

## Plan de cours

**GLQ3401 - Géostatistiques et géologie minières (3-3-3, 3 crédits)**

**GLQ3651 – Géologie minière (2-2-2, 2 crédits)**

Département des génies civil, géologique et des mines

Automne 2022

<http://www.moodle.polymtl.ca/>

### Chargé de cours

<b>Nom</b>	<b>Dany Lauzon</b>	
Bureau	À déterminer	
Téléphone	N/A	
Courriel	dany.lauzon@polymtl.ca	
Disponibilité	Sur rendez-vous. Réponse rapide par courriel. (Généralement dans la journée même)	<input type="checkbox"/> Cochez

### Responsable du cours

Nom	Pr. adjoint Gabriel Fabien-Ouellet
Courriel	Gabriel.fabien-ouellet@polymtl.ca

### Périodes :

¶ Lundi : 12h45, 13h45 et 14h45. Local B-304  
 Vendredi : 12h45, 13h45 et 14h45. Local L-2712  
 Note. En raison des élections provinciales, il n'y aura pas de cours le lundi 3 octobre. Celui-ci est reporté le mardi 4 octobre aux heures (et local) habituelles du cours du lundi.

### Description du cours

¶ GLQ3401: Loi des mines. Échantillonnages minières. Sondage au dimant : déviations, arpentage et mise en plan. Théorie d'échantillonnage de P. Gy. Notions de ressources, réserves et teneur de coupure : méthode de Taylor et Lane. Méthodes conventionnelles d'estimation des ressources. Estimation des ressources par géostatistique. Effet support et effet d'information. Variogrammes expérimentaux et modèles. Variance de bloc, de dispersion et d'estimation. Problèmes d'homogénéisation. Krigeages : simple, ordinaire et d'indicatrices. Cokrigeage. Méthodes de simulation géostatistique. Ressources récupérables et autres problèmes non-linéaires.

GLQ3651: Loi des mines. Échantillonnages minières. Sondage au dimant : déviations, arpentage et mise en plan. Théorie d'échantillonnage de P. Gy. Notions de ressources, réserves et teneur de coupure : méthode de Taylor et Lane. Méthodes conventionnelles d'estimation des ressources. Estimation des ressources par géostatistique. Effet support et effet d'information. Variogrammes expérimentaux et modèles. Variance de bloc, de dispersion et d'estimation. Problèmes d'homogénéisation. Krigeages : simple et ordinaire, ressources récupérables.

## Qualités du BCAPG

### Qualité 1: Connaissance en génie

La théorie de Gy, la théorie de Lane et Taylor, les notions de variance de bloc, la géostatistique multivariable et non-linéaire et les simulations géostatistiques représentent de nouvelles connaissances avancées en génie. Les notions relatives aux variogrammes et au krigeage, aux ressources et réserves, la loi des mines, les méthodes de sondage ont pu être vues brièvement dans d'autres cours et sont ici approfondies.

### Qualité 2: Analyse de problème

*Pour GLQ3401 et GLQ3651*

2.1, 2.2 et 2.5 Les étudiants doivent identifier les problèmes reliés à des procédures d'échantillonnage (théorie de Gy), recommander des modifications réalistes à celles-ci et valider leurs résultats.

2.4 et 2.5 Les étudiants doivent comparer entre elles des alternatives d'homogénéisation de l'intrant carrière à une cimenterie compte tenu des informations géostatistiques et recommander la meilleure solution pour les spécifications demandées.

2.4 Les étudiants doivent calculer la position de forages tenant compte des déviations, effectuer la régularisation des teneurs, calculer les distances de forage à un horizon marqueur compte tenu des orientations du forage et de l'horizon, etc.

2.1, 2.4 et 2.6 Les étudiants doivent identifier et tenir compte dans leurs calculs de l'effet support et de l'effet information décrits par la géostatistique et identifier l'impact du biais conditionnel sur les estimations de ressources.

2.1 2.3 2.4 2.5 2.6 Les étudiants doivent utiliser la théorie de Lane et Taylor pour formuler le problème d'identification d'une teneur de coupure optimale et conceptualiser et calculer les impacts de variation de coûts fixes et variables de minage, de prix du métal, de la distribution statistique des ressources, du biais conditionnel, des capacités à la mine ou au concentrateur, de la taxation, etc.

*Pour GLQ3401 seulement :*

2.1 2.2 et 2.6 Les étudiants doivent identifier le problème de non-représentativité des ressources récupérables in-situ calculées sur des estimations (effet information), produire des estimés plus réalistes par simulation conditionnelle et modéliser l'incertitude associée.

2.4 et 2.6 Les étudiants doivent analyser l'utilisation de la validation croisée pour prévoir les précisions d'estimations obtenues par krigeage et par cokrigeage.

2.2 Les étudiants doivent comparer et analyser les résultats de simulations de faciès obtenues par méthode plurigaussienne selon différentes règles de codage.

2.2 et 2.4 Les étudiants doivent analyser les différences entre krigeage linéaire et non-linéaire (krigeage d'indicatrices) pour la modélisation d'un site contaminé et de l'incertitude associée.

Cours	Cours préalables	Cours corequis	Cours subséquents
GLQ3401	MTH2302C	N/A	GLQ8785
GLQ3651	MTH2302C, MIN1101, GLQ1100	N/A	N/A

## Objectifs d'apprentissage

¶ À la fin du cours, l'étudiant pourra :

- reconnaître les caractéristiques des sondages au diamant, les causes des déviations des sondages et les principales méthodes d'arpentage des sondages;
- évaluer une procédure d'échantillonnage et déterminer des méthodes pour l'améliorer;
- déterminer les teneurs de coupure limites, d'équilibre et optimale d'un gisement;
- appliquer les principaux outils de la géostatistique linéaire pour l'estimation des ressources d'un dépôt;
- comparer l'efficacité de différentes méthodes d'homogénéisation des minerais;
- comprendre et analyser les implications des effets supports et information dans le calcul des ressources récupérables d'un gisement;
- résoudre des problèmes miniers non-linéaires à l'aide du krigage d'indicatrices et des simulations (GLQ3401 seulement).

## Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

¶ Le cours comporte trois parties principales. La 1ère partie (GLQ3401 et GLQ3651) porte sur les techniques de sondages et d'échantillonnage, les notions de teneur de coupure, ressources et réserves et l'estimation des ressources par méthodes conventionnelles. La 2e partie (GLQ3401 et GLQ3651) traite de la géostatistique linéaire. La matière vue couvre les principaux outils géostatistiques utilisés pour l'estimation des ressources. La 3e partie (GLQ3401 seulement) traite de méthodes avancées de géostatistique et vise à répondre à des problèmes plus pointus dans le domaine minier et aussi dans le domaine environnemental.

Des notes de cours du professeur sont utilisées et sont disponibles sur le site web. Les présentations « Powerpoint » s'y retrouvent également en format pdf.

## Évaluation

Nature	Pondération		Date
	GLQ3401	GLQ3651	
¶ Travaux pratiques	20% (11 TP)	¶ 20% (7 TP)	¶ voir calendrier
Quiz (géologie minière)	30%	40%	Vendredi 7 octobre, 12h45, au L-2712
Quiz (géostatistique linéaire)	25%	40%	Vendredi 4 novembre, 12h45, au L-2712
Final (géostatistique, méthodes avancées)	25%		Période d'examens
Total	100%	100%	
Examen(s) différé(s)			Date à déterminer

**Les travaux pratiques sont en équipe de deux à quatre membres et aucun travaux individuel ne sera accepté. Les travaux pratiques doivent être remis à la fin de la séance. Ils ont tous la même pondération.**

Note : Les notes pour les deux cours, GLQ3401 et GLQ3651, sont compilées séparément.

Note: Pour les étudiants non-francophones de McGill, une version anglaise des quiz pourra être préparée suite à une demande au professeur formulée *au moins une semaine* avant la date prévue de l'examen.



## Notes importantes :

**Documentation aux examens :** Deux feuilles 8.5 x 11 pouces, recto-verso, tout contenu admissible.

**Absences aux examens:** Les personnes absentes à un contrôle périodique doivent présenter la justification au Bureau des Affaires Académiques tel que stipulé dans l'annuaire du baccalauréat.

Dans le cas où la justification est acceptée par le BAA, un examen différé écrit devra être réalisé.

**Les examens différés auront lieu à une date à déterminer.**

## Documentation

¶ Notes de cours sur le site internet. La partie géologie minière est protégée : l'utilisateur et le mot de passe sont tous deux glq3401 sans majuscule.

## Fraude : infractions et sanctions

¶ En tant que futur ingénieur, l'étudiant doit adopter une attitude professionnelle exemplaire. L'article 8 des règlements des études au baccalauréat présente la position de Polytechnique Montréal à l'égard de la fraude sur la base du principe de tolérance zéro. Elles seront appliquées avec rigueur. Voici quelques éléments de cet article tirés de l'annuaire.

Par fraude, on entend toute forme de plagiat, de tricherie ou tout autre moyen illicite utilisé par l'étudiant pour obtenir un résultat d'évaluation non mérité ou pour influencer une décision relative à un dossier académique.

À titre d'exemple, constituent une fraude :

- l'utilisation totale ou partielle, littérale ou déguisée, d'une œuvre d'autrui, y compris tout extrait provenant d'un support électronique, en le faisant passer pour sien ou sans indication de référence à l'occasion d'un examen, d'un travail ou de toute autre activité faisant l'objet d'une évaluation;
- le non respect des consignes lors d'un contrôle, d'un examen, d'un travail ou de toute autre activité faisant l'objet d'une évaluation;
- la sollicitation, l'offre ou l'échange d'information pendant un contrôle ou un examen;
- la falsification de résultats d'une évaluation ou de tout document en faisant partie;
- la possession ou l'utilisation pendant un contrôle ou un examen de tout document, matériel ou équipement non autorisé y compris la copie d'examen d'un autre étudiant.

Selon la gravité de l'infraction et l'existence de circonstances atténuantes ou aggravantes, l'étudiant peut se voir imposer une sanction correspondant à, entre autres, l'attribution de la cote 0 pour l'examen, le travail ou toute autre activité faisant l'objet d'une évaluation qui est en cause, l'attribution de la note F pour le cours en cause, l'attribution de la note F à tous les cours suivis au trimestre.

Dans le cas d'un travail en équipe, les étudiants d'une même équipe de travail tel que reconnu par l'enseignant sont solidaires du matériel produit au nom de l'équipe. Si un membre de l'équipe produit et remet un travail au nom de l'équipe et qu'il s'avère que ce travail est frauduleux tous les membres de l'équipe sont susceptibles de recevoir une sanction à moins qu'il soit démontré sans ambiguïté que l'infraction est le fait d'un ou de quelques membres de l'équipe en particulier.

## Calendrier des rencontres

Sem.	Séance	Jour	Contenu	Enseignant
1	29 août	Lundi	Cours théorique 1 : Plan de cours. Site Moodle. Note de cours. Introduction à l'industrie minière. Principales sources d'information. Loi des mines et fiscalité minière.	Dany Lauzon
1	2 sept	Vendredi	TP-1 : Introduction ( <b>à faire à distance</b> )	Dany Lauzon
2	5 sept	Lundi	<b>Aucun cours. Férié. Fête du travail</b>	
2	9 sept	Vendredi	Cours théorique 2 : Théorie de Lane et Taylor.	Dany Lauzon
3	12 sept	Lundi	TP-2 : Théorie de Lane et Taylor	Dany Lauzon
3	16 sept	Vendredi	Cours théorique 3: Théorie de Gy. Calcul de la variance relative de l'erreur fondamentale. Méthodes d'échantillonnage.	Dany Lauzon
4	19 sept	Lundi	TP-3 : Théorie de Gy.	Dany Lauzon
4	23 sept	Vendredi	Cours théorique 4: Teneur de coupure. Ressources et réserves. Règlement NI-43-101. Rapport technique. Contrôle de qualité QA/QC dans les mines. Sondages, principe du forage au diamant, carottage, mesures de déviations et mise en plan. Compositage.	Dany Lauzon
5	26 sept	Lundi	TP-4 : Sondages et QA/QC	Dany Lauzon
5	30 sept	Vendredi	Cours théorique 5: Ressources et méthodes conventionnelles d'estimation.	Dany Lauzon
6	4 oct	<b>Mardi</b>	TP-5 : Méthodes conventionnelles d'estimation	Dany Lauzon
6	7 oct	Vendredi	Quiz 1 – Partie géologie minière (Cours théorique 1 à 5)	Surveillant
			<b>Semaine de relâche du 10 au 14 octobre</b>	
7	17 oct	Lundi	Cours théorique 6: Variogramme	Dany Lauzon
7	21 oct	Vendredi	Cours théorique 7: Variations de bloc et variances de dispersion. Problèmes d'homogénéisation des teneurs.	Dany Lauzon
8	24 oct	Lundi	TP-6 : Variogramme, variance de dispersion, problème d'homogénéisation	Dany Lauzon
8	28 oct	Vendredi	Cours théorique 8: Variance d'estimation et krigeage	Dany Lauzon
9	31 oct	Lundi	TP-7 : Variance d'estimation et krigeage	Dany Lauzon
9	4 nov	Vendredi	Quiz 2 – Partie géostatistique (Cours théorique 6 à 8)	Dany Lauzon
10	7 nov	Lundi	Cours théorique 9: Géostatistique multivariable et cokrigeage (GLQ3401 seulement)	Surveillant
10	11 nov	Vendredi	TP-8 : Cokrigeage (informatique)	Dany Lauzon
11	14 nov	Lundi	Cours théorique 10: Krigeage d'indicateurs	Dany Lauzon
11	18 nov	Vendredi	TP-9 : Krigeage d'indicateurs (informatique)	Dany Lauzon
12	21 nov	Lundi	Cours théorique 11 : Simulations	Dany Lauzon
12	25 nov	Vendredi	TP-10 : Simulations (informatique)	Dany Lauzon
13	28 nov	Lundi	Cours théorique 12 : Simulation de faciès	Dany Lauzon
13	2 déc	Vendredi	TP-11 : Simulation de faciès	Dany Lauzon
14	5 déc	Lundi	Cours théorique 13 : L'estimation des ressources et problèmes particuliers. Notions de modélisation inverse. Révision pour l'examen.	Dany Lauzon
Date à déterminer			Examens différés des deux premiers contrôles périodiques (seulement avec motivation acceptée par le BAA)	Dany Lauzon
Période d'examens			Examen final de GLQ3401 (Cours théorique 9 à 13)	Surveillant