



**POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL**

UNIVERSITÉ
D'INGÉNIERIE

Plan de cours

MTH2120 - Analyse appliquée

Département de mathématique et de génie industriel

Hiver 2025

3 crédits

(3,2,4)

<https://moodle.polymtl.ca/>

Professeur du cours

| | |
|---------------|--|
| Nom | Guy Jomphe |
| Bureau | A-520.36 |
| Téléphone | (514) 340-4711 – Poste 5155 |
| Courriel | guy.jomphe@polymtl.ca |
| Disponibilité | Avant et après chaque cours. |
| Salle | A-520.36 |

Coordonnateur

| | |
|-----------------|--|
| Nom | Guy Jomphe |
| Courriel | guy.jomphe@polymtl.ca |

Description du cours

Fonctions d'une variable complexe. Fonctions analytiques. Formule de Cauchy. Séries de Laurent. Calcul des résidus. Calcul d'intégrales réelles. Transformée de Laplace. Systèmes linéaires et convolution. Distribution de Dirac. Transformée en z. Séries de Fourier. Transformée de Fourier. Théorème d'échantillonnage. Inversion de la transformée de Laplace.

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

*1: connaissances en mathématiques de l'ingénieur.

2: application des mathématiques à des contextes d'applications spécifiques.

6: Les devoirs sont rédigés par équipe de 1 ou 2 étudiants(es).

7: rédaction de solutions (devoirs) dans un style approprié aux mathématiques appliquées.

| COURS PREALABLES | COURS COREQUIS | COURS SUBSEQUENTS |
|---------------------------|----------------|-------------------|
| MTH1101, MTH1102, MTH1115 | Aucun | Aucun |

Objectifs d'apprentissage

Les concepts du cours sont regroupés autour des thèmes suivants :

- Fonctions d'une variable complexe
- Analyse de Fourier

Pour chacun de ces thèmes, à la fin du cours, l'étudiant(e) sera en mesure de :

- Définir et expliquer les concepts.
- Appliquer des règles et des techniques de calcul pour effectuer des exercices d'application routinière.
- Résoudre des problèmes de génie décrits dans des contextes spécifiques nécessitant l'utilisation adéquate des concepts et des techniques de calcul vues au cours.
- Juger si les résultats obtenus aux problèmes et aux exercices sont sensés.

Utilité du cours

Les notions mathématiques vues dans ce cours serviront de base aux cours :

- Analyse des signaux
- Traitement et analyse d'images.

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

L'enseignement se fera en présentiel à raison de 3 heures théoriques par semaine et de 2 heures de travaux dirigés (T.D.) par semaine. Ces T.D. serviront également à répondre aux questions des étudiants au sujet des exercices suggérés et des devoirs. Une lecture préalable des notes de cours avant chaque séance de T.D. est fortement suggéré.

Évaluation

| NATURE | NOMBRE | Mode de réalisation (Individuel/équipe) | PONDÉRATIO N | DATE | QRD* |
|--------------|--------|--|-----------------|----------------------------------|----------|
| Examen intra | 1 | Individuel | 30 % | Mercredi 12 février | 1 |
| Devoirs | 6 | Individuel ou en équipe | 20 % | Voir le calendrier ci-dessous | 2,6 et 7 |
| Examen final | 1 | Individuel | 50 % | À déterminer | 1 |

* Qualité Requise des Diplômés

DEVOIRS

La seule façon de maîtriser la matière de ce cours est de faire et de bien comprendre les problèmes des devoirs. Ce cours est aussi une excellente opportunité d'améliorer significativement votre habileté à faire des calculs rapidement et correctement. Les devoirs permettent un apprentissage régulier et ils constituent une part essentielle de la préparation aux examens. En effet, l'examen final sera composé principalement de problèmes comparables aux problèmes des devoirs. Les devoirs sont obligatoires et devront être rédigés individuellement ou par équipe de 2 étudiants au maximum. De plus, les devoirs devront être remis (sous forme papier) en personne au début de la séance des travaux dirigés aux dates spécifiées dans le calendrier (Page 10).

Un devoir remis en retard ou remis par courriel à votre professeur recevra la note zéro.

Chaque devoir sera corrigé comme suit :

- Deux problèmes, choisis au hasard, seront corrigés de façon détaillée et vaudront 6 points sur 10.
- Les autres problèmes seront brièvement examinés et 4 points seront attribués si TOUS les problèmes ont été faits. Si un problème est manquant ou non complété, les 4 points seront perdus.
- Un manque de clarté / lisibilité / page de présentation manquante d'un devoir pourra entraîner des pénalités de 1 à 2 points.

Par la suite, après chaque devoir, une compilation des notes vous sera envoyée par courriel. Chaque étudiant(e) devra vérifier la bonne saisie de ses notes. Un délai de 3 jours maximum après réception du courriel, vous sera accordé pour signaler toute erreur à votre professeur. Passé ce délai, aucun changement de note ne sera accepté.

TRAVAUX DIRIGÉS ET RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ÉTUDIANTS

Il y aura une séance de travaux dirigés par semaine (voir calendrier page 10). Cette séance servira principalement à répondre aux questions des étudiants sur la matière et sur les devoirs, avec *participation active* des étudiants, et à donner des explications complémentaires, au besoin. La durée des séances dépendra de la présence et de la participation des étudiants.

EXERCICES À RÉDIGER À CHAQUE SEMAINE

Une liste d'exercices suggérés à chaque semaine est disponible sur le site web Moodle du cours.

DOCUMENTATION ET CALCULATRICE

Aucune documentation n'est permise lors des examens mais un aide-mémoire vous sera fourni par le professeur. Une copie de cet aide-mémoire sera disponible sur le site Moodle du cours pour consultation avant chaque examen (intra et final). Une calculatrice non-programmable (autorisée par le SEP) peut être utilisée lors des examens.

Critères d'évaluation

Les questions d'examens porteront sur la matière vue dans les cours, les exemples, les exercices suggérés et les questions de devoirs. La plupart des questions seront comparables à celles des devoirs.

Les critères de correction des devoirs et des examens sont :

- La pertinence de la méthode employée ;
- La justification correcte de la solution ;
- L'exactitude des calculs ;
- La clarté de la présentation.

La note de passage n'est pas établie en fonction de la moyenne des étudiant(e)s. Elle dépend de la réalisation des objectifs d'apprentissage.

L'évaluation est critérielle : la note de passage **D** est déterminée par l'atteinte minimale des objectifs d'apprentissage et la note **A** par l'excellence dans la maîtrise de ces mêmes objectifs. Il peut apparaître une note **A*** pour reconnaître une maîtrise exceptionnelle.

Les seuils suivants seront utilisés pour le calcul de la note finale :

Notez que dans ce tableau, les seuils sont approximatifs seulement. Donc modifiable.

| Note | Cote |
|------|----------------------------------|
| A* | Cote $\geq 18/20$ |
| A | $16/20 \leq \text{cote} < 18/20$ |
| B+ | $15/20 \leq \text{cote} < 16/20$ |
| B | $14/20 \leq \text{cote} < 15/20$ |
| C+ | $13/20 \leq \text{cote} < 14/20$ |
| C | $12/20 \leq \text{cote} < 13/20$ |
| D+ | $11/20 \leq \text{cote} < 12/20$ |
| D | $10/20 \leq \text{cote} < 11/20$ |
| F | Cote $< 10/20$ |

Un fichier Excel est disponible sur le site web Moodle du cours pour calculer votre cote (/20).

Absence et retard à un examen : Aucun(e) étudiant(e) n'est admis(e) dans la salle d'examen après 30 minutes. Aucun(e) étudiant(e) ne peut quitter la salle d'examen pendant les 30 premières minutes.

Tout élève absent à l'examen intra doit faire une demande de motivation d'absence auprès du Registrariat.

La motivation d'absence est accordée ou refusée par l'administration ; toute demande à cet égard doit être acheminée au Registrariat en suivant le lien : [formulaire de motivation d'absence](#)

Si cette dernière est acceptée par le Registrariat alors la pondération de 30% de l'intra sera reporté à l'examen final. La pondération de ce dernier sera alors de 80%.

Pour un étudiant absent à son examen final et possédant une motivation d'absence approuvée par le Registrariat, il y aura possibilité d'avoir un examen différé. La date de ce dernier sera affichée sur le site web de **Polytechnique Montréal**.

Personnes-ressources

CENTRE DE CONSULTATION EN MATHÉMATIQUES

Le centre de consultation en mathématiques offre du tutorat en mathématiques pour la majorité des cours de mathématiques. Il est situé au B-504. C'est un excellent endroit pour obtenir de l'aide et travailler en groupe. Pour plus d'informations, consultez www.ccm.polymtl.ca.

SERVICE DE TUTORAT

Le service de tutorat de Polytechnique offre de l'aide aux étudiants de première année en difficulté. Ce service est fourni par des étudiants de Polytechnique sous la coordination du Service aux Étudiants. Pour plus d'informations, consultez <http://www.polymtl.ca/soutien/>

VOUS VIVEZ UNE SITUATION DE HANDICAP ? DYSLEXIE ? TDA/H ? AUTISME ? DÉFICIENCE MOTRICE ? AUTRES ?

Contactez le *Soutien aux étudiants en situation de handicap* (SESH) afin de vous informer des services offerts et des démarches à respecter pour la mise en place d'aménagements nécessaires à votre projet d'études. Le SESH et vos professeurs vous recommandent fortement de vous prévaloir des services auxquels vous avez droit afin de favoriser votre réussite en toute équité. Pour plus d'informations, consultez <http://www.polymtl.ca/sph>

Documentation

Seuls les documents 1, 2 et 3 ci-dessous sont essentiels. De plus, ils sont disponibles sur le site Moodle du cours. Le document 5 est une excellente référence sur les nombres complexes et les fonctions d'une variable complexe.

1. *Liste d'exercices*
2. *Rappel sur les nombres complexes*
3. *Notes de cours du professeur*
4. *Advanced Modern Engineering Mathematics, fourth edition*, Glyn James, Pearson, 2011 (**Facultatif**). La matière du cours correspond aux chapitres 1 à 5 de ce manuel. 3^e édition disponible à la bibliothèque de Poly : GEN TA 330 M63 2004.
5. *Schaum's Outline of Complex Variables*, 2e édition, Spiegel, Lipschutz, Schiller, Spellman, McGraw-Hill, 2009 (**Facultatif**). Version française de la 1^{ère} édition disponible à la bibliothèque de Poly cote : GEN QA 331 S75514 1978

PROGRAMME DU COURS

Le découpage de la matière est donné à titre indicatif et pourra être modifié au besoin.

| Heure | Matière |
|--|--|
| Fonctions complexes | |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> • Présentation du cours • Fonctions complexes, fonctions élémentaires : polynômes, fonctions rationnelles • Fonction exponentielle et propriétés |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> • Fonctions trigonométriques complexes • Fonctions hyperboliques complexes • Fonction logarithmique complexe |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> • Exposants complexes et propriétés • Fonctions trigonométriques inverses |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> • Fonctions continues • Le logarithme complexe est discontinu |
| Dérivées et intégrales complexes, séries de Laurent | |
| 5 | <ul style="list-style-type: none"> • Dérivée complexe • Fonctions analytiques |
| 6 | <ul style="list-style-type: none"> • Équations de Cauchy-Riemann • Exp, sin, cos sont analytiques sur \mathbf{C}; log est analytique où il est continu |
| 7 | <ul style="list-style-type: none"> • Intégrale complexe • Inégalité ML |
| 8 | <ul style="list-style-type: none"> • Théorème de Cauchy, conséquences et généralisation; potentiel complexe |
| 9 | <ul style="list-style-type: none"> • Formule de Cauchy • Théorème de Liouville |
| 10 | <ul style="list-style-type: none"> • Formule de Taylor • Séries de Taylor des fonctions usuelles |
| 11 | <ul style="list-style-type: none"> • Développement de Laurent • Convergence sur un anneau |
| 12 | <ul style="list-style-type: none"> • Exemples de calcul d'une série de Laurent |
| 13 | <ul style="list-style-type: none"> • Types de singularités • Critères pour les singularités |
| Calcul des résidus et applications | |
| 14 | <ul style="list-style-type: none"> • Critères pour les singularités (suite) • Définition du résidu |
| 15 | <ul style="list-style-type: none"> • Formule de calcul des résidus pour les pôles • Énoncé du théorème des résidus |

| | |
|---------------------------|---|
| 16 | <ul style="list-style-type: none"> Exemples de calcul des résidus |
| 17 | <ul style="list-style-type: none"> Application du théorème des résidus au calcul d'intégrales réelles |
| 18 | <ul style="list-style-type: none"> Application du théorème des résidus au calcul d'intégrales réelles (suite) |
| 19 | <ul style="list-style-type: none"> Delta de Dirac : introduction et définitions Propriétés du delta de Dirac |
| 20 | <ul style="list-style-type: none"> Propriétés du delta de Dirac (suite) Relation avec la fonction de Heaviside |
| Systemes linéaires | |
| 21 | <ul style="list-style-type: none"> Systemes linéaires stationnaires (SLS) en temps continu : définition Réponse impulsionnelle Convolution et réponse à un signal quelconque |
| 22 | <ul style="list-style-type: none"> Exemples de SLS Exemple : circuit RC |
| 23 | <ul style="list-style-type: none"> Produit de convolution : propriétés Exemples de calculs de produits de convolution (suite) |
| 24 | <ul style="list-style-type: none"> Exemples de calculs de produits de convolution (suite) Fonctions propres des SLS |
| 25 | <ul style="list-style-type: none"> Systemes linéaires stationnaires (SLS) en temps discret : définition Réponse impulsionnelle discrète Produit de convolution discret et réponse à un signal quelconque |
| 26 | <ul style="list-style-type: none"> Exemple : SLS défini par une équation aux différences Fonctions propres des SLS discrets |
| 27 | <ul style="list-style-type: none"> Transformée de Laplace (TL) : définition, exemples et rappel des propriétés Domaine d'existence de la TL TL du delta de Dirac. |
| 28 | <ul style="list-style-type: none"> Application de la TL aux EDO linéaires à coefficients constants Application aux SLS : théorème de convolution pour la TL et fonction de transfert |
| 29 | <ul style="list-style-type: none"> Inversion de la TL à l'aide des résidus Exemples d'applications |
| 30 | <ul style="list-style-type: none"> Transformée en z (Tz) : définition et lien avec la TL Exemples de calcul |
| 31 | <ul style="list-style-type: none"> Propriétés de la Tz. Inversion de la Tz inverse à l'aide des résidus |
| 32 | <ul style="list-style-type: none"> Application de la Tz aux SLS discrets : théorème de convolution et fonction de transfert Applications aux équations aux différences finies |

| Séries de Fourier complexes et Transformée de Fourier | |
|--|--|
| 33 | <ul style="list-style-type: none">• Rappel des séries de Fourier (SF) réelles• Coefficients de Fourier complexes |
| 34 | <ul style="list-style-type: none">• Identité de Parseval• Dérivation et intégration des SF |
| 35 | <ul style="list-style-type: none">• Phénomène de Gibbs.• Applications |
| 36 | <ul style="list-style-type: none">• Transformée de Fourier (TF) : définition• Exemples de TF• Théorème de Fourier |
| 37 | <ul style="list-style-type: none">• Propriétés de la TF, identité de Parseval• Principe d'incertitude pour la transformée de Fourier. |
| 38 | <ul style="list-style-type: none">• Application de la TF aux SLS : réponse en fréquence, théorème de convolution pour la TF• Théorème d'échantillonnage : signal a bande passante limitée et théorème |
| 39 | <ul style="list-style-type: none">• Preuve de la formule d'inversion de la TL |

CALENDRIER

| # SEMAINE | SEMAINE | L | Ma | Me | J | V | REMARQUES |
|--------------|---------------------|--|--------------------|-----------------|---|---|---|
| 1 | 6 janv. – 10 janv. | | | * 1 - 2 | | | * Début des cours le 8 janvier |
| 2 | 13 janv. – 17 janv. | 3 | 4 - 5 | T.D #1 | | | |
| 3 | 20 janv. – 24 janv. | 6 | 7 - 8 | T.D #2 | | | Remise du devoir #1 : mer. 22 janv. |
| 4 | 27 janv. – 31 janv. | 9 | 10 - 11 | T.D #3 | | | |
| 5 | 3 fév. – 7 fév. | 12 | 13 - 14 | T.D #4 | | | Remise du devoir #2 : mer. 5 fév. |
| 6 | 10 fév. – 14 fév. | 15 | 16 - 17 | Examen intra | | | L'intra portera sur les heures 1 à 14 |
| 7 | 17 fév. – 21 fév. | 18 | 19 - 20 | T.D #5 | | | |
| 8 | 24 fév. – 28 fév. | 21 | 22 - 23 | T.D #6 | | | Remise du devoir #3 mer. 26 fév. |
| --- | 3 mars – 7 mars | Semaine de relâche (Pas de cours) | | | | | |
| 9 | 10 mars – 14 mars | 24 | 25 - 26 | T.D #7 | | | |
| 10 | 17 mars – 21 mars | 27 | 28 - 29 | T.D #8 | | | Remise du devoir #4 mer. 19 mars |
| 11 | 24 mars – 28 mars | 30 | 31 - 32 | T.D #9 | | | |
| 12 | 31 mars – 4 avril | 33 | 34 - 35 | T.D #10 | | | Remise du devoir #5 mer. 2 avril |
| 13 | 7 avril – 11 avril | 36 | 37 - 38 | T.D #11 | | | |
| 14 | 14 avril – 18 avril | 39 | * Fin des cours | | | | Remise du devoir #6 lundi 14 avril |

Périodes des examens finaux du 22 avril au 6 mai. La date officielle de l'examen final de MTH2120 sera fixée par Polytechnique Montréal plus tard au cours du semestre d'hiver 2025.

Charge de travail***

Ce cours devrait vous demander environ 135h de travail pour toute la session. Voici une estimation de la répartition de ces heures.

| Activités | Nombres d'heures estimées |
|---|---------------------------|
| Théorie : 13 semaines x 3h/semaine | 39 heures |
| Travaux dirigés : 13 semaines x 2h/semaine | 26 heures |
| Rédaction des exercices suggérés et des 6 devoirs : 13 semaines x 4h/semaine | 52 heures |
| Étude pour l'intra et de l'examen final | 18 heures |
| Total | 135 heures |

*** 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.