



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

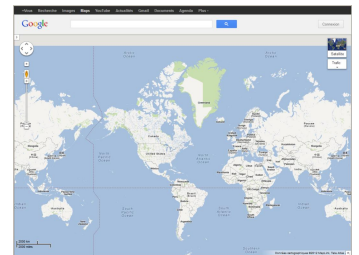
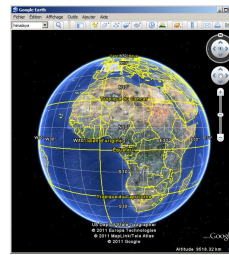
1. Utilisation de Google Earth

- a. Quelle est la différence entre Google Earth et Google Maps ?

1

Google Earth est un globe virtuel 3D en vue perspective oblique.

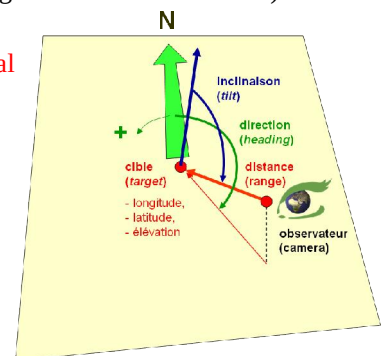
Google Maps est une carte virtuelle 2D (Webmapping) en projection cylindrique conforme de Mercator.



- b. Par quels paramètres est caractérisée la prise de vue (géométrie de vue ou géométrie de la caméra) ? Faire un schéma.

1

- Coordonnées de la cible – longitude, latitude, élévation et référentiel vertical du point visé.
- Distance – entre la caméra et la cible (exprimée en mètres).
- Direction – angle d'azimut par rapport au nord mesuré dans le sens trigonométrique.
- Inclinaison – angle entre la normale sur la cible et le vecteur de visée.



- c. Quelle balise KML permet de définir la géométrie de prise de vue ?

1

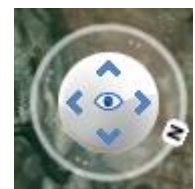
La balise « LookAt ».

```
<LookAt>
  <longitude>0.7591549997042879</longitude>
  <latitude>26.59370240672183</latitude>
  <altitude>0</altitude>
  <heading>-99.60435356500717</heading>
  <tilt>31.44809123333635</tilt>
  <range>9619.365964855679</range>
  <gx:altitudeMode>relativeToSeaFloor</gx:altitudeMode>
</LookAt>
```

- d. Indiquer deux méthodes pour « tourner autour d'une cible ».

1

- En positionnant le pointeur de la souris le long de l'horizontale passant par le centre de la « boule de contrôle de la vue » (1^{er} outil en haut à droite de l'aire d'affichage).
- En maintenant appuyé la molette centrale de la souris tout en déplaçant horizontalement le pointeur de la souris.



- e. Pourquoi peut-on visualiser le globe même lorsque nous ne disposons pas d'une connexion au réseau Internet ?

1

En fonctionnement nominal, Google Earth est une application cliente demandant au cours de la navigation des tuiles d'élévation et de textures aux serveurs Google Earth. Les dernières tuiles utilisées sont stockées dans une « archive roulante » sur le disque local appelée « la cache ». La taille de la cache est réglable.

- f. Quel est le système de coordonnées utilisé par Google Earth ?

1

Google Earth repère les éléments géographiques dans le système de coordonnées géographique WGS 84.

NOM : Prénom :



g. Indiquer la méthode permettant d'insérer une image sur le globe virtuel.

1

1. Sélectionner « Ajouter » / « Superposition d'image ».
2. Choisir une image géocodée dans le système de référence de coordonnées géographique.
3. Ajuster l'image sur le fonds d'image Google Earth en se servant des « repères verts ».

Quelles sont les trois opérations mathématiques permises pour positionner finement cette image ?

1

- translation (symbole en croix)
- homothéties (symboles sur le pourtour)
- rotation (symbole en losange)



Pourquoi l'insertion dans Google Earth d'une image géocodée en Lambert II étendu n'est-elle pas rigoureuse ?

1

Google Earth suppose que l'image à afficher est géocodée dans un système de référence de coordonnées géographique WGS 84 et rééchantillonne cette image selon la translation / homothéties / rotation définie par l'utilisateur. Cette combinaison est une sous-variété des polynômes de degré 1 (transformation bilinéaire).

Or une image géocodée en Lambert II étendu ne peut être transformée dans un système de référence de coordonnées géographique par un polynôme de degré 1 sans un important résidu.

2. Programmation de Google Earth

a. Que signifie l'acronyme KML ? Qu'est-ce que le KML ?

1

Le KML (« Keyhole Markup Language ») est un langage de script écrit selon la syntaxe XML (« eXtended Markup Language ») utilisant des balises pour décrire les éléments géographiques (points, polygones, aires, images) et éventuellement les animer.

b. Que signifie l'acronyme KMZ ? Qu'est-ce que le KMZ ?

1

Le KMZ est un fichier script KML « zippé », c'est-à-dire comprimé en utilisant le protocole défini par les bibliothèques et applications de compression ZIP.

c. Comment extraire le contenu d'un script KMZ si nous ne disposons pas de l'application Google Earth ?

1

1. Renommer le fichier `<radical>.kmz` avec le nouveau nom `<radical>.zip`.
2. Extraire le contenu avec une application de décompression ZIP.

d. Qu'est-ce qu'une Placemark ?

1

Une « Placemark » est un objet ponctuel (aussi appelé « repère ») représenté par un icône, positionné en un point précis et à une élévation définie par rapport à un référentiel vertical. Ce repère peut être observé selon un point de vue dont on définit la géométrie.

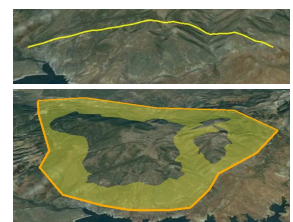


e. Quelle différence y-a-t-il entre une « LineString » et une « LinearRing » ?

1

Une « LineString » est une ligne brisée constituée de sommets consécutifs. Cette ligne peut être ouverte.

Une « LinearRing » est une ligne brisée constituée de sommets consécutifs dont le premier et le dernier ont les mêmes coordonnées. La « LinearRing » est une courbe fermée incluse dans un polygone.





3. Filtres de convolution

1

- a) Quelle est l'expression mathématique générique permettant de calculer la valeur $R'(i,j)$ du pixel de sortie à partir des valeurs $R(i,j)$ en entrée convoluées avec les coefficients $\alpha_{k,l}$ d'une matrice de convolution carrée de taille C ?

$$R'(i, j) = A \times \left[\sum_{k=-C/2}^{+C/2} \sum_{l=-C/2}^{+C/2} (R(i+k, j+l) \times \alpha_{k,l}) \right] + B$$

1

- b) Que contrôle le gain A d'un produit de convolution ?

Le gain A contrôle l'écart-type de la distribution en sortie et donc le contraste de l'image issue de la convolution.

1

- c) Si l'on désire avoir la luminosité de l'image en sortie identique à celle de l'image en entrée, quelle valeur devra avoir le gain d'un filtre passe-bas ?

Le filtre gain A d'un filtre passe-bas est toujours égal à la somme des coefficients de la matrice de convolution.

$$A = \frac{1}{\sum_{k=-C/2}^{+C/2} \sum_{l=-C/2}^{+C/2} \alpha_{k,l}}$$

1

- d) Que vaut la somme des coefficients de la matrice de convolution d'un filtre gradient ?

La somme des coefficients de la matrice de convolution est égale à 0.

- e) Donner deux exemples de filtres gradient.

Filtre Gradient Nord-Sud

Filtre de Sobel Nord-Sud

1

$$\frac{\alpha}{2 \times 3} \times \begin{bmatrix} -1 & & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} + 128$$

$$\frac{\alpha}{2 \times 4} \times \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix} + 128$$

4. Estompage d'un MNT

Qu'est-ce qu'un MNT ?

1

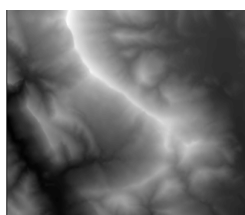
MNT est l'abréviation de Modèle Numérique de Terrain. C'est une image maillée (*raster*) pour laquelle chaque pixel a la valeur d'une altitude au dessus du géoïde ou d'une élévation au-dessus d'un ellipsoïde particulier.

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 ?

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].

Détailler la réponse en fournissant les paramètres de la matrice utilisée.

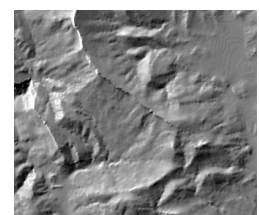
2



$\alpha \times$

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$+ 32768$





5. Modèles de localisation

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

1

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 les coordonnées en ligne et pixel du point dans le référentiel image,
- (λ, φ) sont les 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 » ?

1

Géoréférencer une image consiste à associer à des points (l_i, p_i) d'une image des coordonnées terrestres (λ_i, φ_i) 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 :

Où :

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

- (l_i, p_i) sont les coordonnées dans le référentiel image du $i^{\text{ème}}$ point d'appui,
- (λ_i, φ_i) sont les coordonnées dans le référentiel terrestre du $i^{\text{ème}}$ point d'appui.

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

1

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,
- (λ, φ) sont les coordonnées du point (l, p) dans le SRC de l'image,
- (λ_0, φ_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).

d. Trouver l'expression du « Modèle de localisation inverse » d'une image géocodée.

2

L'expression fournie en question c ci-dessus est le « modèle de localisation direct » d'une image géocodée. Le modèle de localisation inverse s'obtient en inversant simplement ces deux expressions linéaires :

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

Où :

- (l, p) sont les coordonnées en ligne et pixel du point dans le référentiel image,
- (λ, φ) sont les coordonnées du point (l, p) dans le SRC de l'image,
- (λ_0, φ_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).

6. 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 ?

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 .

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

1

Illustrer l'erreur de parallaxe par un schéma.

