PROGRAMMES D'ÉTUDES

Mathématique 436

enseignement secondaire

Québec

PROGRAMMES D'ÉTUDES

Mathématique 436

enseignement secondaire

Direction de la formation générale des jeunes

ISBN 2-550-25514-3

Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec, 1996

Conformément aux dispositions de l'article 461 de la *Loi sur l'instruction publique* (L.R.Q., c. I-13.3), le présent programme Mathématique 436 a été conçu à l'intention des élèves de quatrième secondaire. Ce programme sera obligatoire dans toutes les écoles à compter du 1er juillet 1997.

La ministre de l'Éducation,

PAULINE MAROIS

Coordination et conception	*Mihran Djiknavorian*, responsable des programmes de mathématique Direction de la formation générale des jeunes Ministère de l'Éducation
Conception et rédaction	*Jean-Guy Smith* Commission scolaire Tracy *Jean-Marcel Mius d'Entremont* Commission scolaire des Découvreurs
Consultation	Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué à la conception du présent document : personnel d'encadrement dans les écoles, professeures et professeurs d'universités et d'établissements d'enseignement collégial, conseillères et conseillers pédagogiques, ainsi qu'enseignantes et enseignants francophones et anglophones des secteurs public et privé de l'enseignement primaire et secondaire.
	Daniel Trottier, directeur Direction de la formation générale des jeunes

Table des matières

Introduction

Le programme Mathématique 436 s'adresse aux élèves de quatrième secondaire qui souhaitent poursuivre leurs études en sciences, en administration ou dans une technique et qui ont démontré qu'elles ou ils ont les aptitudes pour le faire.

La préparation des jeunes du Québec au monde exigeant du XXI^{e} siècle requiert une école centrée sur les apprentissages fondamentaux et sur le développement intellectuel des élèves. Ces apprentissages portent sur, entre autres, la communication, la résolution de problèmes et la compétence technologique.

L'évolution de la société et les changements qu'a connus la didactique de la mathématique nous invitent à insister pour que les trois volets du programme − connaissances, habiletés et attitudes − soient intimement liés.

Par ailleurs, le programme Mathématique 436 se distingue du programme Mathématique 416 d'abord par la profondeur et l'étendue de la matière étudiée et par la complexité des situations, des problèmes et des applications qu'on propose; ensuite, par l'emploi d'un vocabulaire poussé et d'un système de notation formelle et par l'application d'exigences de rigueur, d'exactitude, de justification et de preuve constantes dans tout développement pertinent.

Dans une optique de préparation aux études scientifiques, l'enseignement de la mathématique doit aussi offrir un terrain d'apprentissage fort propice à l'éclosion des qualités utiles dans le futur : «Acquérir des connaissances de base n'est pas suffisant, il faut de plus que les élèves deviennent des penseurs compétents [traduction libre][1].»

Trois grands principes directeurs

Les connaissances actuelles sur les processus d'apprentissage des élèves et les objets de cet apprentissage nous incitent à mettre l'accent sur trois principes directeurs qui guideront l'enseignante ou l'enseignant dans son travail auprès des élèves. Ces principes sont les suivants : favoriser la participation active de l'élève à son apprentissage, favoriser le processus de résolution de problèmes à toutes les étapes de l'apprentissage et favoriser l'utilisation de la technologie appropriée dans l'exécution d'une tâche.

Favoriser la participation active de l'élève à son apprentissage

Un grand nombre de recherches et d'études montrent que l'élève doit être au coeur de ses apprentissages, être en fait responsable au premier chef de son éducation :

> «La construction d'une notion donnée [...] apparaît comme un processus complexe qui dépend en tout premier lieu de l'élève. Les concepts ne s'acquièrent pas par simple transmission directe d'une personne qui sait à un élève supposé ignorant en ce domaine. Les élèves disposent en effet, avant qu'on leur enseigne un contenu particulier, de conceptions bien organisées, fonctionnelles et relativement résistantes parfois aux modifications que cherche à introduire l'apprentissage.

1. L.B. RESNICK et L.E. KLOFFER. «Toward the Thinking Curriculum: An Overview», *Toward the Thinking Curriculum: Current Cognitive Research, 1989 Yearbook of the Association for Supervision and Curriculum Development*, Alexandria, VA, ASCD, 1989.

> «Enseigner, c'est donc inventer les conditions dans lesquelles les connaissances des élèves vont être appelées à fonctionner, c'est articuler l'apprentissage autour de leurs stratégies, de leurs conceptions, pour essayer de les faire progresser dans la construction d'un concept donné[2].»

Afin de favoriser l'acquisition des connaissances et des habiletés proposées dans le présent programme, on doit présenter à l'élève des situations d'apprentissage qui font appel à l'observation, à la manipulation, à la dextérité, à l'exploration, à la construction, à la simulation, etc. À l'intérieur de ses apprentissages, l'élève analyse des hypothèses, cherche activement des solutions, discute de ses approches, analyse les concepts ou les théories de son propre point de vue tout en tenant compte de celui des autres, remet en question activement le sens et les conséquences de ses démarches et lie les connaissances acquises à son expérience personnelle. Ces situations vont l'inciter à réfléchir, à agir et à réagir, ainsi qu'à faire des liens avec des apprentissages antérieurs.

C'est aussi par sa façon d'intervenir que l'enseignante ou l'enseignant peut favoriser la participation de l'élève à son apprentissage. C'est en questionnant, plus qu'en donnant des réponses, qu'on aide l'élève à construire personnellement ses connaissances.

Toute question qui aide l'élève à cheminer, voire à répondre à ses propres interrogations, est une action qui favorise la participation de l'élève à son apprentissage.

Favoriser le processus de résolution de problèmes à toutes les étapes de l'apprentissage

La résolution de problèmes constitue une trame de fond de l'enseignement de plusieurs programmes de formation générale (sciences pures, sciences humaines, etc.) et fait partie intégrante de toute l'activité mathématique. La résolution de problèmes n'est pas un thème distinct, mais un processus qui doit imprégner le programme tout entier et qui fournit le contexte propice à l'apprentissage des concepts et à l'acquisition des habiletés :

> «La résolution de problèmes est à la fois une habileté de base à développer chez l'élève et un moyen à privilégier dans l'enseignement de la mathématique [...] pour développer des connaissances mathématiques [...] des habiletés intellectuelles [...] des attitudes socio-affectives [...] des stratégies de résolution de problèmes[3].»

Cette approche comprend à la fois l'activité de l'élève et le recours à l'interrogation, que ce soit de l'élève par l'enseignante ou l'enseignant, de l'élève personnellement ou des élèves de façon réciproque.

---

2. Nadine BEDNARZ. «L'enseignement des mathématiques et le Québec de l'an 2000», dans Richard Pallascio (dir.), *Mathématiquement vôtre! Défis et perspectives pour l'enseignement des mathématiques*, Montréal, Les éditions Agence d'ARC inc., 1990, p. 69.

3. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Guide pédagogique, Primaire, Mathématique, Fascicule K, Résolution de problèmes*, Québec, Direction de la formation générale des jeunes, 1988, p. 51-55.

La résolution de problèmes peut être plus ou moins complexe. Les problèmes, pour leur part, sont très variés. Ainsi, il peut s'agir de:

> «[...] problèmes dont la résolution nécessite le choix par l'élève d'une combinaison adéquate de connaissances déjà étudiées et d'habiletés déjà développées, parmi plusieurs combinaisons [possibles] qu'il a rencontrées auparavant[4].»

Il peut même s'agir de :

> «[...] problèmes dont la résolution nécessite la création d'une combinaison originale de connaissances et d'habiletés, beaucoup d'indépendance d'esprit ainsi que l'utilisation de raisonnements plausibles[5].»

La résolution de problèmes contribue efficacement à la construction du savoir et du savoir-faire. La qualité des apprentissages repose sur la diversité et le degré de difficulté des problèmes auxquels doit faire face l'élève. Dans un contexte d'apprentissage, on peut même proposer à l'élève des problèmes qui constituent un défi. La recherche de solutions à ces problèmes permet à l'élève de découvrir par elle-même ou lui-même des propriétés, des relations, des stratégies, etc. La grande variété de problèmes permettra à l'élève de conceptualiser des connaissances et de découvrir des stratégies variées pendant le processus de résolution. La résolution de problèmes est une façon d'apprendre et d'enseigner.

Les problèmes peuvent faire partie de l'environnement de l'élève à différentes étapes de l'apprentissage de connaissances ou du développement d'habiletés mathématiques. Ils permettent à l'élève soit d'acquérir de nouvelles connaissances et de développer des habiletés, soit d'approfondir et de renforcer les connaissances acquises.

Les problèmes servent alors à :

- appliquer et à intégrer des connaissances mathématiques (concepts, propriétés, algorithmes, techniques, procédés, etc.);

- acquérir des habiletés intellectuelles (organiser, structurer, abstraire, analyser, synthétiser, estimer, généraliser, déduire, justifier, etc.);

- adopter des attitudes positives (prendre conscience de ses capacités, respecter le point de vue des autres, faire preuve d'imagination, de créativité, de rigueur et de précision, etc.);

- utiliser différentes stratégies de résolution de problèmes (rechercher une régularité, représenter le problème par une figure ou un graphique, construire un tableau, recourir à un modèle connu, utiliser une formule, construire une équation, travailler à rebours, etc.).

Ce n'est pas parce que l'accent est mis sur la résolution de problèmes que les exercices n'ont pas une place dans l'enseignement et dans l'apprentissage de la mathématique. Par rapport au rôle des problèmes, celui des exercices est différent et complémentaire. Les exercices peuvent servir à parfaire des habiletés ou à créer des automatismes pour des tâches auxquelles les élèves ont déjà été initiés, à favoriser l'application de certaines définitions ou propriétés que les élèves ont précédemment apprises en classe, etc. Ils ne peuvent ni remplacer les problèmes ni être remplacés par ceux-ci.

---

4. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Guide pédagogique, Primaire, Mathématique, Fascicule K, Résolution de problèmes*, Québec, Direction de la formation générale des jeunes, 1988, p. 15.

5. *Ibid.*, p. 15.

En exploitant la résolution de problèmes, l'élève s'habitue à recourir à un modèle mathématique connu. Cela favorise l'atteinte des objectifs terminaux. L'enseignante ou l'enseignant aidera aussi l'élève à utiliser un processus qui lui permettra de construire d'autres connaissances et d'autres modèles. Cela favorise ainsi l'atteinte des objectifs globaux et cadre avec le premier principe directeur : favoriser la participation active de l'élève.

Il faut que chaque élève ait la chance de s'analyser, de mettre au point une démarche personnelle pour structurer sa pensée, bref, d'apprendre à apprendre.

Favoriser l'utilisation de la technologie appropriée dans l'exécution d'une tâche

«Tous les pays industrialisés sont passés de l'ère industrielle à celle de l'information. Ce changement a transformé la matière qui devra être transmise à l'élève, ainsi que les concepts et les méthodes que l'élève devra maîtriser pour devenir un citoyen ou une citoyenne du XXI^{e} siècle.

«Ce changement social et économique peut être attribué, du moins en partie, à l'apparition des calculatrices, des ordinateurs personnels et des autres outils technologiques abordables. L'utilisation de la technologie a bouleversé en profondeur l'environnement physique, la vie et les sciences sociales, le commerce, l'industrie et nos gouvernements. La communication traditionnelle (orale ou écrite) a fait place à la communication électronique qui permet de transmettre l'information de façon instantanée à des personnes ou à des machines partout dans l'univers. [...] L'indice du changement technologique n'est plus une abstraction mais une réalité économique. Aujourd'hui, le rythme de ce changement économique a été accéléré par les innovations continuelles en communication et dans la technologie [traduction libre][6]».

«Les changements technologiques et l'élargissement des champs d'application de la mathématique ont favorisé le développement et la transformation de la mathématique elle-même. Davis et Hersh (1981) affirment que l'on est à l'âge d'or de la mathématique, car la moitié des connaissances actuelles en mathématique datent de la Seconde Guerre Mondiale [traduction libre][7].»

Étant donné que la technologie influe sur la mathématique et son utilisation, il est nécessaire que l'élève maîtrise les outils électroniques modernes, tels la calculatrice scientifique, la calculatrice à affichage graphique, les logiciels de dessin, ainsi que les logiciels utilitaires comme le tableur, le traitement de texte, le gestionnaire de base de données, etc.

La technologie ne garantit pas la réussite de l'élève en mathématique, car les calculatrices et l'ordinateur, comme le traitement de texte pour un écrivain, ne sont que des outils. Toutefois, elle permet à l'élève d'acquérir et de comprendre les nouveaux concepts plus rapidement.

---

6. Thomas A. ROMBERG, (dir.). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1989, p. 3.

7. *Ibid.*, p. 7-8.

Relation avec les programmes précédents

La continuité dans l'apprentissage permet de reprendre des notions étudiées antérieurement et de faire évoluer les conceptions et les représentations des élèves. Le présent programme de mathématique permet à l'élève de continuer la construction de son réseau de connaissances amorcée au primaire et au cours du premier cycle du secondaire.

Pour que la mathématique soit une démarche dynamique, l'élève doit faire fonctionner, dans de nouvelles situations, ses notions et les outils étudiés antérieurement.

Les activités d'apprentissage doivent fournir à l'élève plusieurs occasions de réactiver ses connaissances et de progresser. En même temps qu'elle ou il voit de nouvelles notions, l'élève reprend les connaissances et les habiletés acquises et développées dans les programmes antérieurs, notamment :

- le sens du nombre, des opérations, de la proportionnalité, de la variable et le sens spatial;
- l'habitude d'estimer;
- la dépendance entre les variables d'une situation;
- les transferts d'un mode de représentation à un autre;
- les définitions, les propriétés, les théorèmes ou les corollaires liés à différentes notions géométriques;
- la gestion et le traitement des données en statistique;
- la simulation de phénomènes aléatoires et la notion de probabilité.

Évaluation pédagogique

Évolution des orientations et des pratiques d'évaluation des apprentissages

> «La réflexion et la pratique en matière d'évaluation des apprentissages des élèves ont connu un essor considérable dans le système scolaire québécois au cours de la dernière décennie et l'on peut dire, sans crainte d'exagérer, que ce champ d'intervention a été et est encore, dans une certaine mesure, soumis à une véritable ébullition. Le personnel enseignant possède aujourd'hui passablement plus de connaissances en évaluation des apprentissages que par le passé [...][8].»

Il s'agit donc d'utiliser la compétence collective acquise en évaluation et de s'assurer que les pratiques d'évaluation sont de plus en plus adaptées aux apprentissages essentiels proposés dans les programmes d'études. En outre, il faut chercher à atteindre une plus grande cohérence entre l'esprit des programmes d'études et les pratiques d'évaluation.

8. CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ÉDUCATION. *Évaluer les apprentissages au primaire : un équilibre à trouver*, Québec, Direction des communications, 1992, p. 1.

Modalités d'évaluation

Afin d'évaluer les apprentissages des élèves, l'enseignante ou l'enseignant doit toujours avoir conscience du motif qui sous-tend toute évaluation. Qu'elle ait comme but une aide pédagogique immédiate (évaluation formative) ou une information sur l'atteinte d'un ou de plusieurs objectifs terminaux (évaluation sommative), l'évaluation fournit à chaque élève des renseignements utiles sur l'état de ses apprentissages. Elle éclaire aussi l'enseignante ou l'enseignant sur la qualité de l'organisation du contenu et sur l'efficacité des moyens pédagogiques mis en oeuvre. Puisque le but du programme consiste à faire acquérir à l'élève une solide formation de base, ainsi que les habiletés nécessaires à l'adaptation de ce dernier à une société en continuel changement :

> « [...] l'évaluation des apprentissages doit être attentive aux diverses composantes du développement humain, respecter la complexité de l'activité éducative, [et] être cohérente avec l'activité pédagogique[9].»

L'apprentissage dans le présent programme est plus que l'acquisition de connaissances. C'est plutôt l'examen, la communication, la représentation, le raisonnement et l'utilisation d'une variété d'approches pour résoudre un problème. C'est également l'acquisition d'autres habiletés et attitudes.

Ce que l'on veut évaluer, c'est le savoir, le savoir-faire et le savoir-être de l'élève, objets plus ou moins en mouvement. Il faut donc créer des situations permettant de recueillir des éléments d'information qui, après interprétation critérielle ou normative, puissent révéler un portrait fiable à propos du savoir et du savoir-faire personnels ou collectifs des élèves.

L'évaluation doit être adaptée aux différents aspects du présent programme d'études.

Dans ce contexte, l'évaluation de type «papier-crayon» ne permet pas, à elle seule, de vérifier tous les aspects cités ci-dessus. En fonction des buts visés, les différents moyens d'évaluation suivants pourraient se révéler pertinents :

- un journal de bord;
- une solution ou un sujet mathématique présenté oralement;
- un jeu-questionnaire;
- une discussion entre élèves d'une même classe;
- un travail d'équipe;
- une entrevue;
- une épreuve de synthèse «à volets»;
- une évaluation durant l'enseignement assisté par ordinateur;
- une grille d'observation;
- une autoévaluation, etc.

La variété des formes d'évaluation doit aussi être fonction des types d'activités d'apprentissage :

- activité de manipulation;
- activité de communication (orale ou écrite, individuelle ou en groupe);
- activité d'estimation;
- activité avec calculatrice;
- activité à l'aide de l'ordinateur, etc.

---

9. CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ÉDUCATION. *Évaluer les apprentissages au pri- maire : un équilibre à trouver*, Québec, Direction des communications, 1992, p. 1.

L'idée de diversifier les moyens d'évaluation doit imprégner toute la planification de l'évaluation pédagogique. Cela ne veut pas dire pour autant que tout doit être évalué avec la même intention. Des choix s'imposent à cet égard.

Qu'elle soit faite avec une intention sommative ou une intention formative, l'évaluation pédagogique sert essentiellement les fins de l'enseignement et de l'apprentissage. «Réinvestir l'évaluation de sa valeur pédagogique, n'est-ce pas là l'essentiel[10]?»

Importance relative de chaque objectif général

Dans le tableau qui suit, on fait ressortir l'importance relative de chaque objectif général.

Objectif général	%
1. Accroître chez l'élève l'habileté à utiliser l'algèbre.	55
2. Accroître chez l'élève l'habileté à analyser des situations géométriques.	35
3. Accroître l'esprit critique de l'élève devant une étude statistique.	10

10. Esther PARADIS. *L'évaluation des apprentissages : valoriser sa mission pédagogique*, Québec, Fédération des enseignantes et des enseignants de commissions scolaires, Centrale de l'enseignement du Québec, 1992, p. 26.

Contenu du programme

Structure du programme

Le présent programme comporte des objectifs globaux, généraux, terminaux et intermédiaires. Pour saisir la portée de ces objectifs, on doit les associer au but de l'enseignement de la mathématique et des principes directeurs énoncés précédemment.

Objectifs globaux

Objectifs par lesquels on décrit, dans son ensemble, la contribution de la mathématique à la formation fondamentale d'une personne en vue de l'intégration de celle-ci dans une société en changement. Ces objectifs demeurent les mêmes tout au long des cinq années du secondaire. Ils constituent un axe autour duquel les autres objectifs de chacune des années s'articulent.

Objectifs généraux

Objectifs qui servent à préciser le contexte dans lequel les objectifs globaux sont poursuivis et qui expriment, en termes généraux, les intentions éducatives énoncées dans chacun des thèmes du programme. Ils chapeautent un ensemble d'objectifs terminaux.

Objectifs terminaux

Objectifs par lesquels on précise les objectifs généraux et on énonce les résultats escomptés. Dans les pages qui suivent, chaque objectif est présenté en trois paragraphes :

- dans le premier paragraphe, on décrit les acquis de l'élève;
- dans le deuxième paragraphe, on précise certaines conditions nécessaires à l'atteinte de l'objectif terminal;
- dans le troisième paragraphe, on fait le lien entre l'objectif terminal et l'objectif général, les objectifs globaux et les principes directeurs; en ce sens, on y traduit l'esprit du programme.

L'objectif terminal est atteint lorsque l'élève est capable d'établir une relation entre une situation et des connaissances. Cette capacité relève directement de l'objectif terminal et non de l'ensemble des objectifs intermédiaires qui s'y rattachent (un objet de connaissance complexe étant bien plus que la juxtaposition d'objets plus simples). L'enseignante ou l'enseignant doit, par conséquent, viser d'abord les objectifs terminaux du programme. Le degré d'atteinte de ceux-ci ne pourra être significatif que si les instruments de mesure utilisés sont fonction des limites qu'imposent les objectifs intermédiaires, ainsi que l'objectif général et les objectifs globaux.

Objectifs intermédiaires

Objectifs permettant de préciser les limites d'un objectif terminal; on pourrait aussi les appeler «objectifs de référence». Ces objectifs ne pourraient être perçus comme des étapes à franchir l'une à la suite de l'autre, car on obtiendrait ainsi une image très fragmentée de l'enseignement et de l'apprentissage. Ils sont plutôt :

- des facettes d'un thème choisies au regard du programme;
- des précisions servant à interpréter l'objectif terminal d'une façon univoque;
- des points de repère permettant de situer l'objectif terminal par rapport aux apprentissages de l'élève;
- des préalables en vue de l'atteinte d'un objectif terminal.

Objectifs du programme

Objectifs globaux

Établir des liens

Favoriser chez l'élève l'accroissement de l'habileté à établir des liens entre les connaissances qu'il ou elle construit et ses autres connaissances tant en mathématique que dans les autres disciplines, et l'amener à considérer ses connaissances comme des outils à utiliser dans la vie de tous les jours.

Communiquer

Favoriser chez l'élève l'accroissement des habiletés à saisir et à transmettre clairement de l'information au moyen du langage mathématique.

Gérer une situation problème

Favoriser chez l'élève l'accroissement de l'habileté à analyser les données d'un problème et à utiliser des stratégies appropriées afin de trouver une solution qu'il ou elle pourra par la suite vérifier, interpréter et généraliser.

Raisonner

Favoriser chez l'élève l'accroissement de l'habileté à émettre des hypothèses et à les vérifier par une démarche inductive ou déductive.

Objectif général

1

Accroître chez l'élève l'habileté à utiliser l'algèbre

Aujourd'hui, nous sommes dans une ère dominée par l'information. Il faut rendre les élèves aptes à manipuler, à traiter et à interpréter cette information.

En deuxième secondaire, nous avons exploré la puissance et l'utilité de l'algèbre comme langage ou outil de communication. L'élève a pu s'initier aux différents modes de représentation (expression numérique, image ou dessin, table de valeurs, graphique ou diagramme, expression algébrique, équation, formule, etc.) lui permettant de mettre en lumière certains aspects de problèmes à résoudre.

En troisième secondaire, nous avons utilisé l'algèbre comme outil qui permet une généralisation à partir de cas particuliers et vice versa. L'élève a pu constater la dépendance entre certaines variables, en particulier la dépendance représentée graphiquement par une droite. Elle ou il a eu aussi l'occasion de poursuivre l'acquisition de techniques de manipulation algébrique.

Pendant le cours de mathématique 436, nous allons poursuivre cette formation de façon plus formelle. L'élève analysera différents modes de représentation des fonctions; en particulier, à partir des graphiques cartésiens, elle ou il déterminera les propriétés de fonctions. À partir d'une règle d'une fonction, l'élève analysera aussi les liens entre la variation des paramètres de cette règle et la transformation du graphique cartésien correspondant. En classe, il serait avantageux, pour gagner du temps et atteindre les objectifs pédagogiques avec davantage d'efficacité, d'explorer ces fonctions à l'aide d'un ordinateur ou d'une calculatrice à affichage graphique.

L'algèbre a ses règles et sa syntaxe, et il est important d'établir une rigueur certaine à cet égard. À cet effet, l'élève poursuivra l'acquisition de techniques opératoires algébriques dans les domaines de la théorie des exposants, de la théorie des radicaux, des opérations sur les expressions algébriques, de la décomposition en facteurs et des systèmes d'équations du premier et du second degré à deux variables; elle ou il disposera alors de plusieurs outils efficaces pour résoudre des problèmes. Par la suite, l'élève pourra analyser des fonctions polynomiales de degré inférieur à trois en utilisant tout autant la règle de ces fonctions que leur représentation graphique (ici aussi, l'ordinateur ou la calculatrice à affichage graphique serait très utile et efficace).

La géométrie analytique constitue le pont entre l'algèbre et la géométrie. L'élève s'y initiera en étudiant les droites dans le plan cartésien et leurs équations sous diverses formes. Ce sera l'occasion de définir les notions de distance et de pente, qui serviront ensuite dans la démonstration de propositions géométriques.

La formalisation de la mathématique étudiée dans le programme devrait se traduire par l'emploi de symboles et de connecteurs logiques ou ensemblistes[11]. On leur reconnaît comme avantage la précision et la concision. L'enseignante ou l'enseignant devrait donc les présenter à ses élèves au fur et à mesure des besoins, en les expliquant, puis en incitant les élèves à les utiliser fréquemment; c'est ainsi que les élèves parviendront à les comprendre et à les appliquer facilement.

---

11. MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Document d'information, Graphisme, notations et symboles utilisés en mathématique au secondaire* Québec, 16-3306, 1996.

Objectif terminal
1.1

Analyser des situations fonctionnelles à l'aide de divers modes de représentation

En deuxième secondaire, l'élève a dû employer différents modes de représentation pour décrire et représenter une situation. Elle ou il a appris à traduire une situation par une équation du premier degré. L'apprentissage des concepts de rapport et de proportion lui a permis d'explorer des situations de variation directe. En troisième secondaire, on a ajouté des situations où les variables sont directement ou inversement proportionnelles et d'autres où l'une est proportionnelle au carré de l'autre. L'élève a en particulier analysé des situations où la relation entre les variables est linéaire c'est-à-dire des situations de variation directe ou partielle. Pour ce faire, l'élève a utilisé le moins possible de symbolisme complexe.

L'atteinte de l'objectif terminal 1.1 du présent programme suppose que l'élève utilise divers modes de représentation pour analyser des situations fonctionnelles de façon davantage formelle. Après avoir défini une fonction comme le lien entre une variable réelle indépendante et une variable réelle dépendante, on amènera l'élève à la noter symboliquement par la règle $y = f(x)$. L'élève aura à énoncer formellement les propriétés des fonctions à partir des graphiques cartésiens correspondants. Elle ou il devra aussi associer certaines variations des paramètres de la règle d'une fonction à la transformation du graphique cartésien correspondant. On pourra présenter à l'élève des situations fonctionnelles variées où les fonctions étudiées peuvent être de divers types : fonctions polynomiales, fonctions de variation inverse, fonctions rationnelles, fonctions «racine carrée», fonctions «en escalier», fonctions exponentielles... Cependant, l'élève n'aura pas à distinguer entre ces types de fonctions, ni à classer les situations d'où elles sont issues; il s'agit d'une première exploration de divers types de fonctions où l'accent est mis sur la notion de fonction et ses divers modes de représentation. Il est recommandé de définir formellement le vocabulaire utilisé; par ailleurs, il est important que l'élève observe et explore beaucoup de situations différentes. Pour l'objectif terminal 1.1, se reporter aux cases ombrées du tableau qui suit.

Transfert d'un mode de représentation à un autre

à de	mots ou dessin	table de valeurs	graphique	règle ou équation
mots ou dessin				
table de valeurs				
graphique				
règle ou équation				

Les objectifs globaux, l'objectif général 1 ainsi que les principes directeurs favorisent le recours à une grande variété de situations qui susciteront des discussions et du questionnement, où l'élève devra analyser des fonctions. L'élève y développera son sens de l'observation, son esprit d'analyse et son habilité à synthétiser une situation. L'élève en viendra à interpréter les représentations graphiques et à comprendre les liens entre les représentations symboliques, graphiques et numériques d'une même situation. Il serait utile (sinon nécessaire) de varier les moyens d'apprentissage : «papier – crayons», calculatrice à affichage graphique ou ordinateur.

1.1

Objectifs intermédiaires

- À partir d'une situation fonctionnelle, représenter symboliquement une fonction par un ensemble de départ, un ensemble d'arrivée et une règle.

- Étant donné une situation fonctionnelle décrite à l'aide de mots, d'une table de valeurs ou d'une règle, produire le graphique cartésien correspondant.

- Étant donné une situation fonctionnelle décrite à l'aide de mots, d'une règle ou d'un graphique cartésien, produire la table de valeurs correspondante.

- À partir d'un graphique cartésien représentant une fonction, décrire les propriétés :
  - croissance ou décroissance;
  - signe;
  - taux de variation;
  - existence d'axes de symétrie;
  - existence de maximums ou de minimums;
  - abscisse ou abscisses à l'origine (zéros);
  - ordonnée à l'origine;
  - domaine et image.

- Déterminer les liens entre la variation des paramètres de la règle d'une fonction et la transformation du graphique cartésien correspondant.

Objectif terminal
1.2

Transformer une expression algébrique en une expression équivalente

En première secondaire, l'élève a développé sa compréhension et ses habiletés opératoires sur les nombres rationnels. En deuxième secondaire, elle ou il a commencé à effectuer des opérations sur certaines expressions contenant une variable. En troisième secondaire, l'élève a pu effectuer des opérations sur des expressions contenant des exposants et a appliqué certaines lois sur les exposants entiers positifs. Elle ou il a par ailleurs effectué des opérations sur les polynômes (addition et soustraction de polynômes, multiplication d'un monôme par un polynôme et d'un binôme par un binôme, puis division d'un polynôme par un monôme).

L'atteinte de l'objectif terminal 1.2 du présent programme suppose que l'élève utilise des techniques de calcul pour passer d'une expression algébrique à une expression équivalente. L'élève doit pouvoir appliquer les définitions et les propriétés d'exposants rationnels à la transformation d'expressions algébriques. On ne devrait pas mettre l'accent sur la «théorie des radicaux»; on présentera simplement au cours d'exercices les opérations sur les racines carrées, de même que la rationalisation de numérateurs ou de dénominateurs (au plus des binômes). L'élève doit pouvoir effectuer les opérations courantes sur les expressions algébriques (par exemple, sur d'expressions rationnelles simples); l'essentiel demeure les opérations sur les polynômes. On se limitera, pour les divisions, à celles d'un polynôme par un binôme. À l'opposé, l'élève doit pouvoir décomposer un polynôme en facteurs soit par mise en évidence simple ou double, soit par détermination d'une différence de carrés ou d'un trinôme du second degré à coefficients entiers, ou par complétion du carré. Une approche géométrique, par exemple les tuiles algébriques, peut être utile pour amorcer l'étude des décompositions en facteurs : elle permet de concrétiser les techniques employées.

Enfin, il ne faut pas oublier que des techniques ne sont efficaces que si elles sont utilisées régulièrement; on devrait donc profiter de toutes les occasions (et même en susciter) afin que l'élève les applique le plus fréquemment possible. Pour l'objectif terminal 1.2, se reporter à la case ombrée du tableau qui suit.

Transfert d'un mode de représentation à un autre

à de	mots ou dessin	table de valeurs	graphique	règle ou équation
mots ou dessin				
table de valeurs				
graphique				
règle ou équation				

Les objectifs globaux, l'objectif général 1, ainsi que les principes directeurs, favorisent le recours à des activités grâce auxquelles l'élève améliorera graduellement ses connaissances de la structure de l'algèbre, sa compréhension des lois algébriques et son habileté à appliquer les techniques connexes. Tout en favorisant la compréhension, l'enseignante ou l'enseignant doit amener l'élève à acquérir des automatismes. L'élève pourra réutiliser des habiletés acquises ou développées précédemment.

1.2

Objectifs intermédiaires

- Appliquer la théorie des exposants à la transformation d'expressions algébriques.
- Effectuer les opérations (addition, soustraction, multiplication, division, exponentiation) sur les expressions algébriques, et en particulier, sur les polynômes.
- Décomposer en facteurs un polynôme donné.
- Transformer des expressions algébriques rationnelles soit par division, soit par factorisation.

Objectif terminal 1.3

Analyser des fonctions polynomiales de degré inférieur à trois

En deuxième secondaire, l'élève a abordé l'algèbre et a employé divers modes de représentation pour décrire et représenter une situation. En troisième secondaire, l'élève a analysé diverses situations présentant des relations entre deux variables. L'objectif terminal 1.1 du présent programme a permis d'analyser plusieurs situations fonctionnelles (en particulier, définir formellement la notion de fonction, les propriétés des fonctions à partir des graphiques cartésiens correspondants et le vocabulaire utilisé) et d'étudier les liens entre les variations des paramètres de la règle d'une fonction et les transformations du graphique cartésien correspondant.

L'atteinte de l'objectif terminal 1.3 du présent programme suppose que l'élève puisse analyser des fonctions polynomiales réelles en mettant l'accent sur les liens entre les diverses formes de règle d'une fonction et le graphique cartésien correspondant. On emploiera des procédés permettant, à l'aide d'un ordinateur ou d'une calculatrice à affichage graphique, de déterminer à un degré de précision donné les coordonnées de points importants des graphiques. On étudiera aussi des formules pour trouver le ou les zéros des fonctions polynomiales (les racines des équations correspondantes) et leur extremum s'il existe. L'élève devra pouvoir transformer la règle d'une fonction, représenter une fonction par son graphique cartésien, en donner les principales caractéristiques et déterminer la règle de la fonction dont la représentation cartésienne est donnée ou décrite. Pour cette analyse poussée, on se limitera aux fonctions polynomiales de degré zéro, un ou deux.

Par ailleurs, on effectuera une exploration des fonctions somme, différence et produit de deux fonctions polynomiales : l'élève pourrait en trouver de nouvelles par lui-même, puis les représenter graphiquement. Elle ou il pourrait observer les propriétés des graphiques cartésiens obtenus en les comparant et en essayant de les caractériser. Il est ici important que l'élève explore et observe beaucoup de ces fonctions sans essayer de formaliser ses acquis, mais en utilisant le vocabulaire approprié pour décrire les graphiques obtenus. L'utilisation de l'ordinateur ou de la calculatrice à affichage graphique serait éminemment utile pour faciliter l'atteinte de l'objectif terminal 1.3.

Les objectifs globaux, l'objectif général 1 ainsi que les principes directeurs favorisent le recours à des activités qui susciteront des discussions et du questionnement, où l'élève développera son sens de l'observation, son esprit d'analyse et son habileté à synthétiser. L'élève en viendra à classer des fonctions polynomiales selon la règle et le graphique cartésien correspondants de même qu'à comprendre les liens entre ces deux aspects. L'emploi de moyens techniques pourrait ici permettre l'analyse de plus de fonctions et, par le fait même, faciliter la synthèse grâce aux efforts et au temps économisés. D'autre part, on présentera à l'élève divers problèmes basés sur des situations (mathématiques, réelles, réalistes ou fantaisistes) qu'elle ou il devra résoudre en faisant appel à ses connaissances et à ses habilités.

1.3

Objectifs intermédiaires

- À partir de la règle d'une fonction polynomiale réelle de degré zéro ou un, tracer le graphique cartésien correspondant (une droite).

- À partir de la règle d'une fonction polynomiale réelle de degré zéro ou un, déterminer : le taux de variation de la fonction, son abscisse à l'origine (son zéro), son ordonnée à l'origine, son domaine et son image, sa constance, sa croissance ou sa décroissance, son signe et l'élément de son domaine associé à une image donnée.

- À partir de la règle d'une fonction polynomiale réelle de degré deux, tracer le graphique cartésien correspondant (une parabole).

- À partir de la règle d'une fonction polynomiale réelle de degré deux, déterminer l'extremum de la fonction (sommet de la parabole), ses zéros (s'ils existent), la somme et le produit des zéros, son ordonnée à l'origine, son domaine et son image, ses intervalles de croissance et de décroissance, son signe et le ou les éléments de son domaine associés à une image donnée.

- Transformer algébriquement la règle d'une fonction polynomiale réelle de degré deux de la forme

  $$f(x) = ax^2 + bx + c, \quad a \neq 0$$

  à la forme canonique

  $$f(x) = a(x - h)^2 + k, \quad a \neq 0$$

  et vice versa.

- Déterminer les liens entre la variation des paramètres de la règle d'une fonction polynomiale réelle de degré inférieur à trois et la transformation du graphique cartésien correspondant.

- Étant donné la pente et un point d'une droite ou deux de ses points, déterminer la règle de la fonction polynomiale réelle de degré zéro ou un qui est représentée par cette droite.

- Étant donné le sommet d'une parabole et un autre de ses points ou ses zéros et un autre point, déterminer la règle de la fonction polynomiale réelle de degré deux qui est représentée par cette parabole.

- À partir des graphiques ou des règles de deux fonctions polynomiales réelles, représenter graphiquement la somme, la différence et le produit de ces fonctions polynomiales.

Objectif terminal
1.4

Résoudre des problèmes à l'aide d'un système d'équations à deux variables

L'élève a déjà eu l'occasion, en deuxième secondaire, d'acquérir certaines habiletés permettant de traduire une situation par une équation du premier degré pour ensuite la résoudre. En troisième secondaire, elle ou il a poursuivi l'acquisition d'habiletés opératoires sur les expressions algébriques. Dans les objectifs terminaux 1.1 et 1.3 du présent programme, l'élève a utilisé l'algèbre pour analyser des fonctions et, dans l'objectif terminal 1.2, elle ou il s'est familiarisé avec de nouveaux outils algébriques et a développé son habileté à les utiliser.

L'atteinte de l'objectif terminal 1.4 du présent programme suppose que l'élève traduise une situation par un système d'équations et le résolve (algébriquement ou graphiquement). On pourra utiliser un ordinateur ou une calculatrice à affichage graphique pour résoudre graphiquement les systèmes d'équations où les équations devront être préalablement transformées en règles d'une fonction. On présentera à l'élève plusieurs méthodes de résolution algébrique d'un système de deux équations du premier degré à deux variables, mais on laissera l'élève libre d'utiliser celles qu'elle ou il préfère. Pour les systèmes formés d'une équation du premier degré à deux variables et d'une équation du second degré à deux variables, on insistera sur la méthode dite «de substitution». Dans un plan cartésien, la solution de ce système correspondra à l'intersection des deux graphiques représentant ces deux équations : ensemble vide, singleton ou paire. Dans tous les cas, l'élève devra résoudre des problèmes inspirés de situations mathématiques, réelles, réalistes ou fantaisistes.

Les objectifs globaux, l'objectif général 1 et les principes directeurs favorisent le recours à une grande variété de situations où l'élève devra analyser les relations entre les données du problème, formuler des équations afin d'obtenir un système, résoudre ce dernier (graphiquement ou algébriquement) et interpréter les résultats obtenus. On pourra aussi donner un système d'équations à l'élève pour qu'elle ou il le résolve, sans référence à une situation. Il serait utile de varier les moyens d'apprentissage, soit par une approche de type «papier-crayon», soit par l'emploi d'un ordinateur ou d'une calculatrice à affichage graphique.

1.4

Objectifs intermédiaires

- Traduire une situation par un système de deux équations du premier degré à deux variables.
- Résoudre graphiquement un système de deux équations du premier degré à deux variables.
- Résoudre algébriquement un système de deux équations du premier degré à deux variables.
- Traduire une situation par un système de deux équations, l'une du premier degré à deux variables et l'autre du second degré à deux variables.
- Résoudre graphiquement un système de deux équations, l'une du premier degré à deux variables et l'autre du second degré à deux variables.
- Résoudre algébriquement un système de deux équations, l'une du premier degré à deux variables et l'autre du second degré à deux variables.

Objectif terminal
1.5

Résoudre des problèmes de géométrie analytique

Depuis la deuxième secondaire, l'élève a acquis des connaissances et des habiletés en algèbre : équations du premier degré à une variable, opérations sur les polynômes, relation entre variables d'une situation, fonctions, transformations d'expressions algébriques et systèmes d'équations. Les objectifs terminaux 1.1 à 1.4 du présent programme lui ont particulièrement permis de se munir d'outils algébriques complexes. L'élève a aussi développé son savoir géométrique depuis la première secondaire[12].

L'atteinte de l'objectif terminal 1.5 du présent programme suppose que l'élève utilise ses connaissances et ses habiletés algébriques et géométriques pour résoudre plus formellement des problèmes dans le plan cartésien. L'élève aura d'abord à étudier la géométrie analytique de la droite : tracé de droites, différentes formes d'équation, rôle des paramètres, distance entre deux points (il faudra définir la valeur absolue), distance entre un point et une droite, point de partage intérieur d'un segment, de même qu'aire et périmètre de polygones. L'élève devra décrire en détail sa démarche de résolution de problèmes et en justifier les étapes. Ensuite, l'élève pourra démontrer formellement (avec l'enseignante ou l'enseignant d'abord, en équipe ensuite, puis graduellement seul) des propositions géométriques : à l'annexe 2 (page 42), on fournit une liste de propositions simples, intéressantes et facile à traiter. Il est entendu que, pour ces premières démonstrations, on facilitera la tâche à l'élève en la ou le guidant et en tentant de développer des habiletés qui seront approfondies ultérieurement. On ne devrait pas accorder une grande importance à ces démonstrations au moment de l'évaluation sommative. Cependant, l'élève devrait pouvoir appliquer ces propositions dans les cas particuliers.

Les objectifs globaux, l'objectif général 1 ainsi que les principes directeurs favorisent le recours à des activités grâce auxquelles l'élève pourra parfaire graduellement ses connaissances en géométrie analytique tout en développant son habileté à justifier et à démontrer des propositions (il s'agit de mettre l'effort sur la compréhension plutôt que sur la mécanique de la preuve). L'élève pourra appliquer ses connaissances et habiletés à la résolution de multiples problèmes. Elle ou il pourra aussi constater la puissance des méthodes alliant l'algèbre à la géométrie.

12. Voir l'annexe 1, page 40.

1.5

Objectifs intermédiaires

- Déterminer la pente d'une droite qui passe par deux points donnés.
- Déterminer la pente, l'abscisse à l'origine et l'ordonnée à l'origine d'une droite d'équation donnée.
- Tracer, dans le plan cartésien, la droite dont la pente et un point sont donnés.
- Déterminer l'équation associée à une droite dont on connaît soit la pente et un point, soit deux points, soit l'abscisse à l'origine et l'ordonnée à l'origine, soit un point et l'équation d'une droite parallèle ou perpendiculaire.
- Transformer algébriquement l'équation d'une droite.
- Déterminer si deux droites sont perpendiculaires, sécantes, parallèles disjointes ou parallèles confondues en comparant les paramètres de leurs équations associées.
- Déterminer la distance soit entre deux points, soit entre un point et une droite.
- À partir de données pertinentes, déterminer les coordonnées d'un point qui partage intérieurement un segment dont les coordonnées des extrémités sont données.
- Déterminer l'aire et le périmètre de polygones dont on connaît les coordonnées des sommets.
- Démontrer des propositions en utilisant la géométrie analytique[13].

13. Voir l'annexe 2, page 42.

Objectif général

2

Accroître chez l'élève l'habileté à analyser des situations géométriques

«Un des principaux buts de l'enseignement de la géométrie est de développer l'intuition, qui est reconnue comme un facteur important de réussite dans le monde du travail, ainsi que dans la poursuite des études ultérieures[14].»

Le développement de la pensée géométrique de l'élève s'effectue graduellement : l'élève apprend d'abord à reconnaître globalement les formes, puis à analyser les différentes propriétés relatives à ces formes, pour ensuite établir des relations entre les propriétés et faire des déductions simples. Grâce à de nombreuses activités d'exploration et d'observation actives, l'élève s'est créé un réseau de relations autour des triangles, des quadrilatères, des cercles, des polygones réguliers, des transformations isométriques et homothétiques, de même que des solides[15]. Dans le présent programme, on prévoit l'élargissement de ce réseau autour des concepts d'isométrie, de similitude, d'équivalence, ainsi que de rapports trigonométriques.

L'élève fera appel à ses notions de transformations géométriques pour définir formellement «les isométries» et «les similitudes», puis en faire l'étude plus approfondie. Cette étude mènera aux conditions minimales entraînant l'isométrie ou la similitude de triangles (qu'on pourra faire découvrir par expérimentation et objectivation), ainsi qu'aux propriétés des figures planes isométriques ou semblables[16]. L'élève pourra ici réutiliser ses acquis à propos des rapports et des proportions.

On définira des figures planes équivalentes comme «des figures de même aire» et on en étudiera les principales propriétés[17].

Dans le programme Mathématique 436, il est essentiel de poursuivre le développement du sens spatial amorcé en troisième secondaire. Cette forme d'activité mentale, permettant de créer et de manipuler des images d'objets, sera mise à profit dans l'étude de solides droits isométriques ou semblables. Dans ce but, de façon très informelle, on généralisera à l'espace les transformations géométriques connues. L'élève étudiera et utilisera les propriétés de ces solides. On définira aussi des solides équivalents comme des «solides de même volume». L'élève établira alors des liens entre les aires totales et les volumes des solides[17].

---

14. Arthur F. COXFORD, et autres. *Geometry from Multiple Perspective, Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, Addenda Series Grades 9 to 12, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1991, p. v.

15. Voir l'annexe 1, page 40.

16. Voir l'annexe 3, page 44.

17. Voir l'annexe 4, page 46.

D'autre part, pendant les activités organisées à cet effet, l'élève découvrira de nouveaux outils pour résoudre des problèmes sur les triangles : les rapports trigonométriques sinus, cosinus et tangente (définis dans les triangles rectangles), puis les lois des sinus et des cosinus (définies dans les triangles quelconques).

Bien sûr, toutes ces définitions, propriétés et lois serviront à résoudre des problèmes géométriques portant sur des figures à deux ou à trois dimensions. Généralement, l'élève devrait énoncer une proposition ou suggérer une démarche de résolution en la justifiant. La géométrie enseignée doit être logique et raisonnée; elle doit préparer l'élève aux preuves formelles qui pourront être vues ultérieurement.

«Les élèves ont besoin d'expériences répétées comportant des raisonnements, des discussions et des justifications pour soutenir leurs conjectures avant d'être en mesure de comprendre la nécessité et la valeur d'une preuve formelle[18].» «Pour ce faire, on doit leur offrir plus de possibilités de traiter et de résoudre des problèmes géométriques par elles-mêmes ou eux-mêmes et en petits groupes[19].» La technologie moderne peut ici être d'une grande utilité, certains logiciels permettant justement l'exploration de problèmes géométriques et offrant de ce fait l'occasion de formuler des conjectures, d'en discuter et de les tester sans aide extérieure.

---

18. Arthur F. COXFORD, et autres. *Geometry from Multiple Perspective, Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, Addenda Series Grades 9 to 12, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1991, p. 51.

19. *Ibid.*, p. 64.

Objectif terminal
2.1

Résoudre des problèmes en utilisant les concepts d'isométrie, de similitude et d'équivalence

Depuis la première secondaire, l'élève a construit des figures planes en utilisant les transformations isométriques ou homothétiques, ainsi que leurs composées, et elle ou il en a exploré les propriétés. L'élève a fait ces constructions à l'aide d'outils géométriques, mais aussi en utilisant une règle de transformation des coordonnées de points dans le plan cartésien (réflexion selon les axes ou les bissectrices des quadrants, rotations centrées à l'origine et dont l'angle de rotation est un multiple de 90° et homothéties centrées à l'origine). L'élève a étudié la notion de transformation réciproque et a cherché à nommer la transformation unique équivalente à une composée de transformations. Par ailleurs, l'élève a développé son sens spatial et approfondi ses connaissances sur les solides; elle ou il a créé, représenté, classé, sectionné, construit et analysé des solides; elle ou il en a aussi calculé les mesures.

L'atteinte de l'objectif terminal 2.1 du présent programme suppose que l'élève approfondisse ses connaissances sur l'isométrie, la similitude ou l'équivalence des figures à deux ou trois dimensions afin de résoudre différents problèmes. D'abord, l'élève décrit les isométries ou les similitudes. Puis, elle ou il cherche à identifier l'isométrie ou la similitude (sinon, la composée de deux transformations géométriques) associant deux figures planes isométriques ou semblables. L'élève énonce ensuite les principales propriétés des figures planes isométriques, semblables ou équivalentes et les utilise afin de résoudre des problèmes. Enfin, l'élève généralise cette étude aux solides isométriques, semblables, équivalents ou de même aire totale. Autant sur les solides que sur les figures planes, l'élève résout des problèmes en organisant sa solution, en justifiant les étapes de son raisonnement et en se basant sur les définitions, les théorèmes et les propriétés qu'elle ou il a étudiés précédemment. Dans le but d'arriver graduellement à des preuves formelles, l'élève doit s'efforcer de fournir une argumentation juste et rigoureuse dans des démarches structurées.

Les objectifs globaux, l'objectif général 2 et les principes directeurs favorisent le recours à des activités où l'élève aura à chercher des propriétés ou des théorèmes, à les démontrer, puis à les appliquer à la résolution de problèmes. Elle ou il sera amené à distinguer la conjecture de la certitude et l'hypothèse de la conclusion. Le souci constant de la justification au moment de l'analyse de situations géométriques ou de la résolution d'un problème mènera petit à petit l'élève au raisonnement formel, à la démonstration.

2.1

Objectifs intermédiaires

- Définir les isométries et les similitudes au moyen des transformations géométriques et de leurs composés.

- Deux figures planes données étant isométriques ou semblables, décrire précisément la transformation géométrique ou la composée de transformations géométriques minimale associant l'une à l'autre.

- Caractériser les figures planes isométriques, semblables ou équivalentes.

- Déterminer les propriétés (mesures d'angles et de côtés, périmètres, aires, etc.) des figures planes isométriques, semblables ou équivalentes.

- Énoncer les conditions minimales entraînant l'isométrie ou la similitude de deux triangles.

- Caractériser les solides isométriques, semblables, de même aire totale ou équivalents.

- Déterminer les propriétés (mesures d'angles et de côtés, périmètres, aires, volumes, etc.) de solides isométriques, semblables, de même aire et équivalents.

- Certaines mesures de solides droits semblables ou de boules étant données, déterminer d'autres mesures à partir d'un rapport (de longueurs, d'aires, de volumes) ou de données pertinentes pour trouver ce rapport.

- Justifier une affirmation dans la résolution d'un problème[20].

20. Voir l'annexe 3, page 44.

Objectif terminal
2.2

Résoudre des problèmes à l'aide de rapports trigonométriques

Au premier cycle du secondaire, l'élève a fait l'apprentissage des concepts de rapports et de proportions. L'objectif terminal 2.1 du présent programme lui a permis d'apprendre le concept de figures semblables et de raisonner avec davantage de rigueur.

L'atteinte de l'objectif terminal 2.2 du présent programme suppose que l'élève utilise les rapports trigonométriques, la loi des sinus et celle des cosinus pour déterminer des mesures de triangles afin de résoudre des problèmes. Il ne suffit pas de calculer la mesure d'un côté ou d'un angle dans un triangle, il faut se servir de ces données pour résoudre des problèmes.

Les objectifs globaux, l'objectif général 2 et les principes directeurs favorisent le recours à des activités où l'élève pourra découvrir que les rapports trigonométriques découlent des rapports de similitude établis dans des triangles rectangles semblables. On amènera l'élève à établir la loi des sinus et celle des cosinus. À l'aide de ces outils, l'élève pourra déterminer les mesures dans des triangles et ainsi résoudre des problèmes variés : mesurage indirect, repérage, arpentage, etc. Ici aussi, le souci constant de justification dans la démarche de résolution de problèmes préparera graduellement l'élève au raisonnement formel.

2.2

Objectifs intermédiaires

- À partir de mesures pertinentes, calculer la mesure d'un côté ou d'un angle dans un triangle rectangle à l'aide d'un rapport trigonométrique.

- À partir de mesures pertinentes, calculer la mesure d'un côté ou d'un angle dans un triangle à l'aide de la loi des sinus ou de la loi des cosinus.

- Justifier une affirmation dans la résolution d'un problème[21].

21. Voir l'annexe 3, page 44.

Objectif général

3

Accroître l'esprit critique de l'élève devant une étude statistique

Pour être informée et productive, une personne doit avoir une certaine facilité à traiter des données et à prendre des décisions judicieuses basées sur des arguments quantitatifs ou qualitatifs. Il s'agit de dépasser le stade de la seule réponse numérique afin d'en arriver à l'analyse critique de situations. L'élève apprendra à poser des questions pertinentes et à communiquer une analyse tout en développant une attitude critique.

Au premier cycle du secondaire, l'élève a organisé et présenté des données dans des tableaux et des diagrammes. Elle ou il a également vu certaines mesures descriptives (moyenne, médiane, mode et étendue) permettant de synthétiser les données et de fournir ainsi de l'information sur les phénomènes. À ces mesures de tendance centrale doivent s'ajouter d'autres données. En quatrième secondaire, l'étude des mesures de position sera abordée et l'élève sera initié au concept de dispersion.

Il serait cependant opportun d'amener l'élève à se questionner sur la manière dont les données sont obtenues à la source et de vérifier les qualités ou les défauts d'une collecte de données. Pour cela, elle et il devra se munir de quelques outils d'analyse.

Le contexte amènera l'élève à utiliser des données plutôt qu'à les produire. Il faut l'amener à examiner et à discuter les sondages d'opinion, les cotes d'écoute, les données d'un recensement, etc.

Objectif terminal
3.1

Résoudre des problèmes en utilisant des mesures de position

Au premier cycle du secondaire, l'élève s'est muni de certains outils d'analyse (mesures de tendance centrale et étendue) et a organisé des données sous forme de tableaux ou de diagrammes (à bandes, à ligne brisée, circulaire et histogramme).

L'atteinte de l'objectif terminal 3.1 du présent programme suppose que l'élève utilise les outils d'analyse graphiques et numériques à sa disposition pour résoudre des problèmes. Il s'agit donc d'utiliser ces outils pour étudier la variabilité d'une distribution. L'élève utilisera les mesures de position afin de se renseigner soit sur la place d'une donnée par rapport aux autres dans une distribution, soit sur les écarts qu'il peut y avoir entre les diverses données de la distribution. En poursuivant l'exploration de l'analyse de données, l'élève ajoutera à son bagage de modèles mathématiques le diagramme de quartiles. Ce diagramme lui permettra non seulement de faire ressortir certaines caractéristiques de la distribution, mais aussi de lui donner une idée de la dispersion des données.

Les objectifs globaux, l'objectif général 3 et les principes directeurs favorisent le recours à des activités où l'élève aura l'occasion de communiquer de l'information sur un ensemble de données soit à l'aide d'une représentation graphique, soit à l'aide de certaines mesures décrivant cette distribution. La technologie doit être utilisée pour faciliter l'analyse et l'interprétation. L'accent doit être mis sur l'analyse et la communication de cette analyse. L'élève en viendra à interpréter les représentations graphiques et à comprendre les liens entre les représentations graphiques et numériques de la même situation.

3.1

Objectifs intermédiaires

- Distinguer les mesures de position, les mesures de tendance centrale et les mesures de dispersion.
- Dans des cas pertinents, attribuer un rang cinquième ou un rang centile à une donnée.
- Déterminer la ou les données qui occupent un rang cinquième ou un rang centile.
- Utiliser des mesures de position pour comparer des données.
- Construire un diagramme de quartiles.
- Interpréter un diagramme de quartiles.
- À l'aide de mesures de position et de mesures de tendance centrale, dégager des données de nature qualitative concernant la dispersion d'une distribution à un caractère.

Objectif terminal
3.2

Résoudre des problèmes de collecte de données

Au premier cycle du secondaire, l'élève a organisé sous forme de tableaux ou de diagrammes des données qui, en général, lui ont été fournies. L'élève a poursuivi son étude de phénomènes où intervient le hasard. Elle ou il a aussi utilisé certaines mesures pour caractériser ces données (moyenne, médiane, mode et étendue).

L'atteinte de l'objectif terminal 3.2 du présent programme suppose que l'élève juge de la fiabilité de l'échantillon et de la pertinence des données utilisées au moment du processus de prédictions pour une population. Pour juger de la pertinence des données, il faut vérifier si elles sont représentatives. L'échantillon doit être, selon l'hypothèse posée, un portrait fidèle de la population étudiée. En ce sens, il faut se questionner sur la taille de cet échantillon et sur le procédé de collecte de données de façon qu'il y ait le minimum de biais ou d'erreurs. L'élève a déjà à sa portée plusieurs outils qui lui permettent de décrire des données graphiquement ou numériquement. Il est nécessaire de doter l'élève de quelques principes à respecter durant ce traitement pour s'assurer de la qualité des conclusions tirées.

Les objectifs globaux, l'objectif général 3 et les principes directeurs favorisent le recours à des activités où l'élève développera une attitude critique lorsqu'elle ou il prend connaissance des résultats d'une collecte de données. L'élève doit constater qu'un sondage comporte plusieurs facettes, toutes pouvant affecter la précision des résultats. Au cours de discussions et de recherches, l'élève doit se méfier des biais lors de la sélection de données, de même que des erreurs de mesure ou de distorsions dans les représentations graphiques ou numériques, tant dans les médias que dans ses propres travaux.

3.2

Objectifs intermédiaires

- Distinguer échantillon et population.
- Justifier le choix de recensement, de sondage ou d'enquête afin d'obtenir de l'information.
- Décrire des caractéristiques d'un échantillon représentatif d'une population.
- Choisir une méthode d'échantillonnage appropriée pour rechercher de l'information.
- Déterminer les sources possibles de biais au cours d'une recherche d'information.
- Comparer deux échantillons provenant d'une même population.

Annexes

Annexe 1 Énoncés géométriques des programmes du premier cycle du secondaire

L'élève a étudié graduellement un ensemble de propriétés de figures à deux ou à trois dimensions. Elle ou il a étudié les propriétés de transformations géométriques. Les énoncés ci-dessous en constituent un résumé et ils doivent être intégrés à ceux que l'élève étudiera dans le programme Mathématique 436. Comme l'élève a utilisé les mots transformations isométriques à partir de la troisième secondaire, les énoncés (2, 7, 13, 14, 16 et 23) se rapportant au concept de congruence ont été modifiés. En effet, on y a remplacé le concept de congruence par celui d'isométrie, qui est plus large. Les énoncés permettront à l'élève de déterminer des mesures de certaines figures et de justifier certaines étapes dans la résolution de problèmes.

Remarque : Lorsqu'il s'agit d'éléments géométriques mesurables (segments, côtés, angles) ayant la même mesure, le terme *congru* peut être utilisé pour les décrire.

1. Des angles adjacents qui ont leurs côtés extérieurs en ligne droite sont supplémentaires.
2. Les angles opposés par le sommet sont isométriques.
3. La somme des mesures des angles intérieurs d'un triangle est 180°.
4. Dans tout triangle, la mesure d'un côté quelconque est plus petite que la somme des mesures des deux autres côtés.
5. Dans tout triangle, la mesure d'un côté quelconque est plus grande que la différence des mesures des deux autres côtés.
6. Dans tout triangle, au plus grand angle est opposé le plus grand côté.
7. Dans tout triangle isocèle, les angles opposés aux côtés isométriques sont isométriques.
8. Dans tout triangle équilatéral, les angles mesurent 60°.
9. Dans tout triangle rectangle, les angles aigus sont complémentaires.
10. Dans tout triangle rectangle isocèle, chacun des angles aigus mesure 45°.
11. L'axe de symétrie d'un triangle isocèle supporte une médiane, une médiatrice, une bissectrice et une hauteur de ce triangle.
12. Les axes de symétrie d'un triangle équilatéral supportent les médianes, les médiatrices, les bissectrices et les hauteurs de ce triangle.
13. Les angles opposés d'un parallélogramme sont isométriques.
14. Les côtés opposés d'un parallélogramme sont isométriques.
15. Les diagonales d'un parallélogramme se coupent en leur milieu.
16. Les diagonales d'un rectangle sont isométriques.
17. Les diagonales d'un losange sont perpendiculaires.
18. Dans un polygone convexe, les diagonales issues d'un sommet divisent ce polygone en autant de triangles qu'il y a de côtés moins deux.
19. La somme des mesures des angles extérieurs d'un polygone convexe est égale à 360°.

20. La somme des mesures des angles intérieurs d'un polygone est égale à autant de fois 180º qu'il a de côtés moins deux.

21. Trois points non alignés déterminent un et un seul cercle.

22. Toutes les médiatrices des cordes d'un cercle se rencontrent au centre du cercle.

23. Tous les diamètres d'un cercle sont isométriques.

24. Dans un cercle, la mesure d'un rayon est égale à la demi-mesure d'un diamètre.

25. Dans un cercle, les axes de symétrie passent par le centre.

26. Dans un cercle, le rapport de la circonférence au diamètre est une constante que l'on représente par π.

27. Dans un cercle, l'angle au centre a pour mesure la mesure en degrés de l'arc compris entre ses côtés.

28. Dans un cercle, le rapport des mesures de deux angles au centre est égal au rapport des mesures des arcs interceptés entre leurs côtés.

29. L'aire d'un disque est égale à πr^2.

30. Dans un disque, le rapport des aires de deux secteurs est égal au rapport des mesures de leurs angles au centre.

31. Dans un triangle rectangle, le carré de la mesure de l'hypoténuse égale la somme des carrés des mesures des autres côtés.

32. Si un triangle est tel que le carré de la mesure d'un côté soit égal à la somme des carrés des mesures des autres, il est rectangle.

33. Dans tout polyèdre simple, la somme du nombre de sommets et du nombre de faces est égale au nombre d'arêtes plus deux.

34. Une transformation isométrique conserve la colinéarité, le parallélisme, l'ordre des points, les distances et les mesures des angles. Les translations et les rotations conservent en plus l'orientation du plan.

35. Toute transformation homothétique conserve la colinéarité, le parallélisme, l'ordre des points, l'orientation du plan, les mesures des angles et le rapport des distances.

36. Toute translation et toute homothétie transforment une droite en une droite parallèle.

Annexe 2 Îlot déductif en géométrie analytique

On accepte comme éléments de départ les éléments ci-dessous :

1. Les connaissances et habiletés développées :

   - la formule pour trouver la distance entre deux points (basée sur le théorème de Pythagore);
   - la formule pour calculer la distance entre un point et une droite;
   - la formule ou une méthode pour trouver les coordonnées du point de partage intérieur d'un segment;
   - la forme générale de l'équation d'une droite;
   - la forme fonctionnelle de l'équation d'une droite;
   - la forme symétrique (canonique) de l'équation d'une droite;
   - le rôle des paramètres dans les diverses formes d'équation d'une droite (formes générale, fonctionnelle et symétrique [canonique]).

2. Les propositions :

   - les axes des abscisses et des ordonnées sont orthonormés;
   - deux droites, non parallèles à l'axe des ordonnées, sont parallèles si et seulement si leurs pentes sont égales;
   - deux droites, non parallèles à l'axe des ordonnées, sont perpendiculaires si et seulement si leurs pentes sont inverses et de signes contraires;
   - étant donné un polygone, on peut toujours placer un système d'axes de telle façon que deux sommets consécutifs soient sur l'axe des abscisses dont l'un est à l'origine.

Annexe 2 (suite)

On peut démontrer les propositions énoncées ci-dessous :

1. Le segment joignant les milieux de deux côtés d'un triangle est parallèle au troisième côté et sa mesure égale la moitié de celle du troisième côté.

2. Le segment joignant les milieux des côtés non parallèles d'un trapèze est parallèle aux bases et sa mesure égale la demi-somme des mesures des bases.

3. Les segments joignant les milieux des côtés opposés d'un quadrilatère et le segment joignant les milieux des diagonales concourent en un point qui est le milieu de chacun de ces segments.

4. Un segment joignant un sommet d'un parallélogramme au milieu d'un des côtés non adjacent coupe la diagonale opposée en un point qui divise chacun de ces deux segments dans le rapport 1 : 2.

5. Le milieu de l'hypoténuse d'un triangle rectangle est équidistant des trois sommets.

6. Les milieux des côtés de tout quadrilatère sont les sommets d'un parallélogramme.

7. Dans tout triangle, les trois médiatrices concourent en un même point équidistant des trois sommets.

8. Dans tout triangle, les trois médianes concourent en un même point situé aux deux tiers de chacune à partir du sommet.

9. Dans tout triangle, le carré de la mesure d'un côté opposé à un angle aigu est égal à la somme des carrés des mesures des deux autres côtés moins deux fois la mesure d'un de ces côtés par la mesure de la projection de l'autre sur celui-là.

10. Dans tout triangle, la somme des carrés des mesures des médianes égale les trois quarts de la somme des carrés des mesures des côtés.

11. Si ABCD est un parallélogramme et si E est le point milieu du côté AD, F est le point milieu du côté AB, G est le point milieu du côté BC et H est le point milieu du côté CD, alors les segments AH, FC, BE et DG forment un autre parallélogramme en se coupant.

12. La somme des carrés des distances entre un point quelconque et deux sommets opposés d'un rectangle égale la somme des carrés des distances de ce point aux deux autres sommets du rectangle.

On peut, bien sûr, démontrer d'autres propositions géométriques.

Annexe 3 Énoncés géométriques du programme Mathématique 436

Remarque : Lorsqu'il s'agit d'éléments géométriques mesurables (segments, côtés, angles) ayant la même mesure, le terme *congru* peut être utilisé pour les décrire.

1. Si une sécante coupe deux droites parallèles, alors :
   - les angles alternes-internes sont isométriques;
   - les angles alternes-externes sont isométriques;
   - les angles correspondants sont isométriques.
2. Si deux angles correspondants (ou alternes-internes ou alternes-externes) sont isométriques, alors ils sont formés par des droites parallèles coupées par une sécante.
3. Les éléments homologues de figures planes ou de solides isométriques ont la même mesure.
4. Des figures planes ou des solides sont isométriques si et seulement s'il existe une isométrie qui associe une figure à l'autre.
5. Deux triangles qui ont tous leurs côtés homologues isométriques sont isométriques.
6. Deux triangles qui ont un angle isométrique compris entre des côtés homologues isométriques sont isométriques.
7. Deux triangles qui ont un côté isométrique compris entre des angles homologues isométriques sont isométriques.
8. Des sécantes, coupées par des parallèles, sont partagées en segments de longueurs proportionnelles.
9. Le segment de droite qui joint le milieu de deux côtés d'un triangle est parallèle au troisième côté et sa mesure est la moitié de celle du troisième côté.
10. Toute droite sécante à deux côtés d'un triangle et parallèle au troisième côté forme un petit triangle semblable au grand.
11. Des figures planes ou des solides sont semblables si et seulement s'il existe une similitude qui associe une figure à l'autre.
12. Deux triangles qui ont deux angles homologues isométriques sont semblables.
13. Deux triangles dont les mesures des côtés homologues sont proportionnelles sont semblables.
14. Deux triangles possédant un angle isométrique compris entre des côtés homologues de longueurs proportionnelles sont semblables.
15. Dans des figures planes ou des solides semblables :
    - le rapport entre les mesures d'angles homologues est 1;
    - le rapport entre les mesures de segments homologues est égal au rapport de similitude;
    - le rapport entre les aires est égal au carré du rapport de similitude;
    - le rapport entre les volumes est égal au cube du rapport de similitude.

Annexe 3 (suite)

16. Des figures planes ou les solides dont le rapport de similitude est 1 sont isométriques.

17. Dans un triangle rectangle, la mesure du côté opposé à un angle de 30º est égale à la moitié de celle de l'hypoténuse.

18. Loi des sinus :

    Les mesures des côtés d'un triangle quelconque sont proportionnelles aux sinus des angles opposés à ces côtés.

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

19. Loi des cosinus :

    Le carré de la longueur d'un côté d'un triangle quelconque est égal à la somme des carrés des longueurs des autres côtés, moins le double du produit des longueurs des deux autres côtés par le cosinus de l'angle compris.

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cos A$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2ac \cos B$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos C$$

Annexe 4 Propriétés des figures à deux ou trois dimensions

1. De tous les polygones équivalents à *n* côtés, c'est le polygone régulier qui a le plus petit périmètre.

2. De deux polygones convexes équivalents, c'est le polygone qui a le plus de côtés qui a le plus petit périmètre. (À la limite, c'est le cercle équivalent qui a le plus petit périmètre.)

3. De tous les prismes rectangulaires de même aire totale, c'est le cube qui a le plus grand volume.

4. De tous les solides de même aire totale, c'est la boule qui a le plus grand volume.

5. De tous les prismes rectangulaires de même volume, c'est le cube qui a la plus petite aire totale.

6. De tous les solides de même volume, c'est la boule qui a la plus petite aire totale.

Bibliographie

GÉNÉRALITÉS

BEDNARZ, Nadine. «L'enseignement des mathématiques et le Québec de l'an 2000», dans Richard Pallascio (dir.), *Mathématiquement vôtre! Défis et perspectives pour l'enseignement des mathématiques*, Montréal, Les éditions Agence d'ARC inc., 1990, p. 69.

BORDIER, Jacques, et autres. *La mathématique et l'activité humaine. Rencontre avec Pascal C.*, Québec, Télé-université, 1979, p. 194-217.

BROWN, Stephen I., et I. MARION. *The Art of Problem Posing*, Walter Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1990.

BARACS, Janos, et Richard PALLASCIO. «Le développement de la perception spatiale», *Bulletin de l'AMQ*, vol. 21, nº 4, déc. 1981, p. 5-11.

CONFREY, Jere. «What Constructivism Implies for Teaching», dans Robert B. Davis, Carolyn A. Maher et Nel Noddings (dir.), *Constructivist views of the teaching and the learning of mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1990, p. 107-122.

CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ÉDUCATION. *Évaluer les apprentissages au primaire : un équilibre à trouver*, Québec, Direction des communications, 1992, p. 1.

FORELICH, Gary W., Kevin G. BARTKOVICH et Paul A. FOESTER. *Connecting Mathematics, Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics Addenda Series, Grades 9-12*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1991, 69 p.

GOLDIN, Gerald A. «Epistemology, Constructivism and Discovery», dans Robert B. Davis, Carolyn A. Maher et Nel Noddings (dir.), *Constructivist Views of the Teaching and the Learning of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1990, p. 31-47.

HIEBERT, James. *Conceptual and Procedural Knowledge: The Case of Mathematics*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates, 1986.

HIRSCH, Christian R. «Activities for Implementing Curricular Themes», *Agenda for Action*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1986.

HIRSCH, Christian R., et Harold L. SCHOEN. «A Core Curriculum for Grades 9-12», *Mathematics Teacher*, vol. 82, nº 9, déc. 1989, p. 696-701.

KENNY, Margaret J. (dir.). *Discrete Mathematics accross the Curriculum, K-12, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1991, 248 p.

MEIRING, Steven P., Theta N. RUBESTEIN, James E. SCHULTZ, Jan de LANGE et Donald L. CHAMBERS. *A Core Curriculum: Making Mathematics Count for Everyone, Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics Addenda Series, Grades 9-12*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1992, 150 p.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Guide pédagogique, Primaire, Mathématique, Fascicule K, Résolution de problèmes*, Québec, Direction de la formation générale des jeunes, 1988, p. 15 et 51-55.

NODDINGS, Nel. «Constructivism in Mathematics Education», dans Robert B. Davis, Carolyn A. Maher et Nel Noddings (dir.), *Constructivist views of the Teaching and the Learning of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1990, p. 7-18.

PARADIS, Esther. *L'évaluation des apprentissages : valoriser sa mission pédagogique*, Québec, Fédération des enseignantes et des enseignants de commissions scolaires, Centrale de l'enseignement du Québec, 1992, p. 26.

RESNICK, L.B., et L.E. KLOFFER. «Toward the Thinking Curriculum: An Overview», *Toward the Thinking Curriculum: Current Cognitive Research, 1989 Yearbook of the Association for Supervision and Curriculum Development*, Alexandria, VA, ASCD, 1989.

ROMBERG, Thomas A. (dir.). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1989, 258 p.

TASK FORCE ON DISCRETE MATHEMATICS. *Discrete Mathematics and the Secondary Mathematics Curriculum*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1990.

WIRSZUP, Izaak, et Robert STREIT. *Developments in School Mathematics Education around the World : Applications-oriented Curricula and Technology-supported Learning for all the Students*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1987.

ALGÈBRE ET TECHNOLOGIE

BARRETT, G., et J. GROEBEL. «The impact of Graphing Calculators on the Teaching and Learning of Mathematics», dans Thomas J. Cooney (dir.), *Teaching and Learning mathematics in the 1990s, K-12, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1990, p. 205-211.

BELL, Alan. «Purpose in School Algebra», dans Robert B. Davis (dir.), *The Journal of Mathematical Behavior, Special Issue: New Perspectives on School Algebra, Papers and Discussions of ICME-7, Groupe de travail sur l'algèbre*, Québec, vol. 14, nº 1, mars 1995, p. 44-73.

DEMANA, Franklin, et Bert K. WAITS. «Enhancing Mathematics Teaching and Learning through Technology», dans Thomas J. Cooney (dir.), *Teaching and Learning Mathematics in the 1990s, K-12, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1990, p. 212-222.

DEMANA, Franklin, et Bert K. WAITS. *Precalculus Mathematics, a Graphing Approach*, Reading, MA, Addisson-Wesley, 1990.

DION, G. «The graphing calculator: A Tool for Critical Thinking», *Mathematics Teacher*, vol. 83, nº 7, oct. 1990, p. 564-571.

FEY, James T. «School Algebra for the Year 2000», dans Sigrid Wagner et Carolyn Kieran (dir.), *Research Issues in the Learning and the Teaching of Algebra*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1989, p. 199-214.

FEY, James T., et autres. *Concepts in Algebra: A Technological Approach*, Dedham, MA, Janson Publications, 1995.

HEID, M. Kathleen, J. CHOATE, C. SHETTS et R.M. ZBIEK. *Algebra in a Technological World, Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics Addenda Series, Grades 9-12*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1995, 168 p.

JANVIER, Claude, Catherine GIRARDON et Jean-Charles MORAND. «Mathematical Symbols and Representations», dans P.S. Wilson (dir.), *Research Ideas for the Classroom: High School Mathematics*, New York, Macmillan, 1993, p. 79-102.

JANVIER, Claude. «Représentation et compréhension (un exemplaire : le concept de fonction)», *Bulletin de l'AMQ*, vol. XXIII, nº 5, oct. 1983, p. 22-28.

KAPUT, J.J. «Technology and Mathematics Education», dans D.A. Grouws (dir.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, New York, Macmillan, 1992, p. 199-213.

KENNEDY, J., et E. RAGAN. «Function», dans Thomas Cooney (dir.), *Historical Topics for the Mathematics Classroom, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Washington DC, National Council of Teachers of Mathematics, 1969, p. 312-313.

KIERAN, Carolyn. «The Learning and Teaching of School Algebra», dans D.A. Grouws (dir.), *Hanbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, New York, Macmillan, 1993, p. 390-419.

LEINHARDT, G., O. ZASLAVSKI et M.K. STEIN. «Functions, Graphs and Graphing: Tasks, Learning and Teaching», *Review of Educational Research*, vol. 60, 1990, p. 1-64.

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Document d'information, graphisme, notations et symboles utilisés en mathématique au secondaire*, Québec, 16-3306, 1996.

SCHWARTZ, J., et M. YERUSHALMY. «Getting Students to Function in and with Algebra», dans G. Harel et E. Dubinsky (dir.), *The Concept of Function: Aspects of Epistemology and Pedagogy*, Mathematical Association of America Notes, vol. 25, 1992, p. 261-289.

SFARD, A. *Transition from Operational to Structural Conception: The Notion of Function Revised* », conférence présentée au cours de la 13e conférence internationale de la psychologie de la mathématique, 1989.

STEEN, Lynn Arthur. «Pattern», *On the Shoulders of Giants (New Approaches to Numeracy)*, Washington DC, National Research Council, National Academy Press, 1990, p. 1-10.

THORPE, J.A. «Algebra: What Should we Teach and How Should we Teach it ?», dans Sigrid Wagner et Carolyn Kieran (dir.), *Research Issues in the Learning and the Teaching of Algebra*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1989, p. 11-24.

USIKIN, Z. «Conceptions of Algebra and Uses of Variables», dans A. Coxford et A. Schulte (dir.), *The Ideas of Algebra, K-12*, *Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1988, p. 8-19.

WALTS, B.K., et F. DEMANA. *New Models for Teaching and Learning Mathematics through Technology*, conférence présentée au groupe de travail sur la micro-informatique et l'enseignement de la mathématique, ICME-6, Budapest, 1988.

<u>GÉOMÉTRIE</u>

CHAZEN, Daniel et Richard HOUDE. *How to Use Conjecturing and Microcomputers to Teach Geometry*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1989.

CLEMENTS, Douglas H., et Michael T. BATISTA. «Geometry and Spatial Reasoning», dans Douglas A. Grouws (dir.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning, NCTM, Research Interpretation Project*, New York, Macmillan, 1992, p. 420-464.

COXFORD, Arthur F., et autres. *Geometry from Multiple Perspective, Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics Addenda Series, Grades 9 to 12*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1991, 72 p.

CRAINE, Timothy V. «Integrating Geometry into the Secondary Mathematics Curriculum», dans Christian R. Hirsch, (dir.), *The Secondary School Mathematics Curriculum, Yearbook of the National council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1985, p. 122-127.

CROWE, Donald W., et Thomas M. THOMPSON. «Some Modern Uses of Geometry», dans Mary M. Lindquist (dir.), *Learning and Teaching Geometry, K-12, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1987, p. 101-112.

HENDERSON, Kenneth B. (dir.). *Geometry in the Mathematics Curriculum, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1973.

HIRSCH, Christian R., Harold L. SCHOEN, Andrew J. SAMIDE, Dwight O. COBLENTZ et Mary Ann NORTON. *Geometry*, Glenview, IL, Scott, Foresman & Co., 1990.

KENNY, Margeret. «Logo Adds a New Dimension to Geometry Programs at the Secondary Level», dans Mary M. Lindquist (dir.), *Learning and Teaching Geometry, K-12, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1987, p. 85-100.

LINQUIST, Mary M. (dir.). *Learning and Teaching Geometry, K-12, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston. VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1987, 250 p.

POHL, Victoria. «Visualizing Three Dimensions by Constructing Polyhedra», dans Mary M. Lindquist (dir.), *Learning and Teaching Geometry, K-12, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1987, p. 144-154.

SENECHAL, Marjorie. «Shape», *On the Shoulders of Giants (New Approaches to Numeracy)*, Washington DC, National Research Council, National Academy Press, 1990, p. 139-181.

SENK, Sharon L., et Daniel B. HIRSCHHORN. «Multiple Approaches to Geometry: Teaching Similarity», *Mathematics Teacher*, vol. 83, nº 4, avril 1990, p. 274-280.

STATISTIQUES

ANGERS, Claude. *Les statistiques, oui mais... Le bon et le mauvais usages de statistique*, Montréal, Les Éditions Agence d'ARC inc., 1991.

BERTRAND, Richard, en collaboration avec Claude Valiquette, *Pratique de l'analyse statistique des données*, Sillery, Presses de l'Université du Québec, 1986, p. 23-140.

BRYAN, Elizabeth H. «Explorating Data with Box Plots», *Mathematics Teacher*, vol. 81, nº 8, nov. 1988. p. 658-663.

BURRIL, Gail F. *Guidelines for the Teaching of Statistics, K-12 Mathematics Curriculum*, Alexandria, VA, Center for Statistical Education, American Statistical Association, 1991.

BURRIL, Gail F. «Statistics and Probability», *Mathematics Teacher*, vol. 83, nº 2, février 1990, p. 113-118.

BURRIL, Gail F., et autres. *Data Analysis and Statistics accross the Curriculum, Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics Addenda Series, Grades 9-12*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1992, 88 p.

BURRIL, Gail F., et Patricia HOPFENSPERGER. *Exploring Statistics with the TI-81*, Menlo Park, CA, Addison-Wesley Publishing, 1992.

DAVIS, Gretchen. «Exploring Data Analysis to Explore Class Enrollment», *Mathematics Teacher*, vol. 83, nº 2, février 1990, p. 104-106.

GANADESIKAN, Mrudella, Richard SCHEAFFER et James SWIFT. *The Art and Technique of Simulation*, Palo Alto, CA, Dale Seymour Publications, 1987.

KISSANE, Barry V. «Activities in Inferential Statistics», dans A.P. Schulte et J.R. Smart (dir.), *Teaching Statistics and Probability, Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1981, p. 182-193.

LANDWEHR, James, et Ann E. WATKINS. *Exploring Data*, Palo Alto, CA, Dale Seymour Publications, 1986.

LANDWEHR, James, James SWIFT et Ann E. WATKINS. *Exploring Surveys and Information from Sample*, Palo Alto, CA, Dale Seymour Publications, 1987.

MULLENEX, James L. «Box Plots», *Mathematics Teacher*, vol. 83, nº 2, février 1990, p. 108-112.

SMART, James R. «*Teaching Statistics and Probability*», dans A.P. Schulte et J.R. Smart (dir.), *Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Reston, VA, National Council of Teachers of Mathematics, 1981, 246 p.

TRUDEL, Robert, et Rachad ANTONIUS. *Méthodes quantitatives appliquées aux sciences humaines*, Montréal, Centre Éducatif et Culturel Inc., 1991.

Gouvernement du Québec
Ministère
de l'Éducation

16-3301-21