

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Sujets du tronc commun
E4 : TECHNIQUES AVANCÉES DE TÉLÉDÉTECTION

Guide d'études :

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.

Les réponses numériques ainsi que des références directes à la section des Références essentielles sont fournies pour chaque section de ce guide afin d'orienter les réponses non numériques.

1. En ce qui touche les principes de la télédétection :

- Principes de radiation électromagnétique (rayonnement du corps noir, interaction de la radiation EM avec l'atmosphère, interaction de la radiation EM avec la surface de la Terre)
- Plate-formes de télédétection
- Principes de fonctionnement des systèmes de télédétection (actifs et passifs)
- Cartographie photogrammétrique
- Relation entre la télédétection et les autres sciences cartographiques (Par ex.: photogrammétrie, arpentage, GPS, cartographie, SIG)

Questions type :

- Q1.1. Quelles sont les principales différences entre la télédétection et la photogrammétrie ?
- Q1.2. Discutez des différents types de résolutions qui sont utilisés pour décrire les caractéristiques d'un système de télédétection (donner des exemples / illustrations chaque fois que possible).
- Q1.3. Expliquez de quelle manière vous pouvez utiliser la courbe de réflectance spectrale afin d'identifier le taux d'humidité de la végétation et du sol ?
- Q1.4. Pourquoi voyons-nous un ciel bleu en mi-journée et un ciel rougeâtre / jaunâtre au coucher du soleil ?
- Q1.5. Quelles sont les différences entre les systèmes de télédétection actifs et passifs ? Donnez un exemple de chaque système. Discutez des avantages et inconvénients de ces systèmes.
- Q1.6. Quelles sont les principales différences entre les orbites de satellites géostationnaires et héliosynchrones ? Énumérer les avantages et les inconvénients de ces types d'orbites.
- Q1.7. Les scanners hyper-spectraux et multi-spectraux détectent et enregistrent la radiation de plusieurs (voire des centaines) de bandes spectrales très étroites. Quels seraient les avantages de ces types de capteurs ? Quels seraient les inconvénients de tels capteurs ?

- Q1.8. Qu'entend-on par réflectance spéculaire ? Quelle est le critère de rugosité de surface par rapport à la longueur d'onde des rayonnements qui conduirait à la réflectance spéculaire ?
- Q1.9. Qu'entend-on par réflectance diffuse ? Quelle est le critère de rugosité de surface par rapport à la longueur d'onde des rayonnements qui conduirait à la réflectance diffuse ?
- Q1.10. Quels sont les avantages et inconvénients des plate-formes de télédétection aériennes ?
- Q1.11. Quels sont les avantages et inconvénients des plate-formes de télédétection satellitaires ?

(Voir Références essentielles ENGO 435, Chapitre 2; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Chapitres 1 et 2; Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Chapitre 2)

2. En ce qui touche les corrections radiométriques apportées aux données de télédétection :
- Étalonnage radiométrique des données de télédétection : motif
 - Étalonnage des capteurs : Récupération de la radiance au capteur à partir des données numériques enregistrées
 - Correction atmosphérique : Récupération de la radiance de surface à partir de la radiance au capteur
 - Correction solaire et topographique : Récupération de la réflectance de surface à partir de la radiance de surface

Questions type :

- Q2.1. Quels sont les trois principaux processus nécessaires pour satisfaire les objectifs de l'étalonnage radiométrique des systèmes de télédétection ?
- Q2.2. Une valeur de gris enregistrée (nombre numérique) à n'importe quel emplacement de pixel d'une image n'est pas un enregistrement de la radiance réelle issue de la terre. Expliquez pourquoi ?
- Q2.3. Quels sont les facteurs qui affectent l'énergie enregistrée par le capteur ?
- Q2.4. La correction atmosphérique est une étape importante de l'étalonnage radiométrique de l'imagerie de télédétection. Énoncez et expliquez les trois champs d'application qui requièrent cette correction atmosphérique.
- Q2.5. Quel est l'angle zénithal optimal du soleil qui produira le plus grand coefficient de transmission atmosphérique ? Appuyez votre réponse en expliquant la ou les formule(s) pertinentes (s).

Réponse :

0°

- Q2.6. L'élimination du trajet de radiance atmosphérique peut être établie par l'observation des données numériques issues d'objets noirs. Quels sont les facteurs qui pourraient donner naissance à des objets noirs ?
- Q2.7. Expliquez brièvement la procédure qui permet de transformer la radiance au capteur (LS) en radiance émise à la cible (LT).

Q2.8. Qu'entend-on par couloir de radiance atmosphérique (LP) ? DE quelle manière celui-ci affecte-t-il l'image enregistrée ?

Q2.9. Quels facteurs affectent la magnitude de la radiance à la cible (LT) ?

(Voir Références essentielles ENGO 435, Chapitre 4; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Chapitres 1 et 2; Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Chapitres 2 et 6)

3. En ce qui touche les corrections géométriques apportées à l'imagerie de télédétection:

- Recalage, géo-codage, et ortho-rectification
- Outils requis :
 - Transformation image à image (transformation directe et indirecte)
 - Techniques de rééchantillonnage de l'image (plus proche voisin, rééchantillonnage, bilinéaire, rééchantillonnage bicubique)
- Paradigmes d'enregistrement : recalage des primitives, paramètres de transformation, et fonction de similarité
- Rectification polynomiale
- Rectification rigoureuse

Questions type :

Q3.1. Qu'entend-on par recalage de données ? Pourquoi cette question est-elle importante ?

Q3.2. Expliquez brièvement la base conceptuelle de la procédure mise en place pour effectuer le co-recalage de deux images issues de télédétection.

Q3.3. Quelles sont les caractéristiques et applications possibles d'une orthophoto ?

Q3.4. Quelles sont les différentes stratégies de recalage d'images ? Faites un tableau des avantages et inconvénients de chaque méthode.

Q3.5. Lors d'une transformation image à image, quelles sont les différences entre la transformation directe et la transformation indirecte ? Faites un tableau des avantages et inconvénients de chaque méthode.

Q3.6. Quel est l'objectif du rééchantillonnage d'image ? Quelles sont les alternatives possibles au ré-échantillonnage d'image ?

Q3.7. Quelles sont les principales caractéristiques des techniques de ré-échantillonnage du plus proche voisin, interpolation bilinéaire et convolution cubique ?

Q3.8. Quels sont les avantages et inconvénients des techniques de ré-échantillonnage du plus proche voisin, interpolation bilinéaire et convolution cubique ?

Q3.9. Énumérez les étapes requises lors de la production d'une orthophoto par rectification différentielle.

Q3.10. Quel type de données est requis pour générer une orthophoto par rectification différentielle ?

Q3.11. Quel type de données est requis pour générer une orthophoto par rectification polynomiale ?

Q3.12. Quels sont les facteurs qui influent sur l'ordre de la fonction de transformation lors d'une transformation polynomiale?

(Voir Références essentielles ENGO 435, Chapitre 5; ENGO 531, Chapitres 1, 2, et 5; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Chapitre 6; Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Chapitre 6)

4. En ce qui touche la classification de l'image :

- Classification d'images : Objectif
- Techniques de classification d'image :
 - Classification dirigée (parallélépipède, distance minimale, maximum de vraisemblance gaussienne)
 - Classification non dirigée (moyenne-K, regroupement ISODATA, espérance-maximisation)
- Évaluation de la précision de classification

Questions type :

- Q4.1. Du point de vue de la classification de l'image, quelle est la différence entre les classes spectrales et d'information ?
- Q4.2. Énumérez et expliquez brièvement les hypothèses de base qui appuient les techniques de classification d'images.
- Q4.3. Expliquez brièvement les bases conceptuelles des méthodologie de classification d'image dirigées et non dirigées.
- Q4.4. Quelles sont les principales caractéristiques / différences entre les stratégie de classification dirigées et non dirigées ? Répondez à l'aide d'un tableau.
- Q4.5. Quel est le rôle premier d'un ensemble d'entraînement lors d'une procédure de classification d'image dirigée?
- Q4.6. Expliquez brièvement la procédure utilisée avec l'algorithme de classification du parallélépipède. Quels sont les avantages et inconvénients de cette technique de classification ?
- Q4.7. Discutez brièvement de la procédure en place pour la technique de classification moyen-K non dirigée. Quels sont les inconvénients d'une telle procédure ?
- Q4.8. Expliquez brièvement de quelle manière la méthode de classification ISODATA contourne certains des inconvénients de la méthode moyen-K.
- Q4.9. Vu la matrice de confusion suivante :

	A	B	C
A	120	12	8
B	21	212	9
C	16	11	89

Estimez les quantités suivantes :

- La précision globale des résultats de la classification
- La précision du producteur pour les trois classes
- La précision de l'utilisateur pour les trois classes

Réponse :

84,54% - 76,43%, 90,21%, 83,96% - 85,71%, 87,60%, 76,72%

(Voir Références essentielles ENGO 435, Chapitre 6; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Chapitre 12; Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Chapitre 8)

5. En ce qui touche le balayage Thermique et Multi / Hyper-Spectral :

- Radiation des corps noirs
- Scanners thermiques
- Caractéristiques géométriques des scanners thermiques
- Étalonnage radiométrique des scanners thermiques
- Cartographie de la température à l'aide de données issues de balayage thermique
- Scanners multispectraux : fonctionnement et caractéristiques de design à examiner
- Analyse en composantes principales (ACP)

Questions type :

- Q5.1. Qu'entend-on par « corps noir » ? Quels sont les facteurs qui influent sur sa conversion de chaleur absorbée en énergie de rayonnement ? Donnez un exemple d'un corps noir sous certaines conditions.
- Q5.2. Énumérez quelques applications d'un capteur infrarouge passif.
- Q5.3. Expliquez le mécanisme de fonctionnement d'un scanner thermique linéaire.
- Q5.4. Expliquez le mécanisme de fonctionnement d'un scanner thermique opto-mécanique.
- Q5.5. Quelle est la différence entre balayage thermique quantitatif et balayage thermique qualitatif ?
- Q5.6. Quelles sont les caractéristiques principales de la variation diurne de la température du sol et des roches. (vous pouvez utiliser une esquisse pour illustrer votre réponse) ?
- Q5.7. Quelles sont les caractéristiques principales de la variation diurne de la température de l'eau (vous pouvez utiliser une esquisse pour illustrer votre réponse) ?
- Q5.8. Expliquez brièvement les distorsions géométriques introduites par le mécanisme de balayage d'un scanner thermique.
- Q5.9. Expliquez brièvement deux des techniques d'étalonnage radiométriques couramment utilisées sur les scanners thermiques.
- Q5.10. Quelle est la différence entre les systèmes de télédétection multispectraux et hyperspectraux ?
- Q5.11. À quoi sert principalement l'ACP ?

Q5.12. Expliquez brièvement la base conceptuelle de l'ACP

(Voir Références essentielles Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Chapitres 7 et 8)

6. En ce qui touche le traitement des images numériques :

- Accentuation de l'image : introduction
- Manipulation du contraste : étirement du contraste linéaire, égalisation de l'histogramme, étirement gaussien)
- Élimination du bruit
- Convolution
- Analyse de texture
- Traitement de l'image au niveau de la fréquence : transformée de Fourier

Questions type :

Q6.1. Expliquez brièvement la base conceptuelle de l'étirement linéaire de contraste.

Q6.2. Expliquez brièvement la base conceptuelle de l'égalisation d'histogramme.

Q6.3. Expliquez brièvement la base conceptuelle de l'étirement gaussien.

Q6.4. Expliquez brièvement les options de lissage de l'image

Q6.5. Quelle est la base conceptuelle sur laquelle repose la série de Fourier et sa transformée ?

Q6.6. Énumérez quelques applications de la transformée de Fourier au niveau du traitement de l'image.

Q6.7. Décrivez les bases conceptuelles du lissage de l'image au niveau de la représentation en fréquence.

Q6.8. Décrivez les bases conceptuelles de l'affinage de l'image au niveau de la représentation en fréquence.

Q6.9. Ce qui suit est une sous-image 3 x 3 d'un cliché de télédétection :

95	94	84
86	27	96
100	97	87

Dérivez les valeurs lissées au pixel central en utilisant les filtres suivants :

3x3 moyenne mobile,

3x3 filtre médian, et

Le masque de lissage qui s'ensuit :

Réponse :

85,11, 94, 70,58

(Voir Références essentielles ENGO 435, Chapitre 4; Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Chapitre 7)

7. En ce qui touche la détection micro-ondes :

- Avantages de la détection micro-ondes
- Fonctionnement de systèmes radar aéroporté à antenne latérale (RAAL)
- Caractéristiques géométriques de l'imagerie RAAL
- Caractéristiques de la surface de la Terre qui affectent les rétrodiffusions radar
- Interprétation de l'imagerie RAAL

Questions type :

- Q7.1. Quels sont les avantages des systèmes de télédétection radar ?
- Q7.2. Sous forme de tableau, illustrez les avantages et les inconvénients des systèmes qui utilisent les segments suivants du spectre électromagnétique : visible, infra-rouge, et micro-ondes (passif et actif).
- Q7.3. Expliquez brièvement les principes de base du fonctionnement des systèmes radar aéroportés à antenne latérale (RAAL).
- Q7.4. Expliquez brièvement ce que l'on entend par limite de résolution en portée et résolution azimutale dans le contexte des systèmes RAAL.
- Q7.5. Expliquez brièvement la distorsion à échelle oblique dans le contexte des systèmes RAAL.
- Q7.6. Expliquez brièvement la déformation de dénivelés dans le contexte des systèmes RAAL.
- Q7.7. Expliquez brièvement l'impact de la géométrie capteur/terrain sur l'imagerie RAAL.
- Q7.8. Expliquez brièvement le facteur de réponse du sol dans le contexte de l'imagerie RAAL.
- Q7.9. Expliquez brièvement le facteur de réponse de la végétation dans le contexte de l'imagerie RAAL.
- Q7.10. Expliquez brièvement le facteur de réponse de l'eau et de la glace dans le contexte de l'imagerie RAAL.

(Voir Références essentielles ENGO 435, Chapitre 3; ENGO 531, Chapitre 6; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Chapitre 9)

8. En ce qui touche la cartographie LIDAR :

- Principes LASER
- Principes LiDAR
- Équation LiDAR
- Sources d'erreurs (systématiques et aléatoires)
- Segmentation de données LiDAR et extraction des caractéristiques
- LiDAR versus systèmes photogrammétriques

Questions type :

- Q8.1. Quelles sont les composantes principales d'un système LiDAR ?
- Q8.2. Quels sont les facteurs principaux qui affectent la dimension de l'empreinte laser ?
- Q8.3. Qu'entend-on au niveau des spécifications suivantes et de leurs valeurs typiques au niveau des systèmes LiDAR commerciaux:
- Taux / fréquence de balayage,
 - Taux / fréquence des impulsions,
 - Distance à terre (Ground spacing),
 - Longueur d'ondes,
 - Diagramme de balayage, et
 - Divergence du faisceau ?
- Q8.4. Quelles erreurs systématiques peuvent se retrouver dans un système LiDAR ? Comment pouvez-vous atténuer l'impact de ces erreurs ?
- Q8.5. Quelle est la base conceptuelle du positionnement par point lors de l'utilisation d'un système LiDAR ?
- Q8.6. Quel est l'objectif principal de la segmentation des données LiDAR ?
- Q8.7. Quelles sont les solutions de segmentation applicables aux données LiDAR ? Élaborez sur les avantages et inconvénients de ces solutions.
- Q8.8. Comment pourriez-vous comparer l'image d'intensité générée par un système LiDAR à une image optique ?
- Q8.9. Quelles sont les principales différences entre les systèmes photogrammétriques et les systèmes LiDAR ?
- Q8.10. Quels sont les avantages principaux du LiDAR comparativement au système photogrammétrique ?
- Q8.11. Quels sont les avantages principaux d'un système photogrammétrique comparativement au LiDAR ?
- Q8.12. Dans un système photogrammétrique, la précision horizontale est supérieure à la précision verticale. Êtes-vous d'accord avec cet énoncé ? Pourquoi ?
- Q8.13. Dans un système LiDAR, la précision verticale est supérieure à la précision horizontale. Êtes-vous d'accord avec cet énoncé ? Pourquoi ?

(Voir Références essentielles ENGO 435, Chapitre 3; ENGO 531, Chapitres 4 et 5; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Chapitre 9)

9. En ce qui touche les applications de télédétection :
- Cartographie de l'utilisation des terres / couverture terrestre
 - Applications agricoles : extraction des indices végétaux
 - Applications cartographiques urbaines et régionales
 - Évaluation environnementale
 - Applications – ressources aquatiques
 - Détection des changements

Questions type :

- Q9.1. À l'aide d'une esquisse, illustrez les courbes de réflectance spectrale d'une végétation saine et d'une végétation agressée.
- Q9.2. Expliquez ce que l'on entend par indices de végétation.
- Q9.3. Quelles sont les caractéristiques clés d'un indice de végétation optimal ?
- Q9.4. Comment définit-on l'indice de végétation de Rapport Simple ?
- Q9.5. Comment définit-on l'indice de végétation par Différence Normalisée ?
- Q9.6. Comment définit-on l'indice de végétation ajusté pour le sol ?
- Q9.7. Quelle est la meilleure longueur d'ondes à utiliser pour distinguer la terre de l'eau pure ?
- Q9.8. Expliquez les principaux indices qui permettent de distinguer les résidences unifamiliales des résidences multifamiliales à partir d'imagerie aéroportée.
- Q9.9. Quelles sont les étapes nécessaires à une application de détection de changements en à partir de données de télédétection temporelles ?
- Q9.10. Expliquez brièvement les bases conceptuelles de deux algorithmes de détection de changements (par ex.: comparaison post-classification, détection des changements par l'algèbre de l'image, analyse des vecteurs des changements spectraux).

(Voir Références essentielles ENGO 435, Chapitres 2, 3, 4 et 6; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, Chapitres 10 – 13; Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Chapitres 8 et 9)