

DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES ET DE GÉNIE INDUSTRIEL

MTH2120
ANALYSE APPLIQUÉE
AUTOMNE 2024

PLAN DE COURS

3 crédits (3-2-4)

Enseignants : **Cours-sur-vidéo pour les groupes 1 et 2** : professeur Antoine Saucier, Bureau A-520.24.

Courriel : antoine.saucier@polymtl.ca

Mercredi 12h45, 13h45 (local M-1120), vendredi 11h30 (local M-1420).

Ces périodes ne seront utilisées qu'exceptionnellement car les cours-sur-vidéo sont asynchrones.

Travaux dirigés (en classe):

Groupe 1: jeudi 13h45, 14h45 avec le professeur Antoine Saucier, dans le local B-530.2 (en classe).

Groupe 2: jeudi 13h45, 14h45 avec M. Rémi Pédenon Orlanducci, dans le local L-2712 (en classe).

Courriel : remi.pedenon--orlanducci@polymtl.ca

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

REMARQUES: Ce cours est hybride, c'est-à-dire qu'il est composé de séances en présence et de séances à distance. Les séances en présence sont des travaux dirigés pour lesquels la présence en classe est fortement recommandée. Les séances à distance sont des cours-sur-vidéo pour lesquels aucune présence physique des étudiants à l'école n'est requise. Pour visionner les cours-sur-vidéo, il est nécessaire d'avoir un accès internet. Le premier cours aura lieu en présentiel le mercredi 28 août à 12h45 dans le local M-1120. On y présentera le plan de cours ainsi que la première heure de cours.

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

Les concepts du cours sont regroupés autour des thèmes suivants :

- Fonctions d'une variable complexe
- Systèmes linéaires
- 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.

QUALITÉS DU BCAPG

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

- 1: connaissances en mathématiques de l'ingénieur.
 2: application des mathématiques à des contextes d'applications spécifiques.
 7: rédaction de solutions (devoirs) dans un style approprié aux mathématiques appliquées.

DOCUMENTATION Seuls les documents 1, 2 et 3 ci-dessous sont essentiels. Le document 5 est une excellente référence sur les nombres complexes et les fonctions d'une variable complexe.

1. Les cours sur vidéo sur le site Moodle du cours.
2. *Liste d'exercices*, document PDF sur le site Moodle du cours.
3. *Rappel sur les nombres complexes*, document PDF sur le site Moodle du cours.
4. *Advanced Modern Engineering Mathematics, fourth edition*, Glyn James, Pearson, 2011 (**Facultatif**). La matière du cours correspond aux chapitres 1 à 5. 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

ÉVALUATION

	Pondération	Date
Intra	40%	Mercredi le 23 octobre
10 Devoirs (individuels)	15%	Les jeudis avant midi (12h) aux dates du calendrier en page 7.
Examen final	45%	À venir

L'examen intra et l'examen final sont obligatoires. L'examen final est récapitulatif. En cas d'absence motivée à l'examen intra, la pondération de l'examen final sera de 85%. Une calculatrice non-programmable (autorisée) peut être utilisée pendant les examens. Aucune documentation n'est permise aux examens mais un aide-mémoire sera fourni.

COURS-SUR-VIDÉO (EN LIGNE)

Les cours-sur-vidéo ont la forme d'enregistrements vidéo qui ressemblent à un cours en classe. Les concepts et les exemples y sont présentés d'une façon complète et détaillée. La disponibilité de ces vidéos suivra (ou devancera) les séances prévues au calendrier (page 7). Les étudiants sont encouragés à noter leurs questions pendant l'écoute de ces vidéos pour les poser plus tard pendant les séances de travaux dirigés. Ces cours sont identiques pour les deux groupes. Veuillez noter que la vitesse de lecture des vidéos et la langue des sous-titres sont ajustables.

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, les examens seront composés principalement de problèmes comparables aux problèmes des devoirs. Les devoirs sont obligatoires et individuels, chaque étudiant devra remettre une copie distincte numérisée. Un devoir remis en retard recevra la note zéro. Les étudiants déposeront leur devoir numérisé sur le site intranet du cours aux dates limites indiquées dans le calendrier en page 7, ou avant.

Chaque devoir sera corrigé comme suit :

- Un problème, choisi au hasard, sera corrigé de façon détaillée et vaudra 6 points sur 10.
- Les autres problèmes seront brièvement examinés et 4 points seront attribués si TOUS les problèmes ont été faits. Si au moins un problème est manquant, les 4 points seront perdus.
- Un manque de clarté / lisibilité d'un devoir pourra entraîner des pénalités de 1 à 2 points.

TRAVAUX DIRIGÉS ET RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ÉTUDIANTS

Il y aura une séance de travaux dirigés par semaine par groupe (voir calendrier page 7). Les séances de travaux dirigés visent à aider les étudiants à bien comprendre la matière et à résoudre les problèmes suggérés, à donner une rétroaction immédiate sur les problèmes donnés en devoirs, et à répondre aux questions sur le prochain devoir. Chaque séance commencera par un mini-quiz où les étudiants seront mis au défi de résoudre un problème. Le mini-quiz ne sera ni ramassé ni noté, mais sa solution sera ensuite présentée avec la participation des étudiants. La suite de la 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.

DOCUMENTATION ET CALCULATRICE

Aucune documentation n'est permise aux examens mais un aide-mémoire sera fourni. Une copie de cet aide-mémoire sera disponible avant les examens pour consultation sur le site Moodle du cours. Une calculatrice non-programmable (autorisée) peut être utilisée lors des examens.

CRITÈRES D'ÉVALUATIONS

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 cote de passage n'est pas établie en fonction de la moyenne des étudiant(e)s. Elle dépend de la réalisation des objectifs d'apprentissage. Les seuils suivants seront utilisés pour le calcul de la cote finale :

Note sur 20	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cote	D	D+	C	C+	B	B+	A	A	A*

Retard de remise d'un devoir: Les étudiants auront environ une semaine pour faire chaque devoir et le remettre en ligne. Un retard de remise d'un devoir entrainera la note zéro pour ce devoir.

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

PROGRAMME DE COURS

Heure	Matière
Fonctions d'une variable complexes	
1	Fonctions élémentaires: Polynômes, fonctions rationnelles, séries de puissances entières, rayon de convergence, fonction exponentielle, formule d'Euler.
2	Fonctions trigonométriques et hyperboliques, forme polaire d'un nombre complexe, logarithme naturel.
3	Propriétés du logarithme naturel, loi de puissance, racine carrée.
4	Continuité. Fonctions analytiques.

Dérivées et intégrales complexes, séries de Laurent	
5A	Existence de la dérivée : conditions de Cauchy-Riemann.
5B	Interprétation géométrique des conditions de Cauchy-Riemann. Transformations conformes.
6A	Transformations complexes. Fonctions harmoniques. Géométrie des courbes de niveau de u et v .
6B	Intégrale curviligne complexe: définition, paramétrisation, exemples.
7	Intégrale curviligne complexe: exemple, propriétés, biographie Augustin Cauchy, rappels (formule de Green, sens de parcours direct), théorème de Cauchy.
8	Conséquences du théorème de Cauchy: indépendance du chemin suivi (TH1), existence d'une primitive analytique (TH2), intégrale d'une fonction analytique (TH3), exemples.
9	Une application du théorème de Cauchy: l'intégrale de Fresnel.
10	Formule de Cauchy. Formule de Cauchy pour les dérivées. Exemples.
11	Théorème de Liouville. Théorème fondamental de l'algèbre. Racines d'un polynôme à coefficients réels. Formule de Taylor, rayon de convergence.
12	Séries de Laurent, exemples.
13	Exemples de calcul de la Séries de Laurent. Singularités: pôles, singularités essentielles.

Calcul des résidus et applications	
14	Singularités apparentes. Singularités isolées. Calcul des résidus. Théorème des résidus.
15	Calcul d'intégrales complexes avec le théorème des résidus.
16	Calcul d'intégrales complexes avec le théorème des résidus: suite des exemples. Évaluation d'intégrales réelles: intégrales trigonométriques, exemples.
17	Évaluation d'intégrales réelles: intégrales sur \mathbb{R} , exemple.
18	Évaluation d'intégrales réelles: intégrales de Fourier, exemple.
19	Intégrales spéciales: l'intégrale de Dirichlet. Systèmes linéaires stationnaires en temps discret: définition, exemples.

Systèmes linéaires stationnaires (SLS) en temps discret	
20	<ul style="list-style-type: none"> - Exemple du système à rétroaction. - SLS définis par des équations aux différences. - Réponse d'un SLS à une entrée quelconque: réponse impulsionnelle, produit de convolution.
21	<ul style="list-style-type: none"> - Produit de convolution discret: définition, propriétés, exemple de calcul. - Exemples de réponses impulsionnelles pour des SLS simples. - Causalité et stabilité d'un SLS, exemple.
22	<p>Transformée en z (Tz):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction et objectifs. - Passage de la transformée de Laplace à la transformée en z. - Définition et exemples. - Définition du produit de convolution pour les suites $x[n]$ avec $n \geq 0$. - Propriétés de la Tz.
23	<ul style="list-style-type: none"> - Fonction de transfert. - Transformée en z inverse. - Applications de la Tz aux équations aux différences (ED): suite de fibonacci. - Applications de la Tz aux SLS: système à rétroaction.
24	<p>Deux exemples d'application de la transformée en z (Tz):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Équations aux différences: évaluer $1+2+3+\dots+n$. - SLS: trouver $y[n]$ si $y[n+2] - 3y[n+1] + 2y[n] = x[n+1] - x[n]$ avec $x[n] = 2^n u[n]$.
25	<p>Delta de Dirac: Bio de Paul Adrien Dirac</p> <p>Définition du delta de Dirac; approximation du delta de Dirac, exemples.</p> <p>Propriétés du delta de Dirac, exemples.</p>
26	<p>Propriétés du delta de Dirac: suite et fin.</p>

Systèmes linéaires stationnaires (SLS) en temps continu	
27A	<ul style="list-style-type: none"> - Définition, exemples. - Relation entrée-sortie: réponse impulsionnelle, produit de convolution (P.C.). - Propriétés du P.C., causalité. - Exemple de calcul d'un P.C.
27B	<ul style="list-style-type: none"> - Calcul de la réponse impulsionnelle: exemples. - Fonctions propres des SLS en temps continu. - Transformée de Laplace (TL): introduction, définition, existence.
28	<ul style="list-style-type: none"> - Propriétés de la TL: révision. - TL du delta de Dirac. - Exemple: résolution d'une équation différentielle avec la TL. - Réponse d'un SLS causal pour les signaux définis pour $t \geq 0$. - Théorème de convolution pour la TL, fonction de transfert. - Exemple: SLS définis par des équations différentielles.
29	<p>Exemples de résolution de SLS avec la TL:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oscillations forcées du système masse-ressort. - Deux exemples : les circuit LC et RC. - Transformée de Laplace inverse : le théorème (sans preuve) avec exemples.

Séries de Fourier (SF) complexes	
30	Introduction, SF complexes, coefficients de Fourier en version complexe, convergence des SF, identité de Parseval en version réelle.
31	Identité de Parseval en version complexe. Produit scalaire, orthogonalité des cossoïdes et identité de Parseval. Exemple. Dérivation et intégration des SF, exemples. Application des SF: le circuit RLC avec voltage périodique appliqué.
32A	Suite du circuit RLC.
32B	Application des SF: la poutre simplement supportée avec une fonction de charge décrite par une SF. Ça marche parce-que les sinusoïdes sont des fonctions propres de l'opérateur de dérivée quatrième.
33A	Analyse de Fourier et caractérisation des SLS: réponse en fréquence, exemple.

Transformée de Fourier (TF)	
33B	Définition, théorème de Fourier, exemple.
34	TF des gaussiennes. Propriétés de la TF: TF d'une dérivée, dérivée d'une transformée.
35	Identité de Parseval, exemple. Réponse en fréquence, exemple. Théorème de convolution.
36	Preuve du théorème de Fourier
37	Une application de la transformée de Fourier: la transformée de Laplace inverse.
38	Une application des SF et de la TF, le théorème d'échantillonnage: théorème et formule de reconstruction, exemple.

CALENDRIER AUTOMNE 2024 (Groupes 1 et 2)

Dans le calendrier ci-dessous, **seules les périodes avec une écriture en rouge seront données en présentiel en classe.**
 TD est une abréviation de Travaux Dirigés.

SEMAINE	L	Ma	Mercredi	Jeudi	V	Remarques	
1			28 août, 12h45 : Présentation du plan de cours, et introduction, en classe, local M-1120 Cours*: heures 1-3	Pas de TD		* Cours-en-ligne accessible en tout temps.	
2			Cours : heures 4-6	TD0 ** Révision des nombres complexes, fonctions élémentaires + réponse aux questions sur le devoir 1.		** TDn : nième séance de travaux dirigés, en classe, à 13h45. Groupe 1 (A. Saucier) : local B-530.2. Groupe 2 (R. Pédenon-Orlanducci): local L-2712.	
3			Cours : heures 7-9	TD1 + Remise devoir 1 ***		*** Pour les deux groupes, avant midi , pour tous les devoirs (dépôt sur Moodle).	
4			Cours : heures 10-12	TD2 + Remise devoir 2			
5			Cours : heures 13-15	TD3 + Remise devoir 3			
6		L	Cours : heures 16-18	TD4 + Remise devoir 4		La matière au programme de l'intra s'arrête à l'heure 17 inclusivement.	
7			Cours : heures 19-21	TD5 + Remise devoir 5			
-			Relâche				
8			Cours : heures 22-24 X	TD (pas de devoir)		X : examen intra. Mercredi le 23 octobre de 12h45 à 14h35.	
9			Cours : heures 25-27	TD6 + Remise devoir 6			
10			Cours : heures 28-30	TD7 + Remise devoir 7			
11			Cours : heures 31-33	TD8 + Remise devoir 8			
12			Cours : heures 34-36	TD9 + Remise devoir 9			
13			Cours : heures 37-38	TD10 + Remise devoir 10			
14		DJC				DJC: dernier jour de cours.	

Remarques sur les cours-sur-vidéos

La présentation du cours dans ces vidéos est semblable à celle d'un cours en classe. Les vidéos sont conçues pour être visionnées dans l'ordre proposé, en prenant des notes comme si on était en classe. Les concepts et les exemples y sont présentés d'une façon complète et détaillée. Les étudiants sont encouragés à noter leurs questions pendant l'écoute de ces vidéos pour les poser plus tard pendant les séances de travaux dirigés en présentiel.

La présentation de la matière par vidéos a plusieurs avantages concrets pour les étudiants. En particulier, plusieurs sondages ont montré que les étudiants apprécient particulièrement les facteurs suivants :

- Avoir des explications claires et complètes.
- Avoir la possibilité d'écouter le cours à son rythme, plus lentement ou plus rapidement, et de faire une pause. Soulignons que la vitesse de lecture des vidéos et la langue des sous-titres sont ajustables.
- Avoir un accès à toute la matière en tout temps.
- Avoir la possibilité de réécouter les vidéos.

De plus, l'expérience a montré que les séances de travaux dirigés sont plus fructueuses car les étudiants ayant visionné la matière et fait quelques problèmes posent de meilleures questions, ce qui conduit à des discussions plus intéressantes et à un meilleur apprentissage.

Je vous souhaite un bon cours et une bonne session d'automne 2024,

Salutations cordiales,

Antoine Saucier

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL

COURS MTH2120

Département de mathématiques et de génie industriel

(3-2-4) (3 crédits ou 135 heures)

Trimestre automne

Répartition des heures que l'étudiant(e) doit investir en fonction des activités pédagogiques du cours et en fonction du nombre de crédits.

Heures de visionnement des vidéos	3 heures de cours x 13 sem.	39,0 h
	2 heures de travaux pratiques x 12 sem.	24,0 h
	2,5 heures pour l'examen final	2,5 h
	2 heures pour le contrôle périodique	2,0 h
		67,5 h
Heures de travail personnel (étude, exercices)	1,5 heure d'études heb. x 13 sem.	19,5 h
	Résolution d'exercices	32,0 h
	7,5 heures d'étude pour le contrôle	7,5 h
	10,5 heures d'étude pour l'examen final	10,5 h
		69,5 h
	TOTAL	135,0 h