



Canadian Board of Examiners
for Professional Surveyors

Conseil canadien des examinateurs
pour les arpenteurs-géomètres

S5 – Télédétection

Contenu

- Ce document est une conception de programme de haut niveau qui capture les principes clés, les compétences, les résultats d'apprentissage et les éléments du programme d'études proposés pour le programme mis à jour pour S5 - Télédétection.

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
Introduction à la télédétection	Les arpenteurs-géomètres doivent comprendre les principes fondamentaux de la télédétection, car la télédétection est un outil fréquemment utilisé pour la collecte de données	<ul style="list-style-type: none">• Le spectre électromagnétique<ul style="list-style-type: none">○ Caractéristiques des ondes électromagnétiques○ Fenêtres atmosphériques○ Diffusion○ Réflexion○ Absorption/émission• Modèles de données<ul style="list-style-type: none">○ Données vectorielles○ Données raster○ IFOV et FOV○ Vecteur vs raster	Compétences <ul style="list-style-type: none">• Décrire les capteurs, les processus de collecte de données et la manipulation des données pour soutenir la prise de décision dans les projets d'arpentage• Identifier les avantages et les limites des données de télédétection• Décrire et expliquer les caractéristiques des ondes électromagnétiques et l'interaction avec l'atmosphère et les objets au sol• Décrire les principes fondamentaux de la télédétection et leur application à l'étude des avantages et des inconvénients des deux modèles de données• Décrire et expliquer les différences et les concepts des données vectorielles et raster Résultats d'apprentissage : <ul style="list-style-type: none">• Comparez différents types de données de capteurs.• Expliquer les concepts fondamentaux de la télédétection et des modèles de données• Choisir les données raster appropriées pour les projets d'arpentage

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
<p>Plates-formes de télédétection</p>	<p>La technologie de télédétection est utilisée par les arpenteurs-géomètres pour faire leur travail ; les arpenteurs-géomètres doivent se familiariser avec les caractéristiques des plates-formes de télédétection disponibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Avantages, limites et applications des données de télédétection • Plates-formes au sol (appareils portatifs, véhicules, trépieds et tours) <ul style="list-style-type: none"> ○ Utilisation de la plate-forme au sol ○ Mise en place de plates-formes au sol ○ Avantages et inconvénients de toutes les plates-formes • Plates-formes aéroportées (RPAS et Avions) <ul style="list-style-type: none"> ○ Planification des missions ○ Calcul de l'altitude de vol ○ Calcul du nombre de lignes de vol ○ Calcul du nombre d'images par ligne de vol ○ Calcul de la vitesse de la plate-forme ○ Calcul de l'échelle de l'image • Plates-formes spatiales (satellites) <ul style="list-style-type: none"> ○ Loi de la gravitation ○ Mouvement circulaire et satellites ○ Les lois de Kepler ○ Classification de l'orbite des satellites 	<p>Compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décrire et expliquer les caractéristiques et la théorie des plates-formes de télédétection • Reconnaître la solution de télédétection appropriée pour le levé • Décrire et expliquer les principes fondamentaux du mouvement des satellites <p>Résultats d'apprentissage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Évaluer la plate-forme et le capteur appropriés pour capturer des données pertinentes pour des projets spécifiques • Identifier les exigences en matière de données pour le projet spécifique • Pratiquer la planification de la mission aéroportée

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
Télédétection passive : capteurs	La technologie de télédétection est utilisée par les arpenteurs-géomètres pour faire leur travail ; les arpenteurs-géomètres doivent comprendre la technologie de base et les caractéristiques des capteurs d'imagerie passifs	<ul style="list-style-type: none">• Appareils photo et scanners<ul style="list-style-type: none">○ Caractéristiques, géométrie, avantages et limites d'une image numérique○ Mode image unique et stéréo• Résolution de l'image<ul style="list-style-type: none">○ Résolution spatiale○ Résolution spectrale○ Résolution radiométrique○ Résolution temporelle	Compétences <ul style="list-style-type: none">• Décrire, expliquer et illustrer la géométrie et les caractéristiques des capteurs des caméras et des scanners.• Décrire les différents types de résolutions et leur rôle dans la qualité des données capturées par les caméras et les scanners Résultats d'apprentissage : <ul style="list-style-type: none">• Identifier et évaluer le bon capteur/données pour répondre aux exigences du levé• Démontrer le rôle de la résolution dans la qualité des données captées par les caméras et les scanners

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
<p>Télédétection passive : traitement et manipulation d'images</p>	<p>Les arpenteurs-géomètres doivent comprendre le traitement et la manipulation d'images numériques pour comprendre ce qu'ils regardent.</p> <p>Utilisé pour la collecte de données spatiales 3D et la reconstitution et la cartographie d'objets 2D/3D</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement d'images <ul style="list-style-type: none"> ○ Corrections atmosphériques ○ Corrections géométriques ○ Corrections radiométriques ○ Dérivations d'informations métriques d'objets 3D à partir d'images ○ Mesure et correction des coordonnées de l'image • Amélioration d'images <ul style="list-style-type: none"> ○ Contraste extensible ○ Égalisation d'histogramme ○ Filtrage numérique • Bande composite <ul style="list-style-type: none"> ○ Combinaisons de bandes d'imagerie satellitaire et leurs applications • Manipulation d'images <ul style="list-style-type: none"> ○ Rectification d'image ○ MAN et génération d'ortho-images ○ Transformations de coordonnées ○ Modèles mathématiques pour le capteur et pour les relations capteur-objet • Caractéristiques statistiques <ul style="list-style-type: none"> ○ Ré-échantillonnage ○ Correspondance d'images ○ Photogrammétrie rapprochée 	<p>Compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décrire les concepts, les limites et les avantages des techniques de base de traitement, d'amélioration et de manipulation de données d'images • Décrire les modèles mathématiques reliant l'espace des capteurs à l'espace des objets • Décrire et exécuter la génération de MAN et d'ortho-images <p>Résultats d'apprentissage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Démontrer des corrections d'image, une amélioration d'image et des composites de bandes de base • Appliquer les modèles mathématiques reliant l'espace des capteurs à l'espace des objets • Vérifier les calculs pour déterminer l'échelle d'impression et la taille • Exécuter la génération de MAN et d'ortho-images

- Photogrammétrie numérique, géométrie épipolaire, mise en correspondance d'images et reconstruction 3D

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Pensée critique (doit être capable de réfléchir) Compétence/Résultats d'apprentissage
Télédétection passive : analyse et interprétation d'images	Les arpenteurs-géomètres doivent comprendre le résultat de la classification des images pour la préparation du produit	<ul style="list-style-type: none"> ● Interprétation visuelle <ul style="list-style-type: none"> ○ Définir des objectifs ○ Sélection de données ○ Clé d'interprétation ● Interprétation numérique <ul style="list-style-type: none"> ○ Classification d'images non supervisée ○ Classification d'images supervisée ○ Classification d'images orientée objet 	<p>Compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Décrire et expliquer les concepts et techniques d'analyse et d'interprétation d'images. ● Identifier les données appropriées <p>Résultats d'apprentissage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Effectuer l'interprétation et la comparaison visuelle et numérique de l'imageur ● Exécuter et comparer les différents types de classification d'images ● Identifier, décrire et appliquer des techniques courantes d'analyse et d'interprétation d'images

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
<p>Télédétection passive : applications</p>	<p>Les arpenteurs-géomètres utilisent des images de télédétection et doivent être en mesure d'exploiter les données de télédétection pour diverses applications, y compris la cartographie de base</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Applications de télédétection passive <ul style="list-style-type: none"> ○ Analyse et cartographie de la végétation à l'aide du NDVI (indice de végétation par différence normalisée) et d'autres indices de végétation ○ Applications d'utilisation des terres/d'occupation des terres, y compris la cartographie des zones bâties et la cartographie des eaux de surface ○ Détection des feux de forêt et cartographie des zones de brûlis ○ Analyse temporelle pour la détection des changements ○ Analyse des composantes principales (ACP) ○ Cartographie topographique 	<p>Compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier et décrire les applications courantes des données de télédétection • Identifier, décrire et mettre en pratique les applications courantes des données de télédétection passive • Identifier, différencier et mettre en pratique les méthodes d'analyse d'images temporelles <p>Résultats d'apprentissage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Appliquer et comparer les différents indices de végétation • Exécuter et analyser les types de cartographie de l'utilisation des terres/de la couverture des terres

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
<p>Capteurs de télédétection actifs et applications : LIDAR</p>	<p>Les capteurs de télédétection actifs comme le LIDAR deviennent de plus en plus populaires dans l'industrie de la géomatique et de l'arpentage. Les arpenteurs-géomètres doivent connaître ces technologies et leur application</p> <p>Le LIDAR est utilisé par les arpenteurs-géomètres pour une gamme de produits</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Principes fondamentaux de la technologie LIDAR <ul style="list-style-type: none"> ○ Composants des systèmes LIDAR ○ Détermination des coordonnées 3D à partir des systèmes LIDAR ○ Étalonnage ○ Traitement des données de nuages de points ○ Co-enregistrement de nuages de points 3D • Systèmes LIDAR au sol <ul style="list-style-type: none"> ○ Technologie (scanner terrestre au laser – TLS) ○ Planification de mission et acquisition de données à l'aide de TLS ○ Applications de TLS (Scanning de bâtiments et de structures) • Systèmes LIDAR aéroportés <ul style="list-style-type: none"> ○ Technologie LIDAR aéroportée (GNSS, IMU, scanner laser) ○ Opération de planification de mission et de vol ○ Processus de géolocalisation ○ Sources d'erreurs de données ○ Applications des systèmes LIDAR aéroportés (DEM, DSM, calcul de volume, détermination de la zone de bassin et de bassin versant) • Système LIDAR satellitaire <ul style="list-style-type: none"> ○ ICESAT-2 ○ GEDI 	<p>Compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifier et décrire les systèmes LIDAR courants, y compris leurs avantages et leurs limites • Décrire, expliquer la technologie LIDAR et ses applications • Décrire les différents systèmes de coordonnées impliqués et comment les coordonnées finales de l'objet sont déterminées à partir du système LIDAR • Décrire les mécanismes de réflexion du faisceau • Identifier et décrire les différentes méthodes de télémétrie laser <p>Résultats d'apprentissage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examiner et interpréter les données des nuages de points et calculer la précision des coordonnées • Traiter des données de nuages de points • Préparer un plan de mission et l'acquisition de données à l'aide de TLS • Générer un MNT pour un projet • Calculer des volumes de mines à ciel ouvert pour un projet

		<ul style="list-style-type: none"> ● Applications LIDAR <ul style="list-style-type: none"> ○ Utilisation en arpentage foncier ○ Génération de modèles numériques de terrain (MNT) ○ Calculs de volume de mines à ciel ouvert ○ Expansion des transports 	
--	--	--	--

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
Capteurs de télédétection actifs et applications : RADAR	Les capteurs de télédétection RADAR offrent un avantage unique pour presque toutes les conditions météorologiques et l'acquisition de données jour/nuit. Les arpenteurs-géomètres doivent connaître ces technologies et leurs applications, par exemple dans la génération de MNT à l'aide d'InSAR	<ul style="list-style-type: none"> ● Technologie RADAR <ul style="list-style-type: none"> ○ Longueurs d'onde RADAR (bandes) ○ Polarisation ○ Interférence ○ Avantages et limites du RADAR ● RADAR latéral (SLAR) <ul style="list-style-type: none"> ○ Géométrie de visée ○ Résolution spatiale (distance oblique, résolution transversale et longitudinale) ○ Caractéristiques de l'image (Ombre, raccourcissement, effet de superposition et bruit speckle) ● RADAR à synthèse d'ouverture (SAR) <ul style="list-style-type: none"> ○ Technologie SAR ○ Applications SAR ○ Interférométrie SAR (InSAR) 	Compétences <ul style="list-style-type: none"> ● Identifier et expliquer les principes de base de l'imagerie active, y compris les avantages et les limites ● Décrire et expliquer les principes fondamentaux et l'impact de la géométrie de l'image sur l'apparence de l'image ● Décrire les principes fondamentaux des différentes sources de données RADAR ● Décrire les différentes caractéristiques des données optiques et RADAR ● Décrire, expliquer et démontrer la technologie RADAR (SAR et SLAR) et ses applications ● Décrire les principes fondamentaux du GPR ● Expliquer la localisation des objets Résultats d'apprentissage : <ul style="list-style-type: none"> ● Énumérez les avantages et les limites de la technologie RADAR ainsi que les projets qui en bénéficieraient le plus ● Inspecter et interpréter les objets détectés

	<p>Radar à pénétration de sol (GPR) de plus en plus utilisé pour la détection et la cartographie des infrastructures de services publics souterraines en 3D</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Géoradar (GPR) <ul style="list-style-type: none"> ○ Principes physiques, composants du GPR ○ Longueurs d'onde/fréquences, pénétration et résolutions ○ Sources d'erreur ○ Ondes ○ Balayages de ligne ○ Balayages de grilles ○ Compréhension et interprétation des données ○ Constante diélectrique des matériaux ○ Construction d'images 3D/images tomographiques ○ Détection et localisation d'objets ○ Interprétation des données GPR ○ Applications GPR ● Interprétation des images RADAR ● Candidatures <ul style="list-style-type: none"> ○ Agriculture ○ Sylviculture ○ Exploitation minière 	<ul style="list-style-type: none"> ● Énumérer les applications GPR ● Appliquer et pratiquer des levés GPR ● Étudier et interpréter les images GPR
--	---	--	--

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
<p>Capteurs actifs de télédétection : technologie SONAR et hydrographie</p>	<p>L'hydrographie fournit des cartes marines à jour pour une navigation sûre et la protection du milieu marin. Il se concentre sur les mesures des caractéristiques physiques des masses d'eau et zones côtières adjacentes</p> <p>Les levés impliquant des plans d'eau et extracôtiers nécessitent une connaissance du SONAR, qui est activement utilisé dans les levés bathymétriques</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Principes et processus des levés hydrographiques et de la technologie SONAR <ul style="list-style-type: none"> ○ Les ondes sonores et leurs caractéristiques ○ Réfraction des ondes sonores ○ Propagation des ondes sonores dans l'eau ○ Principes fondamentaux des marées, mesures, courants et cours d'eau ○ Variations de l'eau non tidale ○ Système de référence vertical, élévation et sondages, BMM, BMI, MHM • Systèmes SONAR <ul style="list-style-type: none"> ○ Échosondeurs à faisceau unique (SBES) ○ Sondes à faisceau étroit et faisceau large ○ Échosondeurs multifaisceaux (MBES) ○ Sonars à balayage latéral (SSS) ○ Traitement des données du sonar • Éléments des levés hydrographiques <ul style="list-style-type: none"> ○ Exigences des levés SONAR ○ Planification des missions 	<p>Compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décrire et expliquer les principes et les processus des levés hydrographiques • Décrire et expliquer les concepts de propagation des ondes sonores, les paramètres du système acoustique, les propriétés physiques de l'eau et son impact sur la vitesse du son • Décrire et expliquer les concepts hydroacoustiques • Décrire et expliquer les principes fondamentaux des marées • Décrire et expliquer la détermination de la profondeur d'eau basée sur l'ellipsoïde • Décrire et expliquer les concepts de génération des marées, de la façon dont elles sont mesurées et des paramètres affectant les variations de niveau d'eau non tidale • Décrire et expliquer les capteurs sonar, des échosondeurs monofaisceaux et multifaisceaux • Décrire, expliquer la technologie des sonars à balayage latéral et ses applications • Décrire et expliquer les levés hydrographiques à référence ellipsoïdale <p>Résultats d'apprentissage :</p>

		<ul style="list-style-type: none"> ○ Levés à l'appui des franchissements de rivières et de l'ingénierie ○ Levés en appui à la gestion portuaire et à l'ingénierie côtière ○ Levés hydrographiques à référence ellipsoïdale ○ Carte marine et navigation maritime ○ Applications de données SONAR ○ Qualité des données, erreurs, incertitude ○ Cartographie 	<ul style="list-style-type: none"> ● Appliquer les principes de positionnement horizontal et vertical, les références, les méthodes utilisées pour les mesures de profondeur, les systèmes de compensation de pilonnement et les principes des capteurs de mouvement ● Planifier et gérer des levés hydrographiques et évaluer les données hydrographiques ● Calculer les profondeurs d'eau
--	--	--	--

S5 – TÉLÉDÉTECTION			
OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE			
<ul style="list-style-type: none"> ● Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre ● Soutenir l'apprentissage ultérieur 			
Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
Informations issues des données optiques et de portée : -Vision par ordinateur photogrammétrique	<ul style="list-style-type: none"> ● Utilisé pour la collecte de données spatiales 3D et la reconstitution et la cartographie d'objets 2D/3D ● Utilisé dans les applications de cartographie UAV et mobile 	<ul style="list-style-type: none"> ● Calibrage de la caméra, mesure et correction des coordonnées de l'image <ul style="list-style-type: none"> ○ Transformations de coordonnées ○ Modèles mathématiques pour le capteur et pour les relations capteur-objet au niveau de la colinéarité, géométrie épipolaire, coplanarité, résection spatiale, intersection spatiale 	Compétences <ul style="list-style-type: none"> ● Décrire et expliquer l'utilisation des données optiques et de distance pour les reconstructions et la modélisation 3D ● Identifier et décrire les modèles mathématiques appropriés ● Identifier et appliquer la bonne approche pour l'estimation de la pose du capteur ● Expliquer les principes photogrammétriques géométriques et mathématiques ainsi que la théorie et les procédures des orientations photogrammétriques. ● Expliquer et appliquer les principes et les modèles mathématiques pour la génération de MNE et d'ortho-images

		<ul style="list-style-type: none"> ● Estimation de la pose du capteur, ajustements de blocs photogrammétriques, structure à partir du mouvement, odométrie visuelle 	<ul style="list-style-type: none"> ● Expliquer et appliquer la planification photogrammétrique et identifier les exigences de contrôle. ● Identifier et appliquer l'utilisation des principes de photogrammétrie pour diverses applications ● Identifier et expliquer les différentes procédures d'étalonnage des caméras <p>Résultats d'apprentissage :</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Expliquer les concepts et les utilisations des données optiques pour la collecte de données spatiales (position 3D) et la reconstruction d'objets 2D/3D à partir de mesures optiques et de distance. ● Expliquer et appliquer la théorie photogrammétrique mathématique et les procédures de triangulation photogrammétrique (orientation indirecte, directe, intégrée du capteur). ● Examiner les paramètres d'étalonnage de la caméra requis pour un projet photogrammétrique ● Calculer la précision approximative des coordonnées à partir de l'imagerie aérienne
--	--	---	---

S5 – TÉLÉDÉTECTION

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Établir les connaissances de base en télédétection requises pour être un arpenteur-géomètre
- Soutenir l'apprentissage ultérieur

Les principes clés	Motivation	Éléments du programme d'études	Compétences/résultats d'apprentissage
<p>Systèmes de cartographie mobiles Candidatures</p>	<p>Utilisé pour la collecte de données spatiales 3D et la reconstitution et la cartographie d'objets 2D/3D</p> <p>Utilisé dans les applications de cartographie UAV et mobile</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cartographie mobile, géoréférencement direct, localisation et cartographie simultanées (SLAM) <ul style="list-style-type: none"> ○ Reconstruction 3D à partir de l'optique et de la portée ○ Rectification d'image ○ MAN et génération d'ortho-images • Photogrammétrie rapprochée, géométrie évanouie • Systèmes de cartographie mobiles • Capteurs de navigation et de cartographie • Systèmes de coordonnées de référence et transformations des capteurs de navigation et de cartographie utilisés pour les systèmes de cartographie mobiles • Co-enregistrement du capteur, y compris la visée d'alésage et l'étalonnage du bras de levier 	<p>Compétences</p> <ul style="list-style-type: none"> • Décrire et expliquer les systèmes de cartographie mobile et leur rôle et utilisation en géomatique. • Décrire et expliquer les systèmes de cartographie mobile • Expliquer et appliquer les capteurs de navigation et de cartographie utilisés à bord des plates-formes mobiles. • Identifier et décrire les systèmes de coordonnées et appliquer correctement les transformations de coordonnées pour les applications de cartographie mobile. <p>Résultats d'apprentissage :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Appliquer et analyser des méthodes de localisation de plates-formes et de capteurs (position et orientation) • Appliquer et analyser des méthodes et des algorithmes de calcul pour le traitement des données captées par les plates-formes mobiles. • Concevoir, planifier et évaluer des missions de cartographie mobile