

Plan de cours

ELE8456-IGEE416 - Réseaux de Distribution

Département Génie électrique
Institut en génie de l'énergie électrique
Hiver 2024
3 Crédits
Triplet horaire : 3 – 1.5 – 4.5
www.moodle.polymtl.ca

Coordonnées et disponibilités

Nom	Jean-William Lauzon
Rôle	Chargé de cours (1 et 2) et chargé de laboratoire
Courriel	Jean-williamlauzon@eaton.com
Disponibilité	Courriel
Nom	Tapabrata Mukherjee
Rôle	Chargé de cours (3 et 4)
Courriel	tapabratamukherjee@eaton.com
Disponibilité	Courriel
Nom	Rouzbeh Reza Ahrabi
Rôle	Chargé de cours (5 à 7)
Courriel	rouzbehrezaahrabi@eaton.com
Disponibilité	Courriel
Nom	Oumar Diene
Rôle	Chargé de cours (9 à 13)
Courriel	diene.oumar@hydroquebec.com
Disponibilité	Courriel

Coordonnateur ou coordonnatrice

Nom	Antoine Lesage-Landry
Titre	Professeur adjoint, ing., Ph.D.
Bureau	M-5111
Téléphone	(514) 340-4711 – Poste 2442
Courriel	antoine.lesage-landry@polymtl.ca

Description du cours

Réseaux de distribution d'électricité. Concepts de base. Lignes et câbles de distribution, caractéristiques physiques. Réseau de neutre. Techniques de protection des réseaux de distribution. Coordination de la protection, défaillance des équipements. Continuité de service, normes, étendue et durée des pannes. Architectures de réseau. Production distribuée, études d'intégration au réseau, protection. Qualité de l'onde, exigences de raccordement, harmoniques, creux de tension, papillotement. Logiciels d'analyse des réseaux de distribution, écoulement de puissance déséquilibré, régime perturbé.

Qualités du BCAPG

1 Connaissances en génie AP	2 Analyse de Problèmes AP	3 Investigation AP	4 Conception AP	5 Utilisation d'outils d'ing. AP	6 Travail ind. et en équipe
7 Communication	8 Professionnalisme	9 Impacts soc. et environn.	10 Déontologie et équité	11 Économie et gestion de projets	12 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
ELE 8452 (IGEE 402), ELE 3400 ou l'équivalent	¶	¶

Objectifs d'apprentissage

Objectifs	Correspondance avec les qualités du BCAPG
À la fin du cours, l'étudiant sera en mesure de :	
<ul style="list-style-type: none"> Concevoir des réseaux de distribution électrique en fonction des types de charge et surcharge, en fonction de limites de tension et de courants admissibles, en fonction des protections de surintensité, en fonction des surtensions et en fonction des normes applicables. 	1.3, 2.2, 3.4, 3.5, 5.2
<ul style="list-style-type: none"> Expliquer les limites d'opération des réseaux de distribution en régime permanent et en régime perturbé. 	1.3, 2.3
<ul style="list-style-type: none"> Caractériser et modéliser les équipements de distribution en fonction des limites d'opération normales et transitoires, en fonction des courts-circuits et en fonction des surtensions de manœuvre et de foudre (notions de base). 	1.3, 2.3, 4.2
<ul style="list-style-type: none"> Analyser et optimiser les architectures des réseaux de distribution en fonction de la continuité de service, de la puissance, de l'énergie et des coûts. 	2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2
<ul style="list-style-type: none"> Expliquer les régimes de neutre, les impacts sur le court-circuit, les protections et les élévations de potentiel. 	1.3, 2.3

- Expliquer les bases de la protection applicables à un réseau de distribution du poste aux clients. 1.3, 2.3
- Expliquer les problèmes d'intégration de la production distribuée. 1.3, 2.3
- Contribuer à des études sur les réseaux de distribution, y apporter des connaissances sur les données requises et les niveaux de modélisation nécessaires et interpréter les résultats d'analyse. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Veillez noter que les cours magistraux des semaines 3 à 7 seront donnés en **anglais**. Les autres cours, les travaux pratiques, le contrôle périodique, ainsi que l'examen final seront donnés en français.

Évaluation

NATURE	NOMBRE	MODE DE RÉALISATION	PONDÉRATION	DATE	QRD*
Travaux pratiques	4	Équipe	20%	2 semaines après la séance de laboratoire	
Devoirs	2	Individuel	20%	Remise du devoir 1 : 5 février Remise du devoir 2 : 1 avril	
Contrôle périodique	1	Individuel	25%	26 février	
Examen final	1	Individuel	35%	Non disponible	

* Qualité Requisite des Diplômés

Critères d'évaluation

Travaux pratiques et devoirs :

- La présence des étudiants au local A-328 est obligatoire durant les séances de travaux pratiques. Le chargé de laboratoire se réserve le droit de ne pas répondre aux questions des étudiants qui n'auront pas assistés à la séance de travaux pratiques sans absence motivée.
- Les rapports peuvent être réalisés seul ou en équipe de 2 ou 3 étudiants.
- Un seul rapport par équipe doit
- Les devoirs et rapports de laboratoires doivent être déposés sur Moodle à la date indiquée dans le calendrier des rencontres, soit avant 23h59 le jour de la remise. Aucun retard n'est toléré et une pénalité de 10% par jour de retard sera appliquée.

Contrôle périodique et examen final :

- Le contrôle périodique porte sur la première partie de la session (cours 1 à 7) tandis que l'examen final porte sur la deuxième partie de la session (cours 9 à 13).
- Le contrôle périodique ainsi que l'examen final est réalisé en présentiel.
- Le contrôle périodique se fera en classe le **lundi 26 février entre 9h30 et 12h20**, soit durant les heures normales de cours de la semaine 8.
- Une feuille de notes recto-verso réalisée par l'étudiant sera autorisée dans les deux examens.
- Seules les calculatrices non-programmables sont autorisées.
- En cas d'absence motivée au contrôle périodique et/ou à l'examen final, l'épreuve différée se déroulera dans les mêmes conditions que l'épreuve régulière.

- Une absence non motivée au contrôle périodique et/ou à l'examen final engendrera la note de 0% pour cette épreuve.
- La période des examens finaux est du 21 avril au 5 mai 2023 inclusivement

Personnes-ressources

Pour toutes questions sur :

- les travaux pratiques, le devoir 1 et le contrôle périodique, contacter **Jean-William Lauzon**.
- le devoir 2 et l'examen final, contacter **Oumar Diene**.
- l'administration du cours, contacter **Antoine Lesage-Landry**.

Documentation

Notes de cours du professeur et autres documents fournis sur Moodle.

Livres de référence recommandés (non obligatoires):

- Electric Power Distribution System Engineering, T. Gonen, CRC Press, 2007
- Electric power distribution handbook, T.A. Short, 2nd edition, CRC Press, 2014 (ressource en ligne - via la bibliothèque de Polytechnique)
- Distribution System Modeling and Analysis, W. H. Kersting, CRC Press, 2016 (ressource en ligne - via la bibliothèque de Polytechnique)

Calendrier des rencontres

Cours	Date	Contenu	Formateur	Activité
Première partie du cours (avant le contrôle périodique de mi-session)				
1	8 janvier	Introduction du cours : Description des modalités. Introduction aux réseaux de distribution : description, structure, objectifs, options techniques, caractéristiques générales – Lignes et câbles.	Jean-William Lauzon	
2	15 janvier	Charges : caractérisation, facteurs de diversification, modèles, facteur de puissance – Planification.	Jean-William Lauzon	Travail pratique 1 : Étude d'un réseau de distribution simple avec CYMDIST : Ligne déséquilibrée, écoulement de puissance et profil de tension
3	22 janvier	Transformateurs : modèles, pertes, connexions, facteurs d'utilisation, protection, parafoudres.	Tapabrata Mukherjee	
4	29 janvier	Régulation de tension : autotransformateurs, régulateurs monophasés, régulateurs triphasés, emplacement optimal de condensateurs.	Tapabrata Mukherjee	Travail pratique 2 : Planification et optimisation d'un réseau de distribution avec CYMDIST : Écoulement de puissance, profil de tension, pertes, surcharges et coûts.
5	5 février	Méthodes d'analyse : outils de simulation, écoulement de puissance déséquilibré.	Rouzbeh Reza Ahrabi	

6	12 février	Méthodes d'analyse (suite) : calcul de court-circuit en séquence et en phase	Rouzbeh Reza Ahrabi	Séminaire : Réseaux de distribution d'énergie pour les systèmes ferroviaires – James Lawlor (AtkinsRéalis) (13h30-14h45)
7	19 février	Qualité de l'onde : mesures, perturbations, papillotement, propagation des harmoniques dans le réseau de distribution, creux de tension. Normalisation.	Rouzbeh Reza Ahrabi	
8	26 février	Contrôle périodique (Cours de rattrapage au besoin en après-midi)		
	4 mars	Semaine de relâche		
Deuxième partie du cours (après le contrôle périodique de mi-session)				
9	11 mars	Protection des réseaux de distribution : calculs de défaut, disjoncteurs, fusibles en ligne, réenclencheurs, coordination, production distribuée.	Oumar Diene	Visite industrielle : Ligne d'essai (IREQ).
10	18 mars	Protection (suite)	Oumar Diene	Travail pratique 3 : Protection : Sélection des fusibles moyenne tension avec CYMTCC.
11	25 mars	Protection (suite) et dépannage pour le TP 4 et le devoir sur l'intégration de la production décentralisée.	Oumar Diene	Travail pratique 4 : Protection d'une ligne de distribution avec CYMDIST et CYMTCC : Coordination et réglages des protections.
12	8 avril	Production distribuée : technologies, intégration au réseau, impacts, normalisation, opération.	Oumar Diene	Séminaire : À déterminer
13	15 avril	Production distribuée (suite) : étude de cas du raccordement d'une centrale photovoltaïque (PV) au réseau de distribution	Oumar Diene	
	À déterminer	Examen final		

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 (**d'une IA générative, par exemple**), 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 la personne enseignante 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.es par le BCAPG

* : 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	AP
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	AP
		2.2 Explorer des approches de résolution et planifier la démarche	AP
		2.3 Conceptualiser ou modéliser le problème	AP
		2.4 Produire des résultats	AP
		2.5 Valider ses résultats et recommander	AP
		2.6 Analyser l'incertitude, la sensibilité et les limites des approches	AP
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	AP
		3.2 Faire la revue de la documentation existante	AP
		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	AP
		4.2 Modéliser les éléments à concevoir	AP
		4.3 Procéder à la conception	AP
		4.4 Considérer les relations systémiques internes/externes	AP
		4.5 Évaluer et itérer	AP
		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	AP
		5.2 Appliquer un outil d'ingénierie	AP
		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	