UQÀM | Faculté des sciences

Département de mathématiques

Hiver 2019

Maîtrise en enseignement, profil enseignement au secondaire, concentration mathématiques (1712)

MAT 7193 – Didactique de la géométrie

groupe 30

Horaire : mercredi, de 18:00 à 21:00
Local : PK-5115

Professeur : Denis Tanguay bureau : PK-5155 ; tél. : 987-3000, poste 2612#
tanguay.denis@uqam.ca

PLAN DE COURS

Objectifs

Aider le futur enseignant à s'outiller pour enseigner la géométrie au secondaire, aussi bien en ce qui a trait aux approches, aux méthodes, à la diversité des activités possibles (incluant celles centrées sur l'utilisation des ressources technologiques comme les logiciels dits « de géométrie dynamique »), qu'en ce qui a trait aux stratégies envisageables pour surmonter ou minimiser les difficultés et obstacles rencontrés par les élèves, tels qu'identifiés par la recherche en didactique. Permettre à l'étudiant(e) d'amorcer sa réflexion sur le problème que pose l'enseignement de *la preuve* en mathématiques, dont les liens avec la géométrie sont fondamentaux.

Contenu

- La transition, de la géométrie du *botaniste-décorateur* à la géométrie du *mathématicien-théoricien*. Survol du programme du primaire, le programme du secondaire étant plutôt examiné au fur et à mesure que les sujets sont abordés. La géométrie, science empirique de la mesure ou construction hypothético-déductive abstraite ? À cet égard, quel(s) rôle(s) donner à la mesure ? Aux constructions à l'aide des outils (règle, équerre, compas, rapporteur, logiciels) ? Un paradigme intermédiaire, la géométrie du physicien. Le rôle des définitions, d'un répertoire construit de résultats et de figures-clés. Aperçu des niveaux *van Hiele*. Étude exemplaire de la notion d'angle et des quadrilatères.
- L'enseignement du raisonnement déductif en géométrie. La possibilité, en classe, d'une évolution progressive du degré de formalisme exigé. La géométrie des transformations dans cette

perspective : comment éviter qu'elle passe d'une source de raisonnements au 1er cycle, à une source de conflits et obstacles au 2e cycle. Argumentation et déduction. L'organisation logique du raisonnement déductif et ses difficultés : structure ternaire du pas de déduction, enchaînements déductifs et déductogrammes, vérité versus validité (dans une théorie). Nécessité de construire une assise théorique, axiomes, théorèmes, définitions.

- La notion de *figure géométrique* par opposition au *dessin* : quelle différence ? Comment amener l'élève à comprendre cette différence ? Apports possibles des logiciels de géométrie dynamique, tels *GeoGebra* : les constructions qui résistent aux déplacements ; points libres, semi-contraints ou contraints. *GeoGebra* comme outil d'exploration.
- Les isométries du plan : étude didactique et mathématique.
- Problèmes didactiques spécifiques à la géométrie dans l'espace. Le développement du *sens spatial* (matériel, manipulations, constructions…). Les formules de volume : peut-on profiter de leur justification pour amorcer une approche euclidienne de la géométrie spatiale, mieux en phase avec le travail fait en géométrie plane ? Par exemple en y faisant intervenir le Principe de Cavalieri ?
- Éléments d'analyses didactique et conceptuelle de la trigonométrie. Trigonométrie du triangle, cercle trigonométrique, radians. Fonction d'enroulement, fonctions trigonométriques et trigonométriques inverses.
- Si le temps le permet, éléments de didactique des géométries analytique et vectorielle.

Modalités d'organisation

Alternance de cours plus magistraux (qui n'excluent cependant pas des discussions sur les sujets abordés) et de cours de type « atelier », où les étudiants sont amenés à « vivre » par eux-mêmes la problématique soulevée en classe pour constater qu'elle se pose effectivement[1]. Des éléments de réponses sont proposés par les étudiants ou par le professeur, pour être discutés ensuite. Sur des sujets précis, certaines simulations d'enseignement par des (semi)-volontaires seront faites devant le groupe, puis discutées.

Entente d'évaluation suggérée

- Quatre comptes-rendus d'ateliers de 7% chacun.
- Participation, notamment aux simulations d'enseignement : 7%.
- Travail de session, seul ou par équipes de deux, sur 25% : préparation d'une leçon (et de la séquence d'enseignement dans laquelle elle s'insère) sur un sujet choisi parmi la liste donnée plus loin. Détails du travail à faire eux aussi donnés plus loin.
- Un examen de fin de session comptant pour 40% de la note finale.
  L'étudiant(e) doit cependant avoir la note minimale de 55% dans l'examen pour réussir le cours, indépendamment des autres volets. Un « programme d'étude » et quelques questions typiques seront données au moins 2 semaines avant l'examen.

---

[1] Attention ! De façon à garder les neurones des étudiant(e)s en alerte, l'activité en atelier pourra être plus exigeante du point de vue mathématique que ce qui serait effectivement proposé dans une classe du secondaire ; certains ateliers devront donc s'accompagner d'une réflexion des étudiant(e)s sur la transposition nécessaire pour le secondaire.

oivent se procurer le ***Recueil de textes*** du cours MAT7193, en vente à la Coop des
Les étud 5 $ et 35 $). L'achat de la référence *Le volume, mais où sont les formules ?* (Claude
sciencecommandé. D'autres documents (entre autres, les bilans d'activités) seront envoyés en
JANVIon par courriel en format PDF : à vous de lire régulièrement votre courriel UQAM.
cours

Qu s références

Ars ., Chapiron, G., Colonna, A., Germain, G., Guichard, Y. & Mante, M. (1992). *Initiation au raisonnement déductif au collège*. Presses Universitaires de Lyon.

B elot, R. et Salin, M.-H. (1996). L'enseignement des angles aux élèves de 10 à 13 ans : identification d'un obstacle didactique. *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. XXII, n°2, pp. 417-442.

Bu ger, W. F. et Shaughnessy, J. M. (1986). Characterizing the van Hiele Levels of Development in Geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 17, n° 1, pp. 31-48.

Crowley, M. L. (1987). The van Hiele Model of the Development of Geometric Thought. In *Learning and Teaching Geometry, K-12* (Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)).

Duval, R. (1991). Structure du raisonnement déductif et apprentissage de la démonstration. *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 22, n° 3, pp. 233-261.

Fischbein, E. (1993). The Theory of Figural Concept. *Educational Studies in Mathematics*, Vol. 24, pp. 139-162.

Gaud, D. et Guichard, J.-P. 1984. Apprentissage de la démonstration (géométrie de 4ème). *Petit x*, n°4, pp. 5-25.

Geeraerts, L., Venant, F. et Tanguay, D. (2014). Subterranean Structures of Technological tools and Teaching Issues in Geometry. *Proceedings of EDULEARN 14 Conference*, pp. 257-264. Barcelone, Espagne.

Geeraerts, L. et Tanguay, D. (2012). Geogebra comme outil d'exploration, d'expérimentation et de représentation des démonstrations, pour construire une théorie avec les élèves. *Envol*. Première partie au n°160, pp. 25-31, deuxième partie au n°161, pp. 45-48.

Greenberg, M. J. (1993) (3e édition). *Euclidean and non-Euclidean Geometries, Development and History*. (Référence en géométrie). Freeman, New-York. Cote à la bibliothèque : QA445G85.

Hartshorne, R. (2000). *Geometry: Euclid and beyond*. (Référence en géométrie). Springer-Verlag, New-York, collection Undergraduate Texts in Mathematics. Cote à la bibliothèque : QA451.H37.

Janvier, C. (1994). *Le volume, mais où sont les formules ?* Modulo Éditeur. Ville Mont-Royal, Qc.

Laborde, C. et Capponi, B. (1994). Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique. *Recherches en didactiques des mathématiques*. Vol. 14, n°12, pp. 165-210.

Moise, E. E. (1990). *Elementary Geometry from an Advanced Standpoint*. (Référence en géométrie). Éditions Addison-Wesley, Reading, Mass. Cote à la bibliothèque : QA445.M58.

NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) (1995). *Géométrie sous tous les angles*. Dans *Les mathématiques selon les normes du NCTM*. Trad. : Rachid El Keurti. Les Éditions de la Chenelière, Montréal.

Parzysz, B. (1991). Espace, géométrie et dessin. Une ingénierie didactique pour l'apprentissage, l'enseignement et l'utilisation de la perspective parallèle au lycée. *Recherches en didactiques des mathématiques*. Vol. 11, n°23, pp. 211-240.

Rouche, N. (1989). Prouver : amener à l'évidence ou contrôler des implications ? Dans La démonstration mathématique dans l'histoire, Colloque Inter-Irem *Épistémologie et histoire des mathématiques*, pp. 8-38. Besançon, France.

Tanguay, D. et Venant, F. (2016). The semiotic and conceptual genesis of angle. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* (ZDM), vol. 48, n°6.

Tanguay, D. et Geeraerts, L. (2014). Conjectures, postulats et vérifications expérimentales dans le paradigme du géomètre-physicien : comment intégrer le travail avec les LGD ? *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa* (RELIME), vol. 17 (4-II), pp. 287-302.

Tanguay, D. et Geeraerts, L. (2012). D'une géométrie du perceptible à une géométrie déductive : à la recherche du paradigme manquant. *Petit x*, n°88, pp. 5-24.

Tanguay, D. (2010). Les formules de volume et le principe de Cavalieri. *Petit x*, n°84, pp. 7-26.

Tanguay, D. et Grenier, D. (2010). Experimentation and Proof in a Solid Geometry Teaching Situation. *For the Learning of Mathematics*, n°30 (3), pp. 36-42.

Tanguay, D. (2012). La notion d'angle au début du secondaire. *Envol*. Première partie dans le n°158, pp. 33-37. Deuxième partie dans le n°159, pp. 31-35.

Tanguay, D. (2010). L'aire et le volume de la sphère. *Envol*, n°154, pp. 19-23.

Tanguay, D. (2009). Le volume de la pyramide. *Envol*, n°149, pp. 9-19.

Tanguay, D. (2005). Apprentissage de la démonstration et graphes orientés. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, Vol. 10, pp. 55-93.

Tanguay, D. (2002). Analyse des problèmes de géométrie et apprentissage de la preuve au secondaire. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, Vol. 2, n°3, pp. 371-396.

Tanguay, D. (2002). Démonstrations géométriques et vecteurs. Revue *Envol*, n°120, pp. 45-48.

Tanguay, D. (2002). L'enseignement des vecteurs. *Bulletin AMQ*, Vol. XLII, n°4, pp. 36-47.

RESPECT DE L'INTÉGRITÉ ACADÉMIQUE

Face à l'importance et à l'ampleur du phénomène de la tricherie et du plagiat dans les universités, ici et à l'étranger, l'UQAM a amorcé, en janvier 2007, une démarche visant à promouvoir le respect de l'intégrité académique. Dans ce contexte et inspirée d'une philosophie de « tolérance zéro », la Commission des études de l'UQAM a modifié son Règlement sur les infractions de nature académique (R. 18) à sa réunion du 2 décembre 2008.

Endossant cette philosophie de « tolérance zéro » relativement aux actes de plagiat, de fraude et de tricherie, la Faculté des sciences de l'UQAM souhaite sensibiliser ses étudiants à l'importance du respect de l'intégrité académique. Puisqu'en sollicitant son admission à l'UQAM, toute candidate, tout candidat s'engage à suivre les politiques et règlements de l'Université, la Faculté souhaite informer ses étudiants des différents articles de ce règlement, des actes répréhensibles et des sanctions applicables. Un extrait de ces articles se trouve ci-dessous. Le Règlement complet et son application à la Faculté des sciences sont disponibles à l'adresse Web suivante :

http://www.sciences.uqam.ca/decanat/reglements.php

Tous ces efforts visent à assurer la validité de la formation dispensée par la Faculté, ainsi qu'un traitement équitable de tous afin de maintenir la qualité de ses diplômes.

Les douze compétences professionnelles attendues des enseignantes et enseignants du secondaire, selon le MELS

FONDEMENTS

1. Agir en tant que professionnelle ou professionnel héritier, critique et interprète d'objets de savoirs ou de culture dans l'exercice de ses fonctions.
2. Communiquer clairement et correctement dans la langue d'enseignement, à l'oral et à l'écrit, dans les divers contextes liés à la profession enseignante.

ACTE D'ENSEIGNER

3. Concevoir des situations d'enseignement-apprentissage pour les contenus à faire apprendre, en fonction des élèves concernés et du développement des compétences visées dans le programme de formation.
4. Piloter des situations d'enseignement-apprentissage pour les contenus à faire apprendre, en fonction des élèves concernés et du développement des compétences visées dans le programme de formation.
5. Évaluer la progression des apprentissages et le degré d'acquisition des compétences des élèves pour les contenus à faire apprendre.
6. Planifier, organiser et superviser le mode de fonctionnement du groupe-classe en vue de favoriser l'apprentissage et la socialisation des élèves.

CONTEXTE SCOLAIRE ET SOCIAL

7. Adapter ses interventions aux besoins et aux caractéristiques des élèves présentant des difficultés d'apprentissage, d'adaptation ou un handicap.
8. Intégrer les technologies de l'information et des communications aux fins de préparation et de pilotage d'activités d'enseignement-apprentissage, de gestion de l'enseignement et de développement professionnel.
9. Coopérer avec l'équipe-école, les parents, les différents partenaires sociaux et les élèves en vue de l'atteinte du développement et l'évaluation des compétences visées dans le programme de formation, en fonction des élèves concernés.
10. Travailler de concert avec les membres de l'équipe pédagogique à la réalisation des tâches permettant le développement et l'évaluation des compétences visées dans le programme de formation, en fonction des élèves concernés.

IDENTITÉ PROFESSIONNELLE

11. S'engager dans une démarche individuelle et collective de développement professionnel.
12. Agir de façon éthique et responsable dans l'exercice de ses fonctions.

À l'UQAM, nous ajoutons une compétence qui nous est propre :

13. S'approprier la réalité pluriethnique de la société québécoise et de l'école montréalaise, se sentir réellement concerné dans ses actions pédagogiques, développer les compétences de l'éducation interculturelle.

Comme tous les cours de didactique, le cours MAT7193 – *Didactique de la géométrie*, cible principalement les compétences **1**, **2**, **3,** mais aussi la compétence **7** via l'identification des difficultés et obstacles les plus persistants au regardde chacun des concepts abordés. L'étude spécifique du logiciel GeoGebra permet également un travail sur la compétence **8**. Le travail de session cible les compétences **3**, **6** et **12**. Plus de détails, notamment du point de vue des niveaux atteints et des éléments d'évaluation, pages suivantes.

Niveaux de maîtrise attendus au regard des compétences professionnelles

Compétence Niveaux de maîtrise attendus	Niveau de développement attendu	Sommaire des modalités d'évaluation
Compétence 1 : Agir en tant que professionnelle ou professionnel héritier, critique et interprète d'objets de savoirs ou de culture dans l'exercice de ses fonctions.		
- *Comprendre les différents savoirs à enseigner (disciplinaires et curriculaires) de telle sorte qu'il puisse favoriser la création de liens significatifs chez l'élève;*	Consolidation	La compétence est au cœur des réflexions suscitées, dans tous les aspects du cours. Donc, - comptes rendus d'atelier (4 × 7%) - planification d'enseignement (25%) - examen final (40%)
- *Manifester une compréhension critique des savoirs à enseigner de telle sorte qu'il puisse favoriser la création de liens significatifs chez l'élève*	Consolidation	
- *Construire des liens, dans les activités d'apprentissage proposées, avec la culture des élèves.*	Sensibilisation	
Compétence 2 : Communiquer clairement et correctement dans la langue d'enseignement, à l'oral et à l'écrit, dans les divers contextes liés à la profession d'enseignant et d'enseignante.		
- *Maîtriser les règles et les usages de la langue orale et écrite de manière à être compris par l'ensemble de la communauté francophone ou anglophone;*	Maîtrise	- Dans toutes les modalités d'évaluation, application de la politique départementale concernant le français. Une attention particulière est portée à l'adéquation de la terminologie mathématique (et en particulier géométrique) utilisée.
- *Exprimer dans une langue correcte avec l'aisance, la précision, l'efficacité et l'exactitude qui conviennent à ce que la société attend d'une professionnelle ou d'un professionnel de l'enseignement*	Consolidation	
Compétence 3 : Concevoir des situations d'enseignement apprentissage pour les contenus à faire apprendre et ce, en fonction des élèves concernés et du développement des compétences visées dans le programme de formation.		
- *Concevoir correctement des activités d'enseignement-apprentissage variées et d'un niveau de complexité raisonnable permettant la progression des élèves dans le développement de leurs compétences*	Consolidation	- Travail de session sur une planification d'enseignement (25%) - Dans les comptes rendus d'atelier (4 × 7%), dans lesquels les étudiants doivent mener (à l'écrit) une réflexion sur les adaptations à faire pour le secondaire.
- *Intégrer ces activités dans une planification à long terme.*	Consolidation	
Compétence 6 : Planifier, organiser et superviser le mode de fonctionnement du groupe-classe en vue de favoriser l'apprentissage et la socialisation des élèves.		
	Sensibilisation	Dans le travail écrit se rapportant à la planification d'enseignement (25%), pour les éléments « planifier » et « organiser ».
Compétence 7: adapter ses interventions aux besoins et aux caractéristiques des élèves présentant des difficultés d'apprentissage, d'adaptations ou un handicap		
- Échanger avec d'autres intervenants afin de prévoir un plan d'intervention adapté	Sensibilisation	Les difficultés des élèves en géométrie, avec les moyens à mettre en œuvre pour les minimiser, sont transversalement discutées dans tout le cours (Examen, 40%). La planification d'enseignement (25%) doit les prendre en compte explicitement.
- Adapter ses interventions aux difficultés particulières des élèves	Sensibilisation	

Compétence Niveaux de maîtrise attendus	Niveau de développement attendu	Sommaire des modalités d'évaluation
Compétence 8 : Intégrer les technologies de l'information et des communications aux fins de préparation et de pilotage d'activités d'enseignement-apprentissage, de gestion de l'enseignement et de développement professionnel		
- *Manifester un esprit critique et nuancé par rapport aux avantages et aux limites véritables des TIC comme soutien à l'enseignement et à l'apprentissage*	Sensibilisation	... en ce qui a trait très spécifiquement aux logiciels dits « de géométrie dynamique », comme Cabri-géomètre ou GeoGebra. Évalué dans le compte rendu de l'atelier qui porte spécifiquement sur Cabri-Géomètre (2e atelier, 7%) mais aussi dans au moins une question de l'examen qui porte là-dessus.
- *Disposer d'une vue d'ensemble des possibilités que les TIC offrent sur les plans pédagogique et didactique, notamment par l'intermédiaire des ressources d'internet, et de savoir les intégrer, de façon fonctionnelle, lorsqu'elles s'avèrent appropriées et pertinentes, dans la conception des activités d'enseignement-apprentissage*	Sensibilisation	
Compétence 10 : Travailler de concert avec les membres de l'équipe pédagogique à la réalisation des tâches permettant le développement et l'évaluation des compétences visées dans le programme de formation, et ce, en fonction des élèves concernés		
	Sensibilisation	7 % est attribué à la participation de l'étudiant(e) aux discussions sur les différents sujets didactiques. Les échanges portent le plus souvent de fait sur les expériences de chacun dans les classes et sur les adaptations souhaitables, selon les contextes, les élèves, etc.
Compétence 12 : Agir de façon éthique et responsable dans l'exercice de ses fonctions.		
	Sensibilisation	Dans les discussions sur le travail écrit, des directives et lignes de conduites très bien balisées sont discutées et exemplifiées, en ce qui a trait aux références, aux sources, à la consultation des ressources sur Internet et à la façon d'y faire référence.

Liste des sujets

1. Propriétés des parallélogrammes, losanges, rectangles ; notamment de leurs diagonales. Distinction en propriété simple et propriété caractéristique. En Secondaire 1. *Défi :* autrement que comme des constats perceptifs, mais en faisant des preuves (à la portée des élèves) ou ce qui s'en rapproche, chaque fois que c'est possible.
2. Distance d'un point à une droite. La bissectrice, comme lieu des points équidistants des côtés de l'angle. Les bissectrices d'un triangle concourent au centre du cercle inscrit (en 2e cycle TS ou SN). *Défi :* introduire à la notion de « lieu de points » en distinguant et montrant bien chacune des deux implications qui vont servir dans la preuve que les bissectrices concourent ; ces deux implications étant *si sur la bissectrice, alors à égales distances ; si à égales distances, alors sur la bissectrice.*
3. Les différents cas de résolution de triangles avec la loi des sinus et la loi des cosinus. Combien de solutions, quand et pourquoi. *Défi :* discuter l'existence (ou non) des solutions à la fois algébriquement et géométriquement, en faisant les liens.
4. Formule (ou méthode) du point de partage, au 2e cycle du secondaire, en CST. *Défi :* convaincre la classe que la formule fonctionne quand les points en cause sont dans n'importe quels quadrants, et que cette formule « gère bien » alors la question des signes.
5. Équation générale de la droite (y compris les droites verticales !) dans le plan cartésien. Explication sur ce que sont la pente et l'ordonnée à l'origine pour les droites non verticales. Droites sécantes et parallèles, en explicant bien le lien entre ce qui se passe géométriquement et la résolution du système d'équations correspondant. Droites perpendiculaires et la relation entre les pentes. Demi-plan (ouvert ou fermé) donné comme ensemble des couples solutions d'une inégalité. Au 2e cycle du secondaire, en CST. *Défi :* contextes algébrique et géométrique, **mais sans référence aux fonctions** ; pas de fonctions, seulement des équations, inéquations et leurs solutions !
6. Écrire un quelconque vecteur de $\mathbb{R}^2$ comme combinaison linéaire de deux vecteurs linéairement indépendants dans $\mathbb{R}^2$, en faisant d'abord une construction géométrique à partir de laquelle on approxime la solution, puis en trouvant la solution exacte algébriquement. Convaincre que la construction est toujours possible, quand les deux vecteurs sont bien indépendants. Notion de *base* de $\mathbb{R}^2$. *Défi :* retarder l'usage (algébrique) des composantes, asseoir aussi bien que possible le sens géométrique derrière l'addition vectorielle, la multiplication par un scalaire et la dépendance linéaire dans le plan.
7. Tout autre sujet géométrique au choix, sous réserve de l'approbation du prof.

Quel travail écrit s'y rapporte ?

1. Situez le sujet dans le programme (avec ce qu'il est nécessaire d'avoir vu avant).
2. Identifiez les principaux raisonnements, ceux sur lesquels la leçon va être bâtie, ceux sur lesquels vous voulez insister.
3. Relevez les éléments terminologiques importants. Donnez les définitions impliquées.
4. Si possible (ce n'est pas toujours facile en géométrie), prévoyez les principales difficultés, fausses conceptions (ou conceptions à faire évoluer), erreurs, auxquelles les élèves seront confrontés dans leur étude du sujet.
5. Donnez le détail de la leçon, de ce que vous ferez en classe, avec notamment le détail de ce qui sera écrit au tableau dans le cours de la leçon. Essayez de faire ressortir comment vous avez pris en compte les points 2, 3 et 4.
6. Donnez 3 à 5 problèmes à laisser aux élèves à la fin de la leçon sur le sujet.
7. Situez la leçon dans une séquence, en donnant les grandes lignes de 2 à 4 leçons qui viendraient avant et après.