

Plan de cours

GLQ1110 Géologie Structurale

Département des Génies civil, géologique et des mines
Hiver 2025
4 Crédits
4 – 3 - 5

Coordonnées et disponibilités

Nom	Shaocheng Ji (Professeur)
Bureau	B-610
Téléphone	(514) 340-4711 Ext. 5134
Courriel	Shaocheng.ji@polymtl.ca
Disponibilité	Lundi, mardi, jeudi
Salle	Salle de cours B638

Nom	Yvéric Rousseau (Technicien)
Bureau	B-643-3
Téléphone	514-340-4711 Ext. 4797
Courriel	yveric.rousseau@polymtl.ca
Disponibilité	Lundi, mardi, jeudi
Salle	B-613.2

Coordonnateur ou coordonnatrice

Nom	Shaocheng Ji
Courriel	sjj@polymtl.ca

Description du cours

Ce cours est conçu pour initier les étudiants aux défis des analyses géométriques, qui comprennent la description et la classification, ainsi qu'aux analyses cinématiques et dynamiques pour l'interprétation tectonique des déformations élémentaires et des principales structures géologiques observables dans les roches. Il vise également à familiariser les étudiants avec les concepts de contrainte et de déformation, l'utilisation du cercle de Mohr, les représentations stéréographiques des données tectoniques, et la mesure de la déformation finie. Le cours couvrira la rhéologie des roches polyphasées, les déformations cassantes telles que les failles, les joints de cisaillement, les fentes de tension et les diaclases, ainsi que les déformations ductiles incluant les plis, les zones de cisaillement ductile, les foliations et les linéations. Nous étudierons également les indicateurs cinématiques, les mécanismes de déformation, les microstructures des tectonites, le rôle des fluides dans la déformation tectonique, et les structures liées à la compression, à l'extension et au décrochement. Enfin, le cours abordera l'analyse des coupes de structures géologiques et l'interprétation des cartes géologiques.

Qualités du BCAPG

1 Connaissances en génie	2 Analyse de problèmes	3 Investigation	4 Conception	5 Utilisation d'outils d'ing.	6 Travail ind. et en équipe
AP				évalué	
7 Communication	8 Professionnalisme	9 Impacts soc. et environn.	10 Déontologie et équité	11 Économie et gestion de projets	12 Apprentissage continu

COURS PREALABLES	COURS COREQUIS	COURS SUBSEQUENTS
GLQ1100 / GLQ1105	MTR1035C ou MTR1035D	GLQ1700 / GLQ3210

Objectifs d'apprentissage

1. Décrire et classer les structures formées lors de la déformation ductile et fragile des matériaux terrestres;
2. Initier les étudiants à l'identification et à la mesure de toutes les structures observables sur le terrain;
3. Amener les étudiants à concevoir les structures géologiques en termes de déformation et de rhéologie;
4. Initier les étudiants aux interprétations des cartes géologiques en respectant les lois fondamentales de la physique.

Objectifs des travaux pratiques	Correspondance avec les qualités du BCAPG
<ol style="list-style-type: none"> 1. Représenter stéréographiquement les éléments structuraux observables sur le terrain. 2. Visualiser en trois dimensions les structures tectoniques en allant des plus simples (direction et pendage des couches planes) aux plus complexes (plis superposés). 3. Déterminer les directions et magnitudes des contraintes tectoniques. 4. Quantifier la déformation finie subie par les masses rocheuses à partir de l'analyse d'objets déformés, des structures fragiles (failles, calculs des rejets réels) et des structures ductiles (plis, zones de cisaillement). 5. Comprendre les mécanismes de déformation à partir de l'analyse de microstructures dans les tectonites. 6. Interpréter ou construire des cartes géologiques et des coupes géologiques en terrain déformé, aussi bien à l'échelle d'une propriété minière qu'à l'échelle régionale. 	<p><i>Qualité 2</i> : Analyse de problèmes</p>

Utilité du cours

Ce cours vise à former les futurs ingénieurs géologues :

À travers l'étude de la géologie structurale, les étudiants peuvent comprendre les relations spatiales et l'ordre de développement temporel des structures crustales, explorer l'évolution des structures géologiques et les modèles ainsi que la dynamique des mouvements crustaux. Ensuite, ils appliquent les connaissances théoriques acquises aux pratiques d'ingénierie, telles que la résolution de problèmes liés à la distribution des minéraux (par exemple, les structures formant les minerais, les structures contrôlant les minerais et l'estimation des réserves), l'hydrogéologie (par exemple, la perméabilité de l'eau dans les couches rocheuses et son contrôle structural), la géologie d'ingénierie (par exemple, les réservoirs, les barrages, les tunnels ou les grands projets souterrains et leur stabilité des pentes), la géologie pétrolière (formation et structures de stockage du pétrole dans les bassins sédimentaires), la sismologie (cartographie des failles actives, analyse des intervalles de récurrence des séismes et planification urbaine), la réduction des catastrophes naturelles (glissements de terrain et coulées de boue), et la géologie environnementale (par exemple, la propagation de la pollution contrôlée par les structures géologiques). En résumé, la géologie structurale est une matière obligatoire pour les ingénieurs géologues.

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Le cours de géologie structurale est divisé en six parties : la première est consacrée aux notions de contraintes et de déformation, la deuxième aborde la déformation fragile et discontinue (failles et fractures), la troisième traite de la déformation ductile et continue (plis et zones de cisaillement), la quatrième examine les mécanismes de déformation permanente (fracturation, fluage des dislocations, fluage par diffusion, et les processus de dissolution-transport-précipitation), la cinquième partie explore les microstructures, l'orientation préférentielle des cristaux et le rôle des fluides, et la dernière partie étudie les grandes structures géologiques (chaînes de montagnes issues de compression, de décrochement et d'extension).

Le cours met l'accent sur l'apprentissage par les étudiants à travers trois types de méthodes en géologie structurale :

Méthodes d'observation: Elles incluent les observations à la surface terrestre, les observations aériennes ou par satellite (géomorphologie structurale), les observations souterraines (telles que les forages et les exploitations de carrières), ainsi que l'analyse de données géophysiques (profils sismiques et anisotropie sismique), et l'étude des microstructures.

Méthodes descriptives: Cette approche comprend les représentations cartographiques, comme les cartes géologiques et tectoniques, les représentations par diagrammes stéréographiques pour des constructions géométriques et l'analyse statique des mesures, ainsi que les représentations par coupes tectoniques.

Méthodes interprétatives: Ces méthodes englobent les reconstructions rétro-tectoniques (déformation et coupes d'équilibre), l'identification des mécanismes de déformation à partir d'observations macroscopiques et microscopiques, et la tectonique expérimentale, qui comprend des tests de mécanique des roches et des expériences sur modèles réduits, comme les modèles analogiques et numériques.

Évaluation

NATURE	NO MBR E	Mode de réalisation (Individuel/équipe)	PONDÉRA TION	DATE
Contrôle périodique théorique	1	individuel	25%	Mercredi 26 février 2025
Examen final	1	individuel	37 %	?? avril 2024
Présence			5%	
TP1. Projections stéréographiques		Les travaux pratiques peuvent être réalisés en équipe de 2 personnes. Les rapports doivent être remis, au plus tard, le jeudi 18h00 de la semaine suivante de la séance de laboratoire.	3%	10 et 17 janvier, 2025
TP2. Critère de rupture			3%	23 janvier, 2025
TP3. Ellipsoïde de contraintes			3%	31 janvier, 2025
TP4. Mesures de déformation finie			3%	7 février, 2025
TP5. Déformation cassante: failles			3%	14 février, 2025
TP6. Géométrie de plis			3%	21 février, 2025
TP7. Analyses stéréographiques de plis			3%	28 février, 2025
TP8. Plis parasites et plis superposés			3%	14 mars, 2025
TP9. Mécanismes de déformation			3%	21 mars, 2025
TP10. Cartes géologiques			3%	28 mars, 2025
TP11. Coupes tectoniques			3%	4 avril, 2025

Calculatrice, papier calque, stéréonet, règles et rapporteur d'angle sont autorisés, mais aucun document n'est permis durant les contrôles périodiques. Pour l'examen final, une seule page de notes (recto uniquement) est autorisée, en plus de la calculatrice, du papier calque, du stéréonet, des règles, et du rapporteur d'angle.

Toute absence non justifiée à une évaluation sera sanctionnée par la note de zéro. En cas d'absence justifiée, un report de l'examen pourra être envisagé.

Les notes finales peuvent être normalisées pour que la moyenne soit égale à 75%. Ensuite les lettres accordées suivent le barème suivant:

A*:	>85%
A:	80-85%
B*:	75-80%
B:	70-75%
C*:	65-70%
C:	60-65%
D*:	55-60%
F:	<55%

Vous pouvez aussi préciser les *évaluations(s)* ou *portion(s) d'évaluation(s)* qui vous serviront à évaluer les qualités du BCAPG du cours :

Qualité(s) du BCAPG évaluée(s) dans ce cours	Évaluation utilisée (ou portion d'une évaluation)	Niveau de développement de la qualité
<i>Qualité 2</i> : Analyse de problèmes	Onze travaux pratiques, évaluation théorique périodique et examen final	Évaluer et sélectionner une déclinaison (2.1) pour ensuite l'appliquer (2.4) et l'intégrer (2.5).

Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation sont, par ordre d'importance :

- justesse des énoncés
- justifications soutenant les énoncés
- validité des interprétations
- exactitude des résultats
- présentation

Documentation

Deux livres suivants constituent la référence principale pour cours théorique

Jean-Luc Bouchez et Adolphe Nicolas, Principes de Tectonique, de Broeck supérieur, Paris, 2017, pp. 243.

Jacques Mercier, Pierre Vergely, et Yves Missenard, Tectonique, Dunord, 4^e édition, 2016, pp. 242.

Pour savoir plus:

Haakon Fossen, Structural Geology, Second Edition, Cambridge University Press, pp. 510.

Le livre de laboratoire (**vendredi, 12h45-15h45**), Local: B638

« Structural Analysis and Synthesis: a laboratory course in structural geology », 3^e édition, par Stephan M. Rowland et Ernest M. Duebendorfer, Blackwell Scientific Publications, pp. 301.

Calendrier des rencontres

Horaire du cours théorique (Salle B638, Lundi 15h45 – 17h45; Mercredi 15h45 – 17h45)

Date (2025)	Contenu
8 janvier	Plan de cours, Introduction : séisme et tectonique
13, 15, 20, 22 janvier	Notions de contrainte, Cercle de Mohr, Loi de frottement, Loi de fluage
27, 29 janvier 3 février	Notions de déformation et mesure de déformation finie
5, 10 février	Comportement rhéologique de la lithosphère et facteurs modifiant les propriétés mécaniques des roches
12, 17, 19 février	Structures discontinues : failles, joints et fentes de tension
24 février 10 mars	Déformation ductile: plis
26 février	Quiz (Intra)
12 mars	Foliation et linéation
17 mars	Zones du cisaillement, indicateurs cinématiques et piézomètres structuraux
19, 24 mars	Mécanismes de déformation permanente
26, 31 mars	Microtectonique et orientation préférentielle du réseau
1, 3 avril	Rôle de fluides dans la déformation tectonique
8, 10 avril	Les grandes structures géologiques: chaînes de compression, de décrochement et d'extension

Charge de travail***

Heures de travail personnel

étude personnelle : 3 h / semaine (* 12 semaine)

préparation des travaux pratiques : 2-4 h par TP (* 11 TP)

préparation du contrôle théorique : 12 h

Préparation de l'examen final: 18 h

*** Cette information est donnée à titre indicatif seulement. Certaines personnes peuvent avoir besoin d'investir plus ou moins de temps.

Fraude : règlement et sanctions

En tant que futur ingénieur, les étudiantes et les étudiants doivent 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. Voici quelques éléments [tirés du règlement](#) en vigueur.

Par fraude, on entend toute forme de plagiat, de tricherie ou tout autre moyen illicite utilisé par une étudiante ou un 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'une autre personne étudiante.

Selon la gravité de l'infraction et l'existence de circonstances atténuantes ou aggravantes, l'étudiante ou 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 étudiantes et 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.

Ressources et services pour les étudiantes et étudiants

Le [Service aux étudiants](#) (SEP) est constitué de professionnels qualifiés et d'une Escouade étudiante, dédiés à favoriser votre bien-être et votre réussite à Polytechnique Montréal, autant sur le plan académique, personnel que social. Que ce soit sous la forme de rencontres individuelles, d'ateliers pratiques ou de programmes tels que le tutorat et le mentorat, les services offerts vous aideront à vous épanouir à votre plein potentiel durant vos études à Polytechnique Montréal. N'hésitez pas à les contacter. Vous avez tout à y gagner !

Le [Bureau d'intervention et de prévention des conflits et de la violence](#) (BIPCV), vous accueille, vous guide et vous soutient en matière de violence à caractère sexuel, harcèlement ou tout enjeu relatif au respect des personnes. Le BIPCV est un bureau indépendant, assurant un service respectant la confidentialité et une écoute sans jugement. Contactez-les : bipcv@polymtl.ca 514 340 4711 Poste 5151. En savoir plus sur leurs services et ressources :

Qualités requises des diplômés par le BCAPG

¶ (Cette rubrique vise à rappeler aux étudiantes et aux étudiants les QRD pour lesquelles ce cours constitue une introduction (IN), un approfondissement (AP) ou un contrôle des acquis (CA).)

* : IN = introduction, AP= approfondissement et CA=contrôle des acquis

	Qualité	Déclinaison	IN, AP, CA (*)
1	Connaissances en génie : connaissance, à un niveau universitaire, des mathématiques, des sciences naturelles et des notions fondamentales de l'ingénierie, ainsi qu'une spécialisation en génie propre au programme.	1.1 Démontrer des connaissances de base en mathématiques et en sciences	
		1.2 Démontrer des connaissances de base en génie	
		1.3 Démontrer des connaissances avancées en génie	
2	Analyse de problèmes : capacité d'utiliser les connaissances et les principes appropriés pour identifier, formuler, analyser et résoudre des problèmes d'ingénierie complexes et en arriver à des conclusions étayées.	2.1 Identifier et formuler un problème	
		2.2 Explorer des approches de résolution et planifier la démarche	
		2.3 Conceptualiser ou modéliser le problème	
		2.4 Produire des résultats	
		2.5 Valider ses résultats et recommander	
		2.6 Analyser l'incertitude, la sensibilité et les limites des approches	
3	Investigation : capacité d'étudier des problèmes complexes au moyen de méthodes mettant en jeu la réalisation d'expériences, l'analyse et l'interprétation des données et la synthèse de l'information afin de formuler des conclusions valides.	3.1 Formuler des hypothèses testables	
		3.2 Faire la revue de la documentation existante	
		3.3 Planifier et préparer des essais	
		3.4 Exécuter l'expérimentation	
		3.5 Analyser les résultats expérimentaux	
		3.6 Vérifier les hypothèses et argumenter	
4	Conception : capacité de concevoir des solutions à des problèmes d'ingénierie complexes et évolutifs et de concevoir des systèmes, des composants ou des processus qui répondent aux besoins spécifiés, tout en tenant compte des risques pour la santé et la sécurité publiques, des aspects législatifs et réglementaires, ainsi que des incidences économiques, environnementales, culturelles et sociales.	4.1 Identifier les besoins, requis et fonctions	
		4.2 Modéliser les éléments à concevoir	
		4.3 Procéder à la conception	
		4.4 Considérer les relations systémiques internes/externes	
		4.5 Évaluer et itérer	
		4.6 Innover dans sa conception	
5	Utilisation d'outils d'ingénierie : capacité de créer et de sélectionner des techniques, des ressources et des outils d'ingénierie modernes et de les appliquer, de les adapter et de les étendre à un éventail d'activités simples ou complexes, tout en comprenant les contraintes connexes.	5.1 Évaluer et sélectionner les outils appropriés	
		5.2 Appliquer un outil d'ingénierie	
		5.3 Créer ou adapter un outil	
		5.4 Intégrer des outils	
6	Travail individuel et en équipe : capacité de fonctionner efficacement en tant que membre ou chef d'équipe, de préférence dans un contexte de travail multidisciplinaire.	6.1 Établir et remplir son rôle dans l'équipe	
		6.2 Interagir en équipe	
		6.3 Contribuer au fonctionnement de l'équipe	
		6.4 Contribuer à l'évolution de l'équipe	
7	Communication : habileté à communiquer efficacement des concepts d'ingénierie complexes, au sein de la profession et au public en général, notamment lire, rédiger, parler et écouter, comprendre et rédiger de façon efficace des rapports et de la documentation pour la conception, ainsi qu'énoncer des directives claires et y donner suite.	7.1 Lire et rédiger de la documentation	
		7.2 Préparer et donner une présentation	
		7.3 Adapter son discours selon la situation	
8		8.1 Reconnaître l'agir professionnel	

	Qualité	Déclinaison	IN, AP, CA (*)
	Professionalisme : compréhension des rôles et des responsabilités de l'ingénieur dans la société, y compris le rôle essentiel de protection du public et l'intérêt public.	8.2 Expliquer les rôles de l'ingénieur	
		8.3 Expliquer les responsabilités de l'ingénieur, y compris la protection du public	
9	Impact du génie sur la société et l'environnement : capacité à analyser les aspects sociaux et environnementaux des activités liées au génie, notamment comprendre les interactions du génie avec les aspects économiques et sociaux, la santé, la sécurité, les lois et la culture de la société; les incertitudes liées à la prévision de telles interactions; et les concepts de développement durable et de bonne gouvernance de l'environnement.	9.1 Connaître les principes du développement durable	
		9.2 Analyser l'impact socio-économique de son travail	
		9.3 Analyser l'impact de son travail sur l'environnement	
		9.4 Évaluer les risques et les incertitudes d'une situation	
10	Déontologie et équité : compréhension et respect des principes d'éthique et de responsabilité professionnelles, ainsi que d'équité.	10.1 Respecter le code de déontologie	
		10.2 Agir avec intégrité et de façon éthique	
		10.3 Traiter les situations de façon équitable	
11	Économie et gestion de projets : capacité à intégrer de façon appropriée les pratiques d'économie et d'affaires, comme la gestion de projets, des risques et du changement, dans l'exercice du génie, et de bien tenir compte des contraintes associées à ces pratiques.	11.1 Appliquer les principes économiques	
		11.2 Planifier et gérer un projet	
		11.3 Gérer les risques ou le changement	
12	Apprentissage continu : capacité à cerner et à combler ses propres besoins de formation dans un monde en constante évolution, et ce, de façon à maintenir sa compétence et à contribuer à l'avancement des connaissances.	12.1 Identifier et palier les lacunes dans ses savoirs et ses savoir-faire	
		12.2 Identifier et combler ses besoins de formation	
		12.3 Identifier les besoins d'avancement des connaissances	