# SCA 7146
# INSTRUMENTATION ET TRAVAUX PRATIQUES

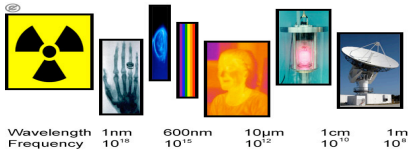
## Table des matières


**2.3 Les observations par télédétection**

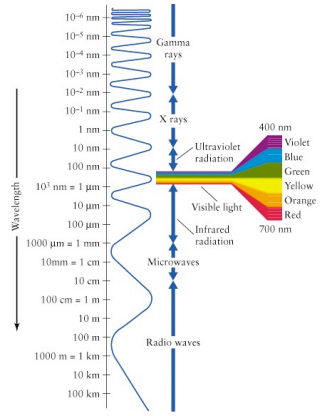
- Le spectre électromagnétique
- Imagerie par satellites
  - Imagerie VIS
  - Imagerie IR
- Imagerie par radar
  - Positionnement de la précipitation
  - Présentations panoramiques
    - Réflectivité
    - Vitesse Doppler




## Le spectre électromagnétique




| Wave | Uses | Dangers |
|---|---|---|
| Radio Waves | • Radio transmitters<br>• Radar<br>• Television | None |
| Microwaves | • Microwave ovens<br>• Communication system | Internal heating of body tissue |
| Infra-red | • Thermal imaging<br>• Remote controls | Burns skin |
| Light | • Optic fibres<br>• Seeing! | Strong light causes damage to vision. |
| Ultra-violet | • Washing powder (whiter than white)<br>• Security marking | Skin cancer and blindness |
| X rays | Taking images of the skeleton | Mutations in cells and severe burns to the skin. |
| Gamma Rays | • Cancer treatment<br>• Sterilisation of equipment | Cancers and cell mutation |






## Imagerie par satellite



## Le visible et l'infrarouge

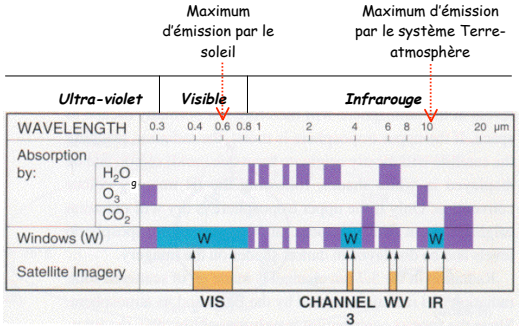
- Les principales longueurs d'ondes exploitées en météorologie en imagerie par satellite sont :

**Visible : λ = 0.6 µm**

L'image provient de la réflexion de la radiation solaire vers l'espace par le système Terre-Atmosphère.

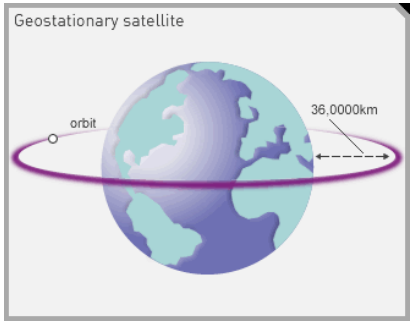
**Infrarouge : λ = 11 µm**

L'image provient de la radiation émise vers l'espace par le sol ou les nuages.



# Satellites géostationnaires

- Leur orbite autour de la Terre est vis-à-vis l'équateur. Ils tournent à la même vitesse angulaire que la Terre, donc ils voient toujours le même disque.

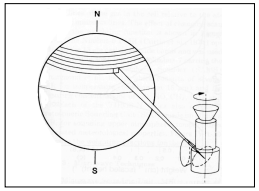





# Satellites géostationnaires

Caractéristiques :

- Ils tournent sur eux-mêmes à un taux de rotation stable.
- Ils construisent les images de la Terre en sondant une tranche du disque terrestre parallèle à l'équateur à chaque rotation d'un pôle à l'autre.




Avantages :

- Ils produisent une image complète du disque terrestre en entier environ à toutes les 25 minutes.
- Ils permettent de suivre l'évolution temporelle du couvert nuageux

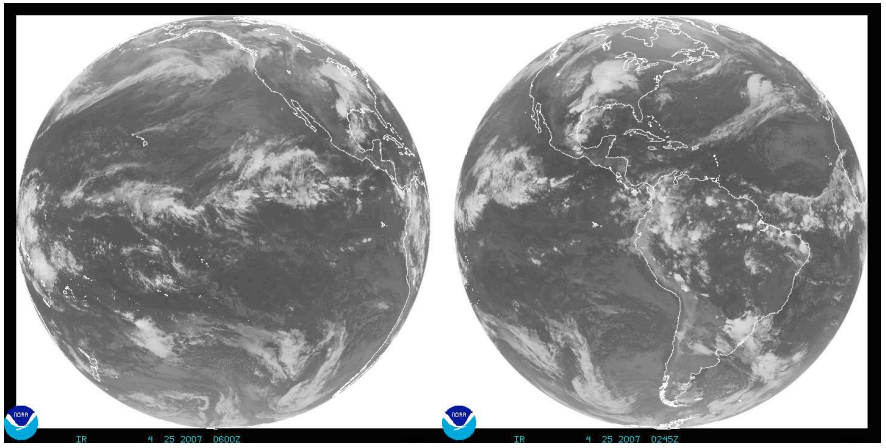
Principal désavantage :

- Les images sont sujettes à une forte distorsion près des pôles. Pour cela, leur usage est limité entre 70 ° N et 70 ° S de latitude.



# Vue de la Terre par GOES ouest et est

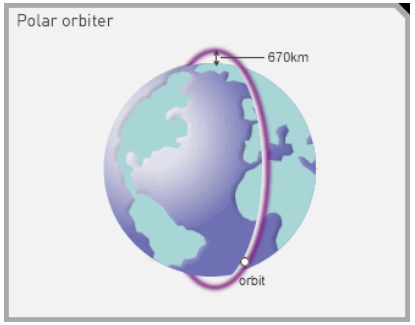
- GOES : Geostationary Operational Environmental Satellites





# Satellites à orbite polaire

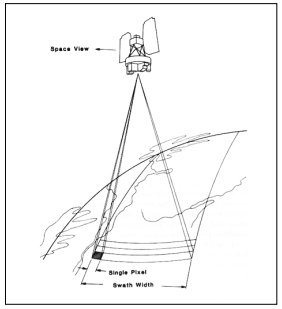
- Ils couvrent toute la surface de la Terre. Vu de l'espace, ils décrivent une orbite stationnaire et c'est la Terre qui tourne en dessous.
- Ils complètent 14,1 orbites par jour.



# Satellites à orbite polaire

Caractéristiques :

- Ils balaient des régions de 3000 km de large à chaque passage.
- Ils couvrent la Terre en entier 2 fois par jour.
- Ils sont est constamment orientés vers la Terre et c'est grâce à un miroir en rotation qu'ils balaient leur champ de vision.




Avantages :

- Ils permettent de bien voir les pôles.
- Meilleure résolution de l'image, car leur orbite est beaucoup plus basse.

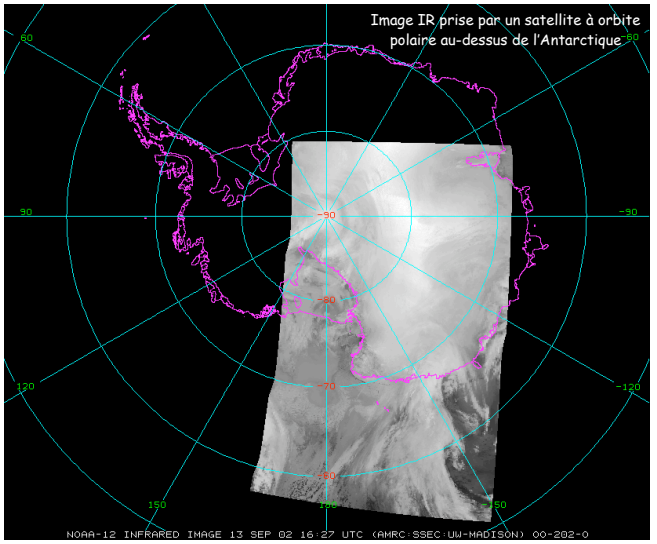
Principal désavantage :

- Les images prennent du temps à être produite.



# Le Pôle Sud vu par NOAA-12

(satellite à orbite polaire)






# Imagerie VIS

Visible : $\lambda$ = 0.6 $\mu$m

À cette longueur d'onde, l'intensité de la radiation mesurée par le satellite dépend de la réflectivité (albédo) du nuage ou de la surface

- Blanc : brillance élevée (albédo élevé)
- Noir : faible brillance (faible albédo)

Caractéristiques des nuages avec un fort albédo :

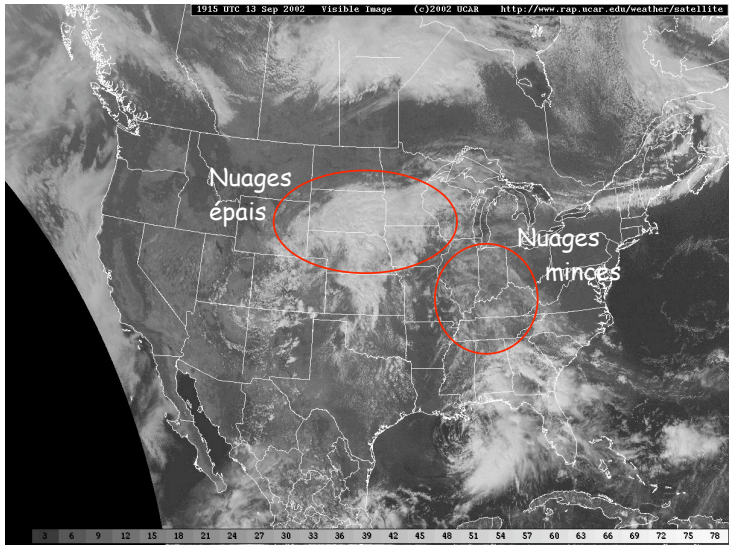
1) Grande épaisseur
2) Concentration élevée en gouttelettes de nuage

Caractéristiques des nuages avec un faible albédo:

1) Mince
2) Faible concentration en gouttelettes de nuage

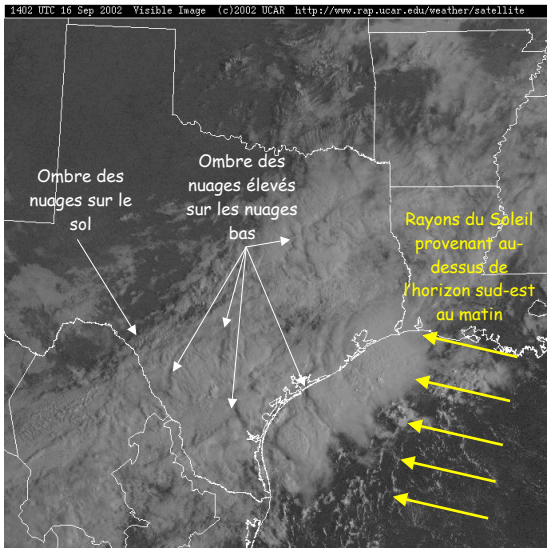


# Exemple d'image VIS



# Exemple d'image VIS le matin

Soirs et matins, alors que le soleil est à l'horizon, la structure des nuages est perceptible






# Problèmes avec les images VIS

- Distinguer les nuages avec un sol recouvert de neige.
- Distinguer les nuages très minces (albédo très faible), qui se confondent avec le sol.

Ces problèmes peuvent être contournés en bonne partie par l'utilisation d'animations d'images VIS.

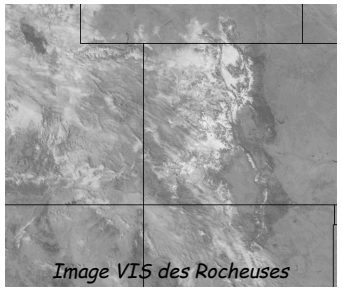


*Image VIS des Rocheuses*

*Image VIS des Grands-Lacs en hiver*



# Imagerie IR

Infrarouge : $\lambda$ = 11 $\mu$m

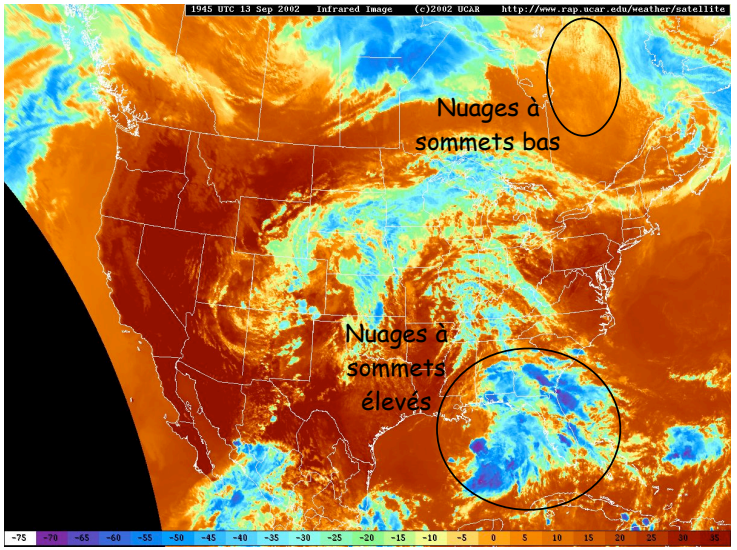
- A cette longueur d'onde, l'intensité de la radiation mesurée par le satellite dépend de la température du sommet des nuages ou de la surface terrestre.

Présentation en couleur
- Teinte de bleu : basse température (nuage élevé)
- Teinte de rouge : haute température (nuage bas ou sol)

Présentation en **noir et blanc**
- Blanc: basse température (nuage élevé)
- Noir : haute température (nuage bas ou sol)



# Exemple d'image IR



## Problèmes avec les images IR

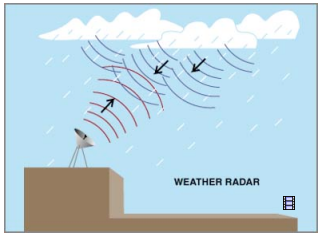
- Les nuages bas et le brouillard sont difficilement perceptibles en raison de la faible différence de température entre ceux-ci et le sol.
- Avec des nuages très minces ou de petites tailles, la radiation des niveaux inférieurs peut les traverser ou les contourner et faire paraître le nuage plus chaud, donc plus bas qu'il ne l'est en réalité.

# Le radar météorologique



## Radar (RAdio Detection And Ranging)

- Les radars météorologiques exploitent surtout les longueurs d'onde de 5 cm et 10 cm (micro-ondes).
- Principe de fonctionnement du radar
  1. Un signal électromagnétique est émis.
  2. Le signal interagit par diffusion avec les obstacles rencontrés le long de sa propagation (pluie, neige, insectes, oiseaux, édifices, sol, etc.) et une partie de l'énergie électromagnétique est rétrodiffusée vers le radar.

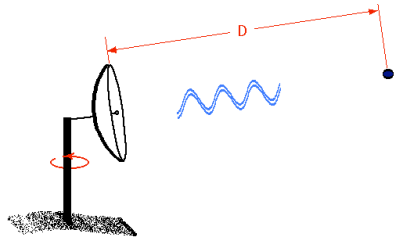


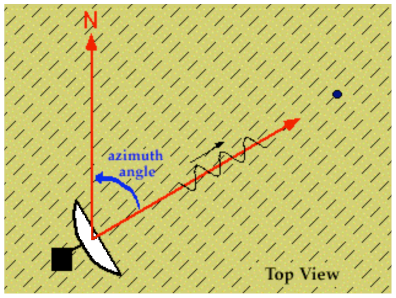

  3. Le récepteur du radar mesure le signal reçu et il le compare à celui transmis pour évaluer la quantité d'énergie électromagnétique rétrodiffusée par les obstacles et leur vitesse Doppler.

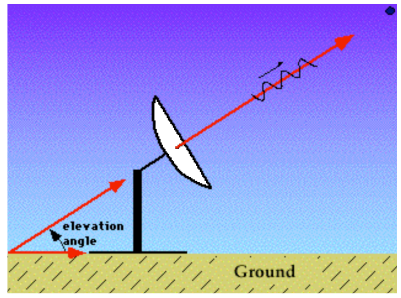


## Positionnement de la précipitation

- Le délai de temps entre le signal émit et celui reçu permet de calculer la distance de la cible.
- L'angle azimutal et l'élévation de l'antenne permettent de compléter le positionnement.



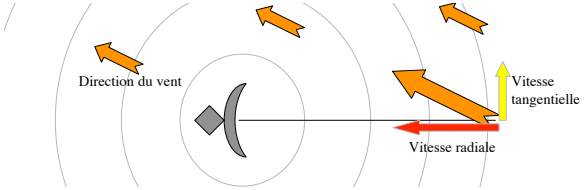
# Imagerie par radar

- Images de la réflectivité radar

  Affichage de la quantité d'énergie rétrodiffusée par la précipitation (pluie, neige, grêle, …)

- Images de la vitesse Doppler

  Affichage de la vitesse radiale de déplacement des obstacles obtenue en mesurant le changement de phase entre le signal émis et celui reçu.






# Radar Doppler principal de l'Université McGill
## (Ste-Anne-de-Bellevue)

- Radar de bande S : $\lambda$ = 10 cm
- Antenne parabolique de 9 m (30') de diamètre
- L'antenne complète un tour en 12,5 sec
- Sonde à 24 angles d'élévation différents (de 0,5° à 34,5°)
- Puissance du signal émis : 700 kW (~$10^6$ W)
- Puissance du signal reçu : ~1 mW (~$10^{-3}$ en moyenne)
- Durée de l'émission : 1 $\mu$s ($10^{-6}$ s)
- Durée de l'écoute : ~1 ms ($10^{-3}$ s)

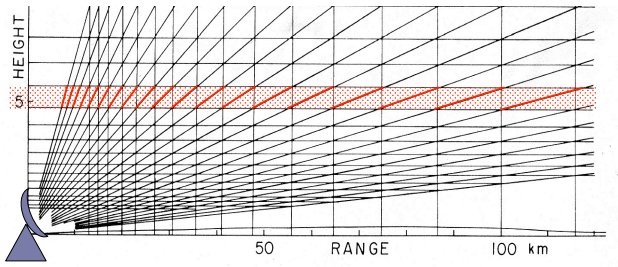


# Présentations panoramiques

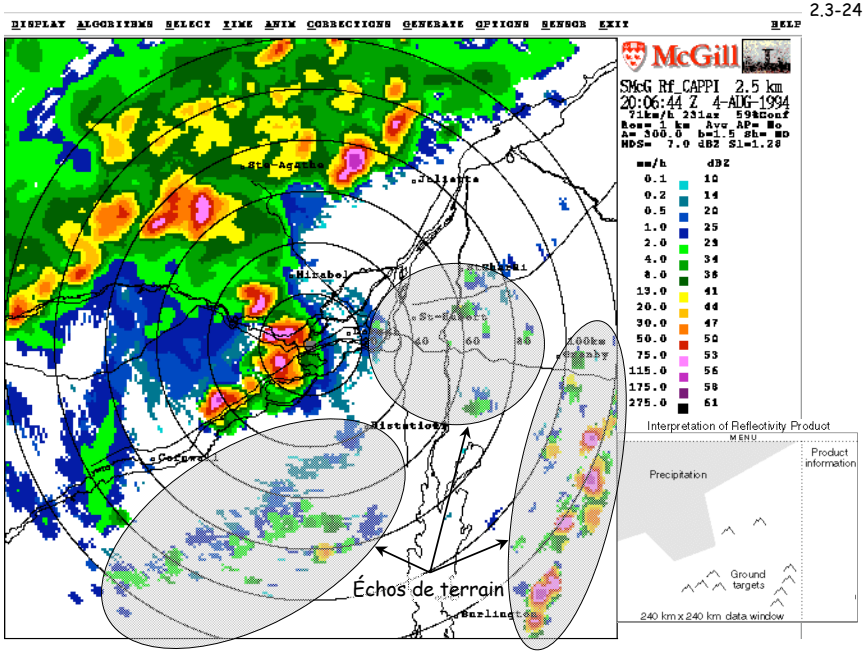
Les images de réflectivité radar et de vitesse Doppler sont généralement présentées sous forme CAPPI :

CAPPI - "Constant Altitude Plan Position Indicator"

- Présente les mesures à altitude constante.
  - Ces images sont obtenues par traitement informatique une fois le balayage à tous les angles de site complété.





# Images de réflectivité

- L'énergie rétrodiffusée est :
  - proportionnelle au **nombre** d'hydrométéores
  - proportionnelle à la **grosseur** des hydrométéores

  $\Longrightarrow$ Elle est donc proportionnelle à l'intensité de la précipitation.
- L'énergie rétrodiffusée dépend du type de précipitation :
  - la pluie est plus réfléchissante que la neige, mais
  - la neige fondante est plus réfléchissante que la pluie

neige < pluie < neige fondante

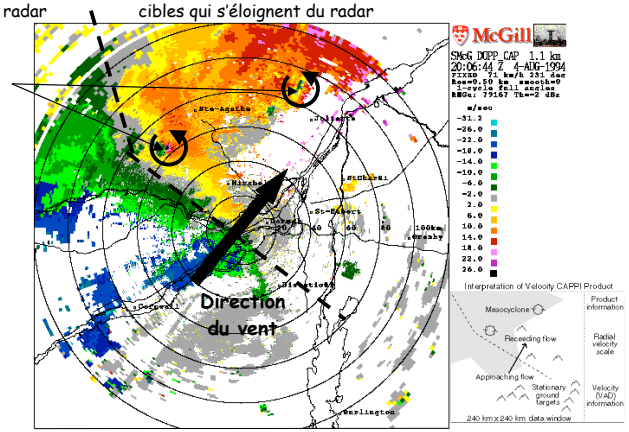
# Images Doppler

- Utiles pour la détection du temps violent, par exemple : le mésocyclone, précurseur potentiel d'une tornade.

▪ Les valeurs négatives indiquent des cibles qui s'approchent du radar

▪ Les valeurs positives indiquent des cibles qui s'éloignent du radar

Mésocyclones




**Mésocyclones**: zone de rotation dans un orage, environ 10km de diamètre.