

## PLAN DE COURS

# GMT-3000 : Métrologie et microgéodésie

NRC 12468 | Hiver 2017

Préalables : GMT 2001	
Mode d'enseignement : Présentiel	
Temps consacré : 2-3-4	Crédit(s) : 3

Évaluation et qualification d'une mesure. Vérification et calibrage de divers types d'instrumentation utilisée en géodésie et en arpentage : rubans, télémètres, niveaux, théodolites, gyroscopes. Instrumentation et méthodes utilisées pour les travaux de microgéodésie (études de déformation, alignements de précision, implantation de machinerie de précision, homologation d'installation sportive, etc.). Planification des mesures et préanalyse de la précision reliée aux travaux de microgéodésie.

## Plage horaire

Cours en classe			
mardi	09h30 à 11h20	<a href="#">CSL-1516</a>	Du 9 janv. 2017 au 21 avr. 2017
Laboratoire (12472)			
mardi	12h30 à 15h20	<a href="#">EPS-00421</a>	Du 9 janv. 2017 au 21 avr. 2017

Il se peut que l'horaire du cours ait été modifié depuis la dernière synchronisation avec Capsule. [Vérifier l'horaire dans Capsule](#)

## Site de cours

<https://sitescours.monportail.ulaval.ca/ena/site/accueil?idSite=76218>

## Coordonnées et disponibilités

**Christian Larouche**

*Enseignant*

CSL-1354

<https://www.scg.ulaval.ca/christian-larouche>

[christian.larouche@scg.ulaval.ca](mailto:christian.larouche@scg.ulaval.ca)

Tél. : (418) 656-2131 poste 4645

*Disponibilités*

Durant les heures de laboratoire :

- Le professeur sera disponible pour répondre à vos questions théoriques.
- Les assistants répondront à vos questions techniques, en lien avec les exercices et laboratoires.

En dehors des heures de cours, le meilleur moyen de communiquer est par courrier électronique.

**Guy Montreuil**

*Assistant*

**Louis-Etienne Guimond**

*Assistant*

PEPS-00421 (Laboratoire de métrologie) ou CSL-1351

[Louis-Etienne.Guimond@scg.ulaval.ca](mailto:Louis-Etienne.Guimond@scg.ulaval.ca)

Tél. : 656 2131 poste 5565

PEPS, local 00421 (Laboratoire de métrologie)  
Tél. : 656-2295

## Soutien technique

Équipe de soutien - Systèmes technopédagogiques (BSE)

<http://www.ene.ulaval.ca> 

418-656-2131 poste 14331

Sans frais: 1-877 7ULAAVAL, poste 14331

Automne et hiver	
Lundi au jeudi	8 h à 19 h
Vendredi	8 h à 17 h 30
Été	
Lundi au jeudi	8 h à 17 h
Vendredi	8 h à 16 h

# Sommaire

---

<b>Description du cours</b> .....	<b>4</b>
Introduction .....	4
Objectifs généraux .....	4
Approche pédagogique .....	4
Situation du cours dans le programme .....	4
Contenu du cours .....	4
Description du cours .....	5
<b>Contenu et activités</b> .....	<b>5</b>
<b>Évaluation et résultats</b> .....	<b>6</b>
Évaluation des apprentissages .....	6
Informations détaillées sur les évaluations sommatives .....	6
Laboratoire 1 Réseau en micro-géodésie .....	6
Laboratoire 2 Site d'étalonnage 3D .....	7
Laboratoire 3 Nivellement de précision .....	7
Examen 1 .....	7
Examen 2 .....	7
Barème de conversion .....	7
Règles disciplinaires contre la tricherie et le plagiat .....	8
Correction linguistique, retard et présentation des travaux .....	8
Utilisation d'appareils électroniques pendant une séance d'évaluation .....	8
Absence aux examens .....	9
Évaluation du cours .....	9
<b>Matériel didactique</b> .....	<b>9</b>
Matériel obligatoire .....	9
<b>Bibliographie</b> .....	<b>9</b>
Bibliographie .....	9

# Description du cours

---

## Introduction

Compte tenu des objectifs du programme, ce cours a pour but de permettre à l'étudiant d'acquérir les connaissances scientifiques et techniques nécessaires à la réalisation de toutes sortes de travaux de précision qu'il pourra rencontrer plus tard dans l'exercice de sa profession, tout en développant un esprit d'analyse indispensable.

## Objectifs généraux

À la fin du cours, l'étudiant sera en mesure :

- **Métopologie**
  - d'analyser la possibilité optimale des différents instruments utilisés en géomatique, en relation avec les limites physiques de l'opérateur;
  - de déterminer et de qualifier les caractéristiques physiques ainsi que l'étalonnage complet des rubans;
  - d'évaluer et d'étalonner différents télémètres en fonction des précisions à atteindre suivant certains types de travaux;
  - d'utiliser, d'étalonner et de connaître le fonctionnement théorique d'un gyroscope de théodolite;
  - d'étalonner des nivelles;
  - de mesurer très précisément des distances en utilisant le principe des interférences lumineuses;
- **Microgéodésie**
  - d'utiliser et de démontrer certaines relations fondamentales;
  - de synthétiser les problèmes qui se posent en pratique dans cette discipline;
  - d'apprendre à positionner très précisément des cibles dans l'espace.

## Approche pédagogique

Cours théoriques en classe à raison de deux heures par semaine. Trois heures d'exercices par semaine au laboratoire de métrologie et de géodésie du Département des sciences géomatiques (00421 PEPS), ou à l'extérieur sur le campus, selon les besoins des problèmes particuliers à traiter.

Les exercices au laboratoire de Métrologie sont organisés et planifiés de façon à ce que chaque étudiant, sous une surveillance immédiate, participe concrètement aux travaux à effectuer.

Afin d'optimiser les objectifs souhaités, le genre de travaux, l'équipement et les montages spéciaux nécessitent de la part des étudiants l'obligation pour certains laboratoires de travailler en équipe de quatre, avec un maximum de huit équipes par séance. De plus, chaque étudiant doit participer à la rédaction de rapports détaillés sur les travaux effectués en équipe.

## Situation du cours dans le programme

Le cours est normalement suivi pendant la sixième session.

Le cours GMT-2001 Compensation I doit avoir été réussi avant d'entreprendre le cours GMT-3000 Métrologie et microgéodésie.

## Contenu du cours

### Métopologie

1. Méthodes pour isoler un phénomène physique particulier d'un ensemble afin de pouvoir qualifier et quantifier son influence, ainsi que sa relation envers les autres phénomènes de l'ensemble. Exercices en laboratoire sur différents types d'instruments de mesures angulaires, afin de pouvoir déterminer l'importance de l'erreur de pointé et de coïncidence, par rapport à la précision finale d'une mesure obtenue au théodolite.

2. Détermination théorique et pratique en laboratoire des caractéristiques dimensionnelles du ruban; poids unitaire et section. Analyse et estimé de la précision des résultats obtenus en fonction d'une étude découlant des instruments utilisés: balances, masses marquées, micromètre, etc. Étude identique pour tout ce qui peut agir sur la tension du ruban: poids tenseur, pinces attaches, oeilllets, etc. Détermination du module d'élasticité. Analyse de précision complète du processus de mesures permettant de qualifier la valeur trouvée. Études théoriques de différentes méthodes et analyse détaillée des variables pouvant causer une imprécision sur la valeur obtenue en pratique pour le coefficient de dilatation. Analyse en détails de la qualité de l'étalonnage.
3. Évaluation de différents types de télémètres en fonction de la précision recherchée. Méthodologie concernant l'étalonnage des télémètres. Détermination et analyse des différents paramètres obtenus lors d'un étalonnage complet: erreur de proportionnalité en fonction de la distance, constante prisme-instrument.
4. Connaissances théoriques de base sur le principe gyroscopique. Description du principe de fonctionnement des appareils utilisés couramment. Étude de différentes méthodes d'utilisation: méthode des points d'élongation maximale, méthode des passages. Détermination de la constante de proportionnalité "C" et de la valeur d'étalonnage "E".
5. Étude de trois méthodes pour étalonner les nivelles à faible sensibilité. Ces nivelles sont celles employées couramment sur les niveaux et théodolites utilisés en arpentage et dans différents travaux de génie. Exercices en laboratoire et analyse de précision des étalonnages effectués.

## Microgéodésie

Étude du choix de la méthode à utiliser en fonction de la précision escomptée et de l'instrumentation disponible lors de la réalisation d'un travail en microgéodésie. Critères à respecter en fonction de la méthode choisie et de l'instrumentation utilisée. Méthodologie pour la prise des observations.

Préanalyse: Cette opération a pour but d'étudier en détails le travail avant qu'il ne se réalise afin de connaître à l'avance l'ordre de grandeur de la précision à laquelle on est en droit de s'attendre. Celle-ci a donc pour but d'analyser le travail principalement en fonction des points suivants:

- le modèle mathématique représentant le mieux le phénomène à déterminer,
- les résultats anticipés par rapport à ceux désirés.

Traitement et analyse des données. Présentation du rapport final avec tout ce que cela implique de difficultés pour bien faire comprendre et ressortir l'essentiel du travail.

1. Mesurage d'un micro-réseau
2. Mesurage des cibles d'un site d'étalonnage 3D de grande précision

## Description du cours

### Métopologie

Notions fondamentales et principes de base. Évaluation et qualification d'une mesure. Utilisation, vérification et étalonnage de divers types d'instrumentation utilisée en géomatique: ruban, télémètre, distancemètre, nivelle, théodolite, station totale, gyroscope, interféromètre.

### Microgéodésie

Méthodologie, planification et pré-analyse des résultats escomptés lors de différents travaux de précision en microgéodésie: micro-réseaux de nivellement, mesurage 3D de précision.

## Contenu et activités

Le tableau ci-dessous présente les semaines d'activités prévues dans le cadre du cours.

Titre
<a href="#">Semaine 1 : Présentation du cours, formation des équipes et pouvoir séparateur et erreur de pointé</a>
<a href="#">Semaine 2 : Définitions, erreur de coïncidence et exercice d'analyse de précision</a>

Semaine 3 : Détermination d'un réseau en microgéodésie
Semaine 4 : Columbus - Traitement des données du réseau de microgéodésie
Semaine 5 : Étalonnage d'un ruban d'arpenteur avec une base interférométrique (détermination des longueurs et analyse de précision)
Semaine 6 : Étalonnage d'un distancemètre avec une base interférométrique (détermination des longueurs et analyse de précision)
Semaine 7 : Examen 1 (35 %)
Semaine 8 : Site d'étalonnage 3D de grande précision
Semaine 9 : Semaine de lecture
Semaine 10 : Étalonnage d'une nivelle à faible sensibilité
Semaine 11 : Détermination d'azimut par mesures gyroscopiques
Semaine 12 : Le nivellement de précision
Semaine 13 : Étalonnage des stations totales sur une base géodésique
Semaine 14 : Invité spécial, préparation de l'examen final et fin du dernier laboratoire
Semaine 15 : Examen 2 (35%)

Note : Veuillez vous référer à la section *Contenu et activités* de votre site de cours pour de plus amples détails.

## Évaluation et résultats

### Évaluation des apprentissages

Sommatives			
Titre	Date	Mode de travail	Pondération
<b>Laboratoires (Somme des évaluations de ce regroupement)</b>			<b>30 %</b>
Laboratoire 1 Réseau en micro-géodésie	Dû le 17 févr. 2017 à 17h00	En équipe	10 %
Laboratoire 2 Site d'étalonnage 3D	Dû le 17 mars 2017 à 17h00	En équipe	10 %
Laboratoire 3 Nivellement de précision	Dû le 14 avr. 2017 à 17h00	En équipe	10 %
<b>Examens (Somme des évaluations de ce regroupement)</b>			<b>70 %</b>
Examen 1	Le 21 févr. 2017 de 09h30 à 11h20	Individuel	35 %
Examen 2	Le 18 avr. 2017 de 09h30 à 11h20	Individuel	35 %

L'évaluation se fait par des examens écrits et des rapports de laboratoire. Pour les examens, des points seront attribués au développement logique et à la réponse exacte. Aucun pointage ne sera accordé pour une réponse seule.

L'accès aux notes ou à la documentation est strictement interdit pendant les examens. Cependant les étudiants auront droit à une feuille manuscrite 8 1/2 - 11 sans photocopie ni caractères d'imprimerie.

Les calculatrices programmables ne sont pas permises lors des examens. Seules les calculatrices homologuées par l'Université Laval seront acceptées.

Il y aura 2 examens (35% chacun) et 3 laboratoires (10% chacun).

### Informations détaillées sur les évaluations sommatives

#### Laboratoire 1 Réseau en micro-géodésie

Date de remise : 17 févr. 2017 à 17h00  
Mode de travail : En équipe  
Pondération : 10 %  
Remise de l'évaluation : [Boîte de dépôt](#)

---

### Laboratoire 2 Site d'étalonnage 3D

Date de remise : 17 mars 2017 à 17h00  
Mode de travail : En équipe  
Pondération : 10 %  
Remise de l'évaluation : [Boîte de dépôt](#)

---

### Laboratoire 3 Nivellement de précision

Date de remise : 14 avr. 2017 à 17h00  
Mode de travail : En équipe  
Pondération : 10 %  
Remise de l'évaluation : [Boîte de dépôt](#)

---

### Examen 1

Date et lieu : Le 21 févr. 2017 de 09h30 à 11h20 , CSL-1516  
Mode de travail : Individuel  
Pondération : 35 %  
Remise de l'évaluation : 1516 CSL  
Matériel autorisé : Uniquement une feuille résumé 8,5 x 11 recto-verso (originale) et une calculatrice d'un modèle reconn

---

### Examen 2

Date et lieu : Le 18 avr. 2017 de 09h30 à 11h20 , CSL-1516  
Mode de travail : Individuel  
Pondération : 35 %  
Remise de l'évaluation : 1516 CSL  
Matériel autorisé : Uniquement une feuille résumé 8,5 x 11 recto-verso (originale) et une calculatrice d'un modèle reconn

---

### Barème de conversion

Cote	% minimum	% maximum
C+	71,5	74,49
C	68,5	71,49
C-	64,5	68,49
D+	60,5	64,49
D	54,5	60,49
E	0	54,49

Cote	% minimum	% maximum
A+	89,5	100
A	86,5	89,49
A-	83,5	86,49
B+	80,5	83,49
B	77,5	80,49
B-	74,5	77,49

La note minimale exigée est de 55% pour l'ensemble des examens partiels et des travaux de laboratoire. Ceux qui auront plus de 55% auront des cotes situées entre A+ et D, suivant l'échelle de notation en vigueur à l'Université Laval. Pour les autres, une note E (échec) sera attribuée.

## Règles disciplinaires contre la tricherie et le plagiat

Tout étudiant(e) qui commet une infraction relative aux études, au sens du Règlement disciplinaire à l'intention des étudiants de l'Université Laval, dans le cadre du présent cours, notamment en ce que constitue du plagiat, est passible des sanctions qui sont prévues par ce Règlement. Il est très important que chaque étudiant(e) prenne connaissance des articles 22 à 32 dudit Règlement, à : [http://www2.ulaval.ca/fileadmin/Secretaire\\_general/Reglements/Reglement\\_disciplinaire.pdf](http://www2.ulaval.ca/fileadmin/Secretaire_general/Reglements/Reglement_disciplinaire.pdf)

Tout étudiant(e) est tenu, en réalisant tout travail écrit requis dans un cours, de respecter les règles relatives à la protection du droit d'auteur et à la prévention du plagiat dans ses travaux formateurs soumis à l'évaluation. Constituent notamment du plagiat les faits de :

- i. copier textuellement un ou plusieurs passages provenant d'un ouvrage sur support de papier ou électronique sans mettre ces passages entre guillemets ni en hors-texte et sans en mentionner la source;
- ii. résumer l'idée originale d'un auteur(e) en l'exprimant dans ses propres mots (paraphraser) sans en mentionner la source;
- iii. traduire partiellement ou totalement un texte sans en mentionner la provenance;
- iv. remettre un travail copié partiellement ou totalement d'un autre étudiant(e) (avec ou sans son accord);
- v. remettre un travail téléchargé partiellement ou totalement d'un site d'achat ou d'échange de travaux scolaires.

[Sources: En application de l'article 161 du Règlement des études de l'Université Laval, [http://www2.ulaval.ca/fileadmin/Secretaire\\_general/Reglements/reglement-des-etudes-03062014.pdf](http://www2.ulaval.ca/fileadmin/Secretaire_general/Reglements/reglement-des-etudes-03062014.pdf), entré en vigueur le 3 juin 2014. Commission de l'Éthique de la science et de la technologie, *La tricherie dans les évaluations et les travaux à l'université: l'éthique à la rescousse* (rédaction: Denis Boucher), Québec, 15 mai 2009; texte adapté ici le 16 juillet 2009.]

## Correction linguistique, retard et présentation des travaux

Un maximum de 15% pourra être enlevé aux résultats de chacun des examens et des travaux pour des fautes de grammaire, d'orthographe, de ponctuation ou de syntaxe, ainsi que pour la propreté du document, et cela à raison d'un demi-point (0.5%) par faute ou erreur constatée. La correction des travaux d'étudiants non francophones fera l'objet d'une considération particulière. Aucun retard injustifié à la remise des travaux ne sera toléré.

## Utilisation d'appareils électroniques pendant une séance d'évaluation

Le seul appareil électronique toléré pendant une séance d'évaluation est la calculatrice.

Les calculatrices autorisées durant les séances d'examen pour tous les cours offerts par la Faculté de foresterie, de géographie et de géomatique sont les suivantes :

- Hewlett Packard HP 20S, HP 30S, HP 32S2, HP 33S, HP 35S
- Texas Instrument TI-30Xa, TI-30XIIB, TI-30XIIS, TI-36X (plus fabriqué),
- BA35
- Sharp EL-531\*\*, EL-535-W535, EL-546\*\*, EL-510 R, EL 516\*, EL-520\*\*
- Casio FX-260, FX-300 MS, FX-350 MS, FX-300W Plus, FX-991MS, FX-991ES (plus fabriqué), FX-991W\*, FX-991ES Plus C\*



\* Modèles qui ne seront plus autorisés dès 2016.

\*\* Calculatrices Sharp: sans considération pour les lettres qui suivent le numéro.

## Absence aux examens

Un étudiant absent à un examen ou à toute autre séance d'évaluation obtient automatiquement la note zéro à moins qu'il ait des motifs sérieux justifiant son absence.

Les seuls motifs acceptables pour s'absenter à un examen et avoir droit à un examen de reprise sont les suivants :

- **Convocation par une cour de justice** durant la plage horaire prévue pour l'examen avec preuve de convocation.
- **Maladie durant la plage horaire prévue pour l'examen avec un billet de médecin** précis incluant les dates d'invalidité et les coordonnées du médecin.
- **Mortalité d'un proche** avec preuve de décès et lettre d'une tierce personne attestant du lien de parenté ou autre lien entre l'étudiant et la personne décédée.

Les pièces justificatives doivent être des originaux et doivent être présentées à l'enseignant, au directeur de programme ou au secrétariat des études (1250 pavillon Abitibi-Price) le plus rapidement possible.

Aucune justification d'absence reliée à des événements sportifs (sauf pour les athlètes du Rouge et Or, sur approbation préalable de la direction de programmes) ou reliée à un emploi, à un conflit d'horaire avec d'autres cours ou examens, à des horaires de voyage conflictuels (billets d'avion déjà achetés, par exemple) ou à des motifs religieux quelconques n'est acceptable.

Les conflits d'horaire doivent être résolus au tout début de la session, avant la fin de la période de modification du choix de cours, par l'étudiant lui-même. Un étudiant inscrit au cours après cette date est réputé ne pas avoir de conflit d'horaire et pourra se présenter à tous ses examens.

L'étudiant dont l'absence est dûment justifiée a l'obligation de se rendre disponible pour un examen de reprise à la date fixée par l'enseignant sans quoi il obtiendra la note zéro pour cet examen.

## Évaluation du cours

Suivant le mode d'évaluation utilisé pour les cours du Département de sciences géomatiques.

## Matériel didactique

---

### Matériel obligatoire

#### Notes de cours - Métrologie et microgéodésie (GMT-3000)

Disponibles sur le site Web du cours

## Bibliographie

---

### Bibliographie

Cette section énumère les différentes sources qui ont été utilisées pour la préparation du cours Métrologie et Microgéodésie. Elle contient également quelques documents d'information préparés pour les cours auxquels les étudiants seront amenés à se référer. D'autres ouvrages de référence peuvent être proposés pour certains cours.

## Ouvrage de référence obligatoire

- Aucun

## Ouvrages de référence complémentaires

- DUQUETTE, R. et E.P. LAUZON (1996). *Topométrie générale*. Éditions de l'École Polytechnique de Montréal, 3<sup>e</sup> Édition, 652 p. Réimpression en 2007. ISBN : 2553005709
- GHILANI, C.D. and P.R. WOLF (2012). *Elementary surveying : an introduction to geomatics*. 13th ed. Prentice Hall. 958 p.
- MILLES, S. et J. LAGOFUN (1999). *Topographie et Topométrie Modernes*. Éditions Eyrolles, Volumes I & II.
- SANTERRE, R. (2012). *Notes de cours de Topométrie 1*. Département des sciences géomatiques, Université Laval.
- WIRSHING, J.R. and R.H. WIRSHING (1985). *Theory and Problems of Introductory Surveying*. Série Schaum. McGraw Hill, 375 Solved Problems, 360 p.
- 
- US Army Corps of Engineers (2002). *Structural Deformation Surveying: Engineering Manual No. 1110-2-1009*. 255 p.