

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C12 : LEVÉS HYDROGRAPHIQUES
Résultats d'apprentissage :

Introduction

La composante obligatoire C12 du programme d'études sur l'arpentage hydrographique couvre les aspects généraux des levés hydrographiques qui pourraient être nécessaires dans une pratique canadienne d'arpentage typique. L'accent est mis sur une compréhension générale des principes, des équipements et des procédés requis pour les levés hydrographiques.

Lors de l'exécution de ce travail, il existe une variété de capteurs qui pourraient être déployés pour mesurer et cartographier le lit, ainsi que trouver et effectuer l'imagerie des débris. Ainsi, le critère C12 fournit des informations sur les échosondeurs à faisceau simple (SBES), échosondeurs multifaisceaux (MBES), et les sonars à balayage latéral (SSS).

Les informations fournies dans les critères C12 devraient fournir au candidat des connaissances suffisantes pour être en mesure de comprendre la complexité d'un levé hydrographique typique, ET de permettre au candidat de connaître ses propres limites face à l'exécution de tels levés.

Si un candidat décide de s'impliquer dans ces levés, il est suggéré qu'il obtienne au moins les certificats de Fonctions d'urgence en mer A1 ou A3 et de Formation sur les compétences des conducteurs de petits bâtiments offerts par Transports Canada avant d'entreprendre ces travaux.

Si un candidat souhaite poursuivre les aspects et techniques avancées des levés hydrographiques, il devrait envisager le cours facultatif E2, qui exige une compréhension plus complète et plus profonde des sujets proposés dans C12.

Les calculatrices programmables sont admises lors de cet examen; les candidats devront toutefois présenter toutes les formules utilisées, la substitution des valeurs utilisées, ainsi que toutes les valeurs intermédiaires à un degré deux fois plus poussé que celui requis pour fournir la réponse. Même si la réponse est numériquement la bonne, le maximum des points pourrait ne pas être attribué si ces informations ne sont pas fournies par le candidat. Un ensemble de formules est fourni avec les questions d'examen.

Prérequis recommandés au niveau des connaissances et des compétences :

Item C1 : Mathématiques

Item C2 : Estimation des moindres carrés et analyse de données

Item C3 : Techniques avancées d'arpentage

Item C4 : Systèmes de coordonnées et projections cartographiques

Item C5 : Systèmes d'information géospatiale

Item C6 : Positionnement géodésique (qui inclut GNSS RTK)

Item C7 : Télédétection et photogrammétrie

Item C9 : Droit de l'arpentage

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C12 : LEVÉS HYDROGRAPHIQUES
Résultats d'apprentissage :

Résultats d'apprentissage :

Afin de se conformer aux exigences de cet élément du tronc commun, les candidats devraient posséder, tout au moins au niveau préliminaire, une connaissance des sujets suivants :

1. Acoustique sous-marine

Sujet	Résultats d'apprentissage
Vélocité acoustique	Décrire les effets des propriétés physiques de l'eau sur le calcul de la vitesse du son en eau douce, eau mixte et eau de mer. Compréhension du calcul de la vitesse du son à partir de mesures de température, de pression (profondeur) et de salinité (conductivité).
Propagation des ondes sonores	Compréhension de la réfraction et de la réflexion des ondes sonores lorsqu'elles se propagent selon la loi de Snell. Décrire la vitesse du son moyenne harmonique et de quelle manière elle est utilisée lors de la réduction des sondages à faisceau simple.
Paramètres de systèmes acoustiques	Définir : fréquence, longueur d'onde, amplitude, largeur de faisceau, durée d'impulsion, taux de répétition des impulsions, seuil de détection, bande passante, résolution, impulsion à onde continue, impulsion modulée linéairement en fréquence (CHIRP).

2. Échosondeurs à faisceau simple

Sujet	Résultats d'apprentissage
Transducteurs	Faire la différence entre les types de transducteurs suivants : à faisceau étroit, à faisceau large, paramétrique. Expliquer les méthodes de montage des transducteurs : sur la coque, remorqués, sur le côté, avec perche.
Enregistrement	Faire la différence entre les systèmes d'enregistrement analogiques et numériques ainsi que leurs supports d'enregistrement.
Étalonnage des sondeurs	Évaluer et choisir les méthodes et équipements appropriés pour effectuer l'étalonnage des sondeurs selon des applications spécifiques.
Réduction du sondage	Expliquer et appliquer les réductions mesurées de profondeur dues aux variations du niveau de l'eau, du tirant d'eau, du tirant d'eau dynamique (sédimentation, tassement, squat, épuisement de carburant, et changements à la flottabilité) et vitesse du son dans l'eau. Évaluer et appliquer tous les facteurs qui affectent la réduction de profondeur pour des applications spécifiques.
Précision du sondage (ou Budget d'erreur)	Calculer et évaluer l'incertitude des sondages en fonction des erreurs du système de positionnement, de l'échosondeur, de la mesure du niveau d'eau, du mouvement du navire et de la topographie du fond marin. Évaluer et choisir les méthodes appropriées pour contrôler ou réduire l'incertitude des sondages pour des applications spécifiques.
Choix du système	Identifier les caractéristiques des échosondeurs qui affectent leur rendement pour diverses applications de sondages. Spécifier les caractéristiques appropriées d'un échosondeur à faisceau simple (par ex.: résolution, capacité de profondeur, fréquence, bande passante, largeur du faisceau) pour des applications spécifiques.
Évaluation de l'équipement	Comprendre les limites de divers systèmes d'échosondeurs à faisceau simple et comment choisir le système approprié en fonction d'exigences données.

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C12 : LEVÉS HYDROGRAPHIQUES
Résultats d'apprentissage :

3. Échosondeurs multifaisceaux

Sujet	Résultats d'apprentissage
Transducteurs multifaisceaux	Expliquer les principes de base de la formation des faisceaux émission/réception, de l'orientation des faisceaux en utilisant des transducteurs plats ou incurvés. Décrire la différence entre les systèmes multifaisceaux à formation de faisceaux et à écart de phase. Comprendre l'importance de la vitesse sonique dans la détermination de la direction du sondage.
Couverture et précision (ou Budget d'erreur)	Expliquer la dépendance de la couverture en profondeur et de l'incertitude sur la bande passante, la largeur du faisceau, la fauchée, l'angle d'élévation du faisceau, les angles d'incidence et rasants, la profondeur, la fréquence de l'impulsion, l'incertitude de la vitesse du son, l'attitude et le mouvement du navire (vitesse, pilonnement, roulis, tangage, cap et lacet).
Étalonnage multifaisceaux	Expliquer les effets des erreurs de positionnement et d'alignement des capteurs dans le cadre de référence du navire sur l'incertitude au niveau de la profondeur et de la position. Établir le cadre de référence du navire ainsi que le déport et l'alignement des capteurs. Définir « patch test ». Choisir une aire d'essai ainsi que le câblage à utiliser pour effectuer un « patch test ». Effectuer l'étalonnage des désalignements entre le transducteur et le capteur de mouvement.
Importance du temps	Décrivez l'importance de la synchronisation temporelle dans les systèmes et sondages multifaisceaux. Expliquez de quelle manière le temps peut être géré.
Importance du mouvement	Comprendre l'effet du mouvement du navire sur les systèmes multifaisceaux et de quelle manière ce mouvement peut être mesuré.
Gestion des données multifaisceaux	Décrire les problèmes qui affectent la récolte, le traitement, l'entreposage et l'extraction des données multifaisceaux. Expliquer les méthodes de gestion de la qualité des données. Donner les détails et concevoir une stratégie de gestion de données multifaisceaux pour des applications spécifiques.
Évaluation de l'équipement	Comprendre les limites techniques de divers systèmes d'échosondeurs multifaisceaux et comment choisir le système approprié en fonction d'exigences données.

4. Sonar à balayage latéral

Sujet	Résultats d'apprentissage
Systèmes sonar à balayage latéral	Décrire les principes, géométrie et déploiement des systèmes de sonar à balayage latéral. Expliquer les effets de la fréquence, de l'angle du faisceau, de la résolution, du gain, de la vitesse de remorquage et du déploiement (remorquage en profondeur, en eau peu profonde, fixation sur perche) sur le rendement d'un sonar (échelle de portée, résolution, détection de la cible). En balayage latéral, évaluer et choisir la fréquence, les caractéristiques et le déploiement appropriés pour des applications spécifiques.
Interprétation des données de balayage latéral	Déterminer la hauteur et dimension des obstructions à partir de données sonar. Décrivez les sources de distorsion de l'image en balayage latéral. Expliquer la signature sonar de choses tels les débris, épaves, les pipelines, le gaz, les poissons et les plongeurs.
Choix du système	Identifier les caractéristiques des échosondeurs qui affectent leur rendement pour diverses applications de sondages. Spécifier les

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C12 : LEVÉS HYDROGRAPHIQUES
Résultats d'apprentissage :

	caractéristiques appropriées d'un sonar à balayage latéral (par ex.: résolution, fréquence, bande passante, largeur du faisceau) pour des applications spécifiques.
Sonar à balayage latéral vs échosondeur multifaisceaux	Expliquez les différences entre des données similaires fournies par un sonar à balayage latéral et un échosondeur multifaisceaux.
Évaluation de l'équipement	Comprendre les limites de divers systèmes de sonar à balayage latéral et comment choisir le système approprié en fonction d'exigences données.

5. Niveaux d'eau tidaux et non tidaux

Sujet	Résultats d'apprentissage
La marée - notions de base	Décrire les forces qui créent les marées. Décrire les principales composantes harmoniques. Identifier et reconnaître les divers types de marée. Définir les divers niveaux de marée. Classifier les régimes tidaux.
Mesures tidales	Expliquer les principes des divers types de limnimètres et de jauges de niveau d'eau. Décrire les caractéristiques des jauges de niveau d'eau en rivière, en eaux côtières et en mer. Évaluer et choisir l'instrumentation et les sites requis pour effectuer une bonne surveillance des niveaux d'eau.
Cours d'eau à marée et courants tidaux	Décrire la relation entre les cours d'eau à marée et les marées. Décrire les méthodes utilisées pour mesurer les cours d'eau à marée et les courants tidaux, incluant instruments de mesure des courants, flotteurs, perches, compteurs de courant et profileurs Doppler acoustiques.
Information tidale	Prédire les niveaux d'eau pour des ports primaires et secondaires en utilisant les tables de marée. Calculez le niveau d'eau à une heure donnée, et/ou calculez l'heure à laquelle une hauteur déterminée sera atteinte.
Variation des niveaux d'eau non tidaux	Décrire les effets temporaux et spatiaux sur les niveaux d'eau causés par : la pression atmosphérique, le vent, les seiches et les précipitations. Déterminer les variations du niveau de l'eau en rivière et dans les lacs suite aux opérations de barrage. Évaluer et choisir l'emplacement approprié pour les jauges de niveau d'eau en rivière, dans les lacs et à proximité de barrages pour des applications spécifiques.

6. Positionnement vertical

Sujet	Résultats d'apprentissage
Bases de référence précédentes	Décrire les moyens de relier les bases de références verticales historiques, comment elles virent le jour et leurs relations avec les cadres de référence actuellement acceptés au Canada. Décrivez des méthodes pratiques de confirmer ces relations en théorie et sur le site.
Notions essentielles du positionnement vertical	Expliquer et décrire les caractéristiques des systèmes et notions d'altitude (par ex. : dynamique, orthométrique et altitudes normales). Faire la différence entre les hauteurs gravitationnelles et les hauteurs ellipsoïdales.
Bases de référence (Datums)	Décrire le rôle et les méthodes d'établissement des points de référence verticaux utilisés lors des opérations hydrographiques (par ex.: carte, sondage, MSL, LAT, LW, et points de référence HW). Choisir, établir, interpoler et transférer les points de référence vers les eaux côtières, estuaires, rivières et lacs au niveau des sondages et des élévations.

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C12 : LEVÉS HYDROGRAPHIQUES
Résultats d'apprentissage :

Sujet	Résultats d'apprentissage
Mesure et calcul des élévations	Décrire les méthodes utilisées pour calculer les différences d'élévation (par ex.: niveau à bulle, angle vertical par théodolite, GNSS RTK et GNSS). Corriger en fonction des effets de courbure et de réfraction lorsque requis. Comparer et évaluer les méthodes et procédures d'observation dans la détermination de l'élévation. Choisir le système approprié à l'application.
Tangage (Pilonnement)	Décrire les principes et limites des systèmes de compensation au tangage. Décrire le rôle des filtres lors de la mesure du tangage. Évaluer et choisir les systèmes de compensation au tangage appropriés selon des applications spécifiques.
Orientation	Décrire le fonctionnement des détecteurs de relèvement (par ex.: sonde magnétométrique, et autres boussoles magnétiques, gyroscopiques et à fibres optiques). Expliquer les principes des capteurs de roulis et de tangage inertiels. Décrire les principes et limites des détecteurs d'attitude GNSS. Évaluer et choisir les capteurs de roulis, de tangage et de relèvement en fonction d'applications spécifiques. Décrire les procédures de vérification d'alignement des champs.

7. Compréhension des principes et de la technologie

Sujet	Résultats d'apprentissage
Instrumentation	Comparer les spécifications des systèmes bathymétriques (échosondeurs à faisceau simple, échosondeurs à faisceaux multiples, sonars interférométriques à balayage latéral et autres). Expliquer l'importance d'une installation et de la détermination correctes de l'attitude et de la position de chaque capteur.
Opérations	Décrire le rôle des paramètres de levés suivants : échelle, précision de la position, vitesse du sondage, orientation de la ligne, interlignes, intersections, intervalles fixes, couverture des données. Expliquer les méthodes de contrôle de la qualité des données des levés et l'assurance de qualité des levés. Décrire l'estimation des coûts et l'échéancier de projet. Créer des spécifications pour des projets de levés particuliers au niveau des échelles, de la précision de la position, de la vitesse du sondage, de l'orientation de la ligne, des interlignes, des lignes transversales, des intervalles entre les points, et couverture des données. Spécifier les méthodes à utiliser pour contrôler la qualité et l'assurance de qualité des données des levés.
Traitement des données des levés	Décrire les exigences pour le traitement des données de levés hydrographiques. Expliquer l'utilisation des systèmes d'information géographiques (SIG) dans l'environnement marin. Expliquer le concept de cartographie électronique comme forme spéciale de SIG. Décrire les applications 3D de modélisation et de visualisation hydrographiques.

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C12 : LEVÉS HYDROGRAPHIQUES
Résultats d'apprentissage :

8. Levés hydrographiques

Sujet	Résultats d'apprentissage
Levés en appui aux traversées de rivières et de l'ingénierie	Décrire et faire la distinction entre les levés pour les traversées de rivière et les levés pour les ouvrages de ponts.
Levés en appui à la gestion portuaire et à l'ingénierie côtière	Décrire et faire la distinction entre les levés effectués pour le dragage, le contrôle environnemental et hydraulique incluant les levés à grande échelle. Décrire les méthodes et instrumentations requises (par ex.: géotechnique, magnétique, en plongée et caméras sous-marines).
Levés de cartographie marine	Décrire les buts et objectifs des levés de cartographie marine incluant toutes les données essentielles pour assurer la sécurité de la navigation. Définir les composantes d'un levé cartographique marin (profondeurs générales, épaves et obstructions, rivages, aides à la navigation, etc.). Expliquer les spécifications IHO S44 pour les levés hydrographiques.

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C12 : LEVÉS HYDROGRAPHIQUES
Résultats d'apprentissage :

Références essentielles :

Le matériel d'étude C12 renferme tout le matériel essentiel et les références essentielles associées.

Sujet : Un traitement complet de l'arpentage hydrographique		
Source	Titre	Adresse Web
SHC	Normes pour les levés hydrographiques publiées en 2013	http://www.charts.gc.ca/data-gestion/standards-normes/intro-fra.asp
SHC	Lignes directrices de gestion de levés hydrographiques	http://www.charts.gc.ca/data-gestion/guidelines-directrices/1-fra.asp
OHI	S-44 Normes OHI pour les levés hydrographiques 5e édition (février 2008)	https://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-44_Ed.5.0.1_FR.pdf
OHI	C-13 Manuel d'hydrographie, 1re édition (révision février 2011)	https://www.iho.int/iho_pubs/IHO_Download.htm
SHC	Canadian Tidal Manual par W.D. Forrester	https://www.psmsl.org/train_and_info/training/reading/canadian_manual.php

Référence secondaire :

En outre, il existe de nombreuses sources commerciales et gouvernementales disponibles en ligne où le candidat peut accéder à de plus amples informations. Certaines des organisations gouvernementales qui fournissent des informations publiquement disponibles sont classées par ordre alphabétique ci-dessous.

Source	Organisation	Adresse Web
OHI	Organisation hydrographique Internationale, normes et spécifications, télécharger	http://www.iho.int/iho_pubs/IHO_Download.htm
UNB	University of New Brunswick, Ocean Mapping and Research	http://www.omg.unb.ca/GGE/JHC_courses.html
NOAA	United States National Oceanic and Atmospheric Administration	http://tidesandcurrents.noaa.gov/pub.html
NOAA	NOS Hydrographic Survey Specifications and Deliverables publié en avril 2016	https://nauticalcharts.noaa.gov/publications/docs/standards-and-requirements/specs/hssd-2016.pdf
NOAA	NOS Hydrographic Survey Specifications and Deliverables publié en avril 2017	https://nauticalcharts.noaa.gov/publications/docs/standards-and-requirements/specs/hssd-2017.pdf
OHI	S-32 Dictionnaire hydrographique, 5e édition, publiée en 1998	http://hd.iho.int/fr/index.php/Accueil