

TP

Traitement d'images aérospatiales

SeaTech

2^{ème} Année

Audrey Minghelli
Durée des TP 3h

Le compte rendu des TP est à déposer 2 semaines après le dernier TP, au format PDF, sur le site Moodle de l'université de Toulon (codes, s'il y en a, en annexe).

TP1 : Guyane-SPOT-CASI

L'objet de ce TP est de vous faire manipuler des images multispectrales SPOT (capteur satellite) et des images CASI (capteur aérien) et de vous montrer comment à partir de ces images, on peut produire des cartes thématiques.

Le site d'étude se situe dans le département de la Guyane, près de la ville de Cayenne. Ce quartier urbanisé nommé « les salines » est une zone très humide où l'on trouve des marais.

Le logiciel utilisé est un logiciel de télédétection ENVI. Il permet de visualiser, géo-référencer, classifier des images pour en extraire des cartes thématiques.

Attention : N'enregistrer d'images ou de documents que dans votre répertoire de travail.

1 Image SPOT

1.1 Analyse spectrale

- L'image SPOT XS possède 3 bandes spectrales (Vert, Rouge, Proche infrarouge). Cette image date de 1995.
- Ouvrir l'image (File->Open, choisir l'image SPOT_95.img dans le répertoire de travail).
- Afficher l'image en Composition colorée. Pour cela choisir les bandes à associer champs R,G,B. La composition colorée usuelle des images SPOT est la suivante :

Couleur	Bande Spot
Rouge	Proche Infrarouge Rouge
Vert	Rouge
Bleu	Vert

- Déplacez-vous dans l'image. Découvrez les villes de Cayenne et Kourou, les Iles du salut et l'aéroport de Cayenne. Commentez les autres structures reconnaissables dans cette image.
- Découvrez les profils spectraux des différents thèmes dans l'image (Végétation, eau, marais, nuages....), les commenter, interpréter leur couleur dans l'image. Pour cela, cliquez sur Display/profiles/spectral et cliquez dans l'image. Les valeurs spectrales du pixel choisis s'affichent.
Comparez les spectres d'eau, végétation, nuages, marais...

1.2 Analyse spatiale

- A l'aide de l'extrait de carte sur la presqu'île de Cayenne (dernier document du poly), calculer la taille du pixel de l'image SPOT. Utiliser pour cela la commande Display/Cursor/value pour voir apparaître les coordonnées des pixels.
- Donnez la position géographique des infrastructures sur l'Île du Diable, au large de Kourou.
- Situer la région que l'on nomme « l'Île de Cayenne ».
- Calculer la surface (en m²) du centre ville de Cayenne.
Pour cela, cliquer sur l'icône ROI (Region of interest). Tracer le polygone dans lequel s'inscrit le centre-Ville. Quand le contour est terminé, cliquez sur le bouton de droite pour terminer ce polygone.
- La zone qui va nous intéresser dans la suite du TP se situe aux environs de la position géographique (358554E, 544411N). Décrire le contexte de cette situation géographique.
- Fermer l'image SPOT.

2 Image CASI

L'image CASI est une image aérienne qui possède 6 bandes spectrales et 4m de résolution. Quels sont d'après vous les avantages apportés par cette image ?

Nous allons effectuer une classification supervisée pour ensuite en produire une carte.

La classification consiste à rassembler sous une même étiquette (appelée aussi classe) les pixels qui ont la même signature spectrale. En définissant à l'avance ces classes, qui sont les thèmes que l'on désire voir dans la légende (végétation, eau, route, etc.), et en renseignant le logiciel sur les signatures spectrales de ces classes, on va effectuer une classification.

Définition des classes

- En cliquant sur l'icône ROI, vous obtenez une fenêtre.
- Pour chaque thème que vous avez choisi de cartographier, vous allez prendre des échantillons dans l'image. Le contour de l'image (en noir) doit constituer une nouvelle région, choisissez la couleur white.
- Choisir la couleur et donner un nom à chaque classe.
- Quand vous avez terminé, vous pouvez tracer les courbes spectrales de chaque classe en sélectionnant toutes les classes et en cliquant sur Stats. Afficher la légende des classes. Reproduisez ce graphe dans votre rapport.

Classification

- Maintenant, vous pouvez procéder à la classification. Menu principal->Classification->supervised->Minimum Distance. Choisissez l'image que vous voulez classer. Sélectionner tous les thèmes. Donnez un nom à votre classification. Ne pas générer les « Output rule images ».
- Ouvrez la classification dans une autre fenêtre.
- Si cette classification ne vous convient pas, vous pouvez recommencer en reprenant d'autres échantillons.

Matrice de confusion

- Vous pouvez évaluer la précision de votre classification en vérifiant si les régions d'intérêt ont bien été classées. Cliquez sur Classification->Post classification->confusion Matrix->using ground truth ROIs. Choisir d'afficher la matrice de confusion en pourcentage.
- L' « overall accuracy » donne le pourcentage de pixels bien classés donc la précision de votre classification. Notez dans votre rapport cette valeur. Retranscrire la matrice de confusion. La commenter.

3 Calcul d'indices

3.1 Indice de turbidité

- Ouvrir l'image SPOT
- Sous-échantillonner l'image d'un facteur 4 (Raster Management/resize data)
- Générer un masque sur l'eau (Raster Management/masking/built mask) en ayant visualisé à l'avance l'histogramme dans le proche infrarouge pour déterminer le seuil (custom stretch)
- Calculer l'indice de turbidité suivant sous le masque en utilisant la fonction (Band Algebra/band math)

$$I_t = XS_2 / XS_1$$

(Convertir les images en float dans l'opération)

- Associer à cette image une table de couleur adaptée (Change/color/table)
- Tracer la valeur de cet indice sur un transect des côtes vers le large (Display/Profile/Arbitrary)

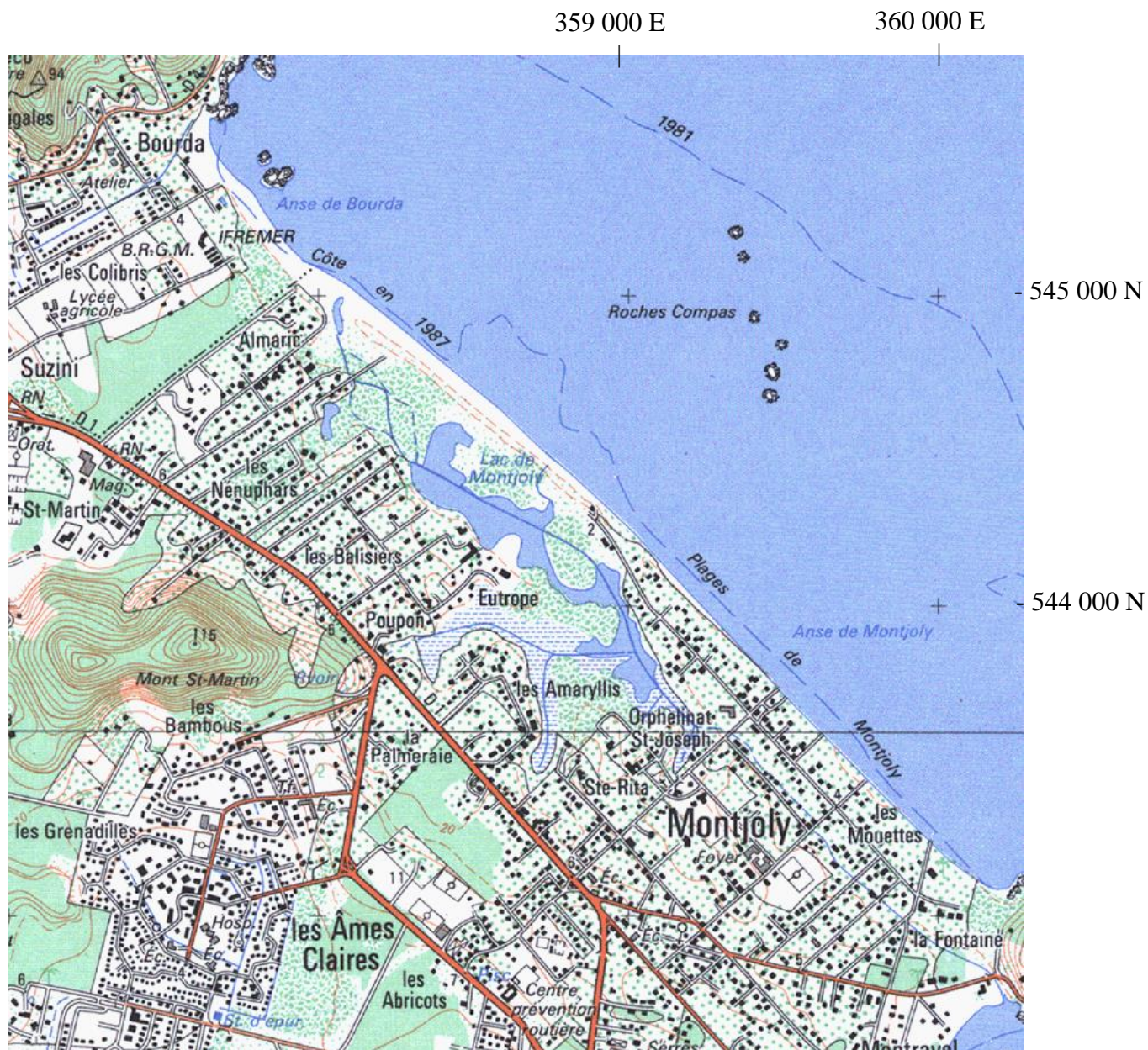
3.2 Indice de Végétation

- Ouvrir l'image CASI
- Générer un masque sur la terre
- Calculer l'indice de végétation suivant sous le masque :

$$I_v = (PIR - R) / (PIR + R)$$

(Utiliser Transform NDVI)

- Associer à cette image une table de couleur adaptée
- Tracer la valeur de cet indice sur le transect de votre choix.



Projection UTM zone 22
Ellipsoïde WGS84

TP2 : PACA-MERIS-TM

L'objet de ce TP est de vous faire manipuler des images multispectrales MeRIS (capteur satellite), d'utiliser et comprendre la composition colorée, les profils spectraux, l'Analyse en composantes principales.

Le site d'étude se situe à cheval sur les régions PACA et Languedoc-Roussillon.

Le logiciel utilisé sera le logiciel de télédétection ENVI.

Attention : N'enregistrer d'images ou de documents que dans votre répertoire de travail.

1 Découverte spatiale et spectrale de l'image

- L'image MeRIS proposée possède 15 bandes spectrales (du bleu au proche infrarouge, les longueurs d'onde sont indiquées sur chaque bande) et une résolution de 300m. Cette image est en luminance, codée sur 16 bits. Elle a été acquise le 14 Août 2002 à 9h30.
- Ouvrir l'image meris.img (File->Open).
- Afficher successivement les différentes bandes en niveaux de gris et constater les différences entre les bandes.
- Quelles bandes vous permettent de mieux
 - « voir » les structures dans l'eau
 - de mieux séparer les zones émergées et immergées
 - de mieux séparer les cultures du reste de la végétation.
- Afficher l'image en Composition colorée. Pour cela choisir les bandes à associer champs R,G,B.
- Essayer différentes combinaisons de compositions colorées et préciser ce que chacune met en valeur.
- Déplacez-vous dans l'image. Commentez les structures/régions reconnaissables dans cette image.
- Découvrez les profils spectraux des différents thèmes dans l'image (Forêts, cultures, mer, lagunes), les commenter, interpréter leur couleur dans les différentes compositions colorées. Pour cela, cliquez sur Display/profiles/spectral et cliquez dans l'image. Les valeurs spectrales du pixel choisi s'affichent. Comparez les spectres d'eau, végétation, sol nu, marais...

2 Histogramme

- Visualiser les histogrammes des différentes bandes spectrales (Display/custom stretch). Commenter.
- Sur une bande, modifier le type d'amélioration de contraste et observer les résultats (stretch_type). Appliquer l'amélioration à une composition colorée.

3 Filtrage

- Appliquer successivement les filtres passe-haut, passe-bas, Laplacien, directionnel, médian, Sobel et Roberts sur une fenêtre 3*3 et commenter les résultats (Filter/convolution and morphology).

4 Analyse en composante principale

- Lancer une analyse en composantes principales sur toutes les bandes de l'image MeRIS hormis la bande 11 qui présente un problème radiométrique. Pour cela cliquez sur Transform->PCA with new stat. Sauver les statistiques dans un fichier .sta.
 - Visualiser chaque bande résultante. Commenter.
 - Effectuer une composition colorée avec les trois premières bandes. Commenter
- Application à la compression d'image
- A partir des 6 premières bandes de l'ACP, effectuer le changement de repère inverse. Comparer alors le résultat avec l'image originale.
 - Procéder de même avec les 4 puis les 2 premières bandes de l'ACP pour visualiser la perte graduelle d'information.

5 Fusion

- L'objectif est de fusionner une image multispectrale à 60m avec une image panchromatique à 30m.
 - Ouvrir l'image TM multispectrale tm_C_60m.img qui est en couleur mais possède que 60m de résolution.
 - Ouvrir l'image TM panchromatique tm_P_30m.img qui est en niveau de gris mais possède que 30m de résolution.
 - Sur-échantillonner l'image multispectrale d'un facteur 2 (Raster Management/resize)
 - Passer l'image multispectrale dans l'espace HSV (Transform->Color transform)
 - L'image panchro va remplacer l'image Value avant de revenir dans l'espace RGB.
 - Calculer la relation linéaire entre la bande Value et la bande panchro et l'appliquer à la bande panchro (utiliser pour cela l'histogramme bidimensionnel : Display->2D scatter plot)
 - Effectuer la transformée couleur inverse pour revenir à l'espace RGB.
-
- Comparer la composition colorée à 60 et 30m.

TP3 : Fukushima OLI Terre

L'objectif de ce TP est de vous faire manipuler des images multispectrales OLI (capteur satellite), de mosaïquer 2 images, manipuler un modèle numérique de terrain, plaquer une image sur un MNT pour obtenir un paysage 3D, appliquer des classifications supervisées et non supervisées à une image multispectrale.

1 Création d'une mosaïque d'images

- 2 images OLI ont été téléchargées sur le site Earth Explorer de l'USGS (images gratuites). Ces images ont toutes 2 été acquises le 17/9/2013 sur le site de Fukushima (image nord et sud). Elles possèdent 11 bandes spectrales avec résolutions différentes.

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) images consist of nine spectral bands with a spatial resolution of 30 meters for Bands 1 to 7 and 9. New band 1 (ultra-blue) is useful for coastal and aerosol studies. New band 9 is useful for cirrus cloud detection. The resolution for Band 8 (panchromatic) is 15 meters. Thermal bands 10 and 11 are useful in providing more accurate surface temperatures and are collected at 100 meters. Approximate scene size is 170 km north-south by 183 km east-west (106 mi by 114 mi).

Bands	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
Band 2 – Blue	0.45 - 0.51	30
Band 3 – Green	0.53 - 0.59	30
Band 4 - Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 - Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Band 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Band 10 - Thermal Infrared (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
Band 11 - Thermal Infrared (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)

- Générer 2 fichiers images au format ENVI avec les 5 premières bandes (nord et sud)
- Créer une mosaïque avec ces 2 images pour n'obtenir plus qu'un fichier avec 5 bandes
- Localiser la centrale de Fukushima (lat long sur l'image)

2 Paysage en 3 dimensions

- Ouvrir le modèle numérique de terrain (MNT)
- L'afficher
- Charger une table de couleur Hypsométrique
- Afficher la valeur des pixels
- Quelle est l'altitude maximum du MNT
- Afficher l'image en composition colorée et l'afficher en 3D en réalisant le placage de l'image sur le MNT.

3 Classifications non supervisée et supervisée

- Sur l'image « sud »
- Lancer des classifications non supervisées avec un nombre de classes = 6
- Comparez les résultats des différentes méthodes entre elles.
- Tracer des polygones ROI pour les thèmes : Eau, Urbain, Forêts, Cultures, Nuages, contours
- Réaliser une classification supervisée en utilisant différentes distances
- Comparez les différents résultats entre eux.

TP4 : Fukushima OLI Mer

L'objectif de ce TP est de vous faire manipuler des images multispectrales OLI (capteur satellite) avec le langage IDL, corriger les images du transfert atmosphérique et réaliser une carte décrivant la concentration en matière en suspension.

0. Masque eau

Sous le logiciel ENVI, ouvrir l'image SUD, la réduire d'un facteur 0.25 (resize), créer un masque sur l'eau (eau à 1, 0 ailleurs) en effectuant un seuillage en choisissant bien la bande et le seuil (à justifier).

1. Ouvrir l'image « sud »

Voici le début de votre programme IDL :

```
pro correction_atmos
file_name_in=ENVI_PICKFILE(title="Sélectionner image source")
ENVI_OPEN_FILE, file_name_in, r_fid=fid_in
ENVI_FILE_QUERY,fid_in,ns=ns,nl=nl,nb=nb,data_type=dt,$
interleave=inter,fname=fname,sname=sname,bnames=bnames,wl=wavelengths,file_type=ft
DN=fltarr(ns,nl,nb)
dims=[-1, 0,ns-1,0,nl-1]
pos=lindgen(nb)

for i=0,nb-1 do begin
    DN[:,*,i]=ENVI_GET_DATA(fid=fid_in, dims=dims,pos=pos[i]
end

end
```

2. Calcul des luminances TOA (Top Of Atmosphere)

Récupérer dans le fichier texte les coefficients de calibration (MULT et ADD) pour chaque bande.

Calculer les luminances (radiance) pour chaque bande (1)

$$L_{TOA}(x,y,\lambda)=M(\lambda).DN(x,y,\lambda)+A(\lambda) \quad (1)$$

3. Correction d'éclairement

Pour calculer la réflectance au niveau du capteur (TOA), il faut normaliser la luminance mesurée par l'éclairement.

La réflectance au niveau du satellite est donnée par (2).

$$\rho_{TOA}(x,y,\lambda)=\frac{\pi * L_{TOA}(x,y,\lambda).d^2}{F_0(\lambda).cos(\theta_s)} \quad (2)$$

où θ_s est l'angle zénithal solaire, θ_v sera l'angle zénithal de visée, $F_0(\lambda)$ est l'éclairement solaire au-dessus de l'atmosphère qui varie en fonction du jour de l'année, et d est la distance terre soleil en unité astronomique. ϕ_v est l'angle azimutal de visée et ϕ_s est l'angle azimutal solaire.

θ_s , ϕ_s et d doivent être récupérés dans le fichier texte de l'image. $\theta_v = \phi_v = 0$

$F_0(\lambda)$ est donné par le tableau suivant :

	nm	mW/m2/nm
No bande	Centre	F_0
1	443	1895.6
2	475	2004.6
3	560	1820.7
4	655	1549.4
5	865	951.2

Correction de la diffusion de Rayleigh et de Mie

La diffusion de Rayleigh est produite par les molécules d'air alors que la diffusion de Mie est produite par les particules en suspension dans l'air appelées Aérosols. Ces deux types de diffusion impliquent que la réflectance mesurée au niveau du satellite soit la somme de la réflectance des molécules d'air, de celle des particules d'aérosol et de la réflectance provenant de la surface modulée par la transmittance atmosphérique.

$$\rho_{TOA}(x,y,\lambda)=\rho_r(\lambda)+\rho_a(x,y,\lambda)+t_s(\lambda)t_v(\lambda)\rho_w(x,y,\lambda) \quad (3)$$

où ρ_r est la réflectance due à la diffusion de Rayleigh, ρ_a est la réflectance due à la diffusion des aérosols, t_s est la transmittance atmosphérique du trajet soleil->cible, t_v est la transmittance atmosphérique du trajet cible->capteur et ρ_w la réflectance au niveau de la surface de l'eau, qui est notre inconnue.

Dans cette équation, on connaît ρ_{TOA} déduit de l'équation (2), ρ_r , t_s et t_v peuvent se calculer. mais pas ρ_{as} . On l'estimera sur l'eau par méthode décrite plus loin.

4. Calcul des transmittances atmosphériques

- Calculer le vecteur t_s

$$t_s(\lambda) = e^{-\frac{0.5 \cdot \tau_r(\lambda) + \tau_{oz}(\lambda)}{\cos(\vartheta_s)}} \quad (4)$$

Où τ_r est l'épaisseur optique de Rayleigh et τ_{oz} est l'épaisseur optique de l'ozone pour une atmosphère standard. t_v peut se déduire de (4) en remplaçant s par v .

τ_r et τ_{oz} sont donnés par la tableau ci-dessous :

	nm	Sans unité	Sans unité
No bande	Centre	τ_r	τ_{oz}
1	443	$2.35 \cdot 10^{-1}$	$8.79 \cdot 10^{-4}$
2	475	$1.69 \cdot 10^{-1}$	$5.87 \cdot 10^{-3}$
3	560	$9.02 \cdot 10^{-2}$	$3.14 \cdot 10^{-2}$
4	655	$4.79 \cdot 10^{-2}$	$1.82 \cdot 10^{-2}$
5	865	$1.55 \cdot 10^{-2}$	$6.43 \cdot 10^{-4}$

5. Calcul de la réflectance de Rayleigh ρ_r

$$\rho_r(\lambda) = \frac{\tau_r(\lambda) \cdot P_r(\vartheta_s, \vartheta_v, \Delta\phi)}{4 \cdot \cos(\vartheta_s) \cdot \cos(\vartheta_v)} \quad (5)$$

où τ_r est l'épaisseur optique de l'air et P_r la contribution des différents rayons mesurés par le capteur en fonction de leur trajet dans l'atmosphère.

$$P_r(\vartheta_s, \vartheta_v, \Delta\phi) = P_r(\psi_-) + P_r(\psi_+) [r(\vartheta_s) + r(\vartheta_v)] \quad (6)$$

où $P_r(\psi_+)$ est la fonction de phase, c'est à dire la fraction de lumière déviée d'un angle ψ et $r(\vartheta)$ est le facteur de réflexion de Fresnel de l'eau pour un angle d'incidence ϑ .

Fonction de phase :

$$P_r(\psi_{\pm}) = \frac{3(1 + \cos(\psi_{\pm})^2)}{4} \quad (7)$$

$$\text{avec } \cos(\psi_{\pm}) = \pm \cos(\vartheta_s) \cdot \cos(\vartheta_v) - \sin(\vartheta_s) \cdot \sin(\vartheta_v) \cdot \cos(\Delta\phi) \quad (8)$$

$$\text{et } \Delta\phi = \phi_s - \phi_v$$

Facteur de réflectance de Fresnel :

$$\text{Si } \theta \neq 0 \quad r(\theta) = \frac{1}{2} \left| \frac{\sin(\theta - \theta')^2}{\sin(\theta + \theta')^2} + \frac{\tan(\theta - \theta')^2}{\tan(\theta + \theta')^2} \right|$$

(avec $\sin(\theta') = \frac{\sin(\theta)}{n_w}$ et $n_w = 1,34$)

$$\text{Si } \theta = 0 \quad r(\theta) = \left(\frac{n_w - 1}{n_w + 1} \right)^2 \quad (9)$$

- Ecrire la fonction $\rho_r(\lambda)$ qui appelle la fonction $P_r(\theta_s, \theta_v, \Delta\varphi)$, qui appelle elle-même la fonction $r(\theta)$.

- Calculer la réflectance corrigée de la diffusion de Rayleigh donnée par :

$$\rho_c(x, y, \lambda) = \rho_{TOA}(x, y, \lambda) - \rho_r(\lambda) = \rho_a(x, y, \lambda) + t_s(\lambda)t_v(\lambda)\rho_w(x, y, \lambda) \quad (10)$$

Où $\rho_w(x, y, \lambda)$ reste toujours l'inconnue à estimer.

6. Calcul de la réflectance des aérosols ρ_a

Sur l'eau, on fait l'hypothèse les rayonnements solaires dans le proche infrarouge (bande 5) sont totalement absorbés par l'eau, ce qui parfaitement est vérifié si l'eau ne contient pas ou peu de matière en suspension. Notre équation devient alors :

$$\rho_a(x, y, b_5) = \rho_c(x, y, b_5) \quad (11)$$

Et que $\rho_a(x, y, b_1) = \rho_a(x, y, b_2) = \rho_a(x, y, b_3) = \rho_a(x, y, b_4) = \rho_a(x, y, b_5)$

7. Calcul des réflectances de l'eau ρ_w

Connaissant t_s , t_v , ρ_c , et ρ_a , la relation 3 peut alors être inversée.

- Calculer la réflectance de l'eau au niveau de la surface pour les bandes 1 à 4:

$$\rho_w(x, y, \lambda) = \frac{1}{t_s(\lambda)t_v(\lambda)} \left[\rho_c(x, y, \lambda) - \rho_a(x, y, b_5) \right]$$

- Enregistrer l'image à 4 bandes au format ENVI

```
file_name_out=ENVI_PICKFILE(title="Image de sortie")
OpenW,unit,file_name_out,/Get_LUN
```

;Ecrire dans le fichier unit ro_w bande par bande :

WriteU,unit,fix(ro_w*10000)

free_LUN,unit

;Ecrire le header

ENVI_SETUP_HEAD,data_type=2,fname=file_name_out,interleave=0,ns=ns,nl=nl,nb=4,/open,/write

8. Carte de matières en suspension

$$TSM(x, y) = \frac{A\rho_w(x, y, b_4)}{1 - \rho_w(x, y, b_4)/C} \text{ avec } A = 258.85 \text{ gm}^{-3} \text{ et } C = 0.1641$$

- Calculer la carte des matières en suspension et enregistrer le résultat au format ENVI

TP5 : Hong Kong – SPOT

L'objectif de ce TP est de vous faire manipuler des images stéréoscopiques SPOT et de vous faire générer un modèle numérique de terrain à partir de ces deux images stéréoscopiques.

Ouvrir les 2 images stéréoscopiques sous ENVI (attention format SPOT). Les sauver au format ENVI.

Sélectionner des points d'amer entre les 2 images (tie points).

Générer les images épipolaires.

Les visualiser avec des lunettes anaglyphes pour visualiser le relief.

Générer le modèle numérique de terrain.

Corriger les valeurs sur l'eau (soustraire le biais sur l'eau, corriger les valeurs en dessous de 0m et au-dessus de 800m).

Visualiser l'image couleur (gauche ou droite) plaquée sur le modèle numérique de terrain (visualisation en 3D).

TP6 : Acquisition de spectres

L'objectif de ce TP est de vous faire manipuler un spectromètre pour acquérir des spectres de surfaces naturelles.

Vous munir d'un cahier et d'un stylo, d'un appareil photo.

1. Préparation

Une fois arrivé sur la zone de mesure, lister le nom des éléments dont vous allez acquérir les spectres.

2. Acquisition

Pour chaque élément acquérir 3 spectres pour pouvoir ensuite les moyenner.
Avant une acquisition, acquérir le spectre du spectralon pour pouvoir calculer le spectre en réflectance.

Acquérir une photo de chaque élément dont vous avez acquis le spectre.

3. Mise en forme de la librairie spectrale

Une fois les fichiers téléchargés du spectromètre vers le pc, ils sont exportés dans un fichier texte.

Ouvrez le fichier avec Excel, visualisez les spectres. Commentez quelques-uns.

Remplacer les virgules par des points et exporter au format texte avec comme séparateur une tabulation.

Puis importer la librairie sous ENVI et l'afficher.