Programme de formation de l’école québécoise

Enseignement secondaire

Mise à jour

du programme de mathématique,

deuxième cycle du secondaire

Janvier 2009

13-0023-023

Éducation, Loisir et Sport
Québec

Vous trouverez ci-joint un document qui regroupe les pages à remplacer et à insérer dans la première version du programme de mathématique.

DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE – CHAPITRE 6 – DOMAINE DE LA MATHÉMATIQUE, DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE

À la suite des travaux menés récemment en mathématique en vue de la reconnaissance des séquences *Technico-sciences* et *Sciences naturelles* aux fins d'admissibilité au collégial, certaines précisions doivent être apportées au Programme de formation de l'école québécoise du deuxième cycle du secondaire.

Les précisions apportées se traduisent principalement par :

- **un rappel de la démarche d'apprentissage et de la place de la théorie dans le programme de mathématique du 2e cycle;**
  (p. 48-49)

- **l'explicitation des nuances au regard de la progression de l'apprentissage du contenu de formation dans les séquences *Technico-sciences* et *Sciences naturelles*;**
  (p. 49, 51, 53 et annexe G)

- **des éclaircissements concernant le contenu de formation de la séquence *Technico-sciences* pour la dernière année du cycle (5e secondaire) et l'ajout d'un concept à l'étude (fonction tangente);**
  (p. 51, 53, 83-84, 87-90, 94-96)

- **l'ajout de deux annexes au programme :**
  - **Annexe F : Passerelles entre les séquences;**
    (p. 135-136)
  - **Annexe G : Évolution du contenu de formation mathématique au secondaire.**
    (p. 137-143)

Note : L'ajout de ces deux annexes entraîne le déplacement de la bibliographie à la page 144. Cependant, celle-ci ne comporte pas de changements.

Programme de mathématique
Enseignement secondaire, 2e cycle

Note au lecteur

Table des matières

GUIDE DE LECTURE

Le schéma qui suit offre une représentation dynamique du programme. La lecture des différentes rubriques peut se faire linéairement ou non.

Chapitre 1 : Un programme pour le XXIe siècle
Chapitre 2 : Domaines généraux de formation
Chapitre 3 : Compétences transversales
Chapitre 4 : Domaines d'apprentissage

Présentation de la discipline

Relations entre la mathématique et les autres éléments du Programme de formation

Contexte pédagogique

Enseignant

Annexes
- Annexe A : Buts de l'activité mathématique
- Annexe B : Exemples de stratégies sollicitées dans l'exercice des compétences
- Annexe C : Pistes d'interprétation des apprentissages
- Annexe D : Coordination des éléments du langage mathématique
- Annexe E : Pistes d'exploration – Première année du cycle
  - Séquence *Culture, société et technique*
  - Séquence *Technico-sciences*
  - Séquence *Sciences naturelles*
- Annexe F : Passerelles entre les séquences
- Annexe G : Évolution du contenu de formation en mathématique au secondaire

Bibliographie

Compétence 1 : Résoudre une situation-problème
- Sens de la compétence
- Composantes
- Attentes de fin de cycle
- Critères d'évaluation
- Développement de la compétence
  - Première année du cycle
  - Deuxième et troisième années du cycle
    - Séquence *Culture, société et technique*
    - Séquence *Technico-sciences*
    - Séquence *Sciences naturelles*

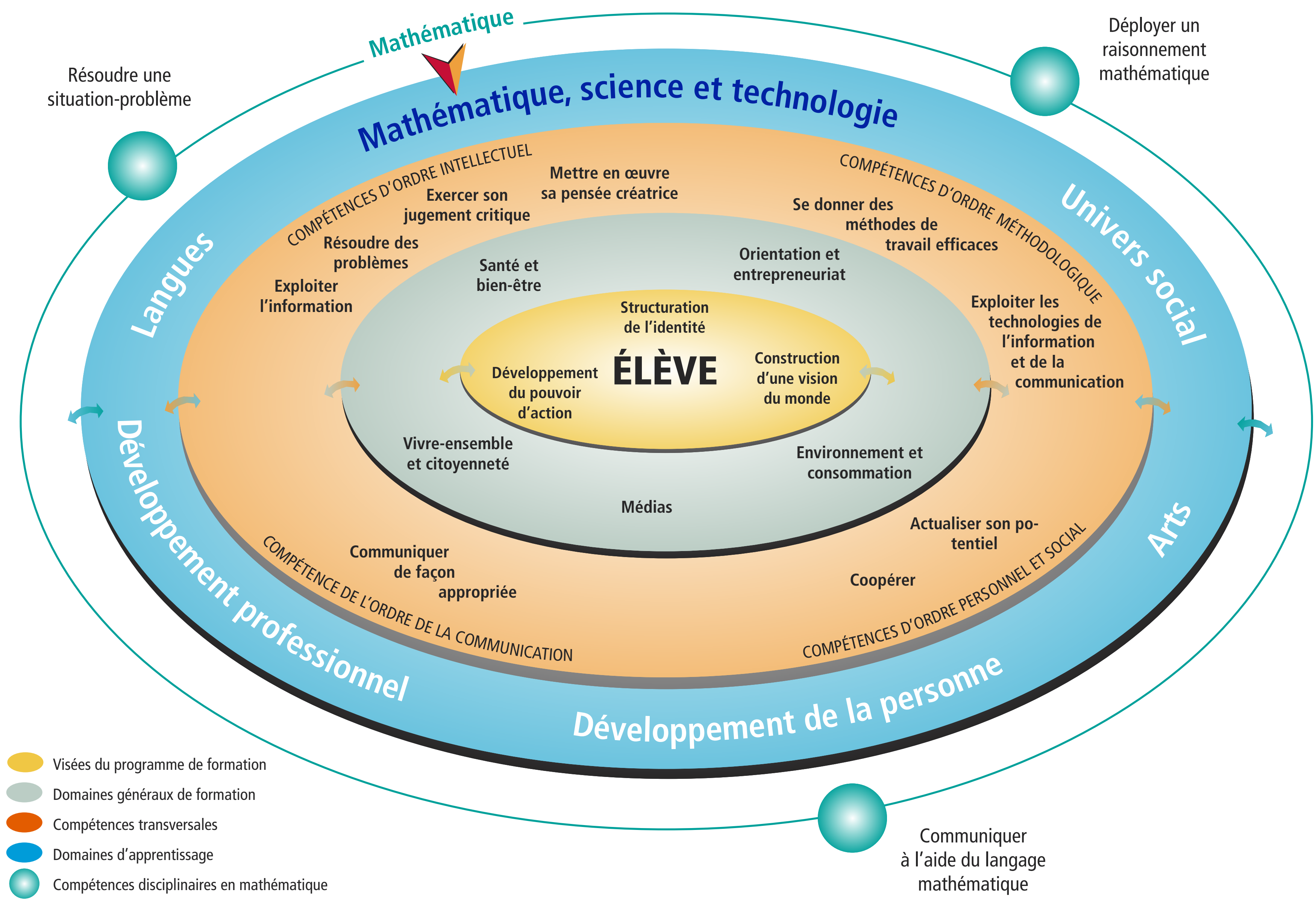
Contenu de formation
- Première année du cycle
- Deuxième et troisième années du cycle
  - Séquence *Culture, société et technique*
  - Séquence *Technico-sciences*
  - Séquence *Sciences naturelles*

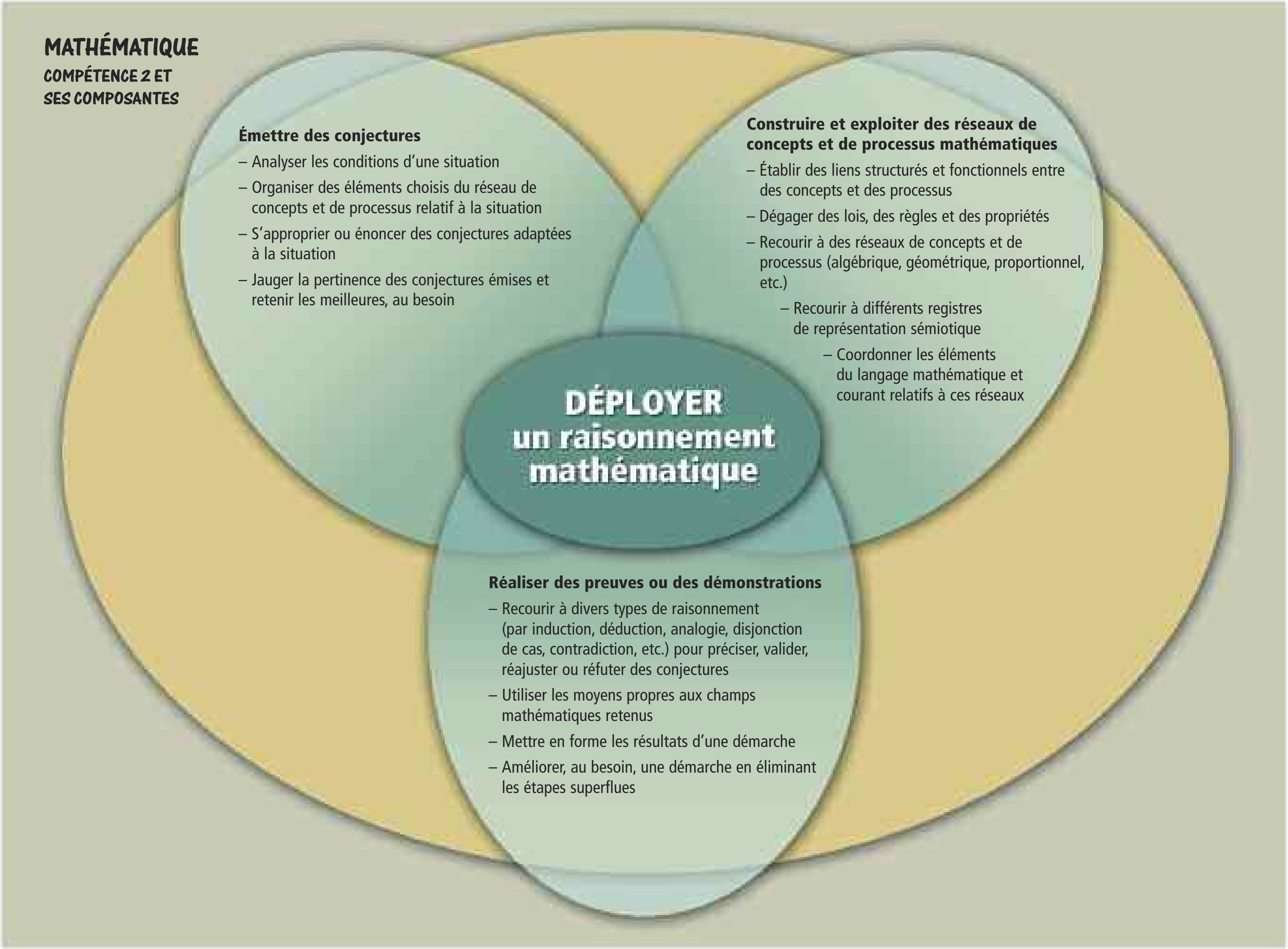
Note : Des repères culturels sont présentés dans cette rubrique.

Compétence 3 : Communiquer à l'aide du langage mathématique
- Sens de la compétence
- Composantes
- Attentes de fin de cycle
- Critères d'évaluation
- Développement de la compétence
  - Première année du cycle
  - Deuxième et troisième années du cycle
    - Séquence *Culture, société et technique*
    - Séquence *Technico-sciences*
    - Séquence *Sciences naturelles*

Compétence 2 : Déployer un raisonnement mathématique
- Sens de la compétence
- Composantes
- Attentes de fin de cycle
- Critères d'évaluation
- Développement de la compétence
  - Première année du cycle
  - Deuxième et troisième années du cycle
    - Séquence *Culture, société et technique*
    - Séquence *Technico-sciences*
    - Séquence *Sciences naturelles*

Apport du programme de mathématique au Programme de formation




MATHÉMATIQUE
COMPÉTENCE 2 ET SES COMPOSANTES
Émettre des conjectures
– Analyser les conditions d'une situation
– Organiser des éléments choisis du réseau de concepts et de processus relatif à la situation
– S'approprier ou énoncer des conjectures adaptées à la situation
– Jauger la pertinence des conjectures émises et retenir les meilleures, au besoin
Construire et exploiter des réseaux de concepts et de processus mathématiques
– Établir des liens structurés et fonctionnels entre des concepts et des processus
– Dégager des lois, des règles et des propriétés
– Recourir à des réseaux de concepts et de processus (algébrique, géométrique, proportionnel, etc.)
– Recourir à différents registres de représentation sémiotique
– Coordonner les éléments du langage mathématique et courant relatifs à ces réseaux
DÉPLOYER un raisonnement mathématique
Réaliser des preuves ou des démonstrations
– Recourir à divers types de raisonnement (par induction, déduction, analogie, disjonction de cas, contradiction, etc.) pour préciser, valider, réajuster ou réfuter des conjectures
– Utiliser les moyens propres aux champs mathématiques retenus
– Mettre en forme les résultats d'une démarche
– Améliorer, au besoin, une démarche en éliminant les étapes superflues

Attentes de fin de cycle

À la fin du deuxième cycle du secondaire, dans les trois séquences de formation, l'élève fait appel aux différents modes de pensée propres à chaque champ de la mathématique afin de traiter une situation ou un phénomène. Il émet des conjectures, met à profit les concepts et les processus appropriés, et les confirme ou les réfute à l'aide de différents types de raisonnement. De plus, il les valide en appuyant chaque étape de sa preuve sur des concepts, des processus, des règles ou des énoncés déjà admis, qu'il exprime de façon structurée.

Critères d'évaluation

– Formulation d'une conjecture appropriée à la situation
– Application correcte des concepts et des processus appropriés à la situation
– Mise en œuvre convenable d'un raisonnement mathématique adapté à la situation
– Structuration adéquate des étapes d'une preuve ou d'une démonstration adaptée à la situation
– Justification congruente des étapes d'une preuve ou d'une démonstration adaptée à la situation

Développement de la compétence *Déployer un raisonnement mathématique*

Lorsqu'il déploie un raisonnement mathématique, l'élève dégage des lois et des propriétés en observant des régularités et les met en relation avec des concepts et des processus qui lui serviront à justifier des actions. Au fur et à mesure que le besoin de convaincre ou de prouver se fait sentir, il élabore plusieurs étapes pour conduire son raisonnement. Il apprend à mieux l'expliciter et le structurer et à raffiner son argumentation. L'idée de preuve évolue ainsi graduellement vers la construction d'une démonstration rigoureuse.

Au premier cycle du secondaire, l'élève a développé son aptitude à questionner et à émettre des conjectures à partir de situations variées. Il a appris à les valider en faisant appel à ses réseaux de concepts et de processus ainsi qu'aux types de raisonnement propres aux différents champs mathématiques, en justifiant ses étapes, en s'appuyant sur des énoncés et des définitions ou en recherchant des contre-exemples. Il a également été initié à quelques règles élémentaires du raisonnement déductif et a appris à distinguer les propriétés vérifiées expérimentalement et celles établies par déduction.

Au deuxième cycle, l'élève poursuit le développement de son raisonnement et de son jugement critique. Il doit faire face à différentes situations qui mobilisent des concepts de plus en plus complexes et qui lui demandent de préciser ses idées et de présenter des arguments afin de construire son opinion, de comparer, de faire des choix, d'orienter son action pour prendre des décisions, les appliquer et les évaluer. Il continue de se construire une représentation mentale et opérationnelle de réseaux de concepts et de processus. Il réinvestit et approfondit ceux qu'il maîtrise déjà et en construit de nouveaux. Il apprend à généraliser et à tirer des conclusions au regard de concepts et de leurs relations. Pour ce faire, il navigue entre les modes de pensée arithmétique, algébrique, probabiliste, statistique et géométrique et il les combine au besoin.

L'élève traite de situations signifiantes, inspirées entre autres des domaines généraux de formation. Ces situations lui donnent l'occasion de gérer des données aussi bien implicites qu'explicites, de distinguer l'essentiel de l'accessoire et de dégager les conditions nécessaires ou suffisantes ou les conditions à la fois nécessaires et suffisantes. Il fait appel à certains connecteurs logiques : *et*, *ou*, *si… alors*, *si et seulement si*, *non*, etc. Il émet des conjectures et les valide en recourant, selon le contexte, à différents types de preuve (preuve pragmatique ou intellectuelle, directe ou indirecte) et en mettant en œuvre divers raisonnements. Il apprend ainsi à penser, tout en prenant conscience des démarches qui lui permettent de construire des savoirs et en s'imprégnant de la structure du raisonnement qu'il déploie. Il est amené à abstraire en se référant notamment au concret et à des situations comportant des éléments généralisables. Il ordonne ses connaissances et ses idées avec un souci constant de cohérence et de clarté. Graduellement, il améliore son esprit d'analyse et de synthèse.

L'élève apprend à penser, tout en prenant conscience des démarches qui lui permettent de construire des savoirs et en s'imprégnant de la structure du raisonnement qu'il déploie.

Lorsque l'enseignant planifie ses interventions pédagogiques pour assurer ou évaluer le développement de la compétence à l'intérieur d'une année ou d'une année à l'autre du cycle, il tient compte d'un certain nombre de paramètres pour élaborer, nuancer la complexité, moduler ou modifier les situations d'apprentissage et d'évaluation qu'il propose aux élèves.

Ces paramètres sont associés à la démarche réflexive de l'élève, aux contextes et aux modalités de réalisation ou aux ressources à mobiliser. Certains d'entre eux sont communs à toutes les situations, quelle que soit la compétence visée :

– le degré de familiarité de l'élève avec le contexte;
– l'étendue des concepts et des processus à mobiliser;
– les passages entre des registres de représentation sémiotique;
– la présence de liens intradisciplinaires ou interdisciplinaires;
– le degré d'autonomie exigé de l'élève dans la réalisation de la tâche.

Plus particulièrement, une situation d'application peut être caractérisée par les paramètres suivants :

- les stratégies (d'ordre affectif, cognitif et métacognitif[13] ou de l'ordre de la gestion de ressources) à mobiliser dans le déploiement du raisonnement;
- le degré de familiarité de l'élève avec les types de raisonnement qu'il doit déployer;
- l'étendue des données (explicites, implicites ou manquantes) à partir desquelles l'élève doit dégager celles qui sont essentielles, nécessaires ou suffisantes et gérer ses activités;
- la portée de la conjecture émise ou à émettre;
- le type de preuve sollicité;
- la quantité et la nature des étapes à franchir pour parvenir à une validation, à une conclusion ou à la prise d'une décision;
- l'ampleur des explications ou des justifications requises pour répondre aux intentions de la production demandée;
- la nature des liens ou relations sollicités entre les divers champs de la mathématique ou entre les différents réseaux de concepts propres à un champ spécifique;
- le niveau d'abstraction exigé par la représentation mentale et opérationnelle des concepts mobilisés et par les passages entre les différents registres de représentation sémiotique.

Ces paramètres n'évoluent pas nécessairement de façon linéaire. Des allers-retours entre des situations complexes et des situations simples sont souhaitables pour répondre aux intentions d'apprentissage de chacune des années du cycle.

13. Pour planifier et réaliser progressivement l'instauration et le développement de stratégies métacognitives à l'intérieur du cycle, l'équipe-école peut se référer à l'annexe B.

Les tableaux des pages qui suivent présentent un aperçu des éléments de contenu associés aux situations dans lesquelles l'élève développe sa compétence, année après année, selon la séquence qu'il a choisie. Mentionnons que l'ensemble des concepts et des processus mathématiques prescrits pour le développement et l'exercice de la compétence sont répartis annuellement sous la rubrique *Contenu de formation*. Cette rubrique présente également l'esprit qui caractérise chacune des séquences ainsi que certaines particularités des contextes à exploiter.

Première année du cycle

Au cours de la première année du cycle, les situations de communication proposées mènent à la rédaction d'une description, d'une explication ou d'une justification. Elles demandent des traitements dans un même registre de représentation sémiotique. Elles peuvent nécessiter la transformation d'une expression numérique ou algébrique en une expression équivalente, ou encore le passage d'un diagramme à un autre. Elles admettent des conversions d'un registre à un autre lorsqu'il s'agit de généraliser, de dégager des informations supplémentaires, de soutenir une explication ou une justification. Elles peuvent requérir l'analyse de diagrammes, de graphiques ou de tables de valeurs pour dégager des informations spécifiques et présenter les conclusions qui en sont tirées. Certaines exploitent des nombres écrits en différentes notations en tenant compte des unités, lorsque cela est pertinent. Des situations font appel à la transposition d'une description orale ou écrite soit à l'aide d'un graphique, soit à l'aide d'une ou de plusieurs expressions algébriques. Réciproquement, elles peuvent demander une description élaborée à partir d'une représentation graphique ou d'une table de valeurs. Lorsqu'un dénombrement ou un calcul de probabilités est requis, les situations favorisent la représentation à l'aide d'un diagramme approprié (ex. schémas, tableaux, arbres). Elles exploitent également l'interprétation de différentes mesures statistiques ainsi que des informations tirées de dessins et de constructions géométriques. De plus, elles peuvent demander que soit conçue une représentation en deux dimensions de figures tridimensionnelles à l'aide d'une projection. Afin de décrire et d'interpréter des contextes liés à des figures géométriques ou au concept de similitude, elles font appel au sens spatial et au sens de la mesure et de la proportionnalité. Lorsqu'elles sont à caractère géométrique, elles mettent à profit des définitions, des propriétés et des énoncés déjà admis. Finalement, elles peuvent exiger l'explication des choix de diagrammes, de procédés et de solutions.

Séquence *Sciences naturelles*

Deuxième année du cycle

Au cours de la deuxième année du cycle, les situations de communication mobilisent des réseaux de concepts et de processus dans chacun des champs de la mathématique pour présenter ou représenter, justifier ou convaincre, informer ou s'informer. Qu'elles permettent de présenter la validation de conjectures, l'explicitation de démarches ou de considérations concernant des résultats provenant d'expérimentations ou d'autres contextes, elles invitent l'élève à s'exprimer à l'aide du langage mathématique d'une façon structurée dans le respect des particularités des différents registres de représentation sémiotique, et à mettre à profit des qualités de communicateur.

Certaines situations appellent un traitement de données dans un même registre de représentation, notamment dans l'écriture de règles des fonctions du second degré sous une forme canonique, générale ou factorisée, alors que d'autres favorisent la transposition d'un registre à un autre. Celles qui concernent des systèmes d'équations ou des inéquations requièrent la description et l'interprétation d'informations. La production de certains messages à caractère statistique suppose le recours au concept de corrélation linéaire. Certaines, enfin, sont organisées autour de relations métriques ou trigonométriques afin de permettre la description du lien qui existe entre différentes mesures à l'intérieur d'une figure.

Troisième année du cycle

Au cours de la troisième année du cycle, les situations de communication aident à développer des aptitudes pour l'interprétation de messages à caractère mathématique tirés de contextes qui sont liés particulièrement aux domaines scientifiques, mais aussi de contextes purement mathématiques. Elles comportent des tâches qui incitent l'élève à expliciter des démarches, à rendre compte d'un raisonnement ou à rédiger des démonstrations. Elles exigent la production de messages structurés de même que le choix d'une représentation appropriée pour que le message soit compris par l'interlocuteur. Plusieurs d'entre elles font appel à des stratégies qui permettent de décoder des informations, de convertir des données dans un autre registre de représentation sémiotique et d'interpréter un message. Certaines demandent une adaptation du message pour répondre aux intentions de communication.

L'exploitation de différents registres de représentation sémiotique consolide les éléments d'un message à caractère mathématique. Ainsi, certaines situations commandent des représentations à l'aide de fonctions réelles et permettent de dégager des informations destinées à être interprétées de façon critique et articulée. Elles sollicitent notamment des représentations contenant des expressions algébriques, trigonométriques, exponentielles ou logarithmiques. D'autres permettent d'interpréter et de construire des tableaux et des diagrammes pour soutenir une explication. Plusieurs exigent des transpositions de représentations sémiotiques en mettant à profit des concepts géométriques.

Contenu de formation

Il fut un temps où toutes les parties de cette matière étaient dissociées, quand l'algèbre, la géométrie et l'arithmétique vivaient séparément ou entretenaient de froides relations limitées à se réclamer occasionnellement l'une de l'autre, mais ce temps est maintenant terminé; elles se sont rassemblées et deviennent de plus en plus intimement unies par mille nouveaux liens; nous pouvons envisager avec confiance le moment où elles ne formeront qu'un seul corps et qu'une seule âme.

James Joseph Sylvester

Le contenu de formation du programme du deuxième cycle du secondaire a été établi en fonction de plusieurs considérations. Ainsi, toujours dans le but de répondre aux besoins de formation de l'élève; il favorise le développement de la pensée mathématique et des compétences tant disciplinaires que transversales; et il se prête à l'exploitation des domaines généraux de formation en respectant l'esprit de chacune des séquences.

Le contenu prescrit du deuxième cycle du secondaire en ce qui concerne la mathématique regroupe un ensemble de ressources essentielles pour l'exercice et le développement des compétences associées à cette discipline. Des *concepts* et des *processus* liés à chacun des champs mathématiques sont d'abord présentés. Les concepts sont les objets mathématiques à l'étude, et les processus sont les actions qui permettent de les construire, de les développer et de les exploiter. Généralement, seuls les nouveaux concepts et processus devant être introduits chaque année apparaissent dans les tableaux ci-après. Cependant, il va de soi que les apprentissages ne sauraient se limiter à ces nouveaux concepts et processus, car l'exploitation et l'approfondissement des acquis antérieurs s'avèrent incontournables.

Les tableaux sont accompagnés d'*éléments de méthode* qui permettent de cerner l'étendue et les visées de ces concepts et de ces processus. La présentation du contenu de formation suggère, d'une part, un cheminement linéaire en raison de l'enchaînement des préalables et, d'autre part, un réseau de liens entre les différents champs de la mathématique et entre ces champs et les autres disciplines. Cette interdépendance et cet enrichissement mutuel font que la compréhension des objets d'un champ contribue à celle des objets d'un autre champ, tout en invitant à aborder les éléments de contenu de manière symbiotique.

La rubrique *Repères culturels* présente, pour sa part, diverses suggestions pour amener l'élève à situer les concepts mathématiques dans leur contexte historique et social et à cerner les problématiques qui ont présidé à leur développement. Les repères culturels s'articulent autour des concepts et des processus propres à chaque séquence et illustrent les visées particulières de chacune d'elles. La mise à profit de ces repères permet à l'élève de mieux apprécier l'importance de la mathématique dans la vie quotidienne et les besoins qu'elle comble dans la société. L'élève constate également que les mathématiciens ont contribué au développement des mathématiques et des autres disciplines.

Le contenu de formation du programme du deuxième cycle du secondaire comporte cinq sections. La première section offre une vue d'ensemble des concepts abordés dans chaque champ mathématique et un aperçu de leur évolution sur les trois années du cycle en tenant compte des différences entre les trois séquences de formation. La deuxième section est consacrée à la première année du cycle : on y présente les concepts, processus et éléments de méthode prescrits pour cette année ainsi que les repères culturels s'y rattachant. Les trois autres sections, une pour chacune des trois séquences du programme, sont consacrées aux deux autres années du cycle. On y trouvera, comme dans la deuxième section, les concepts, processus et éléments de méthode prescrits pour chacune de ces deux années, suivis de repères culturels pertinents.

Précisions sur les apprentissages

La mathématique, comme langage et outil de modélisation, exige de traiter dans l'abstrait des relations entre des objets ou entre les éléments d'une ou de plusieurs situations. Pour amener les élèves à y parvenir, chacune des trois séquences fait appel à des situations d'apprentissage contextualisées, complexes et signifiantes :

- qui tiennent compte des objectifs de formation propres à la séquence, s'inspirent des domaines généraux de formation et permettent de développer une ou des compétences;
- qui sont axées sur les buts de l'activité mathématique : interpréter la réalité, anticiper, généraliser et prendre des décisions;

– qui renvoient à des situations plus ou moins familières, réelles ou fictives, réalistes ou fantaisistes, ou encore purement mathématiques.

Ainsi, dans chacune des séquences, la manière d'aborder la mathématique vise à illustrer son rôle et sa contribution dans différents domaines d'activité.

De plus, lorsque les situations d'apprentissage font appel à l'exploration, à l'expérimentation et à la simulation, le jugement critique de l'élève est mis à contribution. Il lui faut alors analyser la situation, réaliser une preuve, créer une solution, juger de la pertinence du registre de représentation sémiotique et justifier un choix ou une décision. Il doit argumenter ou valider ses conjectures en s'appuyant sur des définitions, des théorèmes ou des énoncés déjà admis qui lui permettent de bâtir, le cas échéant, certains types de preuves, dont la démonstration.

La pratique de la différenciation pédagogique se traduit par des situations d'apprentissage de même que par des approches pédagogiques variées. Ces approches favorisent l'acquisition de connaissances, mais certaines d'entre elles, comme la résolution de problèmes ou l'étude de cas, sont jugées plus efficaces pour développer les capacités d'analyse, de synthèse et de jugement, pour favoriser une rétention à long terme et pour entraîner des changements durables d'attitude et de comportement. Ce type d'approche incite les élèves à s'engager activement dans leur apprentissage, leur apprenant ainsi à apprendre, et les amène à développer des capacités intellectuelles de haut niveau.

Cependant, une situation d'apprentissage ne prend tout son sens que dans la mesure où l'enseignant s'assure de l'accroissement du répertoire d'attitudes, d'habiletés, de stratégies et de connaissances des élèves en les amenant, notamment, à s'interroger sur les apprentissages qu'ils ont réalisés, à effectuer un retour théorique sur les savoirs nouvellement acquis et à établir des liens entre ces savoirs et ceux qu'ils possédaient déjà. Ils pourront ainsi prendre conscience de l'existence de savoirs institués et en dégager des significations personnelles afin de les réinvestir dans d'autres situations. Trois types d'intervention sont susceptibles d'assurer la rétention et le transfert des apprentissages. Dans un premier temps, la contextualisation permet de donner aux élèves un sens aux apprentissages et de créer des liens entre les connaissances antérieures et les nouvelles. Ensuite intervient la décontextualisation, qui permet de dégager les connaissances de leur contexte d'acquisition pour abstraire et généraliser. Enfin, la recontextualisation permet de réutiliser des connaissances construites et de les adapter à d'autres contextes.

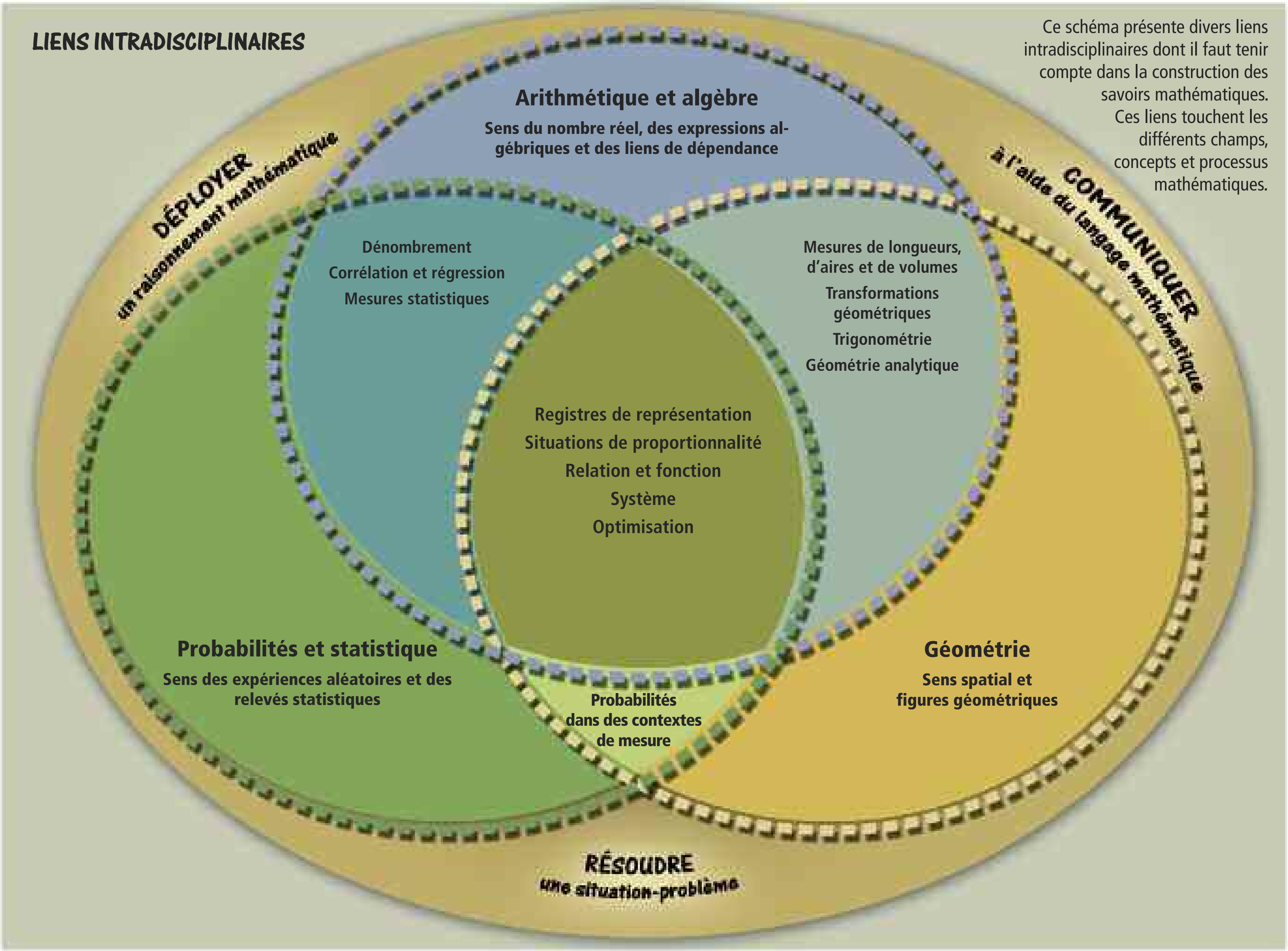
Médium essentiel pour saisir et interpréter le réel aussi bien que pour échanger des idées à son sujet, le langage mathématique fait appel à des termes spécialisés, à des notations, à des connecteurs logiques, au langage ensembliste, à des symboles et à d'autres registres de représentation sémiotique. Il importe de familiariser les élèves avec l'utilisation de ces différentes composantes du langage mathématique au fur et à mesure que le besoin s'en fait sentir et de s'assurer qu'ils en comprennent bien le sens. La formalisation de la mathématique revêt une importance particulière au sein des séquences *Technico-sciences* et *Sciences naturelles*. À ce propos, on peut se référer au document intitulé *Graphisme*, *notations et symboles utilisés en mathématique au secondaire*, du ministère de l'Éducation du Québec.

Précisions sur le contenu de formation des séquences *Technico-sciences* et *Sciences naturelles*

Les trois séquences permettent d'entreprendre des études postsecondaires. Pour leur part, les séquences *Technico-sciences* et *Sciences naturelles* présentent des degrés d'exigence équivalents. Elles permettent toutes deux un accès égal aux études supérieures. L'une et l'autre exploitent plusieurs domaines d'application de la mathématique, mais elles se distinguent dans le choix du moment pour aborder l'apprentissage de certaines connaissances mathématiques à l'étude et dans la manière d'en assurer la progression. Par exemple, on remarque ce qui suit en algèbre :

- D'une façon générale, dans la séquence *Technico-sciences*, l'apprentissage d'une fonction débute à la première année de la séquence et se poursuit l'année suivante. Les paramètres multiplicatifs associés aux variables dépendantes et indépendantes sont introduits à la première année de la séquence et les paramètres additifs, à la deuxième année. Par conséquent, les équations et inéquations qui découlent de ces apprentissages évoluent également sur deux ans.
- Dans la séquence *Sciences naturelles*, l'apprentissage des fonctions et des paramètres additifs et multiplicatifs s'effectue au moment où chaque fonction est introduite, soit à la première année de la séquence, soit à la deuxième année. Dans ce cas, les équations et inéquations qui découlent de ces apprentissages sont traitées l'année où la fonction est étudiée.

L'annexe G fournit une vision longitudinale des principaux éléments du contenu de formation en mathématique au secondaire et permet de visualiser les similitudes et les différences qui existent entre les trois séquences.


LIENS INTRADISCIPLINAIRES
Ce schéma présente divers liens intradisciplinaires dont il faut tenir compte dans la construction des savoirs mathématiques. Ces liens touchent les différents champs, concepts et processus mathématiques.
Arithmétique et algèbre
Sens du nombre réel, des expressions algébriques et des liens de dépendance
DÉPLOYER
un raisonnement mathématique
COMMUNIQUER
à l'aide du langage mathématique
Dénombrement
Corrélation et régression
Mesures statistiques
Mesures de longueurs, d'aires et de volumes
Transformations géométriques
Trigonométrie
Géométrie analytique
Registres de représentation
Situations de proportionnalité
Relation et fonction
Système
Optimisation
Probabilités et statistique
Sens des expériences aléatoires et des relevés statistiques
Probabilités dans des contextes de mesure
Géométrie
Sens spatial et figures géométriques
RÉSOUDRE
une situation-problème

Les tableaux qui suivent présentent, pour chaque champ mathématique, les concepts introduits à chacune des années du cycle.

ÉVOLUTION DES PRINCIPAUX CONCEPTS LIÉS À L'ARITHMÉTIQUE ET À L'ALGÈBRE AU 2e CYCLE

Au cours de sa formation, l'élève développe différents types de pensée. Il passe de la pensée arithmétique à la pensée algébrique. Par exemple, le statut du signe d'égalité évolue, dans son esprit, de l'annonce d'un résultat vers la relation d'équivalence. Il approfondit ainsi son sens du nombre, des opérations et de la proportionnalité, et il développe son habileté à modéliser des situations. Les contextes qui lui sont proposés sont sources d'images mentales permettant le développement de ces divers sens. Au fil des années, il améliore aussi sa capacité à évoquer une situation en faisant appel à plusieurs registres de représentation. Par exemple, les fonctions peuvent être représentées graphiquement ou sous forme de tableau ou de règle, et chacune de ces représentations est porteuse d'un point de vue qui lui est propre, complémentaire ou équivalente aux autres.

<table>
<tr><th colspan="4">DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE</th></tr>
<tr><td>1re année</td><td colspan="3">Nombres réels : rationnels et irrationnels; cube et racine cubique
Relation d'inégalité

Relation, fonction et réciproque
– Variable dépendante et variable indépendante
– Fonction polynomiale de degré 0 ou 1 et système d'équations du 1er degré à deux variables de la forme $y = ax + b$, fonction rationnelle de la forme $f(x) = \frac{k}{x}$ ou $xy = k$</td></tr>
<tr><td></td><td>Séquence Culture, société et technique</td><td>Séquence Technico-sciences</td><td>Séquence Sciences naturelles</td></tr>
<tr><td>2e année</td><td>Expression algébrique
– Inéquation du 1er degré à deux variables

Relation, fonction et réciproque
– Fonction réelle : polynomiale de degré inférieur à 3, exponentielle, périodique, en escalier, définie par parties

Système
– Système d'équations du 1er degré à deux variables</td><td>Expressions arithmétique et algébrique
– Nombres réels : radicaux, puissances de base 2 et 10
– Inéquation du 1er degré à deux variables

Relation, fonction et réciproque
– Fonction réelle : polynomiale de degré 2 (forme canonique), exponentielle, partie entière, périodique, en escalier, définie par parties
– Paramètre multiplicatif

Système
– Système d'équations du 1er degré à deux variables</td><td>Expression algébrique
– Identité algébrique, équation et inéquation du 2e degré à une variable ou deux variables

Fonction réelle
– Fonction en escalier (partie entière); polynomiale de degré 2 (formes canonique, générale et factorisée)
– Paramètre

Système
– Système d'équations du 1er degré à deux variables
– Système composé d'une équation du 1er degré et d'une équation du 2e degré à deux variables</td></tr>
<tr><td>3e année</td><td>Système
– Système d'inéquations du 1er degré à deux variables</td><td>Relation, fonction et réciproque
– Fonction réelle : polynomiale de degré 2 (forme générale, canonique et factorisée), rationnelle, sinusoïdale, tangente (ainsi que les fonctions introduites l'année précédente et leurs réciproques)
– Paramètre additif
– Opérations sur les fonctions

Système
– Système d'inéquations du 1er degré à deux variables
– Système d'équations et d'inéquations faisant intervenir divers modèles fonctionnels</td><td>Expressions arithmétique et algébrique
– Nombres réels : valeur absolue, radicaux, exposants et logarithmes

Relation, fonction et réciproque
– Fonction réelle : valeur absolue, racine carrée, rationnelle, exponentielle, logarithmique, sinusoïdale, tangente, définie par parties
– Opérations sur les fonctions

Système
– Système d'inéquations du 1er degré à deux variables
– Système d'équations du 2e degré (en relation avec les coniques)</td></tr>
</table>

ÉVOLUTION DES PRINCIPAUX CONCEPTS LIÉS AUX PROBABILITÉS ET À LA STATISTIQUE AU 2e CYCLE

Au cours de sa formation, l'élève développe sa pensée probabiliste et statistique. En ce qui concerne la compréhension des probabilités, il passe d'un raisonnement subjectif, souvent arbitraire, à un raisonnement basé sur différents calculs. Il s'approprie des outils pour traiter des données recueillies, en tirer des informations et exercer son jugement critique afin de découvrir d'éventuelles sources de biais. La statistique descriptive offre à l'élève une diversité de concepts lui permettant de s'initier aux inférences. À la fin du secondaire, il est conscient de la variabilité de l'échantillon ainsi que des limites et des contraintes associées à l'échantillonnage d'une population.

DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE			
1re année	– Variable aléatoire discrète et variable aléatoire continue **Distribution à un caractère** – Méthode d'échantillonnage : stratifié, par grappes – Représentation graphique : histogramme et diagramme de quartiles – Mesures de tendance centrale : mode, médiane, moyenne pondérée – Mesure de dispersion : étendue des quarts		
	Séquence Culture, société et technique	***Séquence Technico-sciences***	***Séquence Sciences naturelles***
2e année	– Probabilité subjective – Équité : chance, espérance mathématique **Distribution à un caractère** – Mesure de position : rang centile – Mesure de dispersion : écart moyen **Distribution à deux caractères** – Corrélation linéaire : coefficient de corrélation et droite de régression	– Probabilité conditionnelle – Équité : chance, espérance mathématique **Distribution à un caractère** – Mesures de dispersion : écart moyen, écart type **Distribution à deux caractères** – Corrélation linéaire et autre : coefficient de corrélation, droite de régression et courbes apparentées aux modèles fonctionnels à l'étude	**Distribution à deux caractères** – Corrélation linéaire : coefficient de corrélation et droite de régression
3e année	– Probabilité conditionnelle		

ÉVOLUTION DES PRINCIPAUX CONCEPTS LIÉS À LA GÉOMÉTRIE ET AUX GRAPHES AU 2e CYCLE

Au cours de sa formation, l'élève passe d'une géométrie intuitive, basée sur l'observation, à une géométrie déductive. C'est par les constructions et leur explicitation qu'il découvre les propriétés des figures. Petit à petit, il se dégage de la prise de mesures comme base de ses raisonnements pour recourir plutôt à la déduction. En s'appuyant sur des données, des hypothèses de départ ou des propriétés admises, il démontre des conjectures non évidentes qui servent, à leur tour, à en prouver de nouvelles.

<table>
<tr><th colspan="4">DEUXIÈME CYCLE DU SECONDAIRE</th></tr>
<tr><td>1re année</td><td colspan="3">Solides
– Développement, projection et perspective

Mesure
– Volume; unités de volume du SI; relations entre elles</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2e année</td><td>Séquence Culture, société et technique</td><td>Séquence Technico-sciences</td><td>Séquence Sciences naturelles</td></tr>
<tr><td>Géométrie analytique
– Accroissement : distance, pente, point de partage
– Droite et demi-plan : droites parallèles et perpendiculaires

Mesure
– Relations dans le triangle : sinus, cosinus, tangente, loi des sinus et formule de Héron</td><td>Géométrie analytique
– Distance entre deux points
– Coordonnées d'un point de partage
– Droite : équation, pente, droites parallèles et perpendiculaires, médiatrices

Mesure
– Relations métriques et trigonométriques dans le triangle rectangle</td><td>Figures équivalentes

Géométrie analytique
– Droite et distance entre deux points

Mesure
– Relations métriques et trigonométriques dans le triangle (sinus, cosinus, tangente, lois des sinus et des cosinus)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">3e année</td><td>Figures équivalentes</td><td>Figures équivalentes

Géométrie analytique
– Lieu géométrique, position relative : lieux plans et coniques
– Cercle trigonométrique et identité trigonométrique
– Vecteur (résultante et projection)

Mesure
– Relations métriques dans le cercle et trigonométriques dans le triangle : lois des sinus et des cosinus</td><td>Géométrie analytique
– Cercle trigonométrique et identité trigonométrique
– Vecteur
– Conique :
• parabole
• cercle, ellipse et hyperbole centrés à l'origine</td></tr>
<tr><td>Graphe
– Degré, distance, chaîne, cycle
– Graphe : orienté, valué (pondéré)</td><td></td><td></td></tr>
</table>

Arithmétique et algèbre

L'algèbre traduit l'importance relative des facteurs en langage courant. Elle est essentiellement un langage écrit servant à illustrer dans ses structures écrites les motifs qu'elle a pour fonction de communiquer. Le motif que forment les symboles sur le papier est un cas particulier du motif qui doit être communiqué à la pensée. La méthode algébrique est le meilleur moyen dont nous disposions pour exprimer la nécessité, puisqu'elle réduit le hasard au caractère fantomatique de la variable réelle.

Alfred North Whitehead

Au premier cycle du secondaire, l'élève développe son sens du nombre et des opérations sur les nombres en notation décimale, fractionnaire et exponentielle (exposant entier) et sur la racine carrée. Il effectue le passage d'une notation à une autre selon le contexte. Il dégage les relations entre les opérations ainsi que leurs propriétés. Il respecte les priorités dans des chaînes d'opérations contenant au plus deux niveaux de parenthèses. Il effectue, mentalement ou par écrit, des opérations avec des nombres en notation décimale et fractionnaire. Il met à profit les opérations inverses et connaît des caractères de divisibilité. Il repère des nombres sur la droite numérique.

L'élève s'initie également au sens de la proportionnalité, qui représente un concept central et unificateur au premier cycle du secondaire. Il reconnaît et représente des situations de proportionnalité sous différentes formes : forme verbale, table de valeurs, graphique, règle. Il s'approprie les concepts qui y sont associés, notamment le rapport, la proportion, le taux et le coefficient de proportionnalité. Il développe différentes stratégies multiplicatives et additives pour gérer des situations où intervient la proportionnalité (ex. retour à l'unité, facteur de changement, coefficient de proportionnalité, procédé additif). Par l'étude de telles situations, il amorce la compréhension des liens de dépendance.

En algèbre, l'élève du premier cycle développe aussi son sens des expressions algébriques avec lesquelles il effectue des additions et des soustractions. Il multiplie et divise ces expressions par une constante, multiplie des monômes de degré 1 et divise des monômes par une constante. Il pose et résout des équations du premier degré à une inconnue de la forme $ax + b = cx + d$ et valide la solution obtenue par substitution. Il construit des expressions algébriques à partir de différentes situations. Il évalue numériquement une expression algébrique et produit des expressions équivalentes. Il représente globalement une situation à l'aide d'un graphique.

Au deuxième cycle du secondaire, l'élève active et approfondit des concepts et des processus qu'il a acquis au cours du premier cycle. Ces concepts et ces processus servent de tremplin à de nouveaux apprentissages et lui permettent d'établir des liens entre diverses situations qui sont plus élaborées qu'au premier cycle. Ainsi, les concepts associés aux diverses notations (fractionnaire, décimale, exponentielle, pourcentage), à la règle des signes, aux opérations, au raisonnement proportionnel, aux expressions algébriques et au sens de l'égalité sont réinvestis. Les processus liés aux écritures équivalentes, au passage d'une représentation à une autre, à l'évaluation numérique d'une expression et à l'observation de régularités sont également mobilisés et consolidés durant le cycle.

Pour compléter sa formation de base, l'élève construit et s'approprie les concepts et processus suivants :

Séquence *Technico-sciences*

Il n'est pas de branche de la mathématique, si abstraite soit-elle, qui ne puisse un jour s'appliquer à des phénomènes du monde réel.
Nikolay Lobachevsky

Sont ici présentés les concepts et processus ainsi que les éléments de méthode de la séquence *Technico-sciences*. Ces éléments sont regroupés sous les champs de l'arithmétique et de l'algèbre, des probabilités et de la statistique de même que de la géométrie. Il importe d'aborder les éléments de contenu de chaque champ de manière à mettre en valeur leur enrichissement mutuel. La rubrique *Repères culturels* complète la section. Elle présente des suggestions d'activités qui permettent à l'élève de situer les concepts mathématiques dans un contexte historique et social, de cerner les besoins qu'ils comblent de même que les problématiques qui ont suscité le développement de certains processus. Le recours aux repères culturels ou aux contextes historiques lui offre la possibilité d'apprécier la place de la mathématique dans la vie quotidienne et professionnelle ainsi que l'apport de nombreuses personnes au développement de cette discipline. Finalement, l'annexe E présente des suggestions d'énoncés, de situations ou d'instruments pour aider l'élève à explorer et à conjecturer.

Au début du deuxième cycle, une place importante a été consacrée à l'exploration pour aider l'élève à choisir la séquence qui convenait le mieux à ses aptitudes et à ses champs d'intérêt. L'élève poursuit cette exploration à l'intérieur de la séquence *Technico-sciences* de manière à mieux en percevoir les caractéristiques, à recourir à des habiletés manuelles et intellectuelles associées notamment aux instruments entourant le monde des techniques et à tisser ainsi des liens entre la mathématique et les différentes sphères d'activité du marché du travail. Il importe par ailleurs de créer des situations d'apprentissage qui l'amènent à découvrir les différents rôles[36] joués par la mathématique. Certaines d'entre elles contribuent au développement d'aptitudes sollicitées dans les techniques et favorisent l'exploitation de contextes en relation avec les domaines de la biologie, de la physique, de la chimie, des sciences humaines ou administratives, de l'agroalimentaire, des arts ou des communications graphiques, et ce, sans omettre le recours à des activités purement mathématiques.

L'élève poursuit le développement de ses compétences de diverses façons : il compare ses solutions avec celles de ses pairs, considère plusieurs points de vue et exerce son jugement critique lors de la validation d'une solution ou d'une conjecture; il recherche les causes d'un problème ainsi que les erreurs ou les anomalies présentes dans des solutions, des algorithmes ou des plans d'assemblage (architecture, aménagement paysager, etc.) et il émet des recommandations en vue de corriger ou de rendre plus efficientes les actions réalisées. Cela prend tout son sens notamment dans les études de cas[37] qui nécessitent l'intégration et la mise en pratique de savoirs mathématiques.

Ces études permettent d'examiner un ensemble de cas possibles ou probables dans une situation donnée ou de faire intervenir un raisonnement par disjonction de cas ou d'observer des cas particuliers afin d'en généraliser des éléments. Elles soulèvent diverses problématiques issues, entre autres, de la gestion d'entreprise ou de la gestion financière, du domaine des sciences ou de la technologie. Elles se rattachent à la recherche opérationnelle, à la production de soumissions ou à un processus de généralisation à partir de l'observation de cas particuliers. Les contextes traités sont variés. Ils peuvent, par exemple, faire intervenir :

– une approche statistique dans le traitement d'accidents chimiques;
– une optimisation impliquant des figures ou la description de lieux géométriques dans une soumission architecturale;

36. Se référer à l'annexe A : Buts de l'activité mathématique.
37. Un cas cerne un aspect critique de la réalité, un facteur. L'étude de cas aborde une problématique en analysant certains facteurs qui composent ou déterminent un thème donné. La comparaison de cas portant sur un même thème amène donc à considérer différents aspects critiques et conduit à une prise de décisions éclairée sur la problématique. Les études de cas favorisent, entre autres, le recours à la démarche expérimentale. Elles donnent l'occasion d'observer, de manipuler ou de formuler des conjectures et de les vérifier. Enfin, elles contribuent au développement et à l'intégration des compétences mathématiques et transversales.

– les systèmes d'inéquations dans un projet de recherche opérationnelle;
– les concepts de relation et de fonction dans l'établissement d'actions prioritaires visant à enrayer la propagation de certains virus;
– la production d'algorithmes visant soit la conception ou l'utilisation d'instruments, soit la construction de certains dessins ou objets.

En outre, un des buts de cette séquence est de sensibiliser l'élève à différentes considérations économiques. Placé dans des situations ayant trait à l'économie, autant en entreprise que dans sa vie personnelle, il apprend à donner un sens à la gestion financière et se familiarise avec des processus de base en administration. Les types de revenus et de placements, le financement, les bilans, les budgets et les soumissions respectant différentes contraintes sont autant d'outils d'interprétation et de planification qu'il est possible d'exploiter à cette fin. La dépréciation ou l'augmentation de la valeur de certains biens, le revenu brut et le revenu net sont aussi des thèmes qui sensibilisent l'élève à des choix de société, à la gestion de biens matériels et aux préoccupations financières d'un citoyen.

Les actions liées à des processus de *modélisation*, de *régulation*, de *validation* et de *prise de décisions* occupent une place importante dans cette séquence. L'élève développe son esprit critique en validant un modèle dont il détermine les limites. Il exploite différents types de preuves et il alterne entre le rapport d'expérimentation et la démonstration. Il prend conscience de la rigueur qui découle des règles et des conventions régissant la production de l'un comme de l'autre. Il apprend à cerner les étapes principales d'un raisonnement, à considérer différents aspects ou points de vue et à les mettre en évidence dans ses communications.

Plusieurs autres actions ou réalisations peuvent contribuer à dessiner le profil de l'élève et à caractériser ses apprentissages. Ainsi, il peut former un comité dont le mandat est d'organiser une exposition qui vise à faire connaître des techniques, machines ou instruments ayant un lien avec les mathématiques. Il peut gérer un concours de dessins dont le but premier est de mettre en relation les fonctions et les figures géométriques. Des activités peuvent également s'articuler autour d'invités spéciaux, de visites dans divers établissements, du visionnement d'un film, de la construction de maquettes, etc.

Au cours de la dernière année du cycle, l'élève ne fait pas que mobiliser les concepts et processus nouvellement introduits, il mobilise l'ensemble de ses savoirs dans le traitement des situations qu'il rencontre. Ainsi, même si seulement quelques fonctions réelles sont nouvellement introduites au cours de la dernière année, l'élève est incité à parfaire l'apprentissage de toutes les fonctions à l'étude depuis le début du secondaire. Dans le même esprit, les concepts de distance et de relation métrique sont indissociables des réalisations de la dernière année de la séquence. De plus, les éléments de contenu des champs de la mathématique étant abordés de façon symbiotique, les connaissances de l'élève en ce qui concerne les probabilités et la statistique sont activées à plusieurs occasions, et ce, même si aucun nouveau concept n'est introduit.

Durant sa dernière année, l'élève apprend également à utiliser des matrices. Elles sont l'occasion pour lui d'étendre et de consolider ses savoirs mathématiques. C'est dans la gestion de situations signifiantes comportant des opérations sur les matrices qu'il pourra prendre conscience de l'efficience de ce registre dans le traitement de données.

De plus, cette dernière année offre à l'élève la possibilité de réaliser une activité d'exploration d'envergure dans laquelle une recherche et une analyse d'informations impliquant la mathématique sont destinées à répondre à ses besoins et à enrichir son portfolio. Pour certains élèves, cette activité favorisera le renforcement des concepts et des processus du cycle, tandis que, pour d'autres, elle conduira à l'exploration de nouveaux concepts non prescrits au secondaire. Étant susceptible d'enrichir la mémoire collective, le fruit de l'ensemble des activités réalisées peut être conservé à la bibliothèque de l'école, diffusé sur un site Internet ou publié dans une revue scolaire. Des suggestions de thèmes pouvant guider l'élève dans la réalisation de son activité d'exploration ainsi que les manifestations attendues au regard des trois compétences sont présentées ci-après.

L'élève engagé dans cette séquence est régulièrement invité à réfléchir sur ses démarches, à explorer différents points de vue, à agir dans le respect des contraintes d'une situation ou à agir sur celles-ci afin d'obtenir un résultat particulier. Il est encouragé à développer des attitudes et des aptitudes fortement sollicitées sur le marché du travail, particulièrement dans le domaine des techniques (instrumentées ou non). L'élève s'outille pour être en mesure de faire face aux changements, de gérer des situations complexes, de faire preuve de créativité, de coopérer de façon constructive, assumant ainsi son rôle de citoyen responsable et réfléchi.

Activité d’exploration au cours de la troisième année du cycle

Durant la troisième année du cycle, l’élève a l’occasion d’explorer la portée culturelle ou professionnelle de la mathématique à l’intérieur d’une activité qui peut être proposée à n’importe quel moment de l’année. Il importe qu’il puisse choisir cette activité et qu’il s’implique dans une démarche où l’autonomie, l’initiative et la créativité sont des facteurs de valorisation. Le sujet traité et la démarche d’apprentissage qu’il entreprend doivent satisfaire sa curiosité, correspondre à ses champs d’intérêt et répondre à ses besoins. En plus d’offrir de l’information sur les particularités du sujet exploré et sur les concepts et processus en cause, le compte rendu de sa démarche doit mettre en valeur les relations entre les actions menées et les compétences mathématiques sollicitées. S’il y a lieu, l’enseignant qui le désire peut également proposer des activités particulières dans lesquelles son expertise personnelle peut être mise à profit. Entre dix et quinze heures sont prévues dans le programme pour la réalisation de cette activité en classe.

La liste non exhaustive qui suit peut aider l’élève à faire un choix d’activité lui permettant de découvrir la portée de la mathématique.

Instruments et techniques

– Construction de machines ou d’instruments, recherche sur des instruments actuels ou du passé : pantographe, trisecteur, perspectographe de Dürer, mesolabon, traceur de courbes, pluviomètre, oscilloscope, sismographe, etc.
– Réalisation d’un dessin assisté par ordinateur ou représentation d’une sphère en deux dimensions (carte du monde)

Domaines d’application

Exploration par domaine

– Travaux en relation avec l’architecture
– Travaux en relation avec le domaine de l’administration : comptabilité (tenue de livres, amortissement, prix de revient); comparaison entre la location et l’achat de biens mobiliers ou immobiliers; marketing; actuariat; nombre *e*
– Analyse sociale des impacts et des répercussions des jeux de hasard : point de vue du gouvernement (financement) et du consommateur (risques et émotions, analyse de croyances)

Exploration par concept mathématique

– Transformations géométriques (manufacturiers de vêtements, architectes, décorateurs, designers, etc.), rotation dans le plan cartésien, coordonnées polaires (rôle en programmation)
– Cote Z, cote R, corrélation logistique, différentes courbes (de niveau, de répartition, de tendance, d’efficience, d’influence, en cloche, en S, de régression, logistique, curtique, etc.)
– Systèmes de numération : systèmes binaire (code à barres sur les produits), hexadécimal et sexagésimal; nombres complexes

Autres

Recherche historique, résumé de lectures, analyse de concepts, etc.

– Identités trigonométriques, factorisation de trinômes du second degré, fonctions splines, lien entre les paramètres d’une équation et la rotation, systèmes d’équations à plusieurs inconnues, etc.
– Dénombrement et probabilités dans des situations où interviennent des permutations, des arrangements ou des combinaisons (construction de formules); distribution de probabilités (aire sous la courbe); loi binomiale, loi normale, etc.
– Géométries sphérique, hyperbolique et fractale

Suggestions de production

La production peut prendre plusieurs formes selon les objectifs poursuivis. Cependant, dans tous les cas, la démarche de réalisation de l’activité doit être explicitée.

– Article de journal, document de portfolio, diaporama, maquette, dessin, toile, etc.

L’enseignant peut proposer diverses modalités de présentation des résultats de l’activité à la classe, à des élèves d’un autre niveau ou à d’autres organismes de la communauté, en entrevue individuelle ou au cours d’une exposition, etc.

Manifestations attendues au regard des compétences

Dans la réalisation de son activité d’exploration, l’élève est en mesure de reconnaître les actions ou stratégies qu’il met en œuvre et de les associer à la compétence *Résoudre une situation-problème* ou à certaines de ses composantes, selon l’activité.

Il est également capable de structurer son raisonnement de manière à mettre en évidence les conjectures émises et validées (ou invalidées) et d’établir des liens avec la compétence *Déployer un raisonnement mathématique*. Il dégage les concepts et processus mobilisés dans l’activité et manifeste sa compréhension de ceux qui ont déjà fait l’objet d’un apprentissage.

L’élève est en mesure finalement de rédiger un compte rendu adapté au type de production choisi. Il y présente ses résultats, décrit sa démarche, compare les visées initiales de l’activité avec les résultats obtenus, en commente l’écart et met en évidence les actions menées au regard de la compétence *Communiquer à l’aide du langage mathématique*. Il est en mesure de recourir à une terminologie adaptée au contexte de l’activité et à l’interlocuteur visé.

Lorsque l’exploration mène à la découverte de concepts et de processus mathématiques non prescrits dans ce programme, leur maîtrise n’est pas requise pour la reconnaissance des compétences.

Évaluation

L’évaluation de l’activité peut être réalisée par l’enseignant, par l’élève, par ses pairs ou par toutes ces personnes. Par ailleurs, l’enseignant peut s’inspirer des critères énoncés dans le programme pour établir ceux qui conviennent à l’activité. Ces critères doivent toutefois être connus de l’élève. L’appréciation de l’activité sera considérée dans l’évaluation d’une ou de plusieurs compétences, selon le cas.

Arithmétique et algèbre

Rendez tout aussi simple que possible, mais pas plus.
Albert Einstein

Dans la continuité de la première année du cycle, l'élève construit et s'approprie les concepts et processus suivants :

Sens du nombre réel, des expressions algébriques et des liens de dépendance	
Concepts de la 2e année du cycle	**Processus**
– Expressions arithmétique et algébrique • Nombres réels - Radicaux (racine *n*e) - Puissances de base 2 et 10 (changement de base) • Inéquation du premier degré à deux variables – Relation, fonction et réciproque • Fonction réelle : polynomiale du second degré, exponentielle, partie entière (du plus grand entier non supérieur à x) - Fonction périodique, définie par parties ou en escalier • Paramètre multiplicatif – Système • Système d'équations du premier degré à deux variables	– Manipulation d'expressions numériques et algébriques • Écriture d'un nombre à l'aide de radicaux ou d'exposants rationnels • Écriture de tout nombre dans une même base et écriture d'un nombre dans différentes bases - Construction et interprétation de tables de valeurs de nombres rationnels positifs écrits en base 2 et 10 • Développement et factorisation - Mise en évidence double • Représentation graphique d'inéquations du premier degré à deux variables et validation de la région-solution – Analyse de situations • Expérimentation, observation, interprétation, description et représentation graphique de situations concrètes • Modélisation d'une situation à l'aide de registres de représentation : verbalement, algébriquement, graphiquement et à l'aide d'une table de valeurs - Description des propriétés d'une fonction - Interprétation des paramètres - Interprétation et représentation graphique de la réciproque des fonctions : partie entière, second degré (relation s'exprimant par deux fonctions *racine carrée*), exponentielle (fonction *logarithmique*) • Résolution d'équations et d'inéquations exponentielles et du second degré • Comparaison de situations et distinction de familles de fonctions • Résolution de systèmes d'équations du premier degré à deux variables

Note : Dans les situations où l'élève doit déterminer la valeur approximative d'un exposant (logarithme), il utilise un graphique, une table de valeurs (base 2 ou 10) ou la calculatrice. Pour déterminer cette valeur, il manipule les expressions et les transpose dans une même base (base 10, pour la calculatrice) de manière à rendre les exposants comparables. Il s'aide, au besoin, de quelques équivalences comme $a^b = c \Leftrightarrow \log_a c = b$, $\log_a c = \dfrac{\log_b c}{\log_b a}$.

Sens du nombre réel, des expressions algébriques et des liens de dépendance (*Suite*)

Dans l'analyse de différentes situations ou expériences, l'élève dégage des informations telles que le lien de dépendance, les accroissements, le domaine et l'image, la croissance ou la décroissance, le signe, les extrémums, des valeurs remarquables dont le ou les zéros et les coordonnées à l'origine.

En ce qui concerne les fonctions réelles prescrites, la recherche de la règle se fait lorsqu'il est possible de traduire la situation à l'aide des fonctions suivantes : $f(x) = ax^2$ ou $f(x) = a(bx)^2$, $f(x) = ac^{bx}$, $f(x) = a[bx]$, où $c > 0$. Cette recherche s'effectue à partir de données déduites d'un contexte, d'une table de valeurs ou d'un graphique. L'interprétation des paramètres présents dans ces écritures se fait à l'aide du contexte, de la table de valeurs et du graphique. De plus, le changement d'échelle et le lien entre la modification de la valeur d'un paramètre et la transformation géométrique qui lui est associée sont introduits.

Pour les fonctions *périodiques*, *définies par parties* et *en escalier*, la représentation graphique en relation avec le contexte est privilégiée même si, dans certains cas, le registre symbolique pourrait être utilisé.

Le concept d'inéquation à deux variables renforce le sens de l'équation pour l'interprétation dans un plan cartésien.

Dans la recherche d'expressions équivalentes, l'élève est amené à construire le processus de mise en évidence double à l'aide de la propriété de distributivité de la multiplication sur l'addition ou la soustraction.

Concepts de la 3e année du cycle

– Relation, fonction et réciproque
  - Fonction réelle : exponentielle et logarithmique, polynomiale du second degré (formes générale, canonique et factorisée) et racine carrée, sinusoïdale, tangente, partie entière, rationnelle (forme canonique et forme $f(x) = \dfrac{ax + b}{cx + d}$ où $a, b, c, d \in \mathbb{R}$ et $cx + d \neq 0$)
  - Paramètre additif
  - Opération sur les fonctions

– Système
  - Système d'inéquations du premier degré à deux variables
  - Système d'équations et d'inéquations faisant intervenir divers modèles fonctionnels

Processus

– Manipulation d'expressions algébriques :
  - Division de binômes du premier degré

– Analyse de situations faisant appel à des fonctions réelles (du deuxième cycle)
  - Expérimentation, observation, interprétation, description et représentation de situations concrètes dans divers registres de représentation
  - Rôle des paramètres dans tous les registres de représentation (contexte, table de valeurs, règle et graphique)
  - Résolution d'équations et d'inéquations à une variable : second degré, racine carrée, rationnelle
  - Résolution d'équations et d'inéquations exponentielles et logarithmiques à une variable mettant à profit les propriétés des exposants et des logarithmes
  - Résolution d'équations et d'inéquations trigonométriques du premier degré à une variable réelle impliquant une expression contenant soit un sinus, soit un cosinus ou une tangente
  - Résolution graphique de situations impliquant des systèmes d'équations et d'inéquations faisant intervenir divers modèles fonctionnels

– Optimisation de situations se représentant par un système d'inéquations du premier degré à deux variables
  - Représentation et interprétation des contraintes et de la fonction à optimiser
  - Détermination et interprétation de la région-solution (fermée ou non) et des sommets
  - Analyse et interprétation d'une solution optimale selon le contexte
  - Modification des conditions ou de l'objectif pour rendre la situation plus efficiente

Note : Dans l'étude des fonctions réelles (celles des deux années de la séquence), le lien entre la modification de la valeur des paramètres et les transformations géométriques est complété par l'ajout des paramètres associés à la translation (paramètres additifs associés aux variables dépendantes et indépendantes). L'élève peut cependant positionner les axes ou la courbe de façon à faciliter l'analyse d'une situation.

La fonction polynomiale du second degré a été introduite et est reconduite dans sa forme canonique. Le passage à la forme factorisée nécessite le réinvestissement des cas de factorisation vus l'année précédente. Le passage à la forme générale nécessite le développement de l'expression canonique et permet l'établissement d'une correspondance entre les paramètres. Pour le passage de la forme générale à la forme canonique, l'élève fait référence aux correspondances établies ou procède par complétion du carré.

Il est possible d'introduire les fonctions sinusoïdales à l'aide d'angles exprimés en degrés.

L'arc sinus, l'arc cosinus et l'arc tangente sont principalement abordés à titre d'opérations réciproques au regard de la résolution d'équations ou d'inéquations. Il en était de même pour la racine carrée et le logarithme introduits les années précédentes.

Éléments de méthode

Dans la séquence *Technico-sciences*, le développement des compétences en mathématique nécessite le recours régulier à des concepts algébriques. Les manipulations algébriques sont présentes aux deux années du cycle. L'élève effectue des opérations courantes sur des expressions algébriques (par exemple, sur des expressions rationnelles simples où l'un des dénominateurs est un multiple de l'autre), l'essentiel demeurant les opérations sur les polynômes. Les divisions sont limitées à celles d'un polynôme par un binôme, avec ou sans reste. C'est peu à peu que l'élève est amené à manipuler des expressions algébriques impliquant la factorisation d'un polynôme (y compris le trinôme du second degré à coefficients entiers). Il explore la mise en évidence simple ou double, la substitution d'une identité remarquable du second degré (différence de carrés ou trinôme carré parfait), puis, à la dernière année du cycle, la complétion du carré. C'est aussi graduellement qu'il poursuit l'apprentissage des propriétés des exposants en les associant à celles des radicaux et des logarithmes. La syntaxe et les règles propres à l'algèbre sont progressivement introduites en établissant la rigueur essentielle au développement de la compétence *Communiquer à l'aide du langage mathématique*. L'élève découvre l'efficacité des manipulations algébriques et du concept de fonction dans la gestion de situations. Le recours aux instruments et à la technologie s'avère efficace pour l'atteinte des objectifs poursuivis dans l'analyse de situations faisant appel à des fonctions et stimule du même coup l'exploration du domaine des techniques.

Graduellement, l'élève développe son esprit d'analyse et son habileté à synthétiser une situation qu'il se représente en y observant certaines quantités et en les transposant dans un graphique ou une table de valeurs. Il détermine les propriétés des fonctions à partir de leur représentation dans différents registres et construit des liens qui permettent le passage entre ces registres. Il caractérise différents types de liens de dépendance. Il compare différents modèles et dégage des particularités telles que le type d'accroissement ou certains points remarquables. Ainsi, il reconnaît et distingue les familles de fonctions au programme et leur associe des situations correspondantes. Il explique les raisons qui font qu'un domaine continu peut être utilisé pour représenter certains phénomènes dont le domaine est discret. Dans son apprentissage des fonctions, l'élève analyse progressivement le rôle des paramètres d'une équation et l'effet de la modification de leur valeur sur la représentation graphique, la table de valeurs et les données du contexte initial. Il recourt à ses connaissances des fonctions pour analyser des données statistiques ou expérimentales, pour comparer ou commenter des résultats ou des prévisions, ou pour émettre des recommandations.

La géométrie analytique contribue à l'établissement de liens intradisciplinaires. Les éléments de géométrie à favoriser dans cette approche sont regroupés dans la section *Géométrie*.

Deuxième année du cycle

L'élève donne du sens aux manipulations de nombres écrits sous forme exponentielle ou radicale en exploitant les propriétés des exposants. Grâce à la connaissance des liens entre les différentes formes d'écriture, il passe de l'une à l'autre lorsqu'il exerce l'ensemble de ses compétences. Les processus entourant les changements de base requis dans la résolution d'équations ou d'inéquations exponentielles s'avèrent indispensables lorsque 10 n'est pas la base initiale. Il importe de bien comprendre l'origine et le sens de ces processus pour utiliser de façon adéquate la technologie et exercer son jugement critique au regard des résultats obtenus.

Les situations incitent au questionnement sur le choix d'un modèle approprié pour en construire une représentation. Par exemple, un tarif téléphonique interurbain à la minute se représente-t-il par une fonction en escalier, une fonction du premier degré ou une fonction définie par parties? L'analyse de situations à l'aide de fonctions périodiques, définie par parties ou en escalier est abordée en relation avec des situations concrètes. Dans sa compréhension du rôle des paramètres, l'élève décrit algébriquement une fonction du second degré à l'aide de l'un ou l'autre des paramètres multiplicatifs associés aux variables dépendantes ou indépendantes et établit une relation entre les deux équations obtenues. Par ailleurs, bien que la fonction racine carrée et la fonction logarithmique soient représentées graphiquement, les concepts qui leur sont associés sont principalement abordés à titre d'opérations réciproques dans la résolution d'équations et d'inéquations du second degré ou exponentielles reliées aux situations exploitées. Les opérations sur les fonctions peuvent être abordées à titre intuitif, au besoin. Par exemple, le produit d'une fonction par un nombre réel peut aider à conceptualiser un changement d'échelle.

La résolution de systèmes d'équations du premier degré à deux variables se fait algébriquement, graphiquement ou à l'aide d'une table de valeurs. L'élève se familiarise avec un répertoire de méthodes (comparaison, substitution, réduction) qui lui permet de résoudre algébriquement un système. Cette résolution de systèmes d'équations intervient dans plusieurs champs de la mathématique. L'élève y fait appel lorsqu'il recherche aussi bien des mesures en géométrie que des données manquantes en probabilités et en statistique.

Troisième année du cycle

Dans cette dernière année du cycle, l'élève consolide et approfondit l'ensemble des savoirs arithmétiques et algébriques du deuxième cycle. Il interprète les paramètres dans divers registres pour toutes les fonctions à l'étude au deuxième cycle et il élargit son répertoire de techniques algébriques. Plusieurs situations se modélisant par une fonction périodique peuvent être interprétées graphiquement[38]. Cependant, les fonctions sinus, cosinus et tangente sont analysées dans tous les registres. Les opérations sur les fonctions sont abordées à l'aide de situations concrètes. Ainsi, en plus d'intégrer à ses savoirs la forme générale et la forme factorisée de la fonction du second degré ainsi que les manipulations algébriques associées, l'élève découvre que la fonction du second degré peut s'obtenir par le produit ou l'addition de deux fonctions[39]. Il est aussi amené à constater que la fonction rationnelle peut s'obtenir par le quotient de deux fonctions polynomiales. Par ailleurs, introduite dans les deux premières années du cycle, l'analyse de situations où le taux de variation change selon l'intervalle considéré se poursuit à l'aide de plusieurs modèles fonctionnels qui interviennent dans la description du comportement de deux variables dans un intervalle donné. À cet égard, il peut être intéressant de présenter la fonction *valeur absolue*.

L'optimisation de situations impliquant la résolution de systèmes d'inéquations du premier degré sollicite un raisonnement rigoureux. L'interprétation de la région-solution et des sommets, avec ou sans l'aide de la représentation graphique de la fonction à optimiser, permet à l'élève d'illustrer le raisonnement utilisé pour convaincre de la solution optimale à dégager. La détermination des coordonnées d'un point d'intersection peut se faire algébriquement, à l'aide de matrices ou par approximation à partir du graphique. Lorsque ces coordonnées sont approximées, l'élève détermine, selon le contexte, si le résultat est plausible et si le degré de précision est acceptable. Le cas échéant, l'élève analyse la situation de manière à déterminer la solution la plus avantageuse, à proposer des modifications, à émettre une nouvelle piste de solution ou des recommandations pour la rendre plus efficiente. Il est ainsi amené à agir en fonction des contraintes d'une situation ou de l'objectif poursuivi dans le but de l'améliorer. La résolution de systèmes d'inéquations peut faire intervenir plusieurs contextes permettant l'intradisciplinarité. L'élève peut gérer un contexte probabiliste dans lequel les possibilités font appel à un domaine continu. Il peut mettre à profit ses connaissances des figures équivalentes dans le choix d'une solution optimale. La résolution de systèmes d'équations et d'inéquations faisant intervenir divers modèles fonctionnels peut se faire par interprétation graphique avec ou sans l'aide de la technologie. Dans tous les cas, l'expression d'une solution est formulée au regard du contexte et de l'interlocuteur.

38. L'élève peut approfondir les concepts de période ou d'opérations sur des fonctions, notamment à partir des graphiques qu'affichent plusieurs instruments (moniteurs) dans les domaines de la santé et des médias.
39. Exemples : produit de deux fonctions : $f(x) = a_1x + b_1$ et $g(x) = a_2x + b_2$; addition de deux fonctions; $f(x) = ax^2$ et $g(x) = c$; $f(x) = ax^2$ et $g(x) = bx + c$; $f(x) = a_1x^2 + b_1x + c_1$ et $g(x) = a_2x^2 + b_2x + c_2$, où $a_i \neq 0$.

Probabilités et statistique

La théorie de la probabilité comme discipline mathématique peut et doit être élaborée à partir d'axiomes, tout comme la géométrie et l'algèbre.
Andrei Kolmogorov

Dans la continuité de la première année du cycle, l'élève construit et s'approprie les concepts et processus suivants :

<table>
<tr><th colspan="2">Sens des données issues d'expériences aléatoires et de relevés statistiques</th></tr>
<tr><th>Concepts de la 2e année du cycle</th><th>Processus</th></tr>
<tr><td>– Probabilité conditionnelle

– Équité
• Chance
• Espérance mathématique

– Distribution à un caractère
• Mesures de dispersion : écart moyen, écart type

– Distribution à deux caractères
• Corrélation linéaire et autre
- Coefficient de corrélation
- Droite de régression et courbes apparentées aux modèles fonctionnels à l'étude</td><td>– Interprétation et prise de décisions concernant des données probabilistes
• Représentation et calcul d'une probabilité conditionnelle
- Distinction entre événements mutuellement exclusifs ou non, événements indépendants et événements dépendants
• Détermination des chances pour ou des chances contre
• Calcul et interprétation de l'espérance mathématique
• Modification de la valeur de paramètres ou de conditions dans la situation pour la rendre équitable
• Modification de la valeur de paramètres ou de conditions pour optimiser un montant de gain ou de perte selon certains objectifs

– Analyse et prise de décisions concernant des données statistiques qui portent sur des distributions à un ou deux caractères
• Organisation et choix d'outils appropriés permettant de rendre compte de données
- Construction et interprétation de tableaux de distribution à un ou deux caractères
- Représentations graphiques : diagrammes et nuage de points
- Calcul et interprétation de mesures de dispersion
- Interpolation et extrapolation à l'aide du modèle fonctionnel le mieux ajusté à une situation
▪ Interprétation et description du lien unissant deux variables
▪ Appréciation qualitative d'une corrélation (fort, moyen, faible, nulle) et appréciation quantitative dans le cas d'une corrélation linéaire
▸ Approximation du coefficient de corrélation linéaire
• Comparaison de distributions
• Description et critique d'une étude statistique

– Calcul de probabilités à partir de relevés statistiques et réciproquement

– Anticipation (prédiction, prévision) et interprétation de tendances et de résultats probabilistes ou statistiques</td></tr>
<tr><td colspan="2">Note : Il est possible d'approximer le coefficient de corrélation linéaire par une méthode graphique (méthode du rectangle ou de l'ellipse englobant les données). La détermination de la valeur du coefficient de corrélation pour l'ensemble des modèles se fait à l'aide de la technologie.</td></tr>
</table>

Éléments de méthode

Dans la séquence *Technico-sciences*, l'analyse de situations probabilistes et statistiques contribue fortement au développement de compétences et à l'exercice du jugement critique. L'élève y anticipe des résultats, commente des comportements et prend des décisions qu'il explique ou justifie à l'aide de concepts statistiques ou probabilistes. En analysant mathématiquement des tendances ou des croyances qui influencent le comportement de certains citoyens, il porte un jugement plus éclairé sur les actions posées et établit un diagnostic sur l'effet probable de ces actions. En outre, dans cette séquence, il prend conscience que la probabilité subjective établit un lien entre les probabilités et la statistique, qu'une étude statistique sert d'appui pour la formulation de prévisions ou de prédictions, que le fait pour un individu d'appartenir à une classe de référence ne prouve pas qu'une probabilité s'applique à lui.

Plus particulièrement, le recours au concept de corrélation (linéaire ou autre) pour déterminer le modèle fonctionnel le mieux ajusté à une situation s'avère pertinent pour les deux années de la séquence. À la dernière année, les équations des modèles explorés contiennent plus de paramètres qu'à la première année (voir la section *Algèbre* pour plus de détails). Les contextes probabilistes peuvent, pour leur part, être mis à profit dans la résolution de systèmes d'inéquations, dans une extrapolation, une recommandation ou la validation d'une conjecture.

Deuxième année du cycle

Probabilités

L'élève poursuit le développement de sa pensée probabiliste en y intégrant le concept de probabilité conditionnelle. Ainsi, en établissant la probabilité qu'un événement se produise sachant qu'un autre s'est déjà produit, il recourt au concept d'événements dépendants, au diagramme de Venn ou au diagramme en arbre pour déployer son raisonnement. Les situations explorées ne doivent pas nécessiter l'utilisation de formules, mais permettre le raisonnement et favoriser une représentation à l'aide de différents registres. La notation factorielle est utilisée pour simplifier l'écriture de certaines opérations et pour faire un usage efficient de la calculatrice.

Dans son exploration de la notion d'équité, l'élève est amené à distinguer les concepts de hasard, de chance et de probabilité. L'analyse des règles de certains jeux lui permet de déterminer les *chances pour* ou les *chances contre* d'un joueur et de modifier au besoin ces règles pour rendre la situation équitable ou plus favorable à l'un des joueurs. Le concept de moyenne pondérée évolue vers celui d'espérance mathématique, à l'aide duquel l'élève prend des décisions. Dans l'analyse de situations, y compris les jeux de hasard, il modifie les paramètres de l'équation pour rendre le jeu équitable ou pour optimiser un montant de gain ou de perte selon certains objectifs.

Statistique

Les concepts et les processus de cette année du cycle concernent l'analyse et la communication d'informations relativement à un ensemble de données, recueillies ou non par l'élève, dans le but de convaincre de la fiabilité d'une étude statistique ou d'une expérience réalisée, ou de justifier des prévisions ou des recommandations. Ils favorisent le questionnement et la discussion entourant le comment et le pourquoi d'une étude pour en commenter les résultats. Pour quelles raisons a-t-on fait cette étude? Que voulait-on démontrer? L'échantillon est-il généralisable pour la population? Que veut dire une marge d'erreur de 3 %, 19 fois sur 20? Pourquoi affirme-t-on qu'il est possible de faire dire ce que l'on veut à des statistiques? Quelles sont les données qui permettraient de répondre à certaines questions? Une étude statistique peut-elle prouver une conjecture? Quel est le lien entre la démarche statistique, la démarche expérimentale en science et le processus de modélisation en mathématique?

Dans le développement de sa pensée statistique, l'élève renforce le concept de mesure de dispersion dans l'étude d'une distribution à un caractère à l'aide de l'écart moyen et de l'écart type. Le sens de la mesure, la compréhension des algorithmes de calcul de l'écart moyen et de l'écart type lui permettent de faire un usage réfléchi de la technologie pour en déterminer les valeurs.

L'élève entreprend également l'étude de distributions statistiques à deux caractères qu'il représente par un tableau à double entrée ou par un nuage de points[40]. Lorsqu'il étudie la nature du lien unissant les variables d'une corrélation, il est conscient qu'il n'y a pas de lien de dépendance *a priori*, qu'une relation peut être fortuite ou dépendre d'un troisième facteur. L'étude lui permet parfois de discuter de la causalité ou de la dépendance des variables étudiées. Dans ces cas, l'élève estime l'équation de la droite de régression et le coefficient de corrélation linéaire à l'aide d'une méthode appropriée ou à l'aide de la technologie. Pour les autres modèles de corrélation, bien qu'il soit possible d'approximer les coefficients de corrélation et de rechercher la règle de la fonction à l'aide de différentes méthodes, l'appréciation qualitative du coefficient de corrélation et le recours à la technologie sont à privilégier pour orienter le choix du modèle fonctionnel le mieux ajusté à une situation et le valider.

40. Le concept de nuage de points a été introduit à la première année du cycle dans la représentation de situations issues d'expérimentations afin de développer le sens des liens de dépendance.

Géométrie

Les géomètres en sont encore à explorer ces nouvelles merveilles, en partie pour découvrir leur application possible à la cosmologie et à d'autres domaines de la science, mais surtout pour la joie pure de passer de l'autre côté du miroir, là où les droites, les plans, les triangles, les cercles et les sphères familiers se comportent de manière étrange mais déterminée avec précision.
H. S. M. Coxeter

Dans la continuité de la première année du cycle, l'élève construit et s'approprie les concepts et processus suivants :

Sens spatial et figures géométriques

Concepts de la 2e année du cycle	Processus
– Géométrie analytique • Distance entre deux points • Coordonnées d'un point de partage • Droite - Équation d'une droite - Pente - Droites perpendiculaires et parallèles, médiatrices – Mesure • Relations métriques et trigonométriques (sinus, cosinus, tangente) dans le triangle rectangle	– Analyse de situations • Modélisation, optimisation et prise de décisions dans des situations faisant appel à des droites, au concept de distance et au point de partage (plans euclidien et cartésien) • Recherche de mesures manquantes mettant à profit des propriétés de figures et des relations - Longueurs ■ Segment issu de diverses figures ■ Côté d'un triangle ■ Hauteur issue de l'angle droit d'un triangle rectangle, projection orthogonale des cathètes sur l'hypoténuse - Aires de triangles à partir de la mesure d'un angle et deux côtés ou à partir de la mesure de deux angles et un côté - Angles d'un triangle
Concepts de la 3e année du cycle	**Processus**
– Figures équivalentes (aire, volume, capacité) – Géométrie analytique • Lieu géométrique et position relative - Lieux plans et coniques • Cercle trigonométrique - Radian, longueur d'arc - Identité trigonométrique • Vecteur - Résultante, projection, opération – Mesure • Relations trigonométriques dans le triangle (loi des sinus et des cosinus) • Relations métriques dans le cercle	– Manipulation d'expressions trigonométriques simples à l'aide des définitions (sinus, cosinus, tangente, sécante, cosécante, cotangente), des identités pythagoriciennes ainsi que des propriétés de périodicité et de symétrie – Analyse de situations • Description, représentation et construction de lieux géométriques avec ou sans soutien technologique • Définition et représentation d'une transformation géométrique à l'aide d'une règle algébrique ou d'une matrice • Modélisation et optimisation de situations faisant appel aux concepts de vecteur, de distance, de lieu géométrique, de mesure ou de figures équivalentes • Recherche de mesures manquantes mettant à profit des propriétés de figures et des relations - Longueur, aire, volume ou capacité provenant de figures équivalentes - Segment, corde, arc ou angle dans le triangle ou le disque

Note : L'élève recourt également au plan euclidien pour construire les concepts de distance entre deux points, de lieu, de position relative et de vecteur.

Les lieux plans sont des lieux géométriques faisant intervenir uniquement des droites ou des cercles.

En géométrie analytique, l'élève peut positionner les axes ou la figure de façon à faciliter l'analyse d'une situation. L'équation de la droite sous la forme symétrique est facultative.

On entend par *vecteur* un vecteur géométrique ou libre. Les opérations sur les vecteurs sont limitées à l'addition et à la soustraction de vecteurs, à la multiplication d'un vecteur par un scalaire et au produit scalaire de deux vecteurs, et elles s'effectuent en contexte.

Éléments de méthode

L'élève inscrit à la séquence *Technico-sciences* a l'occasion de poursuivre le développement de son sens spatial et d'élargir son réseau de concepts et de processus à l'égard des figures géométriques. Les explorations effectuées le conduisent à développer l'ensemble de ses compétences mathématiques. L'approche empirique est tout autant sollicitée que l'approche formelle (preuve intellectuelle) pour dégager des propriétés de figures ainsi que pour justifier ou valider des vérités anticipées. Lorsqu'il valide des conjectures, l'élève est placé devant des situations qui font appel au besoin de prouver; les théorèmes de base lui servent d'outils pour ce faire.

Les occasions sont nombreuses de lier les champs de l'algèbre et de la géométrie, en exploitant par exemple les concepts de lieu géométrique et de vecteur. Les transformations géométriques sont également présentes dans plusieurs activités, notamment dans l'analyse de l'effet de la modification des valeurs des paramètres dans l'étude des fonctions, la description d'un lieu géométrique, la construction de l'image d'une figure à partir d'une matrice de transformation, etc. De plus, le recours à la réflexion permet la représentation graphique de la réciproque d'une fonction ou la détermination de la distance minimale faisant intervenir deux points et une droite.

Deuxième année du cycle

En géométrie analytique, l'étude que fait l'élève des concepts de droite, de distance et de point de partage lui permet d'analyser des situations faisant intervenir des calculs de distances, de périmètres ou d'aires. Certaines situations suscitent chez lui le besoin de démontrer, par exemple, qu'une droite donnée est bel et bien le lieu de points correspondant à la médiatrice d'un segment donné. D'autres nécessitent la détermination de la position relative de deux droites ou bien la recherche de la valeur d'un angle d'élévation à partir d'un taux de variation ou d'une pente donnée, ou encore font intervenir la construction de la distance d'un point à une droite ou à un segment. L'élève choisit, parmi les formes générale ou canonique de l'équation d'une droite, celle qu'il juge appropriée pour résoudre un problème.

À l'aide du concept de similitude introduit les années précédentes, l'élève dégage les conditions minimales pour obtenir des figures isométriques ou semblables. Il fait appel au raisonnement proportionnel lorsqu'il exploite des relations métriques et trigonométriques dans le triangle rectangle ou dans des triangles qu'il décompose en triangles rectangles.

Troisième année du cycle

L'élève élargit son réseau de concepts aux figures équivalentes, aux relations métriques dans le cercle et à la trigonométrie dans le triangle. Si l'étude du cercle trigonométrique introduit, d'une part, les fonctions sinus, cosinus et tangente ainsi que certaines identités, elle soutient, d'autre part, l'établissement d'une correspondance entre les radians et les degrés ainsi que le calcul des longueurs d'arc à l'aide de l'une ou l'autre de ces unités. Le concept de vecteur et sa représentation géométrique favorisent la prise de décisions et l'établissement de liens avec divers domaines des sciences. Ainsi, dans la recherche de la résultante, l'élève établit un lien avec une composée de translations, le triangle et le parallélogramme. Dans les situations faisant intervenir la projection orthogonale d'un vecteur, les relations trigonométriques sont mises à contribution.

Comme pour l'étude des vecteurs, l'étude des positions relatives de deux cercles de même que la construction du segment représentant la distance d'un point à un cercle ou à une ellipse favorisent le transfert du concept de distance à d'autres situations. Les concepts de lieu et de position relative ont été introduits selon une approche intuitive l'année précédente au cours de l'étude de la géométrie analytique de la droite. L'élève poursuit la construction de ce concept en cherchant, par l'exploration ou l'observation, la figure correspondant à la description d'un lieu et, réciproquement, il décrit le lieu correspondant à une figure donnée. L'accent est mis sur la description d'un lieu géométrique de façon à mettre en évidence les conditions nécessaires et suffisantes pour le comprendre et en tirer profit. Ainsi, lorsqu'il décrit un lieu, l'élève en effectue d'abord une traduction directe à l'aide du concept de distance[41]. Il recourt ensuite à son sens des expressions algébriques ainsi qu'aux manipulations qui lui sont familières pour modifier cette expression sans en perdre le sens. Il émet et valide des conjectures sur un lieu, c'est-à-dire sur la position possible d'un ensemble de points qui répond à des conditions précises. Il construit des lieux en mobilisant des propriétés et en imaginant des mécanismes ou des procédures pour les tracer. Il modifie des lieux ou figures à l'aide de transformations géométriques. La construction du concept de lieu géométrique implique donc l'exploration de plusieurs lieux différents, mais aussi la reconnaissance d'un même lieu engendré selon des procédés différents[42]. L'étude de ce concept est propice à l'établissement de liens avec le domaine de la science et les domaines de la formation professionnelle et technique.

Les situations faisant appel à la modélisation et à l'optimisation amènent l'élève à utiliser ses savoirs dans des contextes signifiants. Dans la conception d'objets où il doit respecter certains devis ou contraintes, il est ainsi conduit, par des procédés concrets ou non, à minimiser ou maximiser des surfaces, des espaces ou des masses.

41. Par exemple, l'expression initiale décrivant directement le lieu d'un cercle défini comme l'ensemble des points (p_i) situés à égale distance d'un point fixe (p) peut correspondre à $d(p_1, p) = d(p_2, p) = d(p_3, p)$; $d(p_i, p) = r$.
42. Par exemple, l'ellipse se décrit comme le lieu des points dont la somme des distances à deux points fixes est constante ou comme un cercle ayant subi une ou des transformations géométriques.

ANNEXE F – PASSERELLES ENTRE LES SÉQUENCES

Cette annexe présente les concepts et les processus ciblés pour les cas particuliers d'élèves qui optent, à la fin de leur 4e secondaire, pour une séquence différente en 5e secondaire. Bien que tous les changements de séquence soient possibles, ils ne sont pas tous de même envergure. Le passage de la séquence *Culture, société et technique* vers la séquence *Sciences naturelles* ne fait pas l'objet de balises suggérées par le programme. C'est à l'école qu'il revient d'en déterminer le contenu et les modalités organisationnelles. Pour chacun des autres passages, le contenu de formation ciblé ci-après vise à rendre l'élève apte à poursuivre son apprentissage dans une nouvelle séquence au regard de certaines connaissances à réinvestir et à approfondir, et non à lui faire réaliser l'ensemble des apprentissages effectués par un élève provenant d'une autre séquence. Par ailleurs, il importe de préciser que l'élève qui opte pour un des changements de séquence est autonome et possède des affinités avec l'approche et les exigences de la séquence qu'il vise. Il doit aussi, sous la supervision de son enseignant de 5e secondaire, s'engager à investir le temps personnel requis pour approfondir ses connaissances ou se familiariser avec de nouveaux concepts et processus mathématiques.

Passerelle de la séquence *Culture, société et technique* vers la séquence *Technico-sciences*

Concepts et processus	Remarques
– Manipulation d'expressions numériques et algébriques • Écriture de nombres à l'aide de radicaux et d'exposants rationnels • Développement et factorisation - Distributivité et mise en évidence double – Fonction • Représentation graphique et algébrique de la fonction partie entière (du plus grand entier non supérieur à x) : $f(x) = a\,[bx]$ - Paramètre multiplicatif • Représentation graphique et algébrique de la réciproque de la fonction exponentielle ($f(x) = ac^{bx}$) - Résolution d'équations exponentielles	L'élève développe ses habiletés dans l'écriture d'un nombre à l'aide de radicaux ou d'exposants rationnels. Il établit une correspondance entre le développement d'expressions et la factorisation correspondante (y compris le trinôme carré parfait et la différence de carrés), et ce, afin de se préparer à poursuivre l'étude de la fonction du second degré et des cas de factorisation. Ayant déjà abordé les fonctions en escalier, l'élève approfondit l'étude du rôle des paramètres multiplicatifs d'une fonction par l'entremise de la fonction partie entière. Afin de se préparer à poursuivre l'étude des fonctions réelles, il se familiarise avec le passage de l'écriture exponentielle à l'écriture logarithmique. Il résout des équations exponentielles en utilisant des équivalences comme $a^b = c \Leftrightarrow \log_a c = b,\ \log_a c = \dfrac{\log_b c}{\log_b a}$.
Certaines situations peuvent nécessiter le réinvestissement des concepts et processus suivants : – Relations métriques dans le triangle rectangle – Probabilité conditionnelle – Écart type	L'élève peut être amené à appliquer le concept de similitude et de relations métriques obtenues en abaissant la hauteur issue de l'angle droit d'un triangle rectangle dans des situations plus complexes que celles traitées à la deuxième année du cycle. L'élève devra aborder les concepts de probabilité conditionnelle ou d'écart type préalablement aux situations qui nécessitent leur application. Par ailleurs, le concept d'écart moyen lui étant familier, l'élève pourrait aborder le concept d'écart type en prolongement de celui d'écart moyen.

Passerelle de la séquence *Technico-sciences* vers la séquence *Culture, société et technique*

L'élève pourrait avoir à aborder la *loi des sinus* ou la *formule de Héron* préalablement aux situations nécessitant leur application.

Passerelle de la séquence *Technico-sciences* vers la séquence *Sciences naturelles*

Concepts et processus	Remarques
– Fonction • Fonction polynomiale du second degré - Paramètre additif - Résolution d'équations du second degré – Mesure • Relations métriques dans le triangle : loi des sinus et des cosinus	Afin de poursuivre ses apprentissages relatifs aux fonctions et d'entreprendre ceux relatifs aux coniques, l'élève se familiarise avec le rôle des paramètres additifs associés aux variables en même temps qu'il approfondit le concept de fonction du second degré. Apprendre à appliquer la méthode de la complétion du carré dans le passage entre les différentes formes d'écriture (canonique, générale et factorisée) de la règle de cette fonction et dans la résolution d'équations du second degré constitue un atout pour lui. Avant d'entreprendre l'étude des vecteurs, l'élève prend connaissance de l'existence des lois des sinus et des cosinus.
Certaines situations peuvent nécessiter le réinvestissement des concepts et processus suivants : – Cercle trigonométrique – Forme symétrique de l'équation d'une droite	Avant d'entreprendre l'étude du cercle trigonométrique l'élève peut, à l'aide de la relation de Pythagore, déterminer les coordonnées de certains points permettant d'établir des valeurs trigonométriques remarquables. L'élève pourrait avoir à aborder la forme symétrique de l'équation d'une droite préalablement aux situations qui nécessitent son application, par exemple dans l'étude des coniques.

Passerelle de la séquence *Sciences naturelles* vers la séquence *Technico-sciences*

Concepts et processus	Remarques
– Manipulation d'expressions numériques et algébriques • Écriture de nombres à l'aide de radicaux et d'exposants rationnels – Fonction, réciproque • Fonction exponentielle : $f(x) = ac^{bx}$ • Représentation graphique et algébrique de la réciproque de la fonction exponentielle - Résolution d'équations exponentielles	L'élève développe ses habiletés dans l'écriture d'un nombre à l'aide de radicaux ou d'exposants rationnels. Afin de se préparer à poursuivre l'étude des fonctions réelles, l'élève prend connaissance de l'existence de la fonction exponentielle et de sa réciproque comme outil de modélisation. Il apprivoise le passage de l'écriture exponentielle à l'écriture logarithmique. Il résout des équations exponentielles en utilisant des équivalences comme $a^b = c \Leftrightarrow \log_a c = b$, $\log_a c = \dfrac{\log_b c}{\log_b a}$.
Certaines situations peuvent nécessiter le réinvestissement des concepts et processus suivants : – Probabilité conditionnelle – Espérance mathématique – Écart type	L'élève pourrait avoir à aborder les concepts de probabilité conditionnelle, d'espérance mathématique ou d'écart type préalablement aux situations qui nécessitent leur application.

Passerelle de la séquence *Sciences naturelles* vers la séquence *Culture, société et technique*

L'élève pourrait avoir à aborder les concepts d'*espérance mathématique*, de *rang centile*, d'*écart moyen* ou encore la *formule de Héron* préalablement aux situations nécessitant leur application.

ANNEXE G – ÉVOLUTION DU CONTENU DE FORMATION EN MATHÉMATIQUE AU SECONDAIRE

Les tableaux qui suivent présentent des éléments du contenu de formation introduits au cours du secondaire. Dans la plupart des cas, ces éléments sont approfondis pendant les années subséquentes. Par exemple, les figures isométriques et semblables sont introduites au premier cycle et elles sont exploitées tout au long du deuxième cycle, et ce, dans chacune des séquences : *Culture, société et technique* (CST), *Technico-sciences* (TS) et *Sciences naturelles* (SN). Il en est de même pour les différentes opérations sur les nombres en notation fractionnaire et pour le sens de la proportionnalité. Les éléments de contenu sont regroupés par thèmes. Cette présentation non exhaustive ne permet pas d'établir de liens entre les éléments de contenu, ni ne suggèrent de manière de les aborder. Pour cela, il importe de s'imprégner de l'ensemble du programme de mathématique.

Arithmétique	**1re et 2e sec.**	**3e sec.**	**CST**		**TS**		**SN**	
			4e sec.	**5e sec.**	**4e sec.**	**5e sec.**	**4e sec.**	**5e sec.**
Notations des nombres : fractionnaire, décimale, exponentielle (exposant entier), pourcentage, racine carrée	X							
Notation scientifique		X						
Nombres rationnels et irrationnels, cube et racine cubique		X						
Calcul avec des exposants entiers (base rationnelle) et exposants fractionnaires		X						
Radicaux (racine n^e), puissances de base 2 et 10 (changement de base), exposants et logarithmes et leurs propriétés **Note** : En TS, l'évolution se fait sur deux ans.					X	X		X
Les quatre opérations sur des nombres en notation décimale et fractionnaire	X							
Chaînes d'opérations en respectant leur priorité et en utilisant les propriétés	X							
Proportionnalité : rapport, taux, proportion (résolution à l'aide de différentes stratégies), variation directe ou inverse	X							

Algèbre	**1re et 2e sec.**	**3e sec.**	**CST**		**TS**		**SN**	
			4e sec.	**5e sec.**	**4e sec.**	**5e sec.**	**4e sec.**	**5e sec.**
Expressions algébriques: addition et soustraction, multiplication et division par une constante, multiplication de monômes	X							
Expressions algébriques : multiplication (degré < 3) et division d'un polynôme par un monôme		X						
Expressions algébriques: multiplication et division d'un polynôme par un binôme (avec ou sans reste) **Note** : L'expression rationnelle (fraction algébrique) s'ajoute aux expressions algébriques à traiter. En TS, la recherche d'un dénominateur commun dans l'addition de deux expressions rationnelles se limite au cas où le dénominateur de l'une est un multiple de l'autre.					X		X	
Factorisation de polynômes (mise en évidence simple)		X						
Factorisation de polynômes (mise en évidence double)					X		X	

Algèbre (*Suite*)	**1^{re} et 2^e sec.**	**3^e sec.**	**CST**		**TS**		**SN**	
			4^e sec.	**5^e sec.**	**4^e sec.**	**5^e sec.**	**4^e sec.**	**5^e sec.**
Factorisation de trinômes à l'aide des racines : $x_1 = \frac{-b+\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ et $x_2 = \frac{-b-\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$						X	X	
Identités algébriques du second degré (trinôme carré parfait et différence de deux carrés)					X		X	
Complétion du carré (factorisation et passage entre différentes formes d'écriture)						X	X	
Relation d'égalité et équations du premier degré à une inconnue	X							
Relation d'inégalité et inéquations du premier degré à une variable		X						
Inéquations du 1^{er} degré à deux variables			X		X		X	
Systèmes d'équations du 1^{er} degré à deux variables de la forme $y = ax + b$		X						
Systèmes d'équations du 1^{er} degré à deux variables			X		X		X	
Systèmes d'inéquations du 1^{er} degré à deux variables				X		X		X
Équations et inéquations à une variable : racine carrée, exponentielle, logarithmique (y compris les propriétés des radicaux, des exposants et des logarithmes) **Note** : En TS, l'évolution se fait sur deux ans à l'aide des modèles fonctionnels à l'étude.					X	X		X
Équations et inéquations à une variable : rationnelle						X		X
Équations et inéquations à une variable : valeur absolue								X
Équations et inéquations trigonométriques simples faisant intervenir soit un sinus, soit un cosinus ou une tangente						X		
Équations et inéquations trigonométriques se ramenant soit un à sinus, soit un cosinus ou une tangente								X
Équations et inéquations du 2^e degré à une variable ou deux variables **Note** : En TS, l'évolution se fait sur deux ans à l'aide des modèles fonctionnels à l'étude.					X	X	X	
Systèmes composés d'une équation du 1^{er} degré à deux variables et d'une équation du 2^e degré à deux variables							X	
Systèmes d'équations du 2^e degré (expressions algébriques simples)								X
Systèmes d'équations et d'inéquations faisant intervenir divers modèles fonctionnels (y compris les systèmes décrits aux deux lignes précédentes) : résolution majoritairement graphique						X		
Relation, fonction et réciproque		X						
Propriétés des fonctions **Note** : En 3^e secondaire, l'élève est initié de façon non formelle à l'étude des propriétés.		X	X		X		X	
Fonction polynomiale de degré 0 ou 1 : $f(x) = ax + k$		X						

Algèbre (*Suite*)	**1^{re} et 2^{e} sec.**	**3^{e} sec.**	**CST**		**TS**		**SN**	
			4^{e} sec.	**5^{e} sec.**	**4^{e} sec.**	**5^{e} sec.**	**4^{e} sec.**	**5^{e} sec.**
Fonction polynomiale de degré 2 : $f(x) = ax^2$			X					
Fonction polynomiale de degré 2 : $f(x) = ax^2$, $f(x) = (bx)^2$ ou $f(x) = a(bx)^2$					X			
Fonction polynomiale de degré 2 : $f(x) = ax^2 + bx + c$, $f(x) = a(b(x - h))^2 + k$, $f(x) = a(x - x_1)(x - x_2)$						X	X	
Fonction racine carrée : $f(x) = a\sqrt{bx}$					X			
Fonction racine carrée : $f(x) = a\sqrt{b(x - h)} + k$						X		X
Fonction rationnelle : $f(x) = \frac{k}{x}$ ou $xy = k$		X						
Fonction rationnelle : $f(x) = a\left(\frac{1}{b(x-h)}\right) + k$						X		X
Fonction rationnelle : $f(x) = \frac{ax+b}{cx+d}$						X		X
Fonction exponentielle : $f(x) = ac^x$			X					
Fonction exponentielle : $f(x) = ac^{bx}$					X			
Fonction exponentielle : $f(x) = ac^{b(x-h)} + k$						X		X
Fonction logarithmique : $f(x) = a \log_c bx$ **Note** : Cette fonction est introduite en relation avec la fonction exponentielle (à titre de réciproque).					X			
Fonction logarithmique : $f(x) = a \log_c b(x - h) + k$						X		X
Fonction définie par parties **Note** : En 3^{e} secondaire, l'élève est initié de façon non formelle à ce type de fonction.		X	X		X			X
Fonction valeur absolue : $f(x) = a \mid b(x - h) \mid + k$ **Note** : En TS, cette fonction est principalement abordée à titre de fonction par parties.								X
Fonction en escalier			X		X		X	
Fonction partie entière : $f(x) = a\,[bx]$					X			
Fonction partie entière : $f(x) = a\,[b(x - h)] + k$						X	X	
Fonction périodique			X		X			
Fonction sinusoïdale : $f(x) = a \sin b(x - h) + k$, $f(x) = a \cos b(x - h) + k$						X		X
Fonction tangente : $f(x) = a \tan b(x - h) + k$						X		X
Opérations sur les fonctions (y compris la composition) **Note** : En TS, les opérations sur les fonctions peuvent être abordées à titre intuitif dès la 4^{e} secondaire.						X		X

Géométrie analytique	1re et 2e sec.	3e sec.	CST		TS		SN	
			4e sec.	5e sec.	4e sec.	5e sec.	4e sec.	5e sec.
Étude de la droite (y compris les droites parallèles et perpendiculaires) **Note** : La forme symétrique de la droite n'est pas au programme en CST. Elle est facutative en TS et prescrite en SN.			X		X		X	
Distance entre deux points			X		X		X	
Coordonnées d'un point de partage			X		X			X
Lieux plans						X		
Conique (centrées à l'origine et translatées): parabole						X		X
Coniques (centrées à l'origine et translatées): cercle, ellipse et hyperbole						X		
Coniques (centrées à l'origine): cercle, ellipse et hyperbole								X
Cercle trigonométrique et identités trigonométriques **Note** : Les formules de somme et de différence d'angles sont uniquement prescrites en SN.						X		X
Vecteur (résultante, projection et opérations)						X		X
Vecteur (combinaison linéaire et propriétés)								X

Géométrie	1re et 2e sec.	3e sec.	CST		TS		SN	
			4e sec.	5e sec.	4e sec.	5e sec.	4e sec.	5e sec.
Figures planes : description, propriétés	X							
Angles : complémentaires et supplémentaires, créés par deux droites sécantes, créés par une droite sécante à deux droites parallèles	X							
Développements possibles d'un solide	X							
Solides : projection et perspective		X						
Longueurs : périmètre, circonférence, arc, segment d'une figure plane, segment provenant d'une similitude	X							
Relation de Pythagore		X						
Aire de figures décomposables en disques (secteurs), en triangles ou en quadrilatères	X							
Aire latérale ou totale de solides décomposables en prismes droits, en cylindres droits ou en pyramides droites	X							
Aire de la sphère, aire latérale ou totale de cônes droits et de solides décomposables		X						
Constructions et transformations géométriques (translation, rotation, réflexion, homothétie) **Note :** Elles servent à construire des concepts et à dégager des propriétés et des invariants.	X							
Figures isométriques et semblables	X							
Aire de figures planes issues d'une similitude (figures semblables)		X						
Volume de solides décomposables en prismes droits, en cylindres droits, en pyramides droites, en cônes droits, en boules		X						
Volume de solides issus d'une similitude (figures semblables)		X						
Figures équivalentes (en aire ou en volume)				X		X	X	
Relations trigonométriques dans le triangle rectangle : sinus, cosinus, tangente			X		X		X	
Relations métriques dans le triangle rectangle			X		X		X	
Loi des sinus			X			X	X	
Loi des cosinus						X	X	
Formule de Héron			X					
Lieu géométrique						X		
Relations métriques dans le cercle						X		
Transformations géométriques dans le plan cartésien				X		X		

Statistique	1re et 2e sec.	3e sec.	CST		TS		SN	
			4e sec.	5e sec.	4e sec.	5e sec.	4e sec.	5e sec.
Réalisation d'un sondage ou d'un recensement (population, échantillon)	X							
Organisation des données recueillies et analyse de l'information	X							
Sources de biais	X							
Méthode d'échantillonnage : aléatoire simple, systématique	X							
Méthode d'échantillonnage : stratifié, par grappes		X						
Caractère qualitatif et caractère quantitatif discret ou continu	X							
Tableaux, diagrammes (à bandes, à ligne brisée, circulaire)	X							
Tableau à données condensées, tableau à données groupées en classes		X						
Histogramme et diagramme de quartiles		X						
Diagramme à tige et à feuilles			X					
Mesures statistiques : étendue (minimum, maximum), moyenne arithmétique	X							
Mesures de tendance centrale : mode, médiane, moyenne pondérée		X						
Mesure de position : rang centile			X					
Mesures de dispersion : étendue des quarts, étendue interquartile		X						
Mesure de dispersion : écart moyen			X		X			
Mesure de dispersion : écart type					X			
Nuage de points (comparaison de données expérimentales et théoriques) : en rapport avec l'étude des fonctions affines et rationnelles		X						
Nuage de points : modélisation de données expérimentales à l'aide des courbes apparentées aux modèles fonctionnels à l'étude					X	X		X
Corrélation linéaire : coefficient de corrélation (appréciation quantitative) et droite de régression			X		X		X	
Corrélation autre que linéaire : analyse de données statistiques à l'aide des coefficients de corrélation et des courbes apparentées aux modèles fonctionnels à l'étude (approche intuitive)					X	X		

Probabilités	**1re et 2^{e} sec.**	**3^{e} sec.**	**CST**		**TS**		**SN**	
			4^{e} sec.	**5^{e} sec.**	**4^{e} sec.**	**5^{e} sec.**	**4^{e} sec.**	**5^{e} sec.**
Représentation d'expériences aléatoires à une ou plusieurs étapes, avec ou sans remise, avec ou sans ordre (arbre, grille, réseau, figure, etc.)	X							
Dénombrement des possibilités d'une expérience aléatoire	X							
Événements : certains, probables, impossibles, élémentaires, complémentaires, compatibles, incompatibles, dépendants, indépendants	X							
Événements exclusifs, non mutuellement exclusifs				X	X			
Calcul de la probabilité d'un événement : probabilité théorique et probabilité fréquentielle	X							
Calcul de la probabilité d'un événement : probabilité subjective			X		X			
Calcul de la probabilité d'un événement : probabilité conditionnelle				X	X			
Arrangement, permutation, combinaison **Note** : Les calculs se font par raisonnement et non à l'aide de formules de dénombrement.		X						
Variable aléatoire discrète et variable aléatoire continue		X						
Calcul de probabilités dans des contextes de mesure (y compris les probabilités géométriques)		X						
Équité : chance, espérance mathématique			X		X			
Notation factorielle **Note** : L'introduction de cette notation est facultative en CST.					X			

Graphes	**1re et 2^{e} sec.**	**3^{e} sec.**	**CST**		**TS**		**SN**	
			4^{e} sec.	**5^{e} sec.**	**4^{e} sec.**	**5^{e} sec.**	**4^{e} sec.**	**5^{e} sec.**
Degré, distance, chaîne, cycle; graphe orienté et graphe valué (pondéré)				X				

Matrices	**1re et 2^{e} sec.**	**3^{e} sec.**	**CST**		**TS**		**SN**	
			4^{e} sec.	**5^{e} sec.**	**4^{e} sec.**	**5^{e} sec.**	**4^{e} sec.**	**5^{e} sec.**
Initiation aux matrices (mode de représentation)						X		

Bibliographie

Orientations générales

ABRANTES, Paulo, Lurdes SERRAZINA et Isolina OLIVEIRA. *A Matemática na Educação Básica*, Lisbonne, Departamento da Educação Básica, 1999, 129 p.

ALBERTA EDUCATION. *Programme d'études de l'Alberta – Mathématiques M-9, Protocole de collaboration concernant l'éducation de base dans l'Ouest canadien,* de la 6e à la 9e année, 1996, p. 192-289.

ALBERTA EDUCATION. *Programmes de mathématiques pures et appliquées – 10, 20, 30*, version provisoire, 1999.

BARBEROUSSE, Anouk. « Un dédale conceptuel dans l'empire des probabilités, Dieu joue-t-il aux dés? », *Sciences et avenir,* Paris, hors série, no 128, octobre-novembre 2001, p. 16-22.

BURKE, Maurice J. et Frances R. CURCIO (dir.). *Learning Mathematics for a New Century: 2000 Yearbook*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 2000, 240 p.

COMAP. *For All Practical Purposes – Mathematical Literacy in Today's World*, 5e édition, New York, W. H. Freeman and Company, 1996, 784 p.

CRISLER, Nancy, Patience FISHER et Gary FROELICH. *Discrete Mathematics through Applications*, 2e édition, New York, W. H. Freeman and Company, 1999, 552 p.

CUOCO, Albert A. et Frances R. CURCIO (dir.). *The Roles of Representation in School Mathematics: 2001 Yearbook*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 2001, 282 p.

DEPARTMENT FOR EDUCATION AND EMPLOYMENT OF ENGLAND. *The National Curriculum for England: Mathematics,* [En ligne], 1999, [http://www.nc.uk.net].

DUCROCQ, Albert et André WARUSFEL. *Les mathématiques, plaisir et nécessité*, Paris, Seuil, 2004, 296 p. (Collection Points, Sciences).

GUIN-DUCLOSSON, Nathalie. « Représentation des connaissances dans l'EIAH AMBRE-add », *Technologies de l'Information et de la Connaissance dans l'Enseignement supérieur et l'industrie*, TICE'2004, Compiègne, 20-22 octobre 2004, p. 164-171.
[En ligne] [archive-edutice.ccsd.cnrs.fr/docs/00/02/75/41/PDF/Duclosson.pdf]

HOUSE, Peggy A. et Arthur F. COXFORD (dir.). *Connecting Mathematics across the Curriculum: 1995 Yearbook*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 1995, 245 p.

KINNEY, Margaret J. et Christian R. HIRSCH (éd.). *Discrete Mathematics across the Curriculum: 1991 Yearbook*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 1991, 248 p.

MANITOBA, ÉDUCATION, FORMATION PROFESSIONNELLE ET JEUNESSE MANITOBA. *Programme d'études : Mathématiques appliquées, Mathématiques du consommateur*, *Secondaire 3 et 4,* Documents de mise en œuvre, 2001. [En ligne] [http://www.edu.gov.mb.ca/m12/progetu/ma/document.html].

MASON, John. *L'esprit mathématique*, Mont-Royal, Modulo, 1994, 178 p. (Collection La spirale).

MCGRAW, Sue Ann (éd.). *Integrated Mathematics – Choices and Challenges*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 2003, 285 p.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS. *Principles and Standards for School Mathematics*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 2000, 402 p.

NOUVEAU-BRUNSWICK, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Programme d'études de mathématiques pour le Canada atlantique, 7e, 8e, 9e, 10e années,* 1999.

PAULOS, John Allen. *Innumeracy: Mathematical Illiteracy and its Consequences*, New York, Vintage Books, 1990, 180 p.

SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE ET SOCIÉTÉ DE MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES ET INDUSTRIELLES. *L'explosion des mathématiques*, Paris, SMF et SMAI, 2002, 103 p.

STEINBRING, Heinz, Maria G. BARTOLINI BUSSI et Anna SIERPINSKA. *Language and Communication in the Mathematics Classroom,* Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 1998, 351 p.

STIFF, Lee V. et Frances R. CURCIO (dir.). *Developing Mathematical Reasoning in Grades K-12: 1999 Yearbook*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 1999, 288 p.

Références didactiques

ARSAC, Gilbert et autres. *Initiation au raisonnement déductif au collège*, Lyon, Presses universitaires de Lyon, 1992, 188 p.

BARBIN, Évelyne. « Histoire et enseignement des mathématiques : Pourquoi? Comment? », *Bulletin AMQ*, vol. XXXVII, nº 1, mars 1997, p. 20-25.

BARBIN, Évelyne, Raymond DUVAL et autres. *Produire et lire des textes de démonstration*, Paris, Ellipses, 2001, 272 p.

BECKER, Jerry P. et Shigeru SHIMADA (dir.). *The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 1997, 175 p.

CENTRE DE RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES. *Les mathématiques de la maternelle jusqu'à 18 ans – Essai d'élaboration d'un cadre global pour l'enseignement des mathématiques*, Nivelles, CREM, 1995, 327 p.

CENTRE DE RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES. *Construire et représenter – Un aspect de la géométrie de la maternelle jusqu'à dix-huit ans*, Nivelles, CREM, 1999, 414 p., [En ligne] [http://www.enseignement.be/index.php?page=23827&do_id=2587&do_check=].

CENTRE DE RECHERCHE SUR L'ENSEIGNEMENT DES MATHÉMATIQUES. *Formes et mouvements – Perspectives pour l'enseignement de la géométrie*, Nivelles, CREM, 1999, 325 p., [En ligne] [http://www.enseignement.be/index.php?page=23827&do_id=2588&do_check=].

DE SERRES, Margot (dir.). *Intervenir sur les langages en mathématiques et en sciences*, Mont-Royal, Modulo, 2003, 390 p. (Collection Astroïde).

DESCAVES, Alain. *Comprendre des énoncés, résoudre des problèmes*, Paris, Hachette Éducation, 1992, 191 p. (Collection Pédagogies pour demain, Didactiques 1er degré).

D'HAINAULT, Louis. Des fins aux objectifs de l'éducation, Bruxelles, Labor, 1988, 492 p.

DUVAL, Raymond. *Sémiosis et pensée humaine*, Berne, Peter Lang, 1995, 395 p.

EDWARDS, Edgar L. Jr. *Algebra for Everyone*, Reston, National Council of Teachers of Mathematics, 1990, 89 p.

GROUPEMENT NATIONAL D'ÉQUIPES DE RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES. *Algèbre et fonctions*, Paris, ministère de l'Éducation nationale (France), 2000, 61 p.

GROUPEMENT NATIONAL D'ÉQUIPES DE RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES. *L'écrit au collège*, Paris, ministère de l'Éducation nationale (France), 1999, 83 p.

GROUPEMENT NATIONAL D'ÉQUIPES DE RECHERCHE EN DIDACTIQUE DES MATHÉMATIQUES. *Preuve et démonstration : quelques questions essentielles*, Paris ministère de l'Éducation nationale (France), 2003, 111 p.

JOELANTS, Nadine, Christian MICHAUX et Frédéric POURBAIX. *Mathématiques expérimentales, Activités de modélisation dans l'enseignement des mathématiques au travers des problèmes historiques*, Mons, Le Pentagone, 2001, 223 p., [En ligne] [http://www.enseignement.be/index.php?mots=math+exp+act+mod%E9lisation&page=23673&themes=no&act=search].

KILPATRICK, Jeremy, Jane SWAFFORD et Bradford FINDELL. *Adding It Up, Helping Children Learn Mathematics*, Washington, National Academy Press, 2001, 250 p.

RICHARD, Philippe R. *Raisonnement et stratégies de preuve dans l'enseignement des mathématiques*, Berne, Peter Lang, 2004, 324 p.

SAINT-PIERRE, Lise. « L'étude et les stratégies d'apprentissage », *Pédagogie collégiale*, vol. 5, nº 2, décembre 1991 (texte tiré de « Étudier au collégial : Une réalité diversifiée », Actes du 11e colloque de l'AQPC, juin 1991, p. 109-1 à 109-10).

VAN DE WALLE, John A. *Elementary School Mathematics: Teaching Developmentally,* 4e édition, New York, Longman, 2000, 544 p.

WILSON, Patricia S. (éd.). *Research Ideas for the Classroom: High School Mathematics*, New York, Macmillan Library Reference, 1993, 304 p.

Ouvrages de référence

BARUK, Stella. *Dictionnaire de mathématiques élémentaires*, Paris, Seuil, 2000, 1346 p. (Collection Science ouverte).

BOUVIER, Alain et Michel GEORGE, sous la direction de François LE LIONNAIS. *Dictionnaire des mathématiques*, 7e édition, Paris, PUF, 2005, 960 p. (Collection Quadrige Dicos Poche).

BURTON, David M. *The History of Mathematics: An introduction*, Dubuque, WCB, 1988, 678 p.

DROESBEKE, Jean-Jacques et Philippe TASSI. *Histoire de la statistique,* 2e édition corrigée, Paris, PUF, 1997, 128 p. (Collection Que sais-je?).

JACQUARD, Albert. *Les probabilités,* 6e édition, Paris, PUF, 2000, 127 p. (Collection Que sais-je?).

LESMOIR-GORDON, Nigel, Will ROOD et Ralph EDNEY. *Introducing Fractal Geometry*, Lanham (Maryland), Totem Books, 2001, 176 p.

MANKIEWICZ, Richard. *L'histoire des mathématiques*, Paris, Seuil, 2001, 192 p.

PALLASCIO, Richard et Gilbert LABELLE. *Mathématiques d'hier et d'aujourd'hui*, Mont-Royal, Modulo, 2000, 206 p. (Collection Astroïde).

QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION. *Graphisme, notations et symboles utilisés en mathématique au secondaire*, document d'information 16-3306, Québec, ministère de l'Éducation, 1996, 31 p.