

## **4. Les traitements d'images**

### **I. Transmission des données de télédétection.**

Les données acquises par un capteur aéroporté peuvent être recueillies une fois que l'avion est de retour au sol.

Elles peuvent ensuite être traitées et, finalement, remises à l'utilisateur.

Par contre, les données acquises par un satellite doivent être transmises électroniquement à une station de réception sur Terre, car le satellite demeure en orbite pour plusieurs années.

On utilise trois méthodes de transmission des données :

**A.** Les données peuvent être transmises directement à une station de réception sur Terre, si le satellite se situe dans le cercle de réception de la station.

**B.** Si le satellite n'est pas dans le cercle de réception d'une station, les données peuvent être stockées par un enregistreur à bord du satellite.

**C.** Les données peuvent être aussi retransmises à la station de réception par des satellites de communication qui sont en orbite géostationnaire autour de la Terre. Les données sont transmises de satellite à satellite jusqu'à ce qu'on puisse les retransmettre à la station.

- Pour plusieurs capteurs, il est possible de fournir rapidement des images aux clients qui en ont un urgent besoin.
- Ce traitement rapide des données est utilisé pour fournir des images aux navires
- Le traitement d'images en temps réel pour des capteurs aériens est utilisé pour envoyer des images infrarouges thermiques directement aux pompiers qui combattent un feu de forêt. Exemple du Vigisat créé en 2002.

### **II. Éléments d'interprétation visuelle.**

L'interprétation et l'identification des cibles en télédétection sont souvent faites de façon visuelle, c'est-à-dire par un interprète humain.

Les cibles peuvent être des structures naturelles ou artificielles, faites de divers points, lignes ou surfaces. Les cibles peuvent être définies en fonction de la manière dont elles diffusent le rayonnement. L'intensité du rayonnement est mesurée et enregistrée par un capteur pour être ensuite transformée en un produit utilisable tel qu'une photo aérienne ou une image satellite.

La reconnaissance des cibles est la clé de l'interprétation et de l'extraction d'information. L'observation des différences entre les cibles et leurs arrière-plans implique la comparaison entre différentes cibles en se basant sur une combinaison des caractéristiques suivantes : **ton, forme, taille, patron, texture, ombre et association.**

**Le ton** (nuance) réfère à la clarté relative ou la couleur (teinte) des objets dans une image.

**La forme** réfère à l'allure générale, la structure ou le contour des objets.

**La taille** d'un objet sur une image est fonction de l'échelle.

**Le patron** (modèle existant) réfère à l'agencement spatial des objets visiblement

**La texture** (variations de teintes) réfère à l'arrangement et à la fréquence

**Les ombres** donnent une idée du profil et de la hauteur relative des cibles

**L'association** tient compte de la relation entre la cible d'intérêt et d'autres objets ou structures qui sont à proximité.

### **III. Prétraitement et corrections des données : Normalisation**

Les données brutes parviennent à la station de réception sous **forme numérique**. Elles sont alors traitées pour corriger les distorsions géométriques, atmosphériques, et radiométriques. Elles sont ensuite converties dans un **format standard** et sont sauvegardées sur bandes magnétiques, disquettes ou CD-ROM.

#### **1. Corrections géométriques : corriger les distorsions de l'image dues en particulier aux :**

##### **déformations liées à l'instrument**

- étalonnage du capteur,
- défaut d'égalisation entre barrettes,
- angle de visée (visée oblique ou visée verticale)
- vitesse de balayage...

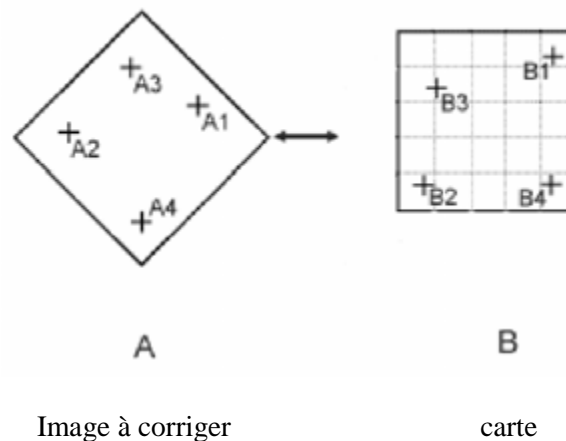
##### **\_ Déformations liées à l'environnement**

- rotation de la terre
- relief ...

##### **\_ Déformations liées au vecteur**

- variation d'altitude du satellite,
- variation de la vitesse de déplacement,
- attitude (tangage) ...

**a. correction de type "image-à-carte.** Le processus de correction géométrique consiste à identifier des coordonnées de l'image (c'est-à-dire ligne et colonne) de plusieurs points clairement distincts, appelés **points de contrôle au sol** (PCS) ou (points amers) sur l'image à corriger (A -A1 à A4) et à les assortir à leur véritable position en coordonnées au sol (par exemple en latitude et longitude). Les vraies coordonnées au sol sont habituellement mesurées à partir d'une carte (B - B1 à B4), soit sur papier ou en format numérique. Une fois que plusieurs couples de PCS bien distribuées ont été identifiés, l'information est traitée par l'ordinateur pour déterminer les équations de transformation à être appliquées aux coordonnées originales (ligne et colonne) pour obtenir les nouvelles coordonnées au sol.

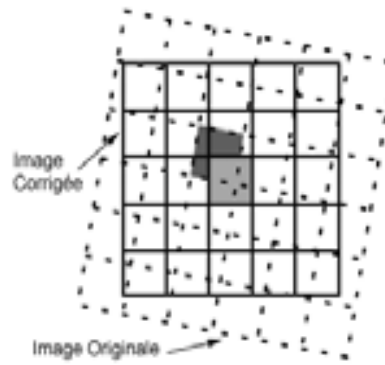


**b. correction de type "image-à-image.** La correction géométrique peut aussi être effectuée d'une image à une autre image et on l'utilise souvent avant d'effectuer les différents procédés de transformation.

Toute correction géométrique **image-à-image**, nécessite le rééchantillonnage de l'image afin de déterminer la valeur numérique de l'image d'origine à placer dans la nouvelle localisation du pixel de l'image corrigée. : Il existe trois principales méthodes de rééchantillonnage : le plus proche voisin, l'interpolation bilinéaire et la convolution cubique.

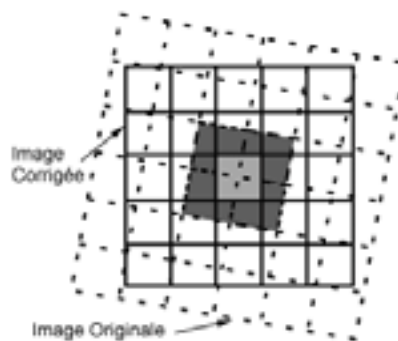
- **Méthode : plus proche voisin**

Un pixel de l'image corrigée prend la valeur du pixel qui lui est le plus proche sur l'image d'origine.



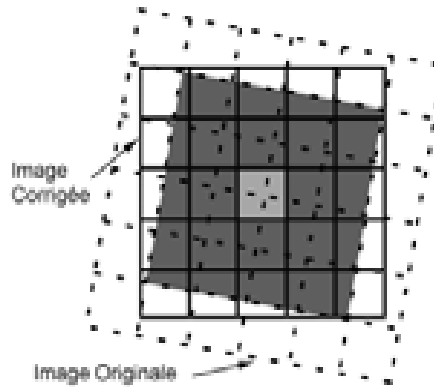
- **Méthode : Interpolation bilinéaire**

Un pixel de l'image corrigée prend la moyenne pondérée par la distance des 4 pixels les plus proches sur l'image d'origine.



- **Méthode : convolution ou interpolation cubique**

Un pixel de l'image corrigée prend la moyenne pondérée par la distance des 16 pixels les plus proches sur l'image d'origine.

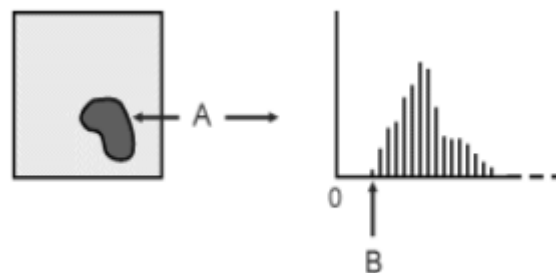


**2. Corrections des effets atmosphériques.** Le rayonnement réfléchi au niveau du capteur est la résultante du rayonnement réfléchi par la cible et par l'atmosphère. Le but des corrections atmosphériques est d'éliminer les effets de l'atmosphère et d'accéder à une mesure réelle de la réflectance des cibles.

Elle permet ainsi de :

- Mesurer les grandeurs physiques réelles des surfaces (réflectance au sol, température, etc.).
- Effectuer des comparaisons multi-temporelles des images.

Un exemple sur une des méthodes utiliser dans la correction des effets atmosphériques est la méthode qui consiste à examiner l'intensité observée (valeur numérique du pixel) dans une région ombragée ou un objet très sombre (tel un grand lac clair -A) et à réaliser une représentation statistique des données , après déterminer la valeur minimale (B) pour chacune des bandes spectrales. La correction est appliquée en soustrayant la valeur minimale observée, de tous les pixels dans chaque bande.



### 3. Les corrections radiométriques ou effets directionnels

La lumière solaire qui éclaire les objets est perturbée par sa traversée de l'atmosphère et n'éclaire pas tous les objets sous un même angle.

De plus, la lumière réfléchi par les objets doit également traverser l'atmosphère avant d'être analysée par le capteur du satellite et cette traversée perturbe également le signal. Ces perturbations sont dues à la présence de gaz et de poussières qui peuvent absorber et/ou réfléchir certaines longueurs d'ondes, modifiant ainsi les propriétés spectrales du rayonnement

Les corrections radiométriques peuvent être nécessaires à cause :

- des variations dans la géométrie ou angle d'illumination et angle de visée entre les images
- des conditions atmosphériques,
- du bruit et de la réponse du capteur.

Elles peuvent être corrigées par **la modélisation** de la distance entre les aires de la surface terrestre observées, le Soleil et le capteur. Ceci est souvent requis pour pouvoir faire des comparaisons plus rapides entre des images prises par différents capteurs à différentes dates ou heures, ou pour faire des mosaïques d'images avec un seul capteur en maintenant les conditions d'illumination uniformes d'une scène à l'autre.

- Les corrections sont plus ou moins faciles à corriger selon les types de surfaces observées.

Pour un sol nu, ces effets sont généralement faciles à corriger.

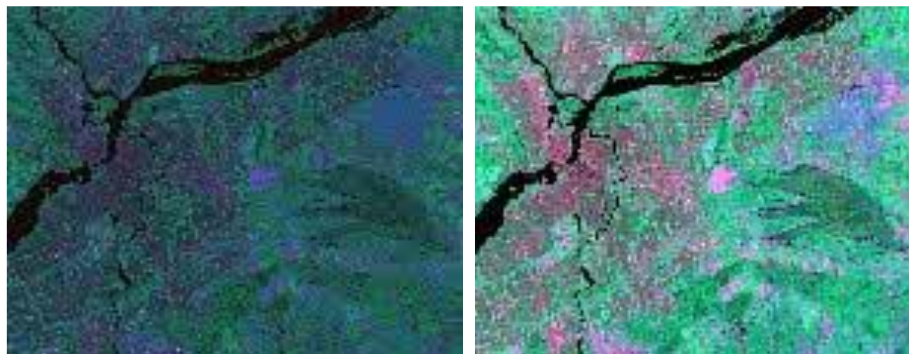
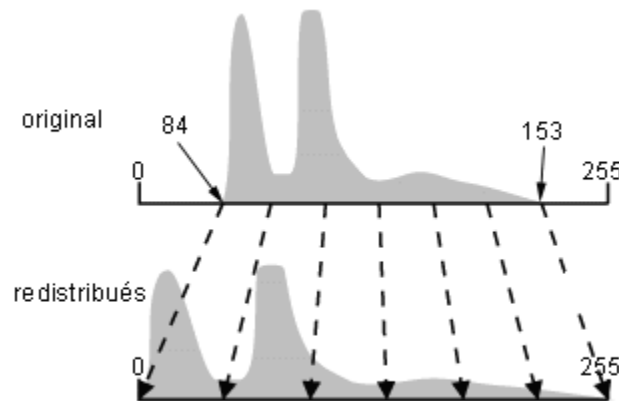
Pour un couvert végétal, ces effets sont plus complexes. Car il s'agit de l'interaction des facteurs propres au couvert et les facteurs exogènes (l'angle de visée et de l'angle solaire)

**IV. Rehaussement des images.** Même s'il est possible d'effectuer différentes corrections (partie III), il peut s'avérer que l'image ne soit pas à son meilleur pour l'interprétation visuelle. Il faut donc réaliser une amélioration de la qualité visuelle de l'image afin de faciliter son interprétation.

Il existe plusieurs méthodes qui permettent de rehausser le contraste et les détails d'une image. Nous n'en décrivons que quelques-unes.

**1. Rehaussement linéaire du contraste.** C'est La méthode la plus simple Afin de l'appliquer, on identifie les limites supérieures et inférieures d'intensité représentées sur l'histogramme (les valeurs minimales et maximales), et à l'aide d'une transformation linéaire, on étire ces valeurs sur l'ensemble des valeurs disponibles.

Dans notre exemple, la valeur minimale des données initiales dans l'histogramme est de 84 et la valeur maximale est de 153. Ces 70 niveaux n'occupent qu'un tiers des 256 valeurs disponibles. Un rehaussement linéaire étire de façon uniforme cet intervalle afin d'utiliser la totalité des valeurs de 0 à 255. Ce procédé rehausse le contraste dans l'image en pâlisant davantage les régions claires de l'image et en assombrissant davantage les régions plus foncées. Ceci facilite l'interprétation visuelle. Le graphique suivant montre l'augmentation du contraste dans une image avant (image du haut) et après (image du bas) un rehaussement linéaire.

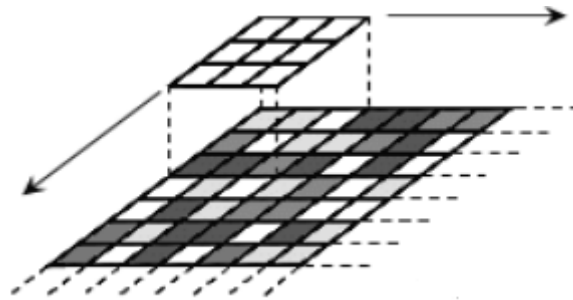


**L'augmentation du contraste dans une image avant (image de gauche) et après (image de droite) un rehaussement linéaire**

**2. Les filtres spatiaux.** Ils représentent une autre méthode de traitement numérique utilisé pour le rehaussement d'une image. Ces filtres sont conçus de façon à faire ressortir ou à supprimer des caractéristiques tels que le fond, la structure et la texture d'une image en se basant sur leur **fréquence spatiale** (variation des différents tons).

- Les régions d'une image où la texture est "rugueuse" sont les régions où les changements dans les tons sont importants; ces régions ont une fréquence spatiale élevée.
- Les régions "lisses" ont une variation des tons qui est plus graduelle sur plusieurs pixels; ces régions ont une fréquence spatiale faible.

La méthode de filtrage spatial consiste à déplacer une "fenêtre" d'une dimension de quelques pixels (ex. : 3 sur 3, 5 sur 5, etc.) au-dessus de chaque pixel de l'image. On applique alors un traitement mathématique utilisant les valeurs des pixels sous la fenêtre et on remplace la valeur du pixel central par le résultat obtenu. La fenêtre est déplacée le long des colonnes et des lignes de l'image, un pixel à la fois, répétant le calcul jusqu'à ce que l'image entière ait été filtrée. En modifiant le calcul effectué à l'intérieur de la fenêtre, il est possible de rehausser ou de supprimer différents types de caractéristiques présents dans une image.



Le filtre	L'image à traiter	Le calcul	L'image résultat																																																																																				
<table> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr> <tr><td>-1</td><td>4</td><td>-1</td></tr> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td></tr> </table>	0	-1	0	-1	4	-1	0	-1	0	<table> <tr><td>118</td><td>120</td><td>101</td><td>63</td><td>110</td></tr> <tr><td>98</td><td>115</td><td>105</td><td>74</td><td>21</td></tr> <tr><td>14</td><td>74</td><td>82</td><td>58</td><td>15</td></tr> <tr><td>11</td><td>46</td><td>65</td><td>45</td><td>23</td></tr> <tr><td>25</td><td>13</td><td>15</td><td>9</td><td>204</td></tr> </table>	118	120	101	63	110	98	115	105	74	21	14	74	82	58	15	11	46	65	45	23	25	13	15	9	204	<div>→</div> <table> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td><td>63</td><td>110</td></tr> <tr><td>-1</td><td>4</td><td>-1</td><td>74</td><td>21</td></tr> <tr><td>0</td><td>-1</td><td>0</td><td>58</td><td>15</td></tr> <tr><td>11</td><td>46</td><td>65</td><td>45</td><td>23</td></tr> <tr><td>25</td><td>13</td><td>15</td><td>9</td><td>204</td></tr> </table>	0	-1	0	63	110	-1	4	-1	74	21	0	-1	0	58	15	11	46	65	45	23	25	13	15	9	204	<table> <tr><td>118</td><td>120</td><td>101</td><td>63</td><td>110</td></tr> <tr><td>98</td><td>63</td><td>48</td><td>49</td><td>21</td></tr> <tr><td>14</td><td>39</td><td>26</td><td>16</td><td>15</td></tr> <tr><td>11</td><td>21</td><td>72</td><td>25</td><td>23</td></tr> <tr><td>25</td><td>13</td><td>15</td><td>9</td><td>204</td></tr> </table>	118	120	101	63	110	98	63	48	49	21	14	39	26	16	15	11	21	72	25	23	25	13	15	9	204
0	-1	0																																																																																					
-1	4	-1																																																																																					
0	-1	0																																																																																					
118	120	101	63	110																																																																																			
98	115	105	74	21																																																																																			
14	74	82	58	15																																																																																			
11	46	65	45	23																																																																																			
25	13	15	9	204																																																																																			
0	-1	0	63	110																																																																																			
-1	4	-1	74	21																																																																																			
0	-1	0	58	15																																																																																			
11	46	65	45	23																																																																																			
25	13	15	9	204																																																																																			
118	120	101	63	110																																																																																			
98	63	48	49	21																																																																																			
14	39	26	16	15																																																																																			
11	21	72	25	23																																																																																			
25	13	15	9	204																																																																																			
<p>Exemple : <math>+118 \times 0 + 120 \times -1 + 101 \times 0</math>      0   -120   0</p> <p><math>+ 98 \times -1 + 150 \times 4 + 105 \times -1 =</math>   -98   +600   -105   =   63</p> <p><math>+ 14 \times 0 + 74 \times -1 + 80 \times 0</math>      0   -74   0</p>																																																																																							

Il existe plusieurs sortes de filtre, Par exemple **un filtre passe-bas**, il réduit les plus petits détails d'une image. Il est donc utilisé pour lisser une image.



Les **filtres passe-haut** font le contraire : ils sont utilisés pour raviver les petits détails d'une image.

## V. Classification et analyse des images

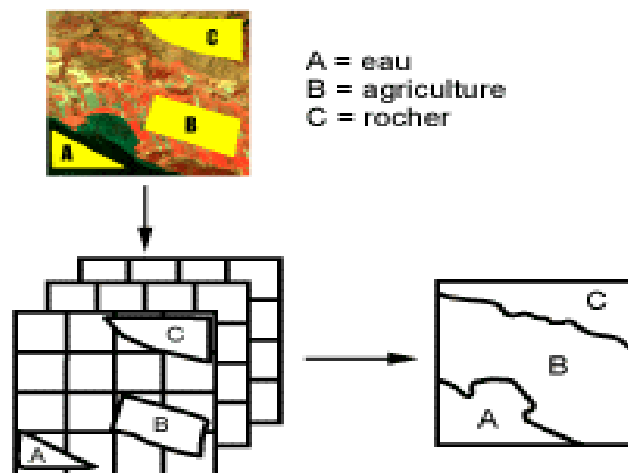
Extraire d'une image des classes thématiques (cultures, urbain, forêts, routes, lacs, etc.)

**1. Classifications supervisées** L'analyste identifie des échantillons assez homogènes de l'image qui sont représentatifs de différents types de surfaces (classes d'information). Ces échantillons forment un **ensemble de données-tests**.

La sélection de ces données-tests est basée sur les connaissances de l'analyste et sa familiarité avec les régions géographiques.

L'ordinateur utilise un programme spécial ou **algorithmes de classification** afin de déterminer la "signature spectrale" ou numérique de chacune des classes.

Une classification supervisée commence donc par l'identification **des classes d'information** qui sont ensuite utilisées pour définir les **classes spectrales** qui les représentent.



**2. Classifications non supervisées** procède de la façon contraire. Les **classes spectrales** sont formées en premier, basées sur l'information numérique des données seulement. Ces classes sont ensuite associées, par un analyste, à des **classes d'information** utile (si possible). Des programmes appelés **algorithmes de classification** sont utilisés pour déterminer les groupes statistiques naturels ou les structures des données.

