



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. **Tâches des stations de réception des images satellites**

Quelles sont les trois tâches réalisées par les stations de réception des images satellites.

2

- **Tâche 1 – Réception de la télémétrie et archivage** – Téléchargement de la télémétrie délivrée par les satellites défilants enregistrée en temps-réel ou en playback. Les antennes pointent vers la position prédite lors de l'entrée dans la zone de visibilité de la station ou vers la position fixe des satellites géostationnaires. La télémétrie est enregistrée sur des supports à haute densité (bandes et disques optiques) qui doivent être recopiés régulièrement (activité de transcription).
- **Tâche 2 – Notation et mise au catalogue** – L'acquisition d'un segment est visualisée sur une station (*screening*) en découpant le segment en scènes. Chaque scène reçoit une ou plusieurs notes de couvert nuageux, et/ou couvert neigeux et/ou une note technique. Une vue sous-échantillonnée de chaque scène appelée *quick-look* est jointe aux métadonnées de la scène qui sont archivés dans le catalogue.
- **Tâche 3 – Production de scènes** – Pour honorer une commande de scène, le personnel de la station et le système de production retrouvent le segment acquis à la date désirée, extraient la scène et la traitent selon le niveau de traitement spécifié dans la commande. Le produit final est contrôlé puis conditionné pour la fourniture par Internet ou par voie postale.

2. **PAN-sharpening**

Qu'appelle t'on PAN-sharpening ?

2

Le PAN-sharpening consiste à synthétiser une image réunissant la haute résolution spatiale d'une bande spectrale monochromatique (*panchromatic* en anglais) généralement à large réponse spectrale et la résolution spectrale d'une composition colorée.

3. **Définitions**

Dans ce qui suit, on donnera une définition par une ou plusieurs phrases en l'illustrant par des formules et/ou symboles mathématiques.

a. Qu'appelle-t-on « image géoréférencée » ?

2

Une image est géoréférencée si l'on connaît les coordonnées terrestres d'une partie ou de tous les points de l'image. Pour ces points, la relation suivante est vérifiée :

$$\begin{cases} \lambda = f_{\lambda}(l, p, aux...) \\ \varphi = f_{\varphi}(l, p, aux...) \end{cases}$$

Où :

- (l,p) sont le coordonnées en ligne et pixel du point dans le référentiel image,
- (λ,φ) sont le coordonnées du point (l,p) dans un système de référence de coordonnées terrestre,
- aux sont des données auxiliaires.

b. Qu'appelle-t-on « géoréférencer une image » ?

2

Géoréférencer une image consiste à associer à des points (l<sub>i</sub>,p<sub>i</sub>) d'une image des coordonnées terrestres (λ<sub>i</sub>,φ<sub>i</sub>) extraits d'un document de référence cartographique (carte, image géocodée, points géodésiques, levé GPS...). Les N points d'appui sont des couples de coordonnées exprimées comme ci-dessous :

$$((l_i, p_i); (\lambda_i, \varphi_i)), i = 1..N$$

Où :

- (l<sub>i</sub>,p<sub>i</sub>) sont le coordonnées dans le référentiel image du i<sup>ème</sup> point d'appui,
- (λ<sub>i</sub>,φ<sub>i</sub>) sont le coordonnées dans le référentiel terrestre du i<sup>ème</sup> point d'appui.



c. Qu'appelle-t-on « image géocodée » ?

2

Soit SRC le système de référence de coordonnées d'une image (« projection native » de l'image), une image géocodée est une image dont les coordonnées terrestres de tout point sont données par la formule élémentaire suivante :

$$\begin{cases} \lambda = \lambda_0 + p \times GSD_w \\ \varphi = \varphi_0 - l \times GSD_h \end{cases}$$

Où :

- $(l,p)$  sont les coordonnées en ligne et pixel du point dans le référentiel image,
- $(\lambda,\varphi)$  sont les coordonnées du point  $(l,p)$  dans le SRC de l'image,
- $(\lambda_0,\varphi_0)$  sont les coordonnées du coin supérieur gauche de l'image dans le SRC,
- $GSD_v$  est la distance verticale d'échantillonnage au sol (hauteur du pixel),
- $GSD_h$  est la distance horizontale d'échantillonnage au sol (largeur du pixel).

#### 4. Satellite agile

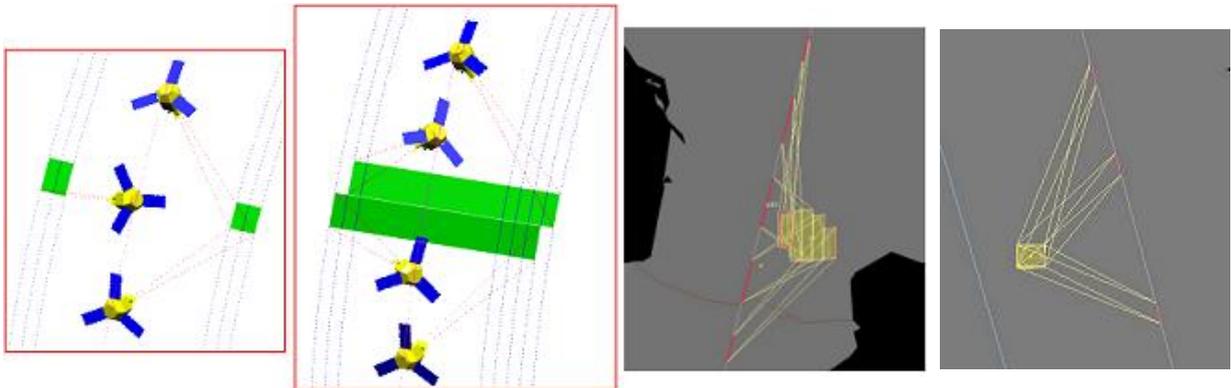
2

a. Qu'appelle-t-on « satellite agile » ?

Un « satellite agile » est une plate-forme capable de contrôler son attitude avec une grande amplitude (plusieurs dizaines de degrés en roulis, tangage ou lacet) pour orienter son vecteur de visée à l'intérieur d'un cône permettant ainsi de « dépointer » son (ou ses) instrument(s) vers une région d'intérêt.

b. Schématiser la série temporelle d'acquisitions d'un satellite agile doté d'un instrument *push-broom* sur une région d'intérêt en faisant figurer les vecteurs de visée des première et dernière lignes.

Exemple Pléiades : [http://smc.cnes.fr/PLEIADES/Fr/GP\\_systeme.htm](http://smc.cnes.fr/PLEIADES/Fr/GP_systeme.htm)



#### 5. Niveaux de produits

Dans la nomenclature CNES / SPOT IMAGE, quelles sont les corrections effectuées pour chacun des niveaux de produit suivants :

2

• 1A

- Egalisation des détecteurs (traitement radiométrique).

• 1B

- Correction de la rotation de la Terre.
- Correction de l'effet panoramique.
- Correction de la courbure terrestre.

• 2

- Projection dans un système de référence de coordonnées classique (UTM, Lambert, Mercator...) et donc reconnu par les SIGs.

NOM : ..... Prénom : .....



6. Recalage d'un MNT sur une image Landsat

Indiquer une technique permettant d'estimer visuellement la qualité du recalage d'une scène Landsat acquise en Afrique du Sud sur un modèle numérique de terrain ?

2

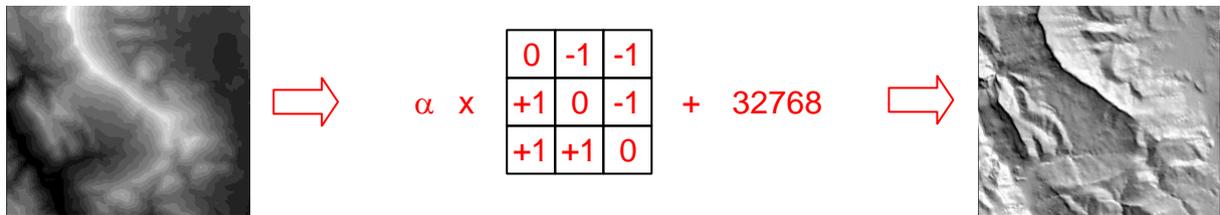
Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) est une image « molle » présentant peu de variations locales. Une des meilleures techniques pour estimer visuellement la qualité du recalage (similitude de la localisation) des deux images est de prétraiter le MNT en l'estompant et d'alterner à haute fréquence (jusqu'à 5 alternances par seconde) l'affichage des deux images (méthode de *flickering* en anglais).

Indiquer les traitements à opérer. On suppose que chaque pixel du MNT est codé sur 16 bits non signés.

Pour une scène acquise en Afrique du Sud à environ 10° locale (cas des orbites héliosynchrones à acquisition en orbite descendante telles que celles des missions Landsat), l'azimut solaire est situé au nord-est.

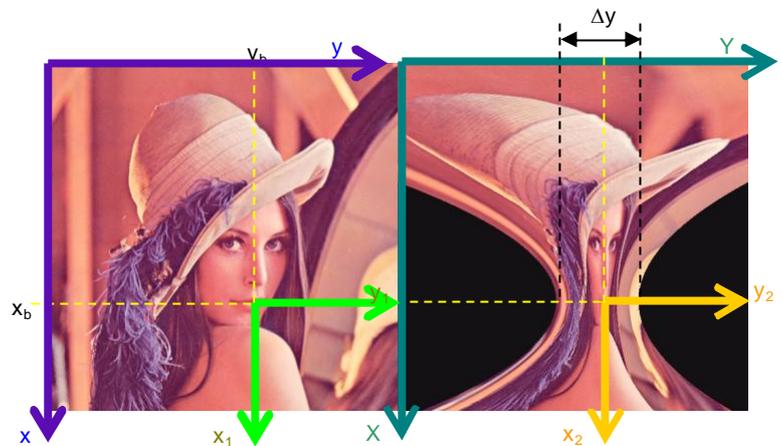
L'estompage d'un MNT est réalisé par un filtrage convolutif passe-haut. L'impression d'un éclairage venant du nord-est est obtenue par une matrice de convolution dont les coefficients sont donnés ci-dessous. Le gain  $\alpha$  dépend de la variation des altitudes dans le MNT. L'offset est fixé à 32768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

2



5. Traitement géométrique

On cherche à réaliser un « effet sablier » centré sur la bouche  $(x_b, y_b)$  de Léna et illustré par la figure ci-contre.



Compléter les équations des modèles de déformation directe et inverse.

2

MDD	$\begin{cases} x_1 = x - x_b \\ y_1 = y - y_b \end{cases}$	$\begin{cases} x_2 = x_1 \\ y_2 = \left[ \frac{x_1}{200} \right]^2 \times y_1 + \frac{\Delta y}{512} \times y_1 \end{cases}$	$\begin{cases} X = x_2 + x_b \\ Y = y_2 + y_b \end{cases}$
MDI	$\begin{cases} x = x_1 + x_b \\ y = y_1 + y_b \end{cases}$	$\begin{cases} x_1 = x_2 \\ y_1 = y_2 / \left[ \left[ \frac{x_2}{200} \right]^2 + \frac{\Delta y}{512} \right] \end{cases}$	$\begin{cases} x_2 = X - x_b \\ y_2 = Y - y_b \end{cases}$

NOM : ..... Prénom : .....