

Conseil canadien des examinateurs pour les arpenteurs-géomètres
Éléments du tronc commun
C 7: TÉLÉDÉTECTION ET PHOTOGRAMMÉTRIE

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.

Des réponses numériques ainsi que des références aux ouvrages de référence essentiels sont fournies dans chaque section de ce guide d'études afin de faciliter l'élaboration des réponses non numériques.

1. En ce qui touche la radiation électromagnétique :

- Terminologie (énergie, énergie rayonnante, flux énergétique, densité de flux énergétique)
- Principes de radiation EM (rayonnement du corps noir, interaction de la radiation EM avec l'atmosphère, fenêtres atmosphériques)
- Systèmes de télédétection actifs par opposition aux systèmes passifs (imagerie optique, LiDAR, et RADAR)
- Bandes du spectre de radiation électromagnétique (caractéristiques, avantages, limites):
 - Ondes radio
 - Micro-ondes
 - Radiation infrarouge
 - Lumière visible
 - Rayons ultraviolets
 - Rayons-X
 - Rayons-Gamma

Questions type :

- Q1.1. Énumérez les principales bandes du spectre de radiation EM. Laquelle est utilisée en photogrammétrie ?
- Q1.2. Sous forme de tableau, énumérez et faites une liste des unités de mesure s'appliquant aux termes de radiation EM suivants : énergie rayonnante, flux énergétique, densité de flux énergétique, irradiance, existence rayonnante, existence spectrale.
- Q1.3. Plus courte la longueur d'ondes, plus élevée l'énergie transportée par la radiation. Appuyez cet énoncé à l'aide d'exemples de telles radiations.
- Q1.4. Expliquez pourquoi les systèmes à micro-ondes actifs sont plus appropriés que les systèmes à micro-ondes passifs dans la télédétection à haute résolution.
- Q1.5. Quels sont les avantages des systèmes de télédétection RADAR ?
- Q1.6. Énumérez quelques applications d'un détecteur à l'infrarouge passif.

- Q1.7. Quelle radiation EM est utilisée dans les systèmes LiDAR ? Ces systèmes sont-ils actifs ou passifs ?
- Q1.8. Les systèmes de détection satellitaires évitent de détecter et d'enregistrer les longueurs d'ondes situées dans la portion ultraviolette du spectre. Pourquoi ? Et les rayons Gamma ?
- Q1.9. Faites un tableau des avantages et désavantages des systèmes en utilisant les portions suivantes du spectre de radiation électromagnétique : visible, infrarouge, et micro-ondes (passif et actif).

Voir références essentielles : ENGO 431, chapitre 2; ENGO 435, chapitres 1 – 3; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, chapitre 2

2. En ce qui touche l'optique de base :

- Optique géométrique et physique
- Composante de base d'une caméra (lentilles, obturateur, ouverture utile, corps, medium photosensible)
- Réflexion et réfraction
- Lentilles (axe optique, principaux plans focaux , grossissement angulaire, points nodaux, points focaux, distance focale)
- Équation, aberrations, distorsions (distorsion radiale et décentralisatrice), et diffraction
- profondeur de champ, profondeur du foyer, flou animé, pouvoir de résolution des systèmes d'imagerie.
- Résolution géométrique, radio-métrique et spectrale

Questions type :

- Q2.1. Les exigences de la réduction des effets des aberrations et de la diffraction et, celles de l'amélioration de la profondeur de champ et de la profondeur de foyer du système d'imagerie sont conflictuelles. Êtes-vous d'accord avec cet énoncé ? Pourquoi ?
- Q2.2. Quelle est l'importance de réduire les effets d'aberration et de distorsion ?
- Q2.3. Quel est le rôle de chacune des composantes majeures d'une caméra ?
- Q2.4. Quelle est la différence conceptuelle entre l'optique physique et l'optique géométrique ?
- Q2.5. Expliquez les questions auxquelles répond la loi de la réflexion.
- Q2.6. Expliquez les questions auxquelles répond la loi de la réfraction.
- Q2.7. Que veut dire « profondeur de champ » ? Quels sont les facteurs qui affectent la profondeur de champ d'un système d'imagerie numérique ?
- Q2.8. Que veut dire « profondeur focale » ? Quels sont les facteurs qui affectent la profondeur de foyer d'un système d'imagerie numérique ?
- Q2.9. Qu'est-ce que la résolution géométrique d'un système de télédétection ? Quels sont les facteurs qui affectent la résolution géométrique d'un système d'imagerie numérique ?
- Q2.10. Qu'est-ce que la résolution radiométrique d'un système de télédétection ? Quels sont les facteurs qui affectent la résolution radiométrique d'un système d'imagerie numérique ?

Q2.11. Qu'est-ce que la résolution spectrale d'un système de télédétection ? Quels sont les facteurs qui affectent la résolution spectrale d'un système d'imagerie numérique ?

Voir références essentielles ENGO 431, chapitre 3

3. En ce qui touche le développement de films et les caméras numériques :

- Composantes du film photographique
- Traitement du film noir et blanc (N/B), (film négatif, film inversé)
- Nature de la couleur
- Traitement du film couleur (film négatif, film inversé)
- Caractéristiques sensitométriques de l'émulsion
- Caméras analogues contre caméras numériques
- **Caméras numériques contre caméras linéaires**

Questions type :

Q3.1. Quelles sont les différences essentielles entre les films négatifs, positifs et inversés ?

Q3.2. Quelles sont les composantes et les rôles de chaque partie du film photographique ? Utilisez une esquisse pour expliquer votre réponse.

Q3.3. Quelle est la différence entre le film N/B négatif et le film N/B à diapositives ?

Q3.4. Expliquez à l'aide d'esquisses les étapes du développement d'un film négatif N/B.

Q3.5. Expliquez les étapes du développement d'un film N/B inversé.

Q3.6. Expliquez, à l'aide d'esquisses les étapes du développement d'un film négatif couleur.

Q3.7. Expliquez brièvement les étapes de saisie de l'image d'une caméra à lignes.

Q3.8. Quelles sont les alternatives pour une couverture stéréo qui utilise des caméras à lignes ?

Voir références essentielles ENGO 431, chapitre 4; ENGO 435, chapitre 3; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, chapitre 4

4. En ce qui touche la photographie verticale :

- Caractéristiques des images contre les caractéristiques cartographiques
- Photographie verticale : définitions et caractéristiques
- Échelle d'image
- Relations mathématiques entre les coordonnées d'images et celles du sol
- Déformation de dénivelée

Questions type:

Q4.1. Au fond d'une vallée, l'échelle d'une photo verticale est 1:8000. La longueur focale de la lentille utilisée pour prendre la photo est de 6". Une intersection routière sur la même photo est située à 495' au-dessus du fond de la vallée et 3,99' du point principal. Quelle est la déformation de dénivelée de l'intersection par rapport au fond de la vallée ?

Réponse :

0.4938"

- Q4.2. Qu'est-ce qu'une photo verticale ? Qu'est-ce qu'une photo quasi verticale ?
- Q4.3. Donnez une brève définition des entités suivantes : nadir du cliché, point principal, distance principale, hauteur de survol, ainsi que les axes X et Y du système de coordonnées - image.
- Q4.4. À l'aide de l'équation de la lentille faites valoir le point de vue que la distance principale et la longueur focale peuvent être utilisées de manière interchangeable dans le travail avec photographie aérienne.
- Q4.5. En photographie, les images ont une échelle variable. À l'aide d'une esquisse, illustrez ce fait. Dessinez l'esquisse d'un cas spécial où l'échelle d'une photo serait considérée comme constante.
- Q4.6. Quelles sont les sources de l'imagerie numérique ? Laquelle préféreriez-vous, à qualité égale ? Pourquoi ?

Voir référence essentielles ENGO 431, chapitre 5; Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS), chapitre 6; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, chapitre 6

5. En ce qui touche la mesure des coordonnées et le raffinement de l'image :
- Mesures des coordonnées de l'image dans des environnements analogues, analytiques et numériques.
 - Compérateurs: compérateurs mono et stéréo
 - Compérateurs automatiques
 - Transformations de coordonnées machine-à-image
 - Réduction/raffinement des mesures des coordonnées de l'image :
 - Distorsions radiale et décentralisatrice de la lentille
 - Réfraction atmosphérique
 - Sphéricité de la Terre

Questions type :

- Q5.1. Comparez les différentes générations de photogrammétrie du point de vue des formats d'entrée et de sortie ainsi que de celui des méthodologies d'observation stéréographiques.
- Q5.2. À quoi servent les compérateurs ?
- Q5.3. Quelle est la différence entre les compérateurs mono et stéréo ? Lequel de ceux-ci croyez vous le plus précis et le moins susceptible aux erreurs ? Pourquoi ?
- Q5.4. Quelles sont les conditions pour l'observation stéréo à l'aide de stéréocompérateurs ? Est-ce un avantage ou un désavantage ?
- Q5.5. À quoi sert le raffinement des coordonnées de l'image ?
- Q5.6. À l'aide d'une esquisse supplémentaire, illustrez la règle d'Abbe.

Voir références essentielles ENGO 431, chapitre 6; Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS), chapitre 4

6. En ce qui touche les mathématiques appliquées à la photogrammétrie :
- Modélisation mathématique : objectifs
 - Modélisation mathématique : alternatives
 - Matrices de rotation (2-D et 3-D)
 - Dérivée et caractéristiques
 - Équations de colinéarité
 - Concept et dérivée
 - Condition de coplanarité
 - Concept et dérivée
 - Compensation par la méthode des faisceaux
 - Concept et objectifs
 - Ajustement par méthode des moindres-carrés en photogrammétrie
 - Cas particuliers: relèvement photo unique, intersection photogramétrique, compensation par faisceaux avec auto-calibrage
 - Contrôle de qualité de la cartographie photogramétrique :
 - planification de la mission de survol
 - étalonnage de la caméra
 - étalonnage du système
 - Contrôle de qualité des produits photogramétriques : évaluation de la justesse et de la précision

Questions type :

- Q6.1. Quel est l'objectif de la modélisation mathématique en photogrammétrie ?
- Q6.2. Quelle est la base conceptuelle des équations de colinéarité ?
- Q6.3. Quelle est la base conceptuelle de la condition coplanaire ?
- Q6.4. Qu'est-ce que la perspective géométrique théorique en photogrammétrie ?
- Q6.5. Quelle est la fonction des matrices de rotation ?
- Q6.6. Énumérez et décrivez les paramètres des équations de colinéarité.
- Q6.7. Que sont les paramètres d'orientation intérieurs et comment sont-ils déterminés ?
- Q6.8. Que sont les paramètres d'orientation extérieurs et comment sont-ils estimés ?
- Q6.9. Quelle est la base conceptuelle d'une fonction-cible, à partir d'une procédure d'ajustement par la méthode des faisceaux d'un bloc image avec points de contrôle au sol et raccordement ?

Voir références essentielles ENGO 431, chapitres 5 – 8; Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS), chapitres 11 and 17; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, chapitre 6

7. En ce qui touche la théorie de l'orientation et de triangulation photogrammétrique :
- Concept de transformation d'une image projection centrale en un modèle 3D pour générer une carte orthogonale
 - Orientation intérieure : distorsions, étalonnage de la caméra (laboratoire, à l'intérieur et sur le site)
 - Orientation extérieure : (orientation relative, parallaxe- x v. y, orientation absolue, orientation directe / géo-référence, orientation indirecte /géo-référence)
 - Triangulation aérienne : triangulation par bandes, triangulation par blocs, et ajustement par méthode des faisceaux
 - Résection et intersection photogrammétriques

Questions type :

- Q7.1. Quelles sont les causes et caractéristiques de la distorsion radiale d'une lentille ? Utilisez une esquisse représentative pour expliquer les deux types de distorsion radiale d'une lentille.
- Q7.2. Qu'est-ce qui cause la distorsion décentralisatrice d'une lentille ? Utilisez une esquisse pour expliquer une forme standard d'une telle distorsion.
- Q7.3. Comment les déformations affines se manifestent-elles ? Utilisez une esquisse pour illustrer une telle distorsion.
- Q7.4. Quelles caractéristiques d'une caméra numérique pourraient causer des déformations affines ?
- Q7.5. En bref, quels sont les principaux objectifs d'un exercice de calibrage d'une caméra.
- Q7.6. En bref, quelles sont les différentes options de calibrage d'une caméra ? Quelle méthode préféreriez-vous ? Pourquoi ?
- Q7.7. En bref, expliquez les différentes options pour établir les paramètres d'orientation extérieurs d'un bloc image ?
- Q7.8. Quelle est la base conceptuelle de la méthode d'ajustement par faisceaux ?

Voir références essentielles ENGO 431, chapitre 8; Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS), chapitre 17

8. En ce qui touche le traitement radiométrique de données de télédétection :
- Étalonnage radiométrique
 - Étalonnage des capteurs
 - NN/valeurs de gris → Radiance au capteur.
 - Correction atmosphérique
 - Radiance au capteur → Radiance à la surface.
 - Correction solaire et topographique
 - Radiance de surface → Réflectance de surface.
 - Traitement d'images radiométrique :
 - Traitement du domaine spatial/image

- Élimination du bruit
- Détection des points et des contours
- Traitement du domaine de fréquences

Questions type :

- Q8.1. Quels sont les facteurs qui affectent l'énergie enregistrée par un système de télédétection ?
- Q8.2. La correction atmosphérique est une étape importante lors de l'étalonnage radiométrique de l'imagerie de télédétection. Énoncez et expliquez trois principaux champs d'application qui exigent la correction atmosphérique.
- Q8.3. Ce qui suit est une sous-image 3 x 3 d'une scène de télédétection :

95	94	84
86	27	96
100	97	87

Dérivez la valeur lissée du pixel central en utilisant les filtres suivants :

- * 3x3 moyenne mobile,
- * 3x3 filtre médian, et
- * le masque de lissage suivant

$$\frac{1}{10} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Réponse :

85.11, 94, 79.30

- Q8.4. Expliquez brièvement le concept sous-jacent à la procédure de transformation à partir de nombres numériques enregistrés vers la radiance au capteur. (LS).
- Q8.5. De quelle manière la diffusion et l'absorption affecteront-elles la radiance vers le capteur (LS) pour des gammes d'ondes variées du spectre EM ? Expliquez la relation relative résultante entre les ordres de grandeur de la radiance au capteur (LS) et la radiance issue de la cible (LT) pour différentes longueurs d'ondes EM qui sont le résultat de ces effets.
- Q8.6. Quelle est la base conceptuelle de la transformation de Fourier ? Énumérez quelques-unes des applications de la transformation de Fourier au traitement d'image.
- Q8.7. Décrivez les bases conceptuelles du lissage de l'image dans les domaines de fréquence.
- Q8.8. Décrivez les bases conceptuelles de l'affinage de l'image (enrichissement) dans les domaines de fréquence.

Voir références essentielles ENGO 435, chapitre 4; Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS), chapitre 14; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, chapitre 2.

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

- Classification de l'image : objectif
- Techniques de classification de l'image :
 - Classification dirigée
 - Classification non dirigée
- Évaluation de la précision

Questions type :

- Q9.1. Quelle est la différence, au niveau de la classification des images, entre les images spectrales et informatives ?
- Q9.2. Énumérez et expliquez brièvement les hypothèses qui sous-tendent les techniques de classification des images
- Q9.3. Expliquez brièvement les bases conceptuelles des méthodes de classification supervisées et non-supervisées des images.

Quelles sont les caractéristiques/différences entre les stratégies de classification dirigées et non-dirigées ? Calculez votre réponse.

- Q9.4. Quel est le rôle principal de la base d'apprentissage lors d'une procédure supervisée de classification de l'image ?
- Q9.5. En bref, expliquez le processus d'évaluation de la précision d'un processus d'évaluation ?

Voir références essentielles ENGO 435, chapitre 6; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, chapitre 12

10. En ce qui touche la production d'orthophotos :

- Recalage, géocodage et orthorectification
- Outils requis :
 - Transformation image à image
 - Rééchantillonnage de l'image
- Rectification polynomiale
- Rectification rigoureuse

Questions type :

- Q10.1. Que sont les données de recalage ? Pourquoi est-ce une question importante ?
- Q10.2. Quelles sont les caractéristiques et applications possibles d'une orthophoto ?
- Q10.3. Quelles sont les diverses stratégies de rectification de l'image ? Faites un tableau des avantages et inconvénients de chaque méthode.
- Q10.4. Quelles sont les différences entre la transformation directe et indirecte lors d'une rectification d'image ? Faites un tableau des avantages et inconvénients de chaque méthode.
- Q10.5. Énumérez toutes les étapes du processus de production d'une orthophoto par la méthode de rectification différentielle ?

Q10.6. Quelles sont les données requises pour produire une orthophoto par la méthode de rectification différentielle?

Q10.7. Quelles sont les données requises pour produire une orthophoto par la méthode de rectification polynomiale ?

Voir ressources essentielles ENGO 435, chapitre 5; Elements of Photogrammetry (with Applications in GIS), chapitres 10 et 13; Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource

*P
e
r
s
p
e
c
t
i
v
e
,

c
h
a
p
i
t
r
e*