

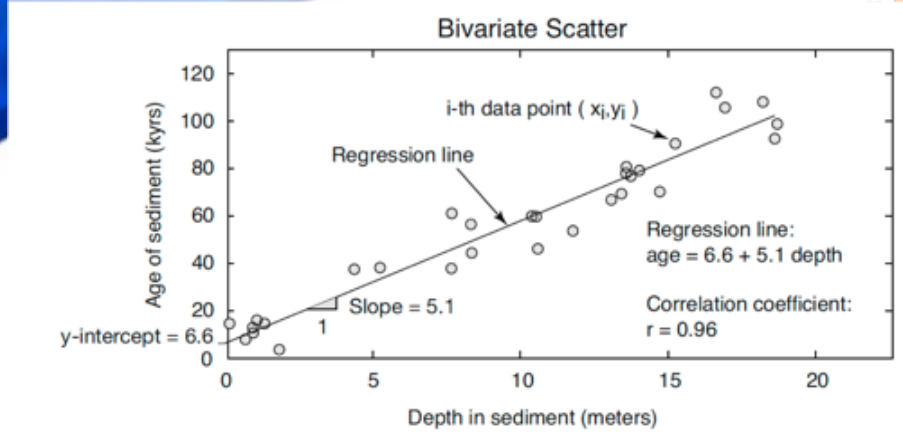
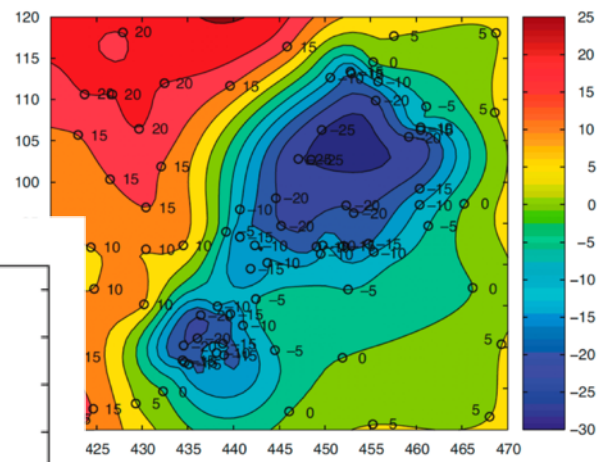
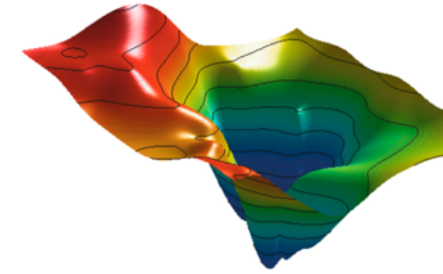
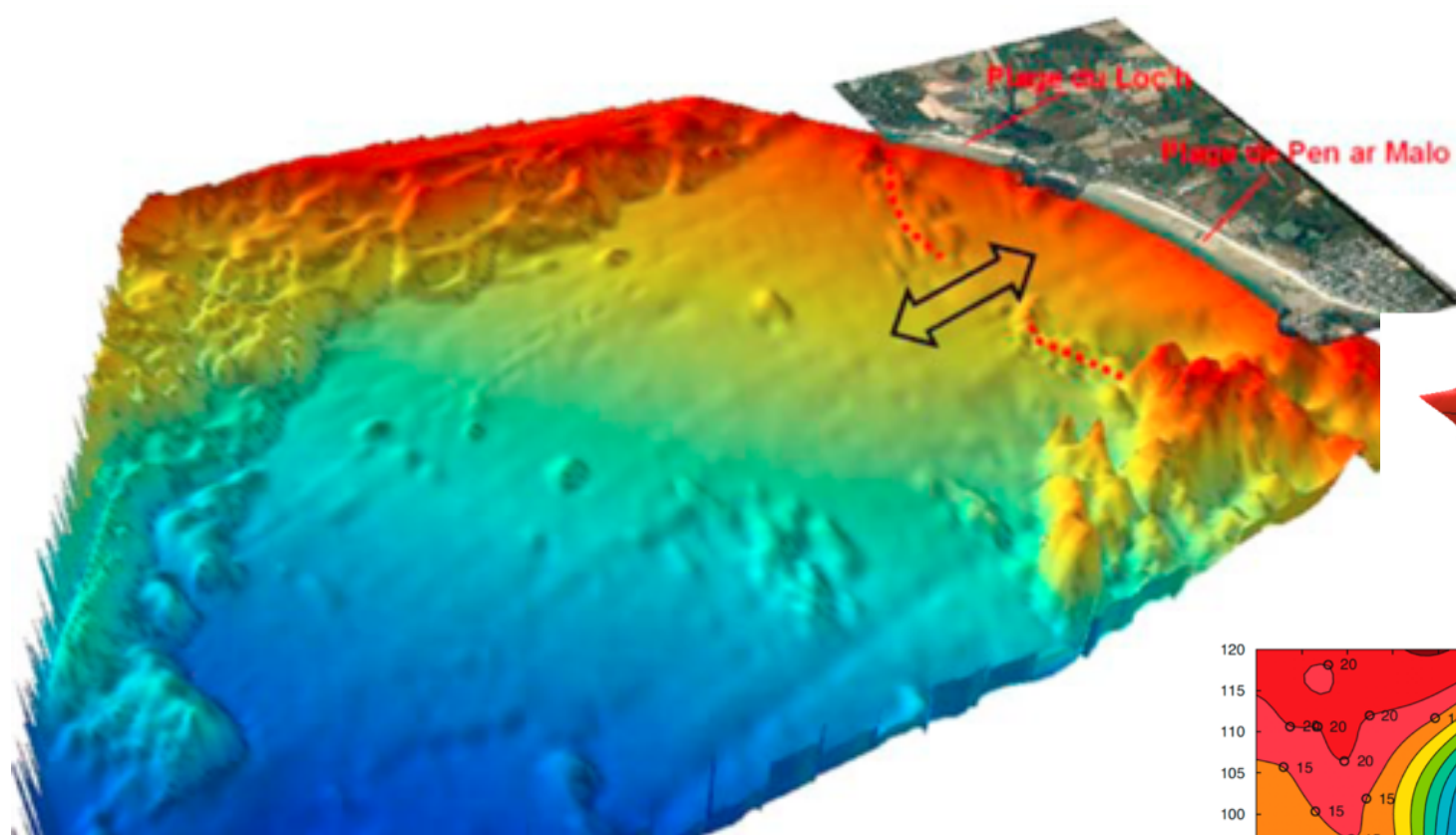


Module T2S : Télédétection Statistiques SIG

**Intervenants: C. Delacourt,, M. Jaud (UBO)
E Gensac (UBS)
Mathilde Pitel & Sylvain (IFREMER)**

Christophe.delacourt@univ-brest.fr





Programme 2021 - 2022

CM :

03/09 Apres Midi

- Les fondamentaux de la Télédétection : Rayonnement Electromagnétique / Capteurs / Plateformes /

27/09 Matin :

- Teldet Suite et Cartographie

28/09 Matin

- Carto Suite

28/09 Après midi (MJ)

- Méthodes de mesures de la topographie et de la bathymétrie

TD :	22/10	: Télédétection (CD - Brest)
	12/11	: Télédétection (CD - Brest)
	19/11	: Télédétection (CD - Brest)
	26/11	: SIG
	19/11	: MATLAB (MJ – Brest)

TP:

	30/11	IFREMER	: Tous
	13-17 /12		: Projet SIG (MJ Brest)

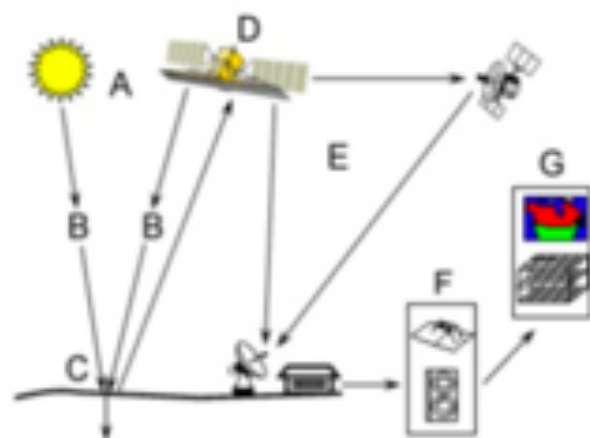


Initiation à la Télédétection

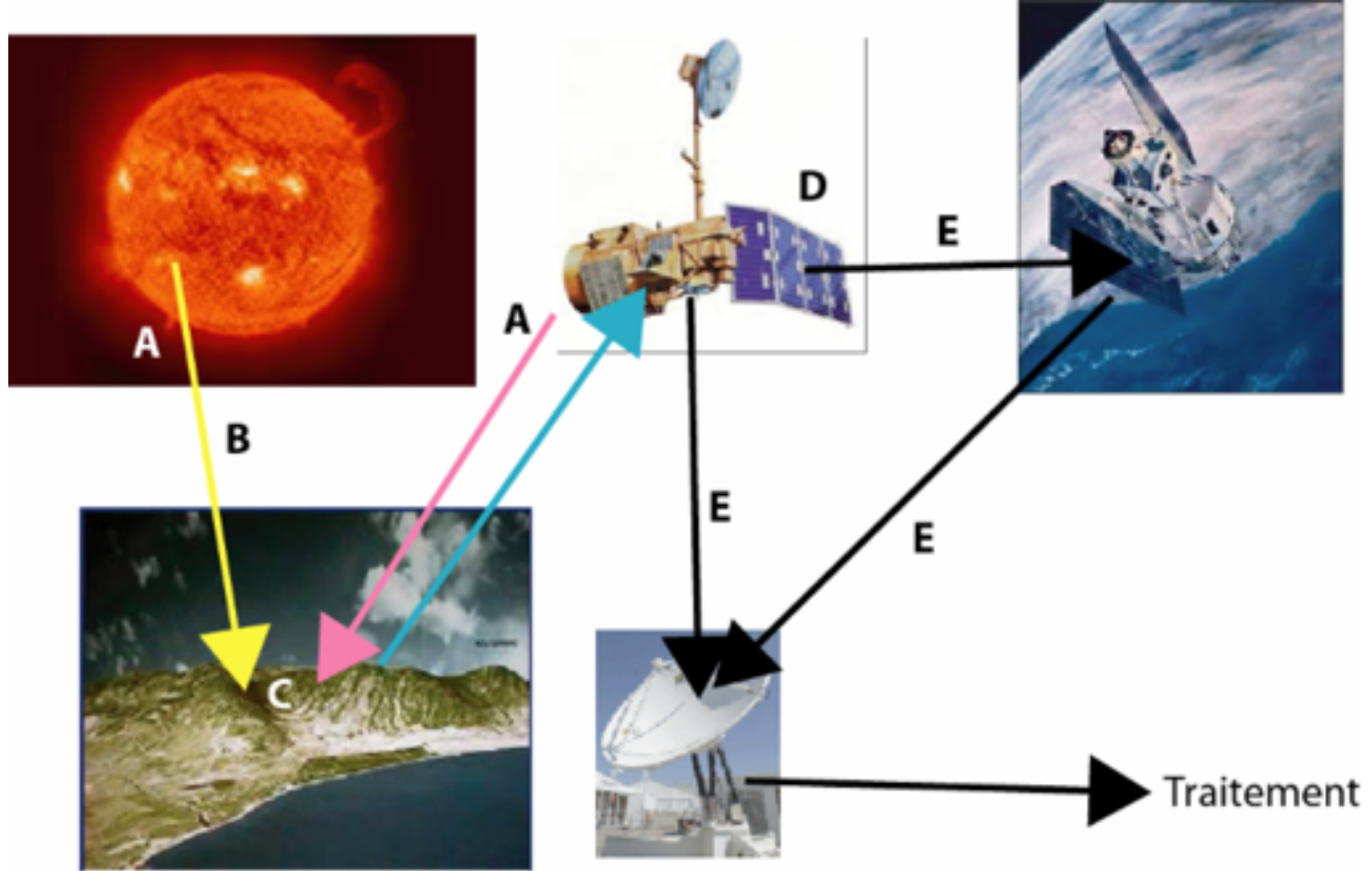
Christophe.delacourt@univ-brest.fr



« La télédétection est la technique qui, par **l'acquisition d'images**, permet d'obtenir de **l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci** ». « La télédétection englobe tout le processus qui consiste à **capter** et à **enregistrer l'énergie** d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à **traiter** et à **analyser** l'information, pour ensuite mettre en application cette information ».

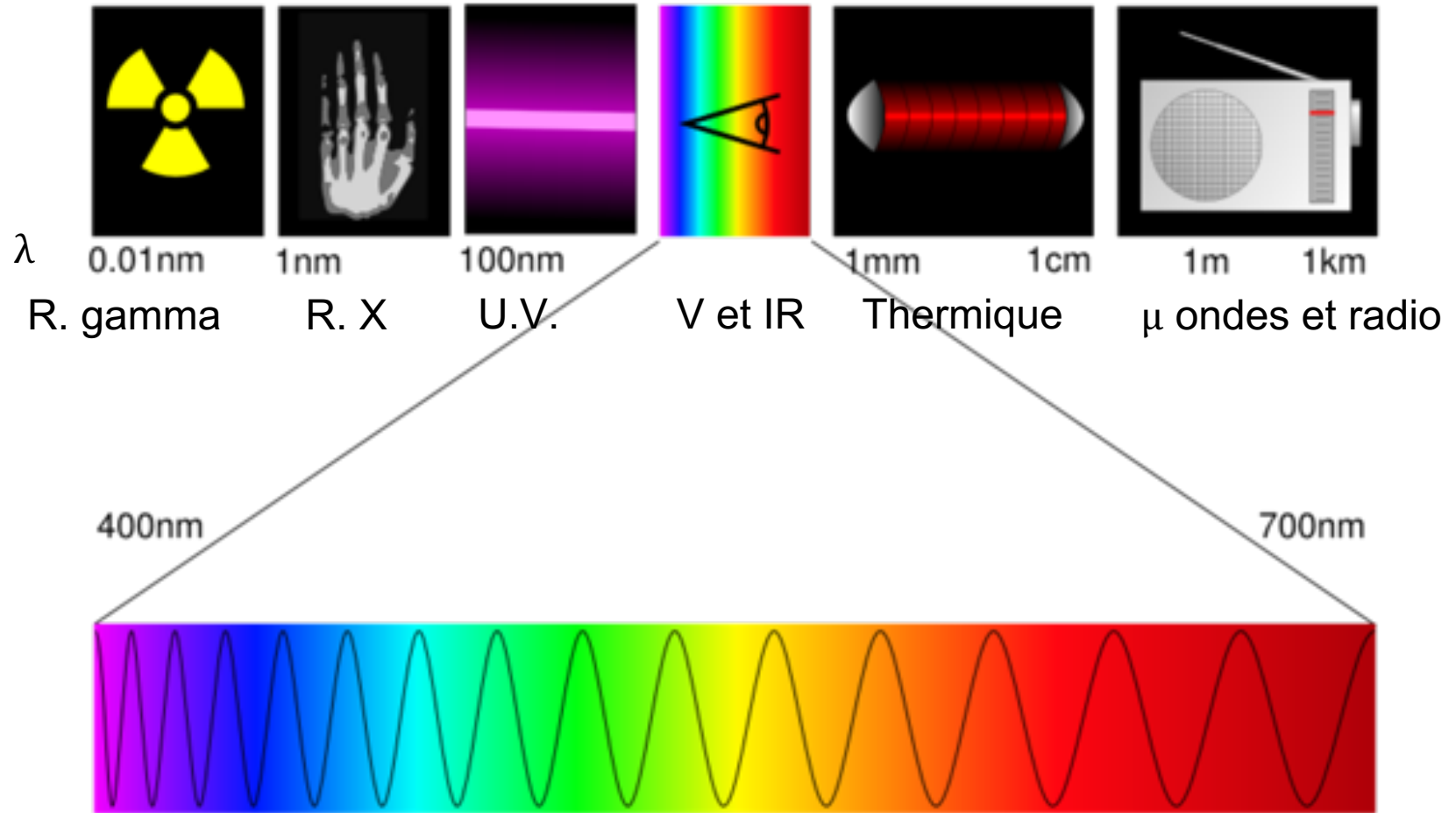


(source) Centre canadien de télédétection (CCT)



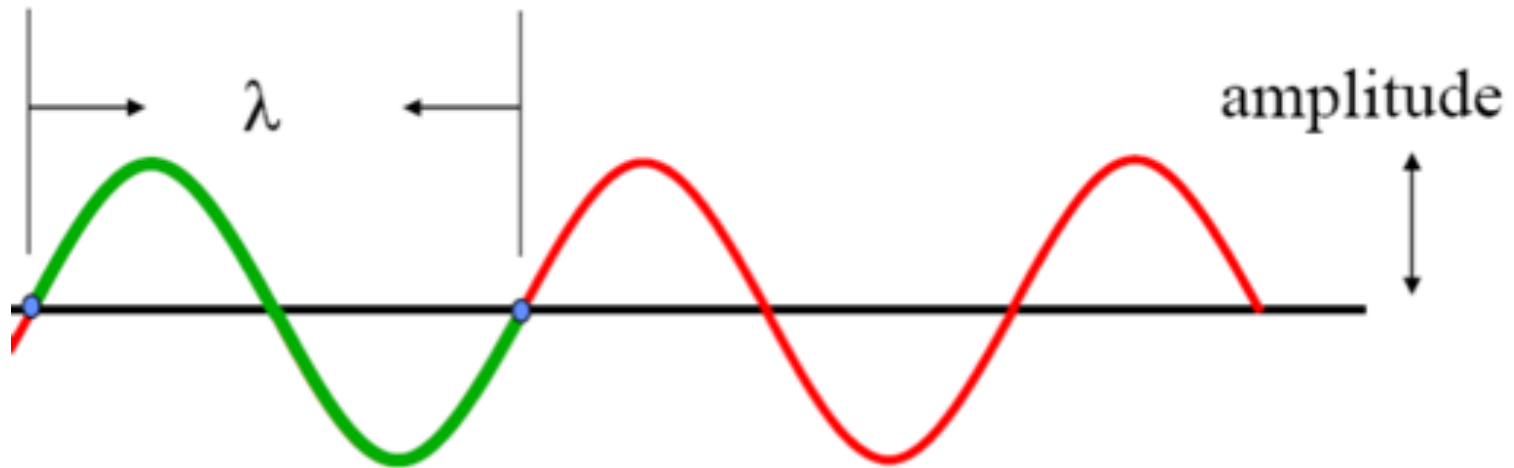
- A) Source d'énergie (de rayonnement)
- B) interaction avec l'atmosphère
- C) interaction avec la cible (fonction de la cible)
- D) Enregistrement de l'énergie par le capteur
- E) Transmission réception traitement

Le spectre électromagnétique



Lumière - Rayonnement électromagnétique

- La lumière est une onde électromagnétique caractérisée par sa longueur d'onde (λ en m),
son amplitude (A en m),
sa fréquence (f en s^{-1})
et sa vitesse (v en $m s^{-1}$)



$$V = \lambda f$$

Dans le vide, V est égal à $3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

Les photons

- Le photon est la particule élémentaire qui constitue le rayonnement électromagnétique.
- Le photon est un « grain de lumière » indivisible qui transporte de l'énergie.

$$E = \frac{hV}{\lambda}$$

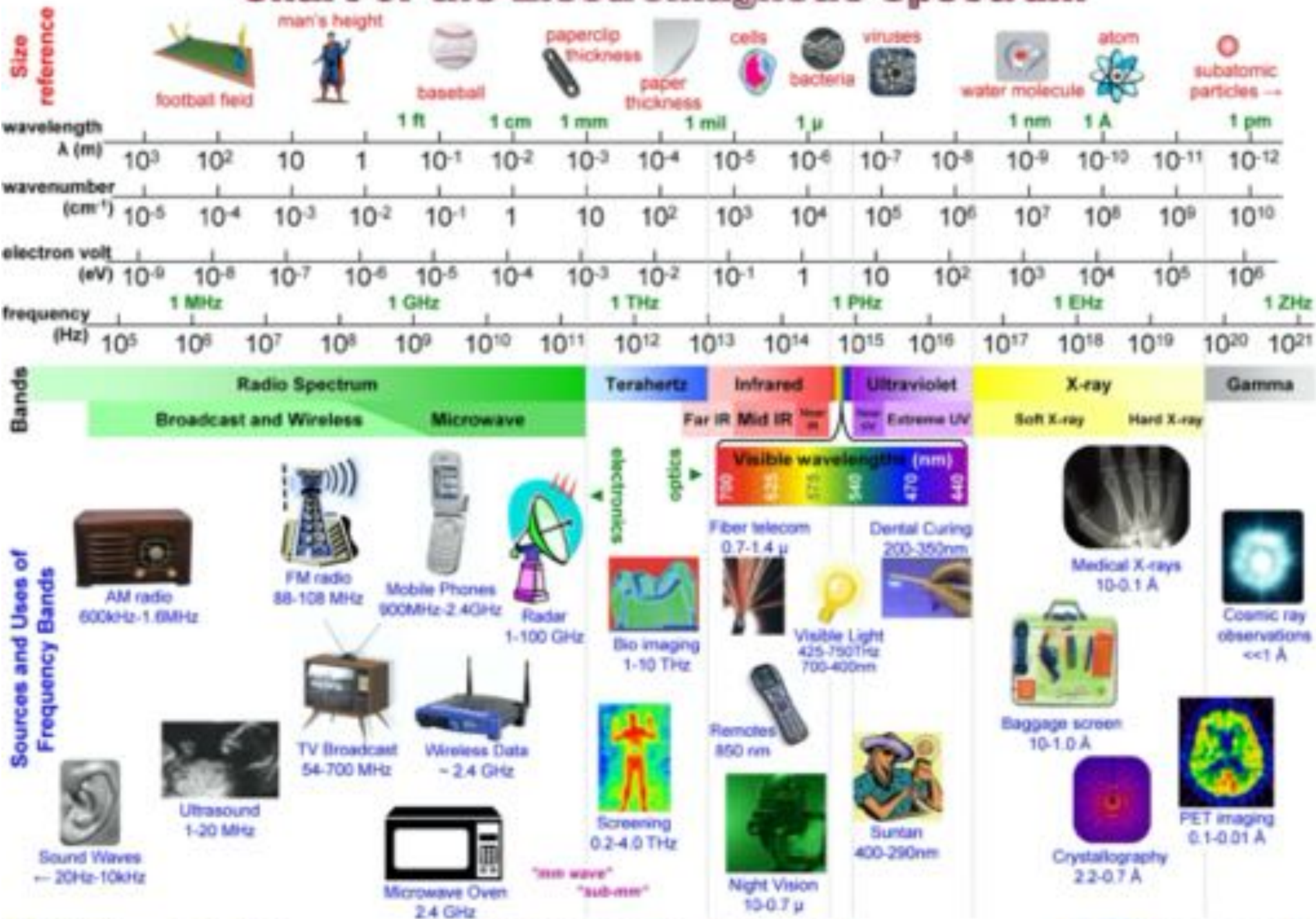
E est l'énergie transportée par le photon, h est la constante de Planck ($6,6260693 \cdot 10^{-34}$ J.s), V est la vitesse du photon, λ est la longueur d'onde et f est la fréquence.

ou

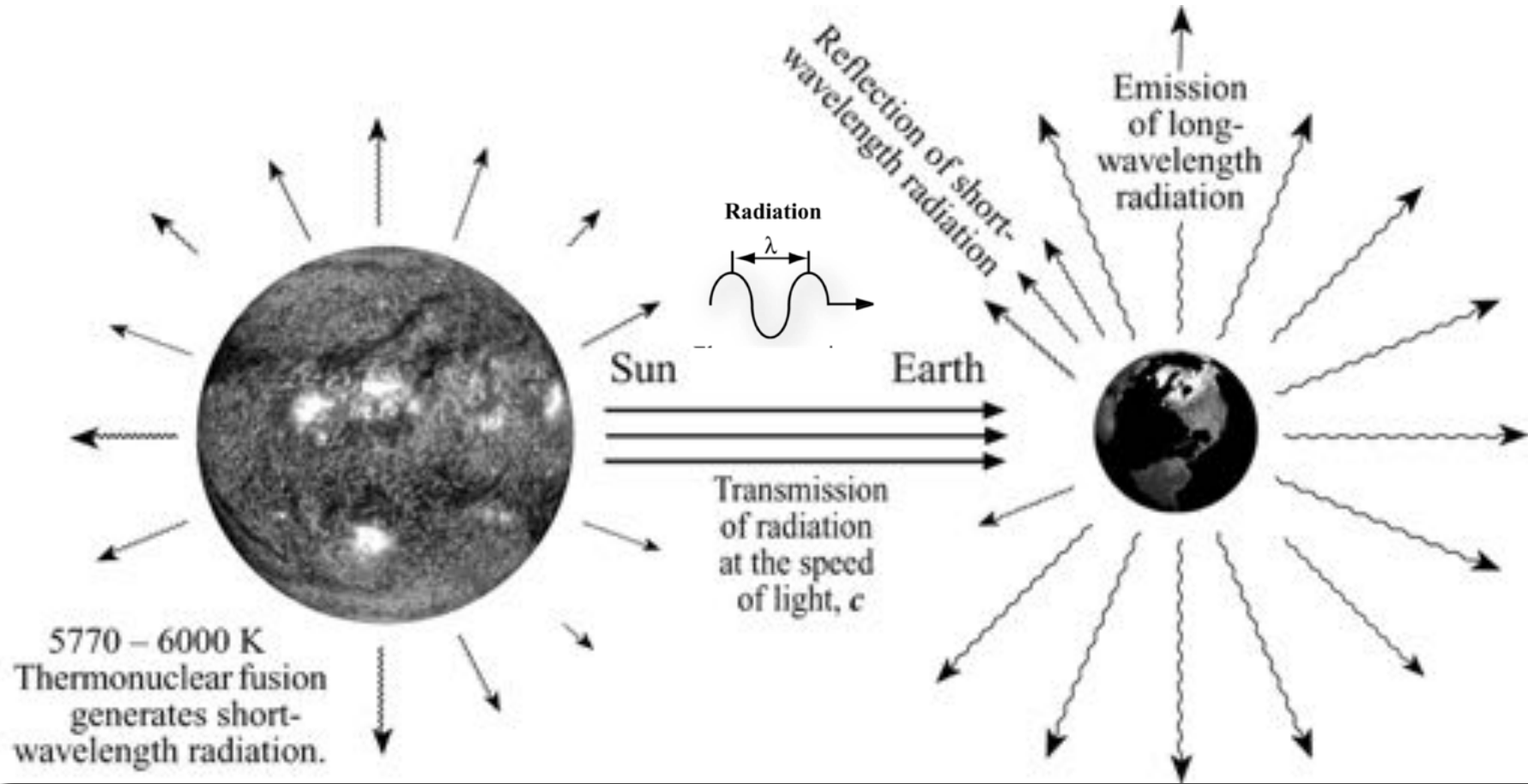
A vitesse constante, plus la longueur d'onde est faible, plus le photon est énergétique.

$$E = hf$$

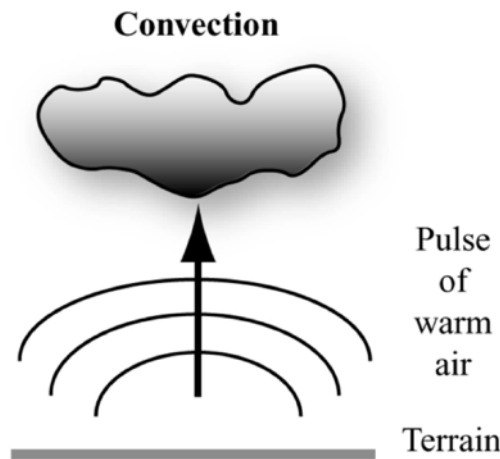
Chart of the Electromagnetic Spectrum



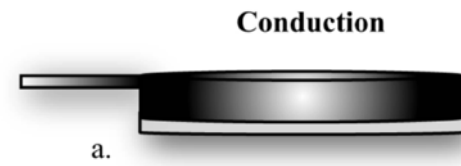
$$\lambda = 3 \times 10^8 / \text{freq} = 1 / (\text{wn} \times 100) = 1.24 \times 10^{-4} \text{ eV}$$

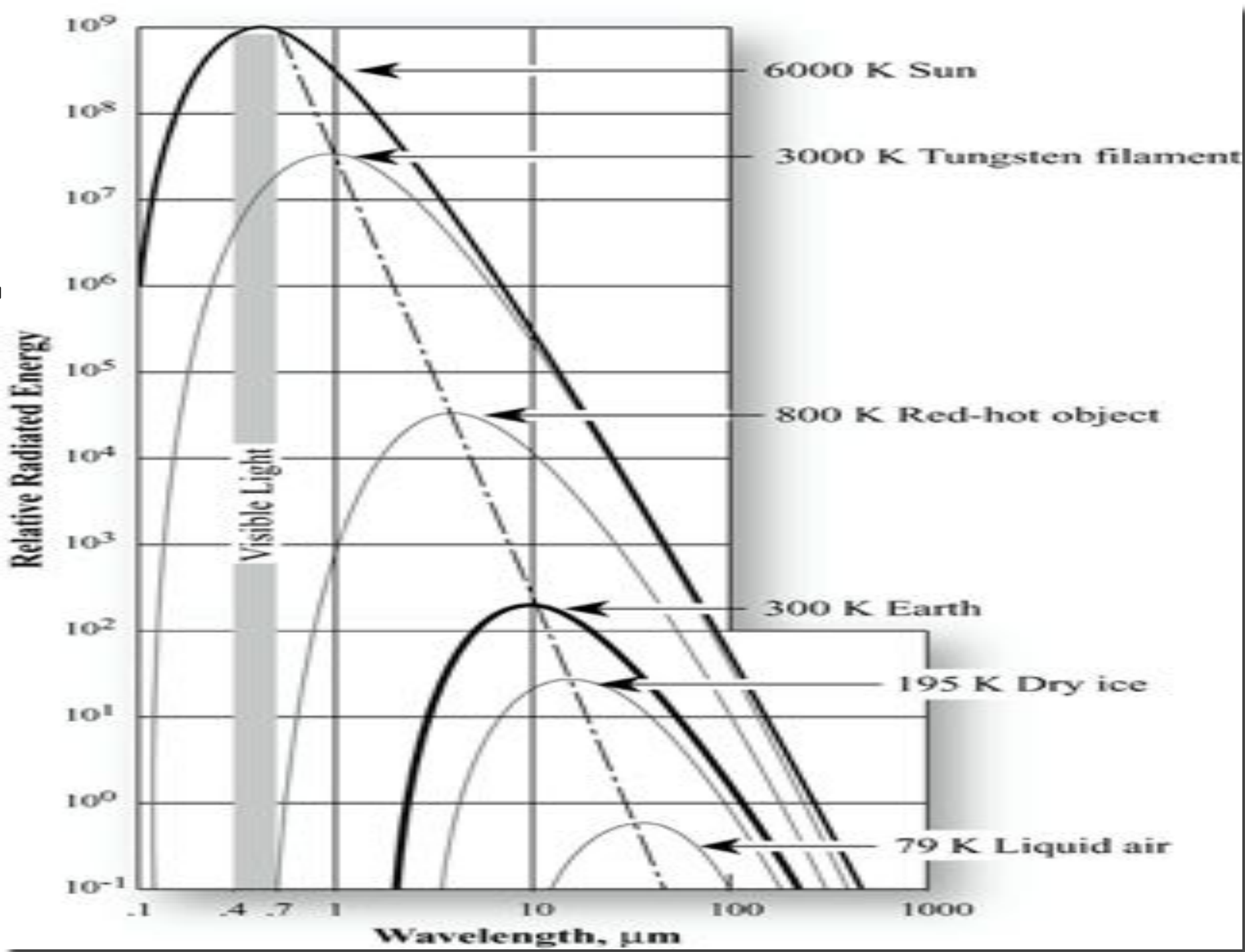


Création & de propagation du REM



+







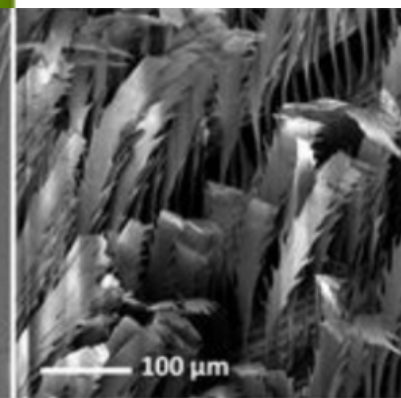
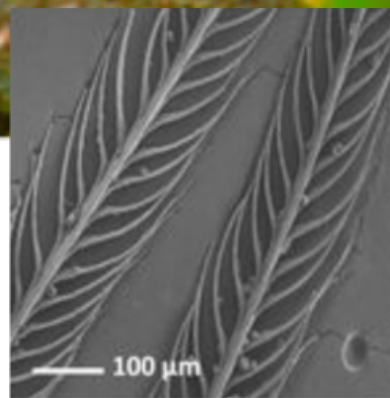
Bird Of Paradise: Appearances ...



À regarder plus tard



Partager

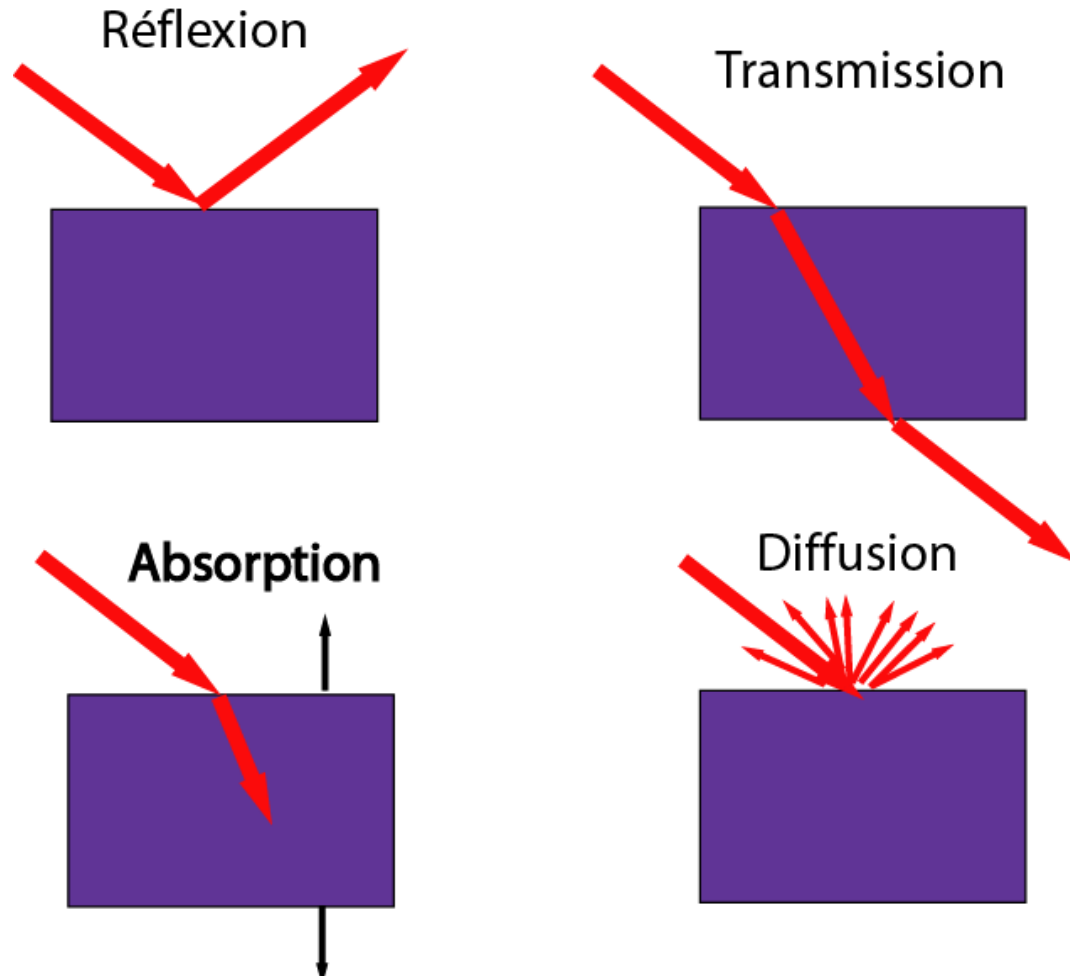


<https://www.pourlascience.fr/sd/materiaux/le-secret-des-plumes-super-noires-de-loiseau-de-paradis-12770.php>

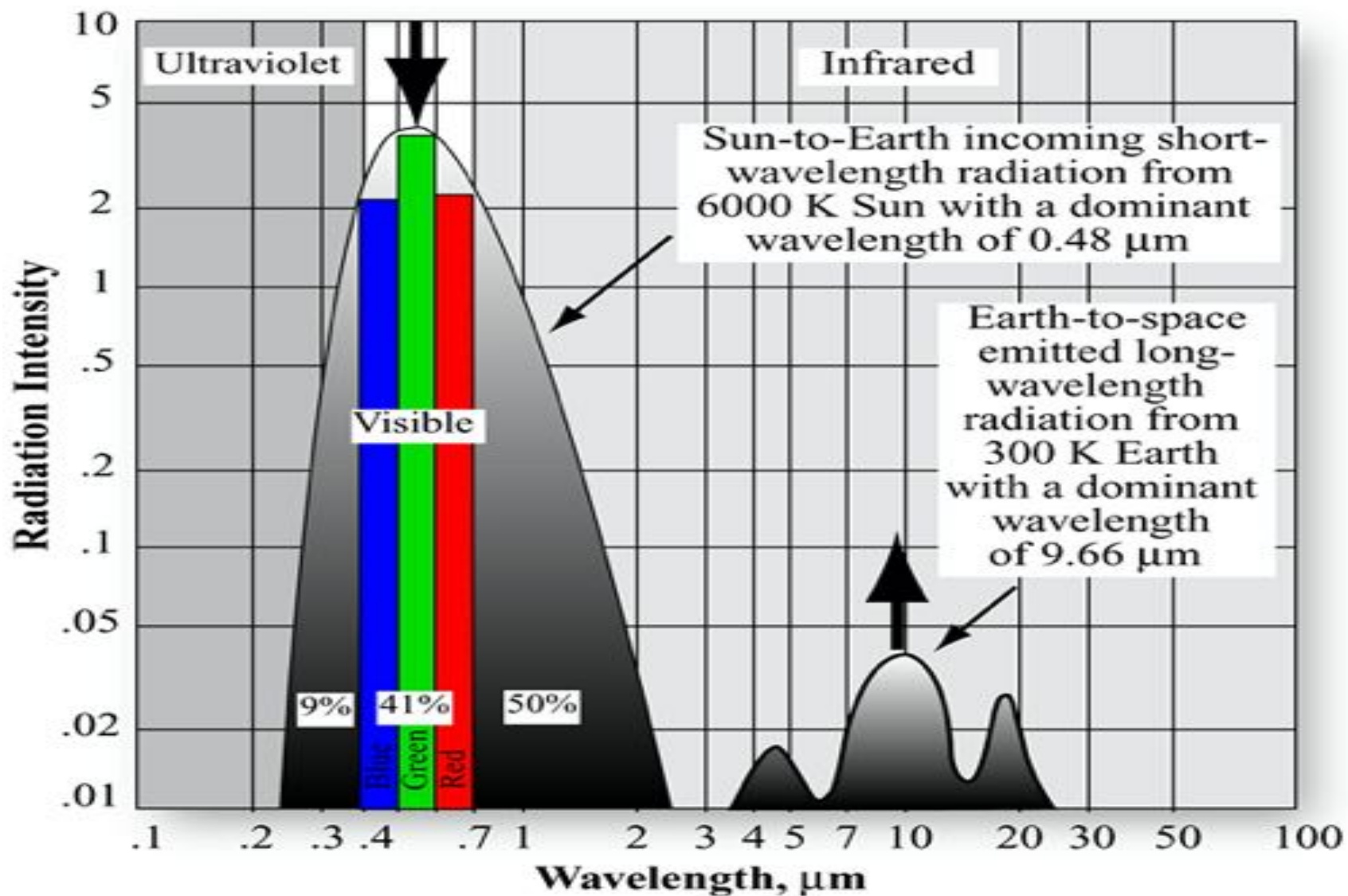
Vue au microscope des plumes noires normales (*à gauche*) et super noires (*à droite*).

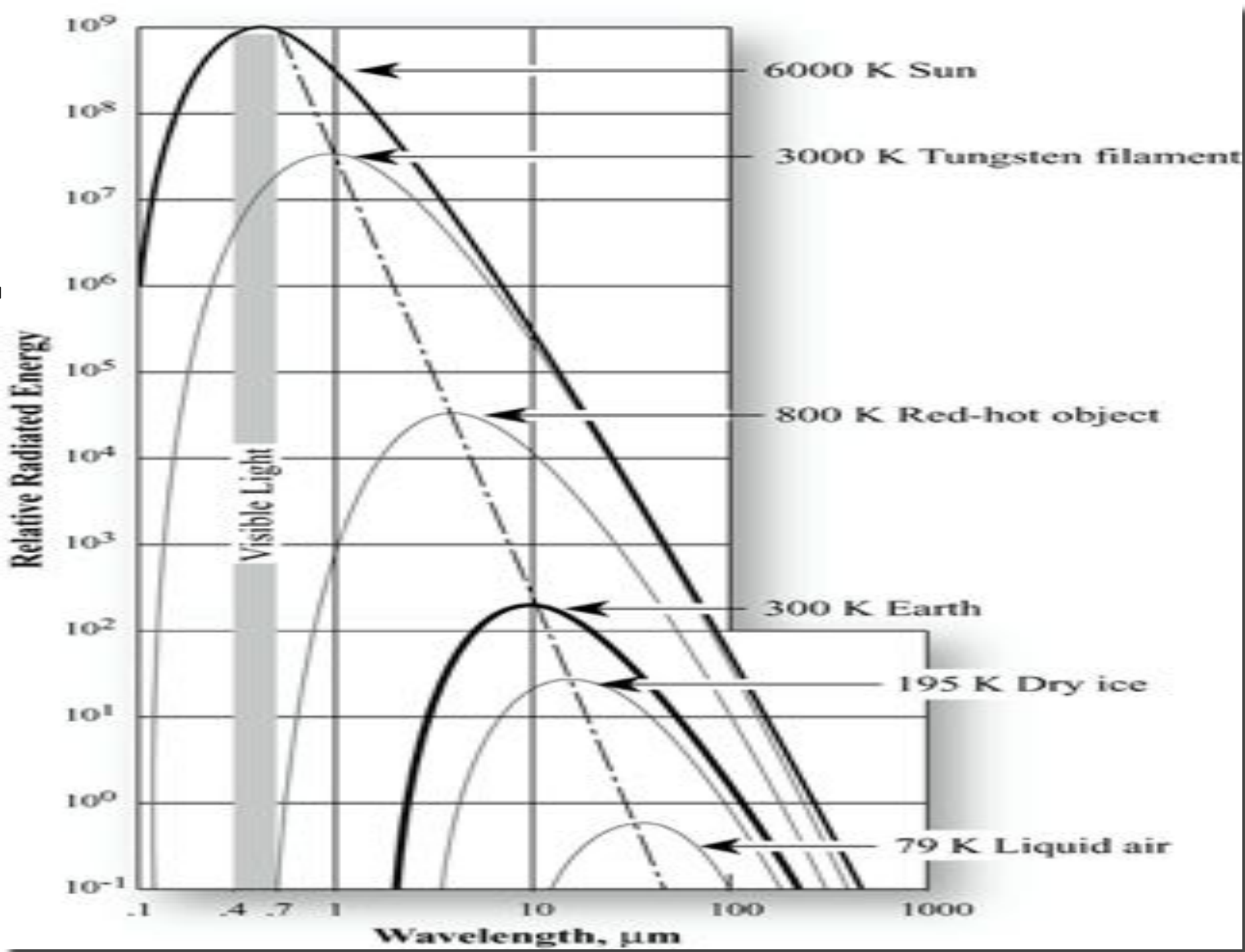
D. McCpy et al.

The time rate of flow of energy onto, off of, or through a surface is called radiant flux (Φ) in watts (W).

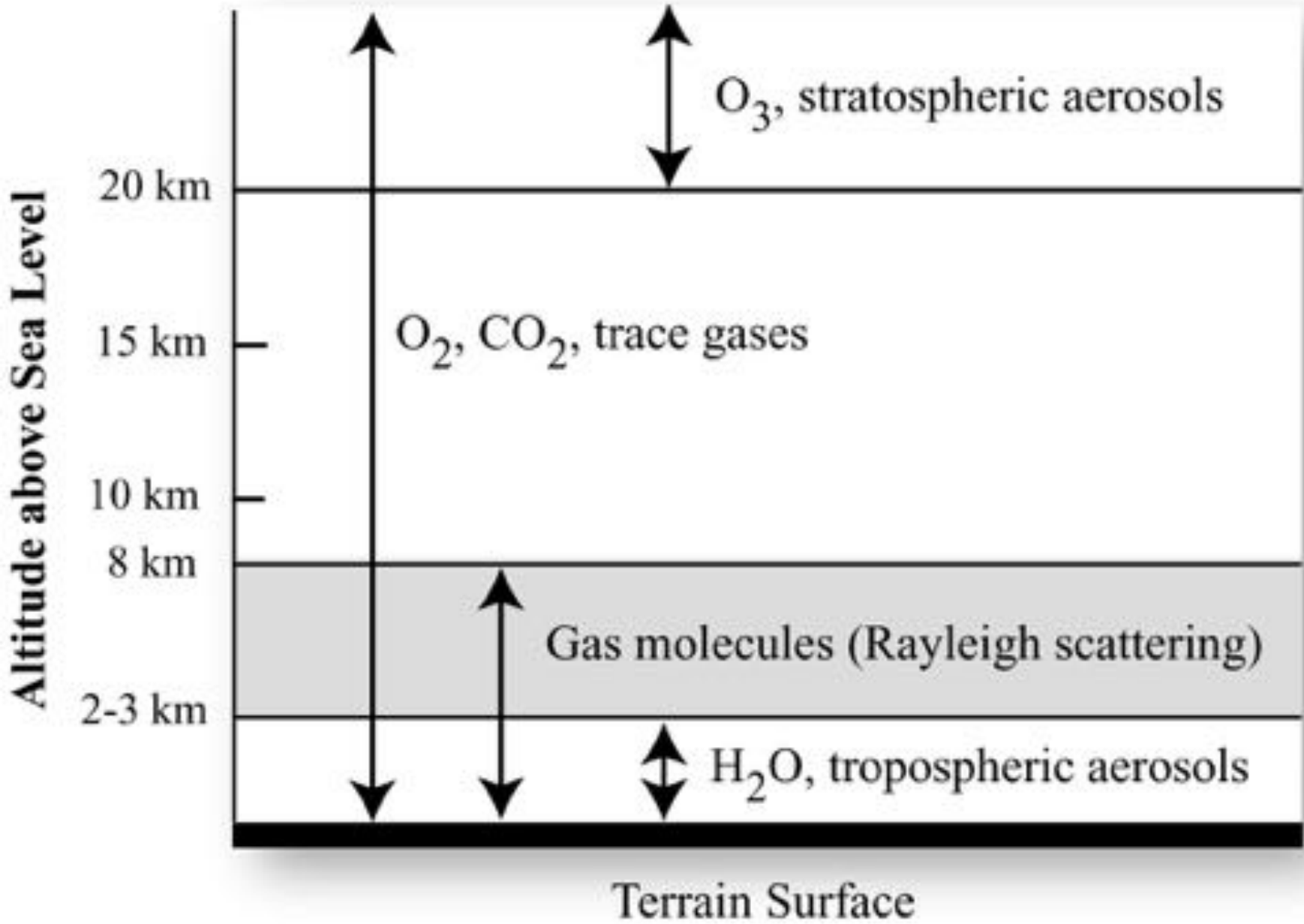


$$\Phi_{i_\lambda} = \Phi_{reflected\lambda} + \Phi_{absorbed\lambda} + \Phi_{transmitted\lambda}$$

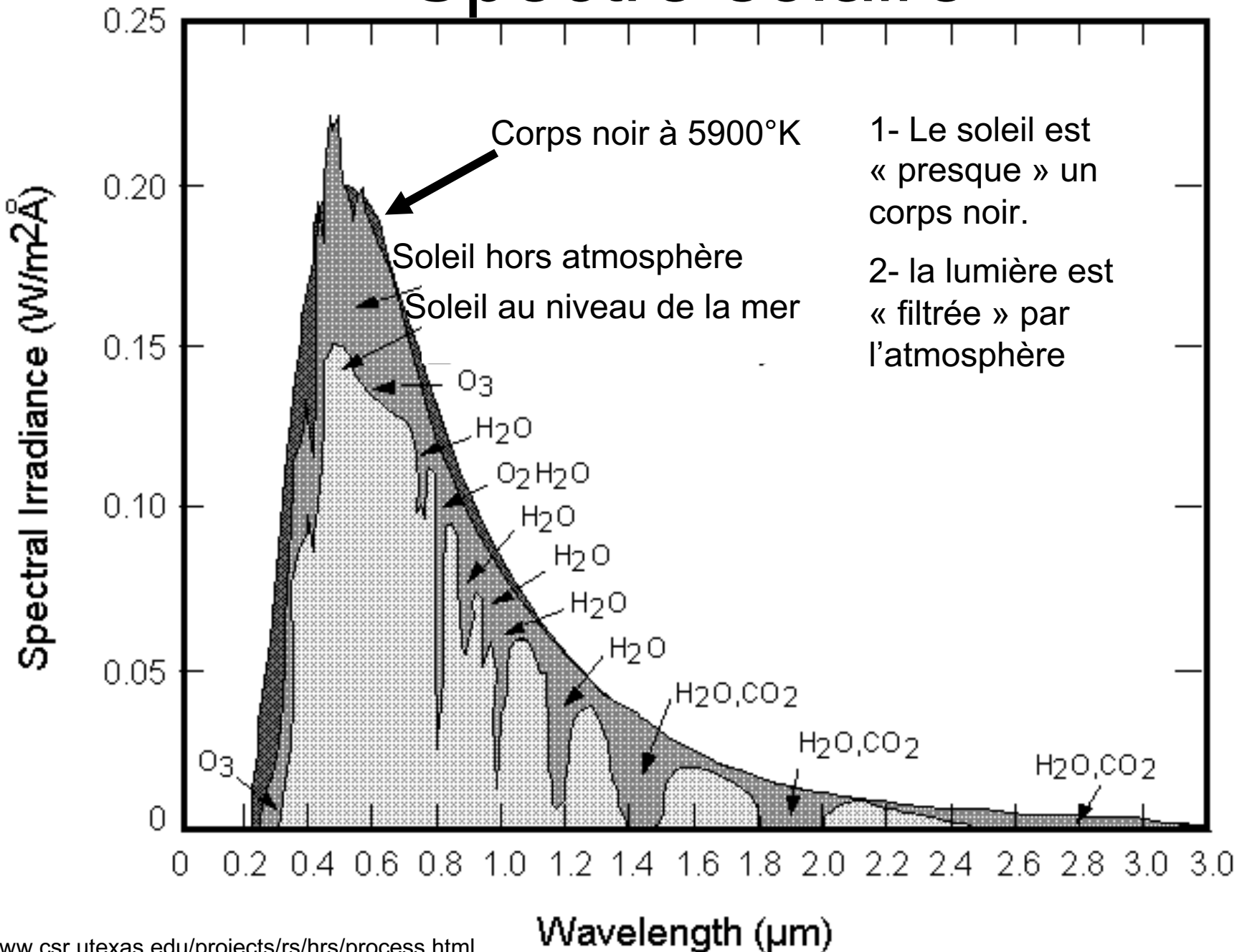


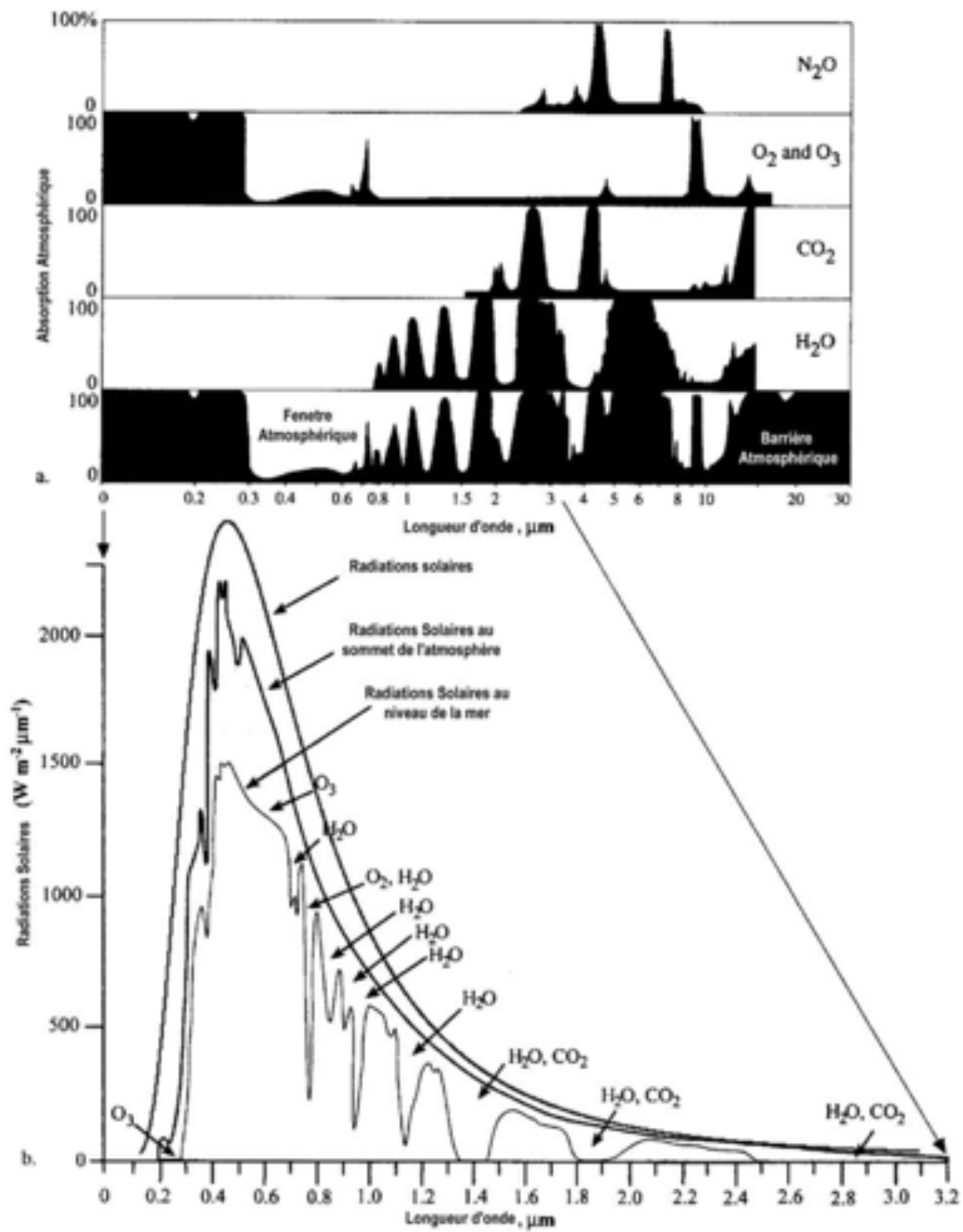


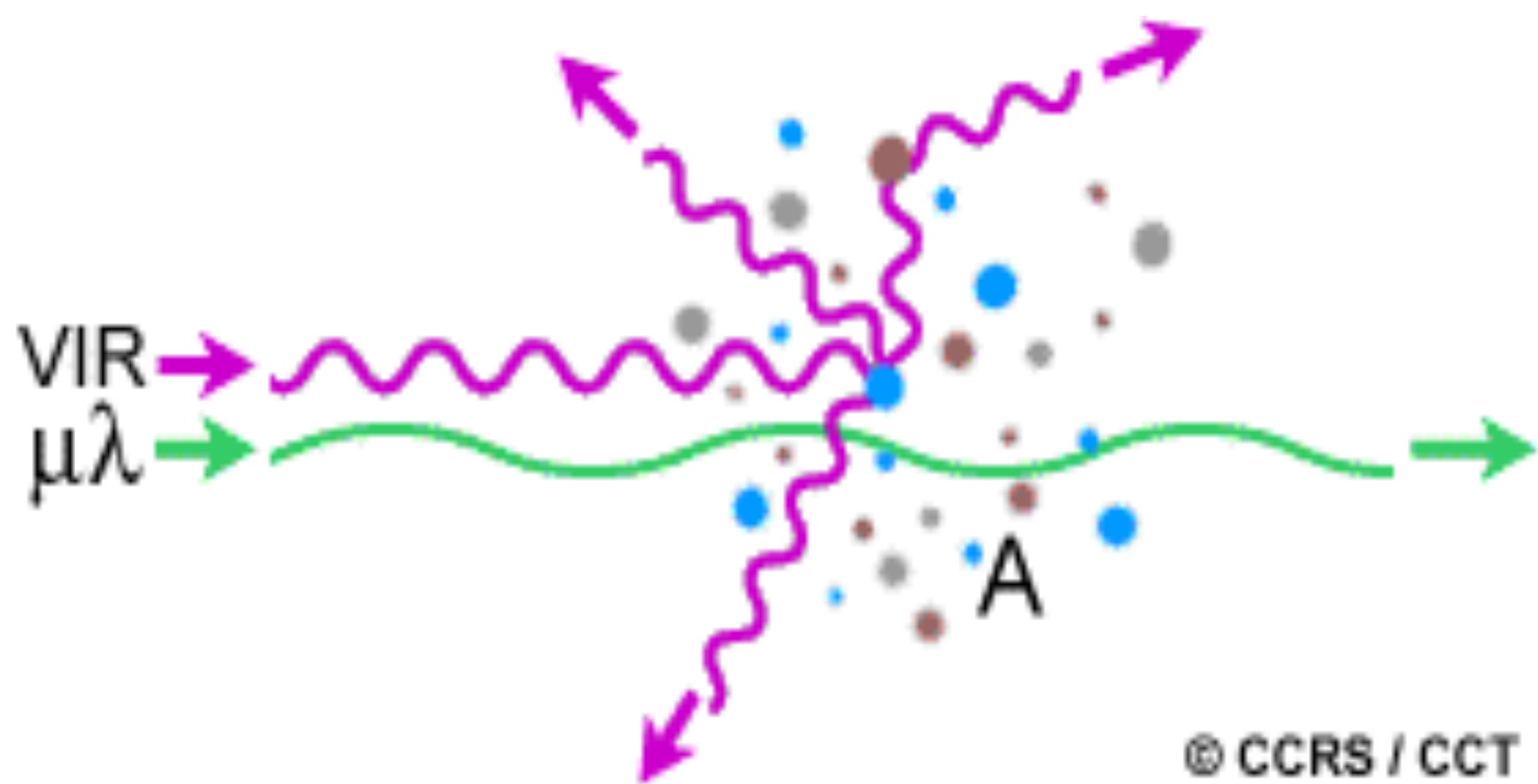
Atmospheric Layers and Constituents

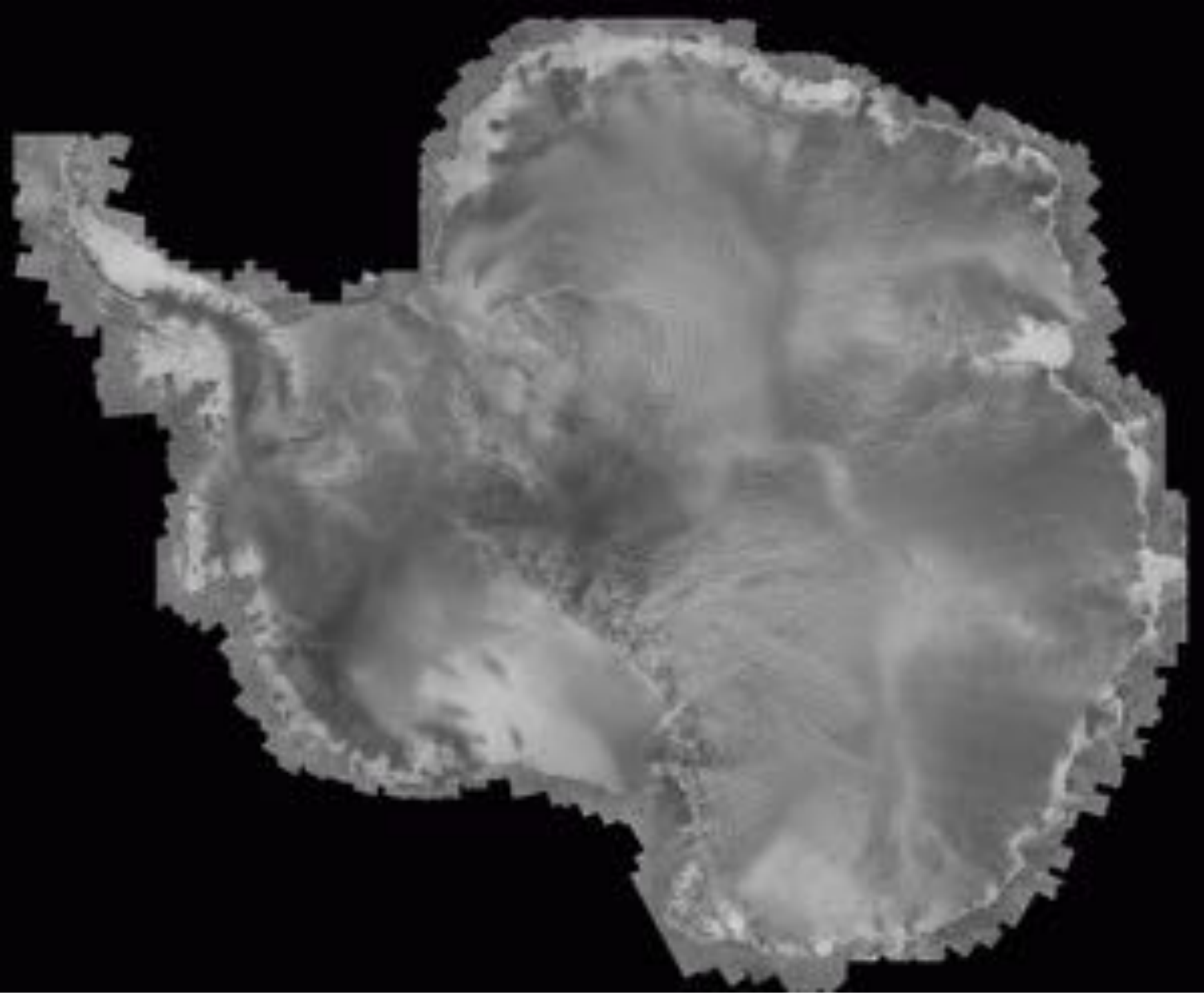


Spectre solaire



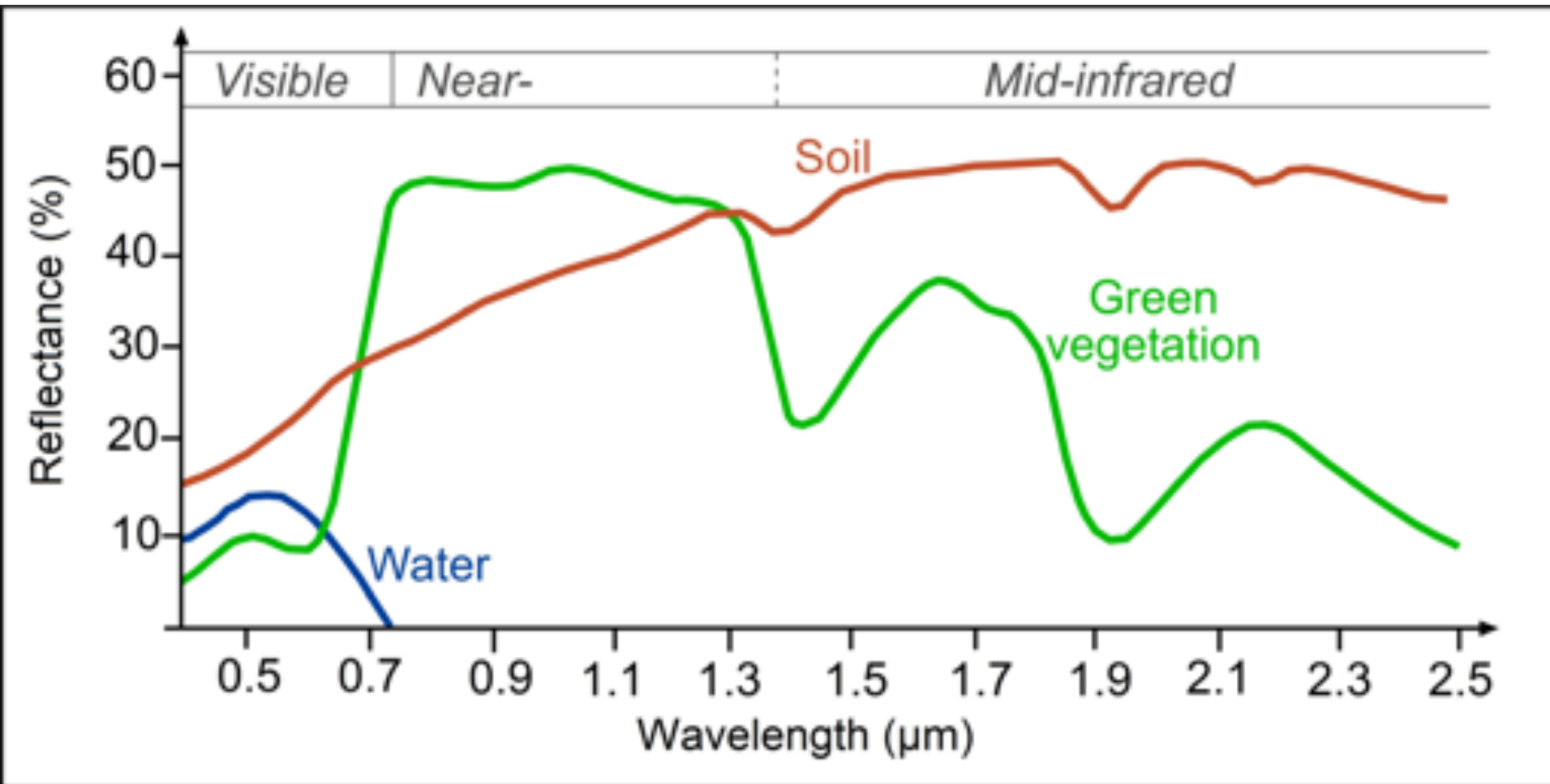




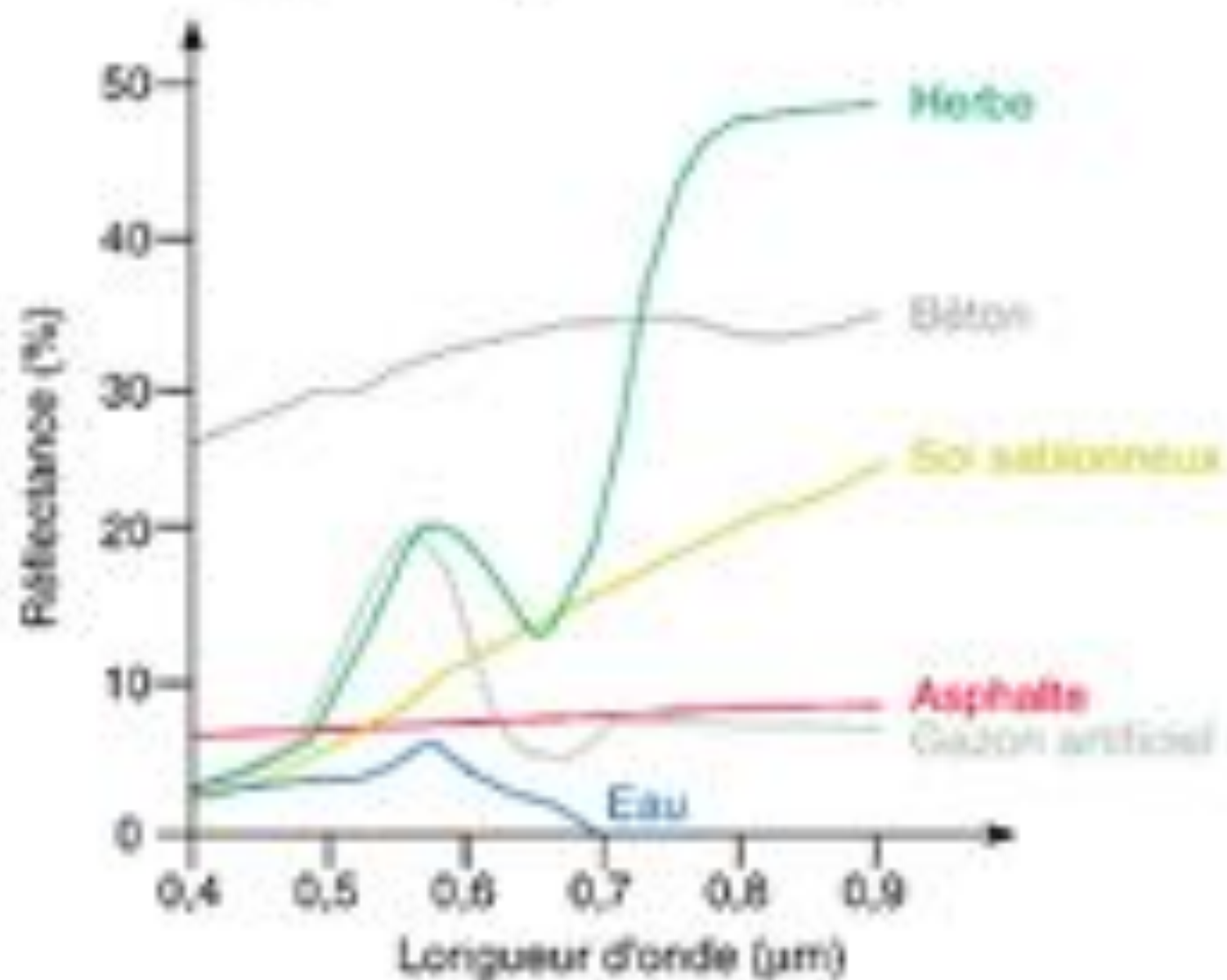


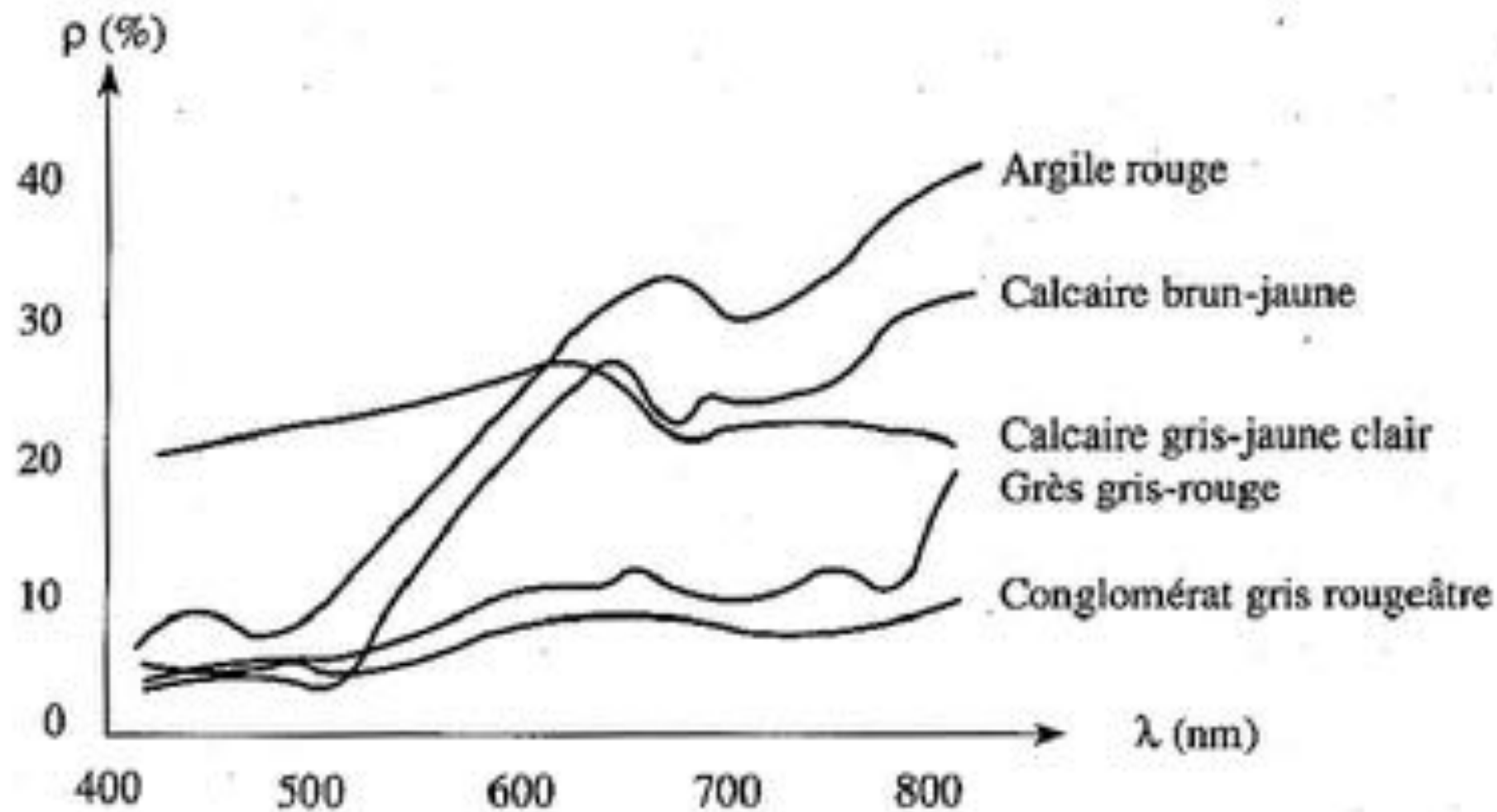


Spectre de réflexion de surfaces naturelles

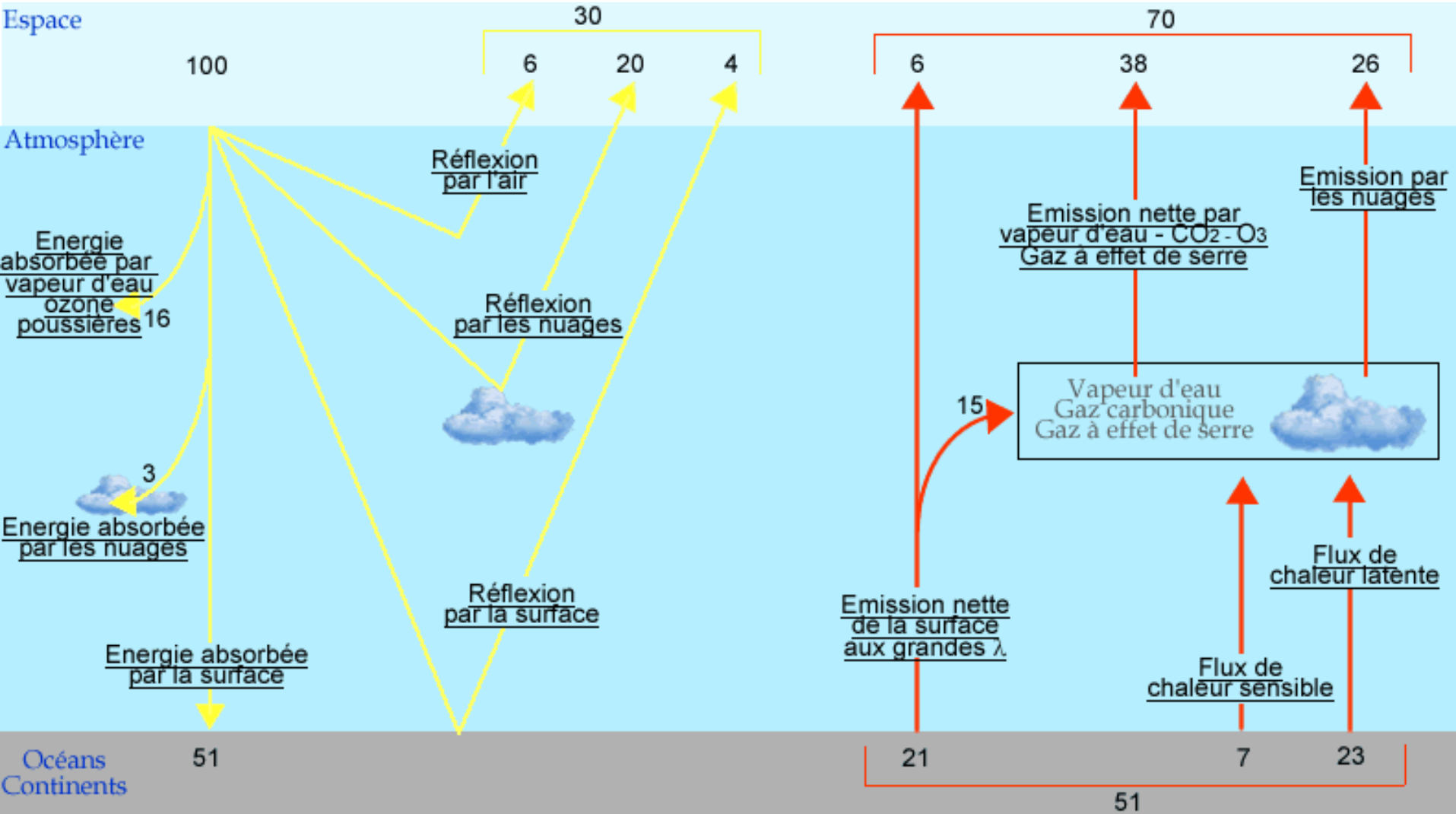


Signatures spectrales comparées





Bilan énergétique

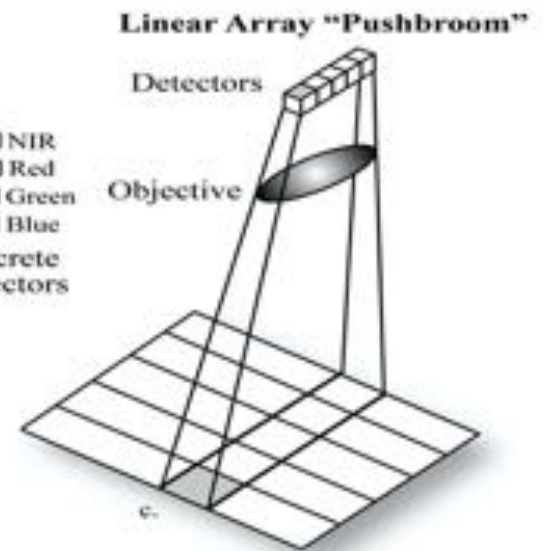
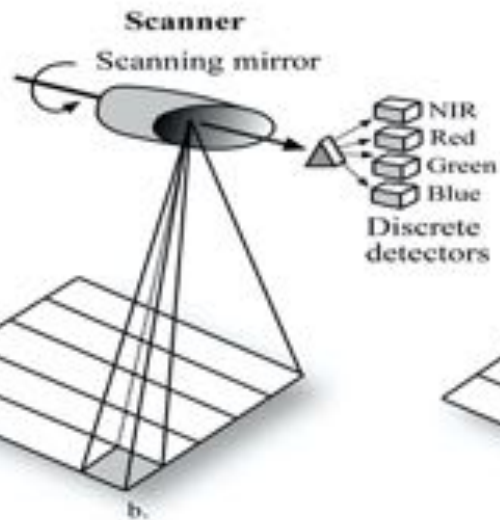
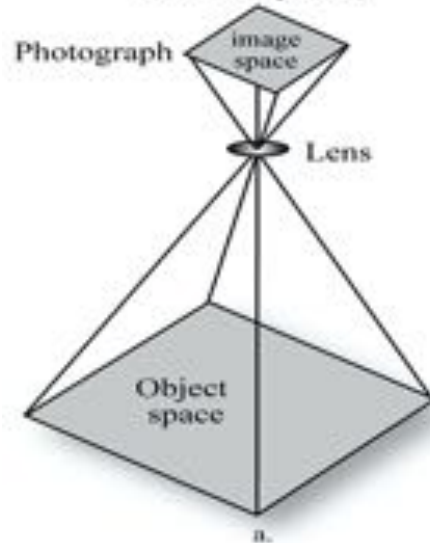


Caractéristiques du capteur

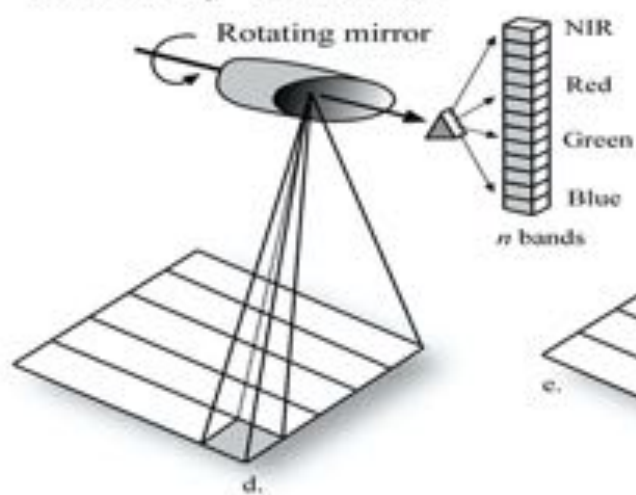
- Résolutions
 - Spatiales
 - Spectrales
 - Radiométriques
 - Temporelles

Remote Sensing Systems Used to Collect Multispectral and Hyperspectral Imagery

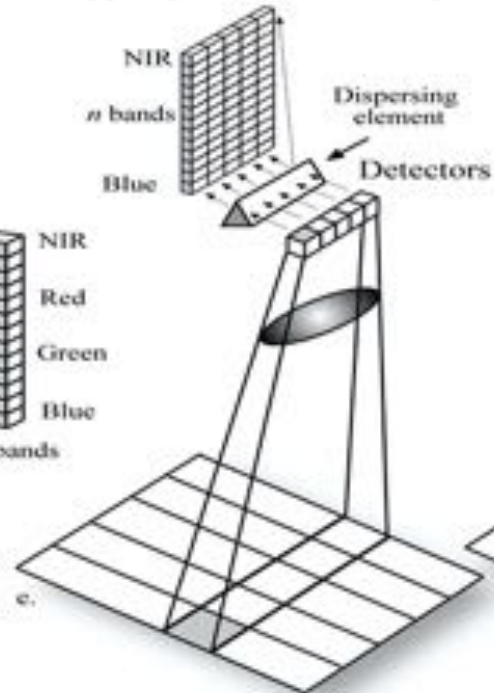
Analog Frame Camera and Film (silver halide crystals)



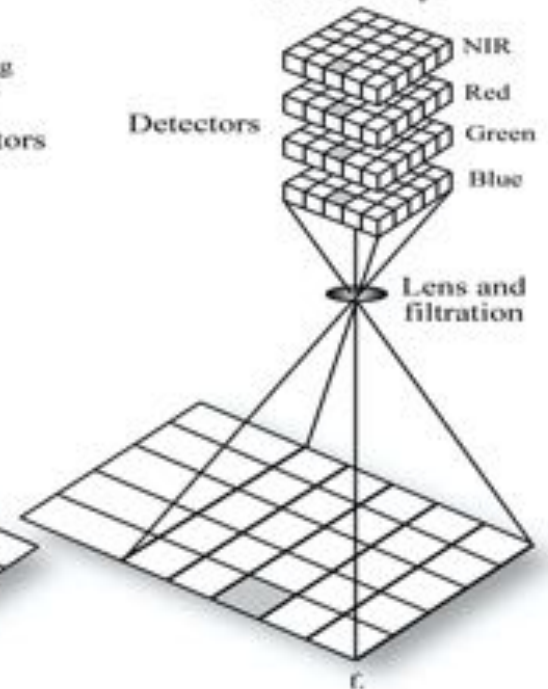
Linear Array "Whiskbroom"



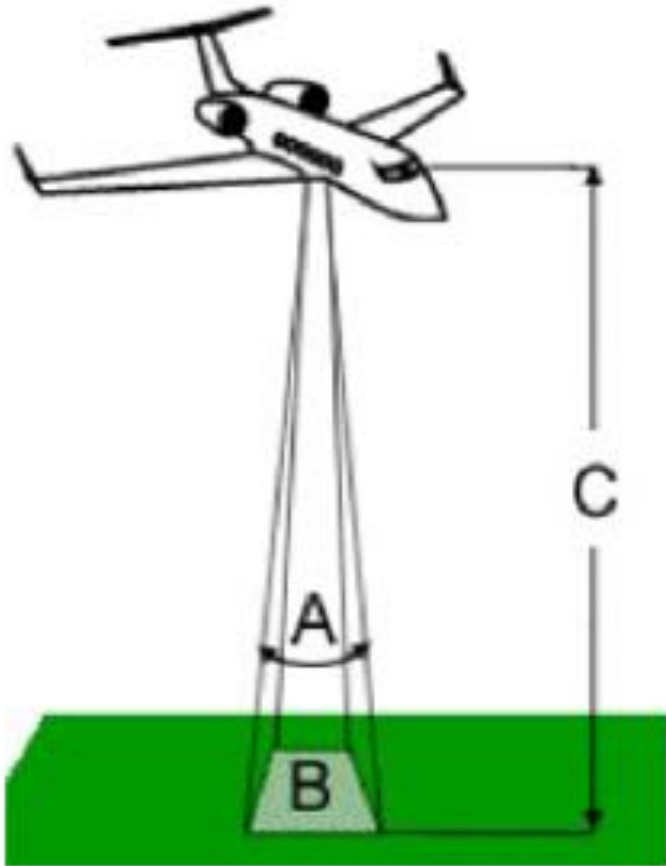
Hyperspectral Area Array



Digital Frame Camera Area Arrays



Resolution Spatiale



Contrôle la taille du plus petit objet qui peut être distingué

Contrôlée par le champ de vue du capteur (IFOV) et par sa distance à l'objet

Des objets plus petits que la résolution peuvent être perçus s'ils dominent radiométriquement le « pixel ».

Imagery of Harbor Town in Hilton Head, SC, at Various Nominal Spatial Resolutions



a. 0.5 x 0.5 m.



b. 1 x 1 m.



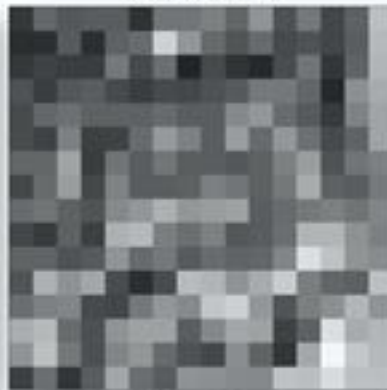
c. 2.5 x 2.5 m.



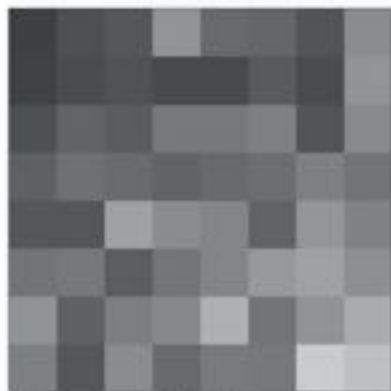
d. 5 x 5 m.



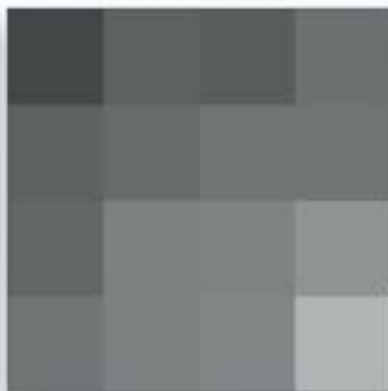
e. 10 x 10 m.



f. 20 x 20 m.

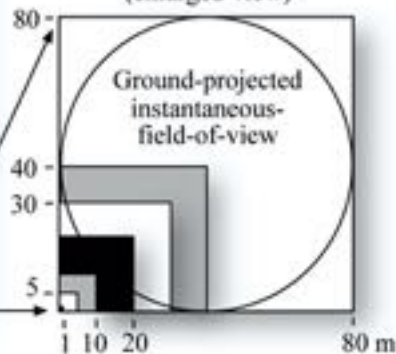


g. 40 x 40 m.



h. 80 x 80 m.

Nominal Spatial Resolution
(enlarged view)



Resolution
Spatale

Résolution spatiale
Fauchée !!!

Résolution spectrale

Capacité du capteur à distinguer des intervalles de longueurs d'ondes

Quand la résolution spectrale augmente, la largeur des bandes détectées décroît.

Image en NB : une bande sur tout le visible

Image en couleur : trois bandes « bleu rouge vert »



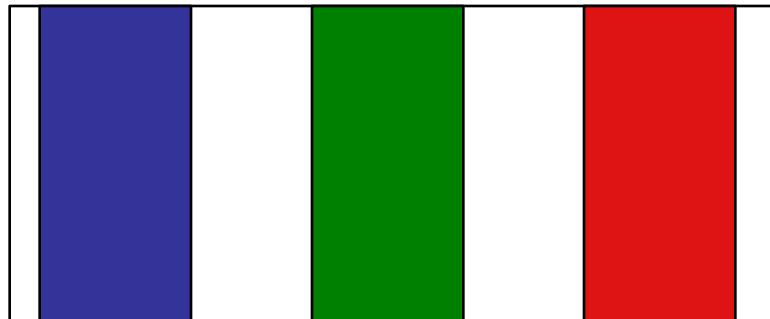
Film noir et blanc

0,4

0,7 μm

0,4

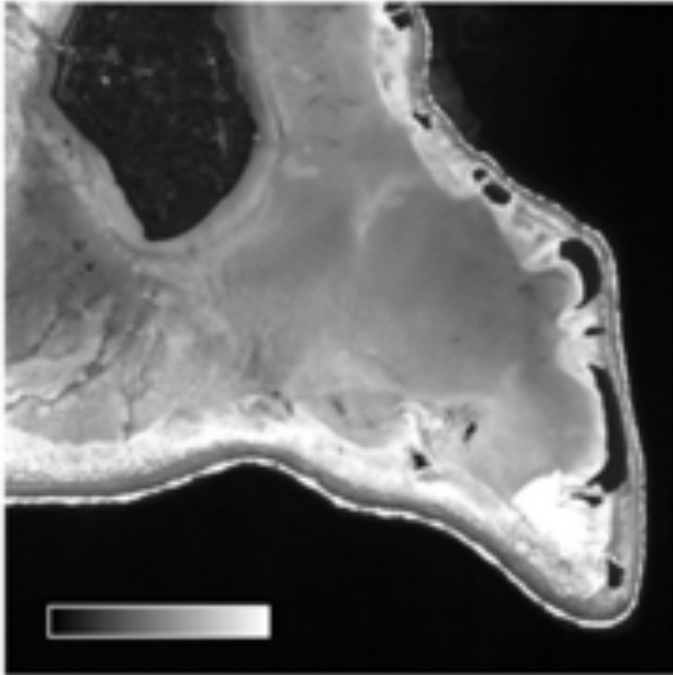
0,7 μm



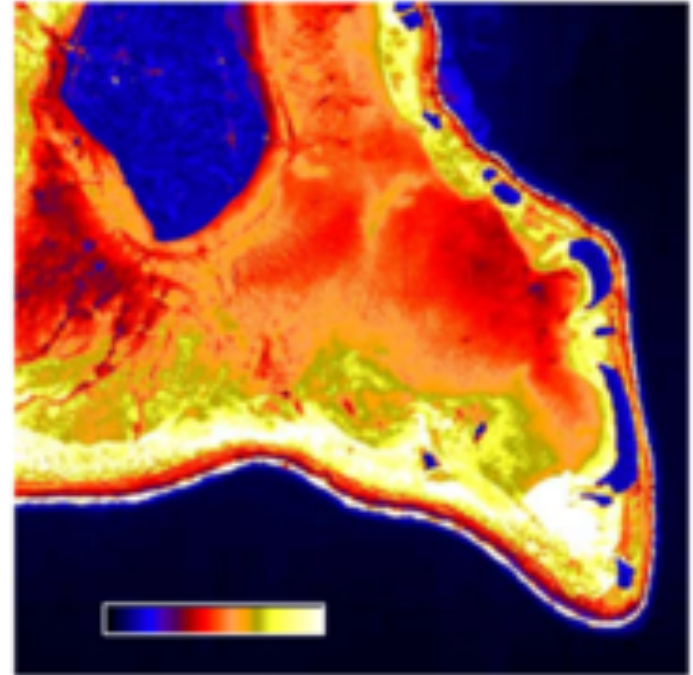
Film couleur

Les différentes compositions colorées

1/ Pseudo couleur = Table de correspondance



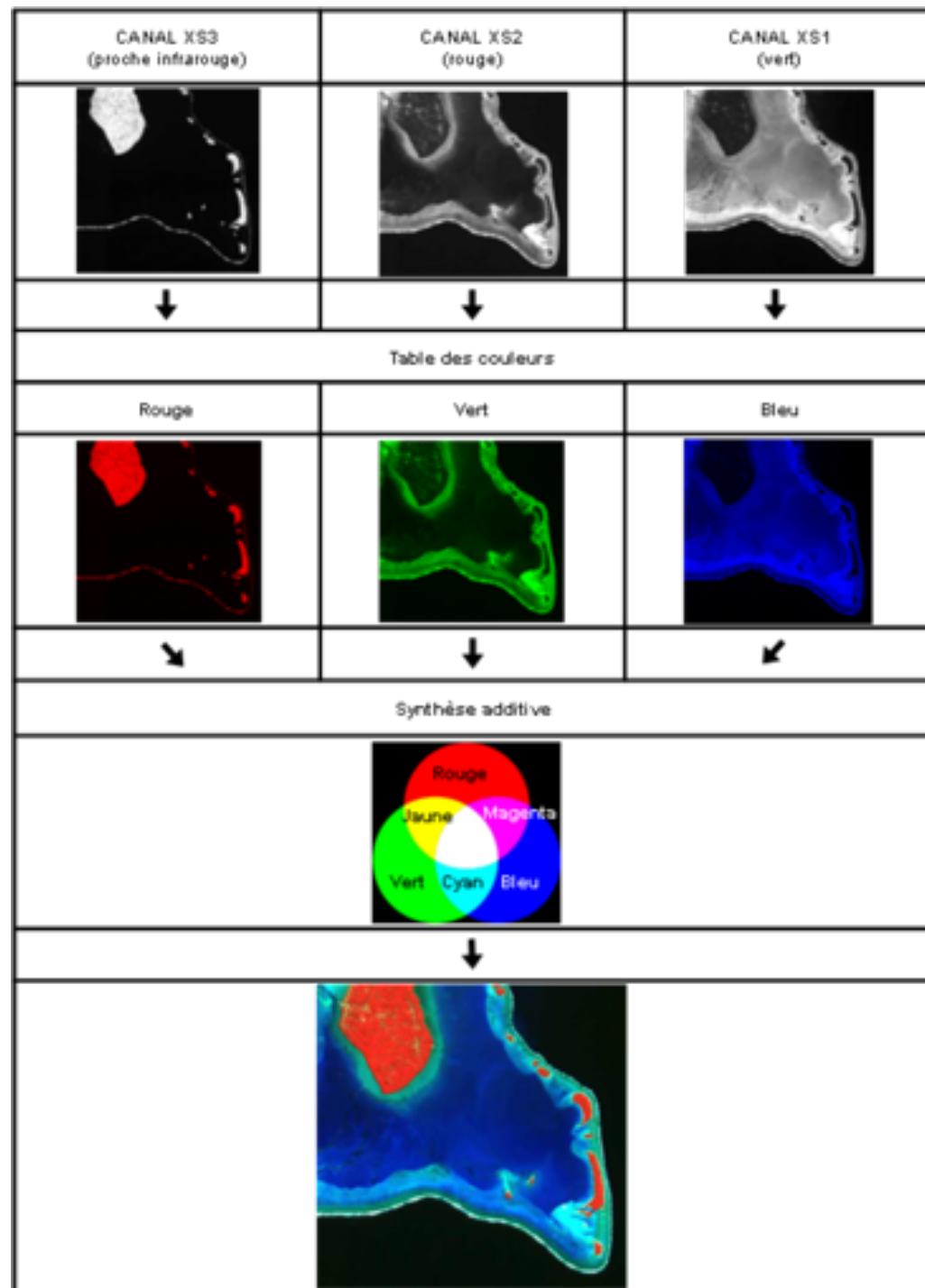
SPOT XS1 - représentation en niveaux de gris



SPOT XS1 - pseudo-couleur

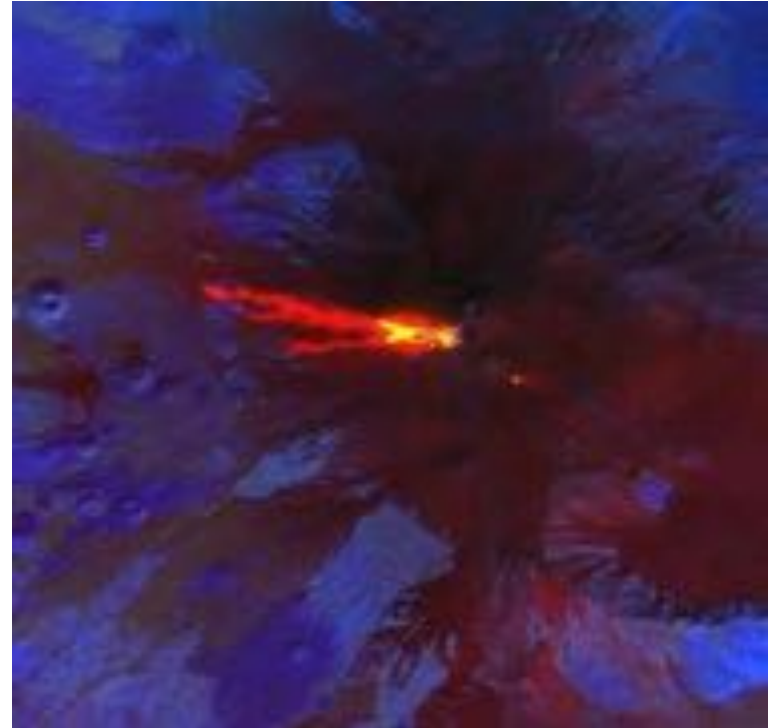
Les différentes compositions colorées

2/ Composition de canaux





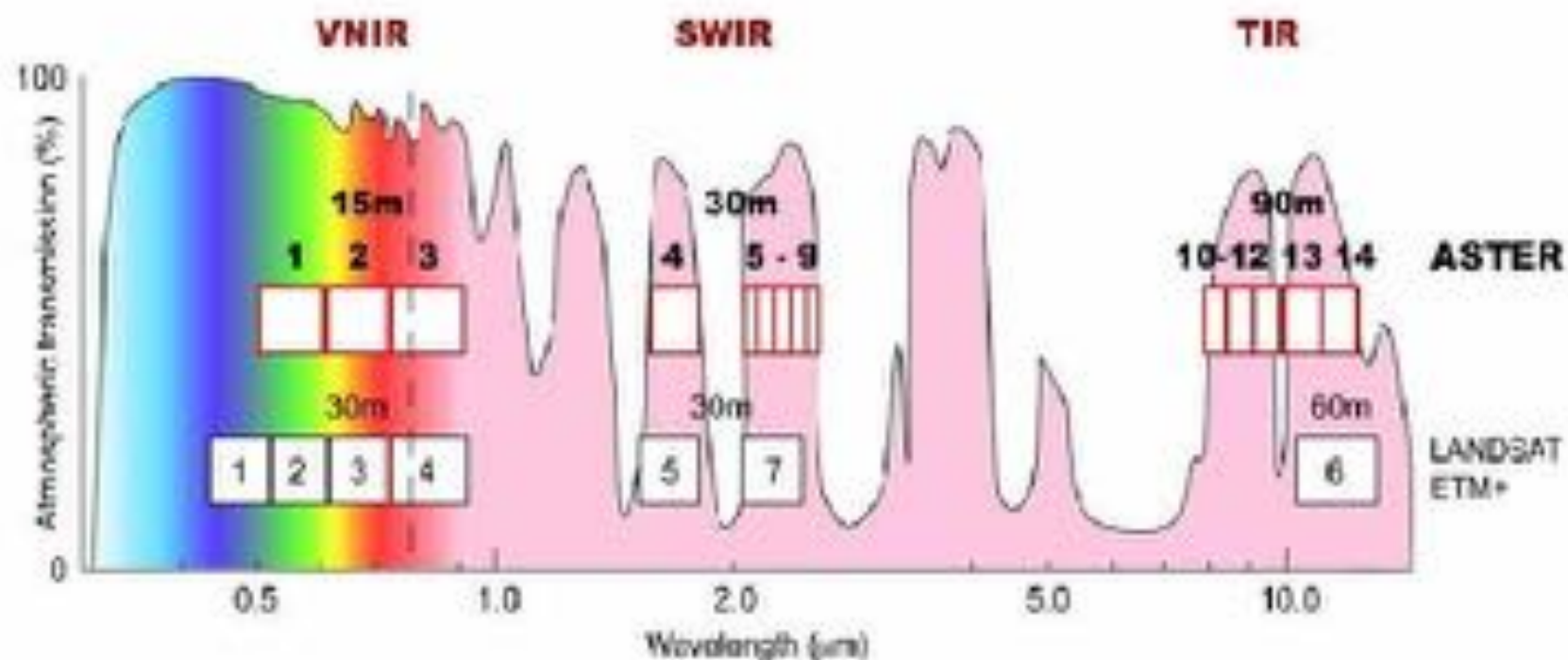
visible



Infrarouge thermique

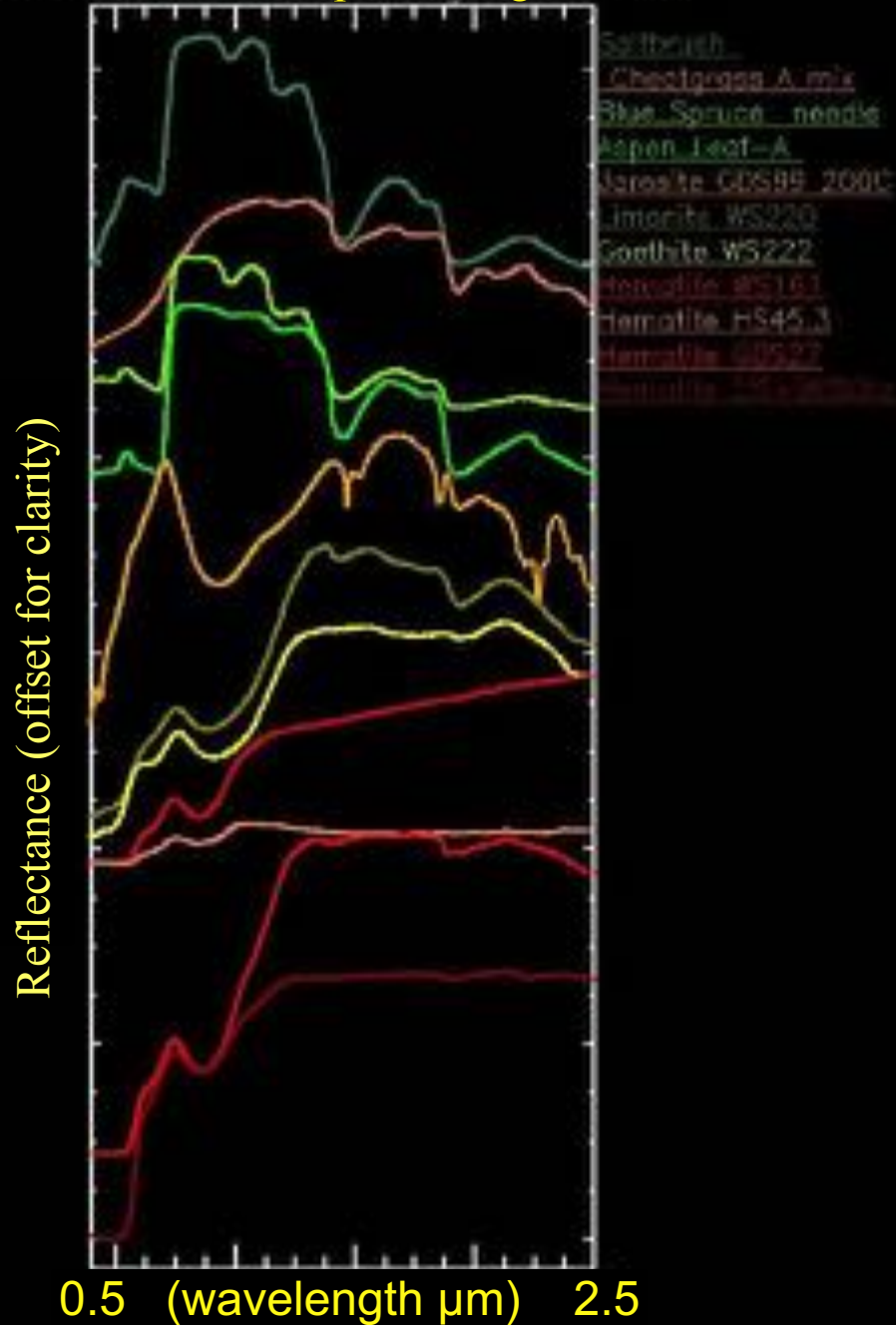
Landsat 7 - Eruption de l'Etna (Sicile)

Graphic 1: The relationship between the wavelength coverage of ASTER and Landsat ETM+ imagery

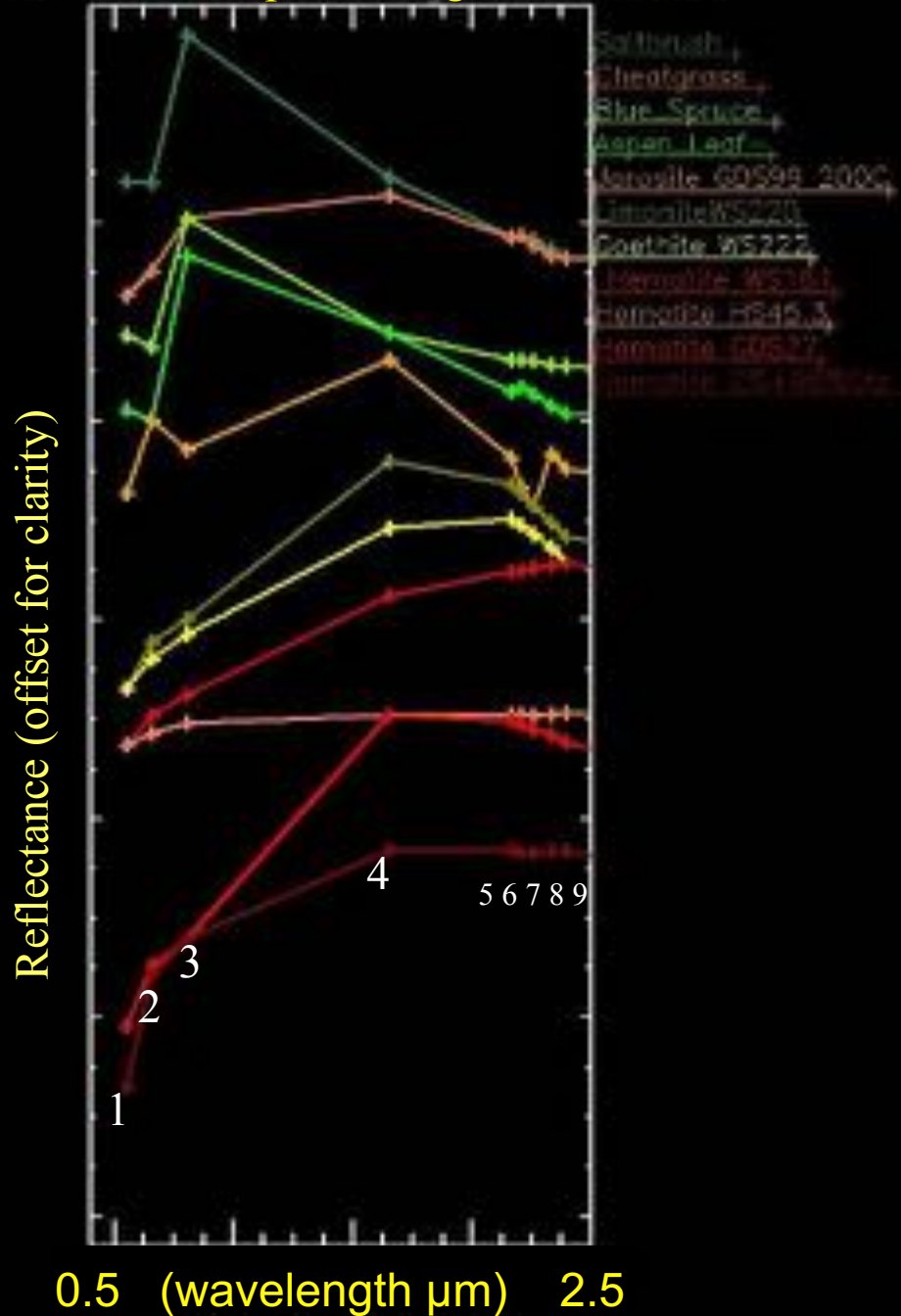


VNIR		SWIR			TIR			
1:	0.52-0.60 µm	4:	1.600-1.700 µm	10:	8.125-8.475 µm			
2:	0.63-0.69 µm	5:	2.145-2.185 µm	11:	8.475-8.825 µm			
3N:	0.76-0.86 µm	6:	2.185-2.225 µm	12:	8.925-9.275 µm			
3B:	0.76-0.86 µm	7:	2.235-2.285 µm	13:	10.25-10.95 µm			
		8:	2.295-2.365 µm	14:	10.95-11.65 µm			
		9:	2.360-2.430 µm					

HYPERION Spectral signature

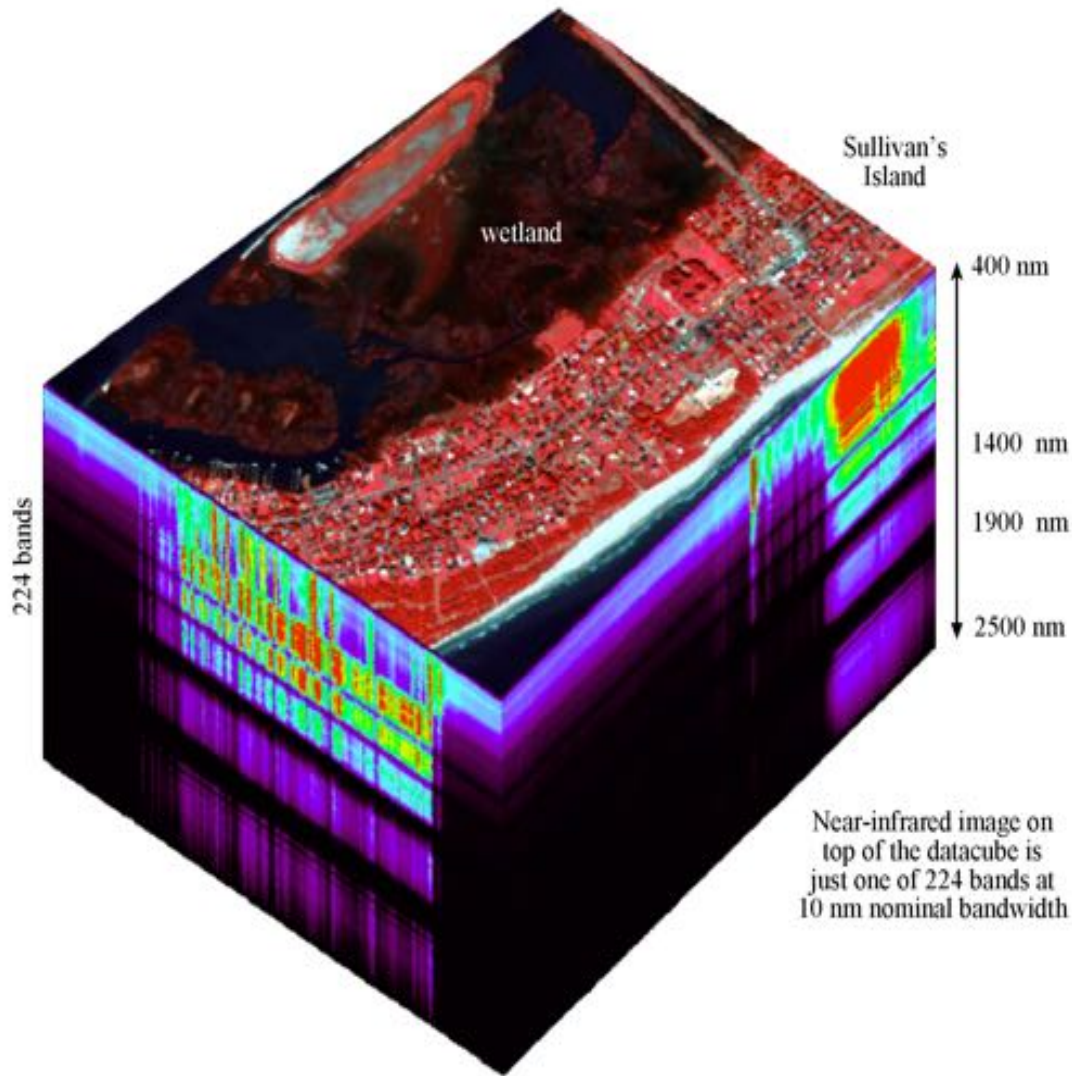


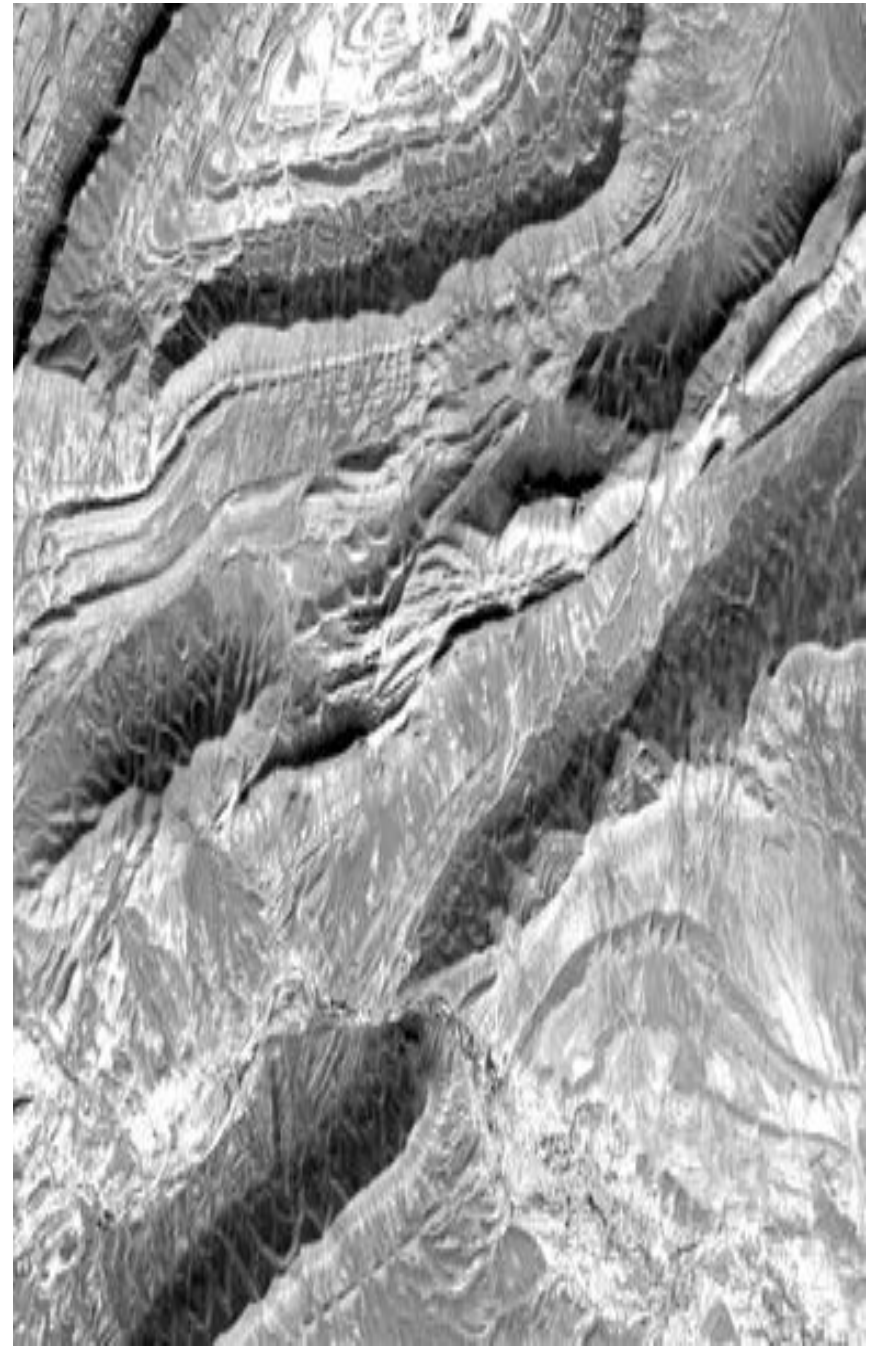
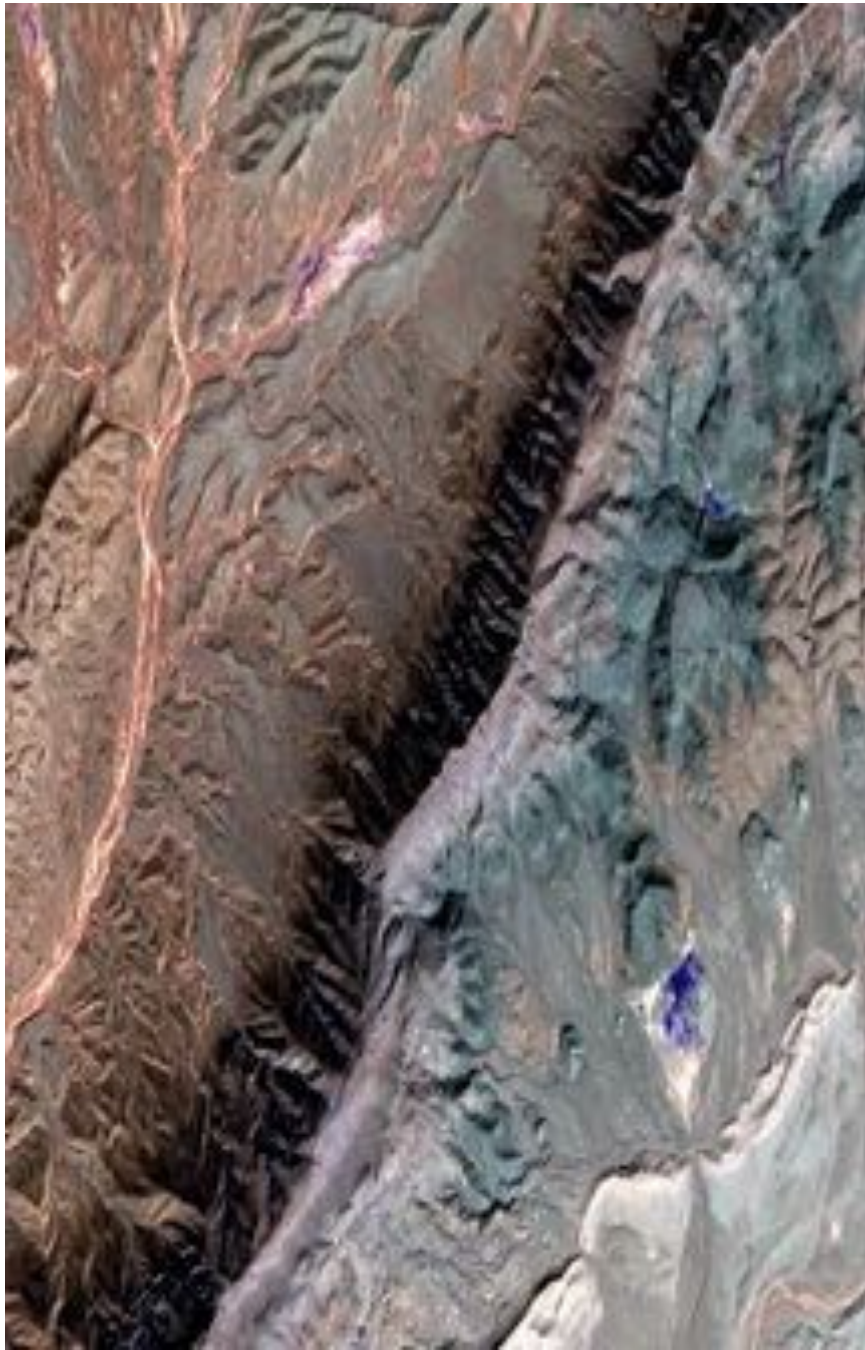
ASTER Spectral Signature



Bande	Longueur d'onde (μm)	Rayonnement Electromagnétique	Intérêts et applications
1	0.45 - 0.52	Visible (Bleu)	Cartographie des eaux côtières, différenciation du sol et de la végétation
2	0.52 - 0.60	Visible (Vert)	Estimation de la vigueur de la végétation
3	0.63 - 0.69	Visible (Rouge)	Zone d'absorption de la chlorophylle donnant l'état de différenciation de la végétation
4	0.76 - 0.90	Infrarouge proche	Surveillance de la Biomasse et délimitation de zones immergés
5	1.55 - 1.75	Infrarouge moyen	Mesures de l'humidité du sol et de la végétation; différenciation entre la neige et les nuages
6	10.40- 12.50	Infrarouge Thermique	Cartographie thermique, études de l'humidité du sol et mesures des contraintes engendrés par la chaleur sur les plantes
7	2.08 - 2.35	Infrarouge moyen	Cartographie hydrothermale
8	0.52 - 0.90 (panchromatique)	Visible (Vert et Rouge), Infrarouge proche	Cartographie de larges zones, évolution de l'urbanisation

Airborne Visible
Infrared Imaging
Spectrometer (AVIRIS)
Datacube of Sullivan's
Island Obtained on
October 26, 1998

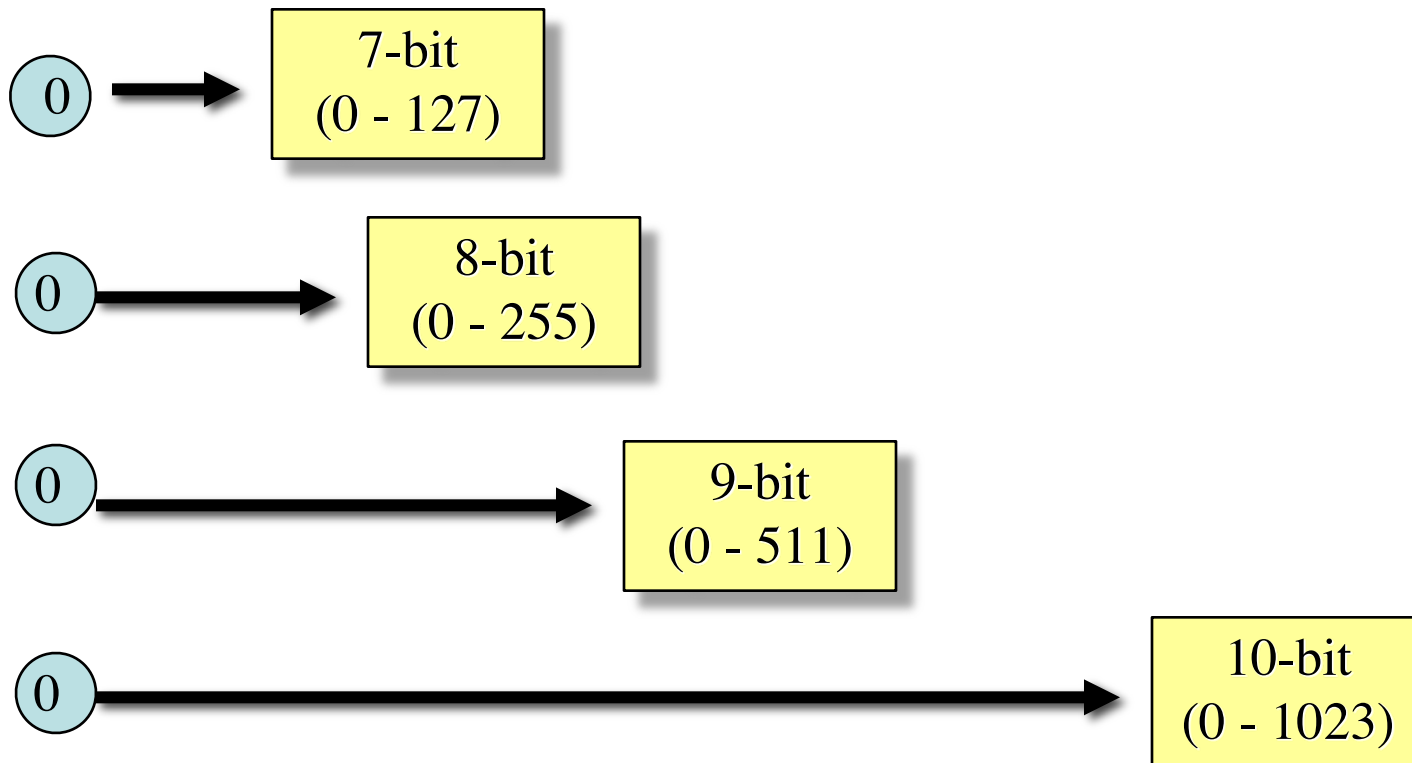




Resolution Radiométrique

Capacité à distinguer des points émettant (ou réfléchissant) des énergies proches

Pour l'imagerie numérique, la résolution radiométrique est définie par le nombre de bits codant le pixel



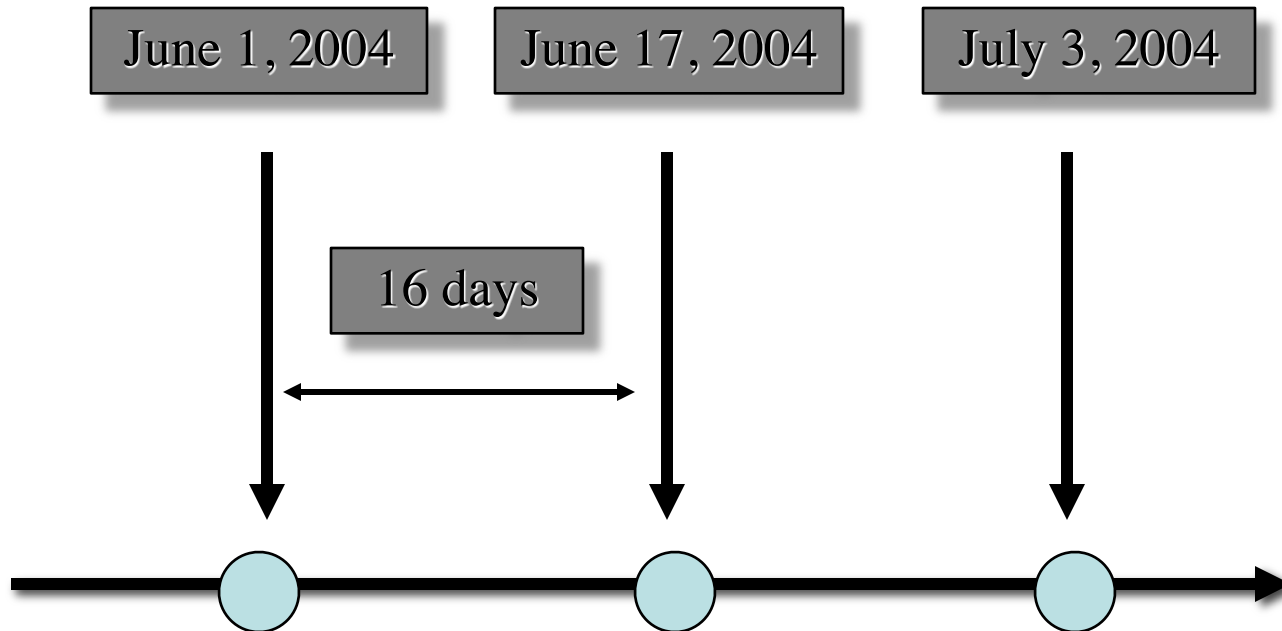


Codage 8 bits 256 niveaux



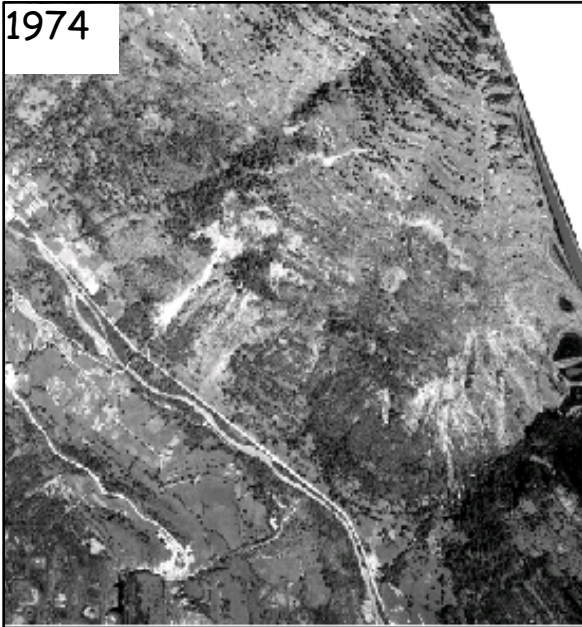
Resolution Temporelle

Fréquence d'acquisition des images au dessus d'une zone donnée
Importance Croissante : en management du risque naturel et environnement
(propagation de maladie dans les végétaux.....), militaire.....

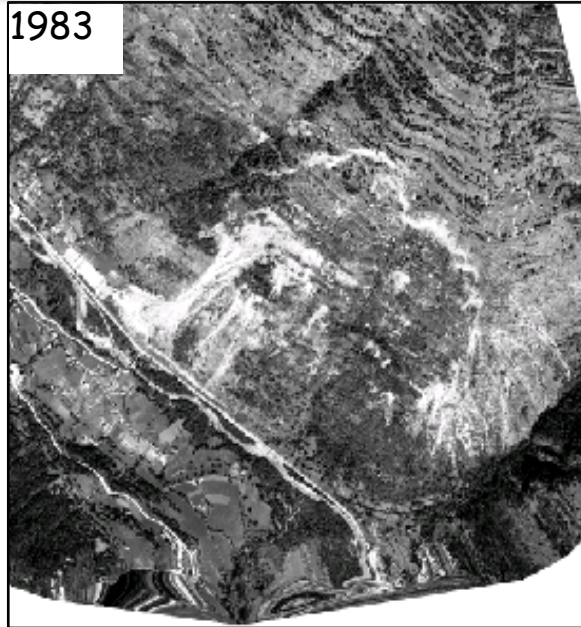


Resolution Temporelle

1974



1983



1988



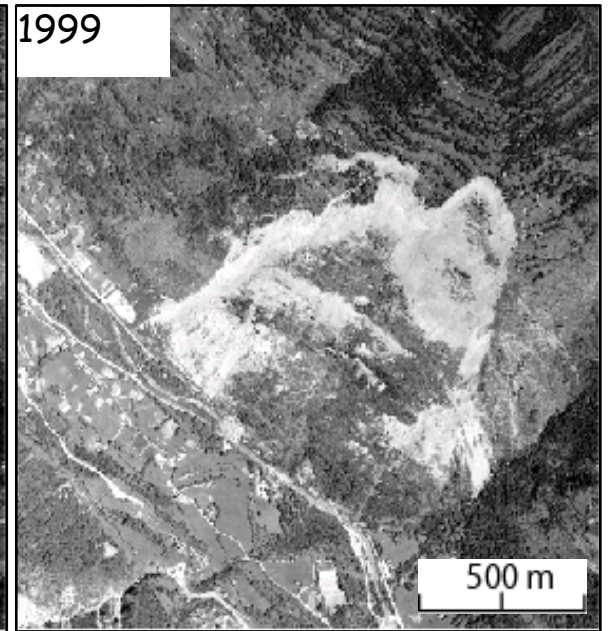
1991



1995



1999



Caractéristiques du capteur

- Résolutions
 - Spatiales
 - Spectrales
 - Radiométriques
 - Temporelles
- Capteurs passifs:
 - Captent l'énergie naturellement disponible
 - Visible: en présence du soleil
 - IR ou thermique: jour et nuit
- Capteurs actifs
 - Emettent de l'énergie qu'ils vont récupérer après réflexion
 - Radar : nuit et jour qq soit le couvert nuageux
 - LIDAR : nuit et jour
 - Sonar :



Gaspard Felix Tournachon (1820-1910)

Copyright (c) Roger-Viollet



Photo de Tournachon 1868
d'après Newhall

Historique: les cerfs-volants



France 1880

Historique : les avions



Reims en 1908

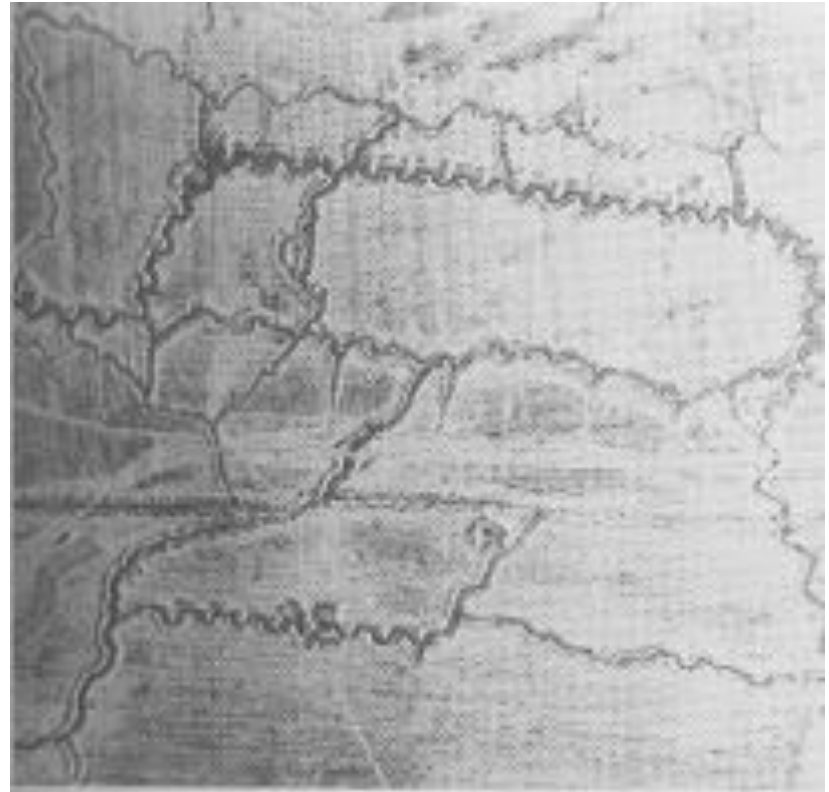


Photo aérienne de Verdun
1916

Historique: les fusées



1897, A. Nobel (100m) puis 1904 A. Maul (600m)

Historique, Le spatial

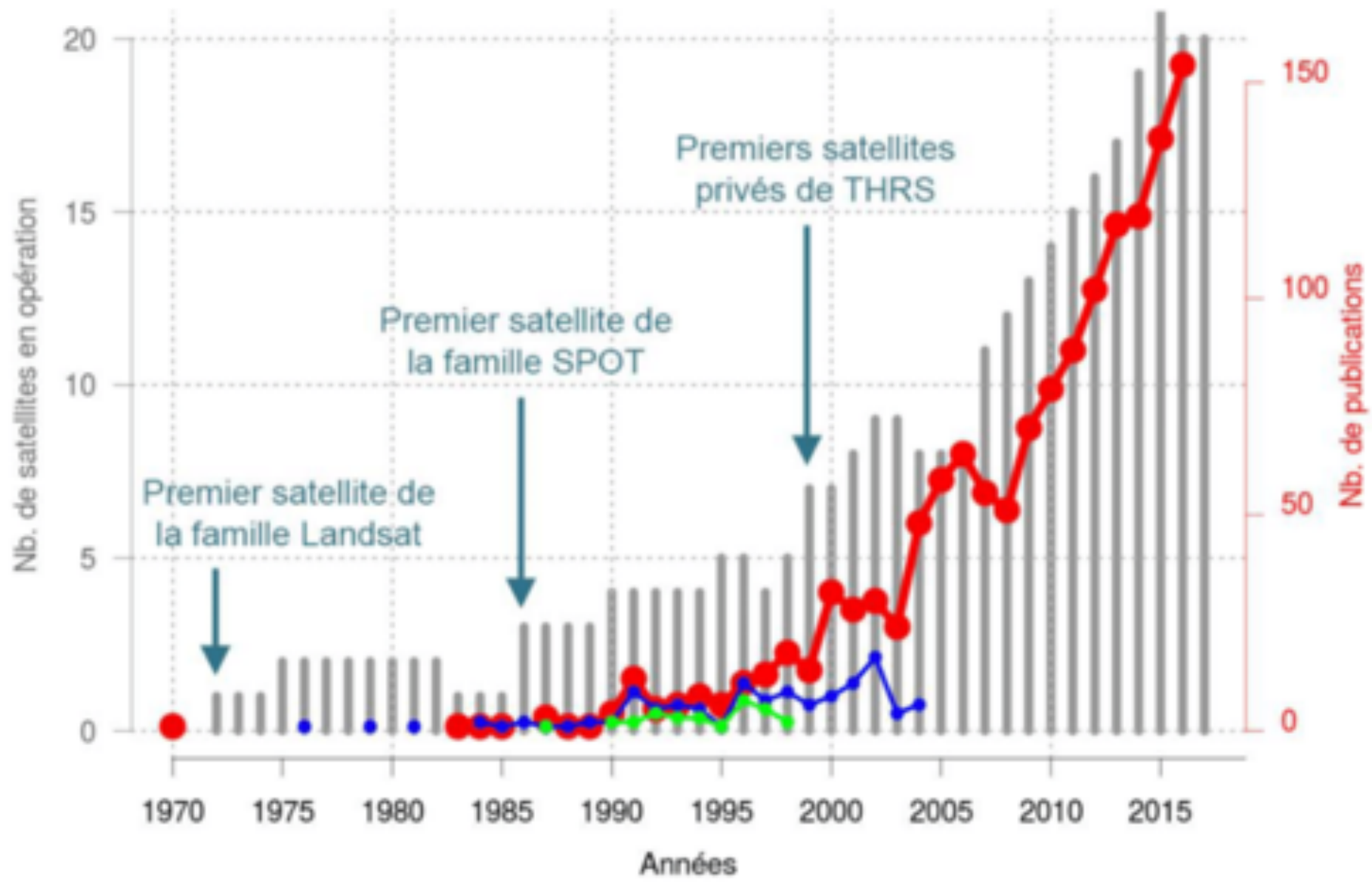


Première image de la Terre
Apollo 8, 1968



Apollo 17
1972

- 1972 Landsat : Premier Satellite d 'observation de la Terre
- 1979 SEASAT : Premier Radar
- 1986 SPOT : 1^{er} Satellite Français
- Plus de 6800 satellites ont été lancés depuis 1957
- Environ 2 500 Actifs
- Avantages :
 - » Couverture globale
 - » Acquisition permanente



Satellites 2018 : le bilan des mises en orbite

444 satellites mis en orbite avec succès ☼
dont 31 depuis l'ISS
229 satellites > 10kg ☼

361 tonnes satellisées ☼
Masse moyenne par satellite : 812 kg
Masse record : 16500 kg (HTV-3)
Le plus petit < 1kg

Les 81 plus gros satellites
(m > 1 tonne) représentent
83% de la masse satellisée

372 satellites en orbite LEO et ISS ☼
184 tonnes ☼ (51% du total)
33 satellites en orbite GEO ☼
136 tonnes ☼ (38% du total)

215 satellites de moins de 10 kg ☼
Masse totale de 900 kg
en orbite basse

USA, Chine et Russie possèdent 71% des satellites lancés
228 tonnes (63% du total)

15 pays possèdent 85% des satellites lancés
346 tonnes (96% du total)
44 pays ont au moins un satellite

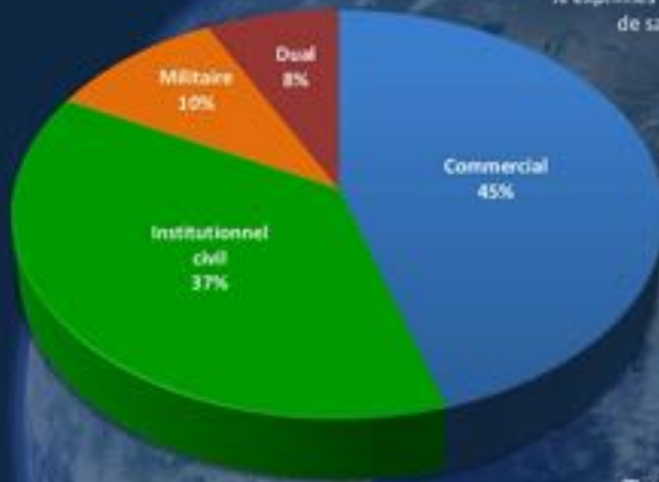
Communications : 114 satellites
Observation : 107, technologie : 93,
Satellites commerciaux : 45% (27% en masse)
Satellites institutionnels : 55% (73% en masse)



Satellites mis en orbite en 2018

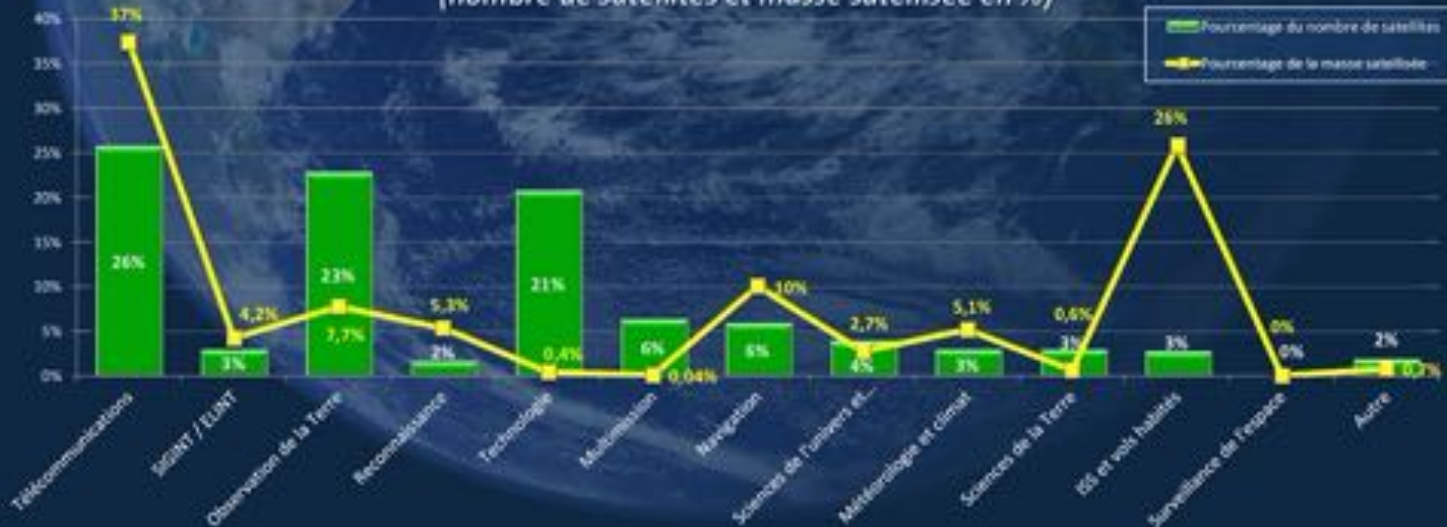
Type de clients et orbites visées

% exprimés par rapport au nombre total de satellites mis en orbite

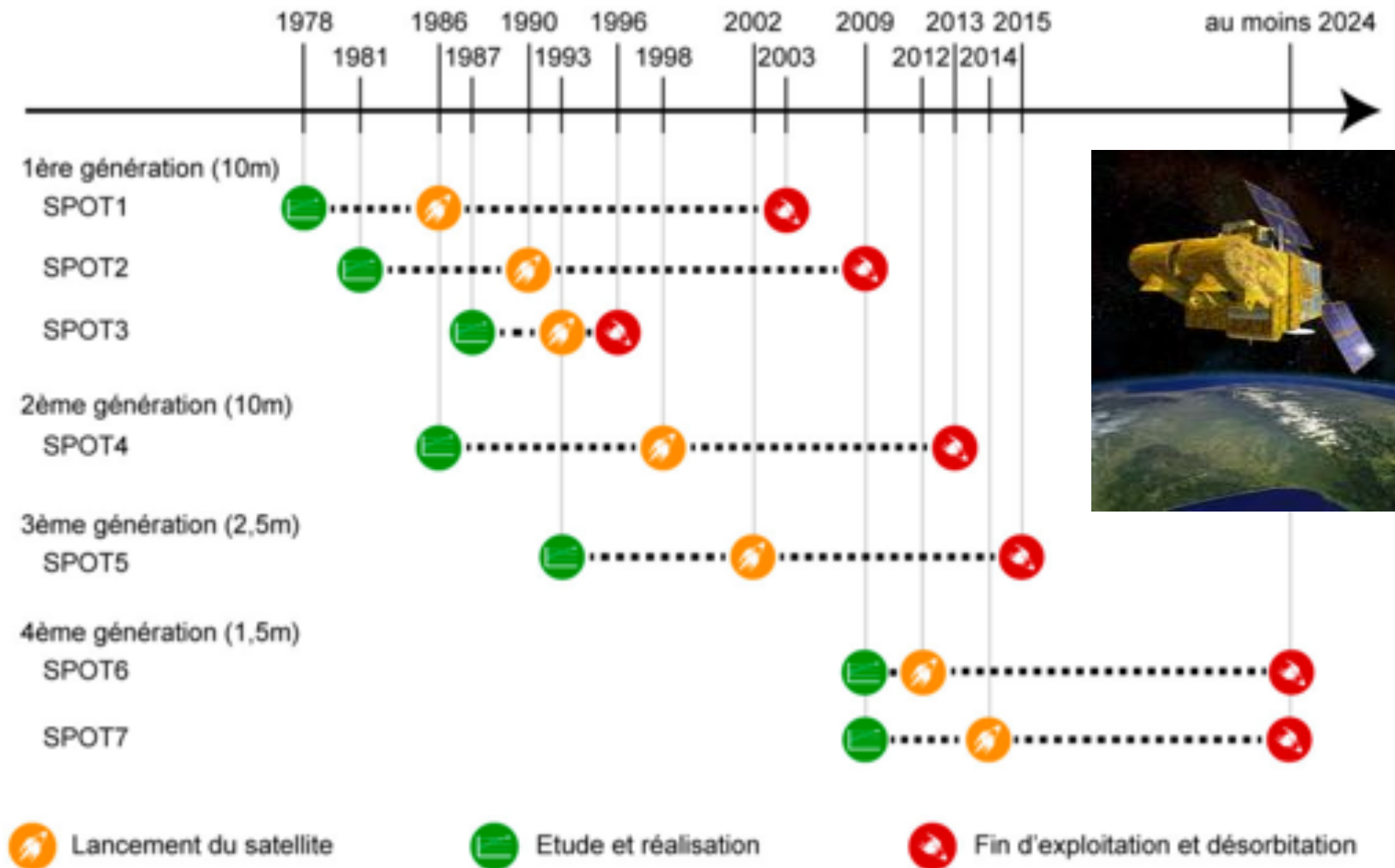


Type de missions

(nombre de satellites et masse satellisée en %)

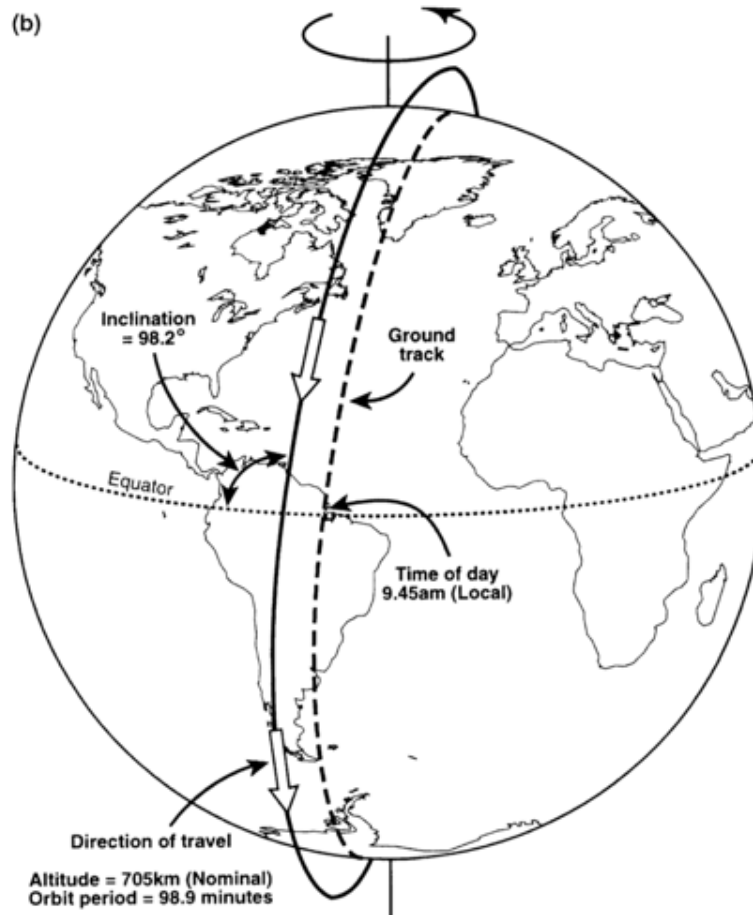


LES DIFFÉRENTES GÉNÉRATIONS DES SATELLITES SPOT



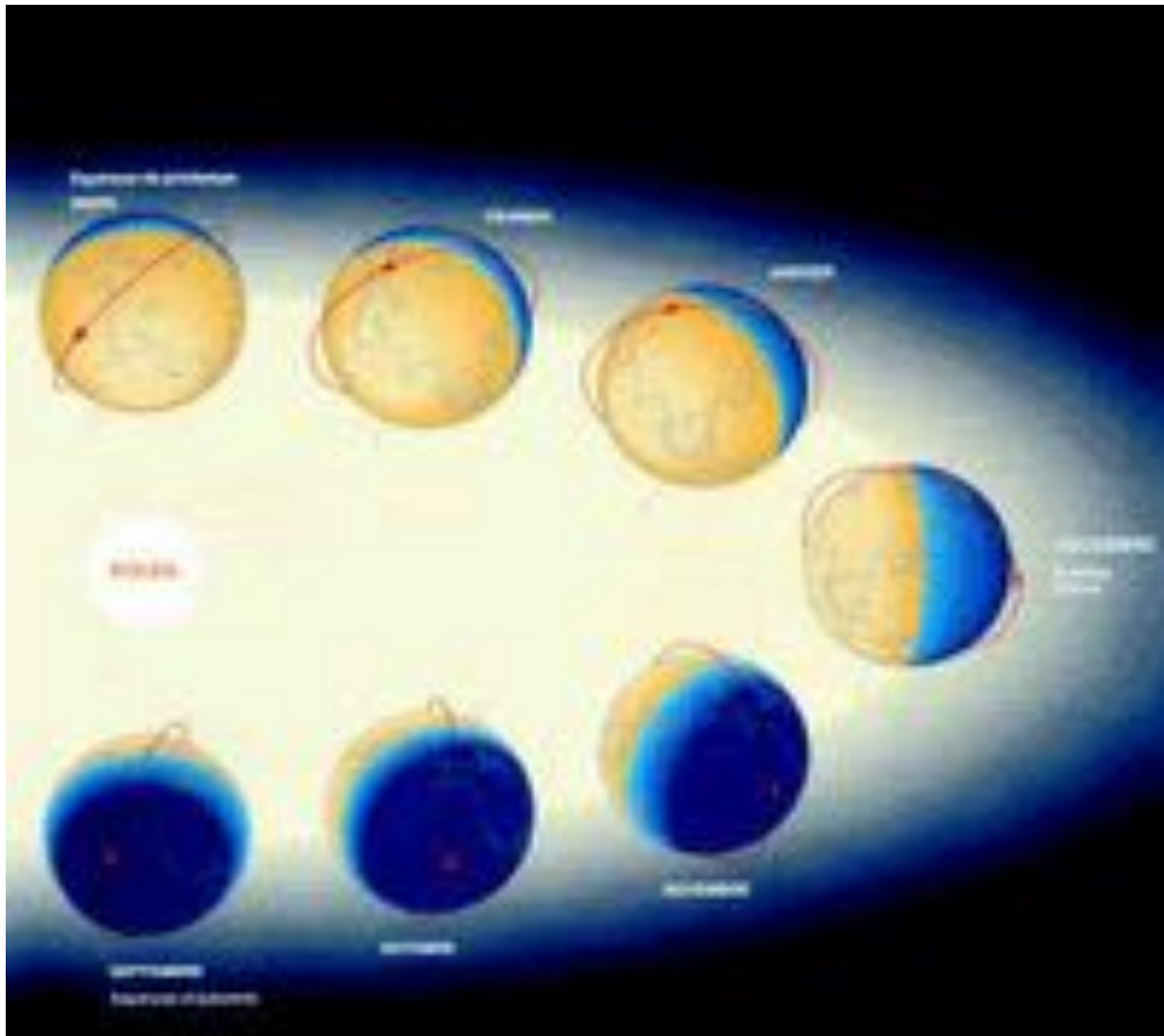
Orbite des satellites

Force gravitationnelle = Force centrifuge

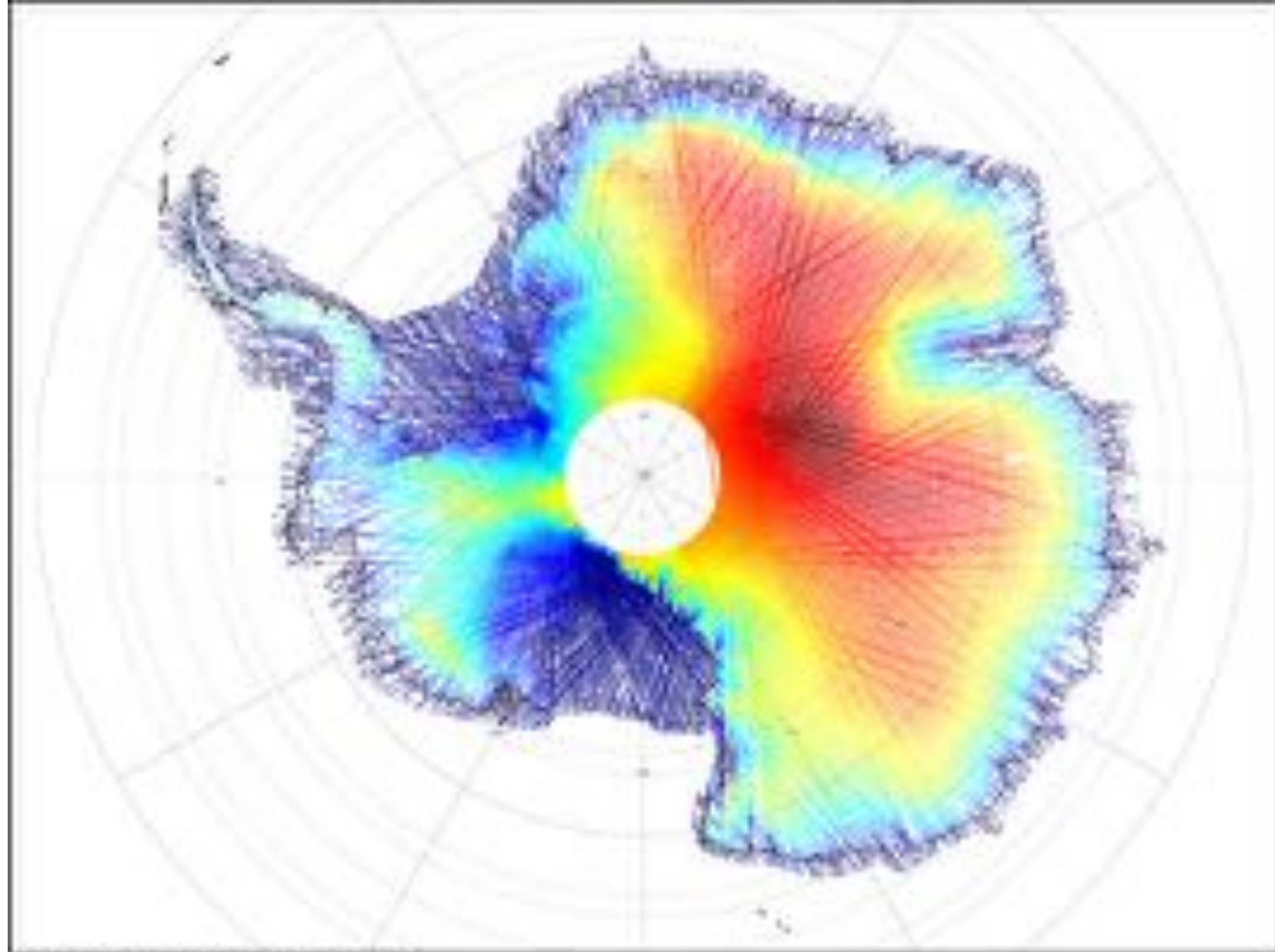


* Géostationnaire :
36 000 km
(Météosat)

* Heliosynchrone
~800 km
(SPOT)

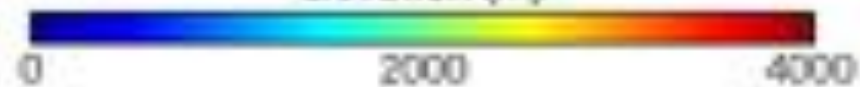


- **Orbite héliosynchrone** le plan orbital forme un angle constant par rapport à la direction du soleil afin que le satellite survole toujours à la même heure locale.



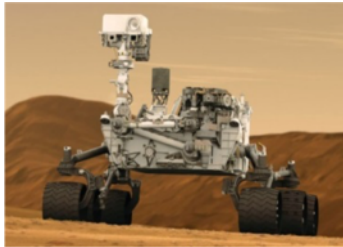
October 3 - November 8, 2004

Elevation (m)

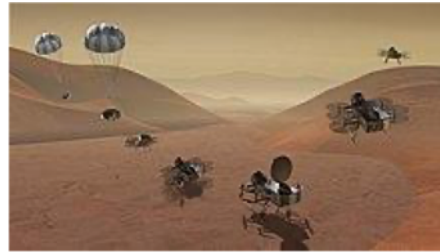


DRONES





Mars / Rover



Titan / DragonFly



UAS



UVG

Drone = plateforme (**V**ehicle) ou (**S**ystem) **sans-pilote à bord (U**nmanned)ou (**A**utonomous), télécommandée, télé programmée, robotisée, conçu pour un environnement particulier (**A**ir, **U**nderwater, **U**nder**G**round, **M**ine, **S**urface, **G**round, **P**lanétaire ...)



UVS



UGMV

UVS



AUV

Le projet DRELIO

10 ans d'expériences sur les drones imageurs

Des aéromodèles....



2002 : DRELIO_1 : Paramoteur Pixy



2005 : DRELIO_3 : Hélicoptère RC



2007 : D_5 : Hélicoptère Autopiloté

....aux drones multi capteurs télé opérés



2009 : D_6 : Hélicoptère Autopiloté multi-capteurs (Payload : 4kg)



2011 : D_7 : Hélicoptère Autopiloté multi-capteurs (Payload : 6kg)



2012 : D_8 : Hexacoptère Autopiloté multi-capteurs (Payload : 1.5kg)

2 types de drones aériens



Types	Voilure tournante (Multi-rotors)	Voilure fixe
Vitesse	0 à 40 km/h	> 70 à 120 km/h
Autonomie	10 à 30 min	50 min à 10 heures (selon modèle)
Distance franchissable	(~ 15km en linéaire) surface couverte dépend de la fauchée du capteur	(~ 60 à 700 km en linéaire)
Décollage / atterrissage	Vertical Take-Off Landing (VTOL)	catapulte ou à main selon la masse du drone, Atterrissage sur le ventre ou dans un filet
Propulsion	Electrique	électrique ou thermique
C.U.	1 capteur principal monté sur platine gyrostabilisée	1 à 2 Capteurs intégrés dans le fuselage
Avantages / inconvénients	Souplesse d'utilisation Levé sur des sites de poche petite surface (~4ha)	Vitesse minimum de vol, usage vol hors vue

Dans les 2 types on trouvera des drones compact, léger et Ready To Fly (RTF) et des drones custom à équiper selon des applications spécifiques

Les plateformes drones



Navigation Autopilote

Principe d'asservissement de l'autopilote

Consignes :



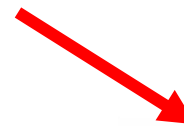
Station de contrôle au sol
- Plan de vol automatique
(positions géographiques)
- Changement de direction
manuel (radiocommande)



Contrôleur / Calculateur



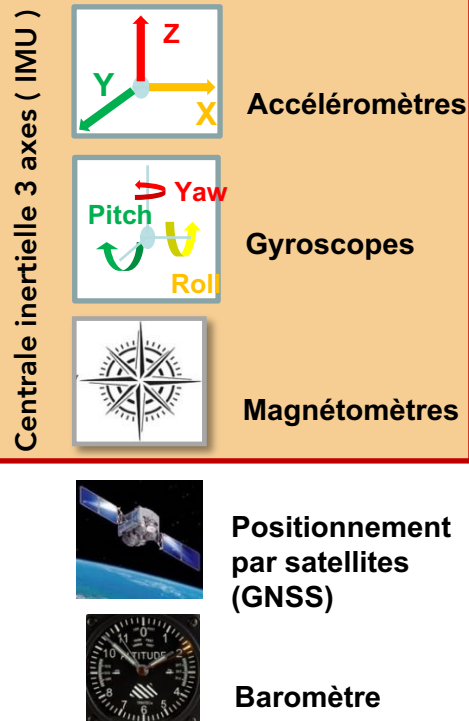
Commandes :
Moteurs (ESC)



Mesures :

Attitude
Position
géographique
Vitesse

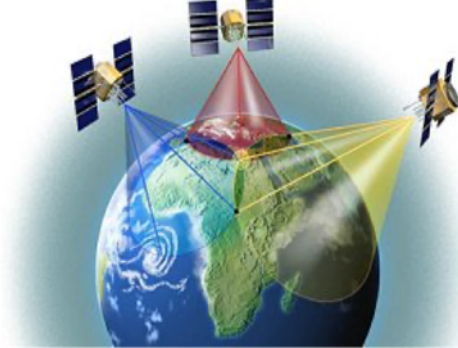
Capteurs



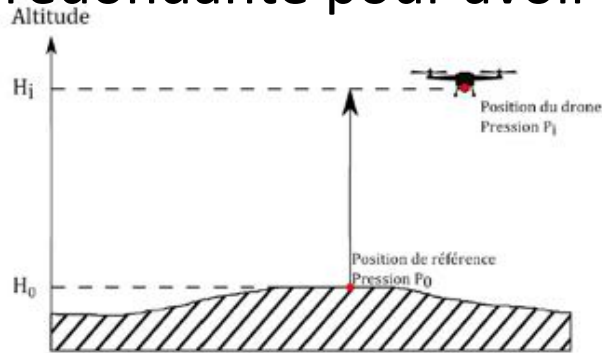
Navigation Autopilote

Position du drone (latitude, longitude, altitude)

1 Positionnement
x, y, z grâce aux
satellites GNSS



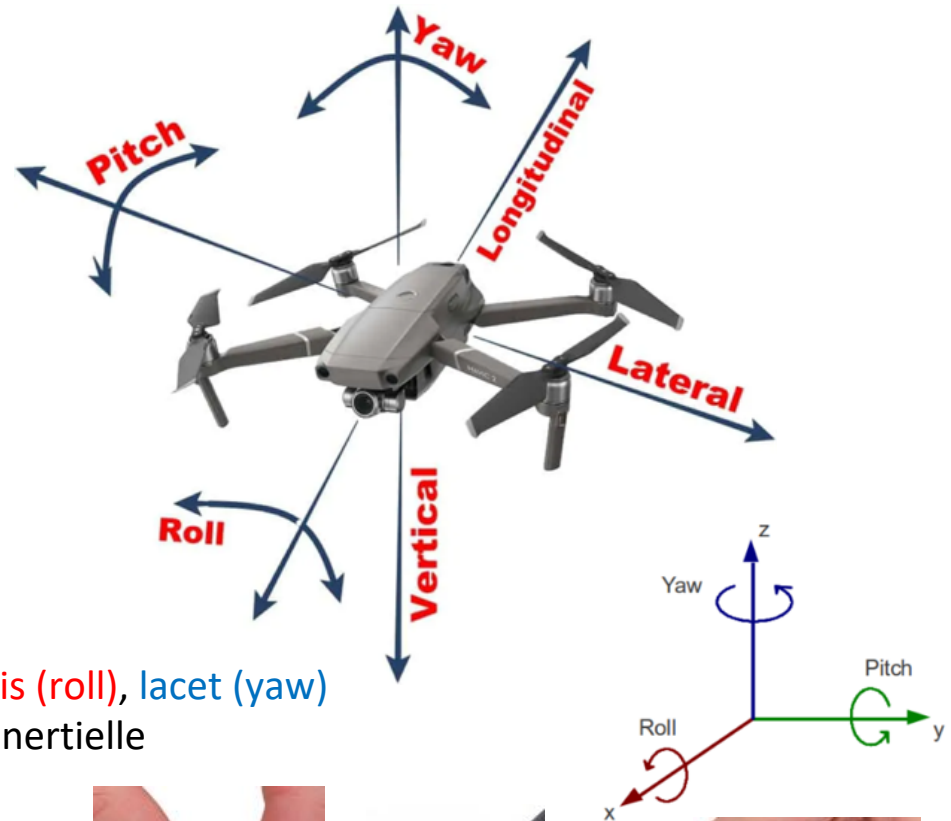
2 Baromètre : Information
redondante pour avoir l'altitude



$$\Delta H_{\text{baro}} = H_i - H_0 = - \frac{RT_0}{Mg} \ln \left(\frac{P_i}{P_0} \right)$$

A savoir, le baromètre est sensible aux variations de température
Le capteur de pression embarqué sur drone a une résolution de +/-0.1hPa, et une exactitude de +/- 2hPa
Le baromètre mesure la

Orientation du Drône



attitude du Drone : tangage (pitch), roulis (roll), lacet (yaw)
+ Accélération = Centrale inertielle

centrale inertielle



Orientation par rapport au Nord en
l'absence de signal GNSS : Utilisation
magnétomètre :

BATTERIE

Comment lire une étiquette de batterie



- Capacité max de la batterie (mAh), cela veut dire que la batterie est capable de fournir ce couant durant une heure
- Courant de décharge instantané: nombre indiqué x capacité de la batterie, 25C -> 25x9000 soit 225A.
- La tension correspond au nombre d'éléments assemblés en Série. un élément = 3.7 V, 6S => 6x3,7 = 22,2V

Le lithium est une matière inflammable (étiquette produit de classe 9)
UN 3480



UN 3481

sac de protection ignifugé (Lipo Guard)



Transport aérien voir guide PI965 – IATA regulation

Avant les vols :

La charge de la batterie



Ne pas dépasser la capacité de la batterie comme courant de charge

Charger dans un endroit ventilé et sous surveillance

Connecteur principal

Durant les vols :

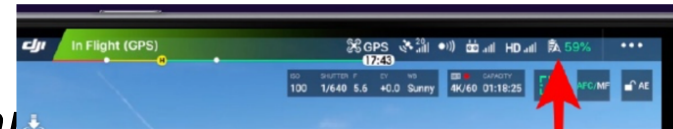
Prise d'équilibrage (balance)

Surveiller la tension de la batterie;

Mettez des alarmes en fonction des tensions de décharge

Mesurer la capacité en % avant et après chaque vol

Après les vols : *Contribuer à la longévité de la batterie entre 2 séries de vol*



Testeur de tension pour LiPo LiFe Li-ion



- Tenir un cahier d'utilisation des batteries ou sont notés pour chaque batterie : date, durée du vol, capacité restante en %, capacité utilisée en vol (capacité affichée en fin de recharge), estimer l'autonomie de la batterie à partir des données précédentes

- Si elle n'est pas utilisée durant plusieurs jour, passer la batterie en mode stockage (capacité ~40% de La capacité max)

SÉCURITÉ du Systeme

Système mécatronique de sécurité

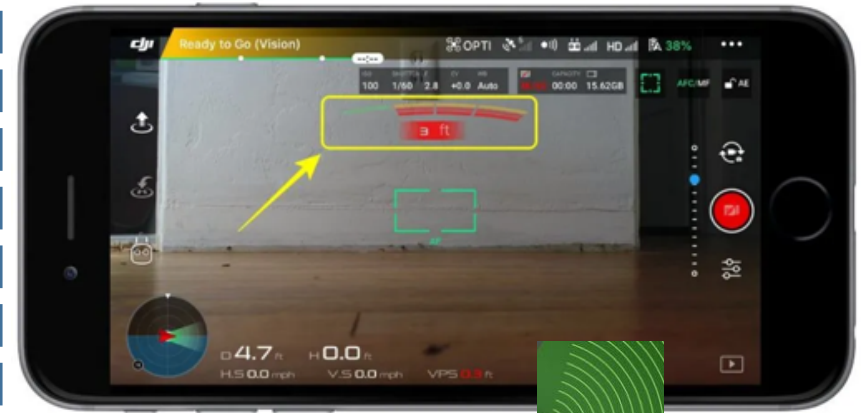


Système
Parachute
Pyrotechnique
ou mécanique

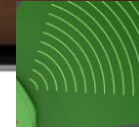


Système de protection au moment
de l'impact type air bag

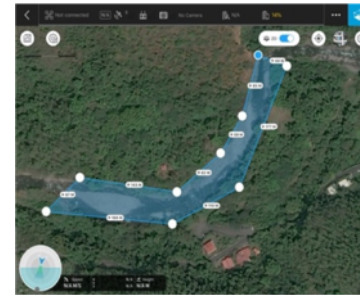
Système électronique de sécurité



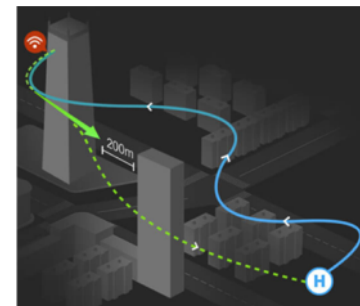
capteurs anticollision



Système logiciel de sécurité



Géofencing ou
périmètre virtuel de
géolocalisation dans
lequel le drone doit
rester



DJI Smart return to Home

Station de contrôle et de communication au sol

Constituée de 3 composants séparés
ou tout en un

Ordinateur, tablette ou
smartphone avec logiciel
« Ground Station »



Wideband
Datalink
transmission *



Radiocommande
(Remote Control)

* Plusieurs fréquences sont utilisées :
2.4GHz (data télémetrie, commandes)
5.8GHz (vidéo, FPV)
WIFI, 4G LTE (Internet)



Ecran de vol (informations télémetrie)
Autonomie: temps de vol restant (minutes)
Batterie : % charge et tension
GNSS : Position, nb satellite, reception radio
Commandes : Décollage , RTHome, Prise de vue



Alarmes et indicateurs
Radars de proximité d'obstacle
et du sol
Attitude du drone, distance /
station, orientation / nord



Configuration du drone
Calibration IMU
Paramétrisation des alarmes
(batterie, géofencing,...)
Configuration caméra

Station de contrôle et de communication au sol

Programmation des plans de vol automatique

L'interface logiciel « Ground Station » permet de tracer sur un fond de carte le plan de vol tenant compte des paramètres de prise de vue (résolution cm/pixel, taux de recouvrement, cadence) et adapte l'altitude et la vitesse de vol, calcule la longueur du parcours et la durée du vol

Les waypoints GNSS correspondant aux girations du parcours et le paramètres de prise de vue sont transmis et mémorisés par l'autopilote. Le drone peut ainsi effectuer sa mission en toute autonomie.

Il existe plusieurs logiciel « Ground Station », Il est important de vérifier la compatibilité avec le drone (notamment le modèle de l'autopilote dans le cas des drones custom et open source



Charge Utile (Capteurs scientifiques)



Nacelle gyrostabilisée par servo (à gauche) ou par moteur brushless (à droite) pouvant recevoir des équipements spécifique et interchangeable.

Nota: l'asservissement est plus souple avec les moteurs brushless



Nacelle intégrée au drone et à la caméra. Modèle déterminé par le constructeur de drone

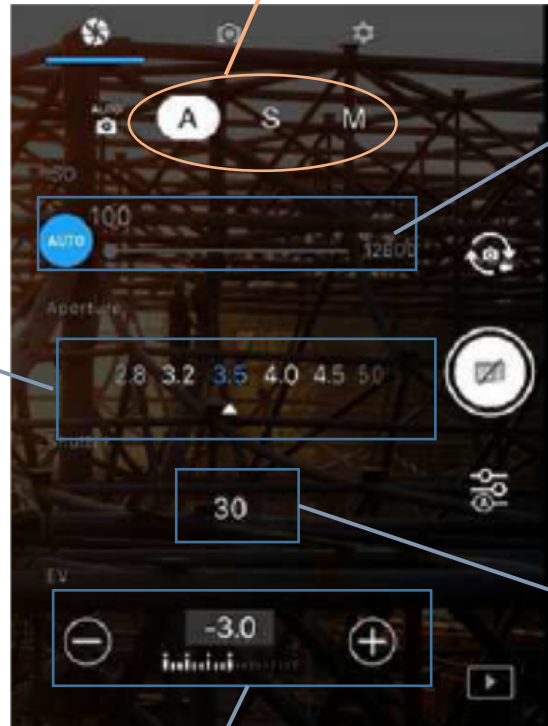
Charge Utile (Capteurs scientifiques)



Réglage capteur (Drone Camera Setting)

4 modes d'exposition prioritaire :
Auto, A (Aperture), S (Shutter), M (Manual)
en drone , on privilégiera le mode S

+ CAMERA EXPOSURE MODES +



THE APERTURE

Controls the amount of light coming into the lens
Aperture = Focal length of the lens/Diameter of the aperture

		● A large aperture setting Means a larger amount of light coming in, a brighter image, a narrower focal plane, and a more obvious bokeh (soft out-of-focus background) effect.
		● A smaller aperture setting Means a smaller amount of light coming in, a darker image, a broader focal plane, and an obscurer bokeh effect.

The Aperture ou ouverture du diaphragme plus le chiffre est petit, plus la lumière entre.
plus le chiffre est grand, moins la lumière entre et plus il y a d'effet de profondeur de champ.

EXPOSURE COMPENSATION

Compensation d'exposition
plus le chiffre négatif, plus l'image est sombre
plus le chiffre positif, plus l'image est claire

ISO

Sensitivity of the sensor towards light

		● High ISO Means more light detected, a brighter image, and more obvious noises (visual distortion).
		● Low ISO Means less light detected, a darker image, and obscurer noises.

ISO ou sensibilité d'impression du capteur
Moins il y a de lumière, plus le chiffre ISO est élevé

THE SHUTTER

Controls the sensor's exposure time

		● A higher shutter speed setting Has a shorter time for light to shine on the sensor, a darker image, and a sharper captured object.
		● A lower shutter speed setting Has a longer time for light to shine on the sensor, a brighter image, and a blurrier captured object.

The Shutter ou vitesse d'obturation
Avec le mouvement du drone, on privilégiera une vitesse > 1/800

Mesures de topographie terrestre

Mesures photogrammétriques – plateforme Drone

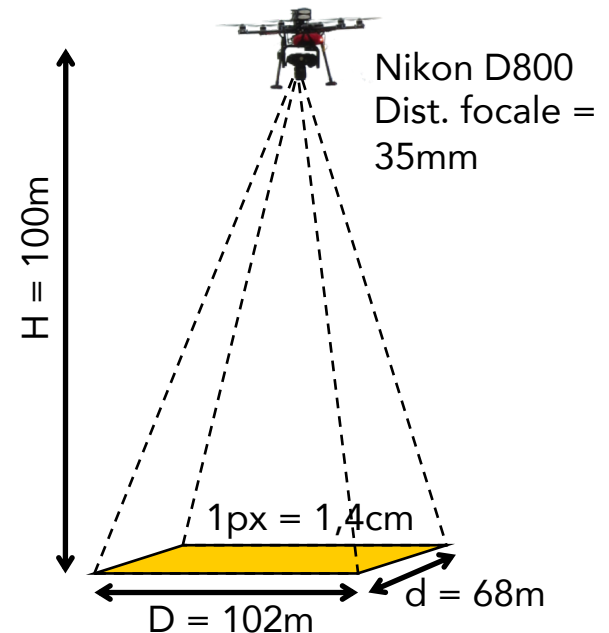
- Planification et préparation du vol
 - Définition des conditions de vol
 - Taille de la zone à couvrir }
Résolution requise } → Altitude de vol

Exemple : vol à 100m d'altitude - Nikon D800 (35mm)
→ couverture au sol 102*68m
taille du pixel 1,4 cm

Direction de vol préférentielle

- Programmation auto-pilote
- Disposition des cibles (GCP : Ground Control Points)
- Vol
- Importation et archivage des données

Exemple : 1 vol → ≈ 200 photos, soit 1 à 4 Go





5 m

30 cm

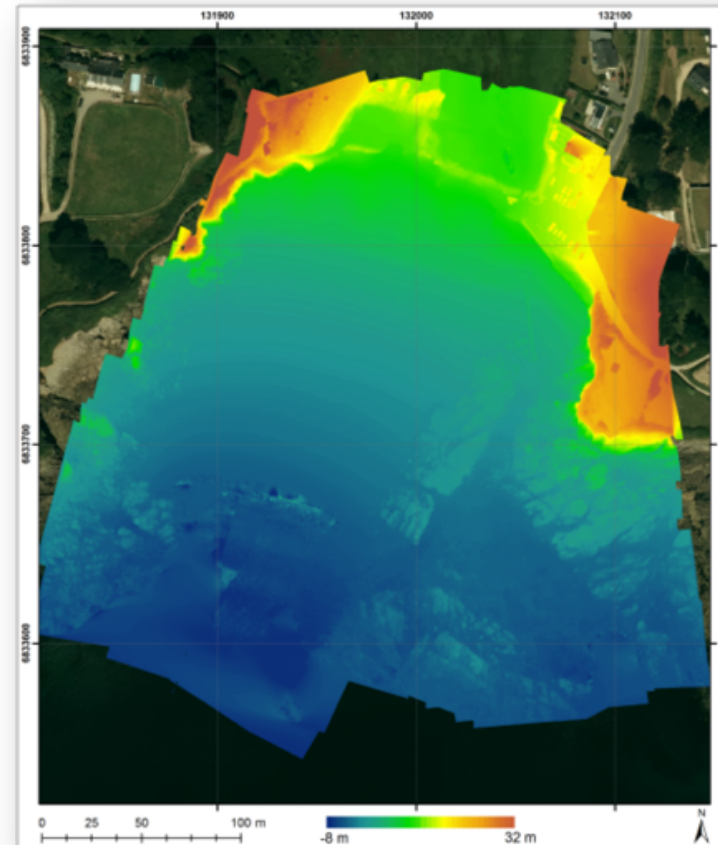


Mesures de topographie terrestre

Mesures photogrammétriques

– Génération d'une orthophoto et d'un

MNT



Mesures de topographie terrestre

Mesures photogrammétriques

– Génération d'une orthophoto et d'un



→ Résolution MNT : 3 cm

→ Résolution ortho : 1,4
cm

→ Précision : 3 cm

Imagerie thermique sur drone

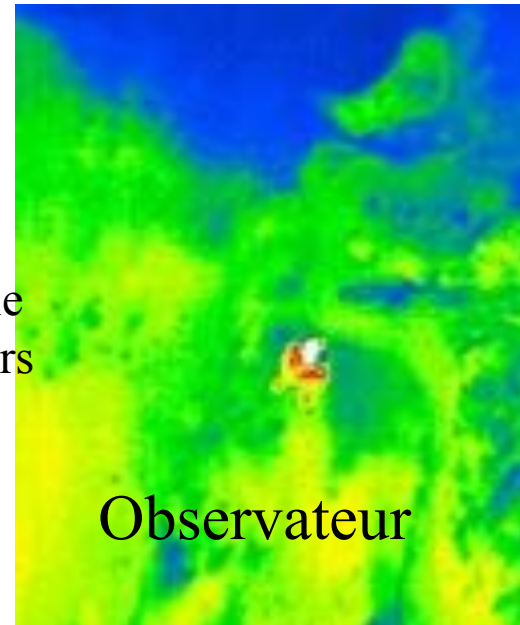
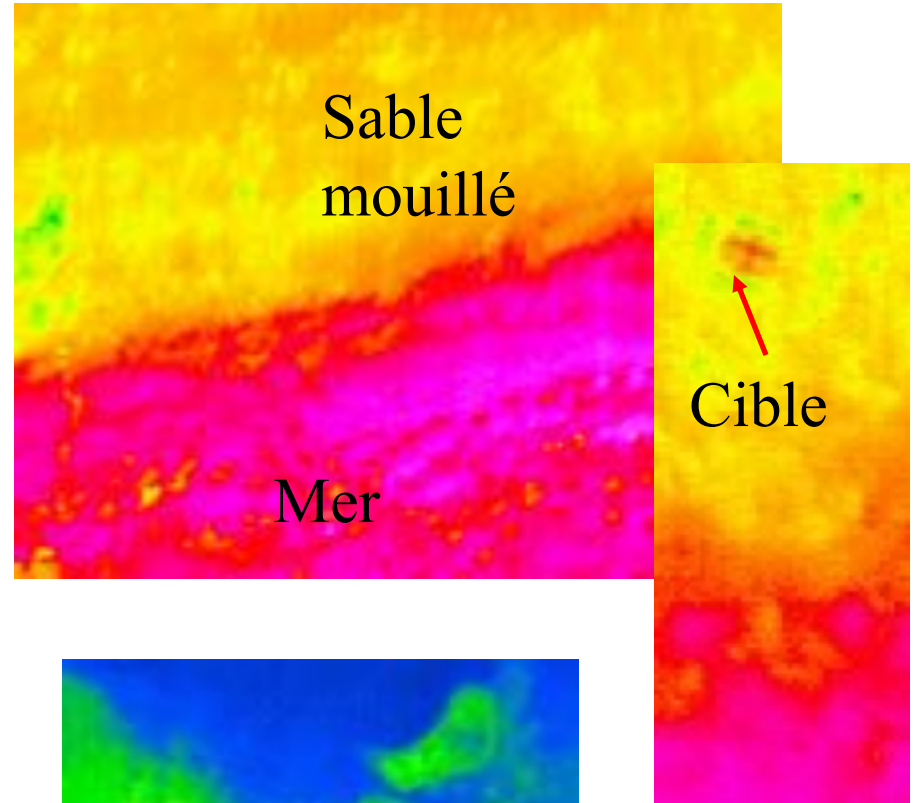


GPS différentiel

Module capteurs

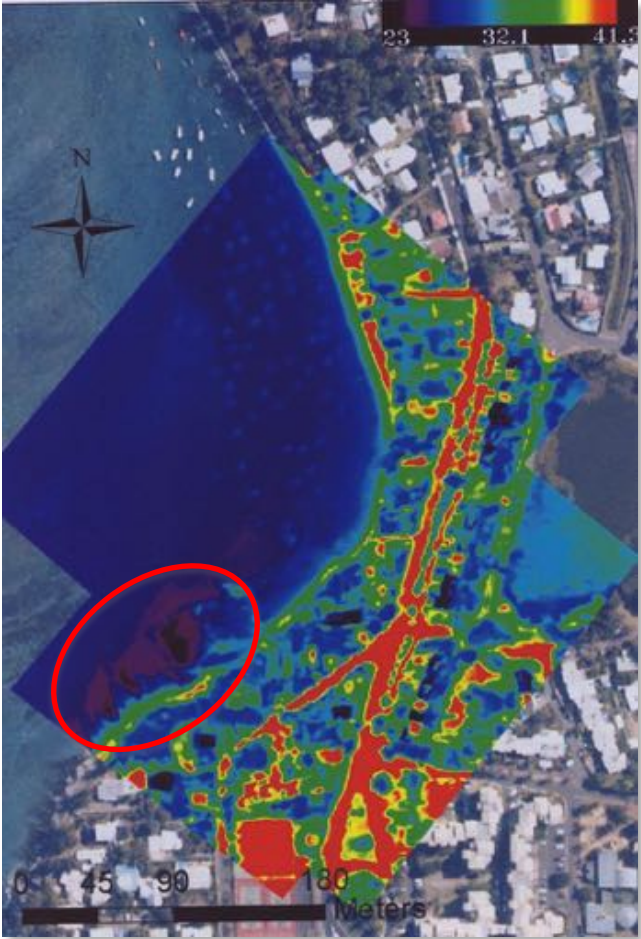
Camera thermique
7.5 μ m – 14 μ m

Capteurs d'attitude

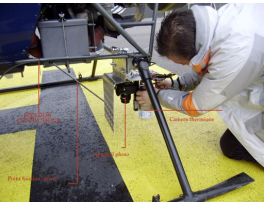


Alt vol 50m
1pixel=3cm
Image 384x288p

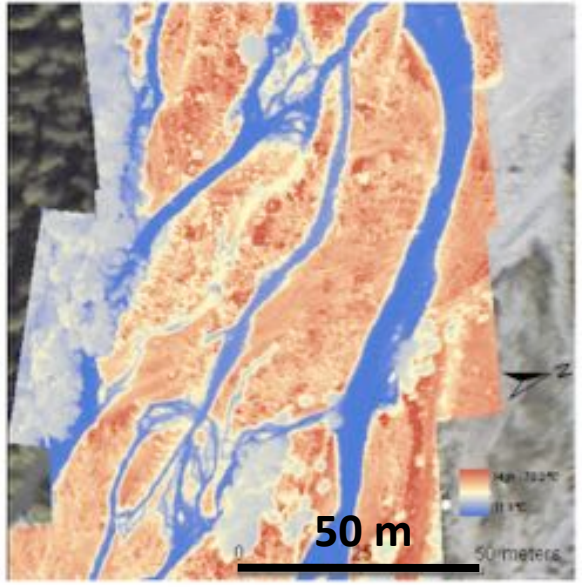
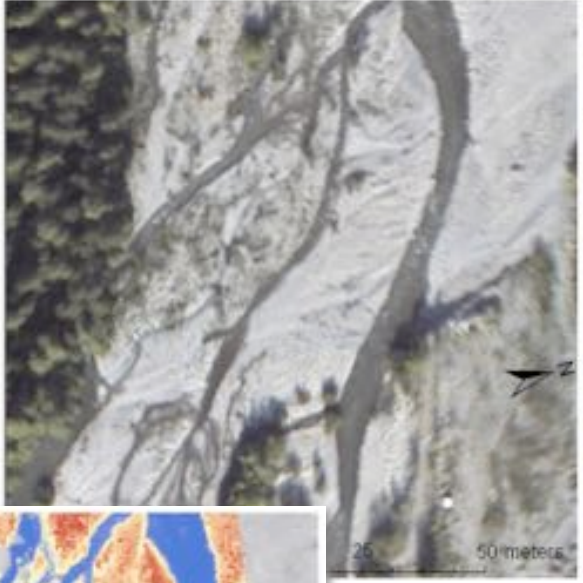
➤ Drone - Infrared cam : fresh water resurgence, river morphology & biology



Fresh water resurgences, IR thermal cam : 7 – 14 μm, La Réunion Island lagoon



EUTROLAG
2010-2013



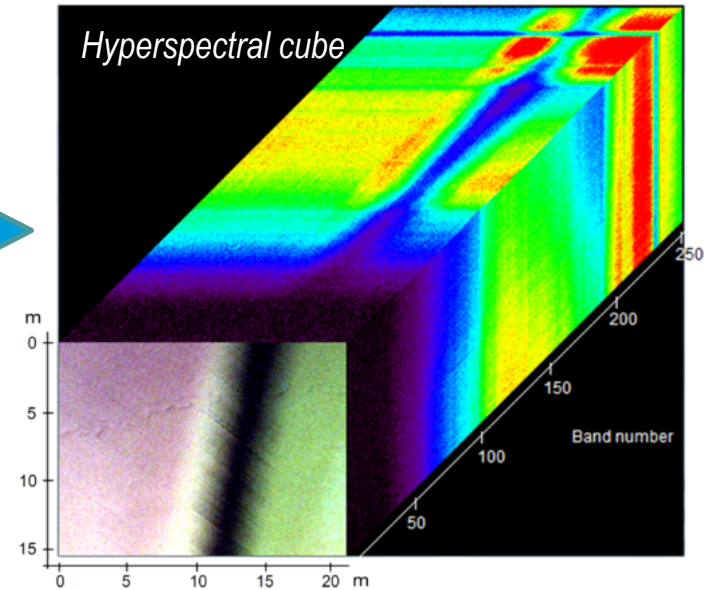
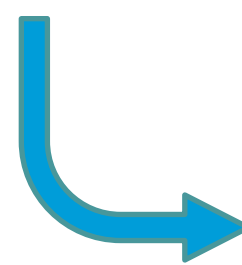
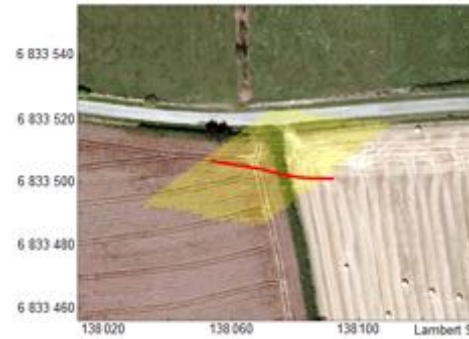
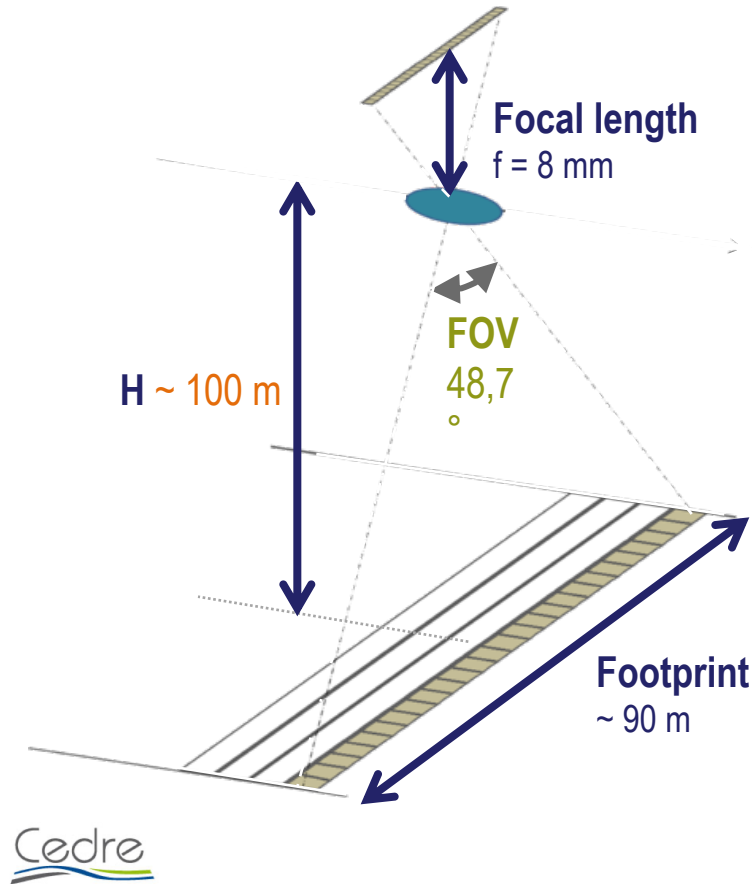
Examples of UAVs platform

– Hyper-DRELIO for hyperspectral imagery

- Diameter : 1.2 m - Weight : 13.4 kg
- Flight autonomy : \approx 10 min
- Payload : 5 kg
- Auto-pilote
- Sensors :
 - GPS + IMU
 - Data logger
 - RGB camera
 - MicroHyperspec (Headwall®)
(VNIR sensor - 250 spectral bands 400-1000 nm)



Examples of UAVs platform



La télédétection Littorale

Exemple du Pôle Image & Instrumentation l'IUEM

ACOUSTIQUE ACTIVE

- MBES, SBES (bathymétrie, réflectivité)
- Sonar latéral
- Sismique réflexion
- ROV 0-300 m
- Géodésie fond de mer
- ADCP, ADV (MES, courants, houles)
- ALIUS (micro-topographie)
- Profilers multifréquences à zooplancton & sédiments TAPS et Aquascap

OPTIQUE IN SITU

- ACS, BB9 (absorption, scattering, backscattering...)
- Spectroradiomètre (réflectance, irradiance, absorption)
- OBS (Fluorimétrie, turbidité)
- LISST

PLATEFORMES MULTI-PARAMETRES

- Bouée instrumentée
- Station benthique instrumentée
- Sondes multi-paramètres (T, S, O₂, Flux, Turbidité)
- Capteurs additionnels (PAR, CO₂, pH)
- Prélèvement

TELEDETECTION OPTIQUE



Satellite

- Imagerie et MNT

Drone

- Photos et MNT
- Hyperspectral
- Thermique
- Vidéo



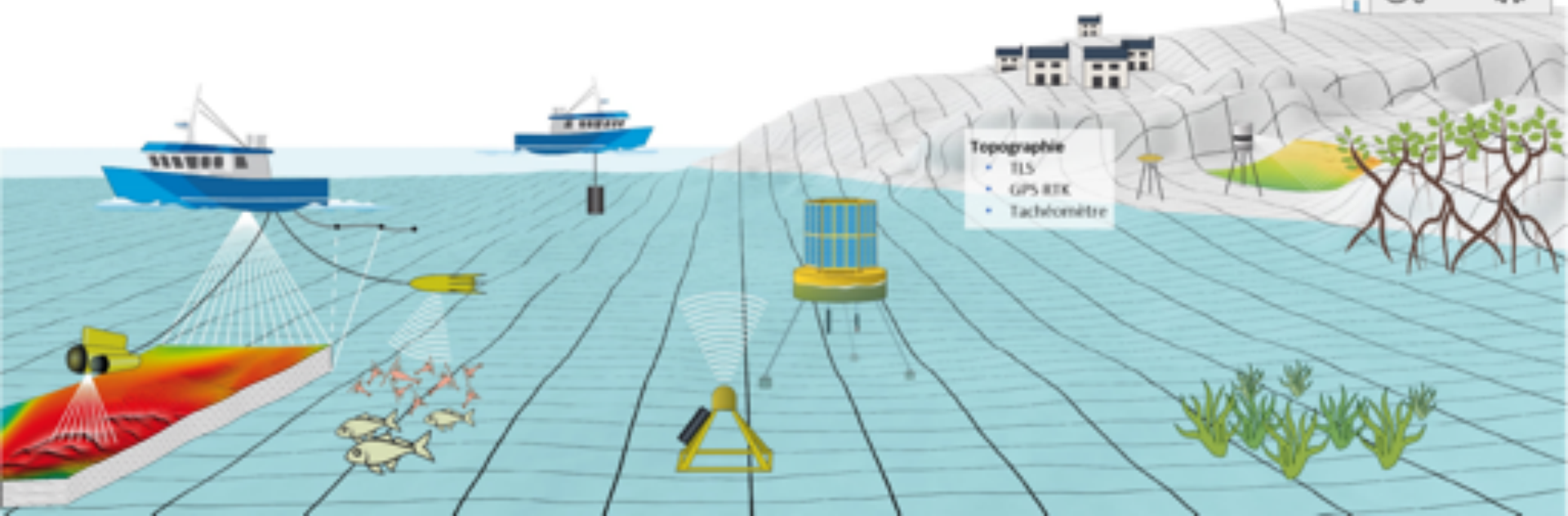
Photos cerf-volant

METROLOGIE ET TRAITEMENTS

- Thermomètre de référence
- Cryobain
- Titreur O₂
- Fluorimètre
- Spectrophotomètre
- Senseur
- Logiciels

Topographie

- TLS
- GPS RTK
- Tachymètre



Pour la prochaine séance Brestoïse

Préparer sur PPT par groupe 2 un exposé de 15 mn sur 1 satellite d'observation de la Terre

Exemple de plan : Présenter le(s) capteurs, la plateforme, les résolutions et 1 applications dans le domaine des Géosciences

Au choix :

- Pleiades
- Landsat (s)
- SPOT(s)
- QuickBird
- Ikonos
- Aster
- Sentinel(s)
- MERIS
- AVIRIS
- MODIS
- Worldview(s)
- Jason(s)