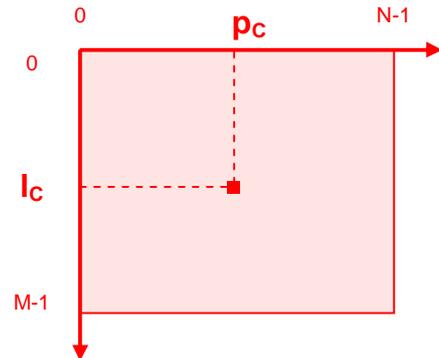




On répondra directement sur les quatre feuilles d'examen en indiquant en pied de page ses NOM et Prénom. L'usage de document n'est pas autorisé.

1. Référentiel image

Soit une image de M lignes et N colonnes, illustrer ci-contre les coordonnées (l_c, p_c) du centre de l'image en graduant sommairement les axes afin d'indiquer les coordonnées des quatre coins de l'image.



1

1

$$l_c = (M-1) / 2$$

$$p_c = (N-1) / 2$$

2. Image géocodée

Définir mathématiquement ce qu'est une image géocodée en décrivant précisément toutes les variables des relations mathématiques.

1

Une image géocodée a été projetée dans un système de référence géodésique tel que les coordonnées (X, Y) dans ce système peuvent directement être déduites des coordonnées (l, p) de l'image selon la formule suivante:

$$X = X_0 + l \times r_H$$

$$Y = Y_0 - p \times r_V$$

avec

(X_0, Y_0) les coordonnées (Easting, Northing) du coin supérieur gauche de l'image

(r_H, r_V) les résolutions horizontale et verticale respectivement des pixels image.

3. Image géoréférencée

Définir mathématiquement ce qu'est une image géoréférencée en définissant précisément toutes les variables des relations mathématiques.

1

Une image est géoréférencée lorsqu'il existe une relation mathématique ou un programme permettant de retrouver les coordonnées (X, Y) dans un système de référence géodésique à partir des coordonnées (l, p) de l'image selon la formule suivante:

$$X = f_X(l, p, aux)$$

$$Y = f_Y(l, p, aux)$$

avec

(f_X, f_Y) les composantes en X et Y de la fonction de localisation directe

aux les variables auxiliaires pouvant entrer dans la modélisation de la géométrie de prise de vue (altitude du point observé, éphémérides, attitude, MNT...).



4. Points d'appui et points de contrôle

1

- a. Quelle est la définition commune des points d'appui et des points de contrôle?

Les points d'appui ou points de contrôle établissent un lien entre les coordonnées image (l,p) et les coordonnées (X,Y) dans un référentiel terrestre.

1

- b. Quelle est la différence entre les points d'appui et les points de contrôle ?

Les points d'appui permettent de caler un modèle de transformation d'image vers un référentiel terrestre.

Les points de contrôle permettent d'estimer la précision de localisation dans un référentiel terrestre.

5. Erreurs de localisation

Soient - une image géoréférencée dont les coordonnées géodésiques (x,y) peuvent être calculées pour chaque pixel (l,p) par une fonction de localisation $f(x=f_X(l,p)$ et $y=f_Y(l,p)$,

- N points de contrôle [(l_i,p_i),(X_i,Y_i)] saisis à partir de documents cartographiques de référence.

- a. Erreur de localisation ponctuelle

Exprimer l'erreur de localisation du i^{ème} point de contrôle selon une distance euclidienne.

1

$$e_i = \sqrt{\left(X_i - f_X(l_i, p_i)\right)^2 + \left(Y_i - f_Y(l_i, p_i)\right)^2}$$

- b. Erreur quadratique moyenne

Exprimer l'erreur quadratique moyenne observée sur les N points de contrôle.

1

$$eqm = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2}$$

6. Erreur de localisation absolue

- a. Qu'appelle-t-on erreur de localisation absolue ?

1

L'erreur de localisation absolue est l'erreur globale de positionnement de l'image dans le référentiel terrestre. Cette erreur est représentée par une translation affectant le positionnement de tous les pixels de l'image.

- b. Comment l'erreur de localisation absolue peut-elle être estimée mathématiquement ?

1

L'erreur de localisation absolue est la moyenne arithmétique selon les composantes planimétriques X et Y des erreurs de localisation (e_X,e_Y).

$$\begin{cases} e_X = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(X_i - f_X(l_i, p_i)\right) \\ e_Y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(Y_i - f_Y(l_i, p_i)\right) \end{cases}$$

- c. Comment peut-on simplement corriger l'erreur de localisation absolue d'une image dans un SIG ?

1

L'erreur de localisation absolue peut simplement être corrigée en additionnant les moyennes arithmétiques e_X et e_Y aux coordonnées X₀ et Y₀ respectivement du point origine (généralement le coin supérieur gauche).



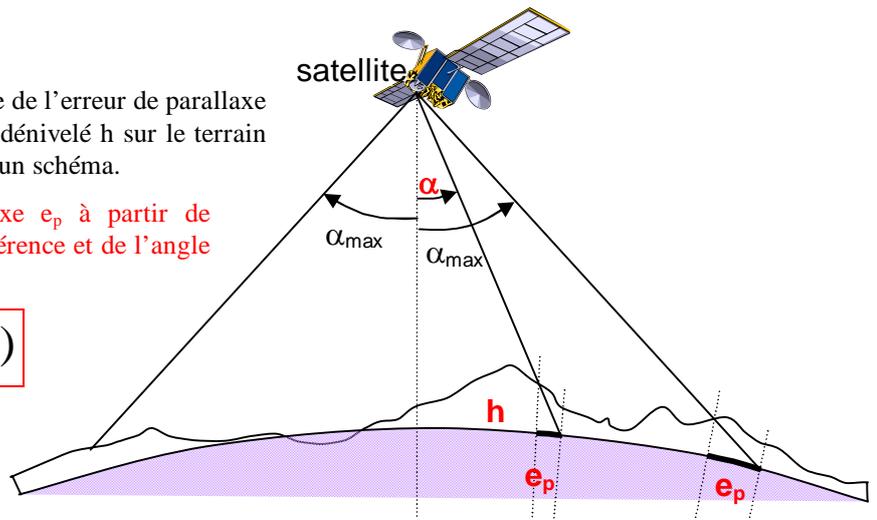
7. Erreur de parallaxe

1

Quelle formule donne une valeur approchée de l'erreur de parallaxe e_p en fonction de l'angle de visée α et du dénivelé h sur le terrain observé ? Illustrer l'erreur de parallaxe par un schéma.

On peut approximer l'erreur de parallaxe e_p à partir de l'élévation h au-dessus de la surface de référence et de l'angle de visée α .

$$erreur_{parallaxe} \approx h \times \tan(\alpha)$$



8. Ephémérides

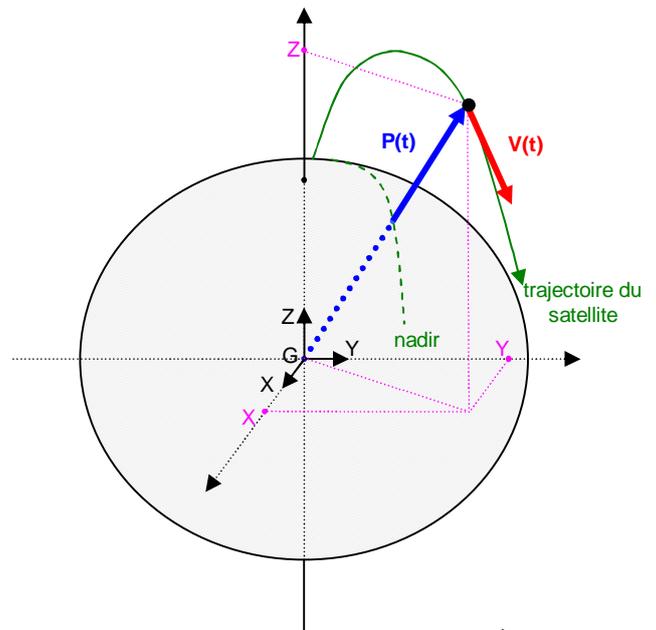
a. Que recouvre le terme « données d'éphémérides » ?

1

L'éphéméride est donnée par le couple des deux vecteurs associés à un temps t :

- position : vecteur reliant le centre de la Terre au satellite au temps t .
- vitesse : vecteur tangent à la trajectoire du satellite au temps t .

b. Illustrer dans une figure ci-contre ces deux vecteurs dans un référentiel géocentrique.



1

9. Attitudes

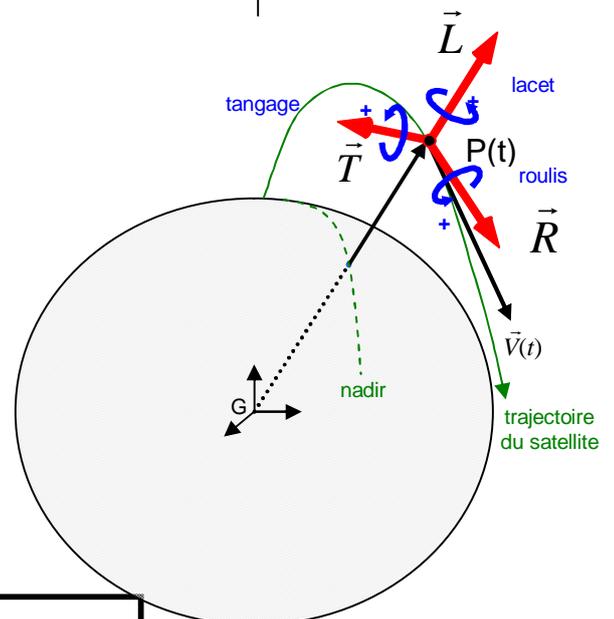
a. Que recouvre le terme « données d'attitude » ?

1

Les données d'attitude décrivent l'orientation du satellite en fournissant trois angles de rotation : roulis, tangage, lacet à un instant t .

b. Illustrer dans une figure ci-contre ces trois angles dans un référentiel géocentrique et en faisant apparaître le référentiel d'attitude lié au satellite.

1



NOM : Prénom :



10. Satellite agile

1

Qu'est-ce qu'un satellite agile ?

Un satellite agile a la possibilité de contrôler son attitude pour lui permettre de viser des cibles dans un large cône. Les satellites agiles sont généralement de petite taille et utilisent une ou plusieurs centrale(s) inertielle(s) pour piloter leur attitude.

11. Résolution spatiale et résolution spectrale

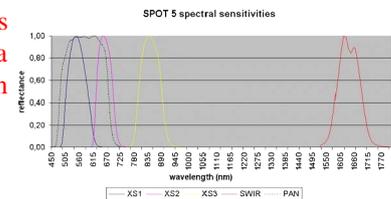
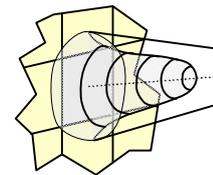
1

S'agissant d'un instrument optique, expliquer la différence entre la résolution spatiale et la résolution fréquentielle. Expliquer pourquoi ces performances techniques sont antagonistes. On pourra illustrer son propos de figures.

La résolution spatiale mesure la largeur de la « tâche image » (ou emprise au sol) d'un pixel. La résolution spatiale est d'autant plus élevée que cette tâche est petite.

La résolution fréquentielle mesure la bande-passante spectrale d'un canal.

Plus la bande-passante fréquentielle est fine, moins seront nombreux les photons arrivant dans l'instrument (rapport signal/bruit faible) et plus devra être ouvert le cône d'acquisition d'un pixel, réduisant ainsi la résolution spatiale.



12. Synthèse et mosaïque

Quels sont les points communs et les différences entre une synthèse et une mosaïque ?

1

Points communs : Les synthèses comme les mosaïques sont des assemblages de scènes généralement acquises par le même instrument et à des dates différentes pour couvrir une aire d'intérêt de manière homogène en donnant l'illusion que l'image résultante a été acquise en une observation unique. Cette homogénéité est réalisée dans les domaines :

- *géométrique* – les scènes assemblées sont dans la même projection et présente un continuum spatial,
- *radiométrique* – les scènes assemblées ne présentent pas de variations de couleurs à leurs jointures.

Différences : Une synthèse est réduite à la juxtaposition de scènes supposées correctement orthorectifiées et correctement calibrées. Une mosaïque est obtenue en recalant les scènes les unes par rapport aux autres, en déformant éventuellement ces scènes pour assurer la continuité spatiale à leurs jonctions, et en homogénéisant leurs couleurs par des techniques d'analyse de régression calculées dans les zones de recouvrement.

13. Estompage d'un MNT

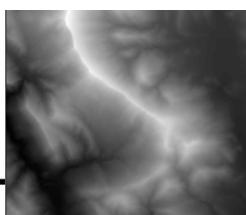
Qu'est-ce qu'un MNT ?

1

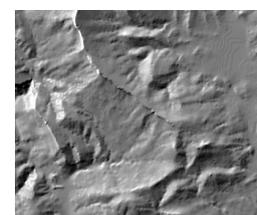
MNT est l'abréviation de Modèle Numérique de Terrain. C'est une image maillée (*raster*) pour laquelle chaque pixel a la valeur d'une altitude au dessus du géoïde ou d'une élévation au-dessus d'un ellipsoïde particulier.

Par quel traitement peut-on réaliser l'estompage d'un MNT codé en 16 bits non signés et en simulant un éclairage venant du nord-ouest ? Détailler la réponse en fournissant les paramètres de la matrice utilisée.

On peut réaliser l'estompage d'un MNT par un filtrage convolutif passe-haut. L'impression d'un éclairage venant du nord-ouest est obtenue par une matrice de convolution dont les coefficients sont donnés ci-dessous. Le gain α dépend de la variation des altitudes dans le MNT. L'offset est fixé à 32768 car l'intervalle des valeurs en 16 bits non signés est [0,65535].



$$\alpha \times \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} + 32768$$



NOM : Prénom :