

Perspectives sur l'enseignement des Mathématiques dans la Communauté française de Belgique

Ministère de l'éducation, de la recherche et de la Formation

Premier rapport de la Commission scientifique sur l'Enseignement des Mathématiques et des Sciences présenté à Monsieur le Ministre Yvan YLIEFF le jeudi 7 juin 1990

Changer le système d'enseignement des mathématiques est une course de fond. Les gens qui s'y engagent et essaient de la boucler en une décennie n'y arriveront pas et seront complètement déçus.

Changer le système d'éducation, je sais de façon très claire que les mathématiciens ne peuvent pas le faire, les professeurs ne peuvent pas le faire, les politiciens ne peuvent pas le faire. Pour réaliser vraiment ces changements, il faut un effort global de coopération.

L. Henkin

Avant-propos

La Communauté française et les programmes

Les programmes d'études et les résultats de l'enseignement suscitent périodiquement l'intérêt des responsables politiques de tous les pays. Les projets des institutions scolaires se traduisent-ils bien en réalisations ? Les jeunes sont-ils bien formés ? La formation continue est-elle assurée avec efficacité ? Les budgets consacrés à l'éducation sont-ils dépensés utilement ?

La Communauté française, pour assumer sa nouvelle responsabilité de l'éducation, a aussi besoin de faire le point sur les formations et sur les ressources humaines.

En effet, c'est à elle, à présent, que s'adressent les forces vives du pays pour exprimer leurs demandes et leurs doléances en matière d'éducation. C'est elle aussi qui doit prendre en charge les intérêts des individus qui la composent afin d'éviter la médiocrité des formations et de veiller à la prise en compte de tous les jeunes et de tous les adultes en formation continue, dans leurs diversités. Enfin, l'existence de la Communauté française, son développement et son avenir reposent sur l'éducation de la jeunesse et sur l'usage qu'elle en fera.

La Communauté française et les mathématiques

Si la Communauté française porte son premier regard sur l'enseignement des mathématiques et des sciences dans l'enseignement secondaire, c'est qu'elle accorde une importance primordiale à ces disciplines, dans la formation des futurs scientifiques, des futurs techniciens et des futurs citoyens.

La Commission scientifique d'Etude des Mathématiques et des Sciences, dont on trouvera la composition à l'Annexe 1, a été créée par Monsieur le Ministre YLIEFF en mai 1989. Elle doit rechercher les moyens d'exercer "le pilotage de notre enseignement" vers des formations riches de contenus, humanistes et rentables.

Premières réflexions de la Commission

De mai 1989 à juin 1990, la Commission s'est réunie vingt fois. Elle s'est attachée à l'enseignement des mathématiques et son analyse a porté sur deux points : le programme et les personnes qu'il concerne.

Le programme est compris habituellement comme "une liste de savoirs énoncés suivant une suite rationnelle, et qui définit les éléments qui devront être maîtrisés".

La Commission l'a considéré de manière plus large en y incluant les démarches spécifiques à la branche et les moyens de l'enseigner.

Elle a entendu à ce propos des **scientifiques**, mathématiciens et utilisateurs, des **praticiens de l'enseignement** des mathématiques, professeurs et associations de professeurs, membres de commissions et enfin, des **citoyens**, parents, responsables d'enseignement, et pris connaissance de tous les avis qui lui ont été adressés.

La Commission s'est aussi préoccupée de l'état d'esprit des pouvoirs organisateurs, des établissements, des formateurs d'enseignants, des professeurs du secondaire et s'est efforcée d'évaluer les ressources humaines disponibles pour l'enseignement des mathématiques.

On trouvera à l'Annexe 2 la liste des organisations et personnes que la Commission a rencontrées au cours de ses réunions.

Le rapport

Le temps dont la Commission a disposé ne lui a pas permis de mener une étude exhaustive de l'enseignement des mathématiques. Il convient donc de considérer ce rapport comme apportant surtout des indications ou des recommandations.

Les Autorités trouveront dans ce rapport un certain nombre d'idées à propos des programmes et des manuels, à propos des finalités et du déploiement des cours de mathématiques, à propos des professeurs et de leurs formateurs, à propos de valeurs que peut véhiculer l'enseignement des mathématiques.

Les idées porteuses de progrès et d'enthousiasme sont à retenir en premier lieu. Les idées à faire appliquer doivent être reconnues comme réalisables et claires pour tous. Le changement ne s'imposera pas ; certaines idées relatives aux mathématiques scolaires actuelles et les attitudes attendues à l'égard des nouvelles populations d'élèves mettront du temps à s'implanter.

Les Autorités et tous les acteurs de l'enseignement des mathématiques devront redire au public et aux parents combien leurs rôles sont essentiels pour créer le climat favorable à la réussite.

Remerciements

La Commission remercie toutes les personnes et toutes les organisations qui lui ont remis des avis, que ce soit lors de ses réunions à Bruxelles, ou par lettre ou lors de rencontres avec certains de ses membres.

1 Une conception des mathématiques

Les mathématiques sont mal perçues d'une partie du public même cultivé : elles sont trop souvent à la fois rejetées et objet de préjugés profonds. C'est pourquoi il nous a paru indispensable, par raison de clarté, d'exposer en préambule au présent rapport la conception des mathématiques généralement admise aussi bien par les membres de notre Commission que par la plupart des mathématiciens et professeurs de mathématiques qu'elle a consultés.

1.1 La construction du sens dans les mathématiques

A travers leur diversité, les mathématiques sont parcourues de liens essentiels qui contribuent au sens de chacune de leurs parties. Elles ne sont pas une juxtaposition de concepts et de théorèmes plus ou moins autonomes.

Une définition n'a guère de sens par elle-même : elle répond aux besoins d'une théorie, on ne la comprend, et on ne comprend sa forme souvent très technique que quand on la voit fonctionner dans des démonstrations. Un calcul isolé est dépourvu de signification : si on calcule, c'est parce qu'on a besoin du résultat dans une démonstration ou une application. Pour comprendre une démonstration, il faut faire plus que vérifier ses chaînons logiques l'un après l'autre, il faut y discerner les idées directrices, celles par rapport auxquelles s'ordonnent ses détails techniques. Un théorème isolé est moins intéressant que la théorie à laquelle il appartient. Et enfin les théories, les structures mathématiques ne sont pas autonomes, elles fonctionnent les unes dans les autres.

Cette cohérence globale des mathématiques existe et est source de sens dès le niveau le plus élémentaire : il n'y a pas de cloisons étanches entre l'arithmétique, la géométrie, l'algèbre et l'analyse.

1.2 Apprendre à penser mathématiquement

Les mathématiques peuvent être considérées comme un vaste ensemble de connaissances organisées déductivement. Mais apprendre les mathématiques (ou des mathématiques) consiste moins à absorber ces connaissances qu'à améliorer sa capacité de penser mathématiquement, de résoudre des problèmes. Focaliser l'apprentissage sur l'acquisition des théories conduit à privilégier la pensée déductive par rapport à la pensée en recherche, celle que l'on qualifie parfois d'heuristique. Penser mathématiquement mobilise l'imagination, l'intuition, le flair, le sens esthétique, l'induction (les conjectures) et aussi, cela va de soi, la déduction, la logique.

L'activité mathématique est une alternance, une sorte de contrepoint de l'imagination et de la logique. Elle produit à terme de la théorie déductive, mais elle n'est pas une activité essentiellement déductive.

1.3 Les mathématiques dans la pensée globale

A l'opposé souvent de la pensée commune, les mathématiques recourent à des concepts idéalisés : c'est le prix qu'elles paient pour pouvoir se construire sans ambiguïté sur le plan du raisonnement déductif. Malgré cela, les mathématiques interviennent utilement dans la vie quotidienne et dans les sciences naturelles ou humaines chaque fois qu'une situation peut être modélisée, c'est-à-dire saisie sans trop d'infidélité sur le mode de la structuration logique. Ainsi envisagées, elles ne sont pas une forme de pensée autonome, mais plutôt un registre de la pensée considérée globalement.

Elles ne sont pas d'application universelle et sont même fréquemment utilisées hors de propos. Il est vrai pourtant que la plupart des sciences tendent naturellement à se mathématiser. Mais il ne s'en suit pas qu'un modèle mathématique reproduise fidèlement la réalité : il ne le fait que dans des limites qu'il faut préciser (et dans ces limites, il arrive souvent qu'il soit irremplaçable).

La conscience critique du statut propre des mathématiques et de leur relation (toujours à évaluer) à la réalité font partie de la culture utile à tout citoyen.

1.4 Les mathématiques dans la culture humaniste

On entend souvent dire que les mathématiques sont inhumaines ou au contraire qu'elles sont l'humanisme d'aujourd'hui. Ces deux affirmations sont à rejeter. Il nous paraît aussi inapproprié de négliger les autres sciences, les arts, la littérature, l'histoire et la philosophie que d'ignorer le rôle joué par les mathématiques dans la pensée occidentale et l'évolution de la civilisation. Il faut apprendre aux adolescents d'aujourd'hui comment les travaux, les affrontements et les croyances des hommes d'autrefois ont fait de nous ce que nous sommes, avec nos réussites et nos contradictions, et les rôles qu'ont joués parmi ces hommes Homère et Euclide, Shakespeare et Descartes, Mozart, Proust, Einstein, Hilbert et beaucoup d'autres.

1.5 Les mathématiques de la société industrielle

La civilisation technologique repose sur la conception et la conduite de machines de plus en plus complexes, capables, grâce à l'informatique, d'exécuter la plupart des routines. C'est pourquoi la part d'activité qui reste aux hommes relève soit de la pensée rationnelle qualifiée ou très qualifiée, soit des relations humaines ou de l'art, des sports, etc. Le partage social du travail dans la société de l'avenir est difficile à prévoir. Il est certain toutefois que la plupart des postes de travail dans l'industrie et les services exigeront de plus en plus de décisions réfléchies et de moins en moins d'exécutions routinières. Il est certain aussi que les besoins en personnel rompu aux mathématiques et aux sciences iront croissant.

Les mathématiques dont il s'agit sont bien celles d'aujourd'hui, dans toute leur extension. Comme celles du passé elles ont trouvé la voie d'une fécondation mutuelle entre leurs parties les plus "pures" et leurs parties les plus "appliquées". Pour s'en convaincre, il suffit d'évoquer les liens qui unissent la recherche en mathématique et les ordinateurs. Il n'y a donc pas lieu d'infléchir le courant mathématique vers plus de théorie pure ou vers plus d'applications, car ce serait une façon de le freiner globalement.

1.6 Les mathématiques du citoyen

S'il est vrai que les mathématiques sont un registre de la pensée, une façon appropriée de saisir certaines situations, alors chacun a droit à développer autant que possible, selon sa personnalité, sa capacité de penser et de s'exprimer mathématiquement. Or une fraction

importante de la population recule devant les tâches mathématiques les plus élémentaires (et parfois en tire vanité) : l'analphabétisme mathématique doit être combattu.

Dans la mesure où, par ailleurs et comme noté ci-dessus, les activités des citoyens relèveront toujours plus de la réflexion que des automatismes, l'éducation mathématique doit viser la compréhension plus que les exécutions d'algorithmes. Elle doit entraîner les citoyens à réagir aux défis de la vie par des conduites intellectuelles constructives, critiques et précises.

1.7 Les mathématiques et la personnalité

L'activité de recherche sur des problèmes mathématiques, à quelque niveau qu'elle se situe, est une source de grande joie quand elle aboutit. Cette joie n'est pas gratuite : elle est toujours la récompense d'un effort. C'est pourquoi il est important de lancer aux élèves et aux étudiants des défis à leur mesure, de vrais défis pour qu'ils doivent y répondre par assez de travail et d'imagination, pas trop importants toutefois pour qu'ils aient une chance raisonnable d'en venir à bout.

On ne saurait sans doute exagérer l'influence que peut avoir sur la confiance en soi et plus profondément sur la construction de la personnalité, le fait de se reconnaître capable de penser efficacement en mathématiques.

1.8 L'éducation mathématique forme un tout

Il est impossible de concevoir l'apprentissage des mathématiques comme une accumulation de connaissances dont chacune serait définitivement acquise du premier coup. On ne comprend jamais rien complètement à la première rencontre. Le sens d'un concept, d'un théorème ne s'approfondit que par l'usage, par la reconnaissance de leur rôle, de leurs tenants et aboutissants dans un ensemble plus vaste de connaissances.

C'est pourquoi l'éducation mathématique ne peut être pensée seulement par tranches horizontales (le maternel, le primaire, le secondaire inférieur, le secondaire supérieur, etc.), non plus d'ailleurs que par tranches verticales (la géométrie, l'algèbre, la trigonométrie, les probabilités, l'analyse), et non plus enfin indépendamment de ses liens aux autres disciplines.

Elle doit être construite dans sa cohérence globale d'un bout à l'autre de la jeunesse, avec des passages et repassages aux points clés et chaque fois un approfondissement, une généralisation, une vue plus large. C'est ce qu'on appelle souvent l'enseignement "en spirale".

1.9 L'écueil majeur : la perte du sens

Les mathématiques sont une forme de pensée riche de sens, mais qui s'appuie sur des enchaînements formels et des combinaisons de symboles qu'il est possible (et parfois souhaitable) de manipuler sans se soucier du sens. L'accident le plus fréquent dans l'apprentissage des mathématiques est la perte du sens et le repli sur la forme sans contenu : ne plus penser et se contenter d'exécuter des algorithmes selon l'unique procédé permis devient rapidement insoutenable.

Ce genre de dérapage affecte déjà les jeunes élèves quand ils additionnent deux nombres selon les règles, mais sont incapables de justifier ce qu'ils font. On le retrouve à toutes les étapes, jusqu'à l'étudiant qui dérive des fonctions sans idée claire de ce qu'est une dérivée.

Le problème majeur de l'enseignement des mathématiques est sans aucun doute celui du sens.

2 Le métier de professeur (de mathématiques aujourd'hui

2.1 Un malaise, une inquiétude

Les nombreux témoignages que nous avons recueillis font état de manière unanime et extrêmement insistante de la situation actuelle difficile des professeurs (et parmi eux des professeurs de mathématiques) et des craintes qu'elle inspire pour l'avenir. Nous traitons ce point en tête du présent rapport pour en souligner l'importance.

2.2 Un métier de plus en plus difficile

Le métier de professeur est devenu de plus en plus difficile au cours des dernières années, et on peut même affirmer sans crainte d'exagérer qu'il s'est dégradé.

D'abord le nombre d'heures de cours à prester par semaine a été augmenté de trois heures en moyenne, ce qui correspond à bien plus de trois heures de prestation effective, auxquelles sont venues s'ajouter de nouvelles tâches administratives. Ensuite, la gestion des écoles, pour nécessaire qu'elle soit, absorbe plus d'efforts et polarise plus d'attention qu'autrefois, parfois au détriment de l'intérêt porté à l'acte d'enseigner.

La formation continue des enseignants est insuffisante. Telle qu'elle existe, elle n'a pas ou pas suffisamment répondu à certains besoins tels que l'acquisition de connaissances nouvelles pour faire face à des changements d'attribution ou à l'évolution de certaines matières de base (géométrie, statistique, algorithmique,...), ou encore la conduite de classes difficiles.

Certaines populations scolaires refusent les travaux proposés, imposent à l'enseignant de dures négociations sur la conduite de la classe, et dans certains cas qui ne sont plus l'exception, le climat se dégrade jusqu'à la violence.

Pour que le métier de professeur puisse être exercé dans de bonnes conditions, il devrait être suffisamment considéré tant par le public que par les autorités, et se voir reconnaître un statut pécuniaire à sa mesure. Or tel n'est pas le cas. En particulier, les déclarations inconsidérées et fausses relatives à ce métier "où on travaille peu d'heures par semaine et où on jouit de vacances plantureuses" provoquent amertume et démoralisation.

2.3 Une relève problématique

Le nombre des étudiants qui choisissent l'orientation mathématique dans les écoles normales et les universités a considérablement décliné dans les dernières années. Il semble amorcer une timide reprise dans certains établissements.

Le nombre de licenciés en mathématiques qui choisissent la carrière de l'enseignement décroît spectaculairement. C'est un phénomène récent auquel il convient d'être attentif : une majorité, et dans certaines universités une écrasante majorité de licenciés s'orientent vers la gestion, l'informatique et l'actuariat. Les compagnies privées recherchent les mathématiciens.

Ces deux phénomènes conjugués, baisse du recrutement et orientation des diplômés vers le secteur privé, amènent à prévoir pour les vingt ou trente années à venir une carence du recrutement des professeurs de mathématiques. On ne dispose pas d'une étude générale de ce phénomène pour la Belgique francophone. L'Association des Licenciés en Mathématiques Diplômés de l'Université de Liège a tenté des prévisions pour la Province de Liège (cf.[48]) et a abouti à des conclusions inquiétantes.

Enfin, un troisième phénomène va peut-être jouer dans les années qui viennent, mais notre Commission ne dispose pas des éléments pour l'apprécier. Des mouvements de personnels enseignants seront provoqués par l'ouverture des frontières européennes de 93 conjuguée à la disparité des statuts pécuniaires des professeurs dans les différents pays. Que seront ces mouvements ?

La conséquence de la carence prévue du recrutement est que l'enseignement des mathématiques devra être assuré assez souvent dans les années à venir par des professeurs n'ayant pas le diplôme approprié, ce qui laisse prévoir une baisse de la qualité moyenne de l'enseignement et imposera d'organiser des formations continues pour redresser la situation autant que possible.

Le phénomène de désaffection du métier d'enseignant n'est propre ni aux mathématiques, ni à la Belgique francophone : il touche les autres disciplines et d'autres pays, parmi lesquels la France, le Royaume-Uni et les Etats-Unis. Ses causes possibles sont

- l'idéologie du "battant", la recherche par les jeunes d'une position sociale importante ;
- corrélativement, la dévalorisation du métier d'enseignant analysée ci-dessus ;
- pour la Belgique, les interventions de responsables politiques qui, se trompant sur les prévisions d'emploi (dont il faut reconnaître par ailleurs qu'elles sont difficiles) ont systématiquement et pendant dissuadé les jeunes de choisir la carrière de l'enseignement.

La conséquence est qu'à défaut d'assurer une bonne relève des cadres de l'enseignement, notre société connaîtra, à moyen terme, une baisse globale de compétence de la population. Le phénomène est paradoxal : à défaut d'une politique de formation adéquate, les exigences croissantes en personnel mathématiquement compétent seront satisfaites dans l'immédiat au détriment de leur satisfaction à terme. Une partie suffisante des personnes mathématiquement compétentes d'aujourd'hui doit être affectée à la formation des personnes qui seront mathématiquement compétentes demain.

3 Les programmes

3.1 Les programmes du secondaire depuis vingt-cinq ans

A la fin des années 60, la Belgique a, comme certains autres pays, fait quasiment table rase de ses programmes de mathématiques antérieurs. C'était la réforme dite de "la mathématique moderne". Elle a consisté en une mise à jour destinée à rapprocher les mathématiques enseignées dans les écoles des mathématiques vivantes du XXe siècle. L'idée principale était d'enseigner les grandes structures mathématiques en allant, quand c'était possible, des plus pauvres aux plus riches, c'est-à-dire de celles qui comportent le moins d'axiomes vers celles qui en comportent le plus. Cette réforme est descendue des milieux de la recherche mathématique vers les classes du secondaire et ensuite du primaire.

Cette réforme de la mathématique moderne a donné lieu à de nombreuses analyses et critiques dont il n'est pas possible de rendre compte en détail ici. Dans les pays comme la France, les Etats-Unis et la Belgique où elle a été appliquée vigoureusement, elle a conduit à des déboires (reconnus même par certains de ses promoteurs principaux). Elle a donc été partout suivie d'autres réformes.

En Belgique, des Commissions d'inspecteurs comprenant aussi quelques professeurs ont travaillé dès 1976 à changer ce qui devait l'être et à concevoir de nouveaux programmes, qui sont entrés en vigueur à partir de 1980. Tout en s'efforçant de garder certains aspects positifs de la réforme précédente, ces programmes ont essentiellement redéfini le rôle de la géométrie, introduit une initiation aux calculatrices et à l'algorithmique et mis l'accent d'une part sur la construction des concepts et d'autre part sur la nécessité de réserver des moments à la pensée autonome de l'élève.

Ces programmes sont encore en vigueur aujourd'hui. Ils sont susceptibles d'être améliorés, comme on le verra aux suggestions ci-après (sections 3.3 à 3.6 et 5). D'autre part, certains des manuels qui en ont servi d'interprétation n'en ont pas vraiment respecté l'esprit (voir ci-dessous la section 4).

3.2 Un programme équilibré

L'existence même des programmes ne semble pas devoir être mise en cause : ils garantissent — autant que faire se peut — que chaque élève a parcouru les matières de base. Il permet aux élèves de changer d'école en cours d'études.

La *quantité* des matières figurant actuellement dans les programmes semble satisfaisante. Mieux vaudrait donc, dans le futur, ne pas l'alourdir, pour ne pas surcharger les élèves. Mieux vaudrait aussi ne pas l'alléger sans de bonnes raisons : il faut que chaque élève en connaisse assez pour pouvoir entreprendre en fait les études qui lui sont accessibles en droit dans notre régime d'omnivaleance des diplômes.

3.3 Une conception globale des programmes

Les programmes de mathématiques actuels de l'enseignement primaire ont été conçus sans coordination avec ceux de l'enseignement secondaire. L'hiatus entre ces programmes est flagrant. En particulier ceux du primaire n'ont pas évolué substantiellement depuis la réforme de "la mathématique moderne", au rebours de ceux du secondaire, comme nous l'avons noté ci-dessus. Il n'existe actuellement dans notre pays aucun organe chargé d'élaborer une vue coordonnée de l'enseignement des mathématiques de la maternelle à l'université. C'est une lacune.

D'autre part, les programmes du secondaire général et technique pour les classes à peu d'heures de mathématiques apparaissent non toujours, mais assez souvent, comme obtenus en retranchant des matières ou de la profondeur (par exemple des démonstrations) d'un programme type d'abord conçu pour les élèves qui font le plus de mathématiques.

Enfin les programmes du professionnel sont conçus à part des autres pour mieux répondre, c'est la justification qu'on leur donne, aux besoins d'élèves qui auraient un esprit "plus pratique que théorique". La portée générale de ce jugement doit être mise en doute. Beaucoup d'élèves du professionnel ont abouti dans cet enseignement soit en raison de leur origine socio-culturelle, soit à la suite d'échecs vécus ailleurs et provoqués par des accidents personnels ou sociaux qui peuvent être très variés. On voit mal une corrélation obligée entre ces causes et "la forme de leur esprit". Par ailleurs, d'être ainsi considérés comme une catégorie d'esprits à part leur enlève des chances qu'ils pourraient avoir de rejoindre les esprits "plus tournés vers l'abstraction". Il y a dans les écoles professionnelles des élèves récupérables, et actuellement non récupérés, pour des études plus avancées.

Cette fragmentation des programmes — primaire, secondaire général et technique, professionnel — nous semble faire obstacle à la bonne marche du système éducatif dans son ensemble. C'est pourquoi nous proposons que l'on s'oriente dorénavant vers des programmes pensés globalement à partir d'un unique noyau de base. Cette solution a été étudiée de manière approfondie et est proposée, sinon déjà adoptée, dans divers pays dont les Etats-Unis d'Amérique (cf.[31] entre autres). Elle consiste à prévoir pour chaque citoyen, de la maternelle jusqu'au terme de la scolarité obligatoire, un ensemble commun de connaissances et de capacités mathématiques fondamentales. Le contenu de ce noyau de base devrait faire l'objet d'une étude attentive, qui prendrait un certain temps. Selon les filières d'enseignement, ces notions fondamentales seraient soit naturellement intégrées dans un programme plus vaste, soit complétées par l'adjonction de matières plus générales et d'applications plus poussées, soit enfin enseignées comme telles. Dans les filières où elles apparaîtraient comme particulièrement difficiles à atteindre, elles devraient demeurer comme un objectif dont on se rapproche le plus possible.

Pour qu'une telle proposition soit bien comprise, il faut la préciser sur deux points importants. D'abord, l'existence dans le programme d'un ensemble de matières communes n'entraîne pas que les élèves de toutes les options se retrouveraient ensemble pour un certain nombre d'heures de cours de base, et qu'ensuite certains suivraient des heures supplémentaires. Une telle solution, pourtant remarquablement pratiquée par certains, apparaît comme difficile à généraliser. Ensuite — et cette remarque répond à l'objection éventuelle d'un nivellement par le

bas — le noyau de base serait enseigné d'une manière adaptée à chaque classe, en tenant compte des connaissances antérieures et des capacités déjà acquises par les élèves qui s'y trouvent. Chaque élève a droit à recevoir un enseignement à sa mesure et l'adaptation de l'enseignement à l'auditoire est un principe essentiel.

La conception des programmes au départ d'un noyau de base est un principe qu'on pourrait appliquer à d'autres disciplines que les mathématiques. Il a plusieurs avantages. D'abord il tend à rendre plus aisée la communication entre les citoyens, à une époque où le tissu social est très disparate. Ensuite il facilite le passage en cours de route d'une filière d'études à une autre plus approfondie. Des élèves défavorisés ou momentanément perturbés sont plus aisément récupérés du fait qu'ils ne doivent pas "tout recommencer".

3.4 L'enseignement "en spirale"

Dans l'enseignement dit "en spirale", chaque notion, chaque théorie vue une première fois à un niveau élémentaire et dans un contexte peu étendu est reprise et approfondie plus tard dans un contexte élargi, et ainsi plusieurs fois jusqu'à ce que, d'approfondissement en approfondissement et de généralisation en généralisation, elle arrive à maturité en établissant ses connexions naturelles avec les notions et théories voisines. Nous suggérons que les programmes soient élaborés dans l'avenir, plus qu'ils ne l'ont été jusqu'à présent, en s'inspirant explicitement du principe de l'enseignement en spirale. Cette option se justifie principalement par deux raisons. La première est que, comme on l'a déjà noté à la section 1.8, aucune connaissance mathématique ne saurait être définitivement acquise du premier coup. La seconde est que dans un enseignement où les notions et théories sont chacune vue une fois dans un enchaînement linéaire, l'élève qui décroche en un point donné ne voit plus repasser le train. Au contraire, dans l'enseignement "en spirale", il se retrouve régulièrement en pays de connaissance, ce qui lui donne une meilleure chance de raccrocher.

3.5 La conception des mathématiques qui inspire les programmes

Nous l'avons vu, les programmes de 1980 ont attiré l'attention sur la résolution de problèmes et la construction des concepts. Ces recommandations n'ont pas toujours été suivies d'effet. Nous pensons que les programmes de l'avenir, inspirés par la conception des mathématiques proposée à la section 1 de ce rapport, devraient prendre en compte les recommandations suivantes :

3.5.1. Insister sur la résolution de problèmes et la capacité de penser mathématiquement. Ceci n'implique pas de choisir "la tête bien faite" par opposition à "la tête bien pleine". En effet, la richesse et la disponibilité des connaissances conditionnent grandement l'aptitude à résoudre des problèmes.

3.5.2. Enseigner les concepts et les théories dans des contextes qui leurs donnent du sens, qui exhibent leurs tenants et aboutissants dans les mathématiques et dans les autres disciplines. Insistons sur le fait qu'un contexte significatif d'un concept mathématique n'est pas nécessairement situé dans une autre discipline : les situations proprement mathématiques sont également

une source inépuisable de sens.

3.5.3. Faire ressortir le statut particulier des mathématiques par rapport aux sciences de la nature et aux sciences humaines : les modèles mathématiques de situations réelles sont souvent utiles, mais ont toujours un domaine d'application limité qu'il faut apprendre à cerner. Ceci implique que les programmes de mathématiques soient coordonnés avec ceux des autres disciplines, chose aussi importante que pratiquement difficile et qui n'a jamais été tentée dans notre pays.

3.5.4. Apprendre à s'exprimer, à communiquer en mathématiques, en utilisant les ressources bien maîtrisées de la langue commune et les supports de pensée habituels (diagrammes, tableaux, graphiques, formules) constamment mis en relation les uns avec les autres.

3.5.5. Quand cela peut être éclairant, enseigner les mathématiques en les situant dans leur contexte historique (ce qui ne veut pas dire : enseigner l'histoire des mathématiques).

3.6 Quelques orientations relatives aux matières

Notre Commission n'a pas considéré comme relevant de sa mission de faire des propositions de détail relatives aux matières, ce qui revient aux Commissions de programme (cf. 5.3). Il lui semble toutefois que les quelques indications suivantes pourraient être utiles, non pas de façon générale, mais au moins pour certaines filières.

3.6.1. Les programmes de 1980 insistaient au départ sur la géométrie de l'espace, mais l'ont négligée en cours de route. Il serait utile de réaliser ce qui est resté là à l'état de velléité.

3.6.2. Réintroduire un peu d'arithmétique raisonnée, amenant une plus grande familiarité avec les nombres naturels.

3.6.3. Entamer plus tôt l'initiation des élèves à la pensée aléatoire (statistique et probabilité).

3.6.4. Insister sur la connaissance et l'usage des moyens modernes de calcul.

Le temps nécessaire pour développer ces quelques points devrait être trouvé, non sans courage sans doute, dans la suppression de certains autres.

3.7 Faire évoluer les programmes, ne rien bouleverser

Certaines des réflexions ci-dessus touchent aux fondements des programmes et pourraient donner à penser que notre Commission suggère une réforme radicale. Nous pensons au contraire qu'il faut créer les conditions d'une transformation progressive, longuement mûrie par l'ensemble des personnes qu'elle concerne. Diverses suggestions à cet égard sont formulées dans la suite du présent rapport et en particulier à la section 5 qui traite du "curriculum".

4 Les manuels

4.1 Un manuel par année ?

Les programmes apparaissent comme n'étant rien de plus que des listes de matières accompagnées de quelques indications méthodologiques. Les manuels en sont des interprétations détaillées, à l'usage des professeurs et des élèves.

Jusqu'à la fin des années soixante, chaque manuel exposait l'une des grandes divisions du cours : il y avait donc des manuels séparés respectivement pour l'arithmétique, la géométrie, l'algèbre et la trigonométrie. Le peu d'analyse qui était vu à l'époque était incorporé aux manuels d'algèbre. Chaque manuel était ainsi un exposé d'une seule venue de ce qu'on considérait alors comme une partie cohérente, à peu près autonome, du cours de mathématiques. Il était utilisé plusieurs années d'affilée et constituait, au fil des années, une référence stable. Souvent les élèves les conservaient pour pouvoir s'y reporter après les études secondaires.

Depuis la fin des années soixante, cette division en quelque sorte verticale des manuels a été remplacée par une division horizontale : chaque manuel porte sur une année seulement et sur toutes les matières de cette année. Le rapprochement des diverses sous-disciplines (algèbre, géométrie, etc.) dans un seul ouvrage peut avoir comme conséquence heureuse de mettre en valeur les liens entre ces matières et de souligner l'unité des mathématiques. Mais certains manuels (heureusement pas tous) ont à l'intérieur d'un même volume enfermé la géométrie, l'algèbre, etc. dans des chapitres séparés à peu près étanches, perdant ainsi un apport positif de la réforme des mathématiques modernes.

En outre, les élèves conservent rarement les manuels actuels d'une année à l'autre et abordent la nouvelle année sans document reprenant leurs acquis antérieurs et servant d'appui pour leurs nouvelles connaissances.

Nous pensons qu'il est essentiel d'enseigner les mathématiques dans leur unité et donc de ne pas rompre les liens entre leurs diverses parties. Nous pensons aussi qu'il faudrait essayer, même si c'est difficile, de mettre entre les mains des élèves certains ouvrages destinés à être utilisés tout au long de leurs études et favorisant la cohérence et la continuité de leur apprentissage. Ce point nous semble très important.

4.2 Des manuels divers, utilisés diversement

Les manuels de la période des mathématiques modernes se ressemblaient étroitement : ils étaient tous inspirés par un modèle unique, l'ouvrage très connu de G. Papy et de son équipe du Centre Belge de Pédagogie de la Mathématique [35]. C'est que la réforme des mathématiques modernes obéissait à un dessein ferme que tous les auteurs s'efforçaient de suivre. La marge de manoeuvre était étroite tant pour le choix des matières que pour l'ordre de leur présentation.

C'est le contraire qu'on observe dès le début des années quatre-vingt. Le nouveau programme n'impose plus une construction univoque de l'édifice déductif des mathématiques, et les manuels en donnent les interprétations les plus diverses. Des textes variés correspondent aux attentes

variées des enseignants.

Tout d'abord des professeurs de plus en plus nombreux (et cet accroissement est un phénomène nouveau), ayant conçu leur cours à partir de sources diverses, dictent des notes aux élèves ou leurs fournissent des photocopies, et ne les renvoient à aucun manuel (sauf éventuellement pour y puiser des exercices). Pour qu'une telle pratique fonctionne bien, il faut évidemment que les élèves aient entre les mains un document final clair et sûr, dont la rédaction exige beaucoup d'expérience. D'autres professeurs suivent en gros un manuel, mais s'en écartent chaque fois que leur réflexion personnelle les y amène. D'autres enfin, et leur nombre n'est pas négligeable, adoptent un manuel et le suivent pas à pas.

Certains manuels répondent peu à l'invitation faite par les programmes de construire les concepts à partir de situations problématiques et de susciter la réflexion autonome des élèves. Ce sont au contraire des manuels où les matières sont cloisonnées et qui tentent de pallier la pauvreté des contextes par une abondance d'exercices de routine. Le succès de ces manuels a sans doute plusieurs explications. L'une d'elles est que certains professeurs s'en trouvent sécurisés. Donner d'avantage d'initiative aux élèves, c'est prendre le risque de les voir faire des excursions hors des chemins battus, c'est prendre le risque de gérer plus difficilement la vie de la classe, c'est s'obliger à comparer les démarches, à y dégager des différences ou des analogies, à faire des synthèses. Tous les professeurs n'ont pas reçu ou acquis une formation qui leur permette de trouver des réponses pertinentes à toutes les questions des élèves. L'enseignement des mathématiques se passe dans un climat idéologique qui insiste sur l'idée de rigueur (non sans de bonnes raisons, mais il faudrait pouvoir s'étendre sur ce point...) et la crainte de se tromper est répandue, encore que peu visible pour les raisons qu'on imagine.

Cette difficulté ancienne et profonde ne peut pas être vaincue facilement. Il serait contre-indiqué d'essayer de la résoudre en ne produisant plus que des manuels qui poussent les professeurs et les élèves vers plus d'autonomie de pensée : ce serait là plutôt nier la difficulté que la rencontrer. Mieux vaut sans doute continuer à diffuser certains manuels qui balisent étroitement le chemin, tout en s'efforçant qu'ils soient les meilleurs dans leur genre (il est possible d'être directif sans négliger le problème du sens). Ce qui n'empêche pas par ailleurs d'améliorer la formation des professeurs pour mieux assurer la démarche de chacun dans sa matière.

4.3 Trop peu de manuels pour l'enseignement professionnel

L'enseignement professionnel draine une fraction importante de la population scolaire, avec des exigences de formation mathématique très diverses, vu la multiplicité des professions auxquelles il prépare. Les manuels de mathématiques correspondants se comptent quasiment sur les doigts d'une main. Leur contenu mathématique ne recouvre en général pas ce que nous avons appelé ci-dessus le noyau de base (cf. 3.3). C'est une lacune grave qu'il est urgent de combler. Les situations rencontrées à l'atelier ou dans la pratique sont une source de mathématiques pour l'enseignement professionnel. Mais elles ne peuvent pas être la seule source.

4.4 Les auteurs de manuels

La plupart des manuels du secondaire sont l'oeuvre de petites équipes d'enseignants comprenant en outre, souvent, un inspecteur. Dans certains cas exceptionnels, un mathématicien universitaire fait partie des auteurs. Comme nous l'expliquons en détail à la section suivante (celle qui est consacrée au "curriculum"), nous pensons que la plupart de ces équipes sont trop restreintes et ne disposent pas d'assez de moyens de recherche et de documentation. C'est ainsi par exemple que la majorité des manuels en usage n'ont pas de bibliographie, et n'offrent au lecteur aucune perspective historique.

La liberté de choix d'un manuel par un professeur ou par un groupe de professeurs est fondamentale, en particulier si elle peut s'exercer sur base d'une comparaison critique de plusieurs ouvrages. La présence d'inspecteurs parmi les équipes d'auteurs peut faire problème. Les inspecteurs exerçant la double fonction d'animation pédagogique et d'évaluation de l'enseignement et des enseignants, on conçoit que si l'inspecteur auteur de manuels entrave cette liberté, le public des professeurs soit très critique à son égard.

Mais on concevrait mal qu'un professeur, en devenant inspecteur, doive briser sa plume. Bien des raisons militent pour qu'il écrive dans sa spécialité : semer des idées, décrire des tendances, disséminer des réalisations fructueuses, expliciter des directives officielles, etc. Les auteurs de manuels qui ne sont pas présents au sein des commissions de programmes n'ont pas l'occasion d'y récolter des idées et risquent de devoir attendre la promulgation du programme pour en être informés. L'adéquation de leurs ouvrages peut s'en ressentir. Il peut arriver aussi qu'un Centre de recherche en pédagogie des mathématiques, tout en proposant par ailleurs des innovations utiles, conduise certains auteurs de manuels à développer des points de vue irréalistes, sources de conflits. Quelles mesures prendre pour résoudre ces difficultés ? Notre Commission n'a pas de réponse concrète à cette question, mais l'important est sans doute que chacun soit conscient de ces écueils.

4.5 4.5. Le manuel, un genre littéraire sans critique

Les manuels ne sont évalués que sur le terrain et les critiques à leur sujet demeurent orales dans la majorité des cas. Des analyses systématiques ne sont organisées ni par les autorités scolaires, ni par l'initiative individuelle, ni par des groupements de professeurs. Autrefois, les ouvrages étaient agréés pour l'utilisation dans les classes sur base de l'avis d'une commission du Conseil de Perfectionnement rassemblant les évaluations de professeurs rapporteurs.

Notre Commission ne souhaite pas se prononcer sur l'opportunité d'un retour à un contrôle autoritaire de ce type. Elle pense que l'existence d'une critique bien comprise est un facteur d'amélioration des manuels et que des initiatives et des moyens devraient être suscités pour combler cette lacune.

5 La voie du "curriculum"

5.1 La tradition de notre pays

L'organisation de l'enseignement obéit dans la tradition belge au modèle suivant. Une commission composée d'inspecteurs et de quelques professeurs rédige un programme, c'est-à-dire une brève liste de matières par année, accompagnée d'indications méthodologiques. La Commission du programme n'est pas un groupe de recherche, mais un groupe de discussion et de décision, qui travaille ordinairement au rythme d'une réunion par semaine et élabore un consensus. Celui-ci exige parfois des concessions réciproques entre des tendances.

Des enseignants universitaires mathématiciens et ingénieurs sont consultés sur la dernière mouture du programme des cinquième et sixième années destiné aux élèves qui font le plus de mathématiques. Leur contribution passe par une négociation sommaire entre eux et avec la Commission du programme.

On a vu ci-dessus comment, le programme une fois arrêté, de petites équipes d'auteurs produisent des manuels qui sont mis à l'essai dans quelques classes, puis corrigés avant d'être largement diffusés. Ces manuels sont le plus souvent produits au rythme rapide d'un par année pendant six ans, pour suivre la mise en application d'un nouveau programme depuis la première jusqu'à la sixième année du secondaire.

5.2 Une recherche sur le curriculum

Dans certains pays, les programmes et des manuels qui en montrent une interprétation privilégiée sont conçus ensemble par un groupe de recherche comprenant des mathématiciens et des professeurs détachés de leur enseignement à cet effet. Cette production intégrée d'un programme et de manuels types est connue sous le nom de curriculum .

Comparé à une commission de programme, un groupe qui travaille à un curriculum, à cause de son statut de groupe de recherche, dispose de beaucoup plus de temps et de moyens. Les documents qu'il produit sont presque toujours abondants et explicites. Ils comportent, outre un choix et un ordre argumentés des questions à étudier, des situations problématiques, des exposés théoriques, des suggestions pour les examens et plus généralement tous les matériaux nécessaires à l'enseignement.

Le Centre Belge de Pédagogie de la Mathématique a joué à l'une ou l'autre nuance près, pendant quelques années, le rôle d'un tel groupe de recherche. Mais il a été supprimé et n'a pas été remplacé. On trouvera à la section 9 du présent rapport des indications sur ce que pourrait être actuellement un groupe de recherche efficace sur l'apprentissage des mathématiques et le curriculum.

Nous pensons que l'enseignement des mathématiques est trop important socialement pour qu'on puisse continuer à le gérer sans l'appui d'un ou plusieurs groupes de recherche chargés de le penser globalement, puis d'en concevoir et d'en expérimenter des modalités détaillées. Ce qui est fait actuellement dans les universités et les écoles normales avec des moyens de fortune

est insuffisant.

Enfin, une raison supplémentaire rend aujourd'hui la mise au point d'un curriculum plus nécessaire que jadis. A l'époque où les théories mathématiques enseignées découlaient d'une longue tradition, elles étaient consignées dans des manuels qui donnaient aux enseignants un fil conducteur raisonnable. Maintenant, comme on l'a vu plus haut, on demande aux professeurs non plus d'enseigner d'emblée des théories constituées, mais d'amener les élèves à travailler sur des problèmes et à construire ou reconstruire, progressivement et avec l'aide nécessaire, les principaux concepts. D'où la nécessité de fournir aux enseignants des réserves de situations problématiques appropriées. Comme on l'a vu ci-dessus également, plusieurs des manuels les plus répandus ne satisfont pas à cette exigence, et beaucoup de professeurs de bonne volonté, voulant répondre aux incitations des nouveaux programmes, se trouvent démunis des matériaux nécessaires, surtout dans les domaines jusqu'ici peu exposés (statistique, géométrie de l'espace, rapports entre mathématiques et mécanique, utilisation des ordinateurs).

5.3 Qui doit décider ?

Dans les pays où la pratique du curriculum est implantée, les modalités de son application sont diverses. De toutes façons, produire un curriculum ne conduit pas à en imposer l'usage. Presque partout, les maisons d'édition se disputent le marché à partir de productions inspirées plus ou moins librement par le curriculum de base, et ces productions sont souvent soumises à agrégation.

En ce qui concerne la Belgique francophone, nous pensons que le schéma suivant serait approprié. On conserverait les Commissions de programme avec leurs prérogatives actuelles. Le programme, exprimant un consensus de la Communauté française sur les matières à enseigner, est avec le corps des inspecteurs, garant du fonctionnement cohérent de l'enseignement. Par ailleurs, on constituerait une ou plusieurs équipes attachées à produire des curriculums dont les Commissions de programme pourraient s'inspirer. Pour assurer un fonctionnement harmonieux de ce double système, on veillerait à ce que les membres des commissions se recrutent pour partie dans les groupes de recherche s'occupant des curriculums. De plus, les Commissions de programme devraient recourir tout au long de leurs travaux à des mathématiciens professionnels (non nécessairement membres des groupes de recherche sur le curriculum) et à des utilisateurs de mathématiques issus du milieu de l'industrie et des affaires. Ces mathématiciens professionnels pourraient être désignés par le Comité National de Mathématique.

En respectant ainsi nos institutions présentes, qui ont fait leurs preuves, et en y ajoutant un facteur important de recherche et d'innovation, on engagerait sans heurts une évolution qu'il faut penser comme progressive et à long terme. Les avatars récents de l'enseignement des mathématiques ont suffisamment montré les risques de la précipitation.

6 Ressources matérielles au service de l'enseignement

6.1 Des objets sources d'intuitions

La majorité des cours de mathématiques utilisent pour seuls moyens d'expression le tableau noir et la craie, le papier et le crayon. Or il serait intéressant qu'ils s'appuient en outre sur des modèles de polyèdres et de surfaces, des reproductions de dessins ou gravures, des appareils articulés du type du pantographe, des miroirs, des vitres de Dürer pour la perspective et d'autres appareils ou maquettes qui posent question, provoquent observations et mesures et sont générateurs d'intuitions. Non que l'étude des mathématiques s'identifie à celle d'objets physiques : au contraire, cette science prend tout son sens et rejoint son véritable statut lorsque la pensée dépasse les limitations inhérentes aux choses matérielles. Mais les formes et les mouvements doivent être vus pour être conçus et sont sources d'intuitions qui continuent à soutenir le travail mathématique, alors même qu'il est devenu le plus abstrait et le plus symbolisé. Est-il besoin de rappeler la précieuse capacité de "voir dans l'espace", dont on ne peut espérer l'améliorer chez les élèves sans leur proposer de manier des objets à trois dimensions et de raisonner à leur propos ?

6.2 L'apport de la "technologie"

Les rétroprojecteurs, les calculatrices et les ordinateurs ont énormément multiplié les possibilités offertes aux professeurs et aux élèves de se montrer des formes et d'expérimenter sur les nombres. Un exemple parmi d'autres : sur un ordinateur muni d'une source de nombres aléatoires, on peut dorénavant jouer plusieurs fois 10 000 parties de dé en peu de temps et exhiber les résultats sur un graphique, ce qui est un moyen extraordinaire d'entamer expérimentalement l'étude de la statistique inférentielle.

6.3 Des livres et des revues

Nous pensons qu'il faut encourager les professeurs et les élèves à lire en mathématiques. Le succès de revues telles que *Mathématique et Pédagogie* et *Math-Jeunes* est de bon augure. Par ailleurs, et pour autant que nous soyons bien informés, beaucoup d'écoles n'ont pas de rayon de mathématiques dans leur bibliothèque. Or il existe de nombreux livres intéressants de tous niveaux : quelques dizaines d'entre eux choisis parmi les meilleurs devraient faire partie de l'équipement indispensable de chaque école.

Ces quelques considérations montrent l'avantage qu'il y aurait à ce que les cours de mathématiques se donnent, dans la mesure du possible, dans des locaux où seraient rassemblés en permanence le matériel et les documents disponibles.

7 La formation initiale des professeurs

7.1 Les grands axes de la formation

Les futurs professeurs, qu'ils soient régents ou licenciés, doivent avoir des connaissances solides et se trouver à l'aise, capables de pensée autonome dans une mathématique nourrie de sens (cf. section 1). Ils doivent être rompus à la résolution de problèmes.

Ils doivent avoir une bonne connaissance des mathématiques élémentaires d'un point de vue avancé : nous reviendrons sur ce point séparément pour les régents et les licenciés. Ils doivent avoir acquis un fonds de connaissances suffisant pour comprendre les raisons et les finalités d'un programme, pour y distinguer l'essentiel, pour organiser la cohérence des notions proposées. Ils doivent être capables de concevoir des démarches mathématiques raisonnées et de produire des textes mathématiques. Ils doivent être entraînés à rechercher des situations problématiques, être très ouverts aux jeunes en état de recherche et savoir prendre en compte positivement leurs contributions.

Enfin, comme une très grande partie des classes relève de l'enseignement technique et professionnel, il importe de préparer explicitement les futurs professeurs à ces types d'enseignement. La quasi-inexistence actuelle d'une telle préparation est une lacune grave. Elle est une cause, parmi d'autres, de ce que bon nombre de professeurs enseignent à ces classes sans enthousiasme et demandent à les quitter.

Continuons maintenant l'examen de la formation initiale des professeurs en nous plaçant d'abord dans le cadre institutionnel hérité du passé, celui où les régents et les licenciés sont formés à part, les premiers dans les écoles normales, les seconds dans les universités. Nous discuterons dans un second temps de ce cadre institutionnel.

7.2 Les régents

L'idéal serait que la carrière d'enseignant en mathématiques soit toujours choisie pour des raisons positives, parmi lesquelles l'attrait des mathématiques et la compétence dans cette branche. Or il faut bien reconnaître qu'une partie des étudiants qui s'inscrivent à l'école normale le font après avoir échoué à l'université. Cette circonstance est défavorable, même s'il est vrai qu'un échec en candidature n'implique, loin de là, aucun jugement définitif sur les capacités de celui qui échoue.

La formation des régents doit être de niveau élevé, nous l'avons souligné ci-dessus. Elle présuppose une formation préliminaire solide, au minimum celle que donne, lorsqu'on y obtient de bons résultats, un programme à cinq périodes de mathématiques par semaine dans l'enseignement de transition.

Le programme doit comporter une étude des mathématiques élémentaires (et pas seulement celles qu'on enseigne au degré inférieur) d'un point de vue avancé. L'écueil est que, pour des raisons diverses parmi lesquelles l'insuffisance de l'horaire, les mathématiques étudiées soient trop peu approfondies.

La formation en mathématiques (et dans la deuxième branche choisie) devrait ouvrir au détenteur d'un diplôme de régent l'accès, non seulement à la carrière d'enseignant, mais aussi à d'autres débouchés professionnels. Il se peut en effet qu'un jeune professeur éprouve des difficultés d'adaptation au monde de l'enseignement.

En ce qui concerne le corps enseignant des écoles normales, une lacune importante doit être soulignée : il n'est pas prévu que les professeurs de mathématiques aient une expérience de l'enseignement pour lequel ils préparent leurs élèves. Par ailleurs, ces élèves reçoivent le plus souvent tous leurs cours de mathématiques et méthodologie mathématique d'un seul professeur. Il serait souhaitable que les écoles normales diversifient leur corps enseignant, certains professeurs au moins ayant une expérience substantielle des classes du premier cycle secondaire tant rénové que professionnel. Les étudiants tireraient bénéfice d'une telle variété de compétences et de la diversité des points de vue.

7.3 Les licenciés

Actuellement, les futurs professeurs reçoivent à l'université la même formation mathématique que les futurs chercheurs ou ceux qui se destinent à d'autres professions. Nous pensons que ces études communes sont une bonne chose et qu'il faut s'y tenir, pour ne pas enfermer trop tôt les étudiants dans une filière spécialisée.

Les études de licence en mathématiques nous paraissent développer insuffisamment la capacité à résoudre des problèmes et la pensée mathématique autonome. Une part trop grande du temps y est réservée à l'étude de mathématiques "toutes faites". Il est vrai que déchiffrer une théorie (même bien rédigée) est une activité mathématique réelle, quand elle est poussée à fond. Mais trop d'étudiants se contentent de comprendre à peu près. Il serait intéressant que l'on étudie la place réservée, dans le programme de quelques bonnes universités étrangères, à la pensée autonome des étudiants, de même qu'à d'autres modalités de la formation (recours aux bibliothèques, aux ordinateurs, etc.).

Les mathématiques élémentaires étudiées d'un point de vue avancé devraient aussi recevoir plus d'attention dans les études de licence et d'agrégation. Il serait profitable que les professeurs du secondaire pratiquent un va-et-vient familier entre les mathématiques des manuels et celles des cours universitaires (ce qui ne veut pas dire du tout enseigner des matières universitaires dans le secondaire). Ce n'est que rarement le cas.

Enfin, les enseignements généraux d'agrégation sont encore parfois dispensés sous forme de cours magistraux à de vastes auditoriums. Cette pratique devrait être remplacée par d'autres plus efficaces.

7.4 Restructurer l'ensemble des formations

Nous avons jusqu'ici situé nos réflexions sur la formation des maîtres dans le cadre institutionnel hérité du passé : celui où les régents étaient formés à enseigner dans les écoles moyennes, aujourd'hui disparues, et où les licenciés enseignaient aux élèves de douze à dix-huit ans dans

les athénées et les collèges. De nos jours, régents et licenciés toujours formés à part enseignent côte à côte dans des écoles où les six années sont réparties non plus en deux cycles de trois ans, mais en trois cycles de deux ans. Que faut-il faire pour favoriser le dialogue et la collaboration entre ces deux catégories de professeurs.

Faut-il envisager une formation unique pour tous les enseignants du secondaire ? Il y aurait intérêt de toute façon à ce que les formations des licenciés et des régents, mais aussi des instituteurs, soient rapprochées de sorte qu'ils se connaissent mieux et reçoivent les uns et les autres une formation mathématique et pédagogique plus profonde. Mais notre Commission n'est pas en mesure de faire des suggestions pratiques pour un tel rapprochement. Elle estime simplement que la question doit être étudiée. Certains pays voisins nous ont devancés dans une telle étude et dans la voie des réalisations. Quelles que soient les solutions adoptées, elles devront obéir à une exigence : si on change le cadre institutionnel de la formation des maîtres, il faudra veiller à utiliser pleinement dans le cadre nouveau les compétences du personnel enseignant actuellement à l'œuvre.

8 La formation continue des professeurs

Les professeurs de mathématiques sont actuellement, et demeureront dans les prochaines années, demandeurs de formation continue au moins sur les points suivants :

- la géométrie à cause d'une lacune importante héritée de la période des mathématiques modernes ;
- l'algorithmique liée à l'évolution des moyens électroniques de calcul ;
- la résolution de problèmes et plus généralement la pensée mathématique autonome, compte tenu de ce que la formation initiale des maîtres a été et est encore insuffisante dans ce domaine ;
- la présentation de nouveautés mathématiques importantes ;
- la conduite de classes hétérogènes, comme il s'en trouve de plus en plus aujourd'hui.

Or les possibilités de formation continue actuellement offertes aux professeurs sont assez maigres et peu coordonnées. Elles émanent en ordre dispersé de l'inspection, des départements de mathématiques des universités et des sociétés de professeurs de mathématiques. Elles ont reçu par à-coup le soutien d'un personnel précaire (généralement des C.S.T.), empêchant la planification à plus d'un an d'échéance. D'ailleurs, étant donné le plein emploi des mathématiciens diplômés, les C.S.T. ont actuellement disparu.

La formation continue n'est pas reconnue comme un droit. En particulier certains chefs d'établissement, arguant de contraintes certes non négligeables mais qui ne devraient pas avoir priorité, sont réticents à accorder les heures nécessaires à leur personnel.

En réponse à ces difficultés, nous pensons tout d'abord qu'une partie substantielle de la formation continue pourrait être confiée au(x) groupe(s) de recherche dont la création est proposée à la section 9 ci-après. Ceux-ci devraient disposer à cet effet d'un personnel stable et qualifié (en particulier de professeurs expérimentés détachés à mi-temps).

L'expérience belge, confirmée par celle de divers pays étrangers (cf. entre autres [29]) a montré que la formation continue la plus efficace est celle qu'acquièrent les enseignants lorsqu'ils travaillent en collaboration à la production des matériaux de leur propre enseignement.

Dans l'organisation de la formation continue, il importe de stimuler les demandes et de favoriser les projets. Des demandes peuvent provenir par exemple de professeurs qui veulent apprendre de nouvelles matières mathématiques, ou d'écoles préparant l'ouverture de nouvelles options, ou de pouvoirs organisateurs à la recherche d'une politique originale.

Ensuite, la formation continue, hautement souhaitable, devrait dorénavant être reconnue comme un droit et être intégrée harmonieusement à l'exercice de la profession. Il nous semble opportun aussi qu'elle soit, de quelque façon, reconnue et valorisée dans la carrière.

9 La recherche

9.1 Un cloisonnement nuisible

Nous avons vu plus haut que les programmes de mathématiques du primaire et du secondaire sont élaborés pratiquement sans concertation par des commissions séparées. Ces deux enseignements ainsi cloisonnés au niveau de l'organisation le sont tout autant au niveau de la recherche. A notre meilleure connaissance, la totalité des recherches belges sur les mathématiques aux niveaux maternel et primaire est effectuée dans les facultés de psycho-pédagogie et donc sans la collaboration, sauf occasionnelle, de mathématiciens. Or la présence soutenue de ceux-ci nous paraît nécessaire à de telles recherches. En effet, les mathématiques les plus élémentaires, parce qu'elles sont proches de certaines questions de fondement, présentent des subtilités difficiles à apprécier sans une solide culture mathématique. Il n'est malheureusement pas possible d'explicitier ce point dans le présent rapport.

Quant aux recherches sur l'enseignement des mathématiques au niveau secondaire, elles se font dans les départements de mathématiques, dont certains y consacrent quelques efforts encourageants. Mesurée en termes de doctorats, la production scientifique à ce niveau demeure assez modeste : il y a eu en tout jusqu'à présent dans la Communauté française quatre doctorats en mathématiques orientés vers l'enseignement.

La séparation des recherches relatives aux enseignements maternel et primaire d'une part et secondaire de l'autre fait que beaucoup trop peu de personnes dans notre pays s'efforcent de développer une vue cohérente de l'apprentissage des mathématiques depuis le plus jeune âge jusqu'à l'âge adulte. Cette lacune est très regrettable.

9.2 Groupes de recherche sur l'enseignement des mathématiques

Quelles seraient la composition et les attributions d'un groupe de recherche susceptible de répondre efficacement aux besoins identifiés dans plusieurs sections antérieures du présent rapport ?

Dans un tel groupe devraient se retrouver sans exception toutes les catégories de personnes compétentes par leur connaissance des enfants et adolescents, des mathématiques, de leur histoire et de leur épistémologie, de la conduite des classes et de l'administration de l'enseignement. Chacune de ces catégories est nécessaire (mais aucune n'est suffisante) pour assurer la pertinence d'un tel type de recherche. Insistons sur deux d'entre elles dont l'indispensable collaboration a été parfois oubliée.

La présence de mathématiciens à culture mathématique large est indispensable. Il doit s'agir de personnes disposées à accorder aux problèmes d'apprentissage une attention persistante. Il ne manque pas d'hommes qui ont montré l'exemple de cela, à commencer par Lebesgue et Polya, ou plus près de nous, pour ne citer que des étrangers, Freudenthal, Hilton et Lang. A contrario, certains initiateurs de la réforme de la "mathématique moderne" n'ont manifesté qu'un intérêt momentané pour l'enseignement des mathématiques élémentaires et après avoir semé des idées brillantes, se sont pour l'essentiel désintéressés de ce qui en est advenu.

La présence d'instituteurs et de professeurs expérimentés dans un groupe de recherche est tout aussi indispensable que celle de mathématiciens. Personne ne connaît aussi bien qu'eux non seulement les capacités et les difficultés des élèves, mais encore tous les problèmes de l'enseignement vus de l'intérieur, de la classe : diversité des élèves, contraintes des programmes, gestion du temps, etc. Il nous paraît nécessaire que les instituteurs et professeurs détachés pour la recherche ne le soient qu'à temps partiel (par exemple à mi-temps) de façon qu'ils conservent l'expérience intime de leur métier.

Sans préjuger des voies originales de recherche qu'un tel groupe pourrait explorer par ailleurs, on lui attribuerait comme mission de base la production critique et l'expérimentation de matériaux pour enseigner (des curriculums). Il devrait en outre maintenir un lien supplémentaire avec l'enseignement sur le terrain en étant associé à la formation initiale et continue des maîtres.

9.3 Difficultés idéologiques et de gestion

La constitution d'un groupe de recherche composé comme suggéré ci-dessus posera un problème aux gestionnaires de la recherche. En effet, on pourrait s'attendre à ce que des recherches sur l'enseignement des mathématiques soient confiées à des spécialistes de cet enseignement. Or les instituteurs et professeurs appelés à contribuer à part entière à ces recherches ne seront pour la plupart ni docteurs, ni doctorants. Et quant aux mathématiciens, leurs travaux ne seront habituellement pas centrés sur les problèmes d'enseignement. D'où d'inévitables difficultés de désignation et de subsidiation de ces chercheurs qui ne répondent pas aux critères habituels. Certains pays ont montré que ces difficultés étaient surmontables.

En résumé, de telles recherches sont indispensables. Elles touchent à une matière complexe, non maîtrisable dans le seul cadre d'une spécialité universitaire au sens ordinaire. Leurs répercussions sur l'institution scolaire, sur le sort de millions d'enfants et finalement sur les capacités intellectuelles de la population sont cruciales. Il faut tout faire pour éviter qu'elles aboutissent à des conclusions insuffisamment éprouvées (l'histoire récente a montré que ce danger n'est pas illusoire). Leur enjeu social est tel que les milieux académiques de mathématiciens devraient

clairement dépasser le préjugé défavorable dont elles sont traditionnellement l'objet. La question principale ne devrait pas être "faut-il ou non de telles recherches?", mais plutôt, étant acquis qu'il en faut, "comment en assurer la stimulation et la qualité?".

Il est souhaitable que les Départements de Mathématiques, le Comité National de Mathématiques, la Commission de Mathématiques du F.N.R.S. et la Société Mathématique de Belgique poursuivent et développent les actions concrètes par lesquelles elles ont depuis quelques années ou quelques mois manifesté leur regain d'intérêt pour les problèmes de formation.

10 Conclusions et recommandations

Arrivée au terme de ce premier rapport, la Commission estime que la première et la plus importante de ses recommandations est la suivante.

Recommandation 1. *Le statut moral et matériel des enseignants doit être amélioré d'urgence. A défaut d'un effort substantiel sur ce plan, le risque est grand de voir la profession désertée et la formation des jeunes se dégrader.*

La Commission insiste ensuite sur le fait que sa composition et le temps dont elle a disposé ne lui permettent de proposer aucune réforme détaillée des programmes ou de l'organisation de l'enseignement, dont on peut souligner d'ailleurs la bonne qualité d'ensemble. Les recommandations suivantes tendent à appuyer l'enseignement mathématique de l'avenir sur *une réflexion approfondie et une meilleure coordination*. Plus de réflexion, plus de recherches, un débat d'idées stimulé et auquel prennent part toutes les catégories de personnes impliquées. Une meilleure coordination entre les enseignements mathématiques de tous niveaux et toutes orientations, fondée sur une conception d'ensemble de l'éducation mathématique.

Recommandation 2. *La formation continue devrait être vécue comme un devoir et reconnue comme un droit.*

Recommandation 3. *Toute commission de programme devrait s'adjoindre des représentants des autres commissions qui ont avec elle un lien naturel. Elle devrait s'adjoindre des représentants des groupes de recherche mentionnés dans la recommandation suivante. Elle devrait aussi procéder aux consultations, mentionnées à la section 5.3, de mathématiciens professionnels et d'utilisateurs de mathématiques issus des milieux de l'industrie et des affaires.*

Recommandation 4. *Il faudrait créer un ou deux groupes*

- *assurant une recherche sur l'enseignement des mathématiques et développant une vue coordonnée des enseignements maternel, primaire, secondaire et supérieur en mathématiques ;*
- *développant et expérimentant des séquences de curriculum dans ces différents enseignements ;*
- *assurant une partie des formations continues offertes au public des enseignants de mathématiques de tous niveaux.*

Ces groupes devraient être constitués sur base d'une contribution des universités (enseignants-chercheurs et moyens matériels) et des enseignements maternel, primaire, secondaire et normal

(enseignants-chercheurs détachés, classes expérimentales). Toute personne collaborant à un tel groupe devrait y être reconnue pour sa part entière de compétence et d'initiative, et non comme exécutante des plans de recherche d'une minorité.

Recommandation 5. Il paraît indispensable que des enseignants de toutes catégories soient détachés à mi-temps pour des périodes longues (par ex. cinq ans) et associés aux recherches et formations continues mentionnées dans la recommandation 4. De tels détachements pourraient être renouvelés si le dossier qui appuie la demande le justifie.

Recommandation 6. Les recherches ou mises au point suivantes seraient utiles :

- faire l'état des réalisations et des besoins en matière de manuels pour l'enseignement professionnel ;
- constituer un inventaire, à distribuer aux écoles, du matériel et des livres dont la disponibilité est jugée utile à l'enseignement des mathématiques des divers niveaux ;
- étudier les modalités de la formation en mathématiques dans quelques universités étrangères réputées, en s'informant principalement de la part réservée à la résolution de problèmes et plus généralement à l'exercice d'une réflexion mathématique autonome.

Recommandation 7. La Commission propose de suggérer aux Facultés des Sciences de repenser la conception des études d'agrégation de l'enseignement secondaire supérieur en mathématiques. Un effort devrait être porté sur le lien entre "mathématiques de l'université" et "mathématiques de l'enseignement secondaire".

Recommandation 8. La Commission propose de rapprocher la formation initiale des professeurs de mathématiques des niveaux inférieur et supérieur. Cela devrait conduire en premier lieu à accroître le niveau de formation mathématique des professeurs du degré inférieur.

Recommandation 9. Enfin la Commission estime que le travail qu'elle a engagé mérite d'être poursuivi. Ceci n'implique pas que la composition de la Commission demeure inchangée.

Les points suivants, parmi d'autres sans doute, devraient être abordés prochainement :

- consultation plus étendue des milieux extérieurs à l'enseignement et utilisateurs de mathématiques ;
- définition du noyau de base des futurs programmes ;
- mise au point sur la situation comparée des filles et des garçons dans l'apprentissage des mathématiques et recherche des moyens d'amener les filles à s'engager davantage dans les carrières scientifiques.

Annexe 1

Composition de la Commission scientifique d'Etude de l'Enseignement des Mathématiques et des Sciences

Président : Monsieur Paul DANBLON, chef de production à la RTBF.

Monsieur André BAJART, inspecteur de l'Enseignement secondaire et supérieur pour l'enseignement des mathématiques.

Monsieur Georges CARDINAEL, professeur de physique, doyen de la Faculté des Sciences, Facultés universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur.

Monsieur Sylvain COURTOIS, inspecteur du cours de Mathématiques de l'Enseignement secondaire.

Monsieur Roger DENRUYTER, licencié en Sciences mathématiques, préfet des études à l'A.R. de Jumet.

Monsieur André DUCAMP, professeur de mathématiques, de statistique et d'informatique à l'Université libre de Bruxelles.

Monsieur Jean ETIENNE, professeur à la Faculté des Sciences appliquées, Université de Liège.

Monsieur Edgard GUNZIG, membre du Corps académique et enseignant à la Faculté des Sciences (section de Physique) de l'U.L.B.

Monsieur Louis HABRAN, inspecteur principal de l'Enseignement fondamental.

Monsieur Nicolas ROUCHE, professeur de mathématiques à l'Université catholique de Louvain.

Monsieur Georges VAN HOUT, secrétaire honoraire de la Commission française de la Culture de l'Agglomération de Bruxelles, préfet honoraire de l'Athénée Adolphe Max.

Monsieur Paul VAN PRAAG, professeur à l'Université de Mons, ancien président de la Société Mathématique de Belgique.

Secrétariat :

Monsieur Dominique BARTHELEMY, secrétaire d'administration, Direction générale de l'Organisation des Etudes.

Madame Colette DEVLIEGHER-COLLAER, licenciée-agrégée en sciences mathématiques, professeur à l'A.R. de Montegnée.

Annexe 2

Organisations et personnes consultées par la Commission au cours de ses réunions

1. L'Association des Docteurs et Licenciés en Mathématiques de l'Université de Liège (A.M.U.Lg.)
2. La Société Belge des Professeurs de Mathématiques d'expression française (S.B.P.M.e.f.)
3. Le Comité National de Mathématiques (C.N.M.)
4. La Société Mathématique de Belgique (S.M.B.)
5. Les professeurs titulaires du cours de méthodologie spéciale des mathématiques des Universités ou Facultés de Bruxelles, Liège, Louvain, Mons et Namur.
6. La Confédération Nationale des Associations de Parents (C.N.A.P.)
7. La Fédération des Associations de Parents de l'Enseignement Officiel (F.A.P.E.O.)

Annexe 3

Modalités de création d'un groupe de recherche sur l'enseignement des mathématiques

La Commission suggère les modalités suivantes pour la création d'un groupe de recherche sur l'enseignement des mathématiques (appelé ci-après GREM).

1. Des personnes qui souhaitent qu'un GREM soit créé et qui souhaitent en faire partie élaborent un projet de GREM dans une perspective de cinq années. Ce projet comporte

- des demandes de détachement de personnel et de disponibilité de classes adressées à une ou des Autorités scolaires ;
- des demandes de détachement de personnel et de disponibilité de locaux adressées à une ou des Universités ;
- une demande de crédit d'équipement et de fonctionnement adressée à la Commission de Mathématiques du FNRS dans le cadre du Fonds de la Recherche fondamentale collective.

2. Il est demandé aux diverses Autorités amenées à soutenir et financer le projet d'être particulièrement attentives aux aspects suivants :

- le projet s'inscrit dans une perspective de recherche globale sur l'éducation mathématique de l'école maternelle à l'université ;
- le projet propose, dans la mesure du possible, la collaboration de toutes les catégories de personnes compétentes : instituteurs, professeurs du secondaire et d'écoles normales, inspecteurs, enseignants universitaires ;
- les auteurs du projet font état d'une expérience et de publications substantielles ;
- pour des raisons statutaires entre autres, une partie des chercheurs d'un GREM ne sauraient être jugés sur les critères ordinaires du FNRS. (voir la section 9.3 du présent rapport) ; la collaboration de tels chercheurs est néanmoins indispensable ;
- les personnes obtenant un détachement pour travailler dans un GREM conservent à temps partiel (par exemple à mi-temps) le contact avec leurs classes ;
- les résultats des recherches d'un GREM doivent être, sans réserve et sans délai, disponibles à la Communauté éducative.

Documents étudiés ou consultés

Programmes

[1] L'ensemble des programmes de mathématiques et de sciences des enseignements primaire et secondaire francophones belges de toutes les orientations.

[2] Le programme des cours de mathématiques et méthodologie spéciale des sous-sections mathématiques — physique et mathématiques — sciences économiques des écoles normales secondaires.

Avis adressés à la Commission à sa demande

(repris ci-dessous par catégories, dans l'ordre chronologique)

Avis des facultés universitaires

[3] Faculté de Droit de l'U.L.B.

- [4] Faculté de Droit de l'U.Lg.
- [5] Faculté Polytechnique de Mons
- [6] Institut d'Informatique des F.U.N.D.P. à Namur.
- [7] Faculté de Droit de l'U.C.L.
- [8] Fondation Universitaire Luxembourgeoise
- [9] Faculté des Sciences appliquées de l'U.Lg.
- [10] Faculté de Médecine vétérinaire de l'U.Lg.
- [11] Faculté d'Economie, de Gestion et de Sciences sociales de l'U.Lg.
- [12] Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux
- [13] Institut des Hautes Etudes Commerciales de Liège
- [14] Faculté des Sciences de l'U.L.B.
- [15] Faculté des Sciences économiques, sociales et politiques de l'U.C.L.
- [16] Faculté des Sciences de l'U.Lg.
- [17] Faculté des Sciences appliquées de l'U.C.L.

Avis de sociétés mathématiques

- [18] Le Comité de l'Association des Docteurs et Licenciés en Mathématiques diplômés de l'U.Lg.
- [19] La Société Belge des Professeurs de Mathématiques d'expression Française.

Avis des professeurs de méthodologie spéciale de mathématiques des Universités

- [20] M. Schneider, F.U.N.D.P., Namur
- [21] G. Noël, Université de Mons-Hainaut
- [22] A. Gribaumont, U.L.B.
- [23] N. Rouche, U.C.L.
- [24] J. Gobert, U.Lg.

Avis de la Fédération Nationale de l'Enseignement Secondaire Catholique.

- [25] Mathématiques - Commission Danblon

Avis d'associations de parents

- [26] Confédération Nationale des Associations de Parents. [27] Fédération des Associations de Parents de l'Enseignement Officiel.

Lettres

- [28] Lettres de Messieurs J. Danguy, J. Evrard, H. Firket, M. Frydman, A. Noels, G. Noël, A. Warbecq.

Livres et documents publiés

- [29] *Better Mathematics , A Curriculum Development Study* , The Mathematics Centre, West Sussex Institute of Higher Education, H.M.S.O., Londres, 1987.
- [30] *Bilan de la réforme et idées pour l'avenir* , n° spécial du Bull. de la Société de Belgique, (A) 36 (fasc. 2), 1984, 114-151 ; (contributions de C. Festraets-Hamoir, F. Buekenhout, G. Papy, N. Rouche).
- [31] *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics* , National Council of Teachers of Mathematics, U.S.A., 1989.
- [32] N. Deltour et G. Henry, *Une évaluation du rendement des mathématiques dans secondaire belge francophone*, Minist. Ed. Nat., Bruxelles, 1988.
- [33] *Le mouvement éducatif en Belgique*, Ministère de l'Education Nationale, Bruxelles, 1988.
- [34] *Mathematics Counts* , Report of the Committee of Enquiry into the Teaching of Mathematics in Schools under the Chairmanship of Dr. W.F. Cockroft, H.M.S.O., Londres, 1982.
- [35] G. Papy, *Mathématique Moderne*, Vol. 1,2,3,4 et 6, Didier, Bruxelles, 1963 à 1967.
- [36] R. Peters et C. Debled, *Intérêt et participation des filles lors des activités scolaires liées aux nouvelles technologies de l'information*, Commission des Communautés Européennes, Bruxelles, 1989.
- [37] *Principes pour une réflexion sur les contenus de l'enseignement*, Commission présidée par P. Bourdieu et F. Gros, Paris, 1989.
- [38] *Propositions pour l'enseignement de l'avenir*, par les professeurs du Collège de France, Paris, 1985.
- [39] *Quel enseignement pour demain, questionnaire*, Ministère de l'Education nationale, de la Jeunesse et des Sports, Paris, 1989.

Articles

- [40] P. Bernard, "Les 'matheux' n'ont pas la foi" , *Le Monde* 12.1.89.
- [41] J.J. Bozonnet, "Un pavé dans la mare éditoriale", *Le Monde* 7.9.89.
- [42] "Everybody Counts, a Report to the Nation on the Future of Mathematics Education", *Notices of the American Mathematical Society* 36 , 1989, 227-236.
- [43] A. Jackson, "NCTM School Mathematics Standards", *Notices of the American Mathematical Society* , 36, 1989, 380-382.
- [44] L. Lemaire, "La recherche en mathématique aujourd'hui, quelques exemples", *Mathématique et Pédagogie* , n° 66, 1988, 5-28.
- [45] N. Rouche, "Pourquoi les maths", *Bulletin de l'A.P.M.E.P.*, n° 362, 1988, 1-16.
- [46] C. Simon, "Alerte, il n'y a plus de matheux", *Le Soir*, 14.3.89.
- [47] P. Van Praag, "La mathématique est une partie vivante de la culture universelle, elle est une science utile lorsqu'elle est un art", *Mathématique et Pédagogie*, n° 65, 1988, 5-16.

Documents photocopiés

- [48] A.M.U.Lg., *En l'an 2000, nos enfants auront-ils encore des professeurs de mathématiques ?* Liège, 1989.
- [49] *L'évaluation certificative dans le cours de mathématique organisé par niveaux dans l'enseignement professionnel*, Ministère de l'Education Nationale, Bruxelles, 14.12.83.
- [50] G. Noël, *Le rapport "Cockroft"*, Université de Mons, 1989.
- [51] G. Noël, *Sur l'enseignement des mathématiques*, Université de Mons, 1989.
- [52] *Notes relatives à l'enseignement de la géométrie en deuxième année*, Ministère de l'Education Nationale, Bruxelles, sans date.
- [53] C. Strauven, *Les filles, les mathématiques et les sciences font-elles bon ménage ?* Université de Liège, 1989.