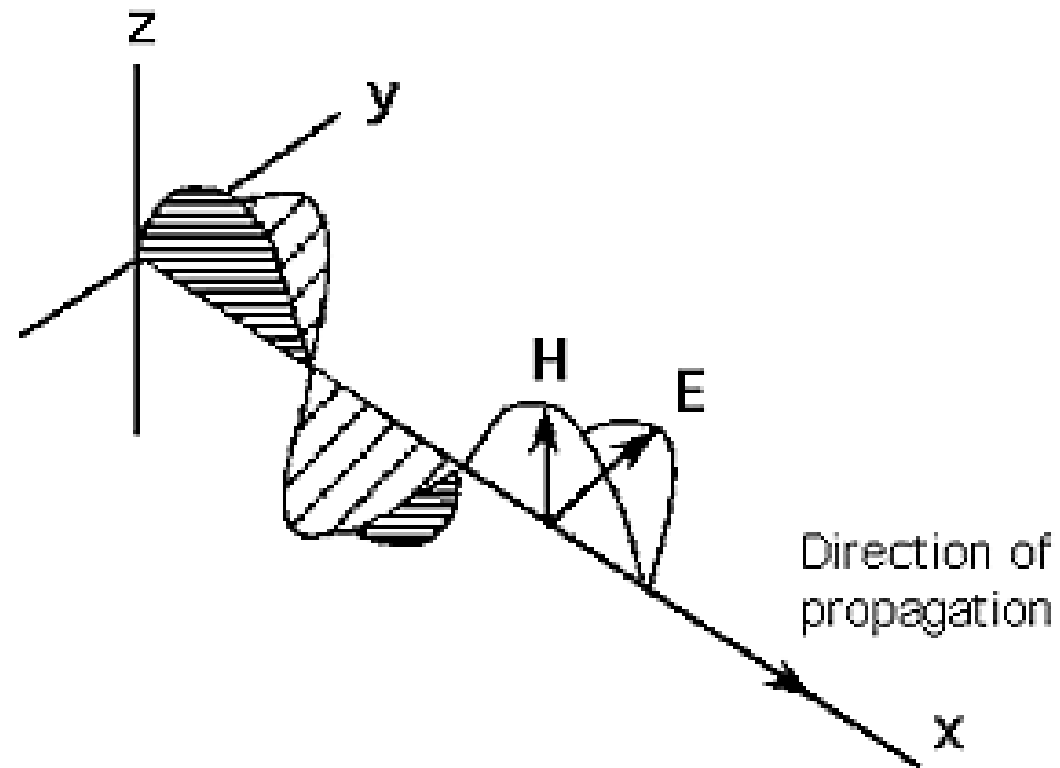


Agrocampus Rennes

2006-2007

# Introduction à la télédétection

Hervé Nicolas



## L'onde électromagnétique

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

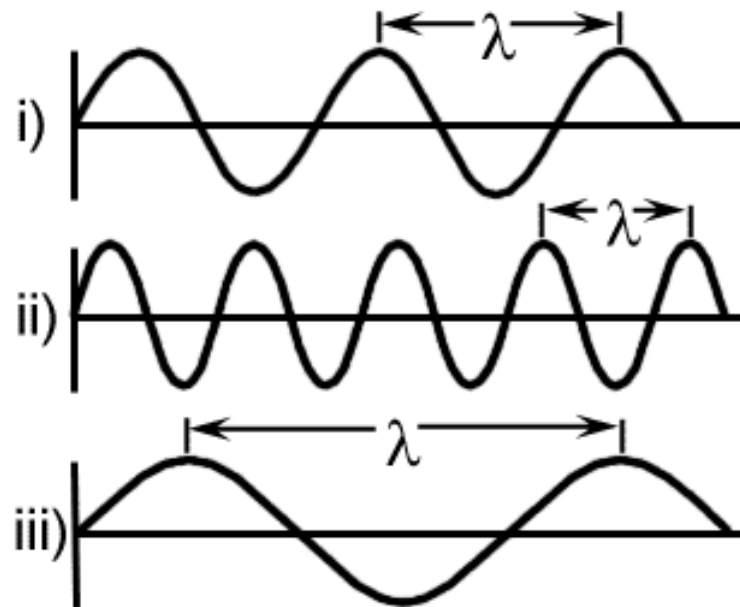
$$c = \lambda \nu$$

où :

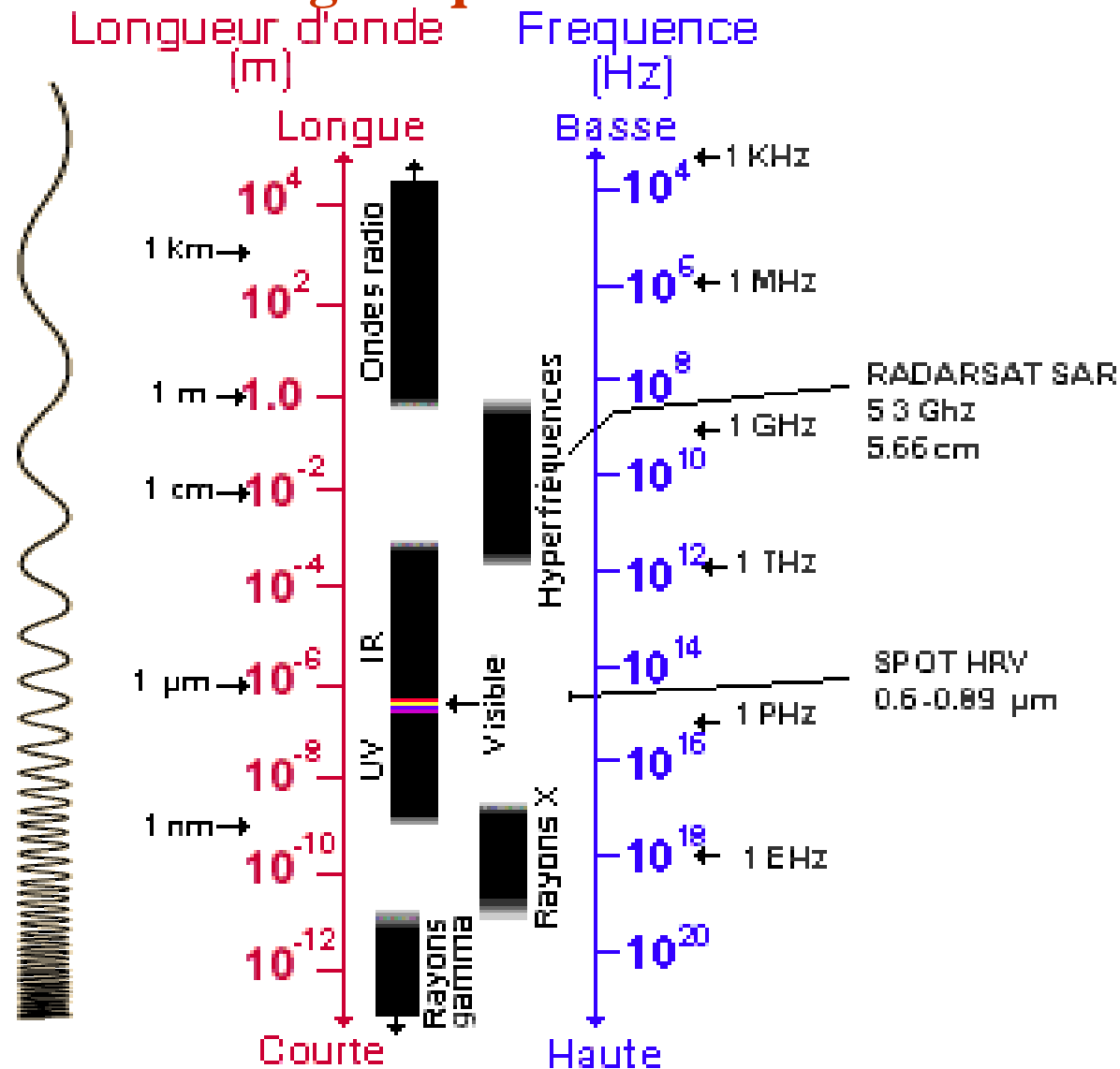
$\lambda$  = longueur d'onde

$\nu$  = fréquence

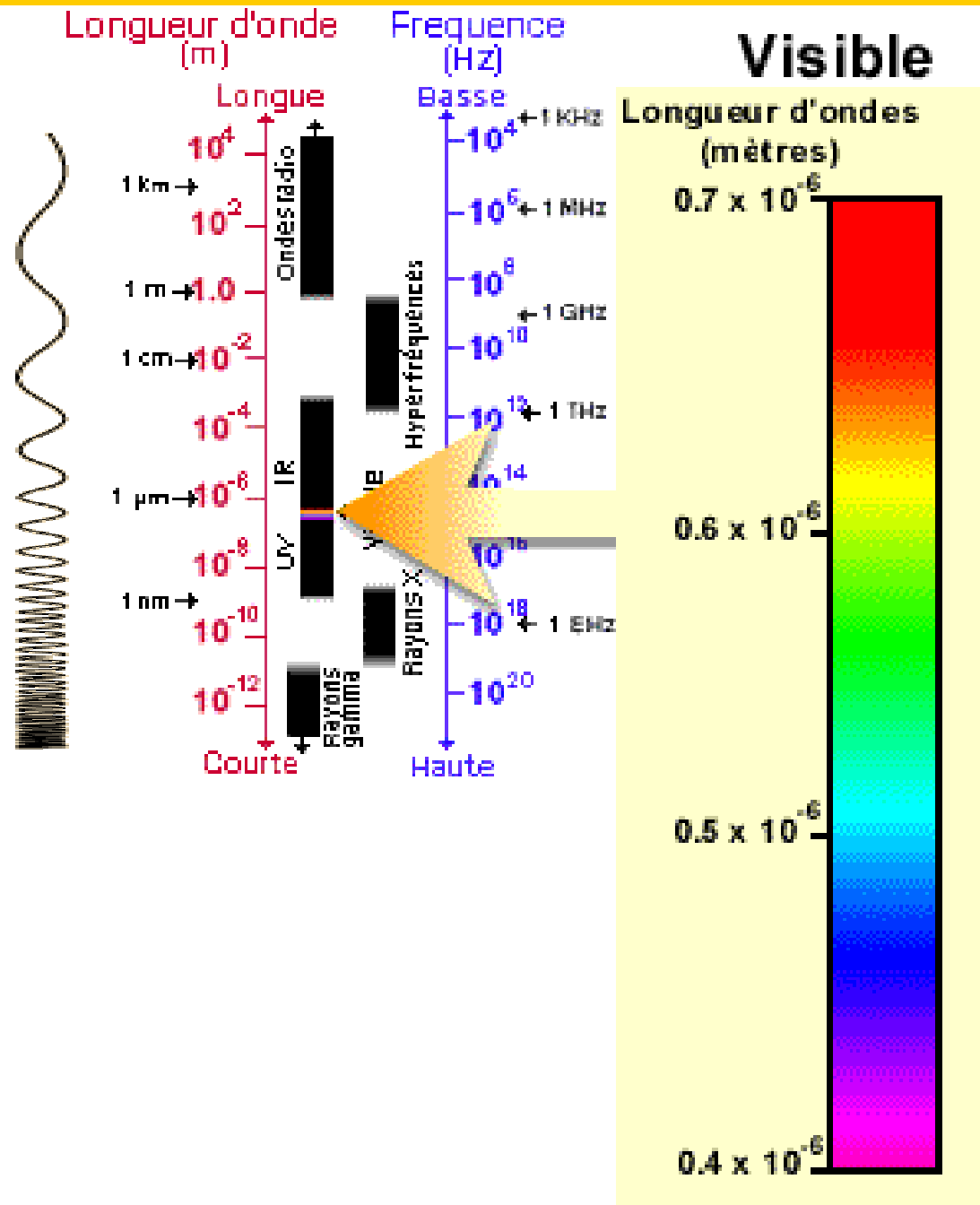
$c$  = vitesse de la lumière



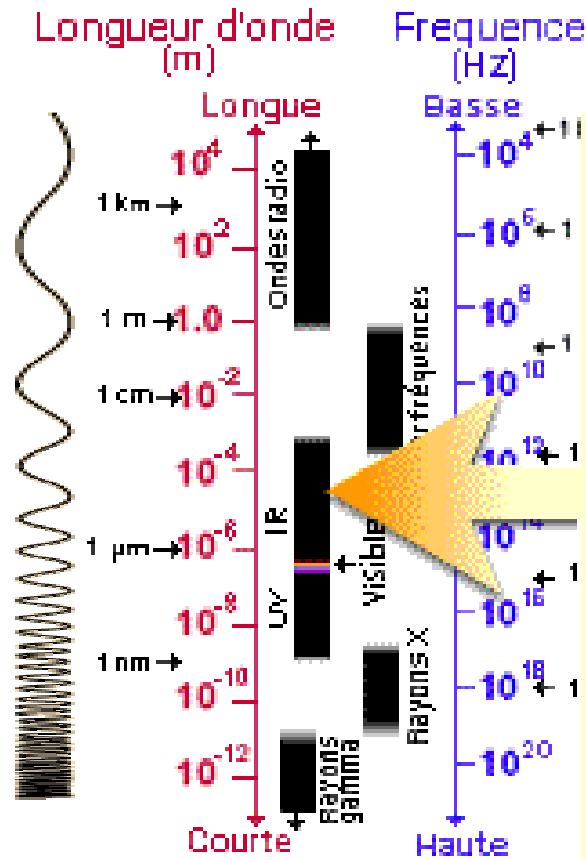
## Le spectre électromagnétique



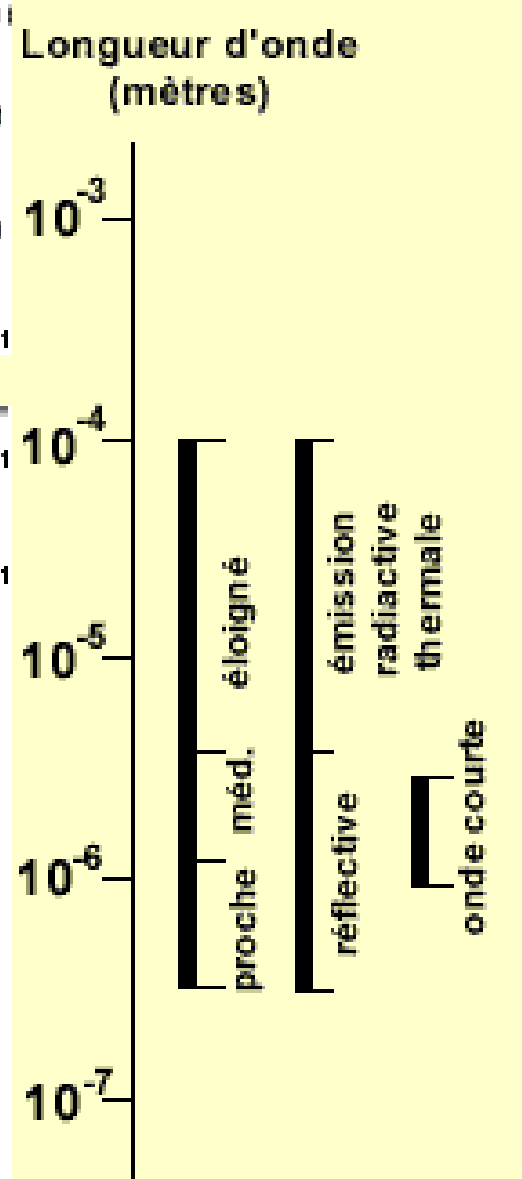
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



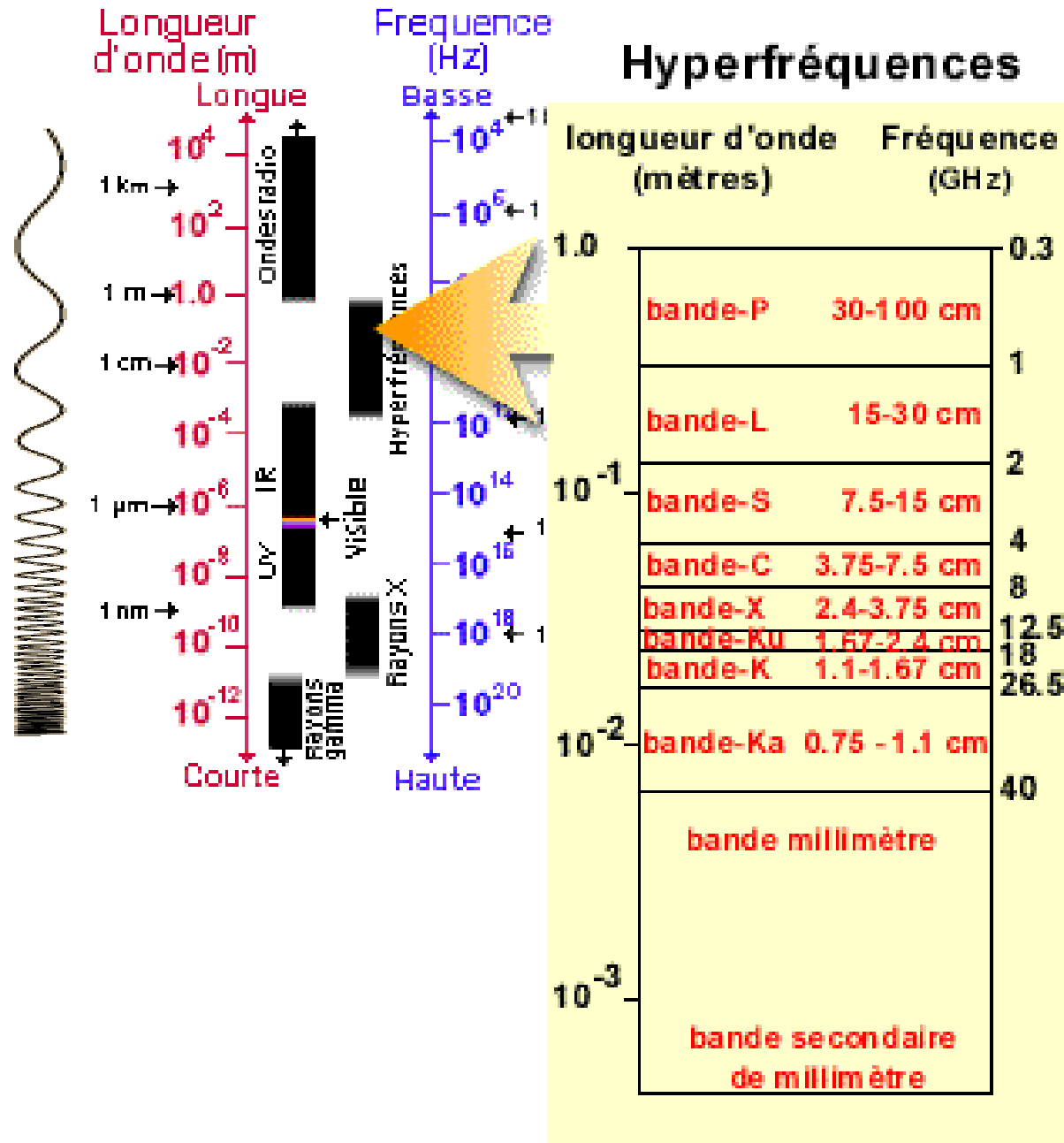
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



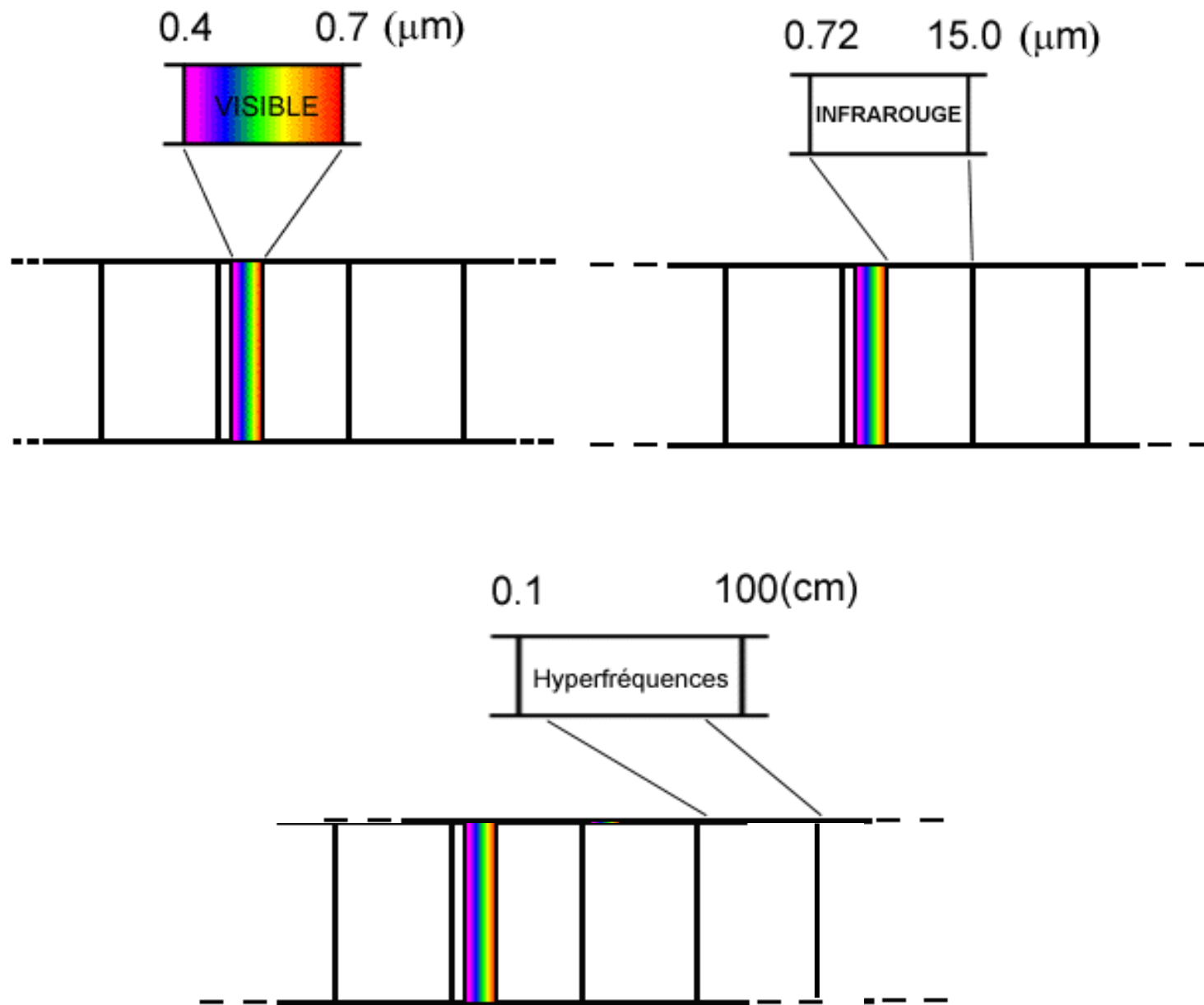
## Infrarouge



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

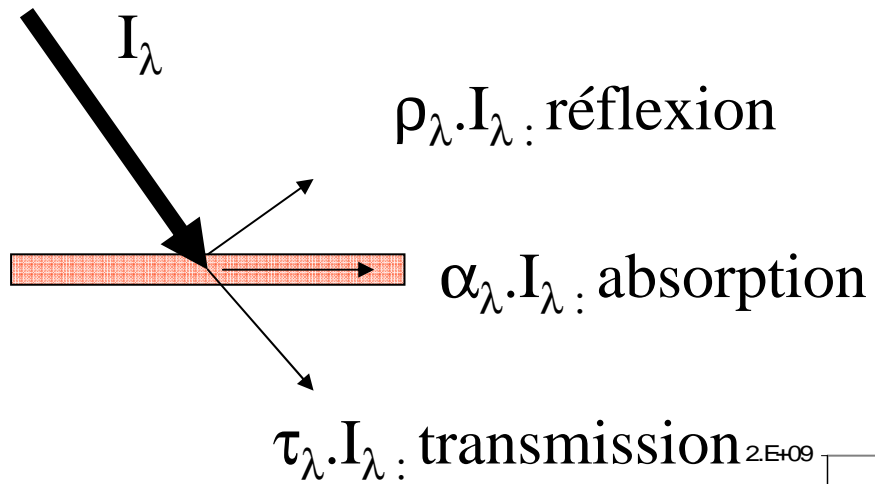


# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

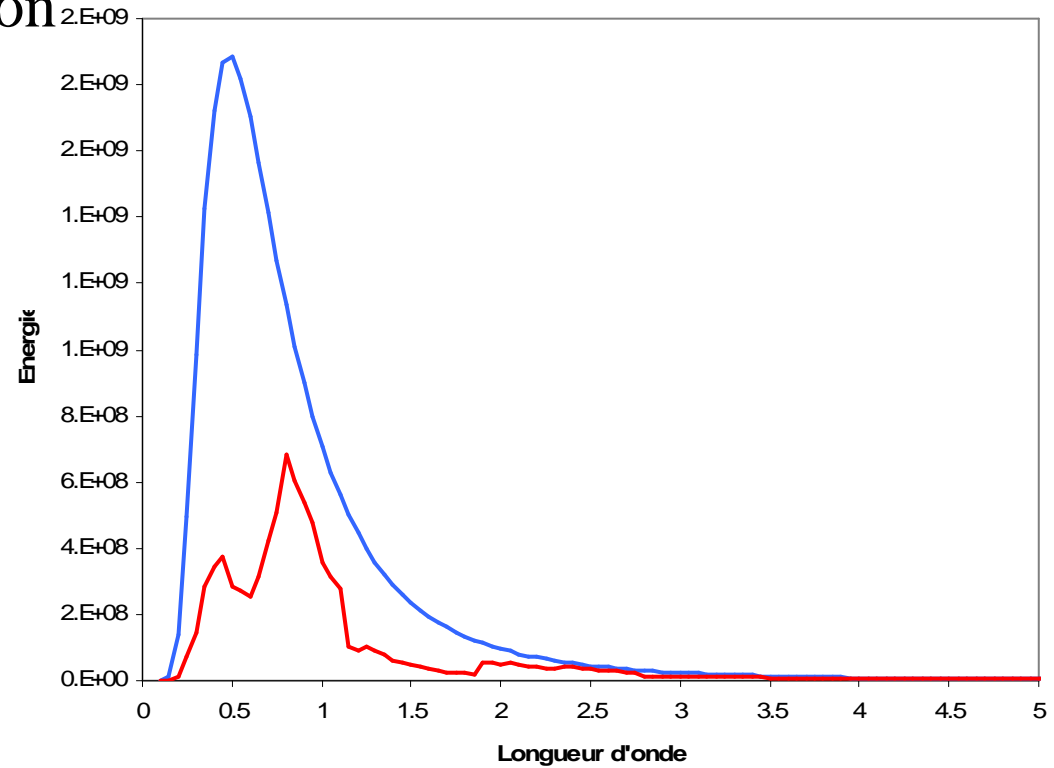




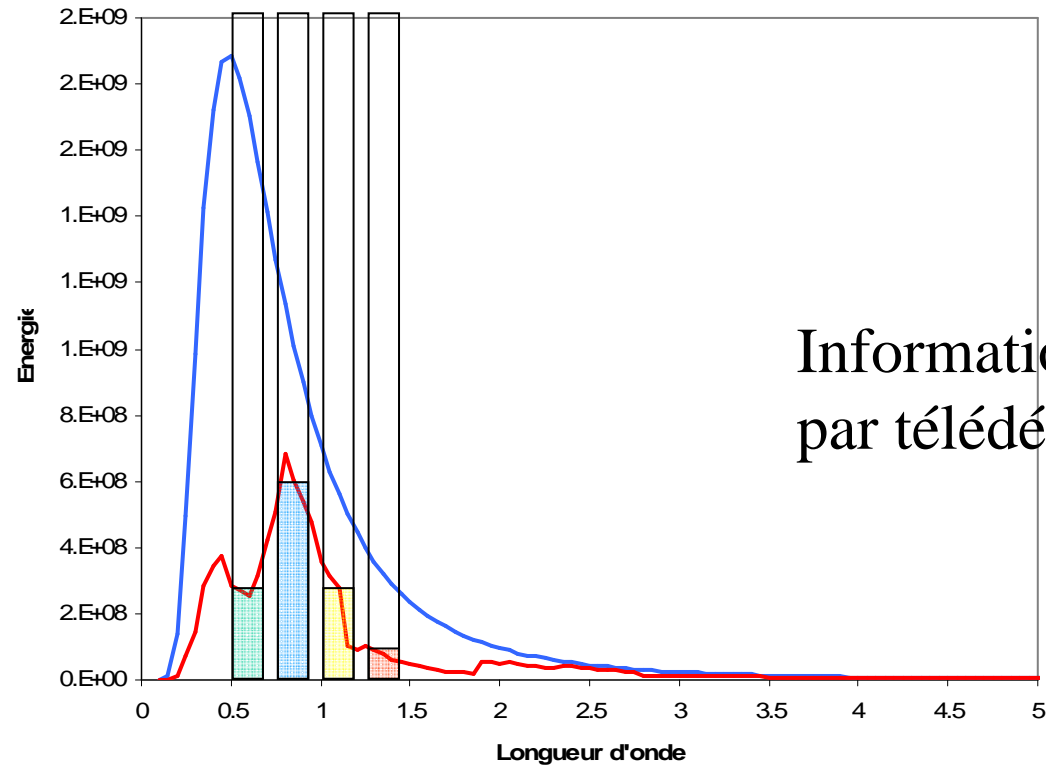
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



$$\rho_\lambda + \alpha_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

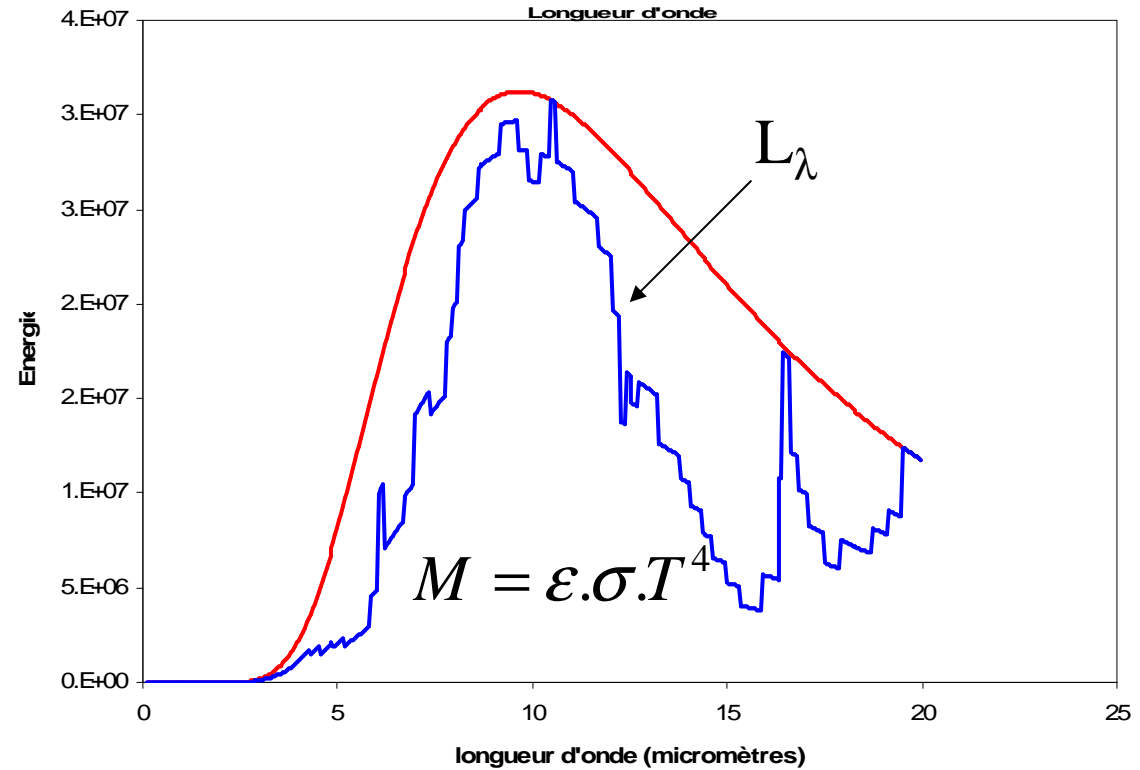
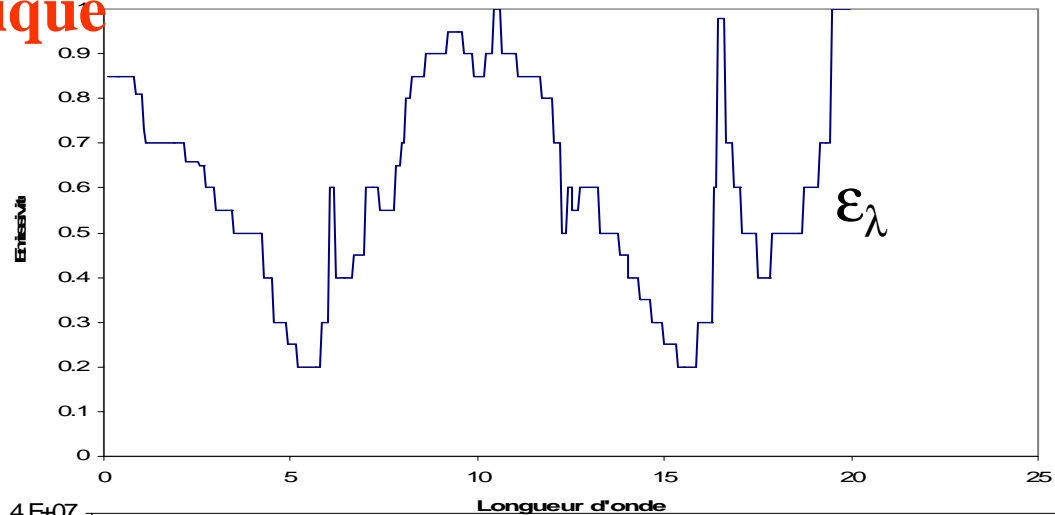


## Télédétection : mesure d'énergie solaire réfléchie

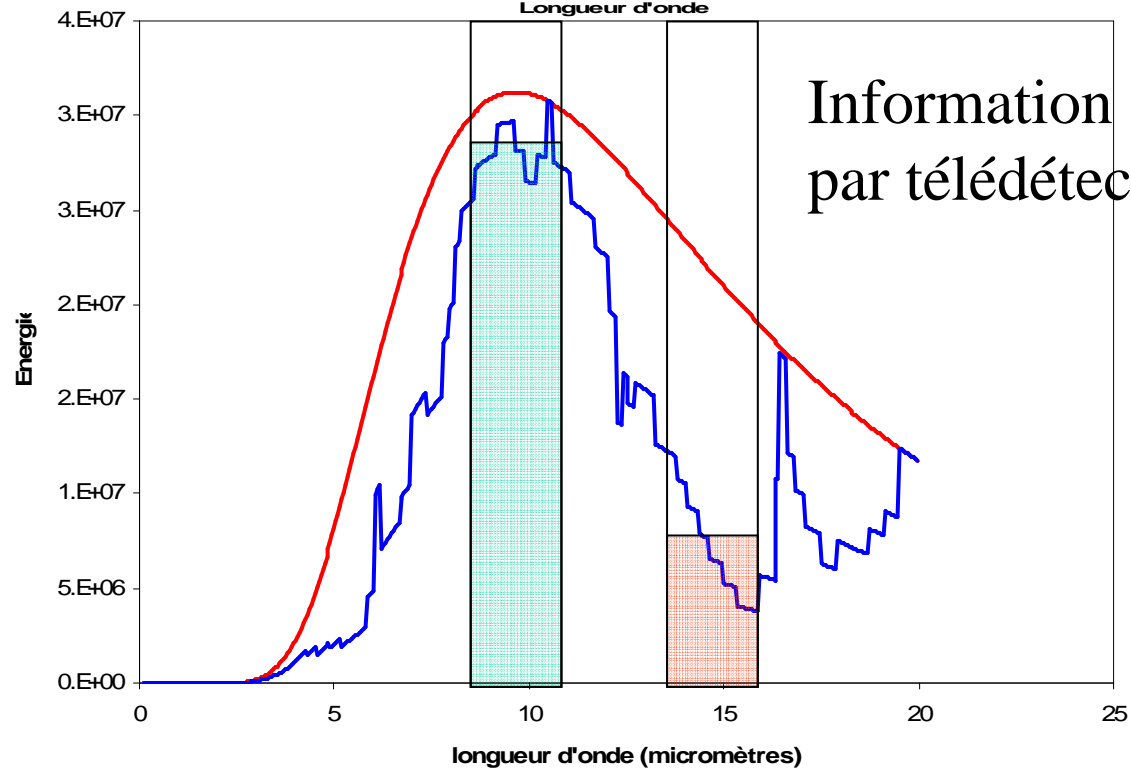
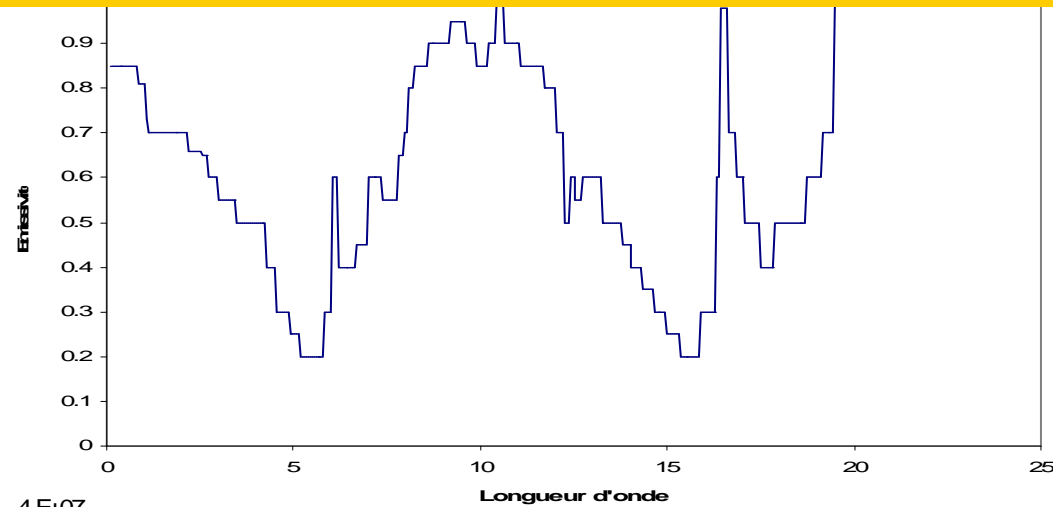


## Dans l'infrarouge thermique

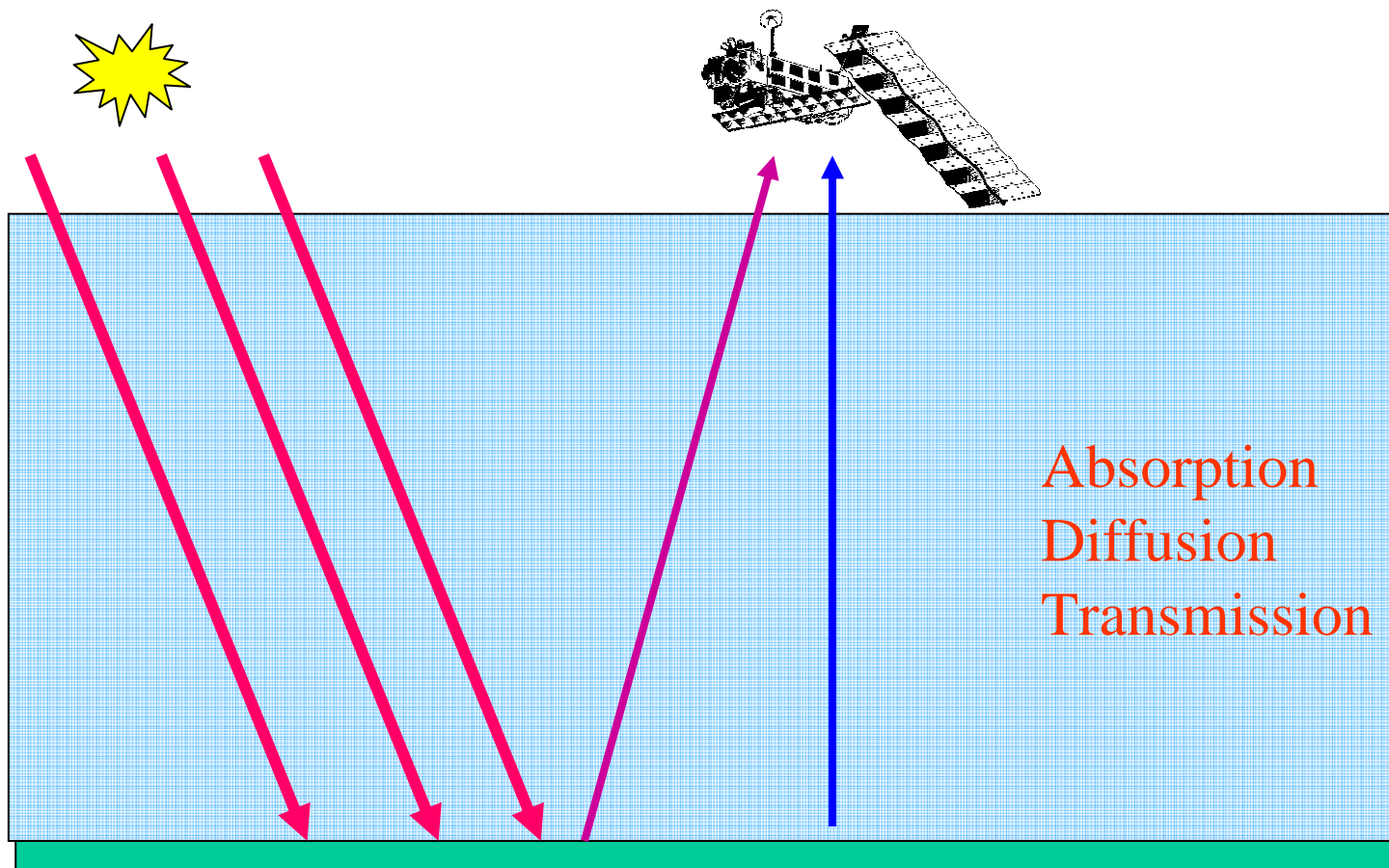
$$L_{\lambda} = \varepsilon_{\lambda} \cdot L_{\lambda}^0$$



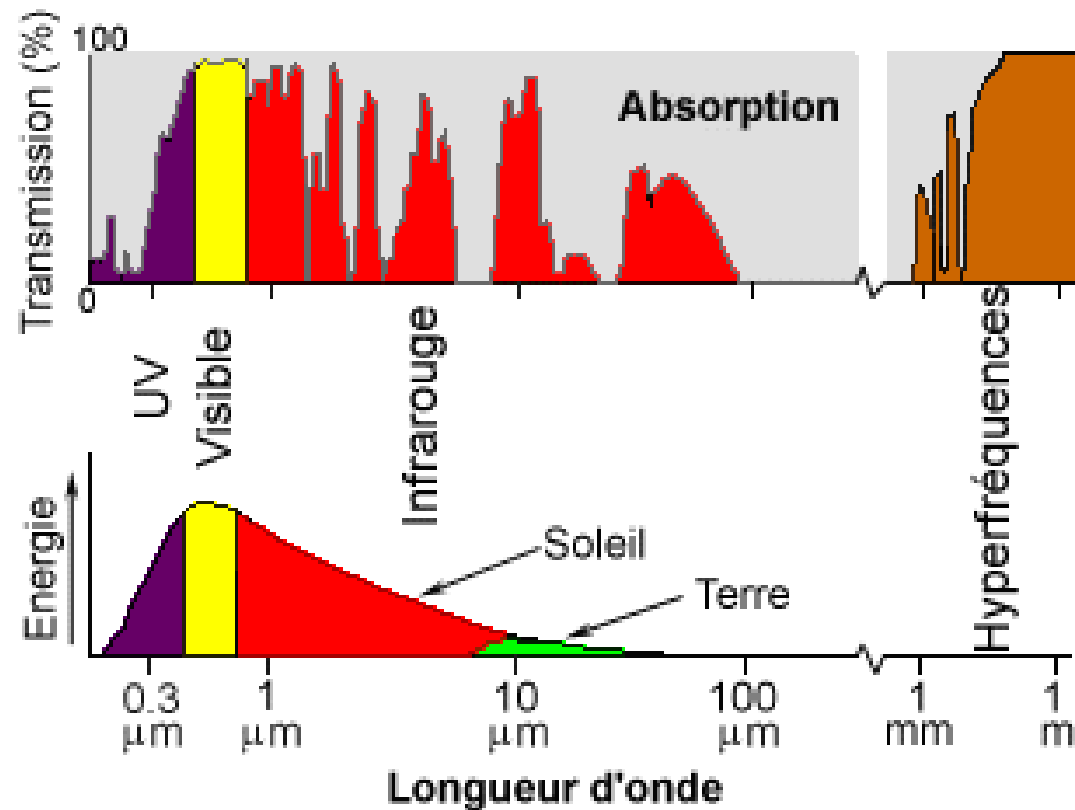
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

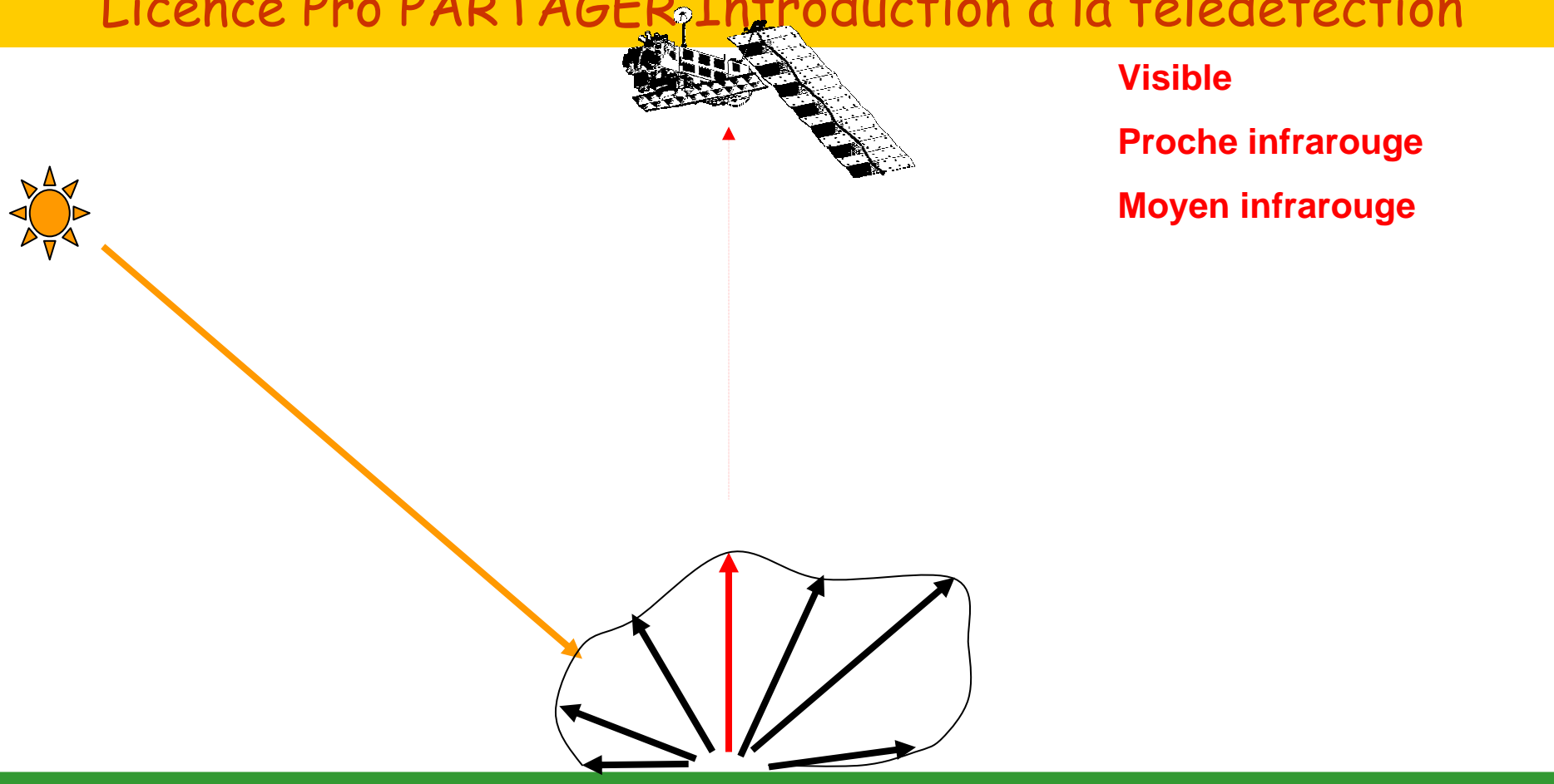


L'effet de l'atmosphère



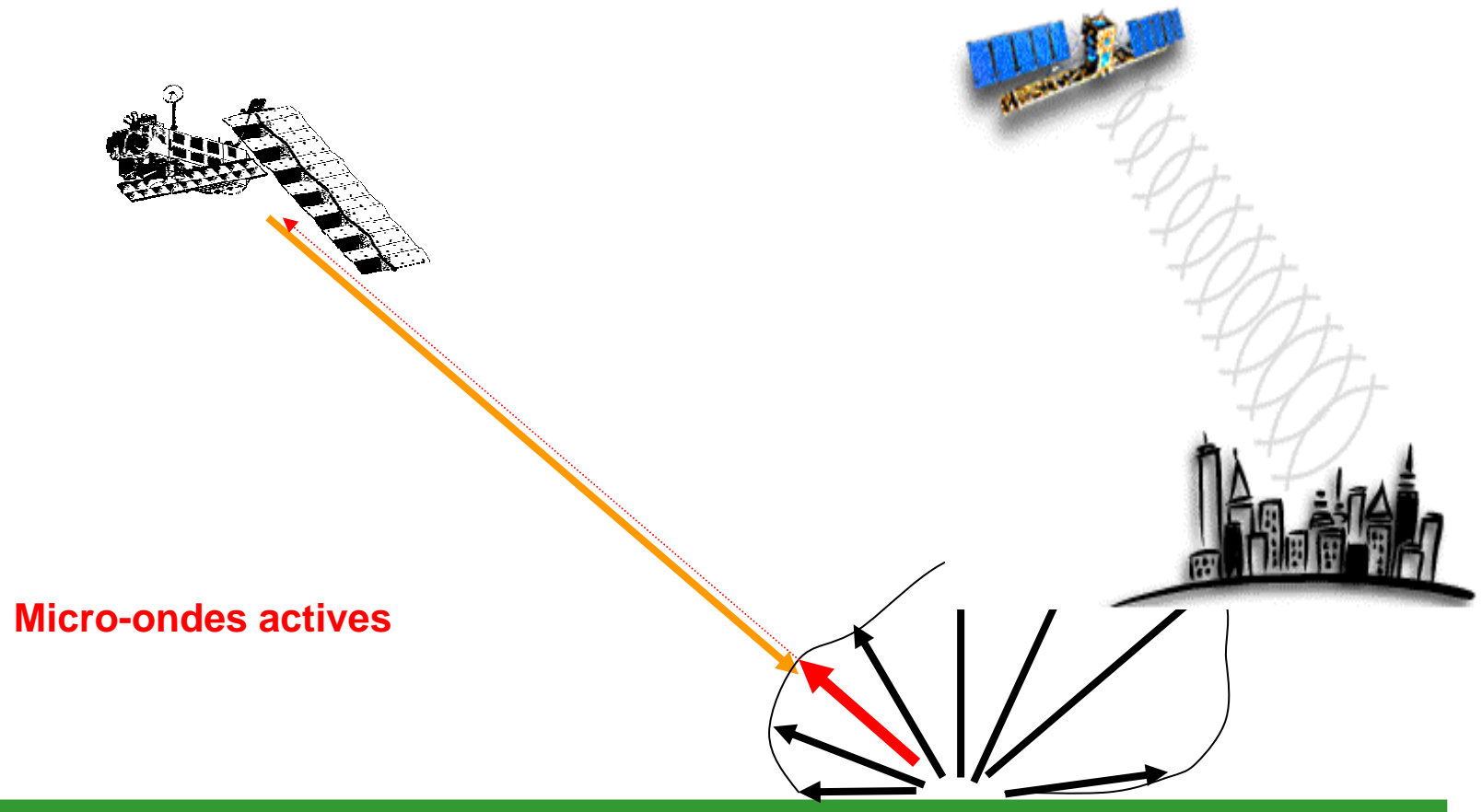
## La transmission de l'atmosphère aux ondes électromagnétiques





Energie réfléchié : facteur de réflexion spectral et bidirectionnel

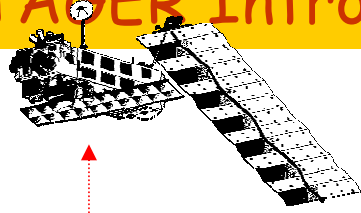
**L'information télédectée**



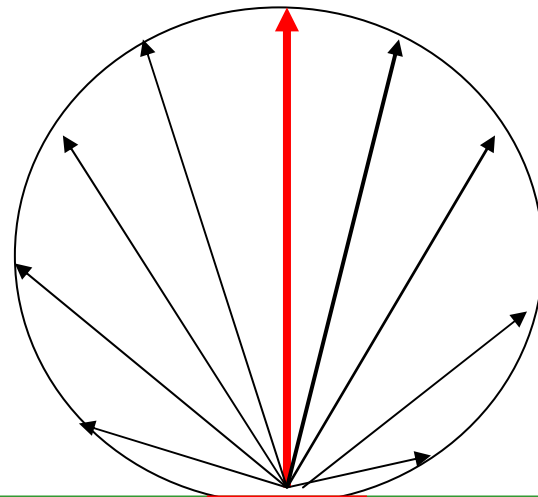
Energie rétrodiffusée : coefficient de rétrodiffusion radar

**L'information télédétectée**





Infrarouge thermique  
Micro-ondes passives



$dS$

Energie émise

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \epsilon_{\lambda} M_{\lambda}^0(T) d\lambda$$

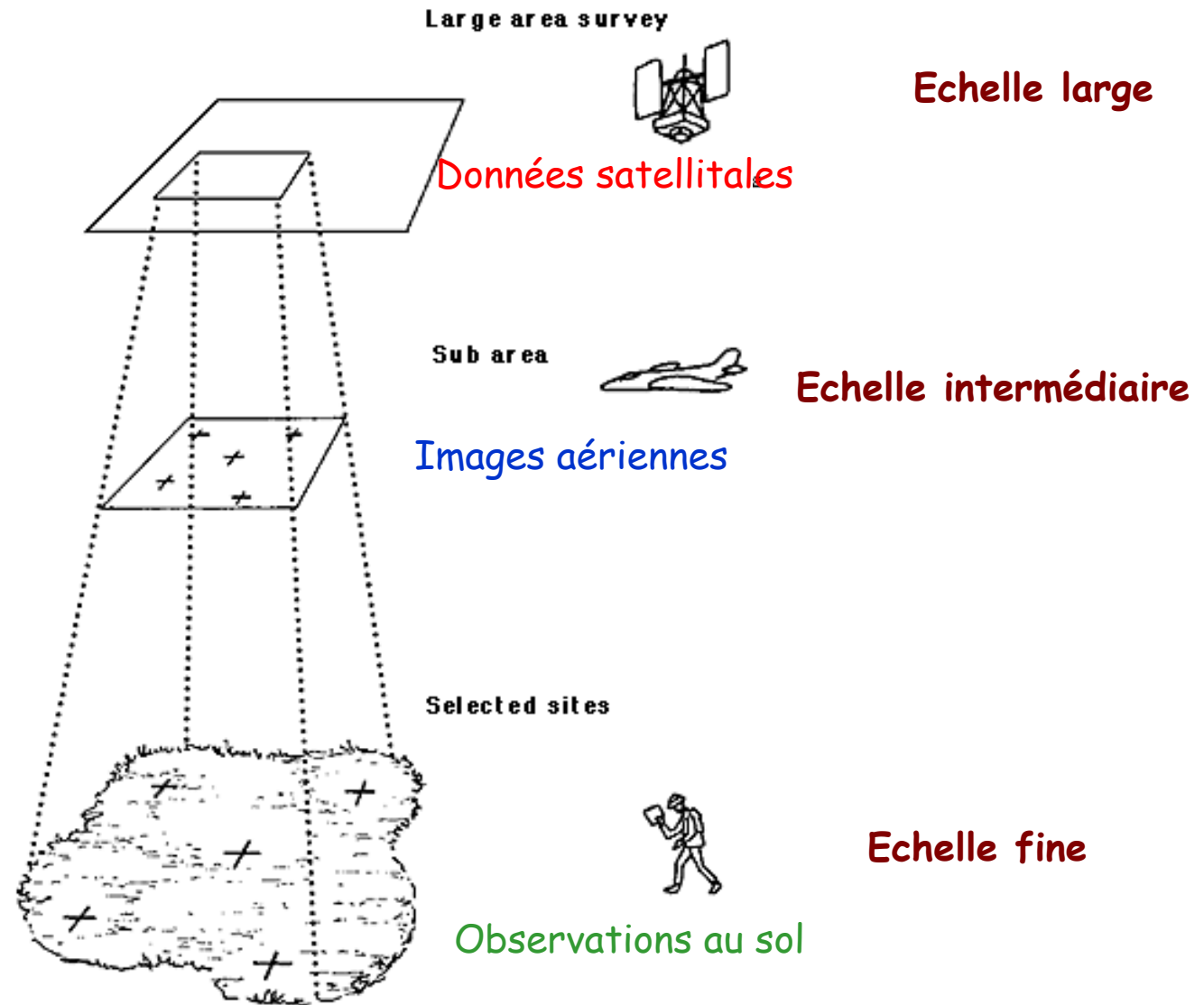
**L'information télédétectée**

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

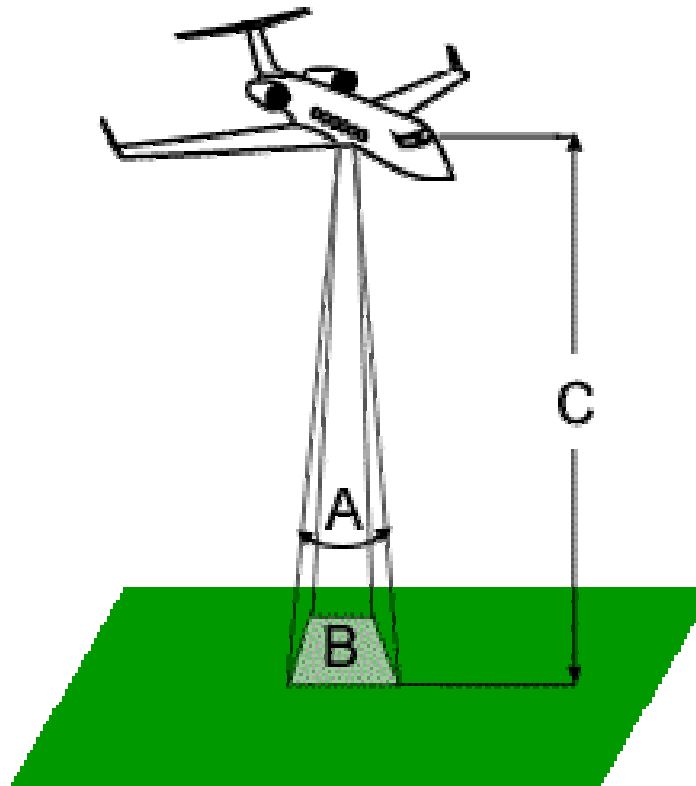
## Les 3 échelles en télédétection



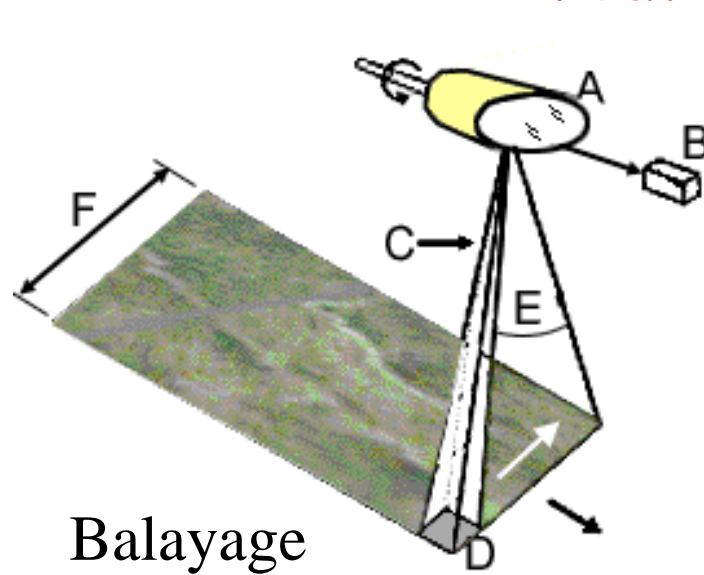
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



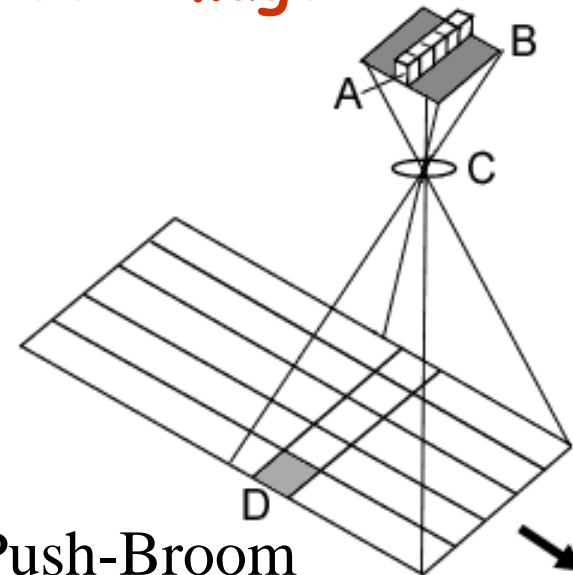
L'angle instantané d'observation  
Instant Field Of View (IFOV)



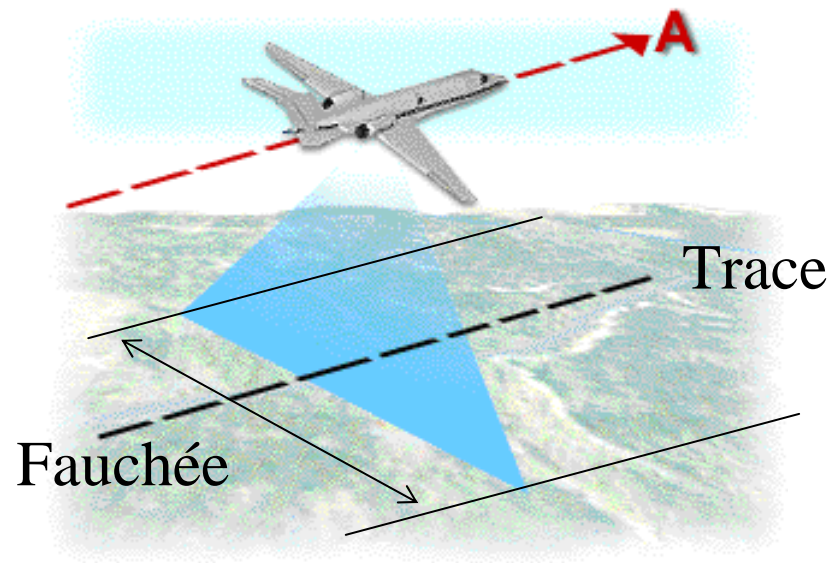
## Création de l'image



Balayage



Push-Broom



## Caractéristiques des capteurs de télédétection

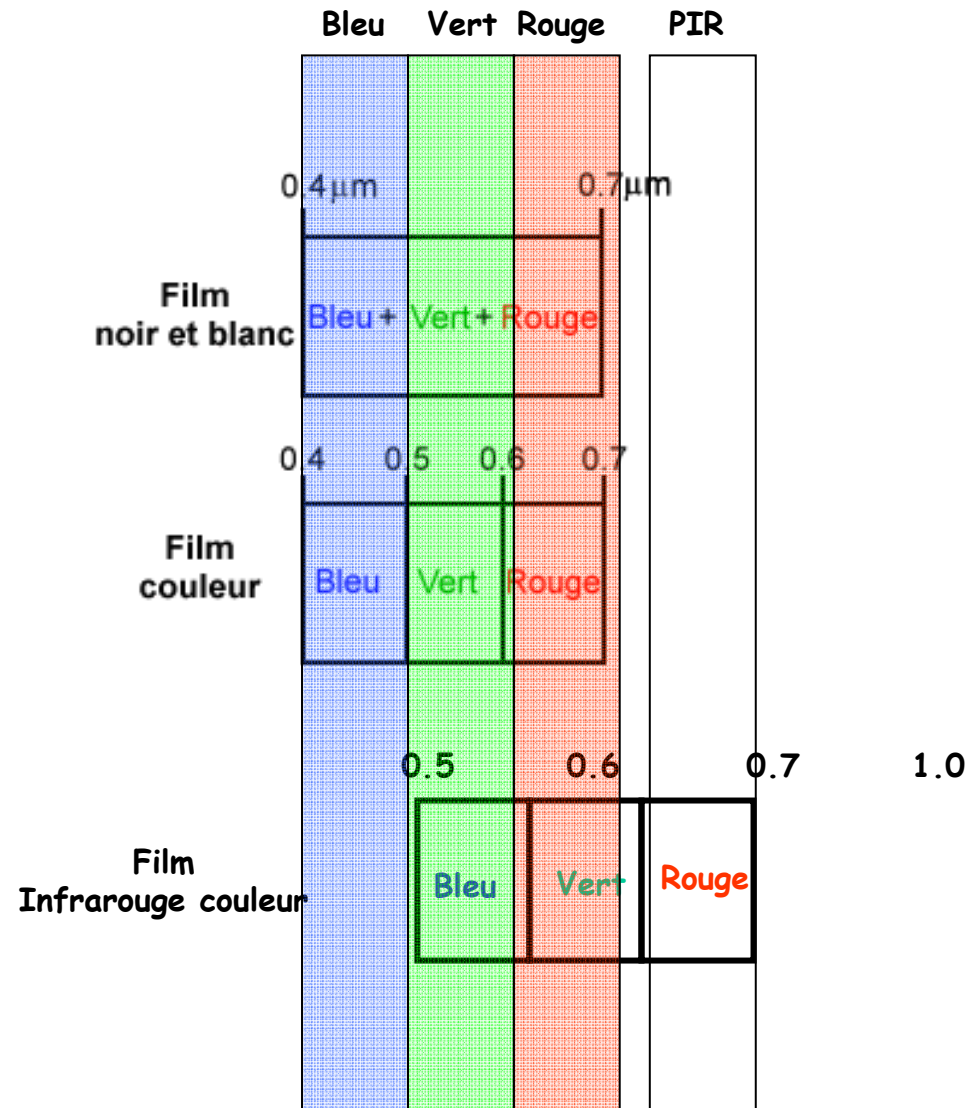
**Résolution spatiale**

métrique décimétrique hectométrique kilométrique

**Résolution spectrale**

**Fréquence de passage** horaire, journalier « mensuel »

## Résolution spectrale : Les films



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



Film couleur

Représentation en couleurs naturelles

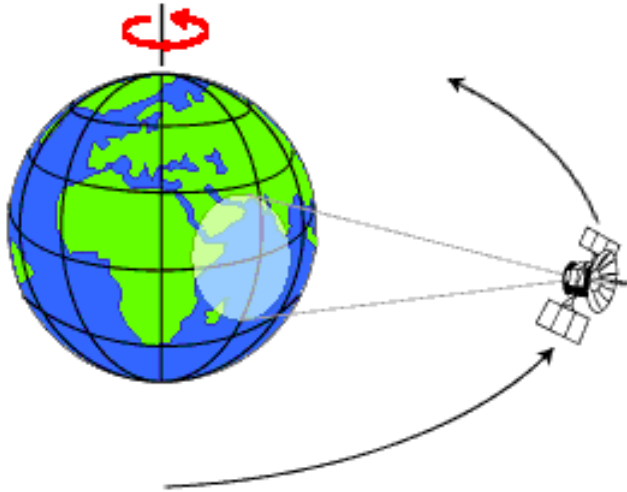


Film Infrarouge Couleur

Représentation en fausses couleurs



## Les vecteurs satellitaires



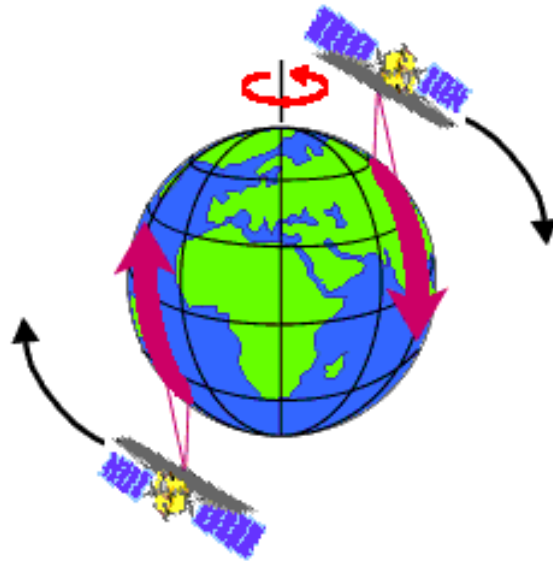
**Géostationnaire**

Altitude 36000 km



**Quasi polaire  
Héliosynchrone**

Altitude 800 km

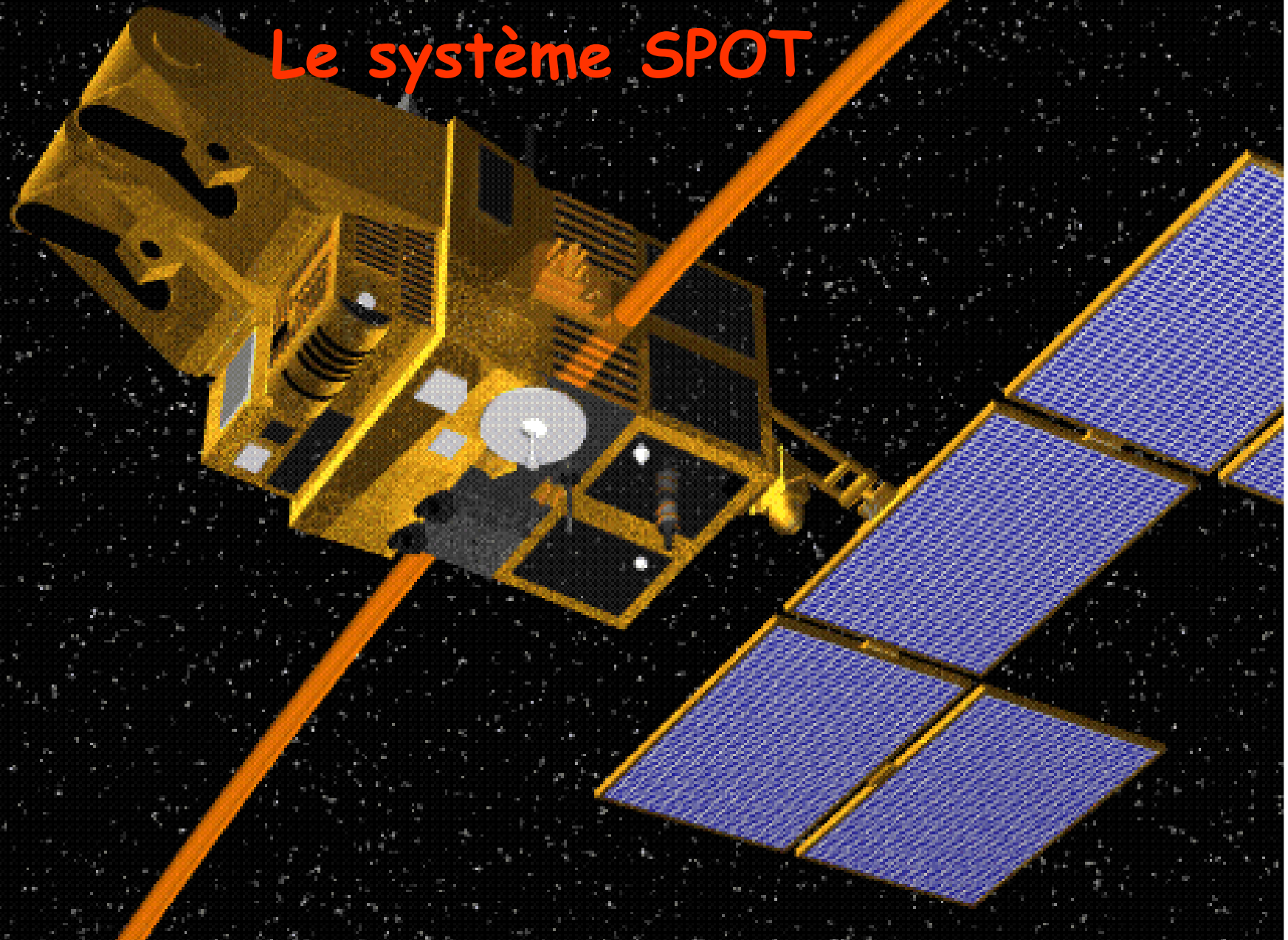


**Orbites ascendante  
et  
descendante**

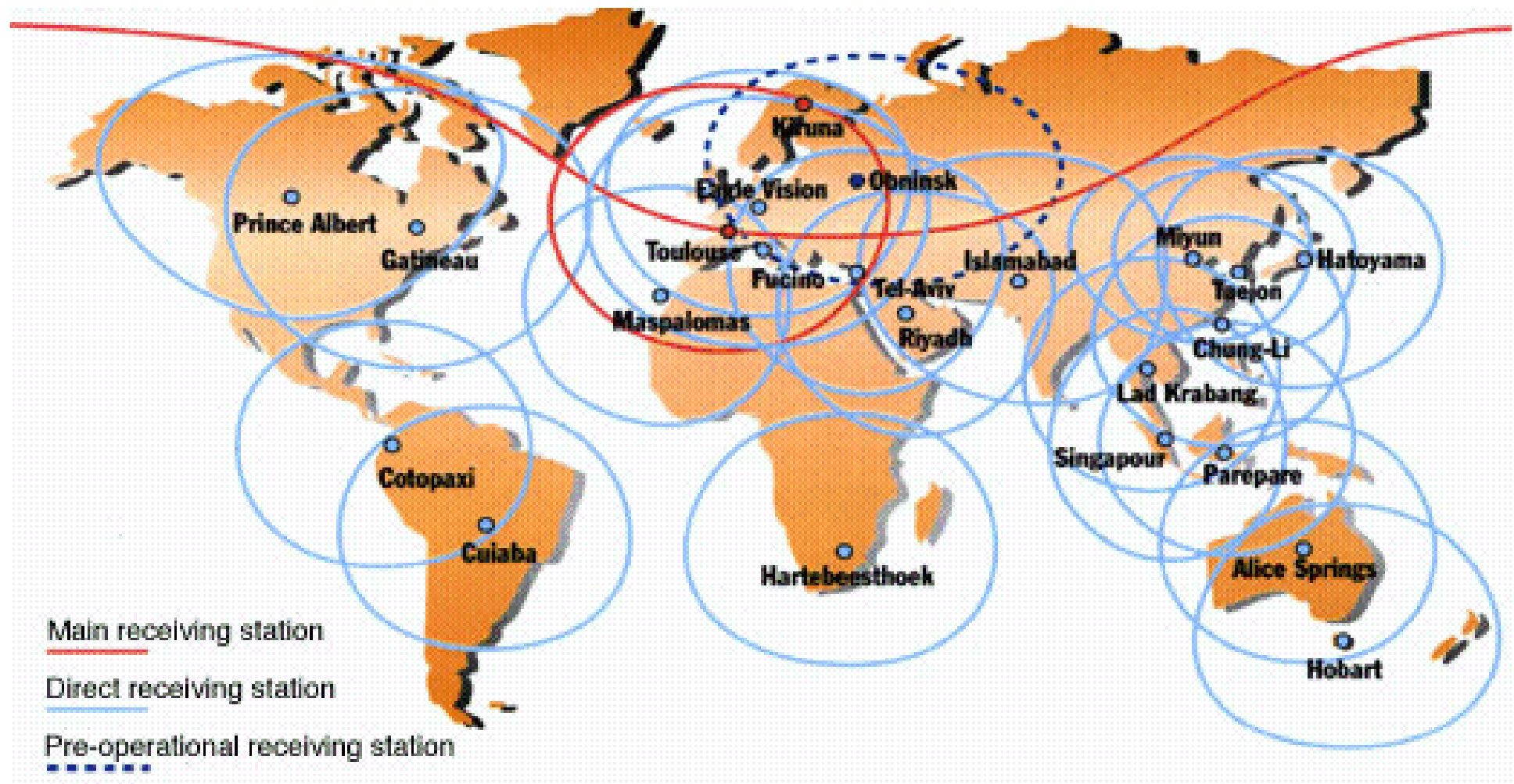


**fauchée**

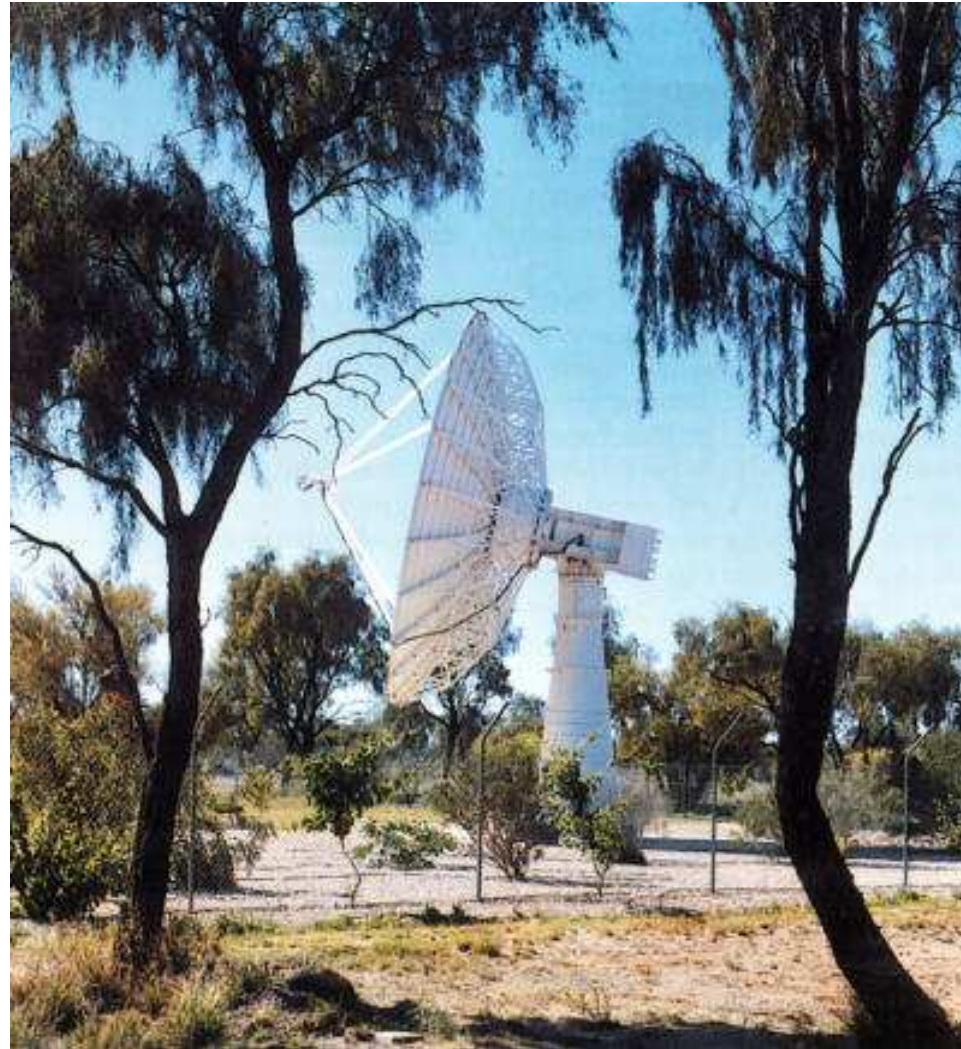
## Le système SPOT



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

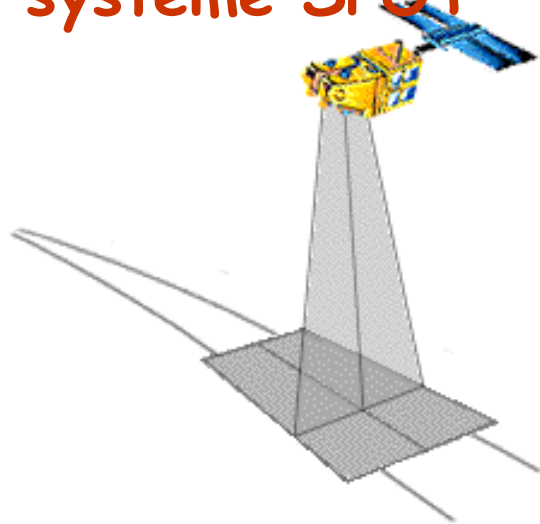


# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

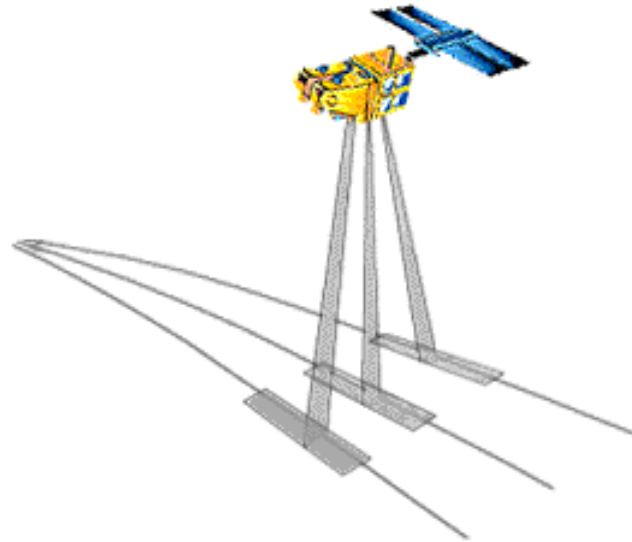


**Station de réception du satellite SPOT , Alice Springs, Australie**

## Le système SPOT

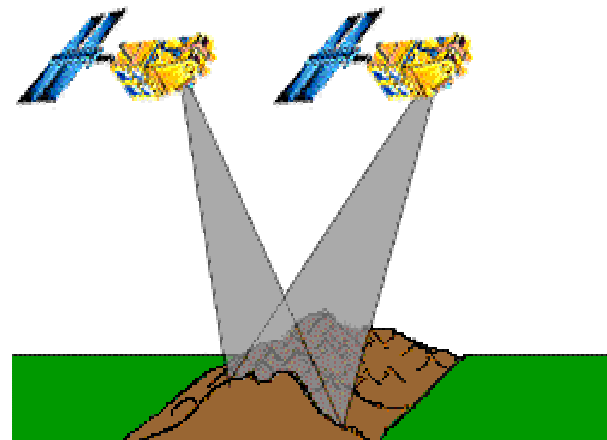


2 traces simultanées

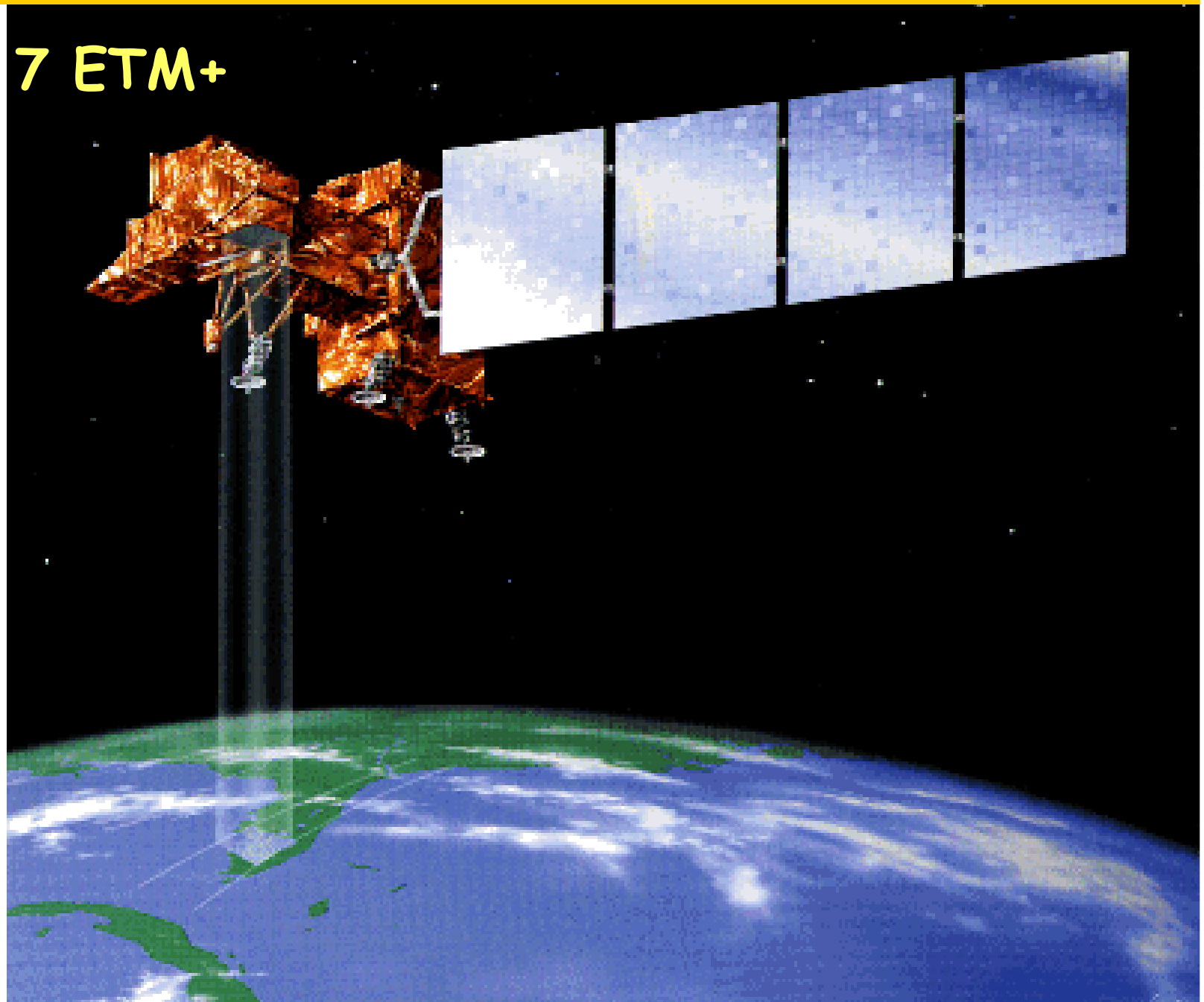


Dépointage du télescope

## La stéréoscopie



## Landsat 7 ETM+



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

## Les satellites d'observation de la terre : LANDSAT Thematic Mapper

Bande	Domaine spectral	Application
TM 1	0,45 - 0,52 (bleu) 15m	discrimination entre le sol et la végétation, bathymétrie/cartographie côtière; identification des traits culturels et urbains
TM 2	0,52 - 0,60 (vert) 15m	cartographie de la végétation verte (mesure le sommet de réflectance); identification des traits culturels et urbains
TM 3	0,63 - 0,69 (rouge) 15m	discrimination entre les espèces de plantes à feuilles ou sans feuilles; (absorption de chlorophylle); identification des traits culturels et urbains
TM 4	0,76 - 0,90 (proche IR) 15m	identification des types de végétation et de plantes; santé et contenu de la masse biologique; délimitation des étendues d'eau; humidité dans le sol
TM 5	1,55 - 1,75 (IR de courte longueur d'onde) 15m	sensible à l'humidité dans le sol et les plantes; discrimination entre la neige et les nuages
TM 6	10,4 - 12,5 (IR thermique) 60m	discrimination du stress de la végétation et de l'humidité dans le sol relié au rayonnement thermique; cartographie thermique
TM 7	2,08 - 2,35 (IR de courte longueur d'onde) 15m	discrimination entre les minéraux et les types de roches; sensible au taux d'humidité dans la végétation



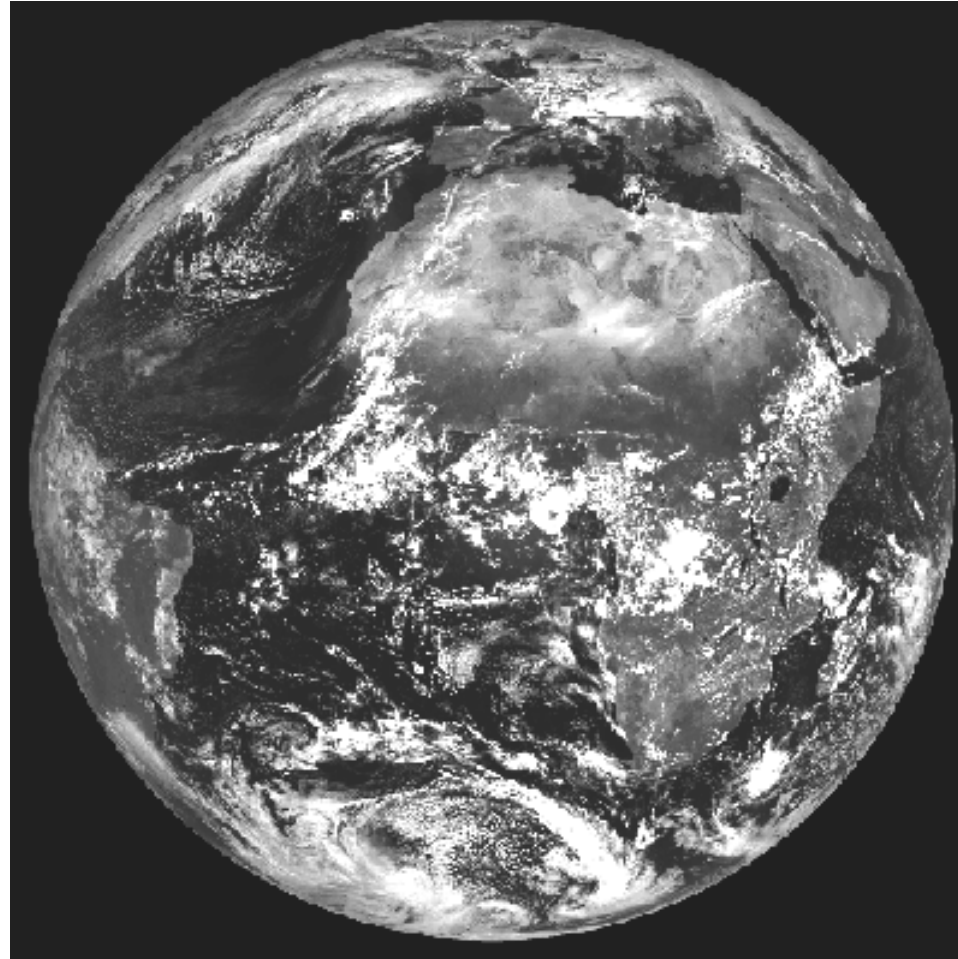
## Satellites et capteurs météorologiques

*GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite)*

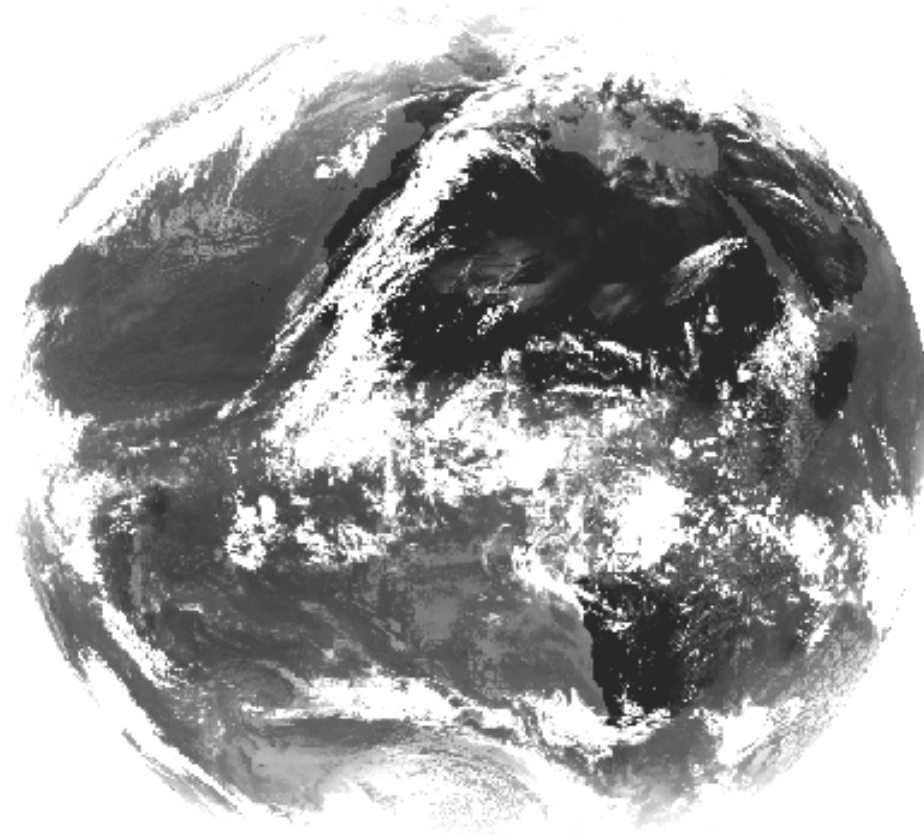
N	Domaine spectral (microns)	Résolution	Application
1	0,52 - 0,72 (visible)	1 km	Nuages, pollution, identification de tempêtes sévères
2	3,78 - 4,03 (proche IR)	4 km	Identification de la brume durant la nuit, différenciation des nuages de pluie et de neige ou glace durant le jour; détection de feux et d'éruptions volcaniques, <b>détermination de la température de la surface des océans durant la nuit</b>
3	6,47 - 7,02 (vapeur d'eau au niveau supérieur)	4 km	évaluation de l'advection et du contenu en humidité des couches atmosphériques intermédiaires. Suivi du mouvement des masses atmosphériques intermédiaires. Suivi du mouvement des masses atmosphériques
4	10,2 - 11,2 (IR à longue longueur d'onde)	4 km	identification des vents qui entraînent les nuages, les tempêtes sévères, la pluie torrentielle
5	11,5 - 12,5 (fenêtre de l'IR qui est sensible à la vapeur d'eau)	4 km	identification de l'humidité dans la couche inférieure de l'atmosphère, <b>détermination de la température de la surface des océans,</b> détection de poussière et de cendre volcanique dans l'atmosphère



Bande Visible, GOES



**Météosat, Canal visible**



**Météosat, canal thermique**

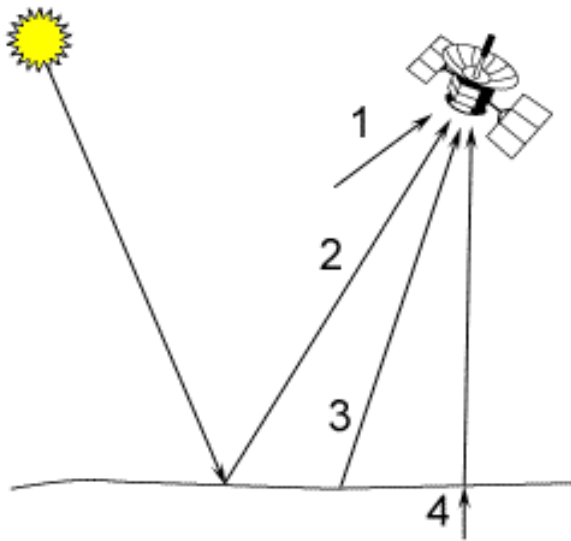


*Météosat, composition colorée*

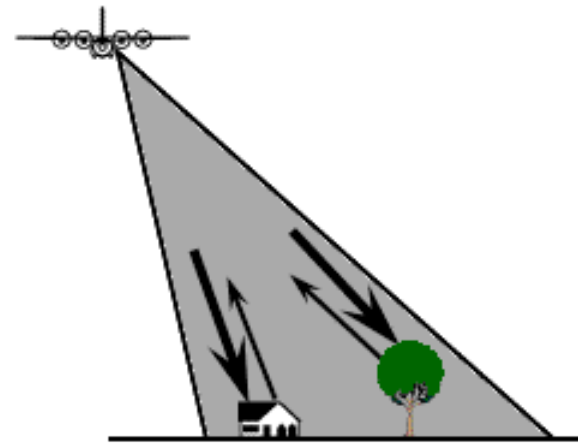
## NOAA AVHRR

Num Band	Domaine spectral (microns)	résolution	Application
1	0,58 - 0,68 (rouge)	1.1 km	surveillance des nuages, de la neige et de la glace
2	0,725 - 1,1 (proche IR)	1.1 km	surveillance de l'eau, de la végétation et des surfaces agricoles
3	3,55 - 3,93 (IR moyen)	1.1 km	température de la surface des océans, volcans, feux de forêts
4	10,3 - 11,3 (IR thermique)	1.1 km	température de la surface des océans, humidité du sol
5	11,5 - 12,5 (IR thermique)	1.1 km	température de la surface des océans, humidité du sol

## Les capteurs dans le domaine des hyperfréquences

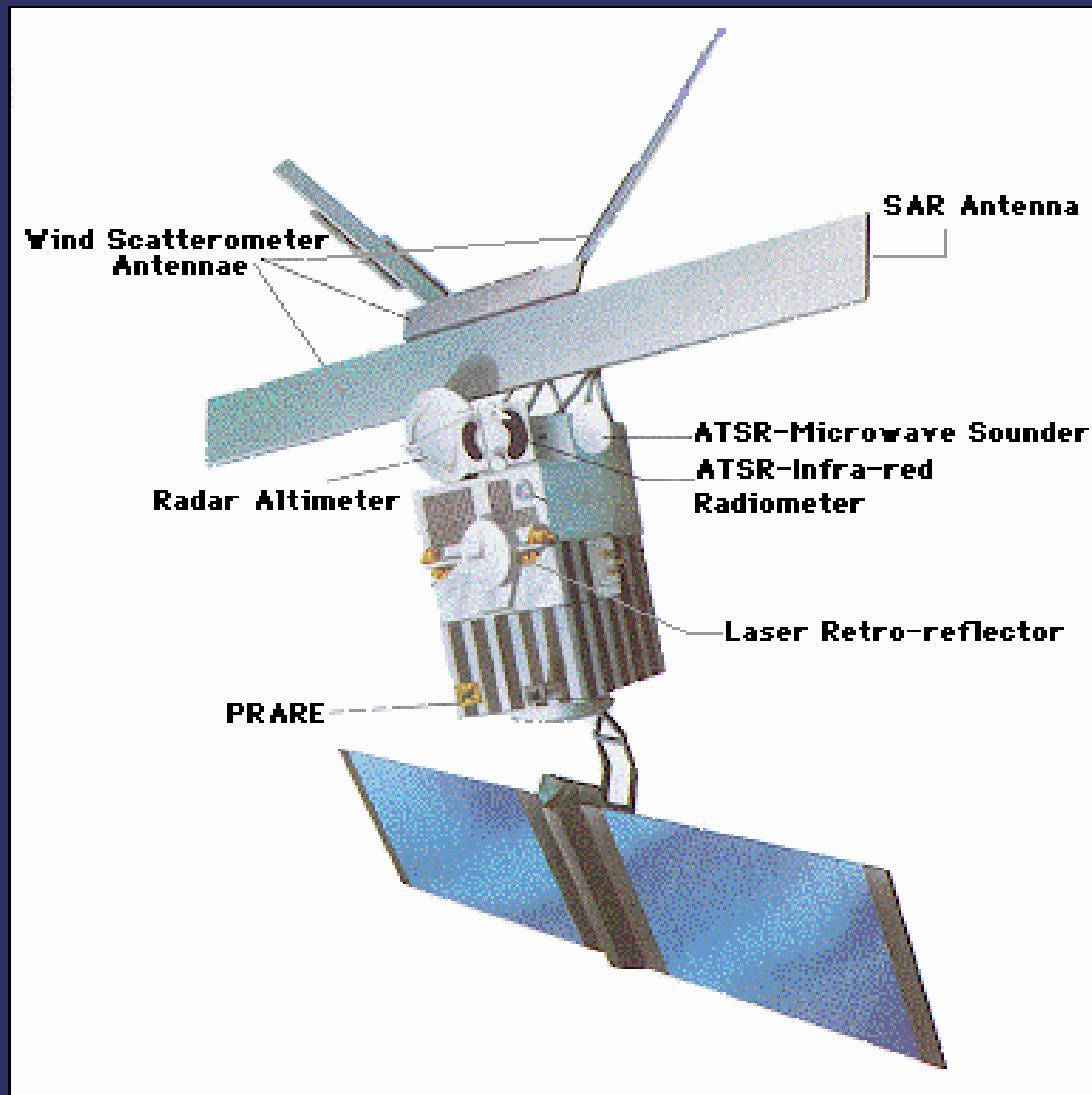


**Micro-ondes passives**



**Micro-ondes actives**

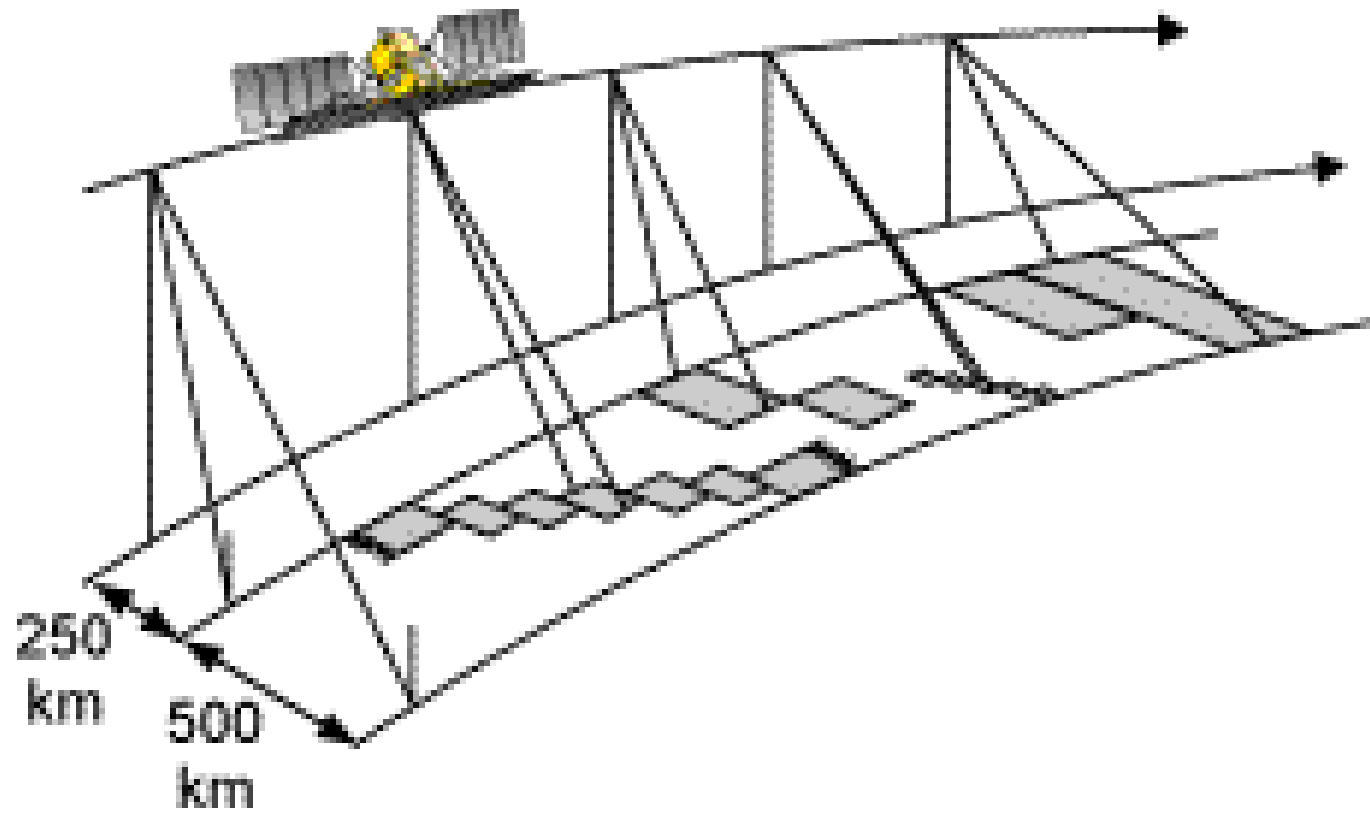
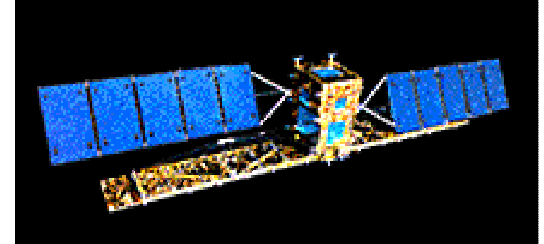
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



ERS-1 Payload



## Radarsat



## Les informations géographiques

Informations localisables :

Usage courant et répandu

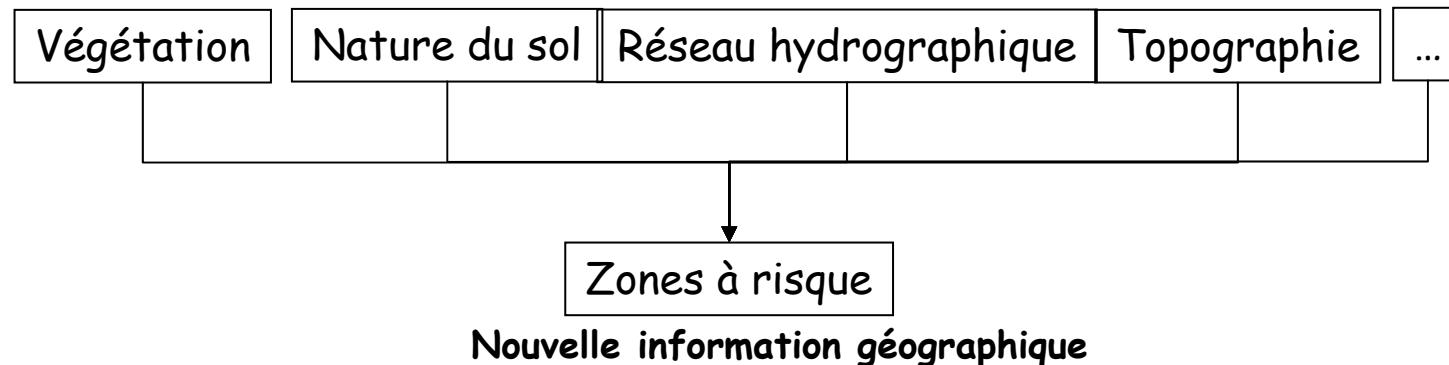
De l'exploitation visuelle vers l'étude des relations spatiales

Nouvelles tâches : = SIG

Exploiter la composante spatiale

Gérer les phénomènes géographiques

Plusieurs sources géographiques



## L'information géographique

### La localisation

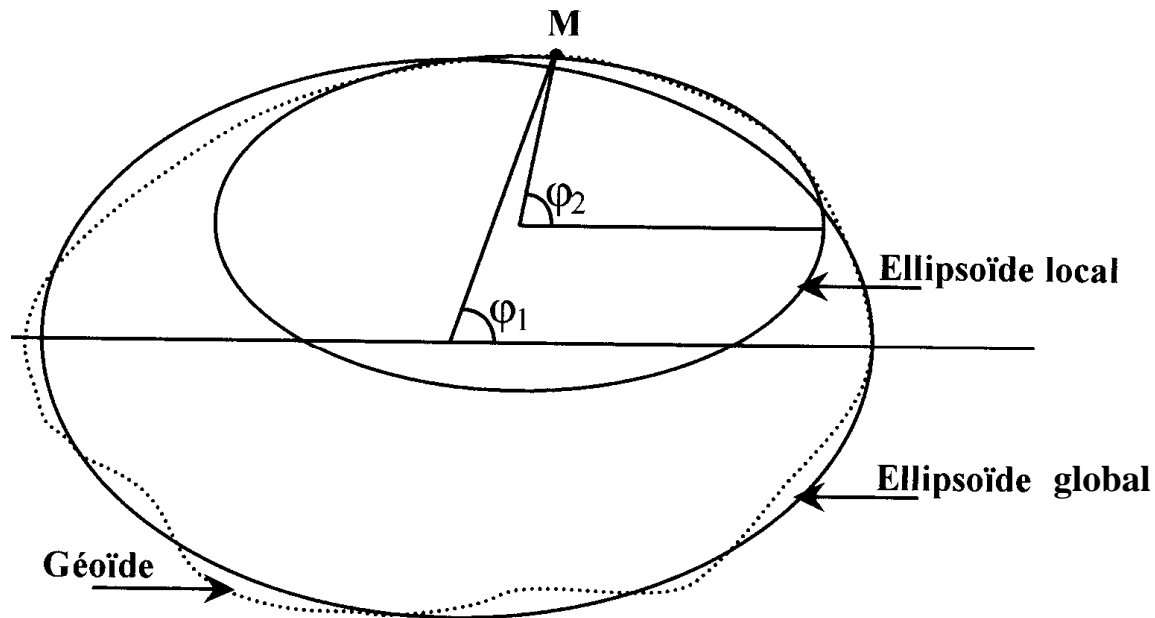
Les données géographiques sont explicitement localisées par des coordonnées:

Données de référence, support, référentiel

Échange de données : Un même système pour toute la planète ?

Ex: WGS84 GRS80, mais le passé cartographique reste influent

## Ellipsoïdes et géoïdes



Représentation du géοïde :

Définir un ellipsoïde (local, global)  
(ex : Clarke 1880, GRS 80)

Définir un système géοdésique de référence:

**hauteurs ellipsoïdales** (*distance entre un point considéré et le pied de la normale à l'ellipsoïde*)  
(= donnée par les systèmes de positionnement par satellites, diffère de l'altitude)  
(ex : WGS 84, RGF 93)

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

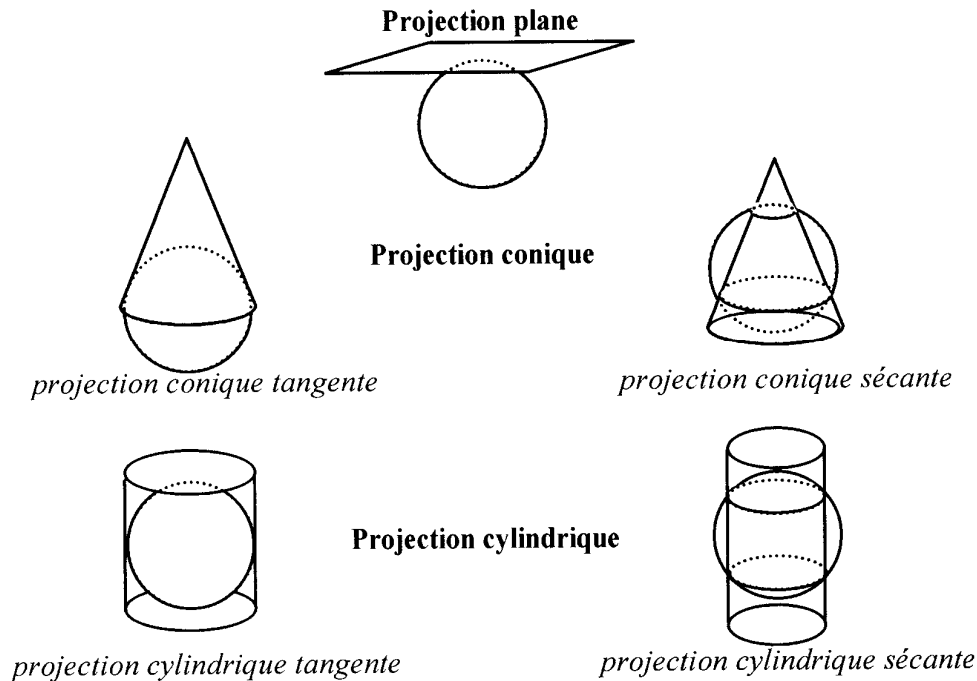
	Ellipsoïde	Système géodésique
France avant 2001	Clarke 1880 IGN	NTF
France à partir de 2001	GRS 80	RGF 93
Système mondial	GRS 80	WGS 84

NTF : Nouvelle triangulation française

RGF 93 : Réseau géodésique français (*<1cm sur la France entière*)

WGS 84 : World Geodetic Survey 84

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



## Les systèmes de projection (*L'ellipsoïde n'est pas développable*)

- Surface de projection : plane, conique, cylindrique
- Type de projection
  - Conforme : conserve localement les angles
  - Équivalente : conserve les surfaces
  - Aphylactique : Ne conserve rien (planisphères)

En France:

<2001 : Projection conforme Lambert, zones I, II, III, IV, II étendue

>=2001 : Projection conforme Lambert 93

## Les modes de représentation

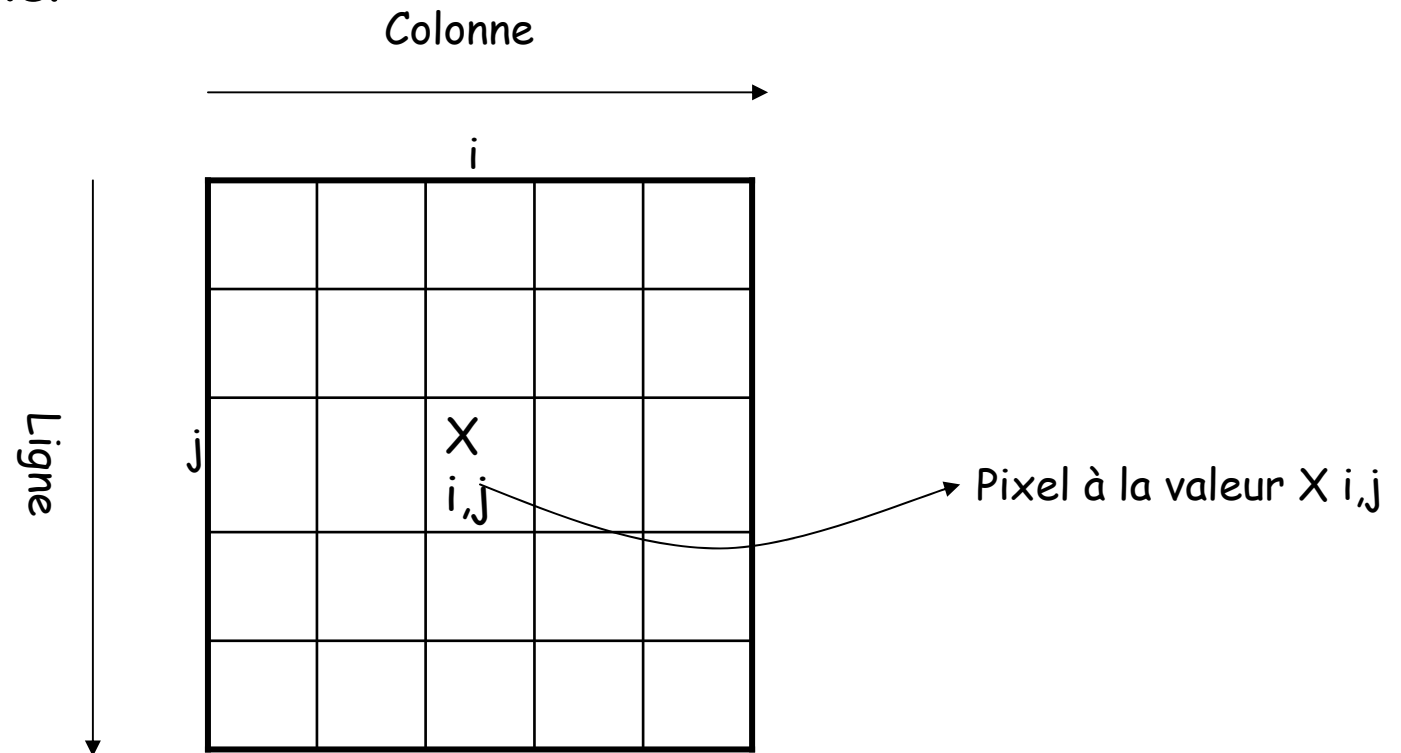
Deux modes complémentaires :

- **Matriciel (Raster):** image découpée en carrés (pixels)  
(Traitement d'image)
- **Vecteur:** image décomposée en contours et traits caractéristiques  
(SIG)  
(Cf. Traitement d'image + SIG associés)



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

## Le mode matriciel



Pixel = primitive géométrique du mode matriciel



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

Codage d'une image matricielle : représentation binaire  
0 - 1

□  $2^1 = 2$  CN  $\in [0,1]$

□ □ □ □ □ □ □ □  $2^8 = 256$  CN  $\in [0,255]$

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □  $2^{12} = 4096$  CN  $\in [0,4095]$

1	1	1	1	0
1	1	1	0	0
1	1	0	1	0
0	0	0	1	0
0	0	0	1	0

125	45	49	198	247
108	34	67	151	245
98	23	56	121	255
65	10	34	108	231
31	0	21	97	195

Image binaire    Image codée sur 1 octet (byte)

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



8-bit (256 val.)



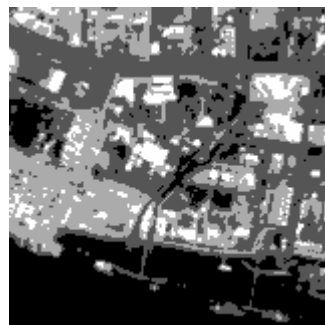
6-bit (64 val.)



4-bit (16 val.)



3-bit (8 val.)



2-bit (4 val.)



1-bit (2 val.)

**De l'image matricielle à l'information géographique : géoréférencement**

## **Catégories d'images matricielles**

Pixel = valeur visuelle (*carte scannée, image aérienne*)

Pixel = valeur physique de terrain (*Température, coefficient de rétrodiffusion radar*)

Pixel = valeur calculée (*IV, LAI, Occup. Sol*): image raster sémantique

## **Domaines d'utilisation**

Lecture géographique du territoire





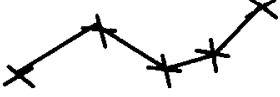


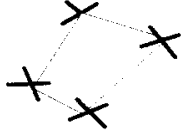
Aide à la localisation

Mise à jour d'une BD géographique

Images sémantiques et analyse spatiale

## Le mode vecteur

Primitives géométriques : (objets mathématiques élémentaires)  
Points, polygones, polygones

Exemples	Information géographique	Traduction en mode vecteur
 <i>Maison</i>  <i>Château d'eau</i>	ponctuelles	×
 <i>Route</i>  <i>Cours d'eau</i>	linéaires	
 <i>Parcelle</i>  <i>Commune</i>	surfaciqes	

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

## Images matricielles et vecteurs

Données raster

7	7	7	7	7	7	12	12	12
7	9 <del>X</del>	7	7	7	12	7	7	7
7	7	7	7	12	7	7	7	7
7	7	12	12	7	7	7	7	7
7	12	7	7	7	1	1	1	7
7	12	7	7	1	7	7	1	7
7	12	7	7	7	1	7	1	7
7	12	7	7	7	1	7	1	7
7	12	7	7	7	7	1	7	7
7	12	7	7	7	7	7	7	7

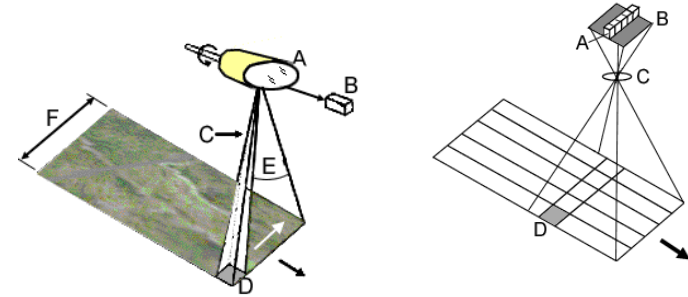
Origine

Données vecteur

X5	Y5
X6	Y4
X6	Y3
X7	Y2
X8	Y3
X8	Y6
X6	Y6

## Seconde dimension de l'image

Déplacement du vecteur :  
Nouvelle ligne de balayage,  
Nouvelle acquisition en cas de push-broom

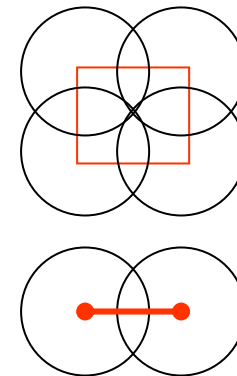


## Définitions

Pixel : plus petit élément homogène d'une image

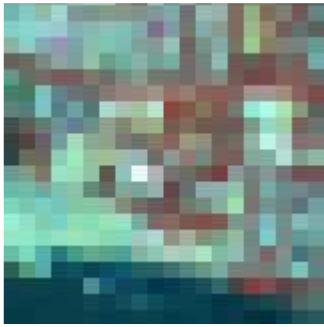
Maille d'échantillonnage : surface **au sol** délimitée par les barycentres de 4 pixels voisins

Pas d'échantillonnage: distance **au sol** qui sépare les barycentres de 2 pixels consécutifs

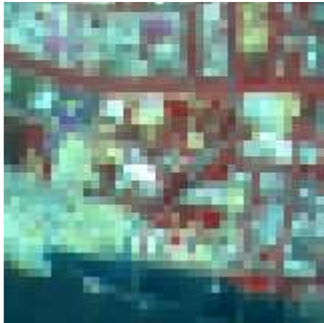




# Le Pro PARTAGER Introduction à la



Taille du pixel = 80 m  
Image 20x20 pixels



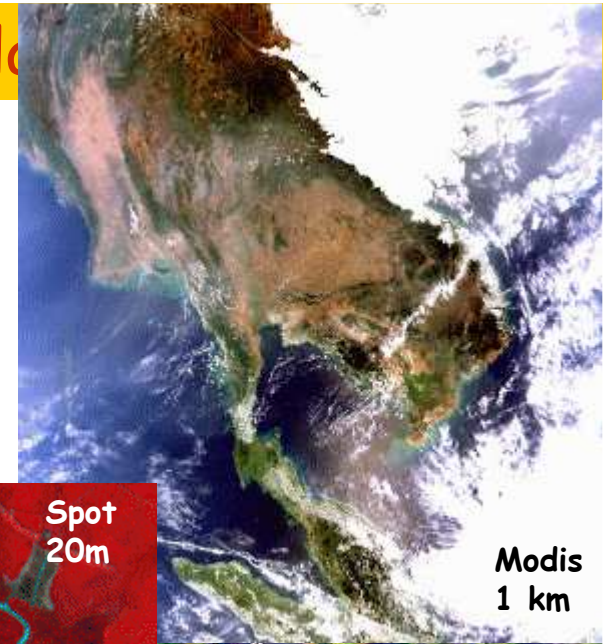
Taille du pixel = 40 m  
Image 40x40 pixels



Taille du pixel = 20 m  
Image 80x80 pixels



Taille du pixel = 10 m  
Image 160x160 pixels



Modis  
1 km

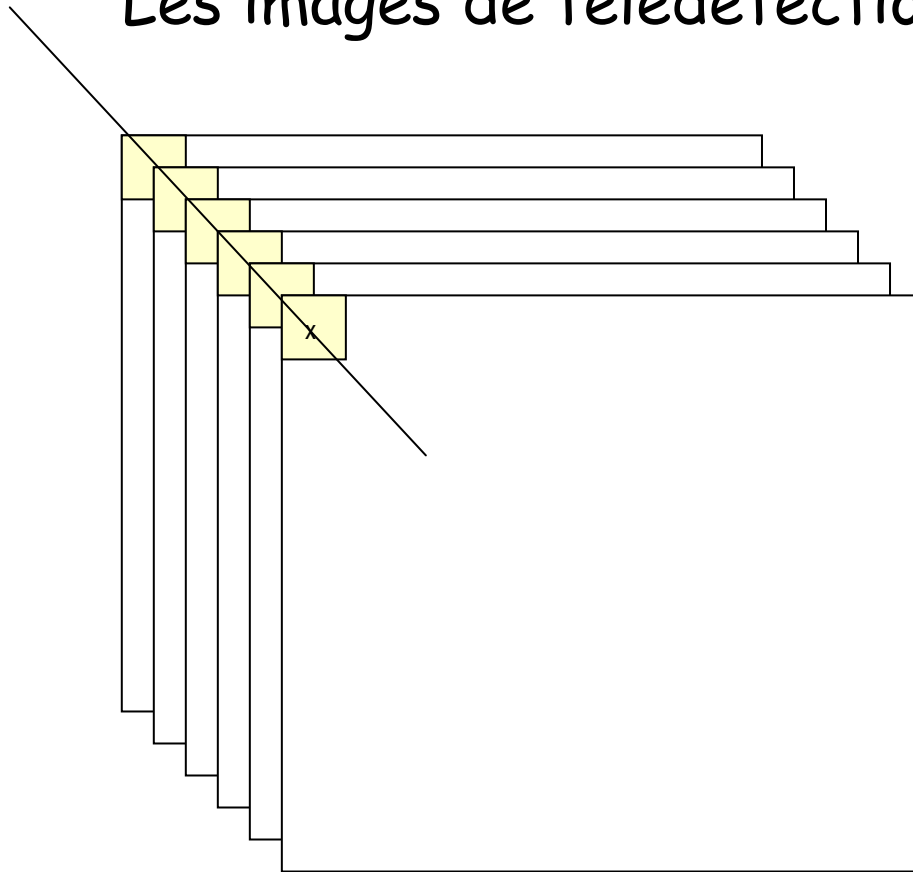


Spot  
20m



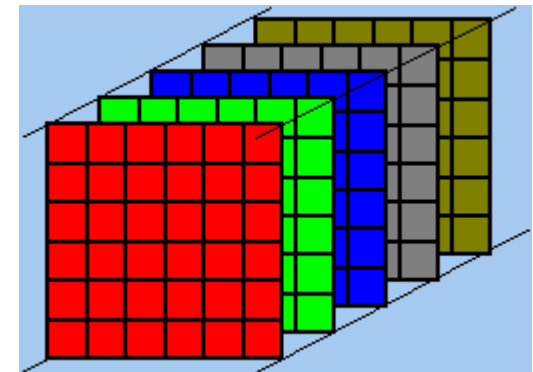
Ikonos  
1m

Les images de télédétection sont multispectrales



Un pixel = un vecteur

$$\vec{p} \begin{cases} \text{CN}(b1) \\ \text{CN}(b2) \\ \text{CN}(b3) \end{cases}$$





# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

Visualisation Image monochrome : table de visualisation

0	Black
1	Dark Gray
2	Medium Gray
3	Light Gray
4	Very Light Gray
5	White

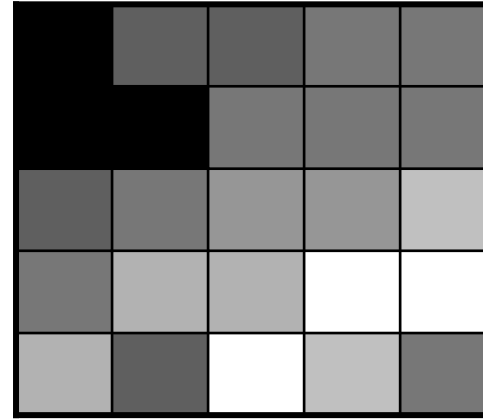


Image en niveaux de gris

0	1	1	2	2
0	0	2	2	2
1	2	3	3	4
2	3	3	5	5
3	2	5	4	2

Fichier

Table de visualisation  
LUT : Look Up Table    Écran

0	Cyan
1	Red
2	Yellow
3	Purple
4	Blue
5	Green

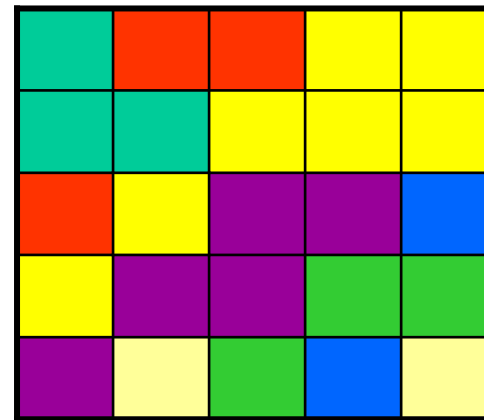


Image en pseudo couleurs

L'œil humain distingue **plusieurs milliers** de couleurs et seulement **24 NDG** instantanément

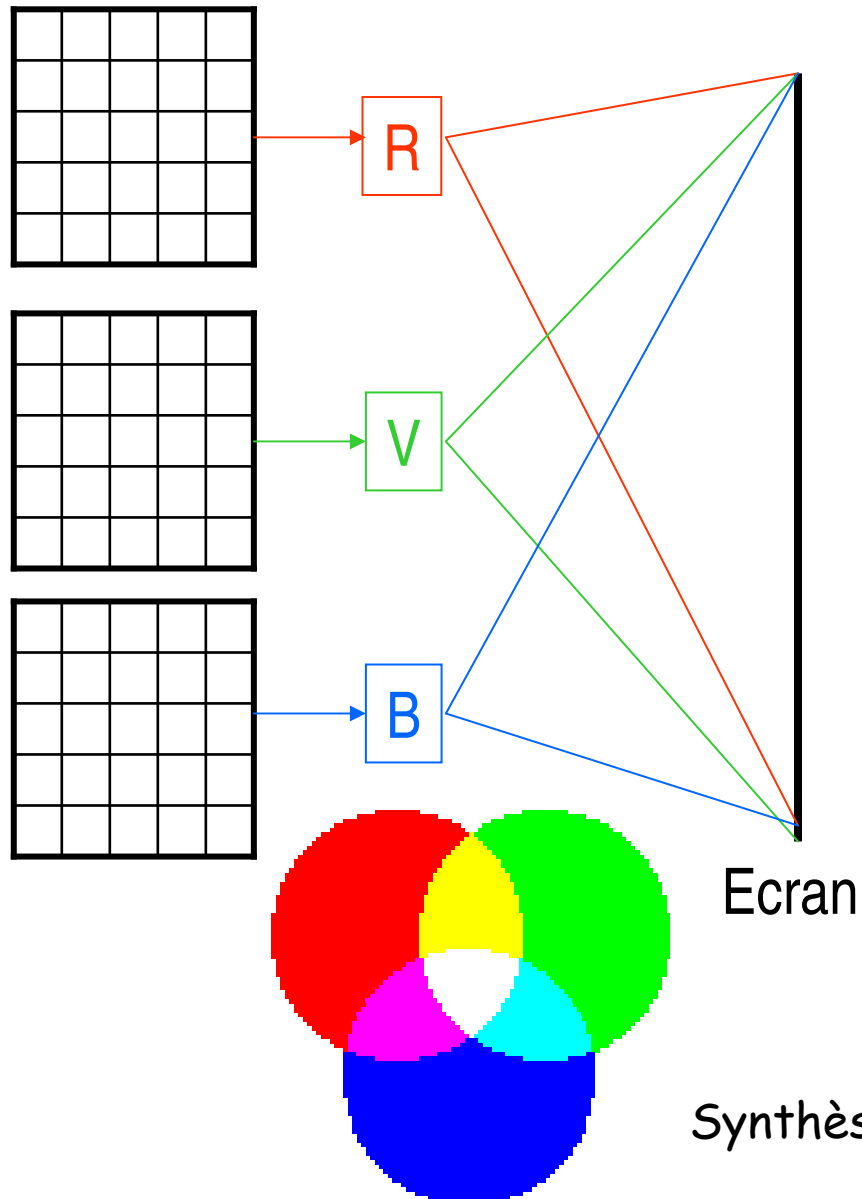
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

Amélioration d'image : manipulations d'histogrammes  
Étalement de la dynamique d'une image



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

Visualisation Image couleur **RVB**

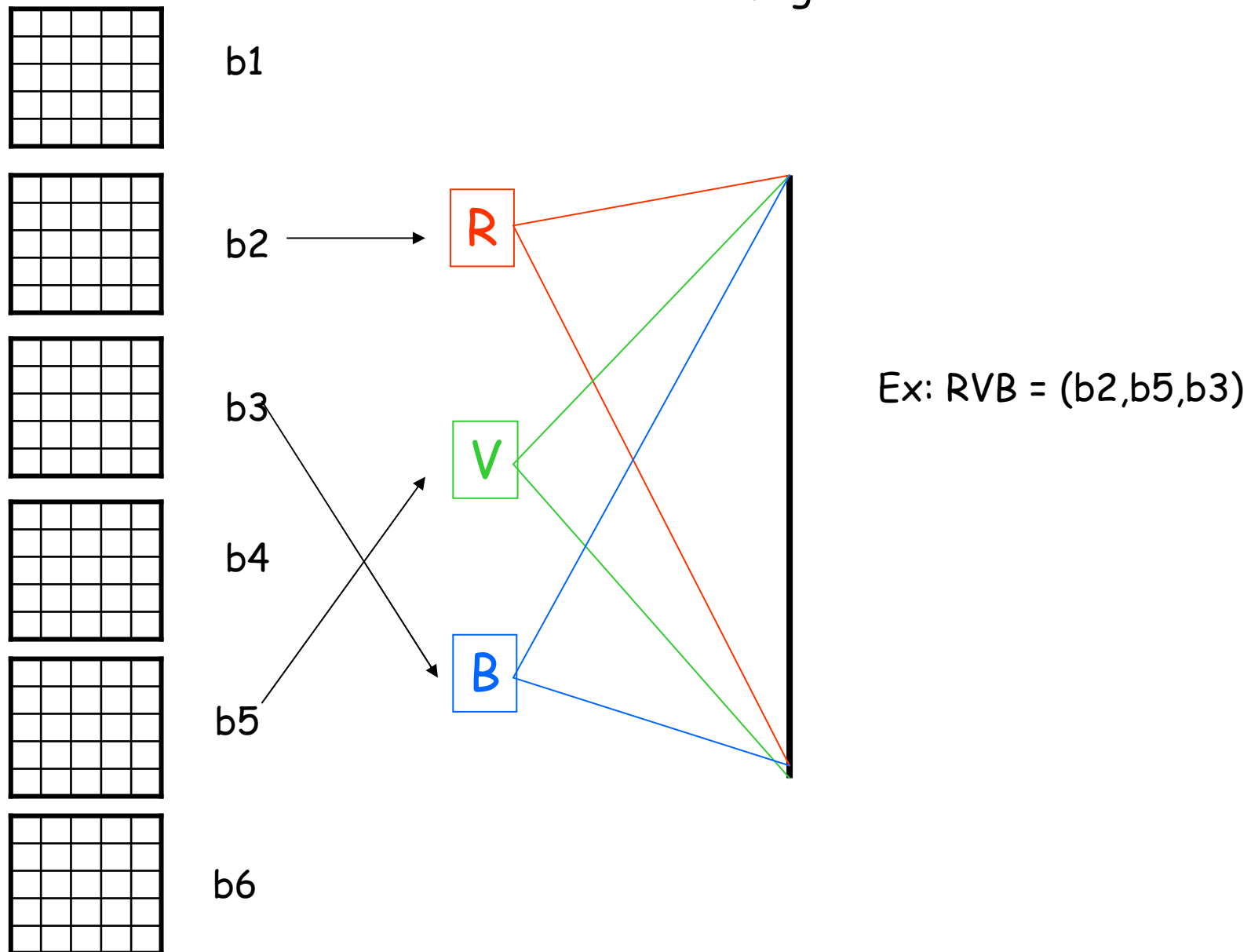


R	V	B	Couleur
0	0	0	Noir
255	0	0	R
0	255	0	V
0	0	255	B
255	255	0	J
255	0	255	M
0	255	255	C
255	255	255	Blanc

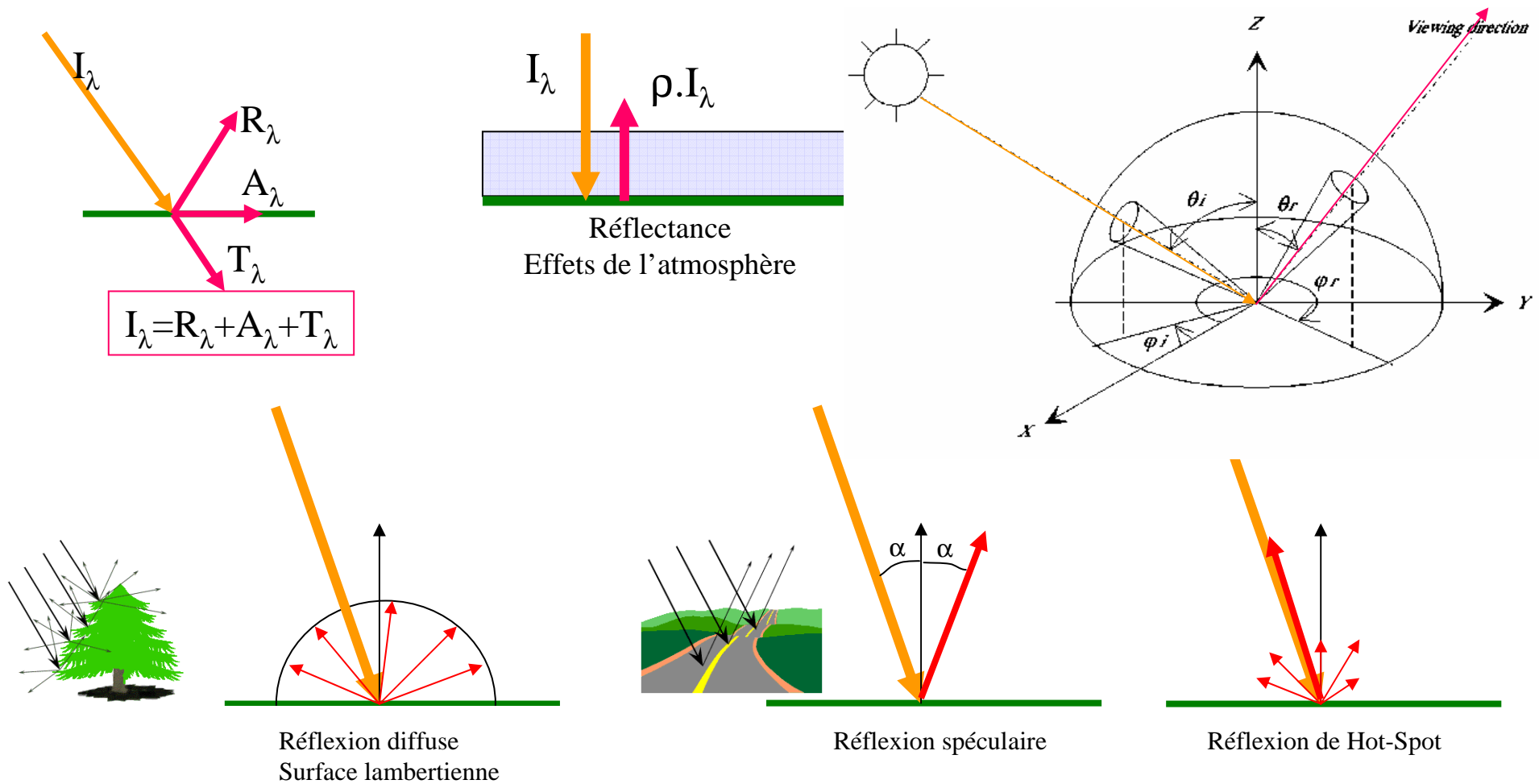
Synthèse additive des couleurs

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

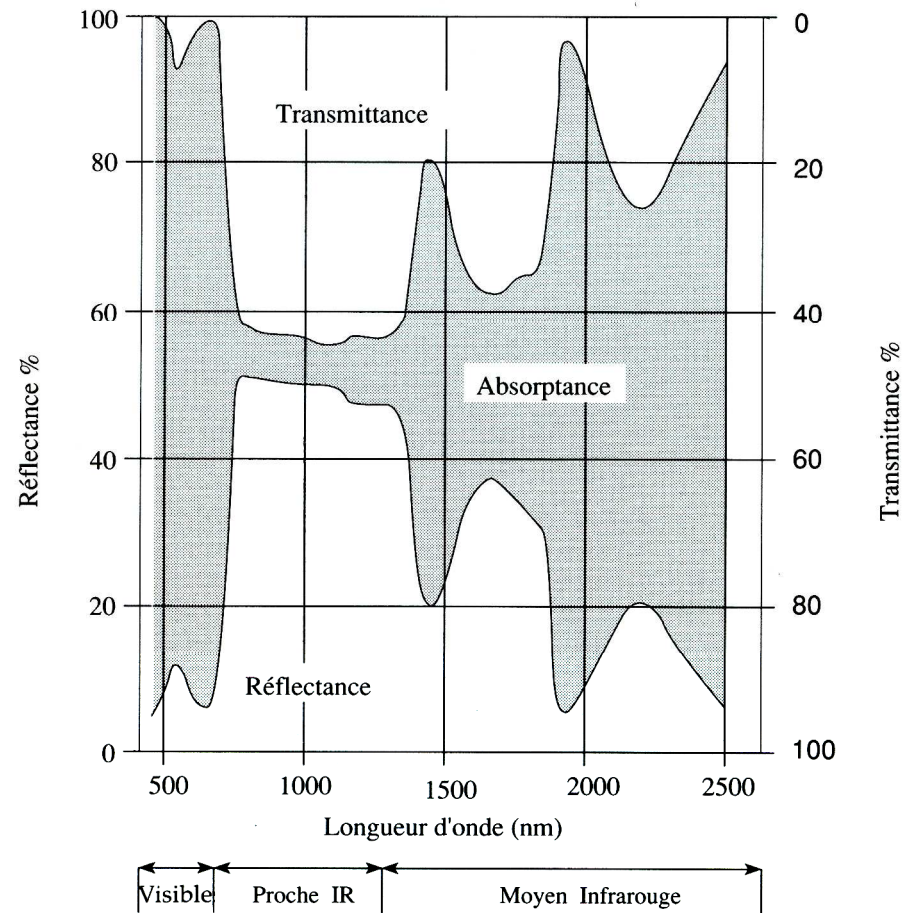
## Visualisation Image de télédétection : **Compositi**



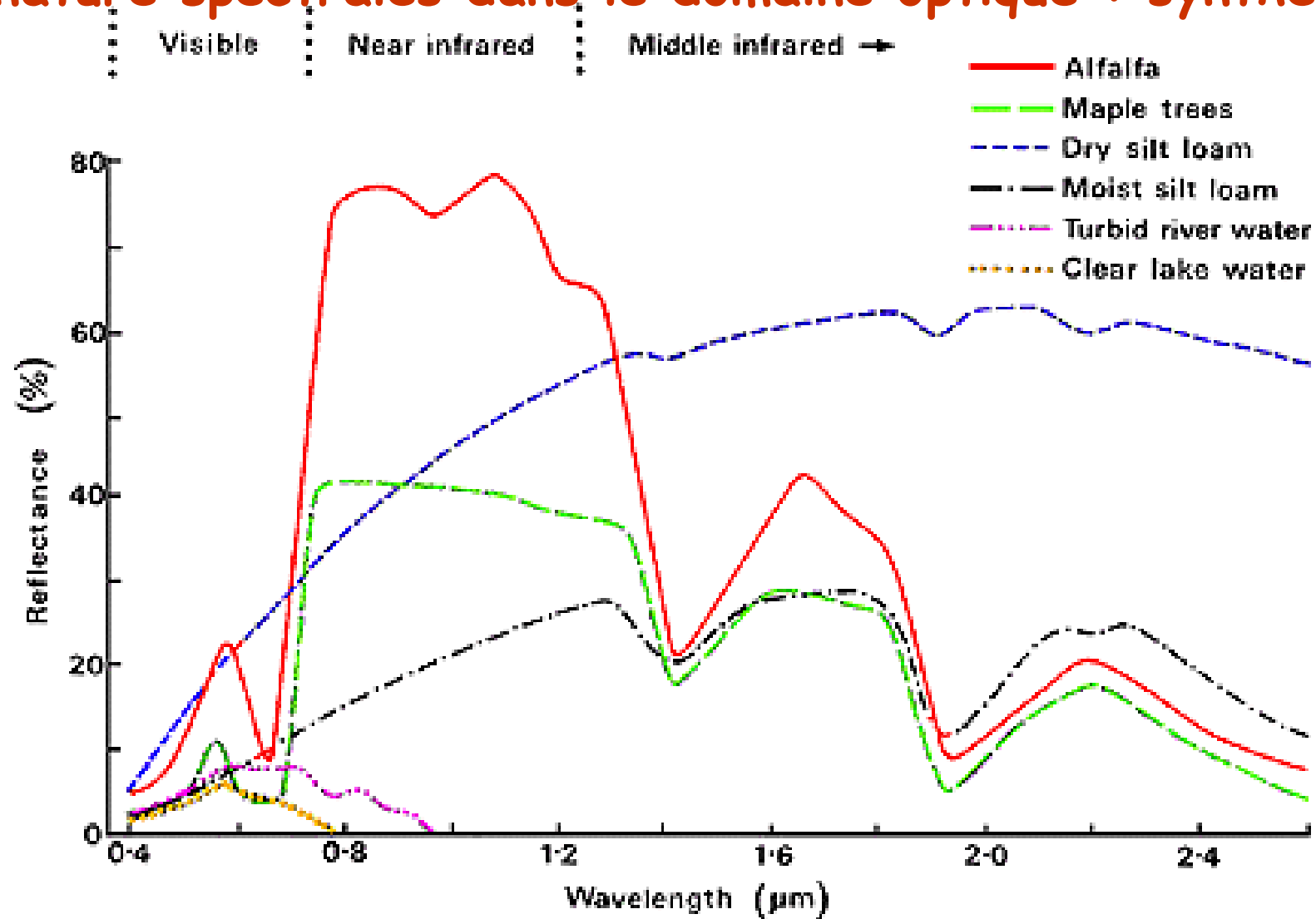
## La réflectance



## Les signatures spectrales : la végétation

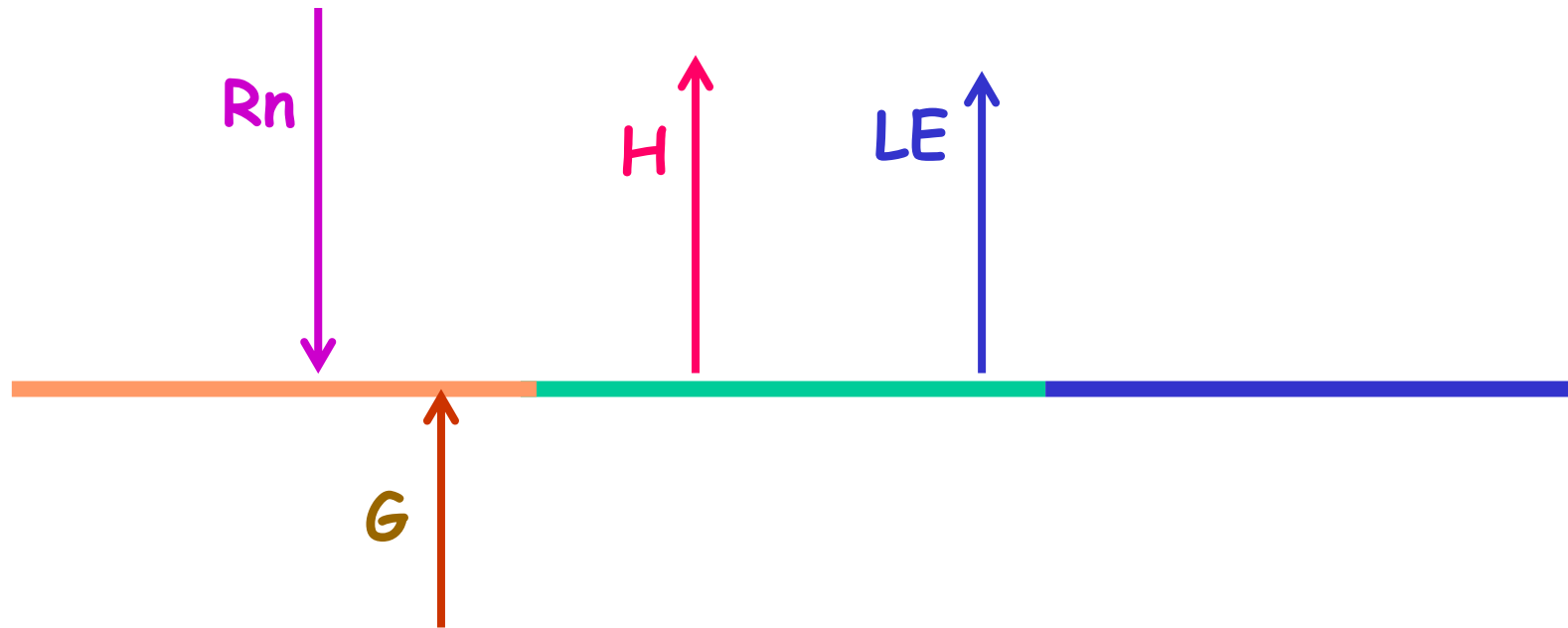


## Signature spectrales dans le domaine optique : synthèse



Les signatures spectrales des objets au sol

Dans le domaine thermique : bilan d'énergie  
Terme d'équilibre

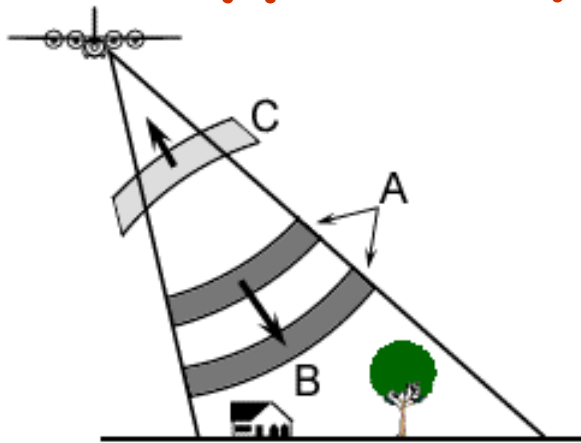


$$R_n + G = H + LE$$

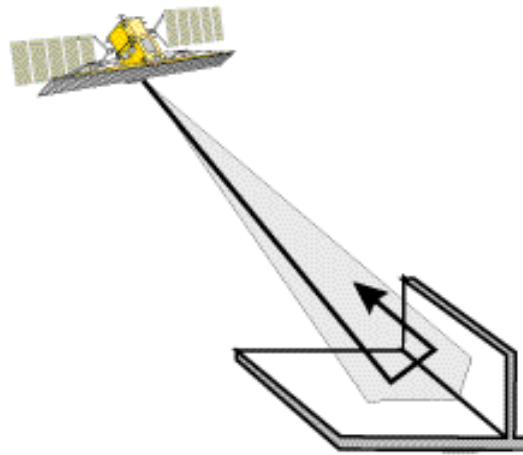
$$H = hc (T_s - T_a)$$



## Les hyperfréquences :



Mesure d'un temps  
de parcours de  
l'onde  
=  
distance



Influence  
de la  
rugosité



Un capteur  
tous  
temps

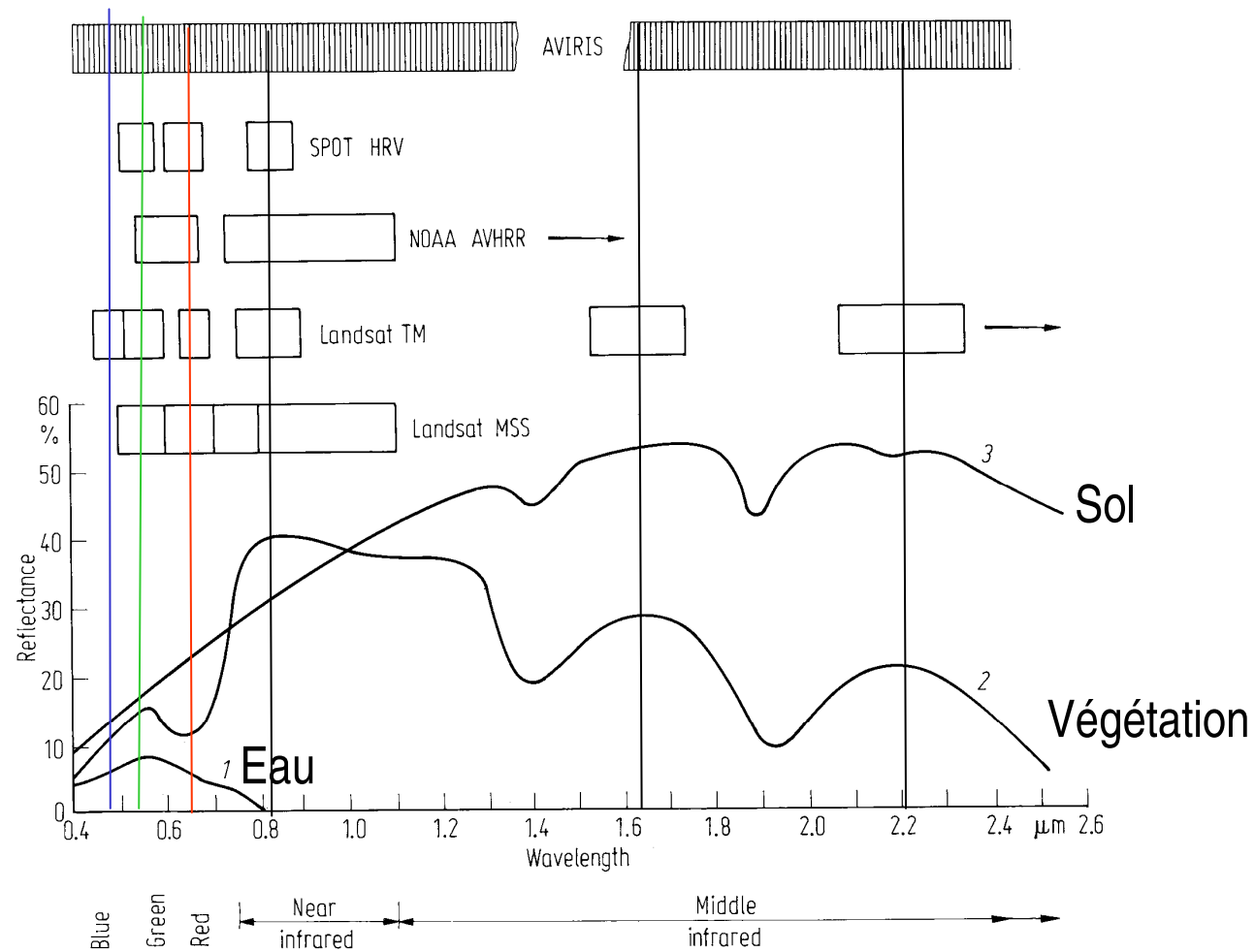
Les rayonnement est peu absorbé par

- la couche nuageuse
- La bruine
- La poussière
- La pluie non intense

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

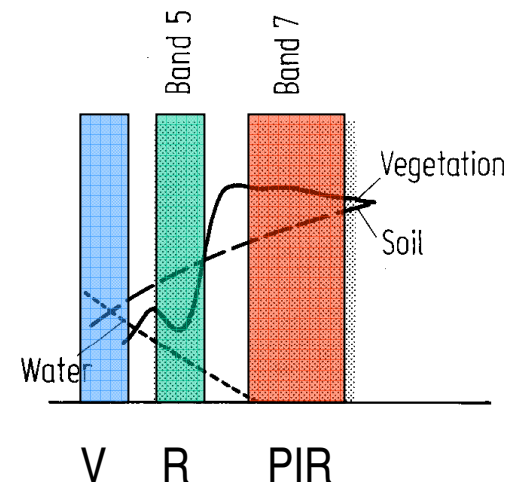
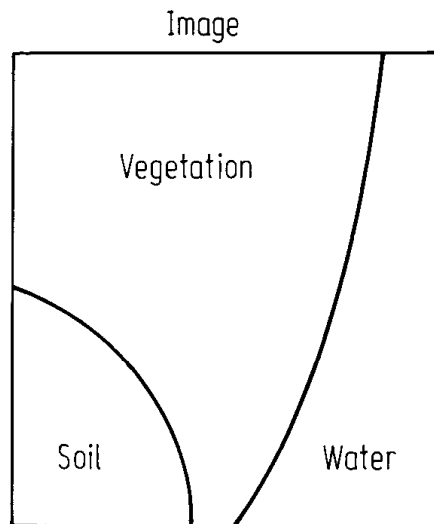
## Les objets au sol : caractéristiques radiatives

### Luminance, réflectance



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

Les objets au sol : caractéristiques radiatives, interprétation d'images de télédétection

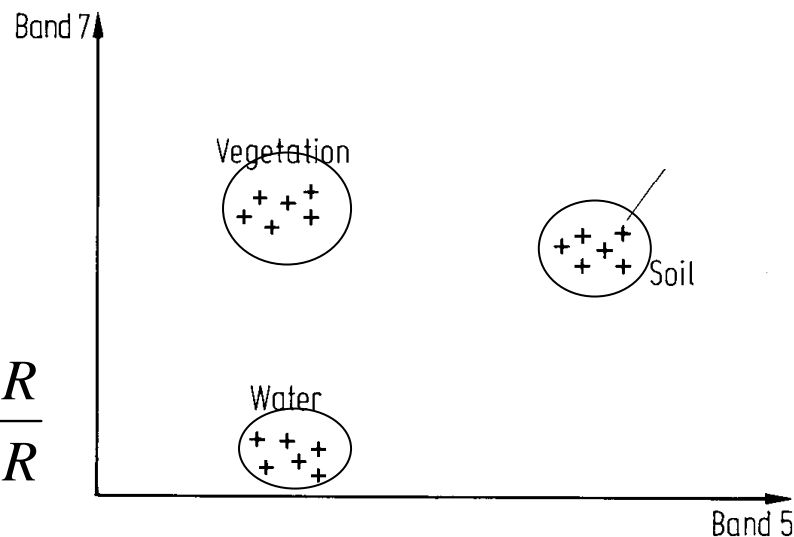


Notion d'indice de végétation

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

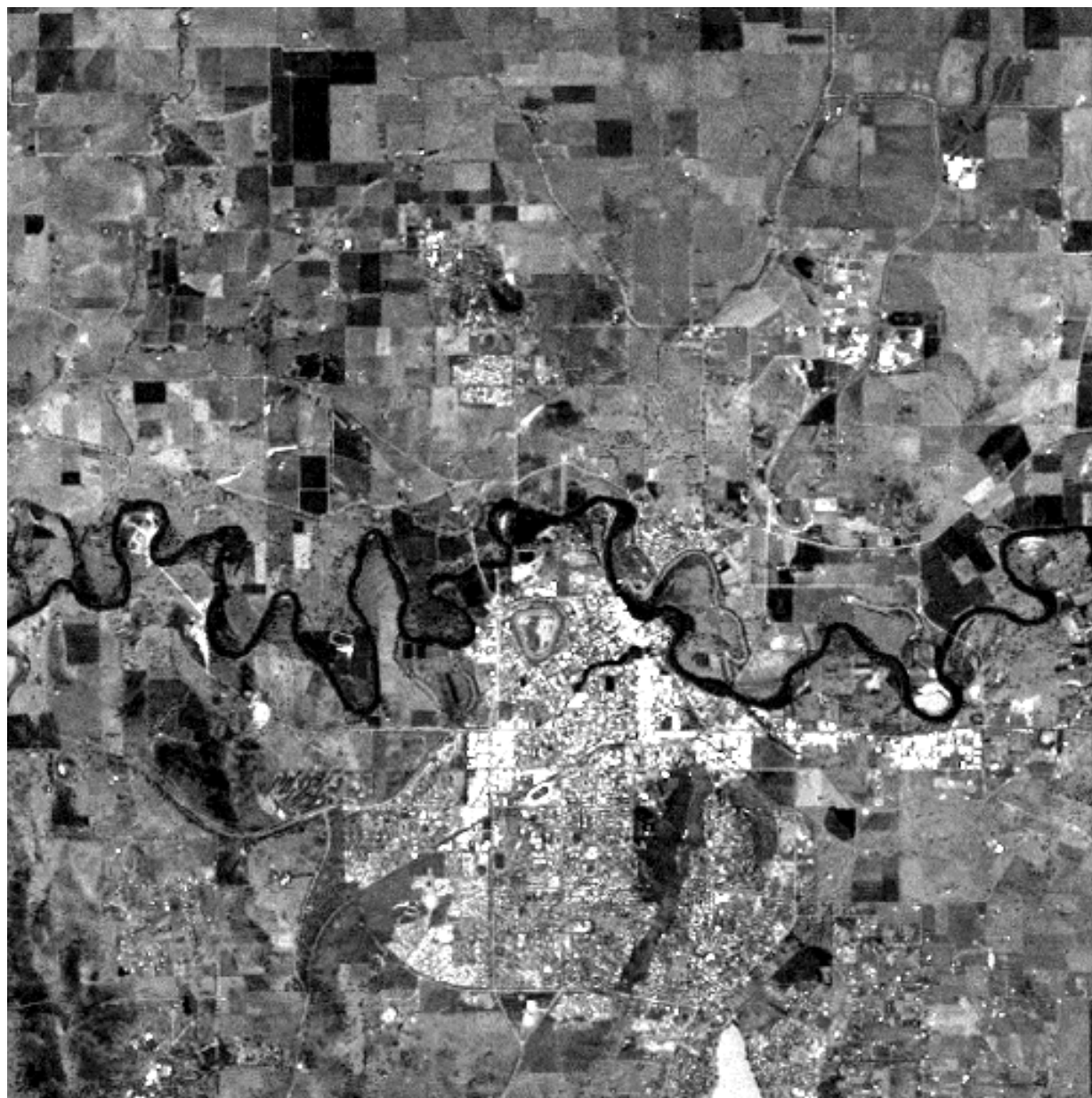
$$SR = \frac{V}{R}$$

$$IV_{vis} = \frac{V - R}{V + R}$$



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

TM1  
Bleu

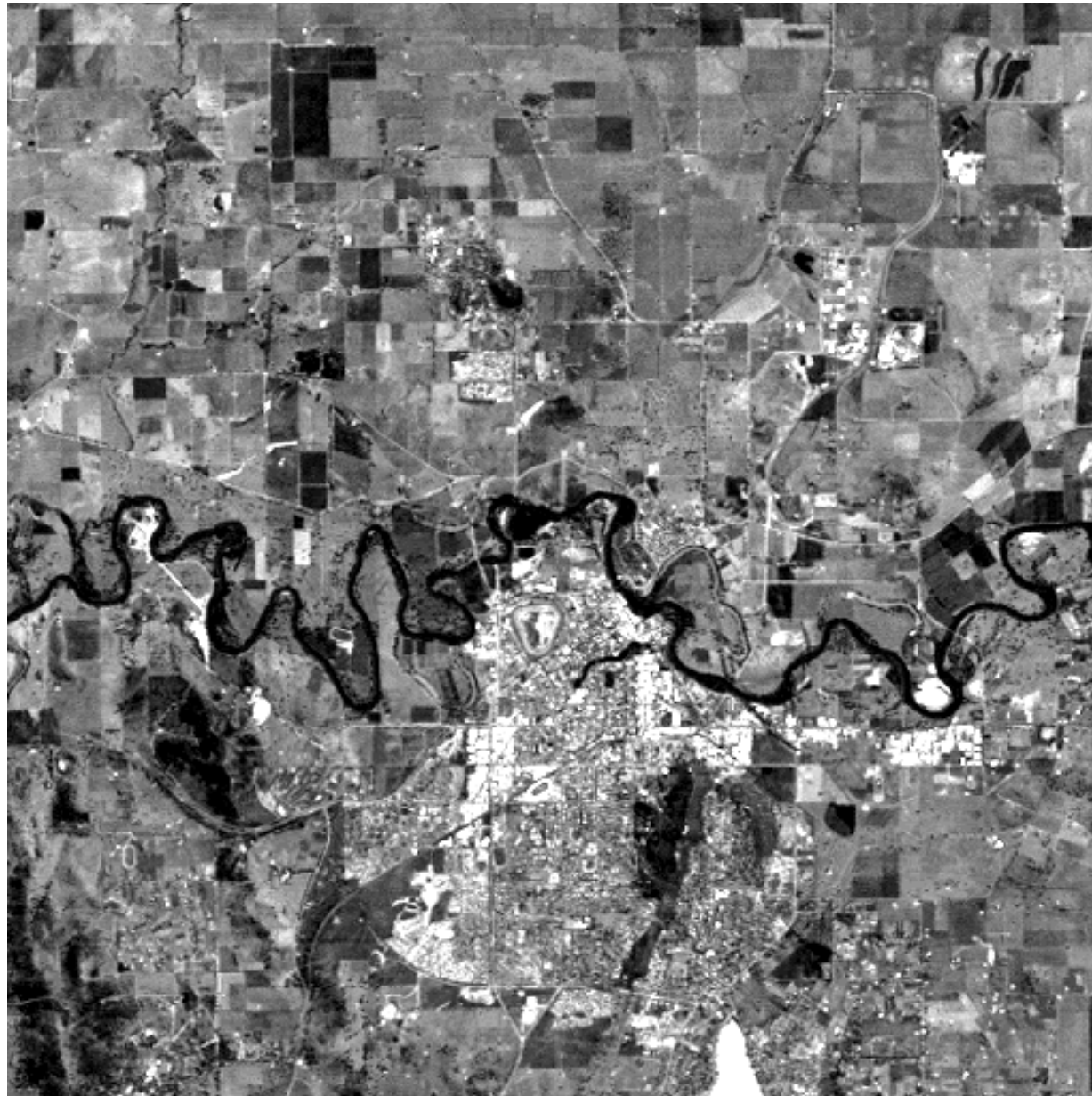


TM1



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

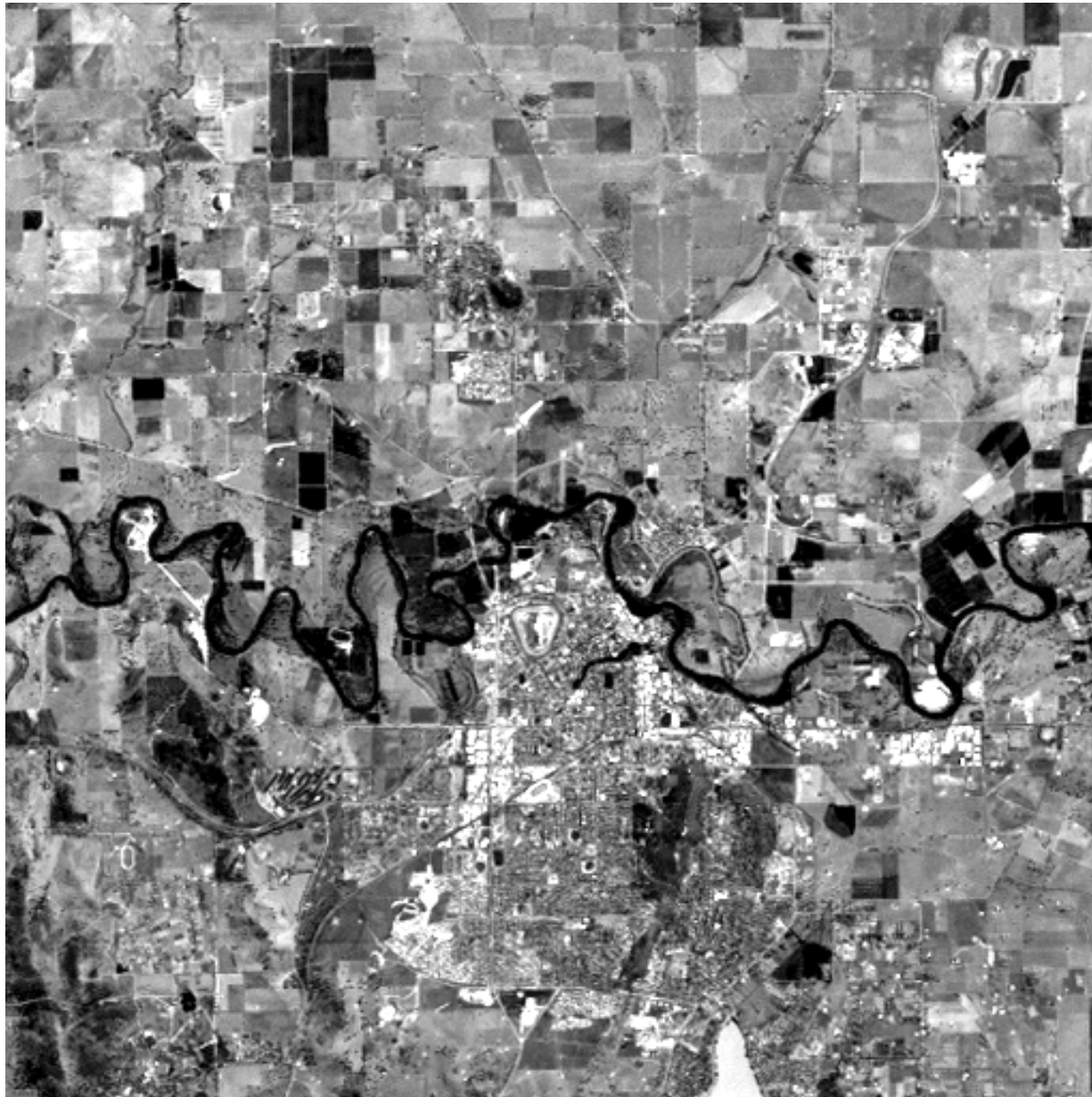
TM2  
Vert



TM2

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

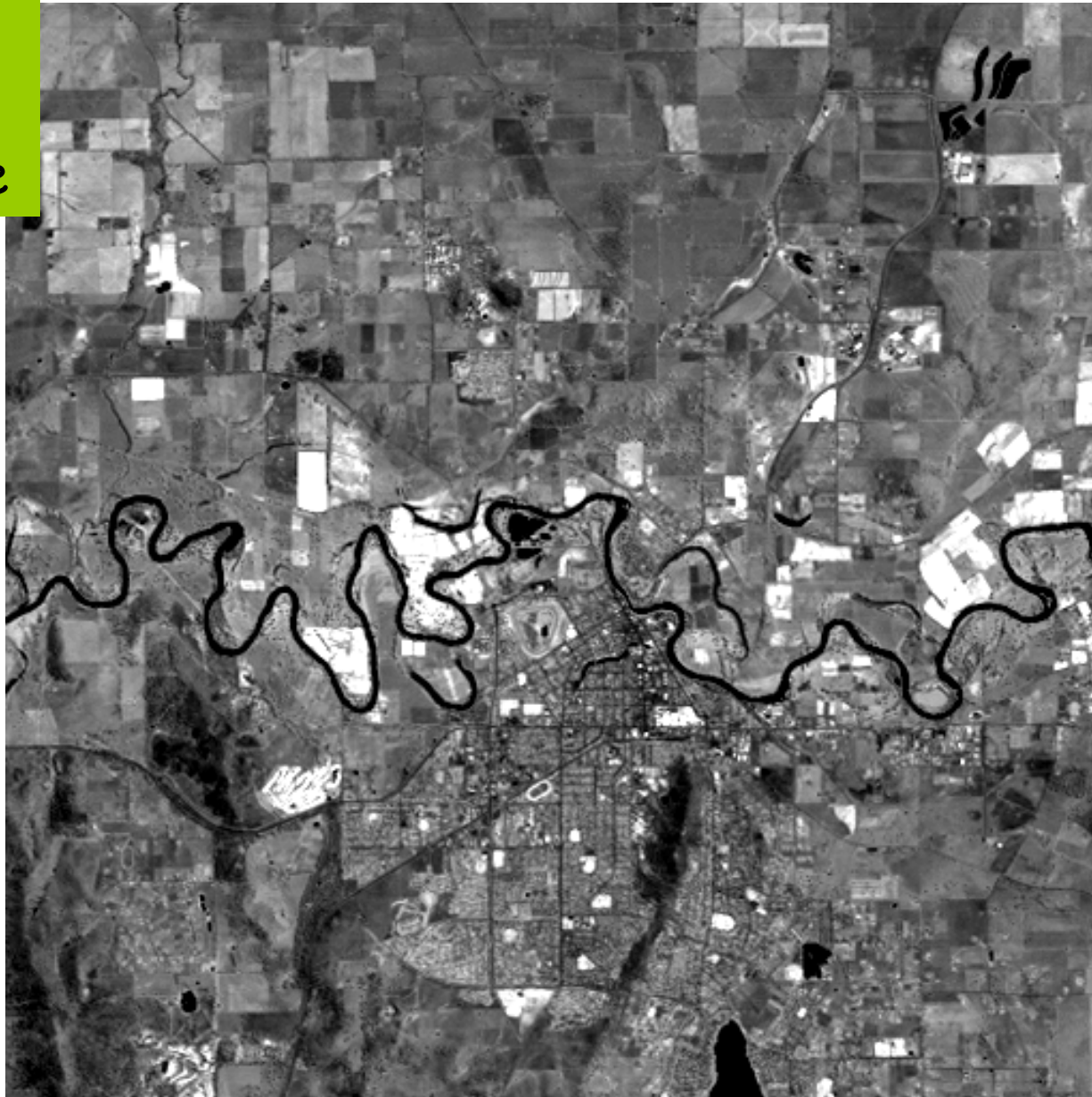
TM3  
Rouge



TM3



TM4  
Proche  
infrarouge



TM4

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

TM5  
Moyen  
Infrarouge



TM5



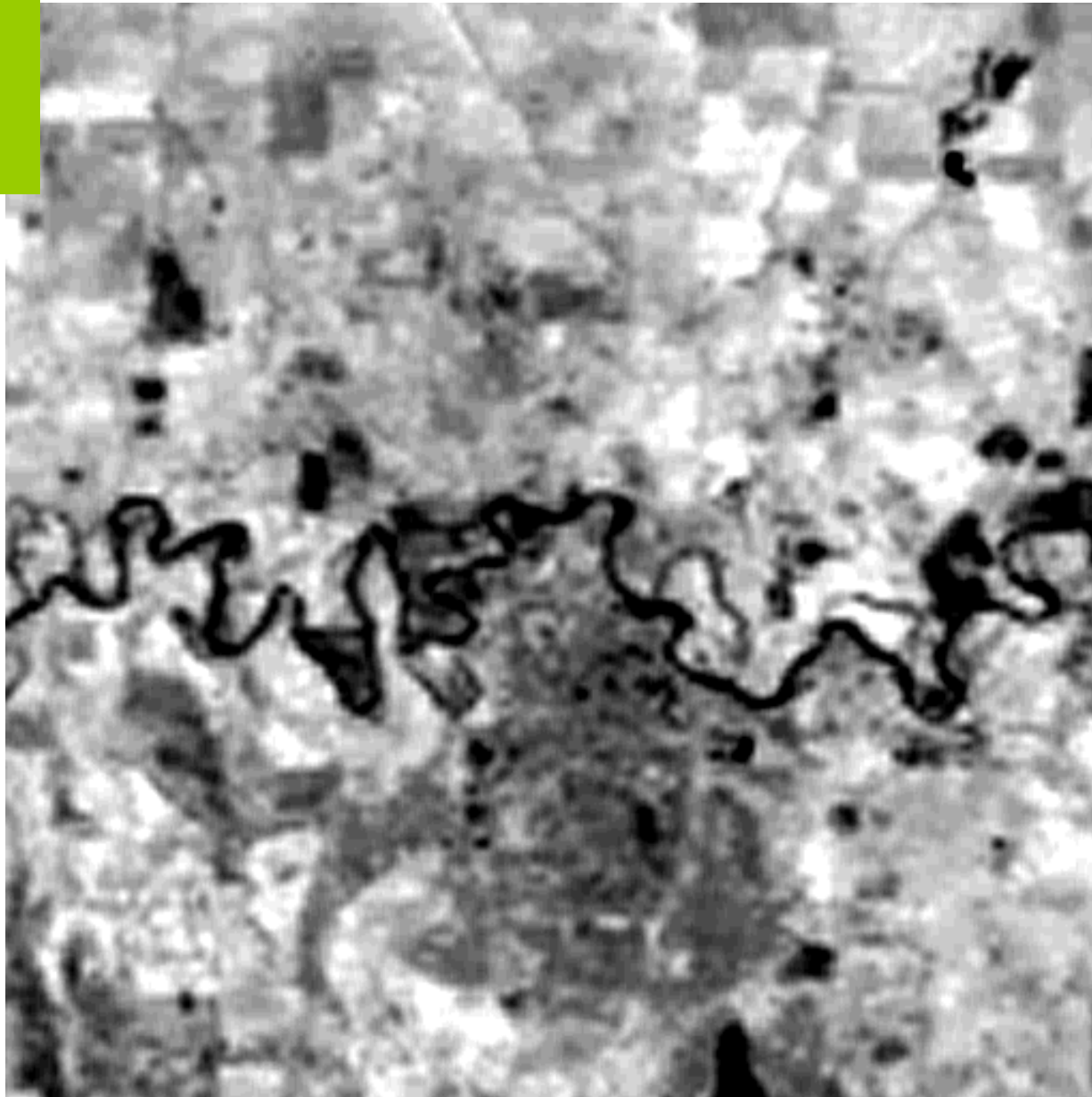
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

TM7  
Moyen  
Infrarouge



TM7

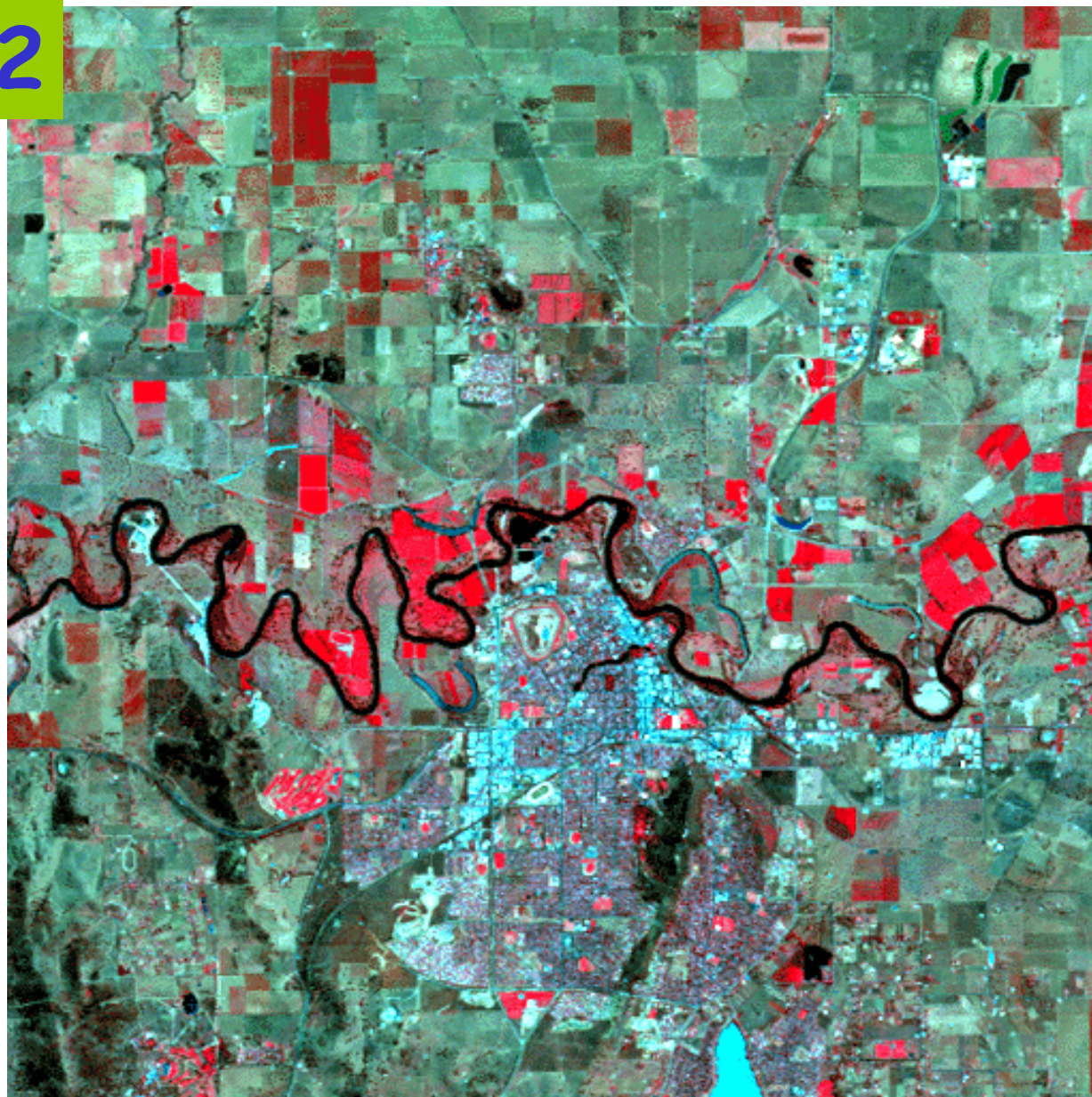
TM6  
Infrarouge  
thermique



TM6



TM 432





# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

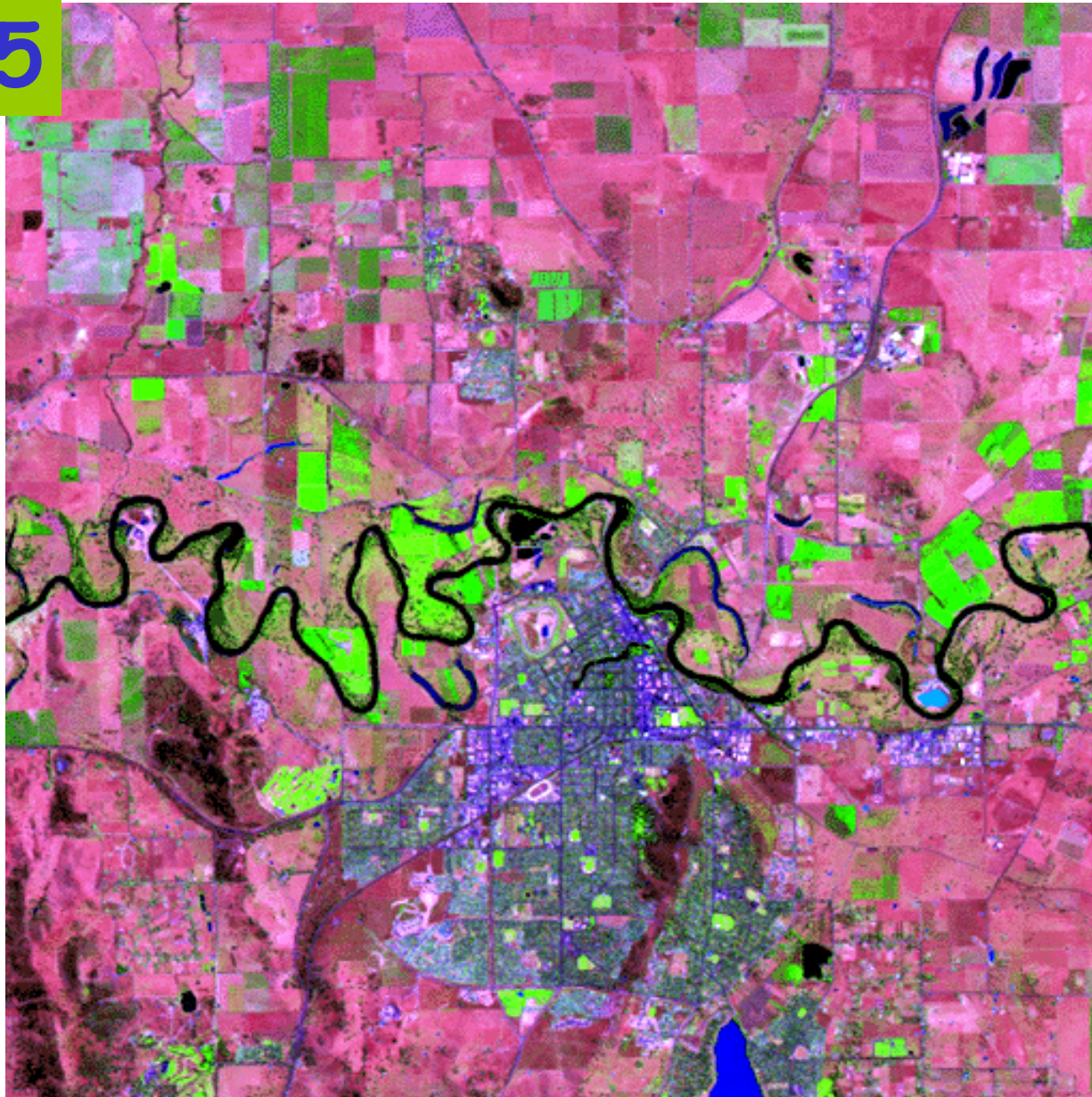
TM 147





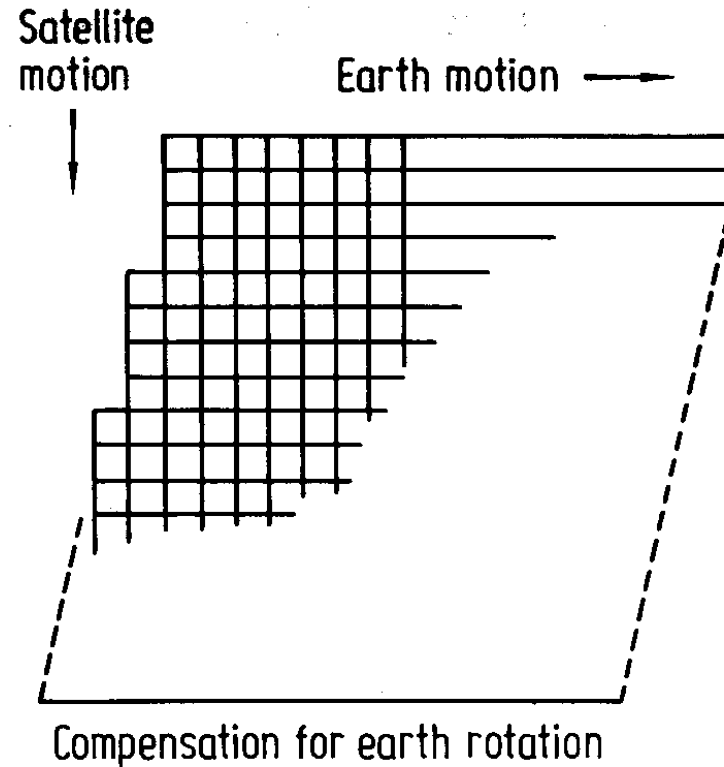
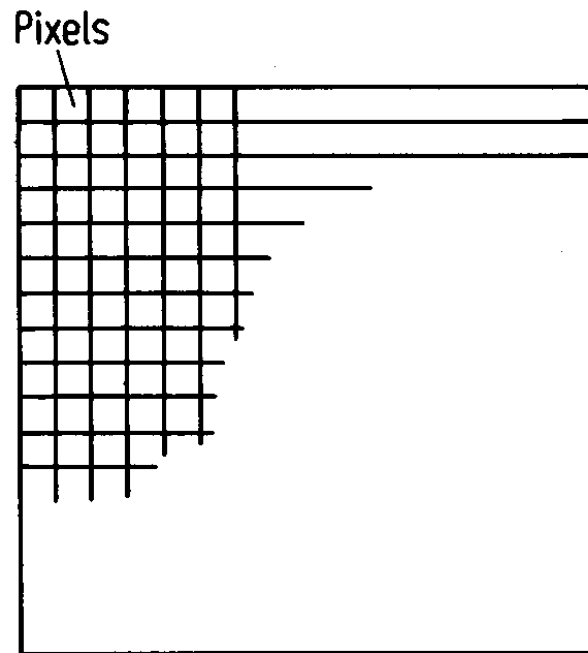
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

TM 345



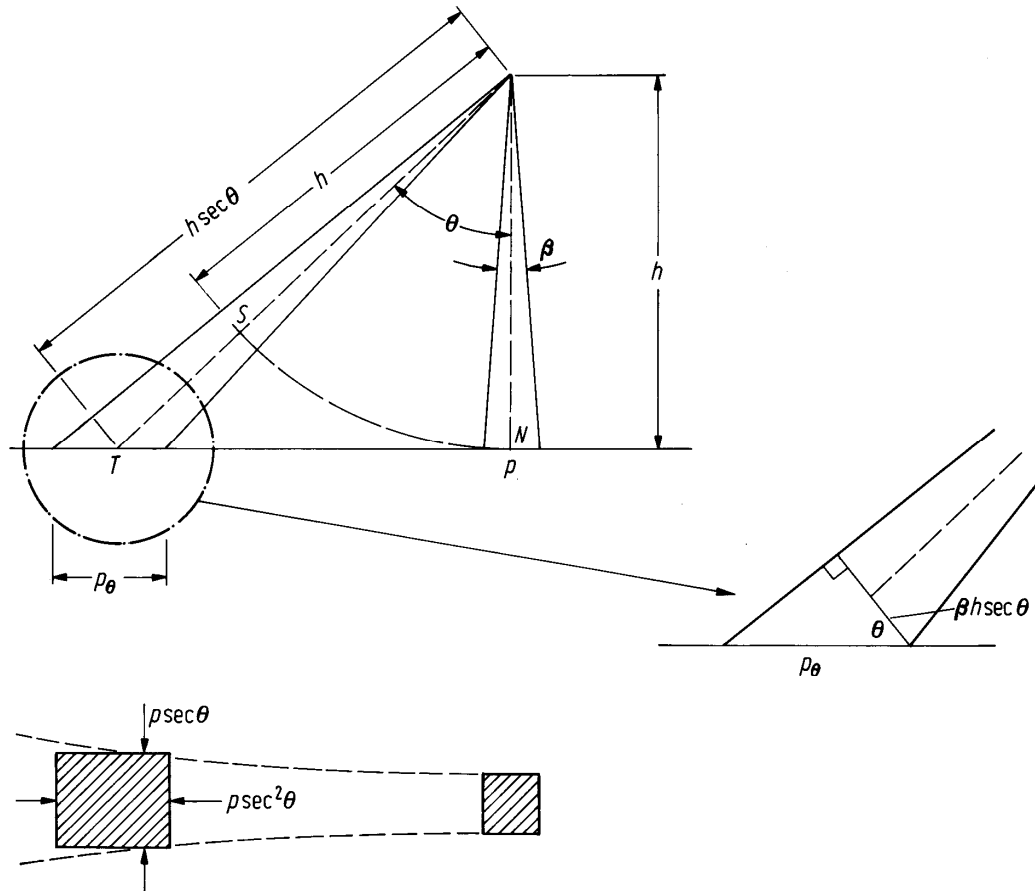
# La correction géométrique des images

Rotation de la terre



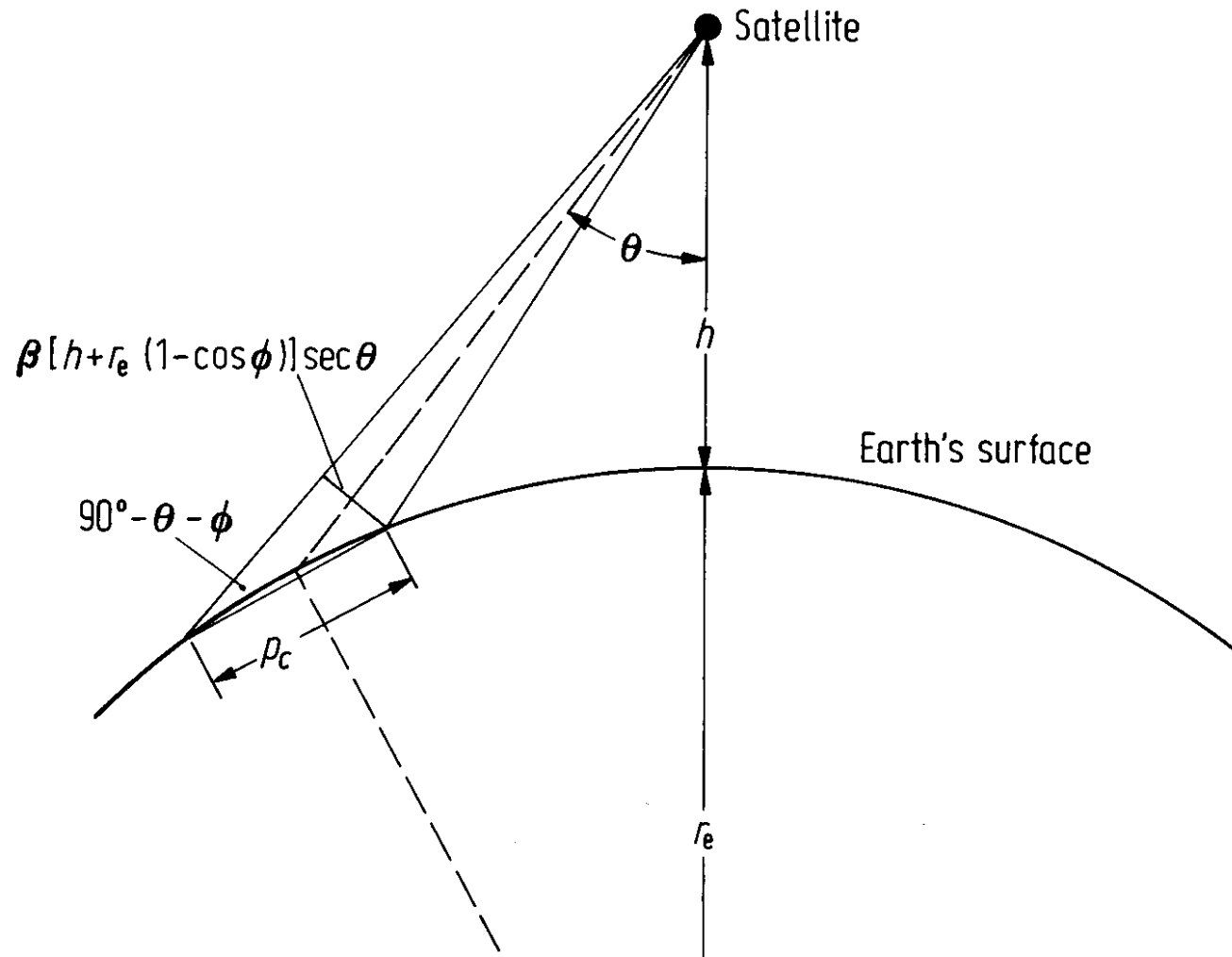
# La correction géométrique des images

## Distorsion panoramique



# La correction géométrique des images

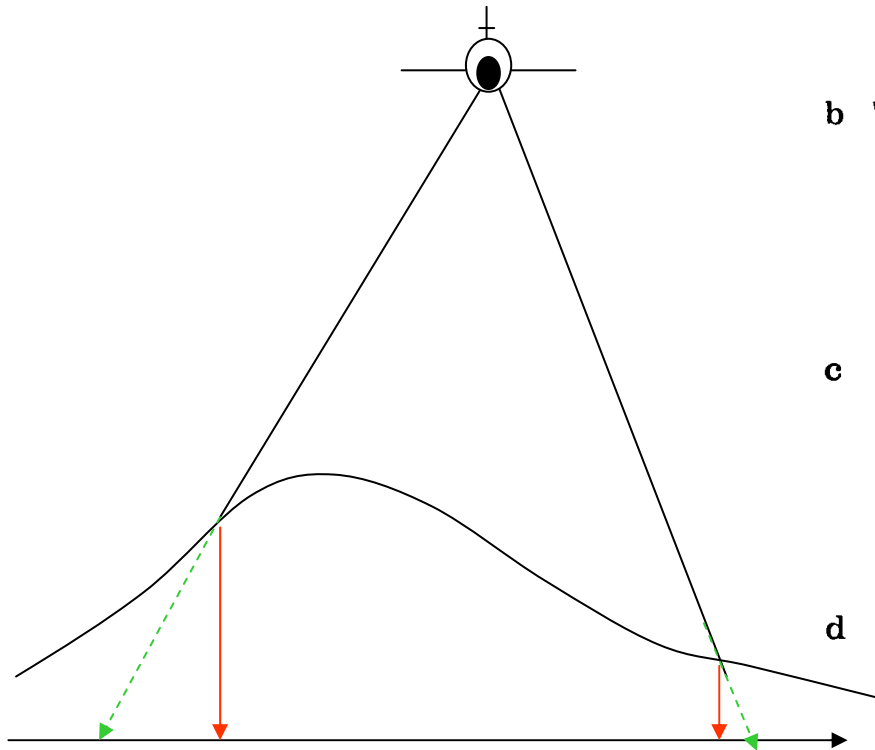
Rotondité de la terre



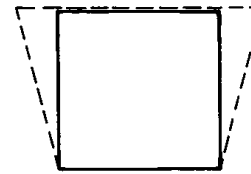


## La correction géométrique

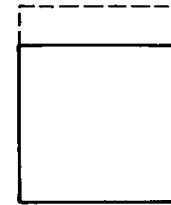
Relief



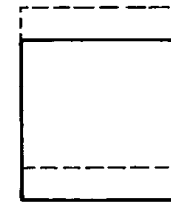
a Altitude



b Velocity



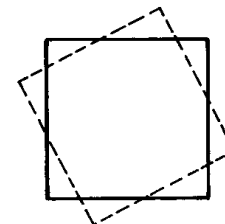
c Pitch



d Roll



e Yaw

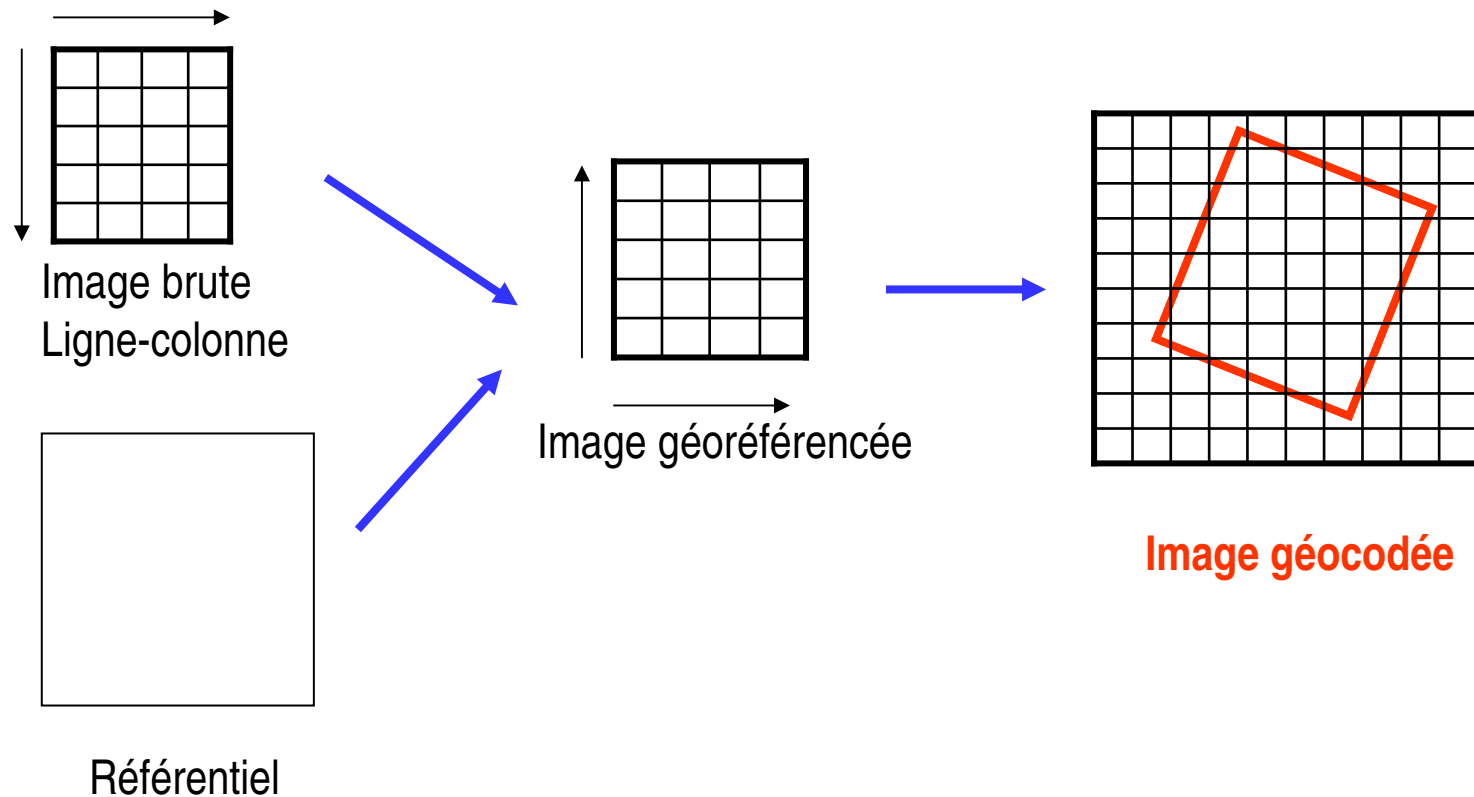


Altitude,  
vitesse et  
attitude du  
vecteur

Attitude  
variations

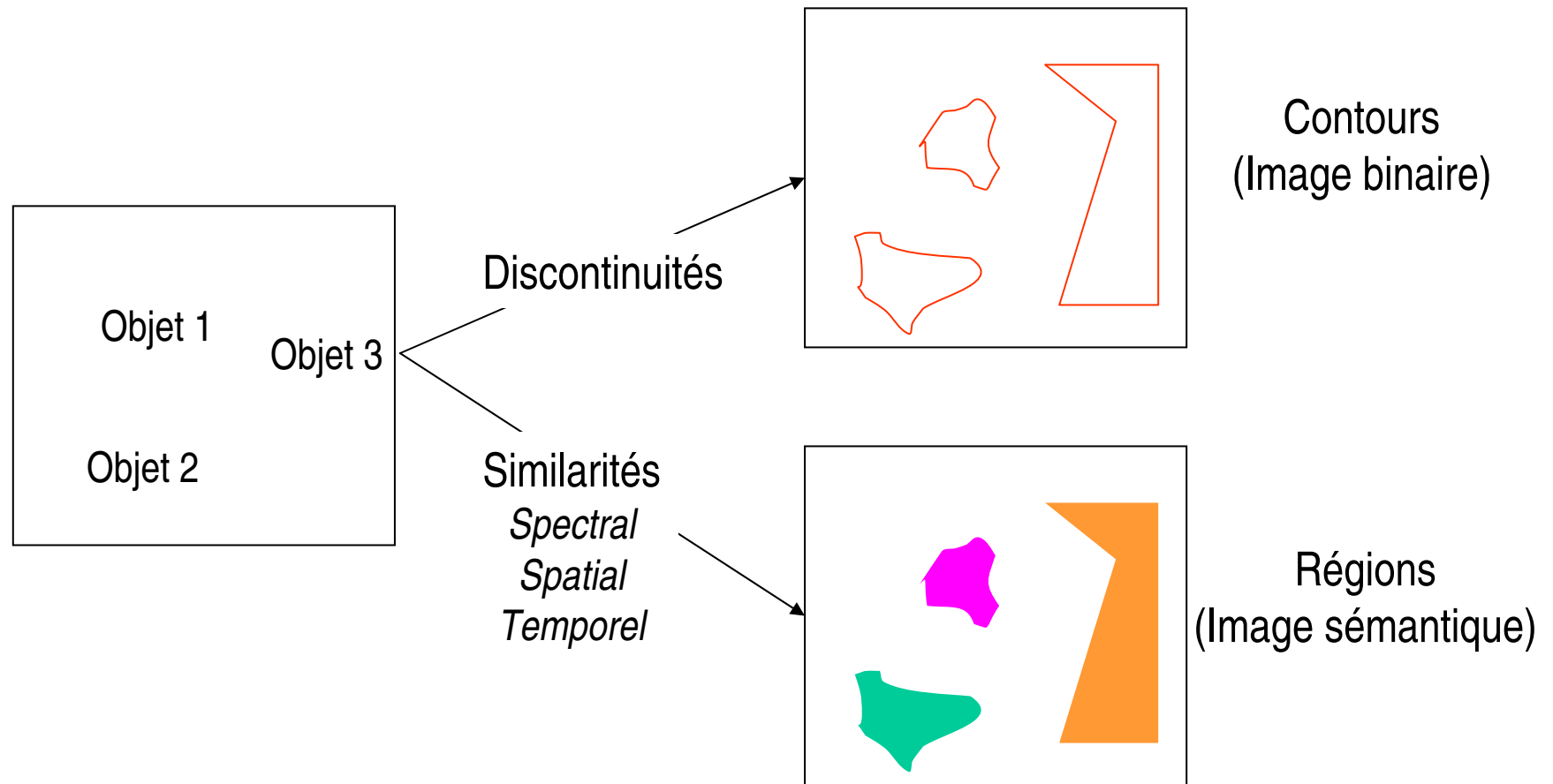
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

## Correction géométrique par une méthode interpolatrice



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

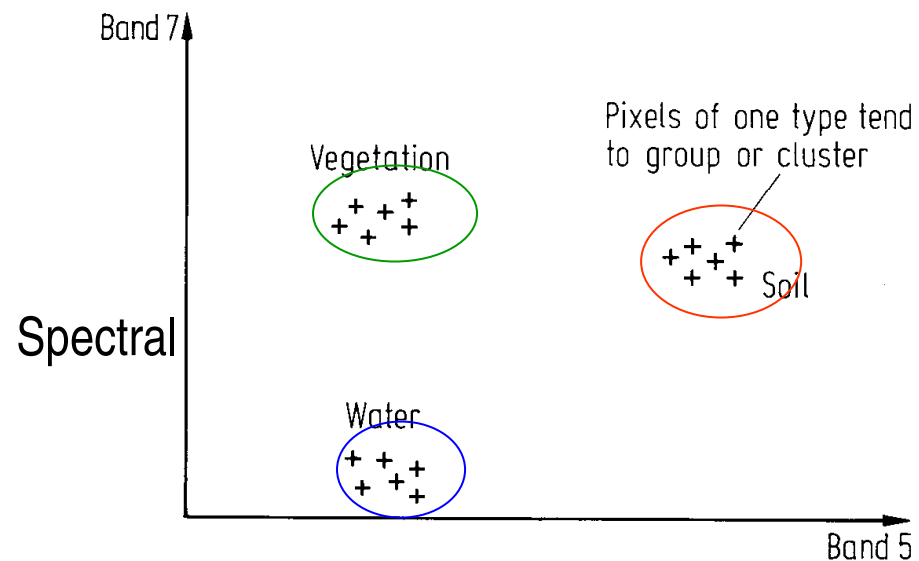
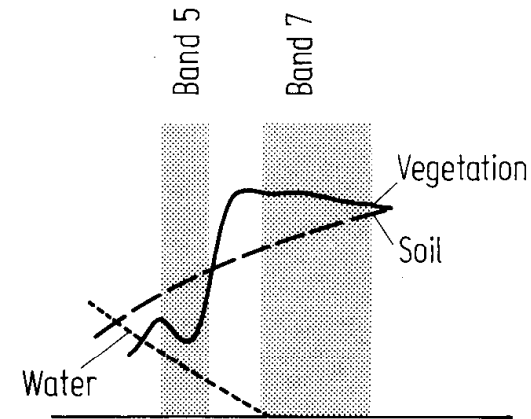
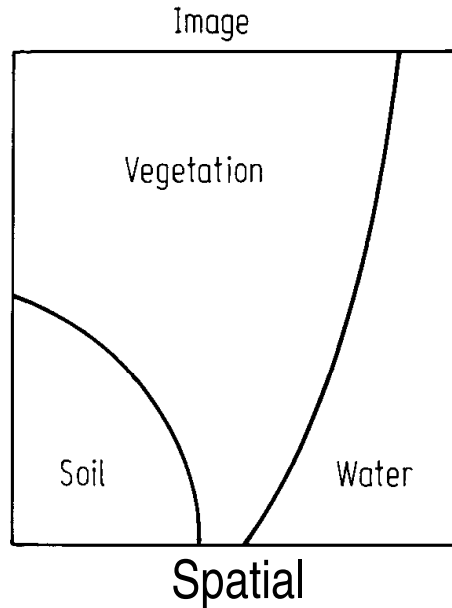
**Segmentation** : partition du plan image dans ses objets constitutants



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

## Segmentation au sens des régions : **classification**

Notion d'espace spectral, histogramme 2D



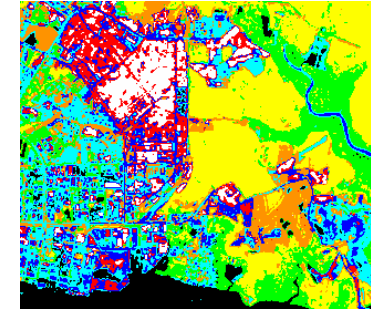
# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

## Segmentation au sens des régions : **classification**

### Méthodes non supervisées

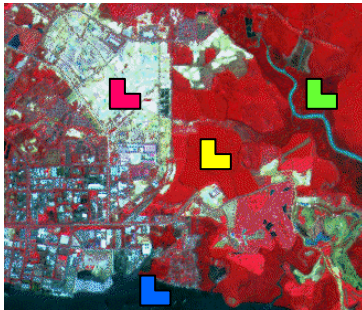


Agrégation des pixels par similarités radiométriques



Identification à *posteriori* des classes

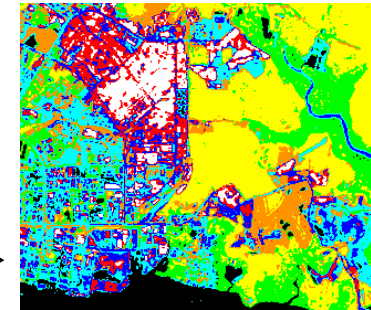
### Méthodes supervisées



Description numérique des différents types d'objets présents sur l'image

Règles de décision

Classification



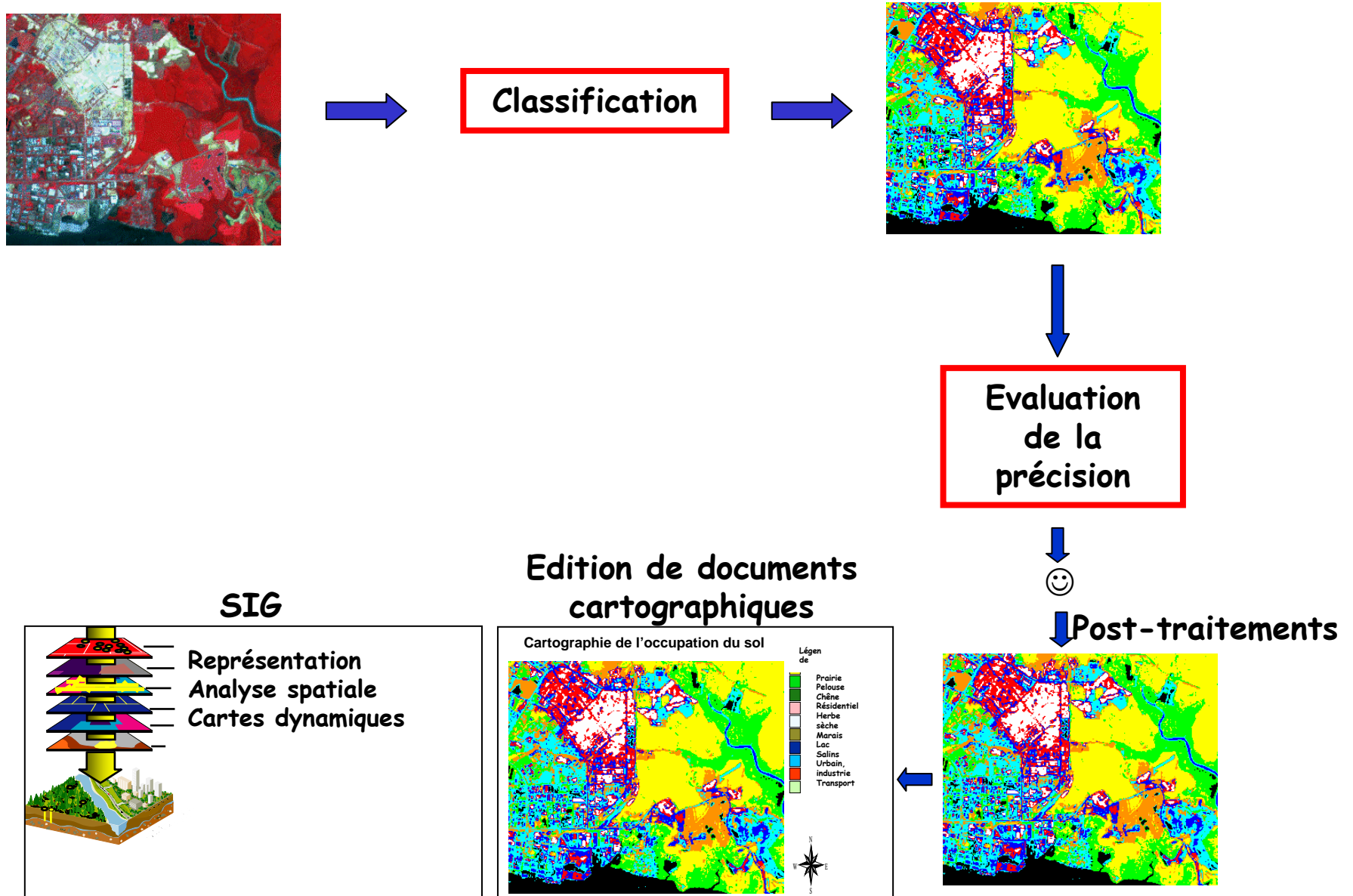
Evaluation de la **précision** avec les données de validation

### Sélection de **zones d'apprentissage**:

- Observation de terrain
- Images aériennes
- Connaissance experte
- Cartes ...

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

## Schéma général



## Texture

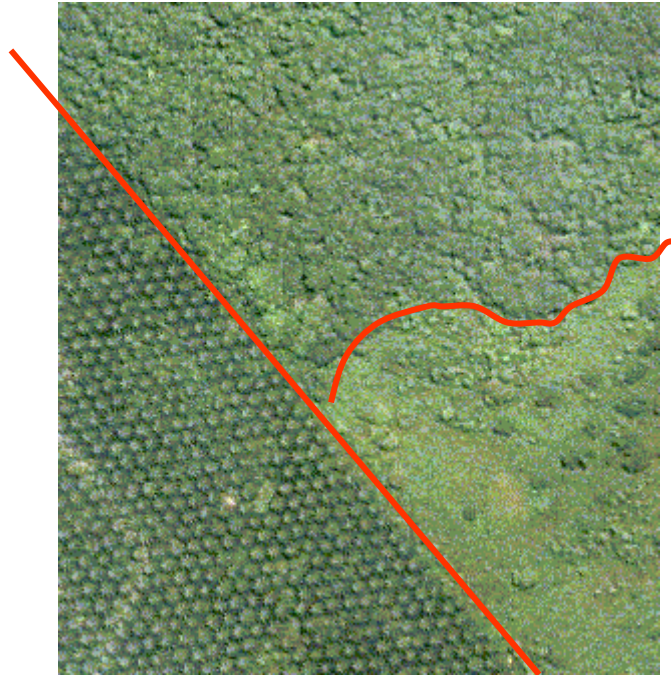
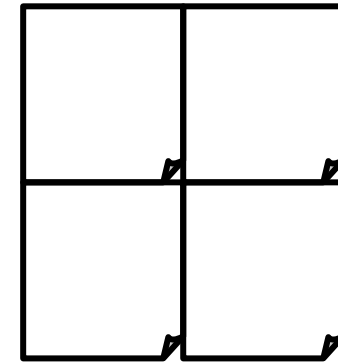
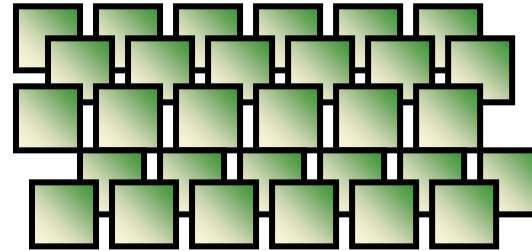
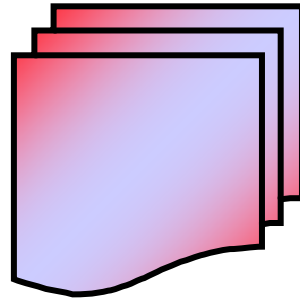
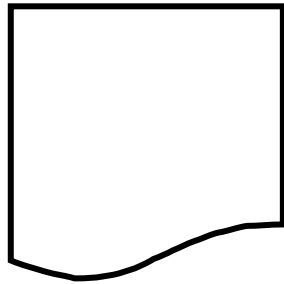


Image aérienne texturée

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

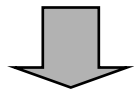


**Image  
satellitale  
SPOT  
Panchromatique**

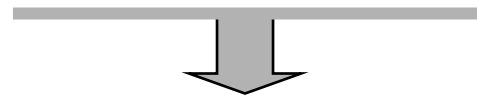
**Image  
satellitale  
SPOT XS**

**Images  
aériennes  
Couleur**

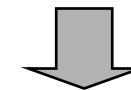
**Scan 1/25000  
IGN**



**Référence pour  
le géocodage**



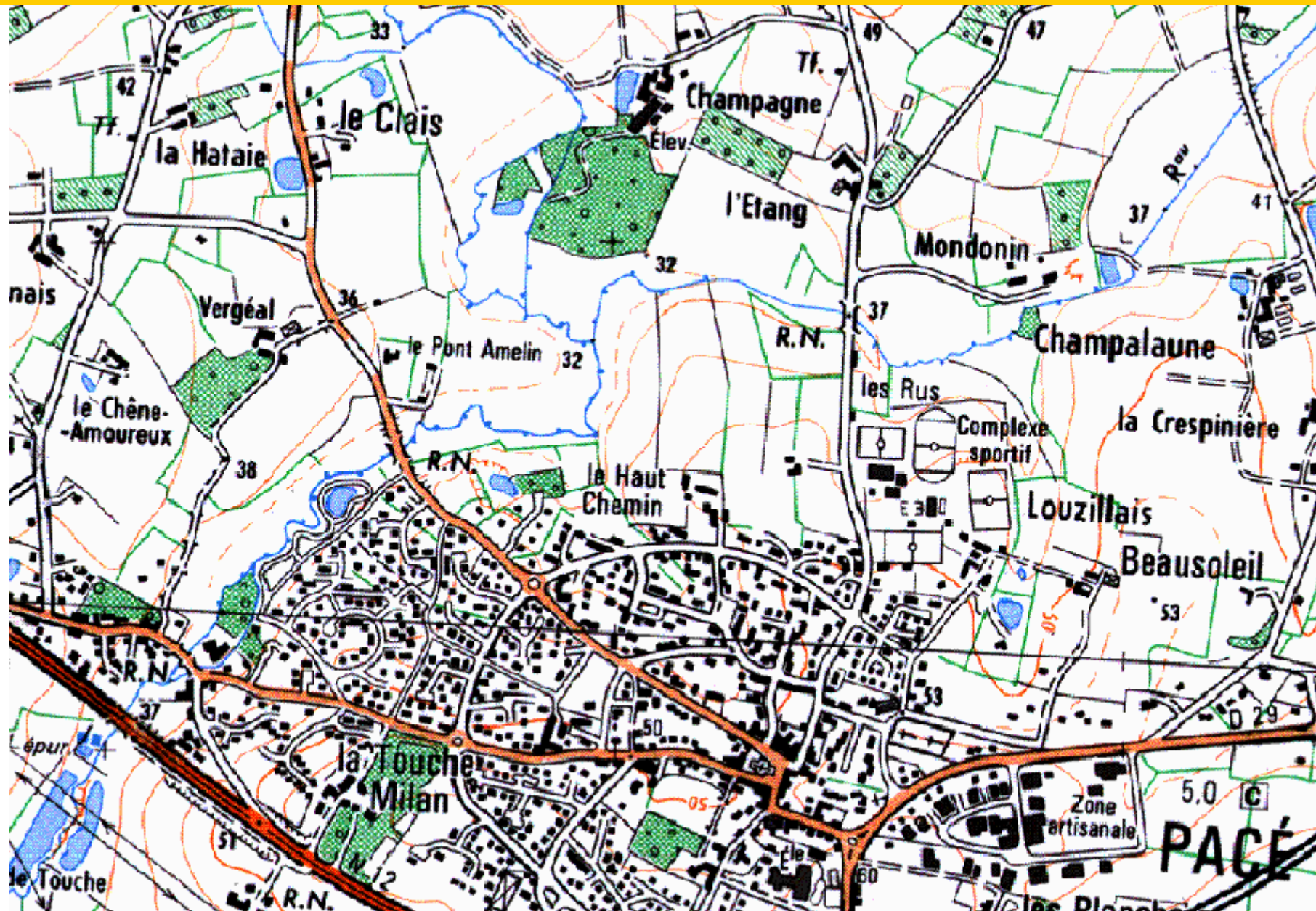
**Dessin des parcelles  
Classification**



**Dessin  
des  
fonds de  
vallées**



# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



Scan 1/25000 IGN





**Pacé**

**Image SPOT XS, Eté 1996**





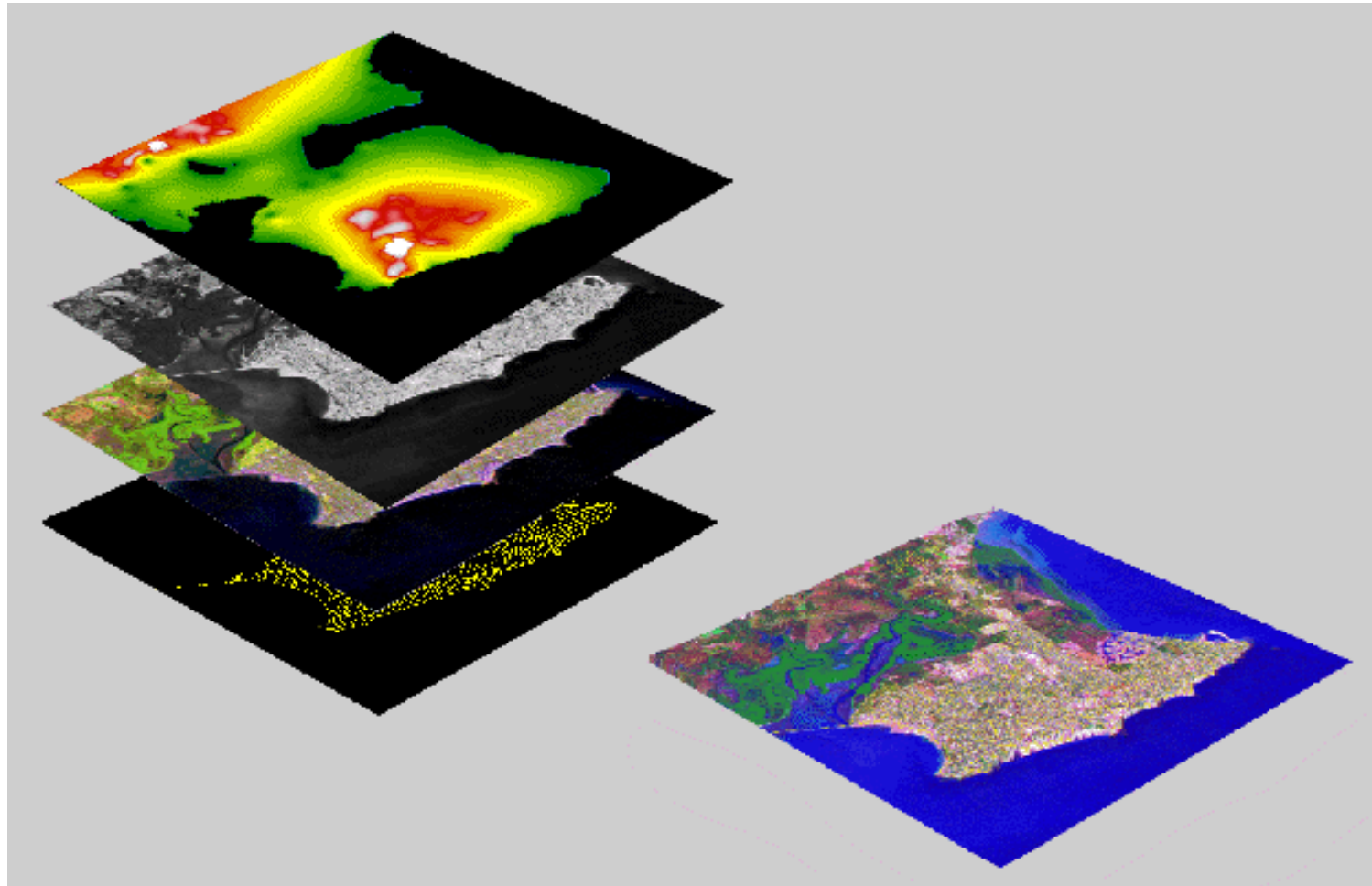
**Image aérienne et contour des parcelles en fond de vallées**





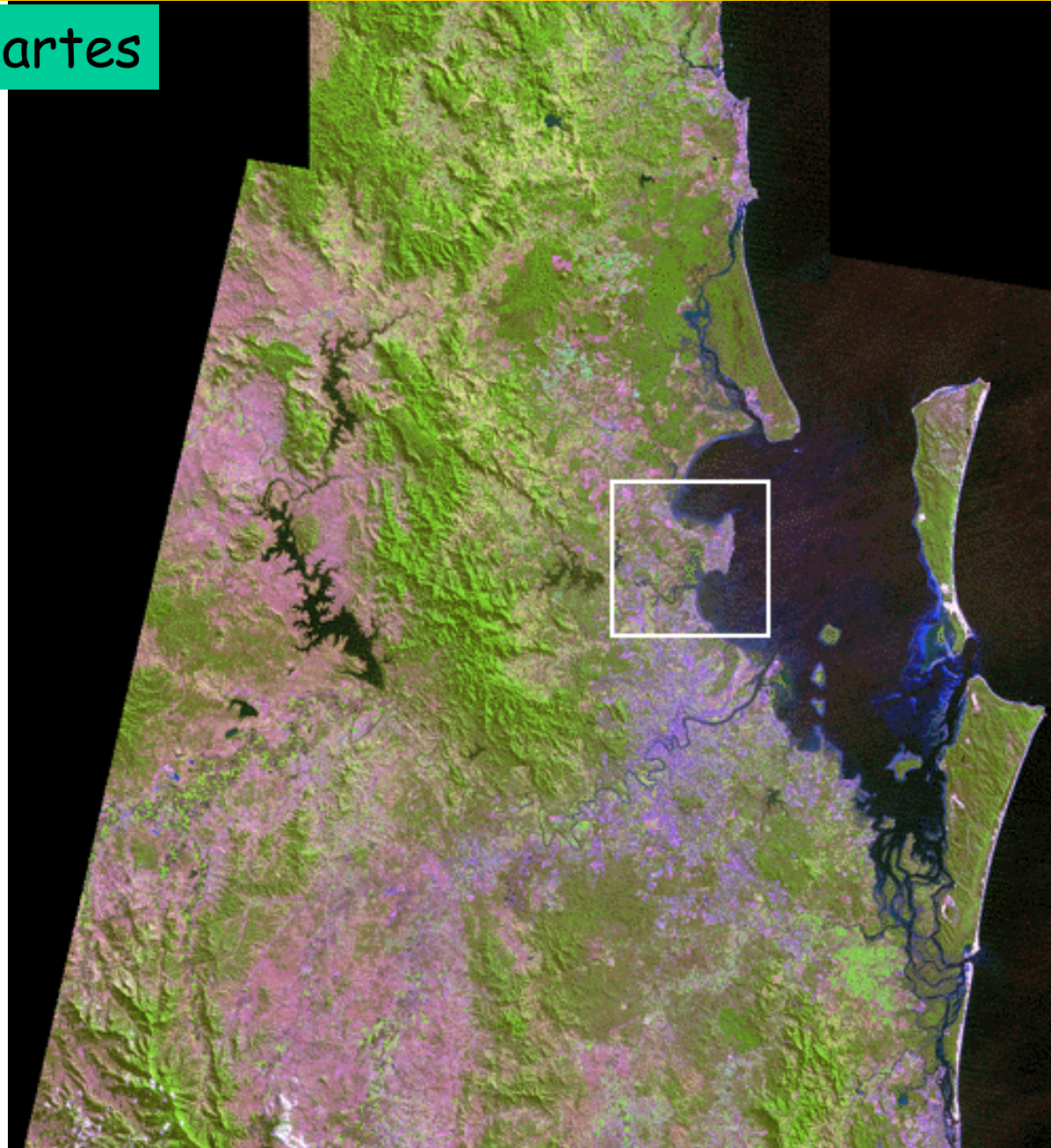
**Image classée des fonds de vallées (partiel)**

## Les spatiocartes

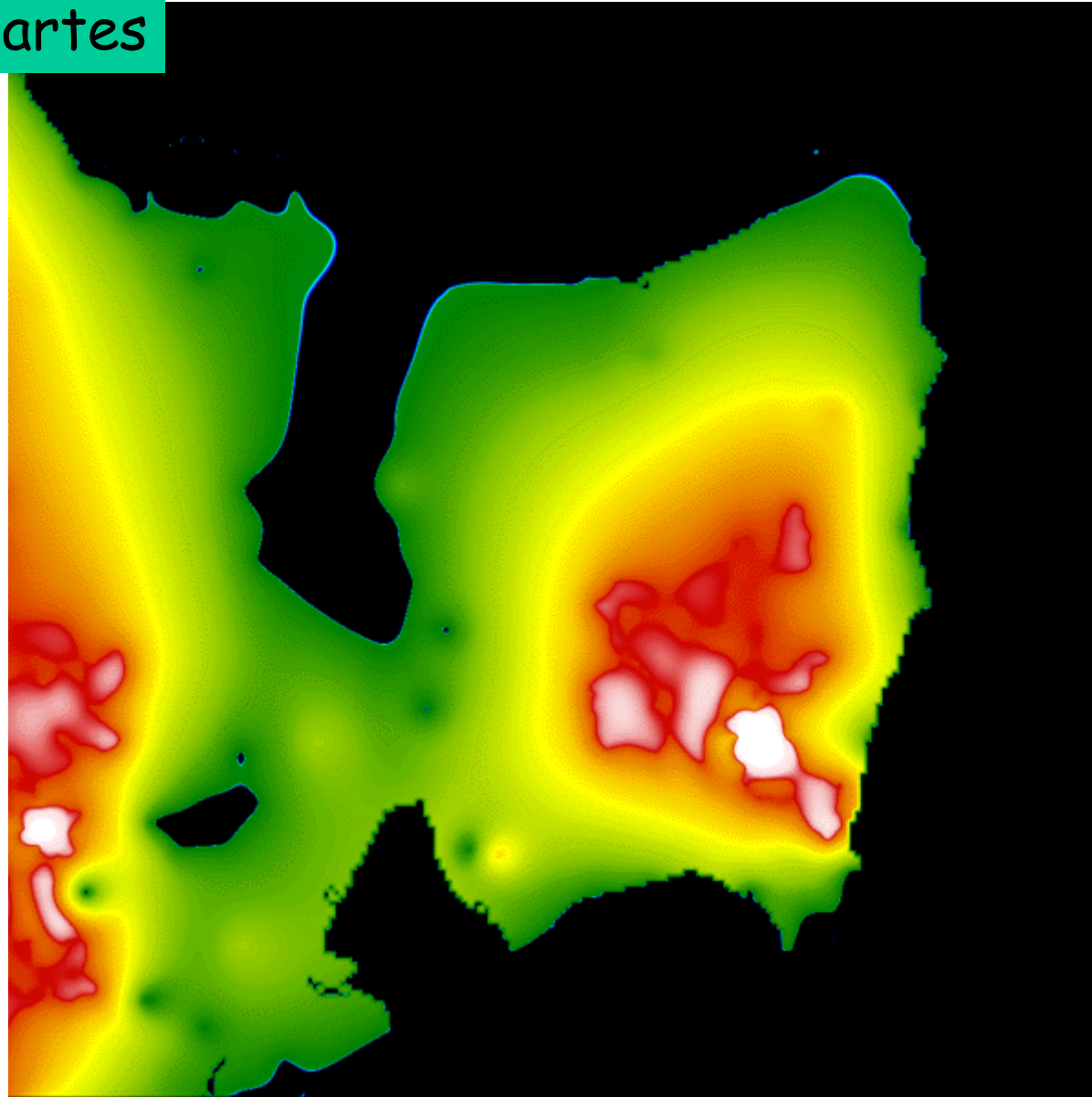




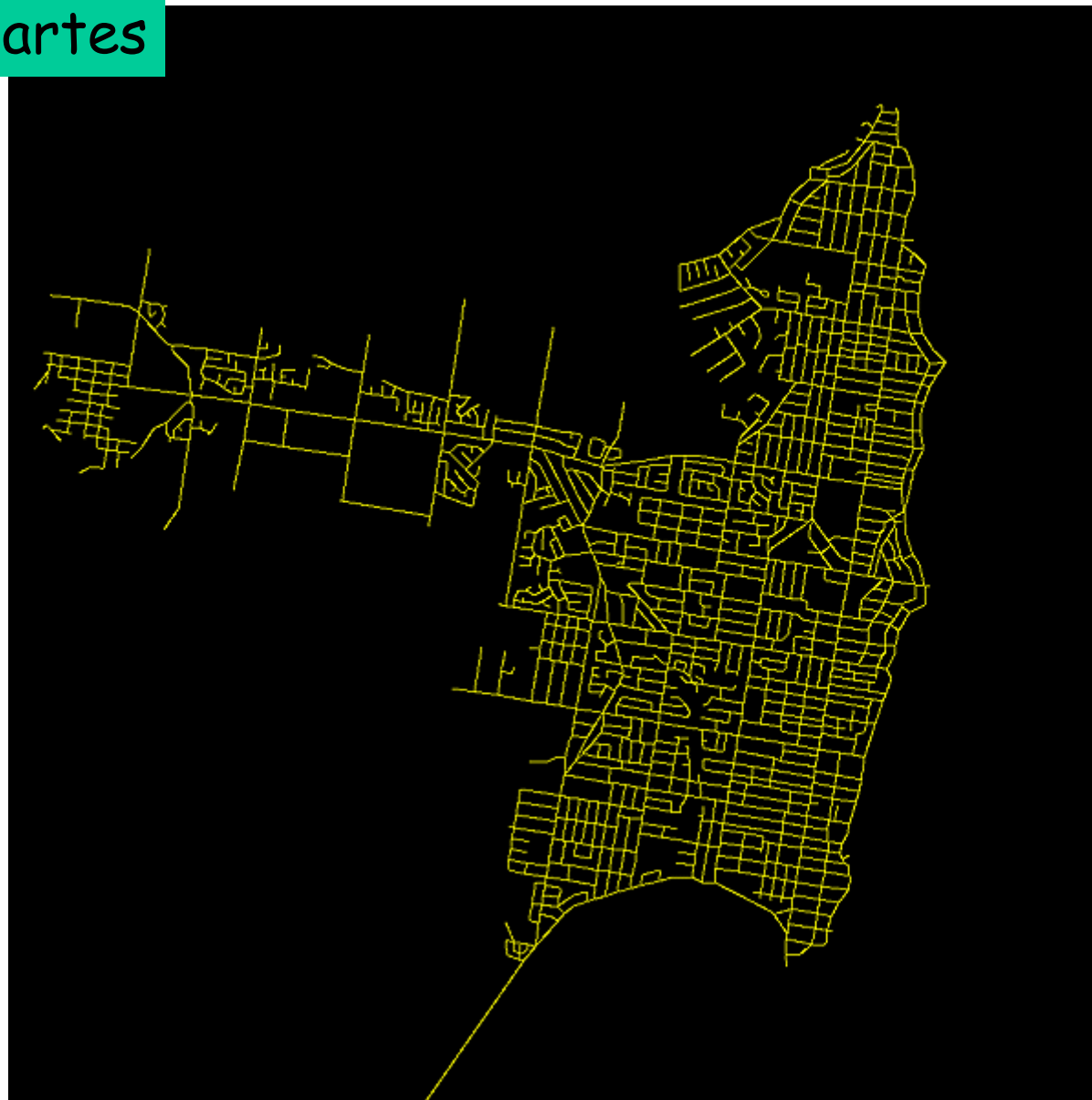
Les spatiocartes



Les spatiocartes



Les spatiocartes





Les spatiocartes



Les spatiocartes





Les spatiocartes

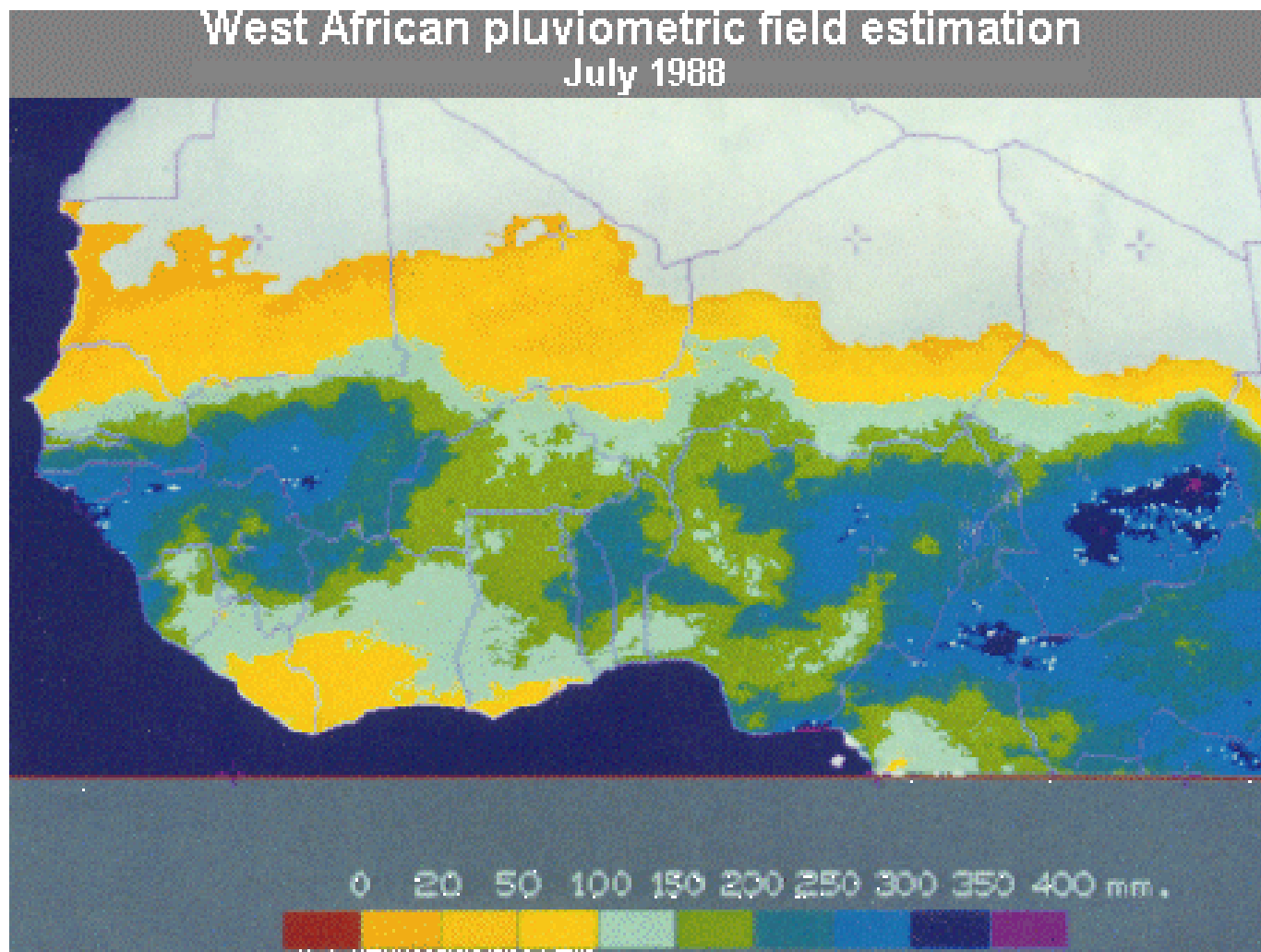




Les spatiocartes

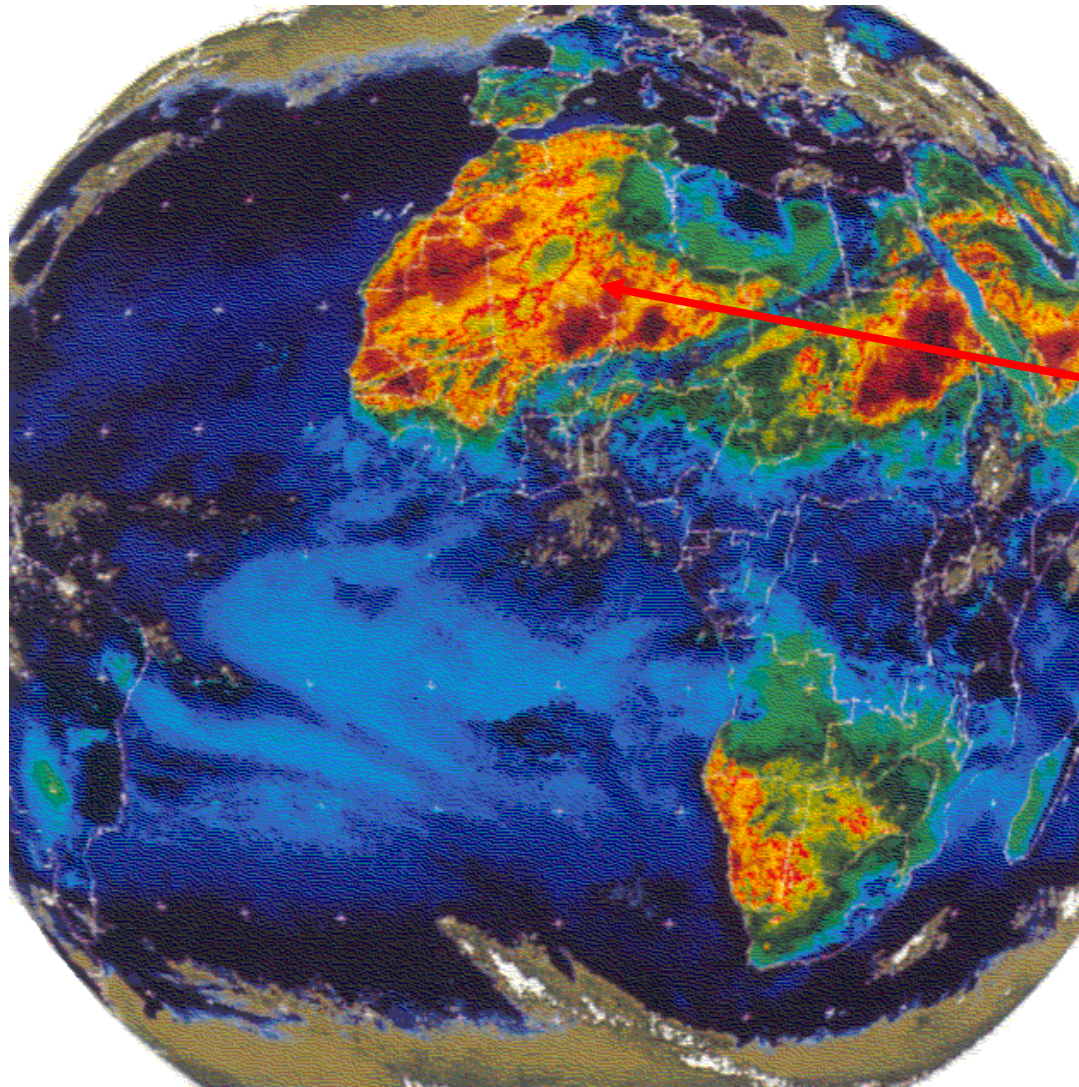


# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection





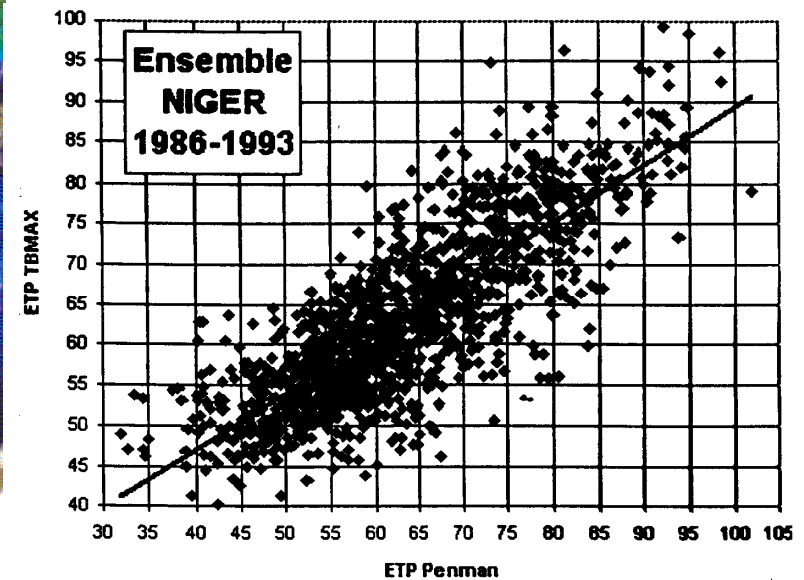
Variation spatiale de l'évapotranspiration potentielle



$$ET_{ref} = p \cdot (\alpha T_{Bmax}^{5j} + \beta)$$

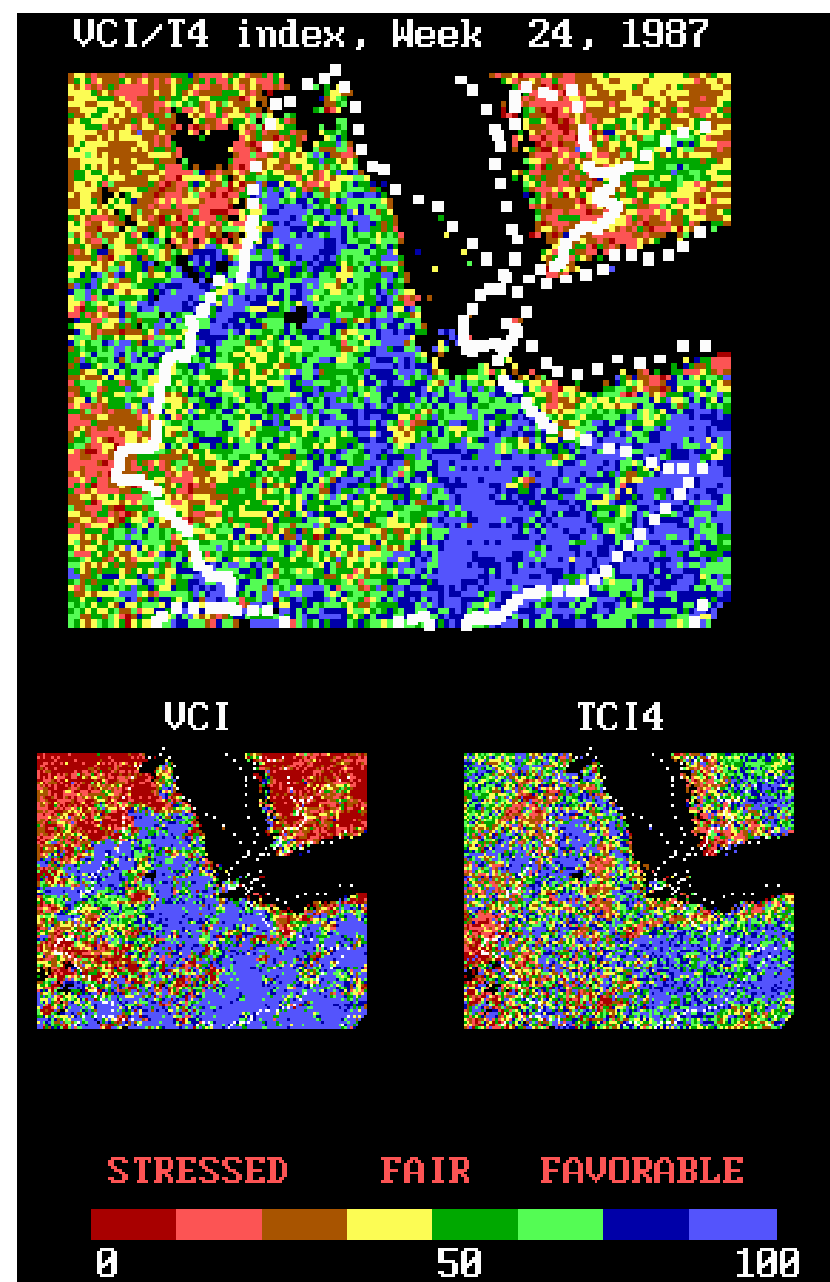
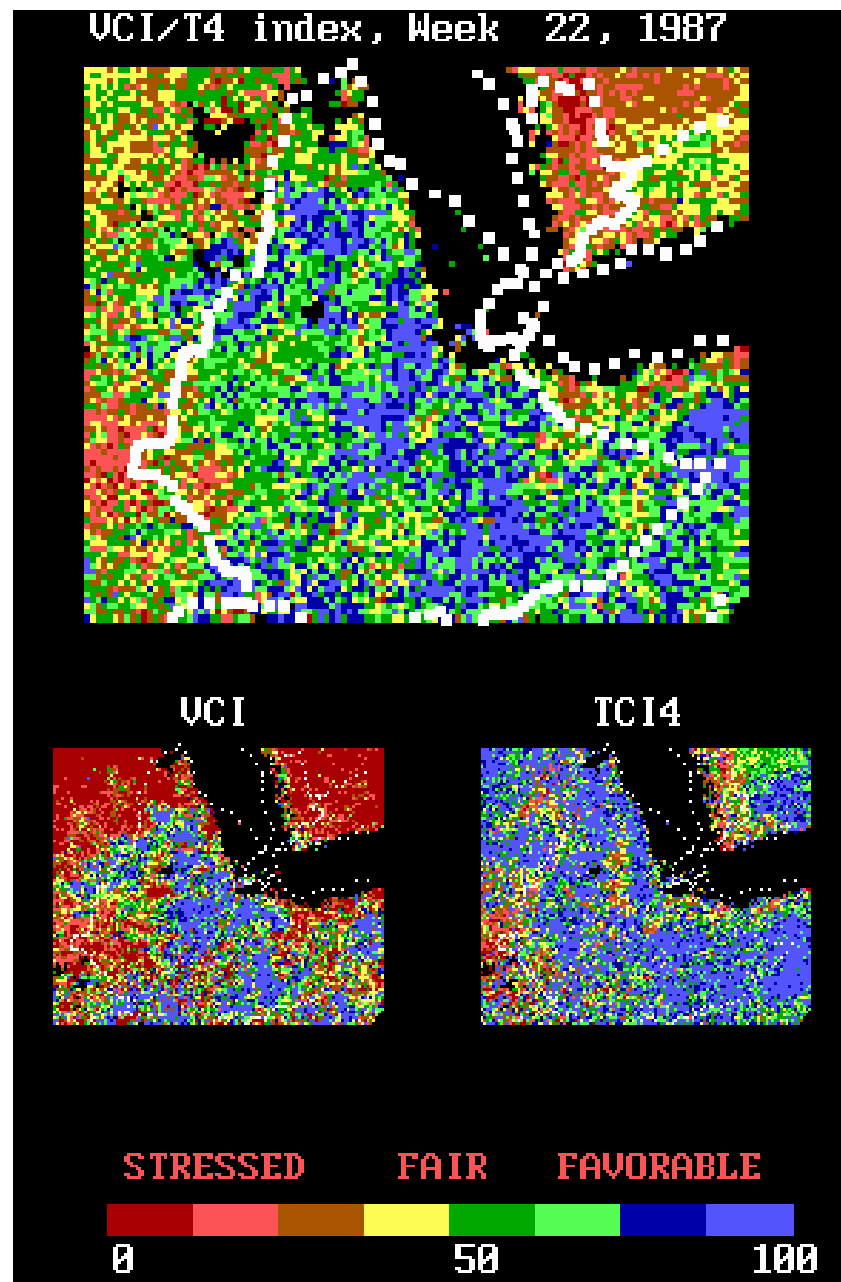
$\alpha, \beta$ : coefficients de calage  
(sur les pixels contenant une station au sol)

$p$ : coefficient tenant compte de la durée du jour



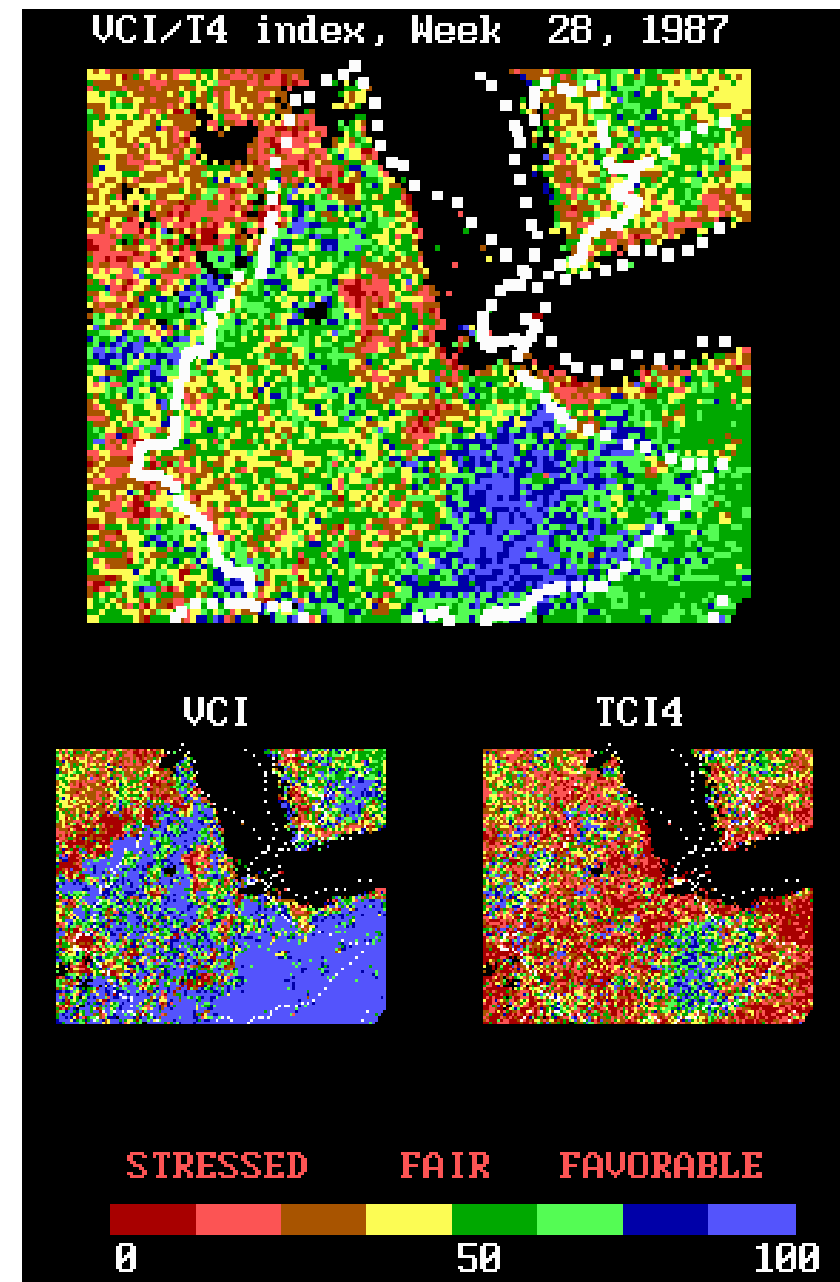
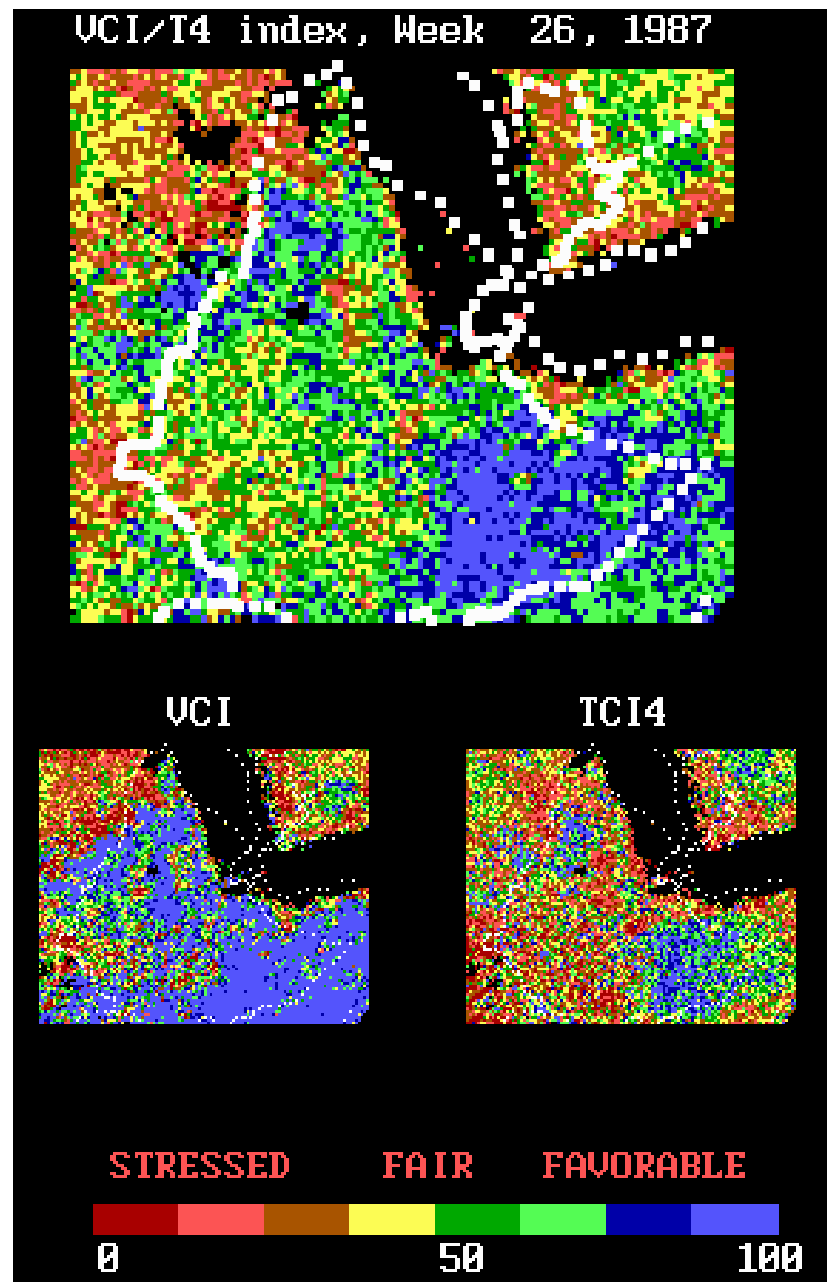
Température radiative maximale au sol sur  
une période de 5 jours

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



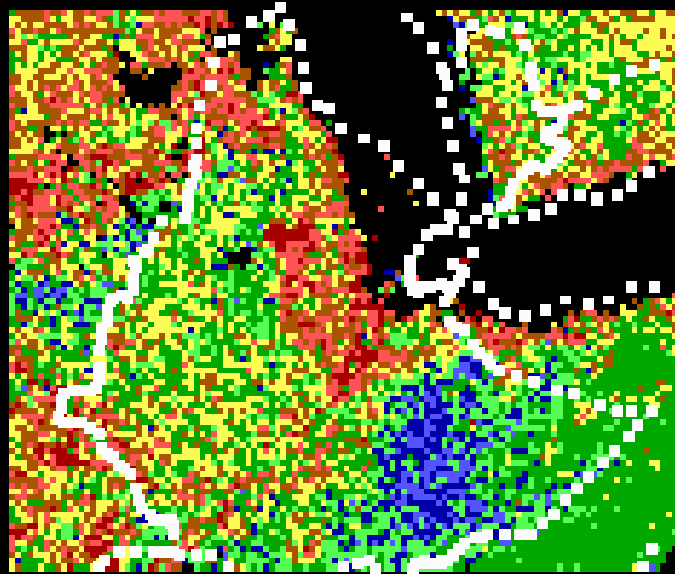


# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

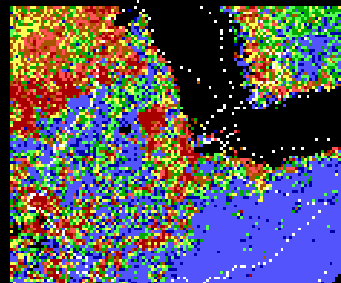


# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

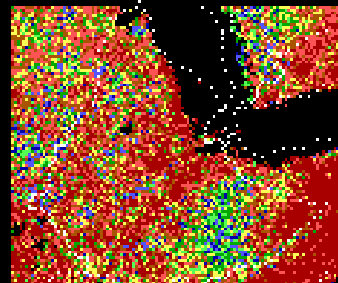
UCI/T4 index, Week 30, 1987



UCI



TCI4



STRESSED

FAIR

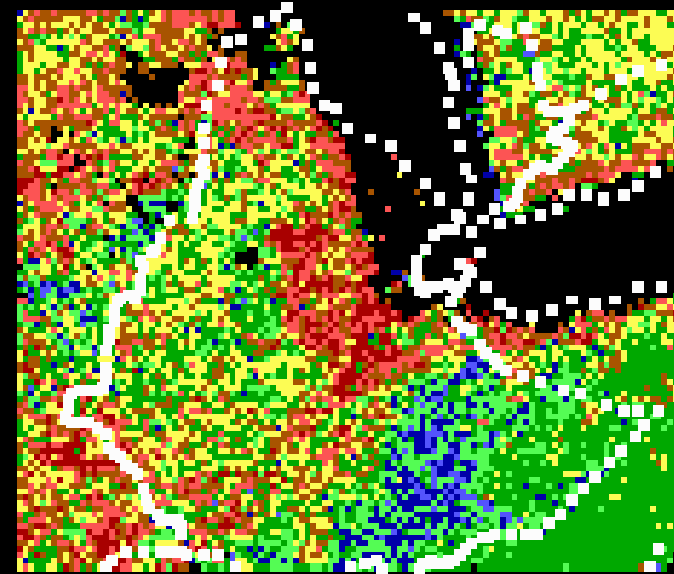
FAVORABLE

0

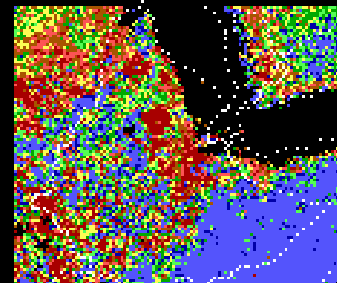
50

100

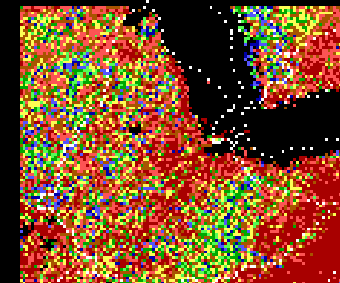
UCI/T4 index, Week 32, 1987



UCI



TCI4



STRESSED

FAIR

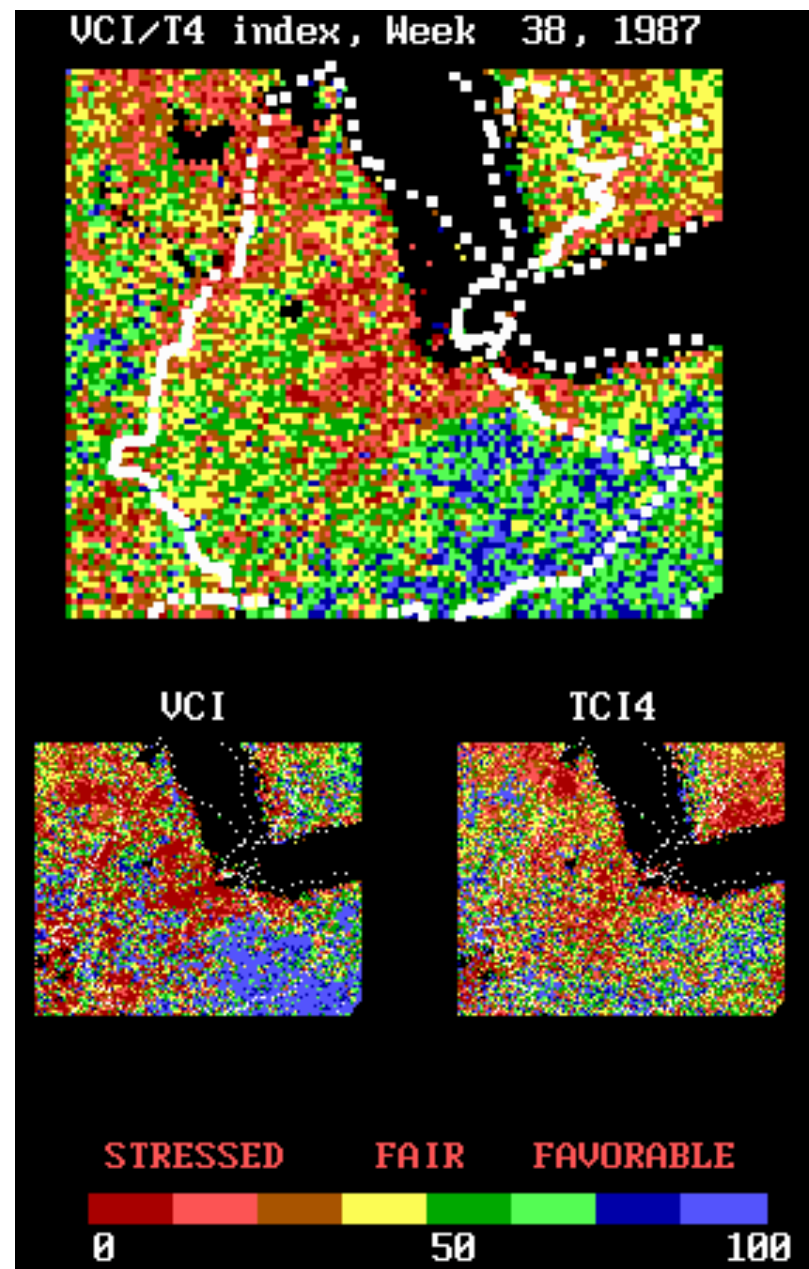
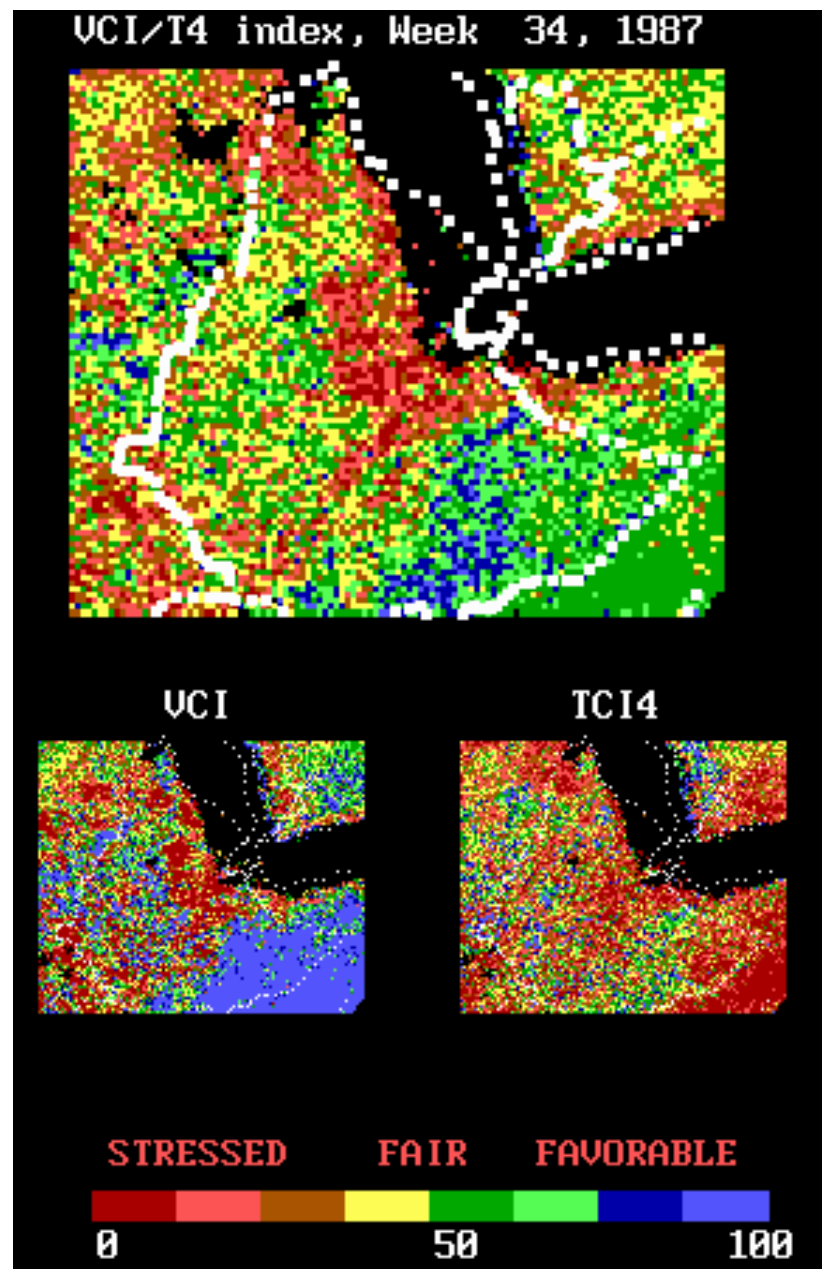
FAVORABLE

0

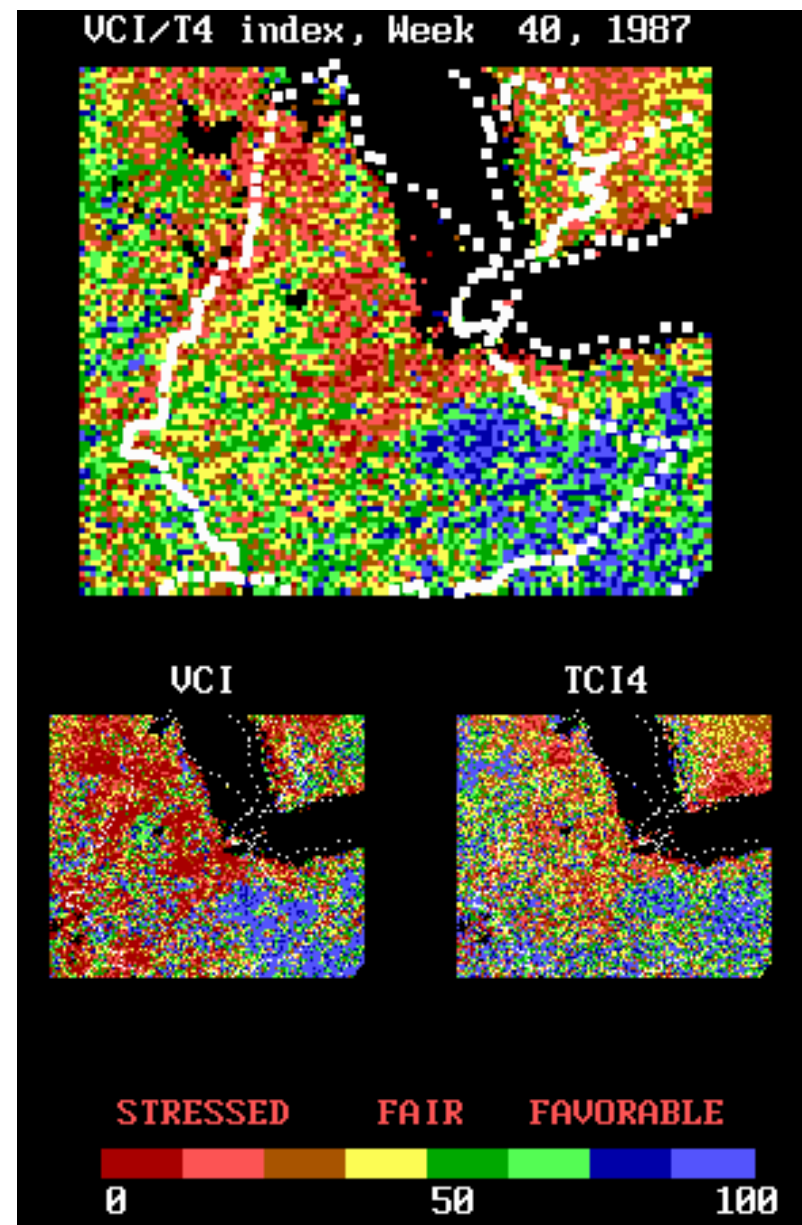
50

100

# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection

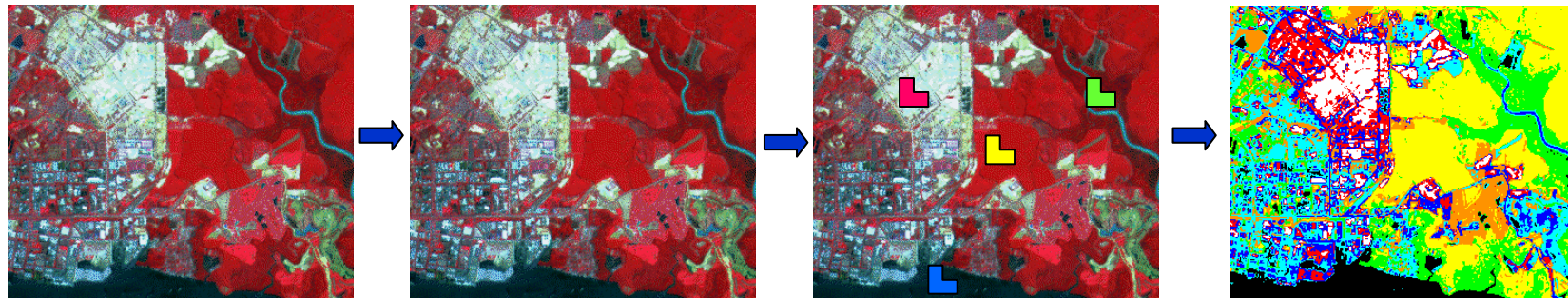


# Licence Pro PARTAGER Introduction à la télédétection



# Classification d'image de télédétection : méthodes supervisées

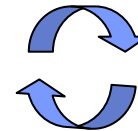
## Schéma général



**Prétraitements**  
Radiométrie relief  
Géométrie (PPV)  
Atmosphérique (facultatif)

**Saisie de l'ensemble d'apprentissage**

**Classement**

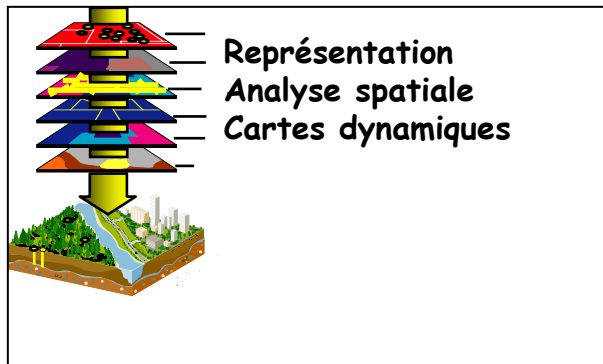


**Evaluation de la précision**



**Post-traitements**

**SIG**



**Edition de documents cartographiques**

