lequel on ne dispose d'aucune solution déjà éprouvée ;
- élaborer un questionnement à partir d'un ensemble de données. »

Les cycles à l'école primaire, 1991, CNDP, p. 52

Certes ce n'est plus un programme d'enseignement, mais la tentation est grande de le lire ainsi dans la continuité déclarée des programmes de 1985.

Les nouveaux programmes de mathématiques de 1995 (contenus et compétences), proposent quelques allègements de contenus (par exemple multiplication et division de décimaux non entiers passent au collège), sans changement de fond ni de rédaction.

Le programme fait mention des problèmes dans son introduction, en affirmant « *la place centrale [de la résolution de problèmes] dans l'appropriation par les élèves des connaissances mathématiques* » (Programmes de l'école primaire 1995, cycle 3, CNDP p. 62) et le fait que « *la plupart des notions (...) peuvent être élaborées par les élèves comme outils pertinents pour résoudre des problèmes nouveaux (...)* » prolongeant l'intention de 1985.

Il reprend la typologie en trois groupes : « *véritables problèmes de recherche* », « *problèmes destinés à permettre l'utilisation des acquis antérieurs dans des situations d'application et de réinvestissement* », « *problèmes destinés à permettre l'utilisation conjointe de plusieurs connaissances dans des situations³ plus complexes* » (idem p. 62), mais la relativise :

« *Un même problème, suivant le moment où on le propose, suivant les connaissances des élèves à qui on le destine et suivant la gestion qui en est faite, peut relever de l'une ou de l'autre des catégories précédentes.* »

Dans les contenus sont évoqués les problèmes relevant des quatre opérations sur entiers et décimaux. Dans la partie *Mathématiques des Compétences à acquérir au cours de chaque cycle*, les titres des différentes rubriques et les libellés concernant la rubrique *Résolution de problèmes* n'ont pas varié entre 1991 et 1995.

2.6 Programmes 2002

Vision curriculaire

Les programmes de 2002 se caractérisent par une abondance d'écrits : contenus disciplinaires, compétences à atteindre en fin de cycle et commentaires constituent les documents d'application des programmes, qui comprennent aussi des répartitions de compétences par cycle. Ces textes sont accompagnés de *Documents d'accompagnement* parus entre 2003 et 2005 qui apportent des compléments disciplinaires et didactiques sur certains thèmes. Pour les mathématiques par exemple, les choix de thèmes sont liés soit à leur caractère novateur, soit à des nécessités de régulation des pratiques connues. Sont proposées des progressions mathématiques par cycle avec un indicateur par année de cycle.

Les programmes de mathématiques de 2002 reprennent comme un leitmotiv l'hypothèse usuelle sur les apprentissages. On y lit :

³ On note là la double utilisation des mots 'problème' et 'situation'

Cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2) : « *Elaborées comme réponses efficaces, les premières notions mathématiques sont identifiées, puis étudiées dans le but d'être utilisables pour de nouveaux problèmes.* » (BO n°1 HS 14 février 2002, p.50)

Le lecteur averti peut reconnaître sous certains libellés des influences de la didactique. Par exemple « *Dans cet esprit on privilégie les problèmes où les élèves sont placés en situation d'anticiper une réponse qu'ils pourront ensuite vérifier expérimentalement.* » (BO n°1 HS 14 février 2002, p.51) suggère une phase d'action (avec rétroaction) au sens de la TSD. Mais combien le décodent ainsi ?

Ou encore dans la typologie des problèmes numériques regroupés dans *Exploitation des données numériques* (BO n°1 HS 14 février 2002, p.51 et *Documents d'application mathématiques cycle 2*, MEN DESCO 2002 p.15-16), il peut reconnaître une hiérarchisation en termes de *procédures personnelles, procédures expertes* (*Document d'accompagnement*, MEN DESCO 2005 p.15 à 17), fortement inspirée de celle de Vergnaud. Mais aucune bibliographie ne renseigne sur les sources de certains choix.

Cycle des approfondissements (cycle 3) « *L'élaboration des connaissances se réalise au travers de la résolution de problèmes, leur maîtrise nécessite des moments d'explicitation et de synthèse, et leur efficacité est conditionnée par leur entraînement dans des exercices qui contribuent à leur mémorisation.* » (BO n°1 HS 14 février 2002, p.82)

Dans les Documents d'application, on trouve quatre types de problèmes :

« *des problèmes de recherche, c'est-à-dire des problèmes pour lesquels l'élève ne dispose pas de démarche préalablement explorée : certains de ces problèmes sont utilisés pour permettre la construction de connaissances nouvelles, d'autres sont davantage destinés à placer l'élève en situation de chercher, d'élaborer une solution originale ; des problèmes destinés à permettre l'utilisation des acquis antérieurs dans des situations d'application et de réinvestissement ; des problèmes destinés à permettre l'utilisation conjointe de plusieurs connaissances dans des situations plus complexes.* »

Document d'application, mathématiques cycle 3, MEN DESCO 2002 p.13 avec la même relativité : « *Un même problème, suivant le moment où on le propose, suivant les connaissances des élèves à qui on le destine et suivant la gestion qui en est faite, peut relever de l'une ou l'autre des catégories.* »

Par contre, dans le premier paragraphe des Contenus, Compétences et Commentaire, intitulé *Place de la résolution de problèmes dans les apprentissages mathématiques au cycle 2* (versus cycle 3), la liste de compétences liées à ce thème ne comporte plus d'item laissant supposer une chronologie nécessaire du processus de résolution comme *reconnaître, trier, organiser et traiter les données utiles à la résolution d'un problème ; ni élaborer un questionnement à partir d'un ensemble de données*, prétexte à des dérives. Il est signalé :

« *Ces compétences n'ont pas à être travaillées pour elles-mêmes, l'objectif essentiel étant toujours de résoudre le problème proposé* » Document d'application mathématiques cycle 3, MEN DESCO 2002 p.13

2.7 Programmes 2007 et 2008

Vision curriculaire

Une première réécriture en 2007 intégrant le socle commun (BO HS n°5 du 12_04_07) compile dans les programmes contenus et extraits des documents d'application 2002. Cependant le paragraphe consacré aux Problèmes devient plus concis, aucune typologie des problèmes selon leur fonction n'est proposée, la fonction recherche disparaît.

« La résolution de problèmes est au centre des activités mathématiques et permet de donner leur signification à toutes les connaissances qui y sont travaillées : nombres entiers et décimaux, calcul avec ces nombres, approche des fractions, objets du plan et de l'espace et certaines de leurs propriétés, mesure de quelques grandeurs.

Les situations sur lesquelles portent les problèmes peuvent être issues de la vie de la classe, de la vie courante, de jeux, d'autres domaines de connaissances ou s'appuyer sur des objets mathématiques (figures, nombres, mesures...). Elles sont présentées sous des formes variées : expérience concrète, description orale, support écrit (texte, document, tableau, graphique, schéma, figure). (...)

L'élaboration des connaissances se réalise au travers de la résolution de problèmes, leur maîtrise nécessite des moments d'explicitation et de synthèse, et leur efficacité est conditionnée par leur entraînement dans des exercices qui contribuent à leur mémorisation. »

BO HS n°5 du 12_04_07 cycle 3

Des évaluations diagnostiques nationales sont faites en début de CE1, début de CM2 (septembre 2007) ; elles déclenchent les PPRE qui intègrent l'individualisation de l'échec. Ces évaluations sont distinctes de celles de fin de cycle (palier 1 et 2) laissées à l'initiative des circonscriptions.

La rédaction des programmes de 2008 est plus sommaire, une page de BO par cycle suffit pour les mathématiques. Il existe des progressions par niveau (progressions par cycle en 2002).

Les mathématiques du Cycle 2 (BO n°3 19 juin 2008 p.18) sont composées de quatre rubriques intitulées : *Nombres et calcul, Grandeurs et Mesure, Géométrie, Organisation et gestion de données*. On note un alignement des intitulés sur ceux du collège, est ce l'indice d'une perte de spécificité de l'école ?

La présence du mot problème est plus rare : nous n'avons noté peu d'occurrences :

- deux seulement dans les contenus :
 - Nombres et calcul : *« Les problèmes de groupements et de partage permettent une première approche de la division pour des nombres inférieurs à 100. »*
 - Grandeurs et Mesure : *« Ils commencent à résoudre des problèmes portant sur des longueurs, des masses, des durées ou des prix. »*
- une seule occurrence *« - résoudre des problèmes très simples »* dans les Compétences de fin de cycle 2 (palier 1), Compétence 3, Les principaux éléments de mathématiques et la culture scientifique et technologique (BO n°3 19 juin 2008 p.20).

Dans les mathématiques du cycle 3 (BO n°3 19 juin 2008 p.22), on peut lire dans l'introduction *« Du CE2 au CM2, dans les quatre domaines du programme, l'élève enrichit ses connaissances, acquiert de nouveaux outils, et continue d'apprendre à résoudre des problèmes. »*. Se retrouvent les quatre mêmes rubriques qu'au cycle 2 et dans chaque rubrique figurent trois lignes sur les Problèmes, avec dans trois d'entre elles une fonction des problèmes d'approfondissement, de

consolidation des connaissances étudiées. Seule la dernière rubrique (*Organisation et gestion de données*) confère aux problèmes le rôle de développement des « capacités d'organisation et gestion de données »

Dans les Compétences fin de CM2, palier 2 (BO n°3 19 juin 2008 p.28), on trouve une seule occurrence de problèmes « résoudre des problèmes relevant des quatre opérations, de la proportionnalité, et faisant intervenir différents objets mathématiques : nombres, mesures, “règle de trois”, figures géométriques, schémas ; »

Par contre dans les propositions de progressions, on retrouve la compétence résoudre des problèmes dans pratiquement toutes les rubriques et à tous les niveaux de classe de l'école primaire.

2.8 En résumé

La résolution de problèmes a eu une place constante dans les programmes et les instructions de l'école primaire de 1945 à nos jours, mais la nature des problèmes et leur rôle ont changé.

Après 1945, ils ont une fonction résolument utilitariste, compréhensible du fait que pour beaucoup d'élèves, l'école primaire représente la fin des études. Placés en fin d'apprentissage, ils ont aussi pour fonction de montrer que les savoirs transmis par l'école ont été appris.

25 ans plus tard, la situation a radicalement changé : l'école primaire ne marque plus la fin d'étude, mais prépare au secondaire ; le regard sur l'élève est différent. Les problèmes acquièrent une nouvelle fonction, celle de motiver les apprentissages, voire de les initier.

De la réforme des Mathématiques Modernes à nos jours, les problèmes confirment leur place en début du processus d'apprentissage, où ils devraient permettre non seulement de motiver, mais aussi d'engager les élèves dans une découverte des notions mathématiques nouvelles.

Simultanément naît un autre mouvement dans les années 1980 : l'introduction d'ambitions méthodologiques et plus transversales, avec les situations problèmes, parmi lesquelles les problèmes ouverts, mais pouvaient aussi ne pas viser seulement des compétences mathématiques. Nous verrons que cette introduction fut sans doute influencée par les recherches didactiques, mais aussi par la recherche action- innovation. Cette dimension devient plus explicite dans les années 1990, mais demeure controversée, comme le prouve le dernier programme 2008.

Parallèlement apparaissent des objets étranges : des aides méthodologiques à la résolution de problèmes se répandent dans les manuels scolaires avec des formes inspirées de l'intelligence artificielle (une velléité d'algorithmiser les processus de traitement des problèmes). Ces formes sont contestées par les chercheurs et semblent disparaître en 2002, 2007 (au moins pour un lecteur averti). L'ambiguïté réapparaît dans les programmes 2008 suite à leur économie de rédaction.

Nous avons essayé de résumer en annexe dans un tableau les fonctions, expressions utilisées, bonne forme des problèmes, selon les programmes successifs.

L'étude n'a pas été très poussée dans ce texte, mais on pressent ce qu'une étude en termes de niveaux de détermination, au sens de la Théorie Anthropologique du Didactique (Chevallard 2007 p.737), apporterait à la connaissance de cet objet d'enseignement qu'est le problème⁴.

⁴ Pour des compléments voir notamment Artigue et Houdement 2007, Galisson 2009.

Qu'est ce qui a influencé ces changements ? Nous allons maintenant examiner les influences des recherches en didactique des mathématiques et des recherches actions innovations.

3 RECHERCHES EN DIDACTIQUE ET PROBLEMES

3.1 La Théorie des Situations Didactiques

Personne n'ignore plus que les problèmes jouent un rôle fondamental dans la Théorie des Situations Didactiques que Brousseau a développé dans les années 1970. Rappelons son ambitieux projet de départ (Perrin Glorian 1994 p.98) : « *déterminer de façon scientifique quel peut être le meilleur enseignement de mathématiques pour tous les enfants d'école élémentaire* », et pour cela mettre au point une « programmation », un découpage des savoirs et une succession de leçons avec un ordre partiel. Ce projet a évolué vers l'étude des conditions de l'acte d'enseignement, avec des appuis légitimes sur toutes « *les combinaisons spécifiques de connaissances* » (psychologie, épistémologie, biologie et épistémologie génétique, mathématiques, linguistique, etc.).

Brousseau travaille sous forte hypothèse constructiviste et intègre en mathématiques la notion d'obstacle empruntée à Bachelard :

« *Dans la didactique moderne, l'enseignement est la dévolution à l'élève d'une situation adidactique, correcte, l'apprentissage est une adaptation à cette situation.* » Brousseau 1998 p.60

« *Le maître doit effectuer, non la communication d'une connaissance, mais la dévolution d'un bon problème* » (idem p.61)

L'objet fondamental dans cette théorie est le concept de situation défini comme un système de relations entre des élèves, un professeur et du savoir mathématique. Brousseau écrit en 2006 « *la notion de situation inclut, étend et diversifie la notion de problème* »

En réalité l'objet fondamental dans cette théorie n'est pas tant le concept de situations que celui de contrat didactique, la part du contrat spécifique du contenu qui fixe (même implicitement) ce que chacun, élève ou professeur, a la responsabilité de gérer et dont il est responsable devant l'autre. Mais Brousseau (1970-1990, p.62) précise « *Le concept théorique en didactique n'est donc pas le contrat, mais le processus de recherche d'un contrat hypothétique. C'est ce processus qui représente les observations et doit les modéliser et les expliquer.* »

Précisons la signification des termes utilisés par Brousseau pour éviter, autant que faire se peut, des interprétations erronées des concepts didactiques et ne pas se limiter à des sens idéologiques, véhiculés par les programmes (Sierpiska 2006 p.31). La COPIRELEM, à l'initiative de J.Briand et MH Salin, avait d'ailleurs réfléchi dans ce sens à un glossaire qui figure dans *Concertum* (COPIRELEM 2003 tome p.201-210) et regroupe une sélection de situations et réflexions liées à la formation des maîtres.

Une *situation fondamentale* (1982) d'une connaissance est une suite de situations a-didactiques de cette connaissance. C'est un « paradigme de recherche », ce n'est pas une situation d'enseignement (Perrin 1994 p. 123). Brousseau fait (ou a fait) l'hypothèse qu'il existe des situations fondamentales pour toute connaissance (Brousseau 1998 p. 59 bas) ; cette affirmation ne résout pas totalement la question puisqu'il reste à en construire, ce qui peut ne pas être

toujours possible, notamment pour les concepts Fédérateurs Unificateurs Généralisateurs (Robert 2000)

Une *situation adidactique* comprend un problème choisi par le professeur, adapté à l'élève pour faire acquérir à l'élève une connaissance nouvelle (l'élève sait que le professeur a un projet d'apprentissage pour lui), mais « *la connaissance est entièrement justifiée par la logique interne de la situation et il [l'élève] peut la construire sans faire appel à des raisons didactiques* » (Brousseau 1998 p.59). Il existe divers types de situations a-didactiques : action, formulation, validation (idem p.96-104)

La *situation didactique* comprend les problèmes posés et les interactions du professeur avec les élèves et les problèmes *hic et nunc* (ibidem p.59) : elle représente l'unité d'analyse minimale pour comprendre ce qui se joue du côté des connaissances.

Brousseau a utilisé l'expression *situation-problème* en 1981 (ibidem p267 et 279) pour la recherche de l'épaisseur d'une feuille de papier dans son article sur *Problèmes de didactique des décimaux* plus exactement pour la phase 2. Les élèves sont sollicités par plusieurs tâches : dans la phase 1, réfléchir au moyen de désigner l'épaisseur des feuilles (environ 20 min, déductible de l'épaisseur d'un nombre choisi de feuilles) ; dans la phase 2, tester ce codage dans un jeu de communication (partage de l'équipe en deux) ; dans la phase 3, analyser les écrits suite aux réussites et échecs.

En TSD, la situation problème est donc la situation qui pose problème aux élèves, la connaissance visée (écriture fractionnaire comme rapport de proportionnalité) étant à terme une façon de résoudre le problème. Mais la TSD ne se limite pas à une succession de situations problèmes, a fortiori non plus à des situations problèmes isolées.

« *Dans la situation didactique se manifeste la volonté d'enseigner, on peut y distinguer une situation problème et un contrat didactique. Le contrat didactique c'est ce qui va conditionner la signification pour l'élève du problème et du concept visé, ce qui va permettre la négociation du sens des activités en jeu.* » Perrin 1994 p.124

De plus la TSD se définit bien plus comme un outil prospectif (pour des ingénieries de recherche) et d'analyse (pour la recherche et les situations plus ordinaires (Perrin & Hersant 2003)

D'autre part, dans la TSD la fonction des problèmes n'est pas limitée à l'introduction des notions : les problèmes sont aussi en jeu pour évaluer les connaissances acquises (Brousseau 1998 p59)

« *il n'aura véritablement acquis cette connaissance que lorsqu'il sera capable de la mettre en œuvre dans des situations qu'il rencontrera en dehors de tout contexte d'enseignement et en l'absence de toute indication intentionnelle* »

La TSD a certainement marqué les programmes, par son caractère scientifique (basée sur des analyses d'observations d'élèves en classe), mais sans doute par son caractère novateur, entrant en résonance avec d'autres envies d'innovation, portées par des mathématiciens qui se désolaient déjà (bien avant PISA) du manque d'initiative que prenaient les étudiants face à des problèmes qui leur résistaient.

A priori la TSD se voulait descriptive et analytique.... Mais il nous semble que cette volonté de repérer les bonnes conditions d'apprentissage a conduit certains à supposer ces conditions nécessaires, voire suffisantes dans l'enseignement.

3.2 La Théorie Anthropologique du Didactique

La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) insère l'activité mathématique dans les activités humaines et la regarde comme une suite de réponses à une suite de questions : d'où le terme praxéologie (Chevallard 1992) avec la « praxis », qui englobe *des types de problèmes* et *des techniques* pour les résoudre et le « logos », qui englobe des *technologies* pour décrire, expliquer et justifier les techniques et des *théories* pour justifier les technologies. A priori la TAD se définit essentiellement comme descriptive et refuse une volonté prescriptive.

Dans la TAD les problèmes ne sont pas isolés. L'enjeu n'est pas le problème qu'on est en train de résoudre, mais ce qu'on fait après avec la réponse fournie, autrement dit « le type de problèmes que celle-ci permettra de résoudre et qui a des chances de se reproduire plus tard. »

« Se noue ainsi une *dialectique fondamentale* : étudier des problèmes est un moyen permettant de créer et de mettre au point une technique relative aux problèmes de même type, technique qui elle-même sera ensuite, éventuellement, le moyen de résoudre de manière quasi routinière des problèmes de ce type, c'est-à-dire d'effectuer des tâches $t \in T_i$. » (Chevallard 2007 p.731)

Le postulat anthropologique est le suivant : « le processus d'étude *d'une question problématique conduit à la considération* d'un type de problèmes *auquel on rattache la question, processus qui aboutit à la mise en place* d'organisations ou praxéologies mathématiques *de complexités croissantes* : ponctuelles *si elles en répondent qu'à la réalisation du type de tâches*, locales *si elles regroupent différents types de tâches et de techniques autour d'un discours technologique commun*, régionales *lorsqu'elles regroupent les organisations mathématiques locales qui partagent la même théorie.* » (Bosch & Gascón, 2004 p.113)

« *Comment organiser un processus d'étude qui permette l'articulation des différentes dimensions de l'activité mathématique scolaire, depuis le travail le plus routinier jusqu'à la résolution de problèmes plus « ouverts » au sens où ils se situeraient « aux bords » des organisations mathématiques élaborées ?* (Bosch & Gascón. 2004, p.114)

Cette question fondamentale trouve, en TAD, une réponse dans les PER (Plan d'étude et de recherche) : par exemple pour élèves de lycée (thèse de Rodriguez), chercher quel est le tarif de téléphonie mobile qui convient à chacun. Par contre à notre connaissance aucun exemple de PER n'est disponible pour l'école élémentaire, là où pourtant les frontières entre discipline sont plus perméables.

Le PER suppose la rupture thématique puisqu'il part d'une question qui peut toucher divers thèmes. Le PER admet la rupture disciplinaire, la question initiatrice des PER n'est pas sans rappeler les situations problèmes de 1980 Or les situations problèmes de 1980 ont assez mal vécu car étant de gestion difficile en classe, elles ne débouchaient pas toujours sur des savoirs institutionnalisables ; d'autre part il était très difficile au professeur d'organiser une progression. Comment donc construire et communiquer (notamment à des enseignants non spécialistes de mathématiques) des PER pour l'école élémentaire ?

3.3 Les autres recherches en didactique liées aux problèmes

Pour Régine Douady (1984) les problèmes sont une facette des leviers cognitifs que sont la dialectique outil-objet, la dialectique ancien- nouveau, les jeux de cadres : dans un problème on mobilise de l'*ancien* qui résout totalement ou partiellement le problème ; si cet ancien ne suffit pas, est mis en action du « *nouveau implicite* » (extension de champ de validité, outil nouveau) ; certains éléments sont formulés et identifiés, il s'agit de *nouveau explicite*. La situation d'institutionnalisation officialise pour toute la classe ce qui a diffusé....

Reprenant ses propos de 1984, puis 1986, Douady pose en 1994 « *Des conditions pour qu'un problème soit source d'apprentissage (...)*

- **La connaissance visée par l'apprentissage est un outil adapté au problème (1)**
- L'énoncé (contexte et questions) a du sens pour les élèves.
- Compte tenu de leurs connaissances, les élèves peuvent engager une procédure de résolution, mais ils ne peuvent pas résoudre complètement le problème.
- Les connaissances visées par l'apprentissage (contenu ou méthode) sont des outils adaptés au problème.
- Le problème peut se formuler dans au moins deux cadres différents.

Douady (1984) ajoute « *Les notions de champ conceptuel et analyse de la tâche introduites par G.Vergnaud sont précieuses pour concevoir et organiser les situations –problèmes* » : l'expression situation-problème est de nouveau citée, mais comme synonyme de situation didactique. En effet elle donne l'exemple en CM2 de l'existence d'un rectangle de périmètre et aire fixés pour installer la connaissance décimale comme solution approchée.

Douady (1994) insiste sur l'importance de la familiarisation (problèmes proches de ceux qu'ils ont résolus) et du réinvestissement (problèmes plus complexes).

Dans le même article, elle insiste sur le fait que le processus d'institutionnalisation commence pour l'enseignant « avec le choix du problème et les décisions qui organisent la situation didactique. » (Douady 1994 p.56)

Dès les années 1980, Vergnaud conçoit un concept comme un triplet dont les trois composantes sont les situations, les modèles implicites d'action (invariants opératoires) et les systèmes sémiotiques. Pour lui aussi, les problèmes dans l'enseignement ne doivent pas être isolés, la fréquentation d'ensembles de problèmes est nécessaire pour attraper un concept. Vergnaud (1990) a particulièrement enrichi le champ des structures additives et multiplicatives, en rendant explicite, par des considérations cognitives, des catégorisations en acte dans des interprétations pédagogiques de programmes plus anciens (soustraction- complément, soustraction-reste, etc.).

Ces travaux montrent que, dans les recherches en didactique, les problèmes choisis pour introduire de nouvelles notions sont en petit nombre et très encadrés. Ils sont souvent décrits par un discours plus général relevant leurs caractéristiques. Dans les programmes se retrouvent certaines de ces caractéristiques, mais rarement toutes. Aucune situation n'est décrite de façon pointue.

Deux distances entre les résultats de recherche didactique et leur « mise en enseignement » seraient à considérer : la première est celle qui sépare les résultats de recherche, encadrés, précis et contrôlés, et la généralisation dans des classes ordinaires ; la seconde relève de l'interprétation personnelle de textes à partir de fondements de théories qui ne sont pas toujours ni connus, ni partagés. Ces distances relèvent de la transposition. Or il existe des institutions spécialisées dans la transposition : l'INRP (aussi d'une certaine façon les IREM) qui produit des ouvrages

pédagogiques issus de recherches pédagogiques appuyées sur les travaux de didactique et les manuels scolaires dépendant de la familiarisation de leurs auteurs avec les travaux précités. Dans le paragraphe suivant, nous étudierons quelques ressources pour formateurs et enseignants qui ont marqué la problématique des problèmes.

4 LES PROBLEMES DANS DES RESSOURCES POUR LES ENSEIGNANTS ET LES FORMATEURS

Dans cette partie, nous allons montrer comment les notions théoriques développées dans la partie précédente ont été utilisées, transposées pour produire des ressources pour les professeurs. Parmi celles-ci, nous en analysons que nous avons choisies car elles ont été fortement utilisées, notamment en formation. Il s'agit de la brochure intitulée « Problème ouvert et situation problème », publiée par Arsac et al, en 1988 à l'IREM de Lyon et de la collection ERMEL publiée par l'INRP (1991- 1999).

4.1 Problème ouvert et situation problème

Bien que la brochure ne soit pas destinée aux professeurs du primaire à cause des exemples qui sont tous de niveau collège, nous savons bien, de par notre expérience de formatrices, que les notions de problème ouvert et de situation problème ont été largement reprises à l'école primaire. Le problème ouvert est défini par les trois caractéristiques suivantes :

1. *L'énoncé est court.*
2. *L'énoncé n'induit ni la méthode ni la solution*
3. *Le problème se trouve dans un domaine conceptuel avec lequel les élèves ont assez de familiarité. Ainsi peuvent-ils prendre facilement possession de la situation et s'engager dans des essais, des conjectures, des projets de résolution, des contre-exemples. ».*

Une caractéristique essentielle du problème ouvert est que les connaissances en jeu sont supposées assez maîtrisées par les élèves du niveau donné que ceux-ci n'ont pas de connaissances nouvelles à mettre en œuvre.

En cela, il est différent de la situation problème (définie dans le même ouvrage) par le fait que dans une situation problème, il y a une connaissance visée qui doit être l'outil le plus adapté pour résoudre le problème. Ainsi, la connaissance nouvelle doit se révéler être l'outil optimal pour résoudre le problème et elle serait ainsi « découverte » par l'élève. On remarque que la définition proposée est reprise de Douady (voir plus haut) avec la dernière condition qui fait explicitement référence aux changements de cadres (Douady, 1987).

1. *L'élève doit pouvoir s'engager dans la résolution du problème. L'élève peut envisager ce qu'est une réponse possible du problème.*
2. *Les connaissances de l'élève sont en principe suffisantes pour qu'il résolve immédiatement le problème.*
3. *La situation problème doit permettre à l'élève de décider si une solution trouvée est convenable ou pas.*
4. *La connaissance que l'on désire voir acquérir par l'élève doit être l'outil le plus adapté pour la résolution du problème au niveau de l'élève.*
5. *Le problème peut se formuler dans plusieurs cadres entre lesquels on peut établir des correspondances (par exemple cadre physique, cadre géométrique, cadre graphique). »*

En plus de ces définitions et d'exemples qui sont commentés, pour ces deux outils d'enseignement, il est intéressant de constater qu'une grande partie de l'ouvrage est consacré à donner des indications fortes sur la gestion de classe comme si les auteurs voulaient outiller les professeurs sur ces gestes professionnels qui conditionnent la réussite de la recherche des élèves. On peut noter que les pages 13 à 28 portent sur l'explicitation du rôle du professeur dans chaque phase et qu'ensuite, des exemples sont proposés. Ainsi, le professeur est un « animateur de la recherche, puis du débat » « le professeur prendra garde de ne pas trop intervenir », « il ne circulera même pas entre les groupes ».

Derrière cette description du rôle du professeur, il y a certainement une position fortement constructiviste (l'élève construit ses connaissances seul) mais pas complètement assumée dans la globalité de la classe puisque cela ne recouvre pas tous les moments d'enseignement de par la nature des problèmes. Il est à noter qu'à cette époque, on n'envisageait pas que le professeur pouvait fournir des aides aux élèves : son rôle se limitait à choisir le problème, à le dévoluer aux élèves sans autre intervention et ensuite à animer le débat.

Nous pensons que la référence à la théorie des situations (Brousseau, 1987) est claire mais elle est utilisée non plus dans un cadre d'analyse mais dans une visée prescriptive, notamment à travers ces indications sur la gestion de classe. Par exemple, par l'existence des phases qui deviennent alors prescriptives (« la gestion doit comporter plusieurs phases ») : un travail individuel, puis en groupe de quatre, et enfin une discussion collective à partir d'affiches réalisées par les groupes. Comme nous l'avons souligné ci-dessus, on peut retrouver également la notion de dévolution. En revanche, la phase d'institutionnalisation est évoquée mais n'est pas du tout développée.

Notons qu'un problème ouvert comporte nécessairement des conjectures qui sont discutées ensuite, donc tout problème n'est pas un problème ouvert. Or, il existe des problèmes de recherche qui ne portent pas sur des conjectures. La particularité de ces problèmes n'est pas interrogée. En fait, si l'on regarde les exemples qui sont donnés par la suite, on trouve souvent, mais pas exclusivement, des problèmes dont le nombre de solutions est important et pour lesquels l'élève doit s'organiser par trouver toutes les solutions.

Pour conclure sur cette partie, nous nous interrogeons a posteriori sur le but des auteurs, notamment pour le problème ouvert. La définition et la mise en œuvre du problème ouvert comme moyen de faire chercher les élèves, n'a-t-elle pas été surtout une façon de faire évoluer le rôle du professeur, de montrer que l'on peut enseigner autrement que dans une position magistrale ? C'est ce qui est souligné par les auteurs page 3 dans le paragraphe « Pourquoi mettre l'accent sur la gestion de classe ? »

On peut également se demander ce qu'apprennent les élèves de ces problèmes. Prenons par exemple « Le plus grand produit » (ERMEL) ou « Les aimants » (Bessot et al., 1985) qui sont des exemples bien connus. On ne peut pas dire que les élèves apprennent quelque chose du résultat ou de la réponse (à savoir les décompositions additives pour le plus grand produit), mais ils apprennent que l'on peut chercher un problème, ou bien qu'il peut avoir plusieurs solutions ou comment ne pas oublier de solution. Ceci est important et tout à fait formateur pour l'élève puisqu'on sait bien que dans certains fonctionnements de classe, il n'y a aucune chance que l'élève puisse mettre en œuvre une procédure de recherche même sur des problèmes classiques.

Enfin, nous nous interrogeons sur les limites de telles pratiques si le professeur consacre quelques séances à des problèmes ouverts et le reste du temps fait comme d'habitude car les problèmes usuels ne sont pas de même nature. Il y a donc un vrai problème de transfert d'une pratique

innovante à celle quotidienne. On le voit bien à travers des dérives constatées en formation : la deuxième condition de Douady portant sur les connaissances des élèves est souvent traduites par « le problème ne nécessite aucune connaissance » ce qui montre que l'analyse du problème n'a pas été faite.

4.2 La collection ERMEL

Intéressons nous maintenant aux ouvrages de la collection ERMEL (1991-1999), bien connus à l'école primaire. Là encore, on retrouve les mêmes références, mais avec un point de vue légèrement différent car les ouvrages de la collection ERMEL sont faits pour la classe et, donc pour la pratique quotidienne.

Dans la seconde partie (« Nos conceptions de l'apprentissage »), les auteurs explicitent leur point de vue théorique sur les apprentissages et sur l'enseignement des mathématiques à l'école primaire à travers cinq hypothèses :

1. Les connaissances se construisent et prennent du sens à travers des actions finalisées.
2. Les connaissances se construisent dans un contexte d'interactions sociales (avec les autres élèves et le maître).
3. Les connaissances ne se construisent pas à partir de rien, elles ne s'entassent pas, il y a des retours en arrière.
4. Les connaissances se construisent par la répétition.
5. Les connaissances prennent du sens à travers des situations différentes.

Là encore, le point de vue est constructiviste : « *La résolution de problème est tout à la fois le moteur, le lieu (au moins en partie) et le critère de l'apprentissage* » et même socio constructiviste (hypothèse 2).

Les auteurs indiquent très clairement que les apprentissages se font sur la durée. Ils se placent dans le cadre de la dialectique outil/objet (Douady, 1987) : ainsi les connaissances nouvelles sont introduites comme des réponses à un (ou des) problèmes (ce sont des outils de résolution), puis elles sont institutionnalisées et deviennent des objets enseignés et enfin, ces connaissances permettent de résoudre d'autres problèmes (on retrouve le caractère outil). Ils mettent en garde les lecteurs à propos de la manipulation qui ne peut constituer à elle seule l'activité mathématique, il est nécessaire d'anticiper sur les actions concrètes. Enfin l'hypothèse 5 renvoie à la théorie de champs conceptuels (Vergnaud, 1990).

On trouve aussi une classification des problèmes qui peut faire penser à celles qui ont été produites dans les programmes à certaines époques : les auteurs distinguent les problèmes pour apprendre « *ils doivent à la fois permettre à l'élève d'utiliser ses connaissances actuellement disponibles pour comprendre ce qu'il s'agit de trouver et l'amener à prendre conscience de l'inadéquation et de l'insuffisance de ces mêmes connaissances.* » et les problèmes pour chercher « *A d'autres moments, les problèmes ont pour objectif principal de fournir aux enfants l'occasion d'apprendre à chercher, de construire des méthodes : il arrive que certains de ces problèmes n'aient pas de solution, que d'autres en aient plusieurs et non toujours une solution unique, comme le laissent penser les séries de problèmes proposés habituellement aux enfants.* » (ERMEL CP). Même si les termes sont différents, on retrouve bien là les caractéristiques déjà formulées pour les situations problème ou problèmes ouverts.

De la même façon, le rôle du maître est bien décrit dans la partie « Les interventions didactiques » (ERMEL CM2) à travers les points suivants : tout d'abord, la gestion de mises en commun qui sont des moments d'échange, d'explicitation, de débat. Les auteurs savent bien que ce sont des moments difficiles à gérer pour les maîtres. Le second point est le rôle important de l'argumentation et des débats, avec le rôle et le statut du vrai/faux en mathématiques. Enfin une partie est consacrée à la gestion différenciée des apprentissages (par les procédures, par les ressources, les aides et par la tâche).

On retrouve encore, ici, à travers l'importance donnée aux mises en commun et aux synthèses, le déplacement du rôle du maître, de celui qui déverse son savoir à celui de « médiateur ». En revanche, il nous semble que la construction des séquences de classe avec une alternance des moments didactiques est à la charge des maîtres car il y a peu d'institutionnalisations énoncées et que les exercices de réinvestissement sont relégués à la fin de l'ouvrage.

4.3 Les manuels plus classiques

On trouve une grande diversité dans les manuels plus classiques, c'est-à-dire ceux proposés aux élèves. D'un côté, on trouve des fichiers « remplissage », dans lesquels l'activité de l'élève est souvent réduite à des exercices sans enjeu, avec des questions fermées où l'élève est guidé. D'un autre côté, il existe des manuels avec livre du maître qui tentent de prendre en compte le discours des programmes sur la résolution de problèmes.

Mais on peut aussi voir dans les classes ordinaires, des utilisations qui ne produisent pas les effets souhaités et notamment des problèmes d'introduction sans lendemain, c'est-à-dire insuffisamment articulés avec les savoirs en jeu, et peu de problèmes de recherche insérés dans une progression.

4.4 Le rapport de l'Inspection Générale

C'est ce que souligne le rapport de l'inspection générale sur « L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire » de juin 2006. Ce rapport a été écrit à partir de rapports d'inspection de 120 classes de cycle 3. Un peu moins de la moitié des rapports portent sur les mathématiques. Voici les points qui sont mis en avant :

La notion de problème semble être une notion « brouillée (sic) » dans le sens où les maîtres (maîtresses) ne voient pas vraiment comment mettre en œuvre des séances de résolution de problème dans les classes ou bien comment faire la classe en intégrant les problèmes. Ainsi, on trouve (encore) des maîtres (maîtresses) qui font des séances spécifiques de résolution de problèmes. On peut donc se demander comment ils font le reste du temps. *« De manière générale, les maîtres savent que les programmes indiquent que « la résolution de problèmes est au centre des activités mathématiques. Lorsqu'il y a activité spécifique, 40 % des maîtres effectuent une séance par semaine, 36 % deux séances, les autres (24 %) étant au-delà et allant jusqu'à déclarer que tout est problème (ce n'est donc plus un temps spécifique !) ».*

De plus, le rapport indique que la catégorie des problèmes pour chercher pose problème aux maîtres à la fois dans sa conception et dans sa réalisation. *« Les observations montrent que des difficultés réelles existent pour la mise en œuvre des propositions ministérielles. »* alors que les documents officiels notamment les accompagnements des programmes donnent des indications précises. *« La catégorie « problèmes pour chercher » ne se révèle pas des plus pertinentes pour*

deux raisons : d'une part, elle laisse penser qu'il pourrait exister des problèmes sans recherche, d'autre part, elle peut conduire à des recherches floues »

Enfin le rapport pointe des sources de difficultés :

- 1- Sur la gestion de classe : *« des maîtres éprouvent de réelles difficultés à faire vivre certaines situations proposées : la mise en route de l'activité se révèle quelquefois délicate, les modalités de la recherche (travail par groupes, travail individuel) ne sont pas toujours adaptées, la formulation de la question posée n'est pas forcément assez précise et la régulation du travail (nature de l'intervention du maître) est parfois déficiente. »*
- 2- Sur la prise en compte des procédures des élèves ; *« Enfin, la terminologie « procédures personnelles », « procédures expertes » introduites récemment dans le vocabulaire didactique de l'école n'est pas toujours bien comprise. La résolution d'un problème peut être immédiate pour certains élèves qui « voient » immédiatement la solution et mettent en œuvre une procédure « experte » car faisant appel à la puissance de l'outil adapté. »*
- 3- Sur l'articulation activité d'introduction/ de réinvestissement : *« il apparaît que l'équilibre entre ces activités de construction et les exercices d'entraînement ne se trouve pas aisément ; dans bon nombre de cas, l'investissement pour construire les notions paraît bien long et se fait au détriment du fonctionnement des notions. »*
- 4- Sur une trop grande difficulté, notamment pour les élèves en difficulté : *« La catégorie des exercices les plus simples nous semble trop négligée en particulier pour les élèves les plus faibles. Là aussi, la différenciation pédagogique devrait permettre les adaptations nécessaires. Les élèves sont souvent débordés, perdus devant des situations trop larges. »*
- 5- Sur la gestion de classe nécessitant des gestes professionnels difficiles comme la gestion du travail de groupe, des erreurs des élèves, de la prise en compte des connaissances antérieures des élèves et sur la gestion des synthèses. *« Le guidage, le pilotage des séances de recherche appellent donc une compétence pédagogique de haut niveau et une maîtrise disciplinaire et didactique confirmée pour être productive. »*

4.5 Conclusion

Nous avons voulu montrer, à travers l'étude des deux exemples d'outils pour les maîtres assez caractéristiques car ils ont été largement diffusés à la fois dans les classes et surtout en formation, comment le discours produit à partir des théories de l'apprentissage sur la mise en activité des élèves, sur l'alternance de moments de recherche et de synthèse ne peut être mis en œuvre dans les classes de façon optimale que si le rôle du maître change, ce qui suppose des gestes professionnels différents qui doivent être appris en formation et qui ne peuvent pas résulter de l'habitude ou de l'intuition. Ainsi il ne s'agit pas seulement, en formation, de donner « les bons problèmes », il faut aussi apprendre à les faire vivre dans la classe. La gestion de la classe est alors déterminante dans la mise en œuvre de telles situations (ce dont les auteurs que nous avons cités étaient certainement conscients). Enfin, il nous semble qu'actuellement, il reste au moins deux questions fondamentales à prendre en compte, notamment en formation :

- celle de l'enchaînement et de l'articulation des différents moments didactiques dans la vie ordinaire des classes ;
- celle du statut des problèmes de recherche (ou pour chercher) qui semble assez flou et insuffisamment lié à une progression sur les savoirs enseignés.

5 QUEL AVENIR POUR LES PROBLEMES ?

Pour terminer, nous allons maintenant revenir sur la fonction de la résolution de problèmes dans les apprentissages. Cette question avait déjà été posée par Julo (Julo 2000) au colloque de la COPIRELEM de Chamonix. Notons que le titre de son article était : « Apprendre par la résolution de problèmes : Pourquoi ? Comment ? Quand ? ». Reprenons cette citation qui résume bien la question.

« Ce ne serait pas directement les activités ou les situations problèmes qui seraient en cause mais plutôt la suite, c'est-à-dire le processus par lequel on permet à des connaissances de se mettre en place à partir d'une activité de résolution de problèmes ; il faut bien reconnaître qu'on ne dispose toujours d'aucune théorie de l'apprentissage par la résolution de problèmes et qu'on n'en voit même aucune pointer à l'horizon. »

Donc, si à la suite aux travaux de Bachelard, Piaget, Vygotski, nous sommes tous d'accord pour dire que la résolution de problèmes est le moteur des apprentissages, nous n'avons pas encore résolu la question de savoir comment se fait cet apprentissage et sur quels objets il porte vraiment. Avant de poursuivre, rappelons que le terme problème vient de *Problema*, ce qui est jeté là devant, ce qui est saillant, ce qui empêche d'avancer. Donc un problème est bien ce qui pose problème et pour lequel il faut trouver une méthode qui permet de dépasser « ce qui empêche d'avancer »

Pour nous éclairer sur cette question, nous allons faire appel à un texte du philosophe Michel Fabre (Fabre 2009) dans un article sur la problématisation. Nous ne reprendrons pas tout l'article mais seulement le point de vue de trois auteurs sur les problèmes et la problématisation (Dewey, Bachelard et Deleuze). La question posée par Fabre est semblable à celle de Julo « Comment doit-on envisager le rapport entre savoir, apprentissage et problème ? »

Une première piste est proposée par Dewey et le personnage conceptuel de l'enquêteur. Le paradigme sous-jacent est celui de la vie comme adaptation : pour lui apprendre renvoie à « *relier les éléments épars d'une situation, augmenter, unifier en un tout cohérent. Le problème, chez Dewey, désigne une rupture dans la continuité d'expérience, ou encore un déséquilibre entre le sujet et son milieu. Et L'Enquête, comme concept spécifique de la problématisation, est une opération visant à rétablir l'équilibre perdu.* »

Ainsi, précise Fabre, chez Dewey, la pédagogie du problème devient une pédagogie du projet.

Chez Bachelard, le paradigme sous-jacent est la rupture par la remise en cause, la notion de d'obstacle. Ainsi, on revisite sans cesse les choses pour retrouver un équilibre supérieur. La problématisation est avant tout critique. Apprendre c'est remettre en cause. En revanche, Bachelard ne reprend pas la notion d'adaptation puisque pour lui, tout est construit avec des ruptures. « *Mais rupture n'est pas coupure. Pour s'effectuer, la problématisation exige de*

travailler sans cesse le passé de la pensée : les représentations, les préjugés, le savoir mort. » (Fabre 2009).

Enfin, chez Deleuze, le paradigme sous-jacent est la déconstruction. Comme chez Bachelard, le problème est un construit. Mais il va beaucoup plus loin car il remet en cause de l'école qui donne « les bons problèmes ». Pour lui, problématiser c'est retrouver le problème. « *Cette déconstruction constitue une puissante critique de la raison pédagogique dans la mesure où l'école traditionnelle apparaît comme la matrice d'une image dogmatique de la pensée privilégiant les réponses sur les questions et ignorant le domaine du sens.* » (Fabre 2009)

Ce très rapide tour d'horizon nous ouvre quelques voies nouvelles sur les problèmes. Ces trois positions sont différentes et montrent des liens différents eux aussi entre les apprentissages et les problèmes.

Par exemple, reprenons l'agrandissement du puzzle de Brousseau. Au début c'est le maître qui donne le problème : agrandir ce puzzle de façon à ce que 4 cm devienne 7 cm. Tout d'abord, il peut ne pas y avoir de problème pour l'élève qui considère que c'est une tâche qu'il sait faire (y compris en ajoutant 3 cm). Le véritable problème commence quand les élèves tentent de reconstituer le puzzle et que les pièces ne s'assemblent pas. A ce moment-là, les élèves ont envie de comprendre et d'expliquer pourquoi ce qu'ils avaient prévu ne fonctionne pas : c'est là que se situe la dévolution, le problème créé par le maître devient bien le problème de l'élève. On constate que celui-ci remet d'abord en cause ce qu'il a fait (mesures ou calcul) et plus tardivement, sa stratégie. On est là dans la remise en cause suivant Bachelard. Et on suppose donc que les élèves vont apprendre de cette rupture : par exemple, qu'agrandir en mathématiques ce n'est pas ajouter, et aussi comment agrandir.

Si l'on prend maintenant la course à 20, le problème de l'élève est de trouver une stratégie qui permette de gagner à tous les coups. Ici il n'y a pas forcément de rupture (il peut y en avoir si l'élève pense, par exemple, que c'est le premier qui joue qui gagne). Il est plus raisonnable de penser qu'on va plutôt élargir l'état de ses connaissances pour trouver une méthode qui permette de gagner mais aussi de gagner du temps en étant capable de prévoir les étapes par lesquelles il faut passer pour gagner. D'ailleurs, quand on joue en classe, il faut souvent changer les variables pour faire évoluer les procédures et aller vers une procédure experte. Il nous semble que ce problème est beaucoup plus caractéristique de la position de Dewey que de Bachelard. On a alors rencontré une situation qu'on peut modéliser par une division euclidienne. Mais là, c'est le maître qui introduira alors cette notion.

Enfin, si nous essayons de trouver une situation de classe qui pourrait illustrer la position de Deleuze, il faut peut-être aller chercher du côté des démarches d'investigation ou des démarches scientifiques dans lesquelles le problème est à construire.

En conclusion de cette partie, retenons cette phrase de Fabre, 2009 qui résume : « *Entre le problème comme relation sujet/tâche et la problématisation comme structure objective, il y a LE problématique comme modalité de sens.* »

6 CONCLUSIONS

Nous avons fait un tour d'horizon des problèmes dans les curricula et de la résolution de problèmes dans l'enseignement primaire depuis 1945. Si les programmes n'ont pas beaucoup évolué entre 1945 et 1970, il y a eu depuis un certain nombre de changements à la fois sur la place et la fonction de la résolution de problèmes par rapport aux apprentissages et sur les classifications successives des problèmes. Il nous a semblé intéressant de soulever la question des glissements de sens entre résultats de recherche et généralisation à l'enseignement sur ce thème de la résolution de problèmes.

Si le discours institutionnel a profondément évolué, les pratiques, elles, ont du mal à se transformer car mettre en place des situations de recherche de problèmes dans la classe suppose des compétences de gestion de classe qui ne peuvent se révéler qu'avec une solide formation. Il faudrait donc continuer à faire évoluer le rapport personnel et médiatif des professeurs et des formateurs (en IUFM, sur le terrain) aux problèmes.

Une autre piste de recherche et de formation concerne la construction de liens pour aller du problème isolé aux problèmes reliés et pour resituer la recherche de problèmes et l'institutionnalisation des savoirs. En d'autres termes, il faut passer des problèmes isolés à des organisations mathématiques les intégrant, ce qui suppose aussi de varier les outils de construction des problèmes : variables, sauts informationnels.

Mais tout ceci ne sera possible que si la formation des maîtres est préservée et outillée par la recherche en éducation.

7 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

ARTIGUE M. & HOUEMENT C. (2007) Problem solving in France: didactic and curricular perspectives. *ZDM Mathematics Education* **39**. 368-382.

BESSOT A., CHEVROT C., EBERHARD M. (1985). Arithmétique en CE1 à partir d'une situation problème. Les aimants. *Grand N* **37**.

BOSCH M., & GASCON J. (2004) La praxéologie comme unité d'analyse des processus didactiques. In Mercier A. & Margolinas C. (eds) *Balises pour la didactique des mathématiques*. Grenoble. La Pensée Sauvage. 107-122.

BOSCH M. FONSECA C., GASCÓN J. (2004) Incompletud de las organizaciones matemáticas locales en las instituciones escolares. *Recherches en Didactique des mathématiques* **24/2.3**. 205-250

BROUSSEAU G. (1981) Problèmes de didactique de décimaux. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **2.1**. 37-127

BROUSSEAU G. (1998) *Théorie des Situations Didactiques* (1970-1990). La Pensée sauvage

CHEVALLARD Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique. Perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des mathématiques*. **12/1**. 73-112.

- CHEVALLARD Y. (2007) Passé et présent de la Théorie Anthropologique du Didactique. In Ruiz-Higueras, Estepa & Garcia (eds) *Sociedad, Escuela y Matemáticas. Aportaciones de la TAD*. Universidad de Jaén. 705-747.
- COPPE S., HOUEMENT C. (2001) Réflexion sur les activités concernant la résolution de problèmes à l'école primaire. *Grand N* **69**. 53-62.
- COPIRELEM (1987) *Situations problèmes*. Publication de l'APMEP n°64 (*Elem math IX*)
- COPIRELEM (2003). *Concertum. Dix ans de formation de professeurs des écoles en mathématiques*. Paris : Editions ARPEME. Contact www.arpeme.com
- DOUADY R. (1984). *Encyclopédie Universalis* Article Mathématiques (Didactique des)
- DOUADY R. (1986). Jeux de cadres et dialectique outil-objet. *Recherches en didactique des mathématiques*. **7/2**, 5-31.
- DOUADY R. (1994). Ingénierie didactique et évolution du rapport au savoir. *Repères –IREM* **15**
- ERMEL (1977 to 1982). *Apprentissages mathématiques à l'école élémentaire (CP to CM2)*. Paris : Hatier.
- ERMEL (1991 to 1999). *Apprentissages numériques et résolution de problèmes (CP to CM2)*. Paris : Hatier.
- FAVRE M. (2009). Qu'est-ce que problématiser ? Genèse d'un paradigme. Recherche en éducation n°6. La part du problème à l'école. Nantes : CREN : <http://www.cren-nantes.net>
- GALISSON M.P. (à paraître) Quelques étapes dans l'évolution du rôle du problème dans l'enseignement des mathématiques à l'école primaire en France. *Espace mathématique francophone*. Dakar mai 2009.
- GLAESER G. (1976). *Le livre du problème. Pédagogie de l'exercice et du problème*. Paris : Editions CEDIC (seconde édition).
- HOUEMENT C. (2003) La résolution de problèmes en question. *Grand N* **71**. 7-23.
- HOUEMENT C. (2008) Une place pour les problèmes pour chercher. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives* **14**. 31-60
- JULO J. (2000). Aider à résoudre des problèmes. Pourquoi ? Comment ? Quand ? *Actes du XVIIe colloque COPIRELEM*. Chamonix.
- MINISTERE DE L'EDUCATION (1978). *Contenus de Formation à l'école élémentaire : cycle élémentaire*. CNDP
- MINISTERE DE L'EDUCATION (1980). *Contenus de Formation à l'école élémentaire : cycle moyen*. CNDP
- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (1985). *École élémentaire. Programmes et Instructions*. CNDP Livre de Poche.
- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS (1991). *Les cycles à l'école primaire*. Paris: Hachette et CNDP.
- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (1995). *Les programmes à l'école primaire*. Paris: Hachette et CNDP.

MINISTERE DE LA JEUNESSE, DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE (2002a). *Programmes du primaire* (2002).

MINISTERE DE LA JEUNESSE, DE L'EDUCATION NATIONALE ET DE LA RECHERCHE (2002 b). *Documents d'application des programmes. Mathématiques. Cycle 2* (37 pages), *Cycle 3* (47 pages). Paris: Scéren.CNDP.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE (2005). *Documents d'accompagnement des programmes. Mathématiques.* (96 pages). Paris: Scéren.CNDP.

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (2006). *L'enseignement des mathématiques au cycle 3 de l'école primaire*. Rapport à monsieur le ministre de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. En ligne sur www.education.gouv.fr/cid4172/l-enseignement-des-mathematiques-au-cycle-3-de-l-ecole-primaire.html

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (2007) *Programmes du secondaire (2002)*. En ligne sur <http://eduscol.education.fr/D0015/LLPHPR01.htm>

MERCIER A. (2008) Une question curriculaire de l'enseignement élémentaire des mathématiques : la « résolution de problèmes ». In *Actes du séminaire: L'enseignement des mathématiques à l'école primaire* (nov.2007). 93-107

PERRIN-GLORIAN M.J. (1994) Théorie des Situations Didactiques : naissance, développement, perspectives. In Artigue & al (eds) *Vingt ans de didactique des mathématiques en France*. Grenoble. La Pensée Sauvage. 97-147

PERRIN-GLORIAN M.J. & HERSANT M. (2003) Milieu et contrat didactique. Outils pour l'analyse de séquences ordinaires. *Recherches en Didactique des Mathématiques* **23/2**, 217-276.

PROST A. (1997) *Éducation, société et politiques*. Points Histoire. Le Seuil. (1^{ère} édition 1992)
Réformes en ligne (consulté 07_05_09) *La Documentation Française*

<http://www.ladocumentationfrancaise.fr/dossiers/college-unique/reformes.shtml#1963>

ROBERT A. (2000) Outils d'analyse des contenus mathématiques à enseigner au lycée et à l'université. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. **18/2**, 139-190.

SARRAZY B. (1997). Sens et situations : une mise en question de l'enseignement des stratégies méta-cognitives en mathématiques. *Recherches en Didactique des mathématiques* **17/2**.135-166.

SARRAZY B. (2008) De quelques effets de contrats et du rôle des situations didactiques dans la résolution des problèmes d'arithmétique au cycle 3. *Actes du séminaire: L'enseignement des mathématiques à l'école primaire* (nov.2007). 61-81

SIERPINSKI A. (2006) Entre l'idéal et la réalité de l'enseignement mathématique. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives* **11**. 5-40.

VERGNAUD, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. **10/2.3**, 133-170.