Programme d'examens de génie géologique

Examens de génie géologique

Groupe A - Examens obligatoires (sept exigés)

18-Géol-A1 Minéralogie et pétrologie

Éléments de cristallographie et de cristallochimie. Propriétés physiques et chimiques d'échantillons de minéraux. Identification des minéraux et des roches au microscope pétrographique. Classification des roches ignées et métamorphiques sur le terrain et en laboratoire. Magmas et processus de différentiation magmatiques. Notions des faciès métamorphiques. Interprétation des assemblages minéralogiques dans les roches ignées et métamorphiques à la lumière de la règle des phases et des relations de phases d'assemblages compatibles. Propriétés structurales et physiques des roches en relation avec les problèmes d'ingénierie.

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

- Raymond, L.A., Petrology, The study of igneous, sedimentary, and metamorphic rocks. 2nd Ed., McGraw Hill, 2002.
- Perkins, D. and K. Henke, Minerals in Thin Section. 2nd Ed. Prentice Hall, 2004.
- MacKenzie, W.S. and A.E. Adams, A Color Atlas of Rocks and Minerals in thin Section. J. Wiley, 1994.
- Nesse, William D., Introduction to Optical Mineralogy. Oxford University Press, 2003.
- Philpotts, Anthony R., Petrography of Igneous and Metamorphic Rocks. Prentice Hall, 2003.
- Klein, C., Dutrow, B., The Manual of Mineral Science (after James D. Dana), 23rd Ed., John Wiley and Sons, New York, 20082.
- Blatt, H. and R.J. Tracy, Petrology: Igneous, Sedimentary and Metamorphic. 2nd Ed., W.H. Freeman and Co., 1996.
- Prinz, Martin, George E. Harlow, and Joseph Peters, eds. Simon and Schuster's Guide to rocks and minerals, Simon & Schuster, 1978.

18-Géol-A2 Hydrogéologie

Cycles hydrologiques : précipitation, évaporation, transpiration, circulation des eaux souterraines profondes et peu profondes. Physique de l'écoulement en milieu poreux. Conductivité hydraulique et emmagasinement des eaux souterraines. Présence, transmissivité et caractéristiques d'emmagasinement des aquifères en surface et des formations rocheuses. Méthodes d'exploration des eaux souterraines : géophysique, télédétection, cartographie, examens des carottes de sondage. Modèle d'écoulement des eaux souterraines : recharge, émergence, construction et analyse de réseaux d'écoulement. Développement et gestion des aquifères. Contrôle des pressions interstitielles et écoulement des eaux souterraines en relation avec le génie géotechnique.

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

- Freeze, R. Allan, and John A. Cherry, Groundwater, 604 pp. (1979). Online at: http://hydrogeologistswithoutborders.org/wordpress/textbook-project/
- Schwartz, F.W., and H. Zhang, Fundamentals of Ground Water, Wiley, 2003.
- Domenico, P.A., and F.W. Schwartz, Physical and Chemical Hydrogeology. 2nd Ed., Wiley, 1998.

18-Géol-A3 Sédimentation et stratigraphie

Classification des roches sédimentaires, mécanismes d'altération, d'érosion, de sédimentation et de diagénèse. La formation des roches calcaires et clastiques et des roches formées par précipitations chimiques. Principes de corrélation stratigraphique et paléontologique; définition des faciès sédimentaires; implications géologiques et pratiques. Répartition des grands systèmes précambriens et phanérozoïques. Associations de faciès; milieux sédimentaires anciens et modernes. Propriétés et comportement des roches

sédimentaires à des fins d'ingénierie et application des principes de stratigraphie à la résolution de problèmes d'ingénierie.

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

- Boggs, S., Principles of Sedimentology and Stratigraphy. 3rd Ed., Prentice Hall, New York, 2001.

18-Géol-A4 Géologie structurale

Contrainte et déformation. Propriétés cassantes et ductiles des roches et comportement en déformation. Analyse des structures et textures des tectonites. Caractères structuraux des porteurs mobiles et des porteurs stables de la croûte terrestre. Développement des plis et des failles. Orogénies. Théories géotectoniques. Méthode d'analyses structurales. Levés géologiques et traitement graphique des données; cartes, coupes, blocs-diagrammes, isoplèthes structuraux, projections stéréographiques et équiaires, indicateurs de déformations. Interprétation dynamique et cinématique. Application de la géologie structurale à la résolution de problèmes d'ingénierie.

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

- Fossen, Haakon, Structural geology, Cambridge University Press, 2016.
- van der Pluijm, Ben A., and Stephen Marshak, Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics. New York, W.W. Norton, 2004.
- Davis, G.H., and S.J. Reynolds, Structural Geology of Rocks and Regions. 2nd Ed., New York, John Wiley and Sons, Inc., 1996.

18-Géol-A5 Mécanique des roches

Propriétés et classification des roches pour fins d'ingénierie. Propriétés et classification des massifs rocheux. Essais en laboratoire et en chantier. Contraintes in situ et techniques de mesures des contraintes. Analyse de stabilité des talus et des excavations souterraines. Techniques d'excavation. Conception des excavations, des talus, des tunnels et des puits. Renforcement et soutènement des structures rocheuses. Considérations des eaux souterraines dans la conception des ouvrages en rocher.

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

- Hoek, Evert and John Bray, Rock Slope Engineering. London: Institution of Mining and Metallurgy, 1981.
- Hoek, Evert and Edwin T. Brown, Underground Excavations in Rock. London: Institution of Mining and Metallurgy, 1982.

18-Géol-A6 Mécanique des sols

Altération des roches et développement des sols. Classification des sols en ingénierie. Propriétés physiques des sols : porosité, densité, capillarité, perméabilité. Résistance au cisaillement, à la consolidation et au tassement. États de compacité, normal et surconsolidé. Contraintes latentes dans les sols. Pressions latérales. Mécanismes, stabilité et analyse des pentes de sol. Pression de l'eau dans les pores, pression de suintement, considérations des eaux souterraines dans l'ingénierie des sols.

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

- Coduto, D.P., Component: Geotechnical Engineering: Principles and Practices. Prentice Hall, NJ, 1999.
- Lambe, T.W., Soil Testing for Engineers. BiTech Publishers, Vancouver, 1991.

18-Géol-A7 Géophysique appliquée

Principes de base, interprétation et limites des méthodes géophysiques appliquées à l'exploration des gisements de charbon, de pétrole et de gaz naturel, de minéraux et d'eaux souterraines ainsi qu'aux études géotechniques des sols et du sous-sol. Introduction aux levés électriques, électromagnétiques et magnétotelluriques; levés magnétiques et gravimétriques; levés par réflexion et réfraction sismique; méthodes radiométriques. Introduction aux techniques géophysiques de diagraphie. Cas types d'application

à des problèmes d'ingénierie.

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

- Sharma, P.V., Environmental and Engineering Geophysics. Cambridge University Press,1997.
- Reynolds, J.M., An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. Wiley, 1997.
- Kearey, P., M. Brooks and I. Hill, An Introduction to Geophysical Exploration. 3rd Ed., Blackwell Science, 2002.

Groupe B - Examens facultatifs (trois exigés)

18-Géol-B1 Hydrogéologie des contaminants

Géochimie des eaux souterraines et présence d'isotopes. Mouvement des espèces dissoutes. Régimes de diffusion et de dispersion. Classification des contaminants. Contaminants organiques, introduction à l'écoulement polyphasique, aux liquides non aqueux immiscibles et denses (LNAPL, DNAPL). Évaluation, contrôle et traitement des contaminants. Gestion des déchets. Entreposage en puits profond.

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

- Fetter, C.W., Contaminant Hydrogeology. 2nd Ed., MacMillan Publishing Co., New York,1999.
- Bedient, Philip B., Hanadi S. Rifai, and Charles J. Newell, Ground Water Contamination: Transport and Remediation, 2nd edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999. https://www.amazon.ca/Ground-Water-Contamination-Transport-Remediation/dp/0130138401.
- Council, National Research, Contaminants in the Subsurface: Source Zone Assessment and Remediation, 2004. https://www.nap.edu/catalog/11146/contaminants-in-the-subsurface-source-zone-assessment- and-remediation.
- Domenico, P.A., and F.W. Schwartz, Physical and Chemical Hydrogeology. 2nd Ed., Wiley, 1998

18-Géol-B2 Analyse du terrain

Éléments de photogrammétrie. Interprétation de photographies aériennes - éléments d'identification (tonalité, motif, texture, dimension et forme, occupation). Identification des caractéristiques des structures et du terrain. Formes de terrain - glaciaires, fluviales, côtières et de pergélisol - identification des caractéristiques intéressant le génie. Imagerie au moyen du satellite Landsat. Fonctionnement, caractéristiques et utilisations de la télédétection radar par ondes thermiques infrarouges.

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

- Mollard, J.D. and J.R. Janes, Airphoto Interpretation and the Canadian Landscape. Energy, Mines and Resources Canada, 1984. ISBN 0-660-11591-3

Matériel requis pour l'examen:

- 1 pocket stereoscope + plates from Mollard and Janes (1984) p. 187-399 only.

18-Géol-B3 Investigation du sol

Emplois et sources d'information géologique et géotechnique. Méthodes d'investigation du sol : puits d'essais, carottes de forage, échantillonnage, essais en laboratoire et sur le terrain, méthodes géophysiques. Instrumentation sur le chantier et suivi après construction : mesure des contraintes, déformations et tassements, pression interstitielle, perméabilité, contamination des eaux souterraines. Conception de projets d'investigation et de surveillance du sol.

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

- Hunt, Roy E., Geotechnical engineering investigation handbook, CRC Press, 2005.
- Hunt, Roy E., Geologic hazards: a field guide for geotechnical engineers, CRC Press, 2007.
- Canadian Geotechnical Society, Canadian Foundation Engineering Manual. 3rd Ed. Canadian

Geotechnical Society, Technical Committee on Foundations, BiTech Publishers Ltd., Richmond, British Columbia, 1992.
- Nielsen, David M., (ed.). Practical Handbook of Ground Water Monitoring. Lewis Publishers Inc., Chelsea, Michigan, 1991.

18-Géol-B4 Géomorphologie et géologie du pléistocène

Concepts géomorphologiques de base : formation et composition des formes de terrain, cycles géomorphologiques. Altération superficielle des sols. Mouvements en masse. Processus fluviaux et modelés. Processus côtiers et modelés. Géomorphologie glaciaire et modelés. Phénomènes du pergélisol. Géomorphologie karstique. Géologie physique du Canada. Géologie quaternaire de régions choisies du Canada. Influence de la géomorphologie sur l'activité humaine.

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

- Easterbrook, D.J., Surface Processes and Landforms. 2nd Ed., Prentice-Hall, 1999.
- Trenhaile, AS, Geomorphology: A Canadian Perspective. Oxford University Press, 1998.ISBN 0-19-541277-X
- Fulton, RJ, (ed.), Quaternary Geology of Canada and Greenland. Geological Survey of Canada, 1989. ISBN 0-660-13114-5 (Any one section of Part I (Sect. 1-5), and Part II: Sect. 11, 12.)

18-Géol-B5 Écogéologie

Risques géologiques, volcans, glissements de terrain, tremblements de terre, affaissements, inondations, érosion. Préparation de cartes de risques. Concepts de période de retour et évaluation des risques. Considérations environnementales pour la disposition des déchets en remblais, cavernes profondes et puits profonds. Restauration des sites miniers. Drainage rocheux acide. Contrôle des sédiments et contaminants dissous. Préservation et restauration des sols, aménagement paysager et restauration des profils, végétalisation et contrôle de l'érosion. Préparation de rapports d'incidence sur l'environnement. Lois et procédures relatives à l'évaluation environnementale.

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

- Keller, Edward A. (2001) Environmental Geology (9th ed.) Pearson.
- Merritts D, Menking K, and Dewet A (2014) Environmental Geology: An Earth Systems Approach (2nd ed.) Macmillan.

18-Géol-B6 Ressources de géologie (Choisir L'UN des sujets suivants):

18-Géol-B6-1 Gisements de pétrole

Propriétés physiques, géochimie, origine, migration, accumulation et histoire du pétrole et du gaz naturel, ainsi que de leurs eaux d'accompagnement. Conditions géologiques favorisant le piégeage de pétrole et de gaz. Facteurs structuraux et stratigraphiques déterminant la distribution des roches-réservoirs, leur porosité, perméabilité et saturation en fluides. Problèmes environnementaux associés au développement des hydrocarbures.

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

- Gluyas, J.G. and R.E Swarbrick, Petroleum Geoscience. Blackwell, 2004.
- Hunt, J.M., Petroleum Geochemistry and Geology. 2nd Edition, Freeman, New York, 1996.

18-Géol-B6-2 Gisements de charbon

Environnements favorables à la formation du charbon et leur importance. Nature, origine, diagénèse, métamorphisme et classification des sédiments organiques. Catégories, propriétés physiques et pétrologiques du charbon. Effets de déformations glaciaires et tectoniques sur le niveau de maturation du charbon et sur la dimension des couches individuelles. Géochimie des éléments traces du charbon.

Distribution stratigraphique et géographique des terrains houillers au Canada (et dans le reste du monde). Propriétés ayant une influence environnementale et minière.

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

Pas de manuels référencés

18-Géol-B6-3 Gisements de minéraux métallifères et industriels

Nature, mode d'occurrence et processus de formation des minéraux métallifères et industriels, y compris ceux d'origine magmatique, ceux formés à partir de vapeurs à haute température et de solutions aqueuses, par évaporation ou précipitation des eaux de surface, et par accumulation mécanique ou par effritement résiduel. Mécanismes de migration et de concentration des éléments/minéraux. Contrôle stratigraphique et structural des gisements. Géochimie des solutions et caractéristiques isotopiques des fluides contenant des minéraux et des gisements de minerais. Cas types décrivant des gisements importants de sulphures, d'oxydes, d'éléments natifs, de silicates et de sels ioniques.

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

- Evans, Anthony M., Ore Geology and Industrial Minerals - An Introduction. 3rd Ed., Blackwell Science, Oxford, UK, 1993.

18-Géol-B7 Mise en valeur du pétrole

Matériel de forage, techniques et commandes. Systèmes de circulation et achèvement des puits. Problèmes de forage reliés à la sous-pression, surpression, pergélisol, évaporites, gaz nocifs et perte de circulation. Comportement des phases liquides dans les roches-réservoirs. Équations du bilan matière. Caractéristiques de porosité et de perméabilité des réservoirs. Écoulement régulier et transitoire du pétrole, de l'eau et du gaz à travers les milieux poreux. Stimulation des puits. Pression capillaire et écoulement polyphasique. Régimes d'écoulement isolé et diffus. Essai et analyse des puits de pétrole et de gaz. Mécanismes d'entraînement naturel. Récupération secondaire et tertiaire du pétrole. Introduction au rapprochement historique et aux simulateurs numériques. Méthodes conventionnelles et géostatistiques d'évaluation des réserves de pétrole et de gaz. 18-Géol-B8 Économie et évaluation des ressources Taux de croissance des industries minières et pétrolières. Prévisions des besoins futurs. Importance du secteur des ressources dans l'économie canadienne. Prix, échanges et marchés à terme. Types et teneurs de concentrés, frais de fonderie et rendement. Propriétés, spécifications et marchés des roches et minéraux industriels. Valeur relative des fractions d'hydrocarbures. Évaluation des perspectives

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

- Dake, L.P., The Practice of Reservoir Engineering. Elsevier, 1994.

18-Géol-B8 Économie et évaluation des ressources

Taux de croissance des industries minières et pétrolières. Prévisions des besoins futurs. Importance du secteur des ressources dans l'économie canadienne. Prix, échanges et marchés à terme. Types et teneurs de concentrés, frais de fonderie et rendement. Propriétés, spécifications et marchés des roches et minéraux industriels. Valeur relative des fractions d'hydrocarbures. Évaluation des perspectives minières et pétrolières; lois relatives aux mines et au pétrole, taxes et tarifs, main-d'œuvre, transport, facteurs techniques, acquisitions de terrains et de concessions, méthodes d'aménagement, estimation de la production. Évaluation géologique et aspects commerciaux de propriétés déjà aménagées. Études de faisabilité. Coûts : accessibilité; transport; exploitation; traitement minéralurgique; aménagement de puits, stimulation de puits; récupération primaire, secondaire et tertiaire. Dépenses en immobilisations, amortissement et dépréciation, calcul du taux de rendement des placements.

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

- Gentry, D.W. and T.J. O'Neill, Mine Investment Analysis. Society of Mining Engineers, American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, New York, 1984.
- Rudenno, V., The Mining Valuation Handbook. Wrightbooks, Australia, 1998.

18-Géol-B9 Exploration et géologie minière

Planification et exécution des programmes d'exploration. Méthodes d'échantillonnage. Lois régissant l'exploration minière au Canada. Principes de géochimie dans l'exploration minière. Techniques d'analyse sur le terrain. Modèles de dispersion primaires et secondaires, altération, formation du sol. Anomalies dans les déblais résiduels et déplacés, les eaux de rivières, les sédiments de cours d'eau et la végétation. Facteurs affectant la mobilité relative des éléments. Valeurs de fond, valeurs au seuil, levés d'orientation. Application, planification et interprétation des levés géophysiques. Planification des programmes de forage en surface. Diagraphie, échantillonnage, analyse et interprétation des données provenant des carottes de sondage. Étude minéralogique du minerai et recommandations de méthodes de traitement minéralurgique. Méthodes d'exploitation minière, choix de l'équipement, aménagement, logistique environnementale pendant la durée de vie de la mine et à la fermeture, et intégration de ces aspects avec une compréhension claire de leur compatibilité avec les paramètres géologiques et géotechniques des matériaux du site. Levés et échantillonnage souterrains. Planification de programmes de forage souterrain. Interprétation structurale et analyse de forages souterrains. Contrôle de la qualité en exploitation et en traitement minéralurgique. Méthodes conventionnelles et géostatistiques d'évaluation des réserves de minerai.

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

- Evans, Anthony M., Ore Geology and Industrial Minerals – An Introduction. 3rd Ed., Blackwell Science, Oxford, UK, 1993.
- Evans, Anthony M., and William L. Barrett, Introduction to Mineral Exploration. Blackwell Publications, UK, 1995.
- Peters, W.C., Exploration and Mining Geology. 2nd Ed., John Wiley & Sons, Inc, 1987.

18-Géol-B10 Méthodes d'exploration géophysique (Choisir L'UN des sujets suivants):

18-Géol-B10-1 Champs gravitationnels et magnétiques

Théorie et interprétation quantitative des champs gravitationnels et magnétiques en exploration géophysique. Interprétation des cartes régionales de champs gravitationnels et magnétiques. Identification des anomalies locales. Acquisition et réduction des données pour les gravimètres et magnétomètres. Conception et exécution de levés sur le terrain. Méthodes des potentiels, de Fourier, de modélisation de projection et d'inversion dans l'interprétation et l'analyse des données.

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

- Telford, W.M., L.P. Geldart, and R.E. Sheriff, Applied Geophysics. Cambridge University Press, 1990.
- Sharma, P.V., Environmental and Engineering Geophysics. Cambridge University Press, 1997.

18-Géol-B10-2 Méthodes électriques

Théorie et interprétation quantitative des données électriques, électromagnétiques et magnétotelluriques en exploration géophysique. Propriétés électriques des roches. Méthodes de potentiel spontané, de polarisation provoquée, d'induction électromagnétique et magnétotellurique. Utilisation des instruments sur le terrain, réduction des données. Conception et exécution de levés sur le terrain. Méthodes des potentiels, de modélisation de projection et d'inversion dans l'interprétation des données.

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

- Telford, W.M., L.P. Geldart, and R.E. Sheriff, Applied Geophysics. Cambridge University Press, 1990.
- Sharma, P.V., Environmental and Engineering Geophysics. Cambridge University Press, 1997.

18-Géol-B10-3 Sismologie d'exploration

Théorie de l'élasticité et propriétés élastiques des roches. Propagation des ondes en milieu élastique. Interaction des ondes avec les extrémités. Sismologie des ondes de volume. Ondes de surface. Études des sources de tremblements de terre. Sources d'énergie artificielle. Méthodes de réfraction et de réflexion.

Théorie d’utilisation et de sélection des sismomètres. Conception et exécution de levés par réfraction et réflexion sur le terrain. Éléments de traitement numérique : corrections statiques, analyses et corrections de vélocité, analyse de Fourier et filtrage, superposition, migration. Interprétation de sismogrammes par réfraction et réflexion.

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

- Telford, W.M., L.P. Geldart, and R.E. Sheriff, Applied Geophysics. Cambridge University Press, 1990.
- Sharma, P.V., Environmental and Engineering Geophysics. Cambridge University Press, 1997.