

# Programme d'examens de génie géomatique

## Examens de génie géomatique

### Groupe A - examens obligatoires (sept exigés)

#### 18-Géom-A1 Arpentage

Principes de base; instruments et méthodes pour mesurer les angles, la distance et la hauteur; calculs de coordonnées planimétriques : intersections, résections et levés; transformations de coordonnées; courbes horizontales et verticales simples; calcul d'aire et de volume; coupes et profils; levés d'implantation; pré-analyse, ébauche et planification des levés de précision pour l'établissement de contrôles horizontaux et verticaux; principes de mesure électronique des distances et des angles; stations totales; propagation de l'énergie électromagnétique dans l'atmosphère et son application en télémétrie électromagnétique; observations au théodolite et systèmes de positionnement de précision; sources d'erreurs dans la mesure des angles et distances, et nivellement de précision; influence de la réfraction atmosphérique. Erreurs systématiques et aléatoires; conception, traitement et analyse des mesures de la différence d'angle, de distance et de hauteur. Levés et dessins de réseaux routiers; levés de planification de réseaux routiers, levés d'implantation et levés conformes à l'exécution, courbes de transition, alignement et dénivellation pour les routes, les égouts et canalisations, les ponts, les immeubles, les barrages, les tunnels et les mines.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Anderson, M.J., and E.M. Mikhail, Surveying: Theory and Practice. McGraw Hill, (5th Edition), 2017.
- Wolf, P.R., and C.D. Ghilani, Elementary Surveying. An Introduction to Geomatics. Prentice Hall, New Jersey (10th Edition), 2002.
- Moffitt, F.H. and H. Bouchard, Surveying. 9th edition. Harper & Row Publishers, 1992. ISBN 0065000595.
- Brinker, R.C. and P. Wolf, Elementary Surveying. 9th edition. Harper-Row, 1984. ISBN 0065003993.
- Kissam, P., Surveying for Civil Engineers. 2nd edition. McGraw-Hill Book Co. Inc., 1981. ISBN 0070348820.
- Kavanagh, B.F., Surveying Principles and Applications. Prentice Hall, New Jersey (6th Edition), 2003. Surveying for Engineers, 5th Edition 2010

#### 18-Géom-A2 Ajustement des observations et analyse de données

Évaluation et méthodologie du génie géomatique. Exactitude et précision; les erreurs et leur propagation. Catégories et combinaisons de modèles mathématiques; modèles indéterminés, uniquement déterminés et surdéterminés. Matrice de poids; facteur de variance; propagation de covariance. Méthodes de moindres carrés : méthodes de variation des paramètres, des conditions et d'une combinaison des deux. Formulation et solution de problèmes : théorie des erreurs et compensation des observations, problèmes comportant une connaissance a priori des paramètres, méthodes par mode progressif, méthodes par solution séquentielle, sommation des normales, exemples. Test statistique à variable unique et à variables multiples. Classification des données, analyse et identification de la distorsion. Filtre de Kalman et analyse de données en temps réel. Introduction au traitement du signal, à l'analyse de séries chronologiques et aux techniques de la transformation de Fourier rapide et exemples d'applications pratiques de l'analyse et du traitement des données en génie géomatique.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Mikhail, E.M., Observations and Least-squares. Thomas Y. Crowell, New York, 1976.
- Mikhail, E.D., and G. Gracie, Analysis & Adjustment of Survey Measurements. Van Nostrand Reinhold, 1981.
- Wolf, P.R., and C.D. Ghilani, Adjustment Computations. John Wiley & Sons Inc., 1997, ISBN 0-471-16833-5.
- Krakiwsky, E.J. (Ed.), Papers for the CISM Adjustment and Analysis Seminars. 2nd edition. Canadian Institute of Geomatics, Ottawa, 1987.

## 18-Géom-A3 Géodésie et positionnement

Concepts de la géodésie; dimension et forme de la Terre; géoïde et ellipsoïde; systèmes de coordonnées terrestres, célestes et orbitales; transformations des coordonnées; calcul des positions en trois dimensions; calcul des positions sur l'ellipsoïde et en projection cartographique conforme; projections azimutales, coniques et cylindriques, projections UTM et 3TM; données horizontales et verticales canadiennes; détermination de la hauteur. Positionnement statique et cinématique au moyen du système mondial de localisation (GPS). Éléments de positionnement avec les plates-formes inertielles; échelles de temps; positionnement astronomique; positionnement par radiointerférométrie à très longue base (RILB); calculs d'orbites; télémétrie satellite par laser. Réseaux horizontaux, verticaux et en trois dimensions; pré-analyse et post-analyse; théorie des altitudes; gravimétrie; détermination du géoïde local et global; méthodes astrogéodésiques, gravimétriques et combinées; nivellement au moyen du GPS et du géoïde. Introduction aux concepts des systèmes mondiaux de satellites de navigation (GLONASS).

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Vanicek, P. and E.J. Krakiwsky, Geodesy: The Concepts, (Parts IV and V). E.J. North Holland Publishing Co., 1986. ISBN 0444877770.
- Heiskanen W.A., and H. Moritz, Physical Geodesy. Technical University, Gratz (reprint), 1979.
- Moritz, H., Advanced Physical Geodesy. Abacus Press, Tunbridge Wells, U.K, 1980.
- Torge, W., Geodesy. Walter de Gruyter, Berlin (3rd Edition), 2001.

## 18-Géom-A4 Photogrammétrie

Systèmes aéroportés, spatiaux et terrestres d'acquisition de données. Caméras photogrammétriques et non métriques, caméras numériques, capteurs linéaires et appareils d'imagerie non conventionnels. Systèmes de coordonnées fondamentales et rapports mathématiques entre l'image, le modèle et l'espace-objet. Problèmes directs et inverses rattachés aux transformations projectives et de coordonnées homogènes. Correction des mesures photogrammétriques. Géométrie de photographies aériennes verticales et inclinées. Conditions régissant la collinéarité et la coplanarité, la résection et l'intersection spatiale analytique. Orientation interne et externe; orientation relative et absolue d'un modèle unique; formation d'un modèle stéréoscopique et analyse d'erreurs. Planification d'un projet de vol. Traitement d'images multiples, modèles mathématiques de triangulation d'images pour compensation par bandes et par blocs, y compris l'autocalibration et le géoréférencement direct. Concepts d'extraction du terrain à partir de capteurs aéroportés. Principes de photogrammétrie numérique, d'acquisition d'images numériques, de balayage et d'échantillonnage; rééchantillonnage, accentuation d'images, appariement d'images, filtrage spatial, techniques de vision stéréoscopique; rectification numérique et redressement différentiel et leur analyse d'erreurs.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Mikhail E., J. Bethel, and J.C. McGlone, Introduction to modern photogrammetry. Wiley, 2001.
- McGlone C. (Ed.), E. Mikhail & J. Bethel (Associate Editors), Manual of Photogrammetry. 5th Edition, Published by the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2004.
- Schenk T., Digital photogrammetry. TerraScience, 1999.
- Konecny G., Geoinformation: remote sensing, photogrammetry and geographic information systems. Taylor & Francis, 2003.
- Ghosh S.K., Analytical Photogrammetry. 2nd ed, Pergamon Press, 1988.
- Wolf P.R., and B.A. Dewitt, Elements of photogrammetry: with applications in GIS. 3rd ed, McGraw- Hill, 2000.
- Kraus K., Photogrammetry, Vol 1 and 2. 4th rev. ed, Ferd. Dümmlers Verlag, 1993.
- Ghosh S.K., Phototriangulation. Lexington Books, 1975.

## 18-Géom-A5 Télédétection et analyse d'images

Principes physiques de base de la télédétection optoélectronique, infrarouge et à hyperfréquence; détecteurs spatiaux et aéroportés actifs et passifs; propriétés des données d'images numériques; traitement radiométrique incluant la correction au niveau du capteur et celles de l'atmosphère; corrections géométriques et enregistrement. Concepts d'extraction du terrain à partir de détecteurs spatiaux.

Statistiques de l'image. Rehaussement radiométrique incluant l'appariement des histogrammes; représentation de Fourier des données de l'image; pyramides d'images; rehaussement géométrique incluant le filtrage spatial, la détection et le rehaussement des contours; transformations multispectrales incluant intensité, tonalité et saturation, analyse des principales composantes et indices de végétation; aperçu de l'interprétation d'images téléoobservées; classification et groupage thématique; classification dirigée incluant la distance minimale et la classification par maximum de vraisemblance; évaluation de l'exactitude de la classification. Concepts d'analyse hyperspectrale d'images.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Lillesand T.M., and R.W. Kiefer, Remote sensing and image interpretation. 4th ed, John Wiley & Sons, 2000.
- Ryerson R.A., (ed.), Manual of remote sensing. 3rd ed, Wiley, 1996.
- Avery T.E., and G.L. Berlin, Fundamentals of remote sensing and airphoto interpretation. 5th ed, Maxwell Macmillan International, 1991.
- Jensen J.R., Introductory digital image processing: a remote sensing perspective. 2nd ed. Prentice Hall, 1996.
- Richards J.A., and X. Jia, Remote sensing digital image analysis: an introduction. 3rd ed. Springer, 1999.
- Mather P.M., Computer processing of remotely-sensed images: an introduction. Wiley, 1988.
- Schowengerdt R.A., Remote sensing - models and methods for image processing. 2nd ed., Academic Press. 1997.
- Leberl F.W., Radargrammetric image processing. Artech House, 1989.
- Manuels de français
- Bonn & Rochon, Précis de télédétection, volume 1: Principes et méthodes. Presses de l'Université du Québec, 1992.
- Caloz & Collet, Précis de télédétection, volume 3: Traitements numériques d'images de télédétection. Presses de l'Université du Québec, 2001.
- Girard & Girard, Traitement des données de télédétection. DUNOD, Paris, 1999.
- Henri Maitre, Le traitement des images. Hermès Sciences, Paris, 2002.

## 18-Géom-A6 Études cadastrales

Concepts juridiques, économiques et sociaux de la propriété foncière; propriété et enregistrement foncier; systèmes cadastraux fiscaux, judiciaires et polyvalents; bien-fonds à usage exclusif; utilisation, évaluation et gestion des ressources foncières; rôle du géomètre de cadastre, responsabilité des arpenteurs; Système d'arpentage des terres fédérales - historique, description détaillée et calculs; systèmes d'enregistrement foncier au Canada. Introduction aux autres systèmes d'arpentage officiels; descriptions des biens-fonds. Histoires des cadastres. Éléments essentiels d'un cadastre moderne.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Teskey, W.F., T.C. Swanby, W.D. Usher, and A. Hittel, Cadastral Studies Lecture Notes. A Division of Surveying Engineering, University of Calgary, 1983.
- Survey Law in Canada (Note: Now out of print, but approved photocopies may be obtained through the offices of the Canadian Council of Land Surveyors in Ottawa)
- Dale, P.F. and J.D. McLaughlin, Land Information Management: An Introduction with Special Reference to Cadastral Problems in Third World Countries, Oxford University Press 1988.

## 18-Géom-A7 Systèmes d'information géographique

Conception et mise en œuvre de systèmes d'information géographique (SIG) et leur rôle dans la cartographie numérique et la gestion des données géographiques, y compris : le concept d'information et des SIG; les systèmes de gestion des données géographiques; géoréférencement; modélisation de données géographiques; représentation spatiale; traitement des données géographiques; opérations d'entrée et de sortie; mémoire fichier; systèmes de gestion des bases de données et traitement distribué des données. Techniques entourant le cahier des charges, sa conception, sa mise en œuvre et la sélection du matériel et du logiciel informatique pour les SIG. Modèles et structures des données des SIG. Indexation spatiale. Algorithmes pour la manipulation et la transformation des données. Analyse et visualisation spatiales. Stratégies et étapes entourant la conception et la mise en œuvre d'un SIG. Gestion des normes de données

et des métadonnées. Concepts de la fusion des données et de l'interfonctionnement, y compris le traitement des données géographiques par voie d'Internet et des services d'information géographique accessibles dans Internet.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Longley, P.A., M.F. Goodchild, D.J. Maguire, and D.W. Rhind, Geographic Information Systems and Science. Wiley Ed. ISBN 0-471-89275-0, 2001.
- Date, C.J., Introduction to Database Systems. 8th edition. Addison-Wesley, Reading Mass., 2003. ISBN: 0321197844.
- Groot R. and J. McLaughlin, (eds) Geospatial data infrastructure: concepts, cases, and good practice. Oxford University Press, 2000.
- Monmonier, M.S., Computer Assisted Cartography: Principles and Prospects. Prentice Hall, 1982.
- Keates J.S., Cartographic Design and Production. 2nd edition. Halsted Press, 1989.
- Robinson, A.H. et al., Elements of Cartography. 6th edition. John Wiley and Sons, 1995. ISBN 0471555797.
- Maling, D.H., Coordinate Systems and Map Projections. 2nd edition. George Philip and Son Ltd., London, 1992. ISBN 0080372341.
- Molenaar M., An introduction to the theory of spatial object modelling for GIS. Taylor & Francis, 1998.
- Burrough P.A. and R.A. McDonnell, Principles of geographical information systems. University Press, 1997.
- Kraak M.-J. and F. Ferjan Ormeling, Cartography: visualization of spatial data. Longman, 1996.
- Green D. and T. Bossomaier, Online GIS and spatial metadata. Taylor & Francis, 2002.
- Aronoff S., Geographic information systems: a management perspective. WDL Publications, 1989.
- Goodchild M. and R. Jeansoulin (eds) Data quality in geographic information: from error to uncertainty. Hermès, 1998.

## Groupe B - Examens facultatifs (trois exigés)

### 18-Géom-B1 Modélisation numérique du terrain

Les concepts de modélisation numérique du terrain (MNT) et modélisation altimétrique numérique (MAN), leur mise en œuvre et leur application au génie géomatique et aux autres disciplines. Méthodes de production de la MNT à partir d'imagerie optique ou d'imagerie stéréoscopique par radar à synthèse d'ouverture (RSO), de numérisation des sources cartographiques, de levés hydrographiques, de RSO interférométrique (InSAR), d'altimétrie au laser (LIDAR) et d'autres méthodes d'acquisition. Techniques mathématiques et automatisation de l'extraction du terrain, systèmes LIDAR et InSAR. Échantillonnage, lignes de rupture. Structures de la MNT (contours, grille et réseau irrégulier triangulé). Genres de MAN (p. ex., données numériques d'élévation du Canada (CDED), données de relief numérique (DTED). Traitement, entreposage et manipulation de la MNT. Représentation en maillage à partir de points à l'aide de moyennes mobiles, de projections linéaires et de la technique de krigeage. Méthodes de rééchantillonnage de grille et algorithmes de recherche utilisés dans l'établissement d'une grille et l'interpolation. Dérivés de la MNT (cartes de pentes, cartes de relief, aires de visibilité et ligne de partage des eaux). Utilisation de la MNT pour la production d'ortho-images, le calcul du volume, les réseaux de drainage, les télécommunications, la prévision des inondations, la fusion des données, les modèles en trois dimensions et la visualisation. Analyse des erreurs de MAN et de leurs effets sur les produits dérivés fondés sur la MAN.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Petrie, G. and T. J. M. Kennie (edit). Terrain modelling in surveying and civil engineering. New York: McGraw-Hill, 1991.
- Maune, D.F. (Editor). Digital Elevation Model Technologies and Applications, the DEM Users Manual. Published by the American Society for Photogrammetry & Remote Sensing, 2001.
- McGlone C. (Editor), E. Mikhail & J. Bethel (Associate Editors), Manual of Photogrammetry. 5th Edition, Published by the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2004.
- Greve C. (Editor). An Addendum to the Manual of Photogrammetry. Published by the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 1996.
- Leberl F.W., Radargrammetric image processing. Artech House, 1989.
- Davis, John C., Statistics and data analysis in geology. New York, Wiley, 2nd ed, 1986.
- Lodwick G.D., Digital Terrain Modelling. University of Calgary, Publication No. 10007, 1983.

## 18-Géom-B2 Navigation par satellite

Normes de rendement, modèles mathématiques, méthodes d'observation, stratégies de traitement, incertitudes et autres caractéristiques rattachées aux applications de positionnement, d'orientation et de comportement de véhicules marins, terrestres, aéroportés et spatiaux en mouvement. Description de la structure du signal de GPS et dérivation des éléments visibles; caractéristiques de l'instrumentation; analyse des effets atmosphériques, orbitaux, aléatoires et non aléatoires; dérivation des modèles mathématiques utilisés pour le positionnement statique et cinématique absolu et différentiel; méthodes et applications de préanalyse; questions relatives aux logiciels; introduction au contrôle de la qualité de GPS; procédés de levés statiques et cinématiques et aspects fonctionnels; systèmes de positionnement intégrés GPS-INS. Système mondial de satellites de navigation.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Wells et. al., Guide to GPS Positioning. Canadian GPS Associates, Fredericton, N.B., 1986.
- Torge, W., Geodesy. Walter de Gruyter. Berlin (3rd Edition), 2001.
- Vanicek P. and E. Krakiwsky, Geodesy: The Concepts. North Holland, Amsterdam (2nd Edition). (Chapters 15 and 16), 1986.
- Leick, A., GPS Satellite Surveying. 2nd edition. Wiley, 1995. ISBN 0471306266.
- El-Rabbany, A., Introduction to GPS, the Global Positioning System. Artech House, Boston, 2002.

## 18-Géom-B3 Réseaux et levés techniques de précision

Concepts des réseaux et leur mise en œuvre. Systèmes et surfaces de référence, systèmes de référence géodésique et réseaux radiaux du cliché. Méthodes spéciales d'arpentage et de photogrammétrie et instrumentation utilisée pour des levés techniques et la topographie minière de précision; usages des lasers; calcul et analyse de la déformation; préanalyse incluant la fiabilité et la sensibilité des levés techniques; vérification et calibrage en laboratoire des instruments d'arpentage; mise en plan de mines à ciel ouvert et souterraines; mise d'aplomb des cheminées; utilisation de lasers et de gyrothéodolites; calcul des déformations rocheuses; arpentage de constructions souterraines; perçage de tunnels; calcul de l'affaissement, instruments et méthodes destinés à des calculs de haute précision, instruments optiques, théodolite électronique et systèmes de stations totales. Mesure géotechnique de l'inclinaison, de la contrainte, de la déformation, etc. Nouveaux concepts de réseaux. Système de localisation GPS différentiel à couverture étendue et concept des réseaux dynamiques.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Anderson, M.J., and E.M. Mikhail, Surveying: Theory and Practice. McGraw-Hill, (7th Edition). 1998.
- Kuang, S., Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications. Ann Arbor Press, Inc., Chelsea, Michigan, 1998.
- Caspary, W.F., Concepts of Network and Deformation Analysis. Monograph 11, School of Surveying, The University of New South Wales, Kensington, N.S.W., Australia, 183 pp, 1988.
- Teskey, W.F. (editor), Proceedings of 7th International FIG Symposium on Deformation Measurements and 6th Canadian Symposium on Mining Surveying. Canadian Institute of Geomatics, Ottawa, 1993.
- Wolf, P.R. and C.D. Ghilani, Adjustment Computations. John Wiley & Sons Inc., 1997, ISBN 0-471-16833-5.

## 18-Géom-B4 Hydrographie

Objectifs et principes de base de l'océanographie physique et des levés hydrographiques; marées, niveau d'eau et surfaces de référence verticale. Positionnement hydrographique incluant les modèles mathématiques, les techniques optiques et radio, la propagation des ondes radio, les techniquessatellites, acoustiques et autonomes. Détermination de la profondeur incluant l'acoustique sous-marine, les systèmes à faisceau unique et à faisceaux multiples, propriétés de l'eau de mer, techniques acoustiques et non acoustiques, les marées océaniques, la topographie de la surface des mers et les propriétés du fond marin. Visualisation des données et normes de sécurité de la navigation.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Ingham, A.E. Hydrography for the Surveyor and Engineer. 3rd edition. Wiley, 1994. ISBN 0632029439.



- Bowditch, N., American Practical Navigator, Volumes I and II. Topographic Centre, United States Defence Mapping Agency, 1976. ISBN 0403089948.
- De Jong, C.D., G. Lachapelle, S. Skone, and I. Elema, Hydrography. Delft University Press, 2002.
- Appleyard, S.F. et al., Marine Electronic Navigation, 2nd edition. Routledge & Kegan Paul, 1988.
- Forrester, W. D., Canadian Tidal Manual. Department of Fisheries and Oceans, Canadian Hydrographic Service, 1983. ISBN 0660113414.

## 18-Géom-B5 Droit de l'arpentage

Système juridique canadien : sources du droit, lois, règlements, règles; jurisprudence; common law; droit civil au Québec; administration de la loi et de la justice au Canada. Droit immobilier : successions et propriété foncière; intérêt juridique et en équité; droit réel sur un bien, baux; hypothèques; engagements; contrôle de l'utilisation des sols et les droits fonciers; servitudes et droits d'accès; réserve; prescription; possession; tenure franche en fief simple; possession adversative; prescription extinctive; enregistrement des actes; enregistrement des titres; transfert. Délimitation foncière; nature des limites des biens-fonds et leur établissement, principes de reconnaissance des limites et création de cette reconnaissance; retracé; limites artificielles et naturelles; droits riverains; limites du littoral; laisse de haute et de basse mer; érosion et droit d'accroissement; affectation et acceptation; eaux navigables; descriptions foncières; limites maritimes; cessions en mer.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Ziff, Bruce, Principle of Property Law, 3rd edition, CARSWELL, 2000.
- Survey Law in Canada (Note: Now out of print, but approved photocopies may be obtained through the offices of the Canadian Council of Land Surveyors in Ottawa)

## 18-Géom-B6 Aménagement du territoire et gestion de l'environnement

Évolution de l'aménagement urbain au Canada; ses dispositions institutionnelles, administratives et juridiques actuelles et son application. Analyse de l'emplacement avant la planification et la conception; critères s'appliquant à l'aménagement des lieux résidentiels et aux plans de lotissement. Gestion des ressources incluant les enjeux environnementaux et écologiques ayant trait à la mise en valeur des ressources, surtout en région éloignée. Apport des technologies géomatiques comme les systèmes d'information géographique (SIG), la télédétection et la cartographie océanique au génie environnemental. Modélisation des systèmes terrestres, changement climatique, développement durable et répercussions générales de l'activité anthropogène. Questions entourant la quantité et la qualité de l'eau; environnement intérieur, côtier et océanique; et présentation des applications par lesquelles la technologie géomatique appuie les efforts de surveillance et de modélisation des processus rattachés aux ressources naturelles.

*Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée):*

- Chapin, F.S. and E.J. Kaiser, Urban Land Use Planning. 4th edition. University of Illinois Press, 1995. ISBN 0252021010.
- Ratcliffe, J. An Introduction to Town and Country Planning. 2nd edition. Longwood Publication Group, 1984.
- Lynch, Site Planning, 3rd edition. M.I.T. Press, 1984. ISBN 0262121069.
- So, F.S. et al. (editors), The Practice of Local Government Planning, 2nd edition. Planners Press, 1988. (International City Management Association in cooperation with APA. ISBN 0873260775.