

ACTIVITES DE RECHERCHE (par Guy Brousseau)

Années 1960-1975.

1961 Première participation à la CIEAEM. Communication de résultats d'observations dans une classe où l'on essaie un enseignement de mathématiques plus modernes.

1963-64 Publication d'un manuel pour les instituteurs du cours préparatoire (publié chez Dunod)

1965-1969 publication de nombreux "cahiers" destinés à suggérer des "innovations" aux enseignants et à préciser d'autre part les conditions techniques (théories, méthodologie, terrains d'expérience...) sociologiques (organisation administrative, rapports entre chercheurs, enseignants et formateurs...) scientifiques (types de recherches, sujets, domaines de référence, concepts fondamentaux...) pédagogiques (formes d'enseignement acceptables, aspects déontologiques...) de l'émergence de véritables recherches dans ce domaine.

1966 Pour étudier de façon concrète le sujet, proposé par A. LICHNEROWICZ: "Conditions limites d'une expérience en pédagogie des mathématiques", création au C.R.D.P. de BORDEAUX d'un Centre de Recherches sur l'Enseignement des Mathématiques (CREM) avec l'appui entre autres du Pr COLMEZ et de Mme F. TISON et la collaboration de PEN et d'IDEN de la région.

février 1968. Courte présentation des résultats de ces travaux en forme de projet de création d'un IREM au colloque d'Amiens.

(Un IREM devait comprendre trois volets: un club de réflexion pour tous ceux qui s'intéressent aux mathématiques, un centre de formation et de recyclage en mathématique-et-sa-pédagogie, un centre de recherches scientifiques avec école à observer pour préparer les contrats d'expériences qui se dérouleraient dans des écoles ordinaires ou expérimentales).

1968 Participation au Congrès ICME 1 (International Commission on Mathematic Education, émanation de l'UM) à Lyon.

1966-1971 Recherches sur les conditions d'apprentissage des opérations dans les naturels et sur les caractères ergonomiques des algorithmes de calcul proposés dans l'enseignement. sous la direction de A. Lichnérowicz, P. Gréco, J. Wittwer et J. Colmez. J'ai montré entre autres, théoriquement et expérimentalement qu'une modification de la disposition des calculs humain de la multiplication et de la division pouvait améliorer de façon décisive les performances des élèves et diminuer de beaucoup le temps d'apprentissage. Une partie des résultats est communiquée au Colloque International des Sciences de l'Education à Paris en 1973. Les méthodes proposées seront utilisées plus tard dans quelques thèses dont celles de C. MAUDET (1982) puis de A. CAUTY (1987). De nombreux textes sont publiés dans les "cahiers du CREM" (n°1 à 17) puis dans les cahiers de l'IREM (n°1 à 18). Mais la thèse sur ces travaux (de psychologie génétique ou de sciences de l'éducation) ne sera pas présentée.

1970 Création de l'IREM de BORDEAUX dirigé par Jean COLMEZ, recrutement à l'Université. Communication au congrès de l'APMEP de CLERMONT-FERRAND des premiers éléments de la future théorie des situations ("La mathématisation du réel"). Article sur "les quasi-implications et les échelles de Guttman" dans le bulletin de psychologie de l'Université de Paris.

Création à Bordeaux du Groupe de recherches sur l'enseignement élémentaire des mathématiques (dit "groupe des 16") avec les P.E.N. de la région. Direction de ce groupe et de la publication interne à l'IREM correspondante, qui publiera 18 numéros.

1970-1971 Première tentative de réalisation d'une école pour l'observation (Ecole annexe de l'Ecole Normale de Caudéran). Conclusions: les maîtres d'application ne peuvent pas "baisser la garde" lorsqu'ils forment les élèves-maîtres.

1971-1972 Deuxième tentative de réaliser un système pour l'observation (diverses écoles de la région). Conclusions: les maîtres doivent être volontaires et responsables mais ne doivent pas être titulaires du poste qu'ils occupent.

1971-1974. Recherches sur l'enseignement des probabilités et des statistiques dans la scolarité obligatoire. Conception et expérimentation d'un processus d'enseignement. Construction d'un modèle mathématique de situation d'enseignement des probabilités (sous la direction de Paul Louis HENNEQUIN) et de divers modèles stochastiques d'apprentissage (sous la direction de H. ROUANET). Les résultats sont communiqués au colloque de la CIEAEM à BORDEAUX en 1974. La thèse correspondante ne sera pas achevée.

1972-1973. Ouverture de l'école J. Michelet. Création à cette occasion de son centre d'observation et attribution des moyens. Construction du bâtiment en 1974 et statut d'école expérimentale en 1975. Responsabilité scientifique du projet de 1972 à 1989.

1974-1984. Recherches sur l'enseignement des décimaux et des rationnels dans la scolarité obligatoire. Expérimentations répétées

1974 Etude de la saisie des données dans les jeux pédagogiques: Co-direction d'une thèse de troisième cycle pour déterminer de façon générale les interactions intéressantes et les moyens (physiques, électroniques et statistiques) de leur analyse automatique, Conception et mise au point d'un appareil pour l'étude de l'émergence du raisonnement par récurrence (Tours d'Hanoi).

1974-75. Détermination du champ des recherches envisagées pour comprendre, soutenir et améliorer la diffusion des connaissances mathématiques. Hésitations entre "Epistémologie expérimentale" et "Didactique". Le choix se fait à l'occasion du Colloque "Communication et mathématiques" à Bordeaux (mars 1975).

1975. L'Université de BORDEAUX 1 est habilitée à délivrer un D.E.A. de Didactique des Mathématiques (en même temps qu'à Paris VII et Strasbourg): Création et organisation des cours et des TD.

Années 1975-1986.

1975-76. Les recherches sur les effets du saut informationnel sur l'apprentissage conduisent à une recherche sur les obstacles épistémologiques.

1976 Participation au 3ème congrès de l'ICME à KARLSRUHE (R.F.A.). Participation au comité créateur de la commission P.M.E. (Psychology of Mathematic Education) avec G. VERGNAUD et FISHBEIN.

1976-1986. Etudes sur la méthodologie des recherches et principalement sur les conditions de l'observation, mais aussi sur l'emploi des statistiques dans ce domaine (avec H. ROUANET puis avec I.C. LERMAN et R. GRAS). Ce travail se poursuivra au sein du GRECO puis du GR (voir ci-dessous).

1975-1986. L'étude expérimentale des interactions didactiques conduit à concevoir et observer de nombreuses situations: leçons, problèmes, exercices, jeux pédagogiques... réalisant des conditions fixées à l'avance. En amont cette activité d'ingénierie exige et permet en retour des clarifications théoriques, en aval elle soutient leur diffusion et alimente la collaboration avec les enseignants.

1976. Réunion à Artigues près Bordeaux d'un groupe comprenant la plupart des chercheurs en "didactique" au sens défini au colloque de Bordeaux. Projets d'action (Séminaire, revue, Etablissements expérimentaux, Ecole d'été, orientation des recherches...)

1977-1978. Création du Séminaire National de Didactique des Mathématiques à Paris par le Groupe d'Artigue.

1978 Responsable au CNRS de l'Action Thématique Programmée n° 3585. Recherches sur les échecs électifs en mathématiques: études statistiques et cliniques conduisant au concept de contrat didactique.

1979. Création de l'Association des chercheurs en Didactique des Mathématiques pour gérer la revue en préparation (loi 1901).

1979-1980. Création (Membre du comité de rédaction) de la revue "Recherches en Didactique des Mathématiques" avec le Groupe d'Artigue.

1980 Participation au 4ème congrès de l'ICME à BERKELEY (E.U.). Participation à la présentation collective des didacticiens français.

1980-1984. Co-Responsable au CNRS, avec G. VERGNAUD de la R.C.P. 600 " DIDAMATH": Didactique et acquisition des concepts mathématiques dans l'enseignement obligatoire.

1980 Première Ecole d'été de Didactique des mathématiques. (Chamrousse). (Participation au comité organisateur et aux cours).

1980- . Création puis direction du COREM. entité de coordination entre l'administration académique, l'IREM, et les organismes de recherche: Ecoles J. MICHELET, 3ème Cycle, et Groupe des 16.

1981-1986. Membre (coopté) du Groupe BACOMET I. (BASIC COMPONENTS OF MATHEMATICS EDUCATION FOR TEACHERS: Groupe International de recherches auquel participent 7 pays (RFA, Danemark, G.B., U.S.A., Norvège, Hollande, Autriche, France). Réunions annuelles, publications chez REIDEL.

1982 Recherches sur les représentations de l'Espace et sur l'enseignement de la géométrie.

1982 Deuxième Ecole d'été de Didactique des mathématiques. (Olivet). (Participation au comité organisateur et aux cours).

1983. Recherches sur les phénomènes de didactiques et sur les paradoxes fondamentaux. liés au contrat didactique et à l'institutionnalisation des connaissances des élèves.

1984 Participation au 5eme congrès de l'ICME à ADELAIDE (Australie). Participation au comité créateur de la commission T.M.E. (Theory of Mathematic Education) avec G. STEINER.

1984 Troisième Ecole d'été de Didactique des mathématiques. (Olivet). (cours).

1985. Début des recherches sur l'énumération des collections et sur les effets de l'absence d'un savoir culturel correspondant à certaines connaissances nécessaires à l'apprentissage.

1984-1988. Co-Responsable au CNRS, avec G. VERGNAUD et M. HULIN du GRECO 13 0071": Didactique et acquisition des connaissances scientifiques".

1986 Quatrième Ecole d'été de Didactique des mathématiques. (Olivet). (cours).

1986. Soutenance de la Thèse d'Etat. "La théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques".

Résumé de la thèse d'état (1986):

La théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques vise à permettre l'analyse, la production et le contrôle des moyens de faire approprier les mathématiques par les élèves.

a) Il s'agissait essentiellement dans cette thèse d'étudier l'enseignement de différents concepts mathématiques, et principalement les rationnels et les décimaux au niveau élémentaire. (les nombre naturels et leurs opérations, les probabilités et les statistiques avaient fait l'objet de travaux antérieurs)

Mais son ambition était de jeter les bases d'une théorie des situations didactiques, moyen nécessaire à une approche scientifique des phénomènes d'enseignement des mathématiques.

b) Dans un premier temps, l'étude des situations d'apprentissage (le professeur étant provisoirement exclu du processus) m'a conduit à proposer une typologie désormais classique: situations d'action, de formulation, de validation ou de preuve. Cette typologie s'appuie sur une hiérarchie de critères (systèmes en présence et leurs interactions, forme des connaissances, rôle et fonctionnement, mode d'apprentissage) et permet aussi bien la

modélisation et l'analyse d'une activité observée que la création d'activités nouvelles et originales.

Cette hiérarchie de critères permet de préciser une signification des comportements cognitifs et socio-cognitifs de l'élève. En particulier, il lui correspond une typologie des statuts de la connaissance que l'on retrouve en épistémologie des mathématiques ainsi qu'une classification en niveaux de connaissance.

Cette modélisation permet de prévoir ce que l'élève "a intérêt" à modifier dans ses comportements devant une situation mathématique interprétée comme problème et de préciser les conditions qui lui permettent effectivement ces modifications. Les comportements observés sont des moyens de connaître, non seulement l'élève (objet de la psychologie), mais aussi les situations elles mêmes. Les connaissances visées tendent alors à s'articuler (suivant leur statut) selon les conditions de leur apparition à l'élève et non pas conformément à leur structure et à leur position dans le savoir actuel.

Malgré la complexité des phénomènes étudiés, ces travaux visent à constituer la Didactique des Mathématiques en un nouveau champ scientifique, et à conjuguer des apports très éloignés (tels que ceux de l'épistémologie, de la pédagogie, de la sociologie, et de la psychologie...) avec la réflexion mathématique en vue de la connaissance et de la conception de l'enseignement des mathématiques.

Ces modèles suggèrent des calculs qui permettent de prévoir les comportements des élèves, et surtout d'identifier les variables didactiques (variables qui modifient les connaissances nécessaires à la résolution). De nombreux chercheurs ont utilisé ces modèles et des montages didactiques qui en découlent à tous les niveaux scolaires.

c) J'ai mis en évidence le rôle des sauts de complexité dans l'apprentissage, ce qui m'a conduit ensuite à importer en mathématiques la notion d'obstacle épistémologique que Bachelard avait introduite pour expliquer la formation de l'esprit scientifique. Il a fallu pour cela indiquer des méthodes de recherche originales.

d) Cette approche systémique a permis

- de mettre en évidence les phénomènes d'obsolescence des situations didactiques et des savoirs, phénomènes très importants dont l'analyse a permis de préciser la notion de reproductibilité en didactique,

- d'étudier les interactions entre le maître et les élèves (situations de dévolution des problèmes et d'institutionnalisation, stratégies d'évitement).

Elle n'a permis d'expliquer de façon satisfaisante qu'une très faible partie des échecs électifs des élèves, que j'ai analysés de façon détaillée par des méthodes statistiques et cliniques (études de cas).

Elle a conduit toutefois à la mise en évidence des contraintes qui pèsent parfois jusqu'au paradoxe sur les relations du maître et de l'élève, et qui les contraignent à la fois à se lier en une sorte de contrat didactique, et à le rompre. L'étude du fonctionnement de ce contrat a permis de mettre en évidence divers phénomènes (certains ont marqué les réformes des années 70) et a en proposer une explication.

- effets dits "Topaze" et Jourdain, effet de glissement métadidactique, abus de l'analogie...

- les transformations (volontaires mais surtout involontaires, à court et à long terme) des connaissances par l'activité d'enseignement, étude poursuivie et très profondément remaniée et élargie par Y. Chevallard dans "la transposition didactique"

- l'épistémologie spontanée des professeurs

e) les annexes présentent quelques unes des nombreuses applications de ces méthodes et de ces concepts à l'étude de l'enseignement de diverses questions de mathématiques (naturels, décimaux et rationnels, opérations, probabilités, géométrie, logique, etc...

L'annexe la plus importante est constituée par le compte rendu de l'expérimentation d'un processus d'enseignement des rationnels et des décimaux : 65 leçons, répétées dans 2 classes de CM2 pendant 10 ans.

f) On y trouve quelques innovations méthodologiques dont une pour améliorer l'usage de l'Analyse Factorielle des Correspondances dans les expériences. Il s'agit d'analyser à part l'espace des correspondances établies à priori entre les caractères (explicatifs) des questions posées aux élèves et les questions elles mêmes, le plongement (classique) de cet espace dans celui des observations permet alors d'apprécier les informations effectivement dues à la contingence et de les distinguer de celles que l'on connaissait à l'avance ou qu'on a introduites par le choix des questions.

Années 1986-1990.

1986-1988. Membre (coopté) du Groupe BACOMET II. (BASIC COMPONENTS OF MATHEMATICS EDUCATION FOR TEACHERS).

1987- Développement de recherches en Didactique en Espagne (à l'Université de SARAGOSSE et à l'Université de GRENADE).

Recherches sur l'enseignement de la géométrie aux élèves non voyants dans les "classes d'intégration. Sur l'enseignement du raisonnement logique dans la scolarité obligatoire, sur la mémoire du système didactique.

1988 Participation au 6ème congrès de l'ICME à Budapest (Hongrie).

1988-1990. Co-Responsable au CNRS, avec G. VERGNAUD et A. TIBERGHEN du GR G0071": Didactique et acquisition des connaissances scientifiques".

Participation à divers groupes du GR et notamment au groupe 9: Les instruments de gestion de l'enseignement: objectifs, curriculums, évaluation, problèmes théoriques et méthodologiques. préparation d'un groupe transversal: "le sens dans la relation didactique" et au groupe 8 dysfonctionnements de la relation didactique.

Participation au Colloque épistolaire du COED.

1988-1990. Membre (coopté) du Groupe BACOMET III. (BASIC COMPONENTS OF MATHEMATICS EDUCATION FOR TEACHERS).

1989 Cinquième Ecole d'été de Didactique des mathématiques. (Plestin-les-grèves). (Chargé d'un cours).

Titulaire d'un contrat d'encadrement doctoral pour la période 1990-1994. Renouvelé en 1995.

Chargé du thème d'une journée à la sixième école d'été de Didactique des Mathématiques (août 1991): Cours, T.D. et exposés.

1990-1991. Contrat de recherche sur appel d'offres de la DESUP13, au titre de la participation des établissements d'enseignement supérieur à la formation des maîtres et des formateurs. L'enseignement des équations différentielles.

Résumé des travaux de 1986 à 1991.

Depuis la soutenance de ma thèse, j'ai développé

la théorisation des phénomènes didactiques dans diverses directions:

- a) L'étude des situations a-didactiques. Le fonctionnement des conceptions, du sens, du milieu, les rapports du cognitif avec l'affectif.
- b) L'étude de l'évolution des situations a-didactiques et des obstacles épistémologiques.
- c) L'étude des situations didactiques, de la dévolution et de l'institutionnalisation, du rôle du maître, de la mémoire du système didactique
- d) Ces études ont porté principalement sur les enseignements de la géométrie, du raisonnement et de l'analyse.

et des recherches méthodologiques sur l'analyse des phénomènes didactiques en particulier sur l'analyse implicative, son application à l'analyse de contenu des transcriptions de classes, et le contrôle des biais par l'élimination des dépendances connues a priori.

Ces recherches font l'objet des thèses que j'encadre.

Depuis quelques années je consacre une partie de mes efforts à la rédaction d'un ensemble d'ouvrages pour la formation des professeurs d'école et de collèges et comportant:

- un exposé de la théorie de la didactique et de ses différentes approches ou modèles accompagné

- d'un dossier sur l'observation d'une leçon,

- d'un dossier sur l'ingénierie didactique,

- et d'un recueil de sujets de didactique à insérer dans des épreuves de mathématique pour enseignants.

- un manuel de mathématiques présentant les connaissances de la scolarité obligatoire sous une forme appropriée à l'usage didactique.(mathématiques pour les professeurs d'école)

- un manuel de statistiques pour la recherche en didactique et pour la gestion de l'enseignement dans une classe.

Années 1991-1998.

1991-1992 Directeur du Laboratoire de Didactique des Disciplines Scientifiques et Technologiques de l'IFE de l'Université de Bordeaux 1.

Il s'agit de créer et d'équiper un nouveau laboratoire (bâtiments compris), de développer des secteurs de recherches en didactique des sciences, autres que celle des mathématiques et sans léser cette dernière, d'intégrer et d'aider les chercheurs de l'IUFM d'Aquitaine et de préparer la succession.

1992-1993. Direction de l'achèvement de 10 thèses d'universités. sujets principaux: L'enseignement de la géométrie et de l'espace, du raisonnement, des opérations élémentaires etc.

1993-1994. Contrat de recherche avec la région Aquitaine pour l'adaptation de l'analyse lexicale et propositionnelle à l'étude des comptes rendus de séquences d'observations et l'application à ces techniques de l'analyse implicative.

1994-1995 Direction de l'achèvement de 4 thèses d'Université. Rédaction d'un cours pour la huitième école d'été de didactique des mathématiques. Recherches personnelles sur les matrices explicatives en analyse implicative. Premier article au colloque de Caen. Préparation de diverses publications. Responsabilité du Thème 6 dans le projet de Groupement de recherche du CNRS (didactique des savoirs scientifiques et professionnels) : Effets à long terme des réformes curriculaires sur les pratiques des professeurs et des élèves. Projet de collaboration sur ce point avec l'Université du Whashington (Seattle).

1995-96. Je m'intéresse en ce moment à la tendance des enseignants à anticiper l'enseignement des connaissances des niveaux supérieurs, aux causes et aux effets de cette tendance ainsi qu'aux indices qu'un enseignement précoce est, ou non, prématuré. L'approche classique purement psychologique et développementale ne permet pas de conclure, elle doit être complétée pour prendre en compte d'autres conditions, épistémologiques, didactiques et culturelles très importantes aussi. J'étudie en particulier

- l'introduction des "emblèmes de l'algèbre (signes +, x, =, etc. au CP, lettres au CM, structure des entiers avant l'étude des équations, suivie de la réduction de l'algèbre aux identités remarquables au collège etc.) avec Eva Cid et Dominique Woillez

- l'introduction et le recul de l'enseignement de l'analyse au second cycle du secondaire avec Isabelle Bloch.

En même temps on s'aperçoit, avec Eugène Comin, combien les possibilités de formulation souffrent des réformes et quelle influence elles ont sur l'usage instrumental et sémiotique des concepts apparemment classiques comme la *proportionnalité*.

Les rapports entre l'usage du langage et du métalangage dans les relations didactiques peuvent être particulièrement visibles dans le cas de l'usage des graphes, très favorables aux glissements métadidactiques. Cette étude nous conduit à étudier les propriétés générales d'un procédé mathématique que P. Alson a défini et reconnu dans un certain nombre de cas historiques et didactiques: les descripteurs.

D'autres études se profilent comme celle de l'accompagnement de l'apprentissage de l'élève par le milieu familial et des actions susceptibles de l'améliorer (Florence Genestoux) ou celle du rôle du raisonnement, de l'argumentation et de la contingence dans l'enseignement de la gestion "sociale" et individuelle de la vérité (Patrick Gibel).

Les études plus anciennes se poursuivent notamment sur la méthodologie (observation et analyse des chroniques) sur la théorie des situations (les régulations) et sur la géométrie.

1996-97. L'arrivée pour un an de Michela Maschietto, envoyée par le Pr Azarello de Turin pour travailler sur le rôle des graphiques cartésiens de fonctions et les expériences réalisées par Isabelle Bloch en classe de première sur l'ingénierie de P. Alson ont relancé les études en commun dans ce domaine. Grâce au financement de l'accord Aquitaine Navarre, Eduardo Lacasta prépare 3 publications dont une a été soumise à Recherches en Didactique des mathématiques.

Les travaux de J. Briand sur l'énumération sont repris et étendus à toute la combinatoire par l'équipe de D. Grenier et Paillan du Laboratoire de mathématiques discrètes de Grenoble. J'espère développer une collaboration dans ce domaine.

Signalons des collaborations

- avec Alain Rahm pour développer et encadrer, Patrick Gibel et un B. Tressol, thésard en Didactique des mathématiques, pour étudier les effets de l'environnement multimédia (espace Alpha) sur l'apprentissage du raisonnement mathématique chez les étudiants de DEUG.

- avec André Antibi pour un article sur la persistance des conceptions mathématiques scolaires dans les classes supérieures de mathématiques

1997-1998.

Application de la théorie des situations à la résolution d'une notion mathématique dont l'apprentissage doit s'étaler sur plusieurs cycles scolaires en une collection de situations fondamentales et de "milieux". (Il s'agit sur un sujet comme celui de "la mesure" de montrer comment les méthodes de la didactique peuvent précéder, interroger et réorganiser les études d'histoire et d'épistémologie qui, traditionnellement, précèdent les études de

didactique). Etude de leurs propriétés didactiques (ergonomiques écologiques) et de leur organisation en processus. Les exemples des rationnels et des décimaux puis celui des probabilités et statistiques avaient été donnés sans trop de commentaires. Il s'agit maintenant d'explicitier les méthodes.

Ces études tendent à préciser les caractéristiques des "assortiments" de problèmes et d'exercices utilisés par les enseignants pour favoriser la compréhension et l'apprentissage des connaissances plus locales (afin de faire le lien avec les études classiques). Celles-ci s'enrichissent de l'étude des possibilités de gestion (a priori) et de régulations (in situ) liées à la culture didactique de diverses institutions. Ce travail devrait permettre entre autres d'analyser la façon dont l'algébrisation rampante et progressive de l'étude des nombres et des opérations au primaire tend à faire disparaître des savoirs nécessaires (la pratique des mesures, la linéarité...), et à rendre plus difficile l'enseignement de l'algèbre dans le secondaire.

Les collaborations se poursuivent, avec Ginger Warfield sur les probabilités et les statistiques, et sur la création de concepts : le c-knowledge (connaissance) et le s-knowledge (savoir) et avec B. Sarrazy (Sciences de l'éducation Bx 2) sur le contrat didactique et la régulation de l'hétérogénéité des classes.

Années 1999-2003

1999-2000

Dans deux études sur la dé-transposition didactique (avec André Antibé) nous avons étudié les moyens de corriger les effets de la nécessaire transposition didactique. Nous poursuivons les études de l'enseignement du raisonnement qui reste un point très négligé dans la formation des professeurs : l'organisation des calculs (avec Patrick Gibel), les résolutions de problèmes et les raisonnements algébriques (avec Dominique Broin-Ferguson), les contre-exemples (avec A. Antibé).

2000- 2003

Le projet (COREM, INRP, DAEST), de mise en DVD des archives de l'expérience Michelet a abouti. Les enregistrements ont commencé et nous travaillons à la mise au point des moyens d'utilisation pour les chercheurs et les formateurs de professeurs. Une collaboration avec Athanasios Gagatsis (Université de Chypre) à propos du concept de représentation a commencé et a abouti pour l'instant à un texte théorique en cours de publication et à des études encore en cours sur la droite numérique. Une autre avec Jarmila Novotna (Université Charles, Prague) et avec Dominique Ferguson (DAEST) concerne les words problem et le passage de l'arithmétique à l'algèbre.

Une collaboration sur l'observation qualitative et quantitative des classes s'est établie avec Filippo Spagnolo à propos de ses expériences de Piazza Armerina, qui prolongent celles des Ecoles Michelet de Talence

Les travaux sur la théorie mathématique des situations didactiques en mathématiques se poursuivent.

Cependant l'essentiel de mes travaux depuis vingt cinq ans ont porté sur les questions de *micro didactique*, c'est à dire sur les conditions dans lesquelles des individus ou des petites institutions peuvent apprendre ou utiliser des concepts mathématiques : problèmes, leçons et processus. Or j'ai pu observer (travaux de 1968-73) qu'il ne suffit pas de disposer de solutions micro didactiques simples parfaitement prouvées, éprouvées, communicables et applicables pour répondre pratiquement à un problème d'enseignement même impérieux : les rapports de la noosphère, les comportements des grandes institutions et l'opinion du public à propos d'une connaissance particulière sont décisifs. Les difficultés des réformes de l'enseignement

du calcul humain, ou celui de la statistique en France montrent l'existence de phénomènes de *macro didactique* qui relèvent d'approches théoriques nouvelles.