

## Plan de cours

### MEC2405 - Résistance des Matériaux II

Département de Génie Mécanique

Hiver 2024

Trois (3) Crédits

Triplet horaire :3-2-4

<https://moodle.polymtl.ca/course/view.php?name=MEC2405>

#### Coordonnées et disponibilités

Nom	Daniel Therriault	Théorie et TD
Bureau	J5010.3	
Téléphone	(514) 340-4711 - Poste : 4419	
Courriel	<a href="mailto:Daniel.therriault@polymtl.ca">Daniel.therriault@polymtl.ca</a>	
Disponibilité	Lundi 11h – 12h	
Salle	J5010.3	

#### Coordonnées et disponibilités

Nom	Smail Guenoun	Théorie et TD
Bureau	C318.3	
Téléphone	(514) 340-4711 - Poste : 3554	
Courriel	<a href="mailto:smail.guenoun@polymtl.ca">smail.guenoun@polymtl.ca</a>	
Disponibilité	À venir	
Salle	C318.3	

#### Coordonnateur ou coordonnatrice

Nom	Daniel Therriault
Courriel	<a href="mailto:daniel.therriault@polymtl.ca">daniel.therriault@polymtl.ca</a>

#### Description du cours

Contrainte normale due à la flexion gauche. Comportement au-delà du domaine élastique : analyse limite et contraintes résiduelles dans une membrure droite sollicitée en traction/compression, en torsion et en flexion. Méthodes énergétiques : énergie de déformation pour les chargements élémentaires; déplacements; réactions de systèmes hyperstatiques. Stabilité des membrures droites : colonne rigide, colonne élastique et poutre-colonne; normes. Facteur de concentration de contrainte. Fatigue : diagramme de la vie en fatigue et diagramme de Goodman modifié, chargement superposé, dommage cumulatif. Joints structuraux : joints boulonnés et joints soudés soumis au cisaillement direct et à la torsion; normes. Laboratoires : propriétés mécanique des

matériaux, mesure des déformations avec jauges d'extensométrie, techniques photoélastiques, flambement, flexion gauche.

## Qualités du BCAPG

<b>1</b> Connaissances en génie	<b>2</b> Analyse de problèmes	<b>3</b> Investigation	<b>4</b> Conception	<b>5</b> Utilisation d'outils d'ing.	<b>6</b> Travail ind. et en équipe
CA – N2	AP	CA-N2		IN	
<b>7</b> Communication	<b>8</b> Professionnalisme	<b>9</b> Impacts soc. et environn.	<b>10</b> Déontologie et équité	<b>11</b> Économie et gestion de projets	<b>12</b> Apprentissage continu

\*Cette information est déjà présente dans l'analyse de cours. Il est suggéré de préciser si le cours est une introduction (IN), un approfondissement (AP) ou une étape de contrôle des acquis (CA). Dans ce dernier cas, veuillez préciser le niveau N selon l'échelle de développement des qualités (N1 à N4) déduit du contexte d'évaluation.

**Note :** Une version détaillée de ce tableau est disponible à la fin du document. Vous pouvez également regarder cette [vidéo explicative sur les 12 qualités](#).

COURS PREALABLES	COURS COREQUIS	COURS SUBSEQUENTS
MEC1420 (Résistance des matériaux I)	Aucun	MEC8470

## Objectifs d'apprentissage

Objectifs	Correspondance avec les qualités du BCAPG
Les <b>séances de cours</b> visent à rendre l'étudiant capable :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>de déterminer la capacité de résistance et le degré de rigidité des pièces mécaniques, selon les critères de défaillance, compte tenu des conditions en service (écoulement, instabilité, effondrement et fatigue)</li> </ul>	Qualité 1 (AP) et Qualité 2 (AP)
<ul style="list-style-type: none"> <li>de résoudre des problèmes de synthèse en résistance des matériaux et de concevoir de façon optimale des éléments structuraux simples</li> </ul>	Qualité 1 (CA-N2) et Qualité 2 (AP)
<ul style="list-style-type: none"> <li>d'appliquer quelques notions avancées de la résistance des matériaux</li> </ul>	Qualité 2 (AP)
<ul style="list-style-type: none"> <li>d'évaluer la pertinence des méthodes de calcul utilisées et de porter un jugement critique sur les résultats obtenus lors de la résolution des problèmes</li> </ul>	Qualité 2 (IN)
Les <b>laboratoires</b> visent à rendre l'étudiant capable à :	
<ul style="list-style-type: none"> <li>d'utiliser les méthodes expérimentales courantes pour évaluer le comportement mécanique des matériaux (contraintes et déformations) sous des chargements spécifiées</li> </ul>	Qualité 3 (CA-N2)
<ul style="list-style-type: none"> <li>d'appliquer une technique de mesure et d'analyse de résultats expérimentaux</li> </ul>	Qualité 3 (CA-N2) et Qualité 5(IN)

o de prévoir le comportement en terme de contraintes et de déformations d'un système réel simple sous l'effet des charges spécifiées	Qualité 2 (AP)
o d'anticiper l'ordre de grandeur des propriétés mécaniques des matériaux métalliques	Qualité 1 (AP)
o d'établir les différences entre le comportement idéalisé et le comportement réel d'un système mécanique simple.	Qualité 3 (CA-N2)

### Utilité du cours

Les notions développées dans ce cours seront importantes dans les cours subséquents en mécanique appliquée (MEC8470 – Éléments finis en mécanique du solide) et design (MEC2310 – Éléments de machines, MEC2105 – projet intégrateur II, MEC3900 – Projet intégrateur III et MEC8370 – Projet intégrateur IV).

### Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Le contenu du cours sera présenté aux étudiants en séances de cours magistral à raison de trois heures par semaine. De plus, il y a dix séances de travaux dirigés (TD) d'une heure chacune ainsi que quatre séances de laboratoire (TP) de même durée. **Les dates des périodes de TP sont indiquées sur le calendrier du trimestre.**

### Évaluation

NATURE	NOMBRE	Mode de réalisation (Individuel/équipe)	PONDÉRATION	DATE	QRD*
Contrôle périodique	1	Individuel	30%	<b>Lundi, 11 mars 2024 (à l'heure de cours)</b>	1
TD évalué	3	Individuel	15%	TD évalué 1 : 29 janvier TD évalué 2 : 12 février TD évalué 3 : 25 mars	1
Laboratoires	4	Équipe de 2 ou 3	20%**	Voir le calendrier	3
Examen final***	1	Individuel	35%		1

\* Qualité Requise des Diplômés

\*\* 10% examen de laboratoire et 10% fichier Excel gabarit

\*\*\* Date exacte à venir, durant la période des examens finaux (fin avril, début mai).

Qualité(s) du BCAPG évaluée(s) dans ce cours	Évaluation utilisée (ou portion d'une évaluation)	Niveau de développement de la qualité
Qualité 1	Note finale	N2
Qualité 3	3.3 Préparation des séances = Note sur le formulaire Excel de chaque séance 3.4 Investigation expérimentale = Examen de laboratoire individuel 3.5 Analyse des résultats = Examen de laboratoire individuel	N2

## Personnes-ressources

- Partie théorique :** - Daniel Therriault ([daniel.therriault@polymtl.ca](mailto:daniel.therriault@polymtl.ca))  
- Smail Guenoun ([smail.guenoun@polymtl.ca](mailto:smail.guenoun@polymtl.ca))
- Travaux dirigés :** - Maryam Boukor ([maryam.boukor@polymtl.ca](mailto:maryam.boukor@polymtl.ca))  
- Rouhollah Farahani ([rouhollah.farahani@polymtl.ca](mailto:rouhollah.farahani@polymtl.ca))  
- Loïc Cummings-Jomphe ([loic.cummings-jomphe@polymtl.ca](mailto:loic.cummings-jomphe@polymtl.ca))
- Techniciens :** - Fabrice Danet ([fabrice.danet@polymtl.ca](mailto:fabrice.danet@polymtl.ca))  
- Nicolas Jacquot ([nicolas.jacquot@polymtl.ca](mailto:nicolas.jacquot@polymtl.ca))

## Documentation

### a) Obligatoire :

- *Laboratoire de Résistance des Matériaux II – MEC2405 – Cahier de laboratoire*, D. Therriault, M. Bernard, A. Chaaban et L. Marchand, éditions de Polytechnique Montréal

### b) Optionnelle :

- *Recueil de notes de cours, MEC2405 Résistance des matériaux II*, D. Therriault, éditions de Polytechnique Montréal, 2023.
- *Résistance des matériaux*, A. Bazergui, T. Bui-Quoc, G. McIntyre et C.A. Laberge ; 3<sup>ème</sup> édition, Presses Internationales de Polytechnique Montréal, 2002.
- *Résistance des matériaux, recueil des problèmes, Tome 1*, A. Bazergui, T. Bui-Quoc, G. McIntyre et C.A. Laberge ; 3<sup>ème</sup> édition, Presses Internationales de Polytechnique Montréal, 2003.
- *Résistance des matériaux, recueil des problèmes, Tome 2*, A. Bazergui, T. Bui-Quoc, G. McIntyre et C.A. Laberge ; 3<sup>ème</sup> édition, Presses Internationales de Polytechnique Montréal, 2003.

Contenu de cours	Pages des notes de cours***
<b>1 - Révision des notions du cours MEC1420</b>	
Principe de base	11-24
Chargement uniaxial	25-31
Diagramme des efforts tranchants et des moments fléchissants	32-46
Contraintes dans les poutres en flexion	47-55
Torsion des sections circulaires	56-58
Notions avancées en torsion (sections ouvertes, composées, rectangulaire minces et et profilés minces)	59-95
Superposition de contraintes	96-109
Déformations	110-116
Relation contraintes/déformations	117-120
<b>2 – Flexion gauche</b>	
Efforts internes et analyse des contraintes associés à la flexion gauche	122-133
Contraintes dues à la flexion pure	134-151
<b>3 – Instabilité, flambement des colonnes, déversement de poutres, voilement</b>	
Définition de stabilité	163-164
Stabilité d'une membrure rigide en compression	165-177
Stabilité d'une membrure élastique en compression	180-200
Formule d'Euler	201-205
Colonne «rotule-rotule» soumise à une charge excentrée	206-212
Conception d'une colonne	213-217
Méthode de résolution approx. Pour une poutre-colonne (chargement combiné)	218-233

Déversement latéral des poutres	234
Voilement des sections à parois minces	235
<b>4 – Méthodes d'analyse basées sur l'énergie de déformation (Méthode énergétiques)</b>	
Énergie de déformation	239-241
Énergie de déformation : traction, flexion et torsion	242-252
Théorème de Maxwell-Betti	253-261
Théorème de Castigliano	262-265
Théorème de Castigliano pour un système isostatiques et hyperstatiques	266-306
Effets de l'effort tranchant	307-331
<b>5 – Concepts d'analyse limite et contraintes résiduelles</b>	
Modèles du comportement des matériaux	333-335
Analyse limite au chargement uniaxial, en torsion, à la flexion	336-377
Contraintes résiduelles	379-396
<b>6 – Concentration de contrainte</b>	
Valeur théorique du facteur de concentration de contrainte	397-419
Comportement des matériaux en présence de concentration de contrainte	420-429
<b>7 – Fatigue</b>	
Mécanismes de rupture par fatigue	434-439
Diagramme d'essai normalisé	440-444
Diagramme S-N	445-452
Limite d'endurance	453-464
Chargement non complètement renversé	465-471
Diagramme de Goodman	472-480
Contraintes combinées normales et de cisaillement	481-498
Domage cumulatif	499-502

### Charge de travail\*\*\*\*

- Heure de présence en classe (incluant contrôles) :  $5 \times 13 = 65$  heures
- Étude personnelle (étude et exercices d'assimilation) :  $3 \times 13 = 39$  heures
- Préparation aux contrôles périodiques (10 h)
- Préparation à l'examen final (18.5h)

\*\*\* *Recueil de notes de cours, MEC2405 Résistance des matériaux II*, D.Therriault, éditions de Polytechnique Montréal, 2023.

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

## Horaire des séances de laboratoire (Hiver 2024)

**Local: C-407.10 (labo #1, 2, 3 4)**

Séance	Chargé de laboratoire	JEUDI de 9h30 à 12h20		JEUDI de 13h45 à 16h35		VENDREDI De 14h45 et 17h35
		Gr. 1	Gr. 2	Gr. 3	Gr. 4	Gr. 5
1-Propriétés mécaniques des matériaux	Maryam Boukor	25 jan.	18 jan.	25 jan.	18 jan.	26 jan.
2-Mesure de la déformation	Rouhollah Farahani	8 fév.	1 fév.	8 fév.	1 fév.	9 fév.
3 ou 4 (voir note) 3-Étude des poutres-colonne 4-Étude d'un profilé en flexion-gauche	Loïc Cummings-Jomphe	22 fév.	15 fév.	22 fév.	15 fév.	23 fév.
3 ou 4 (voir note) 4-Étude d'un profilé en flexion-gauche 3-Étude des poutres-colonne	Loïc Cummings-Jomphe	14 mars	29 fév.	14 mars	29 fév.	15 mars
Examen de laboratoire individuel en situation authentique	Équipe	28 mars (9h30, 10h30 ou 11h30)	21 mars (9h30, 10h30 ou 11h30)	28 mars (13h45, 14h45 ou 15h45)	21 mars (13h45, 14h45 ou 15h45)	5 avril (14h45, 15h45 ou 16h45)

**Note:** À partir du **15 février**, les séances 3 et 4 se dérouleront simultanément. Chaque groupe sera divisé en deux : à la journée assignée, cinq équipes effectueront la séance 3 pendant que les autres équipes effectueront la séance 4 et vice-versa à la période de laboratoire suivante.

### 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](mailto:bipcv@polymtl.ca) 514 340 4711 Poste 5151. En savoir plus sur leurs services et ressources :

## Qualités requises des diplômés.es 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



### Qualités requises des diplômés par le BCAPG / Déclinaison Polytechnique Montréal

Ce tableau présente les 12 qualités requises par le BCAPG. Vous trouverez ci-dessous les qualités qui seront développées dans ce cours.

Cours concerné : MEC2405 – Résistance des Matériaux II

Qualité	Déclinaison	IN	AP	CA
1 <b>Connaissances en génie</b> : 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		X	
	1.2 Démontrer des connaissances de base en génie		X	
	1.3 Démontrer des connaissances avancées en génie			N2
2 <b>Analyse de problèmes</b> : 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	X		
	2.2 Explorer des approches de résolution et planifier la démarche		X	
	2.3 Conceptualiser ou modéliser le problème		X	
	2.4 Produire des résultats	X		
	2.5 Valider ses résultats et recommander	X		
	2.6 Analyser l'incertitude, la sensibilité et les limites des approches	X		
3 <b>Investigation</b> : 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			N2
	3.4 Exécuter l'expérimentation			N2
	3.5 Analyser les résultats expérimentaux			N2
	3.6 Vérifier les hypothèses et argumenter			
4 <b>Conception</b> : 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 <b>Utilisation d'outils d'ingénierie</b> : 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	X		
	5.3 Créer ou adapter un outil			
	5.4 Intégrer des outils			
6 <b>Travail individuel et en équipe</b> : 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 <b>Communication</b> : 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 <b>Professionnalisme</b> : 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.	8.1 Reconnaître l'agir professionnel			
	8.2 Expliquer les rôles de l'ingénieur			
	8.3 Expliquer les responsabilités de l'ingénieur, y compris la protection du public			
9 <b>Impact du génie sur la société et l'environnement</b> : 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 gestion 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 <b>Déontologie et équité</b> : 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 <b>Économie et gestion de projets</b> : 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 <b>Apprentissage continu</b> : 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 pallier 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			



