

Les satellites météorologiques

S.Puginier



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Des satellites défilants et géostationnaires



Défilants

- 860 km d'altitude
- 1 tour en 1h40
- 2 passages/jour à la verticale d'un point



Géostationnaires

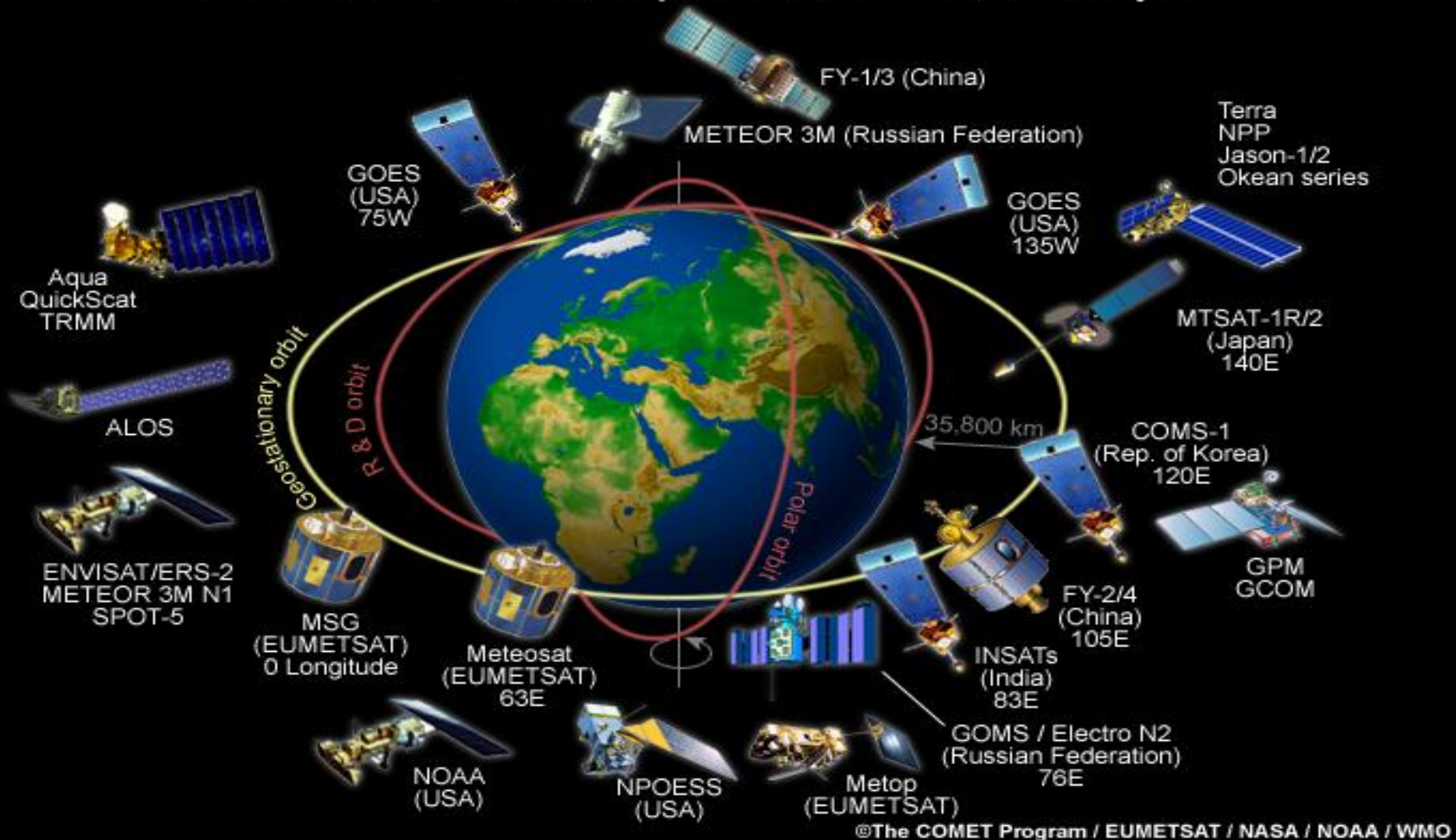
- 36 000 km d'altitude
- à la verticale de l'équateur

Les missions complémentaires des géostationnaires et des défilants à orbites basses



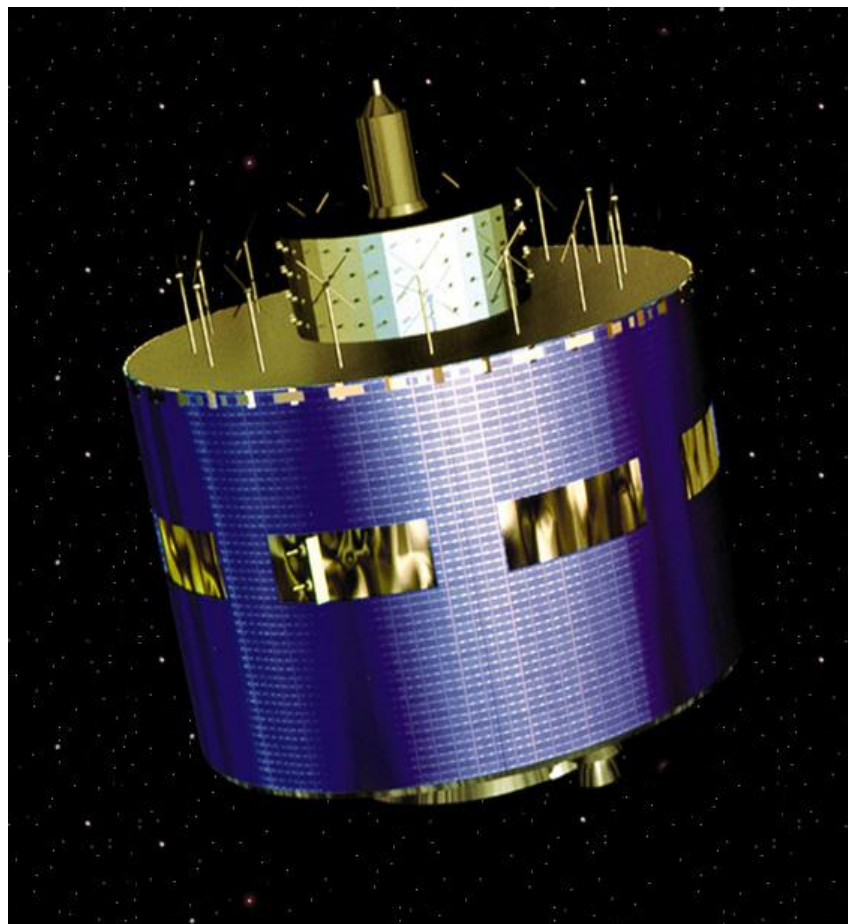
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

EPS Contributes to the Global Operational Satellite Observation System



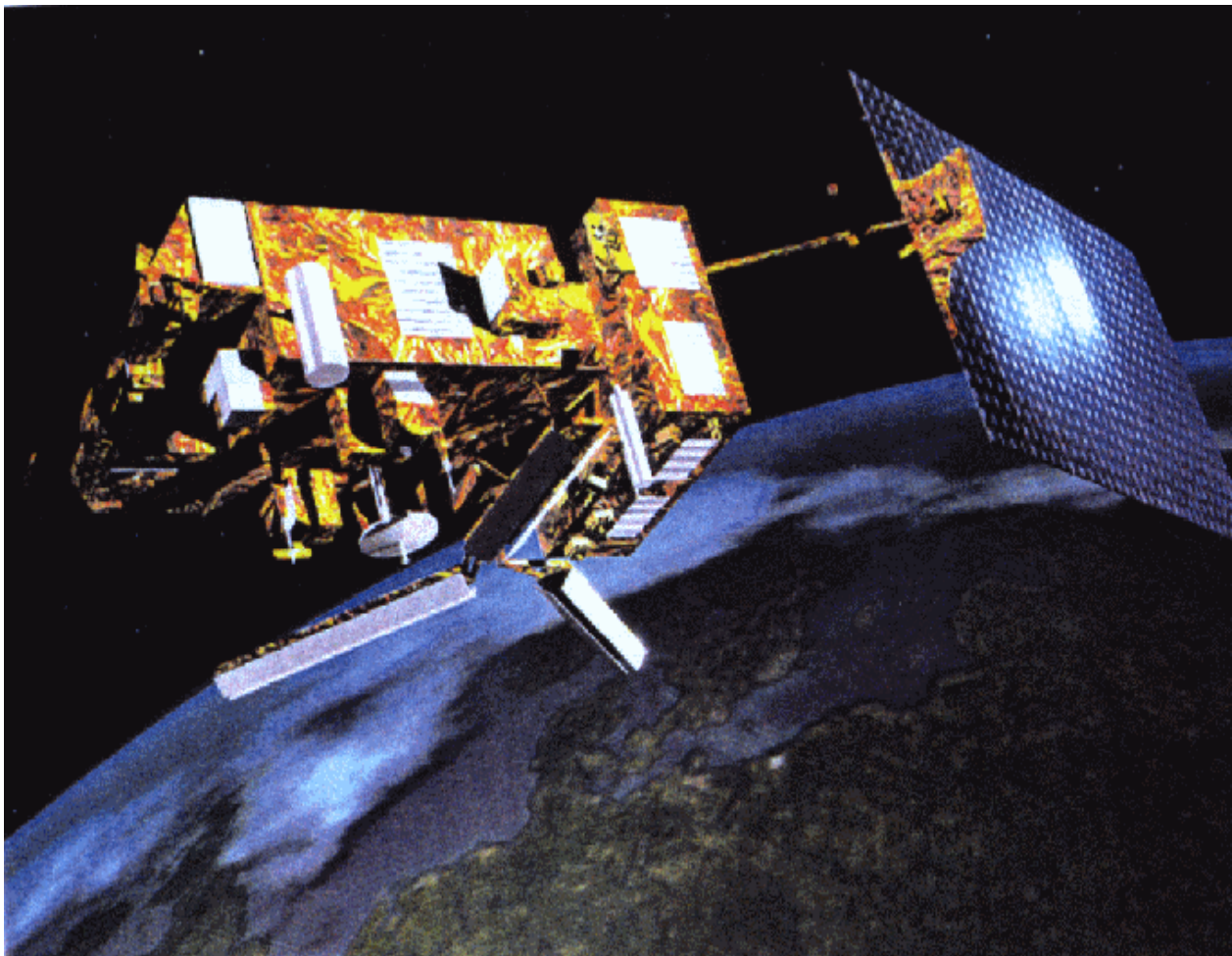
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

METEOSAT SECOND GENERATION - MSG



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Le satellite Metop



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Les principes de la mesure

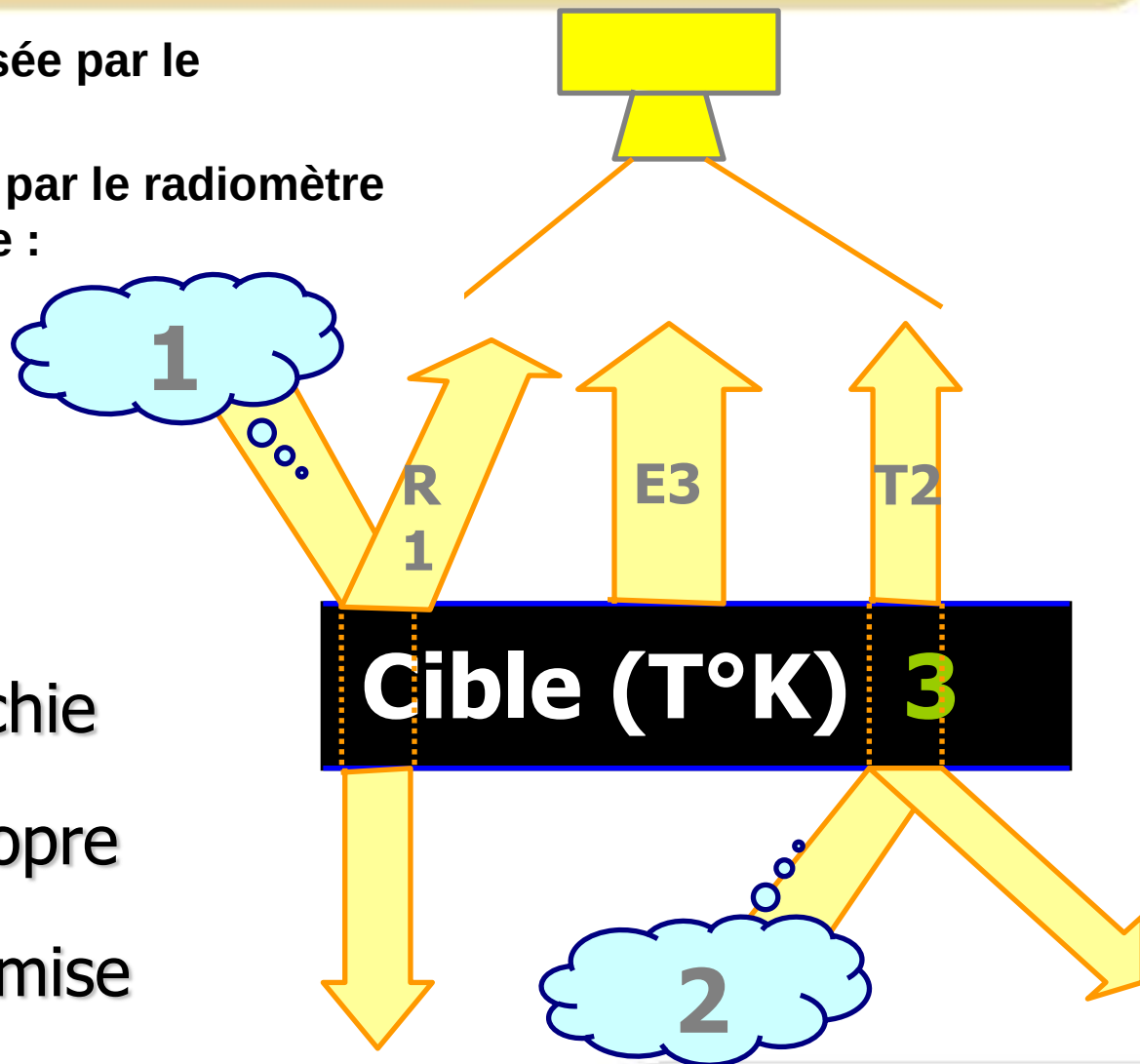


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Quel est le principe de la mesure ?

Le principe de la mesure réalisée par le radiomètre :

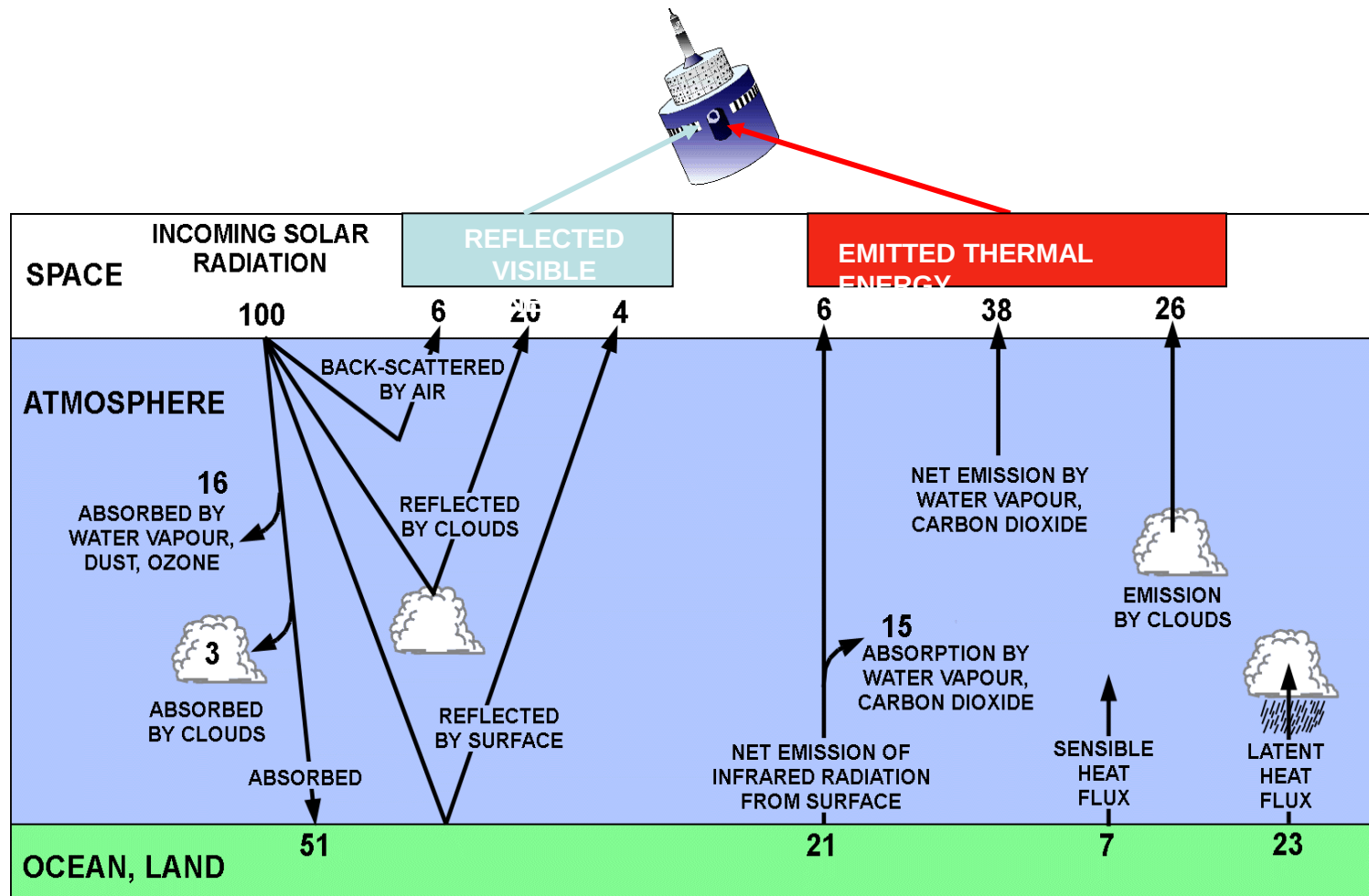
3 contributions au signal reçu par le radiomètre en provenance de la cible :



- R1 : partie réfléchie
- E3 : émission propre
- T2 : partie transmise



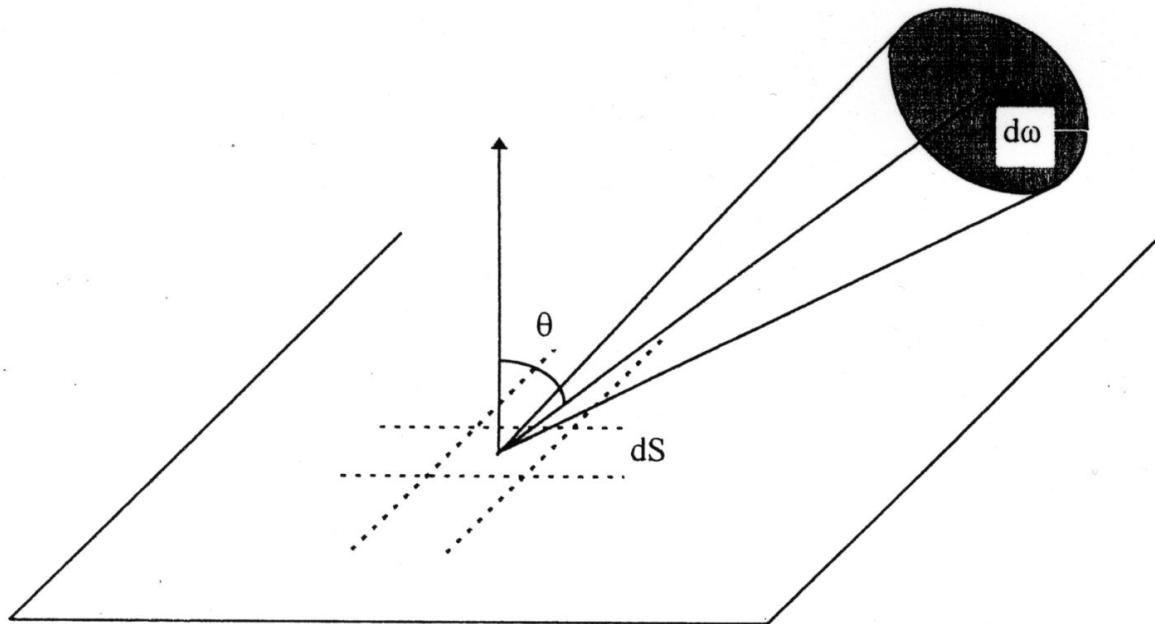
Description de l'équilibre énergétique global



Les nombres sont des pourcentages du rayonnement moyen global solaire au sommet de l'atmosphère

Radiomètre : que mesure-t-on ?

L'élément de surface dS rayonne vers le satellite une quantité d'énergie dE en Joules, qui est donnée par la formule ci-dessus. La quantité L_ν qui caractérise l'intensité du rayonnement est appelée luminance spectrale en $\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} [\nu]^{-1}$.



$$dE = L_\nu \cos\theta dS d\omega d\nu dt$$

J ← L_ν ← m^2 ← sr ← fréquence → s

Luminance spectrale (ou radiance R)



Température de brillance

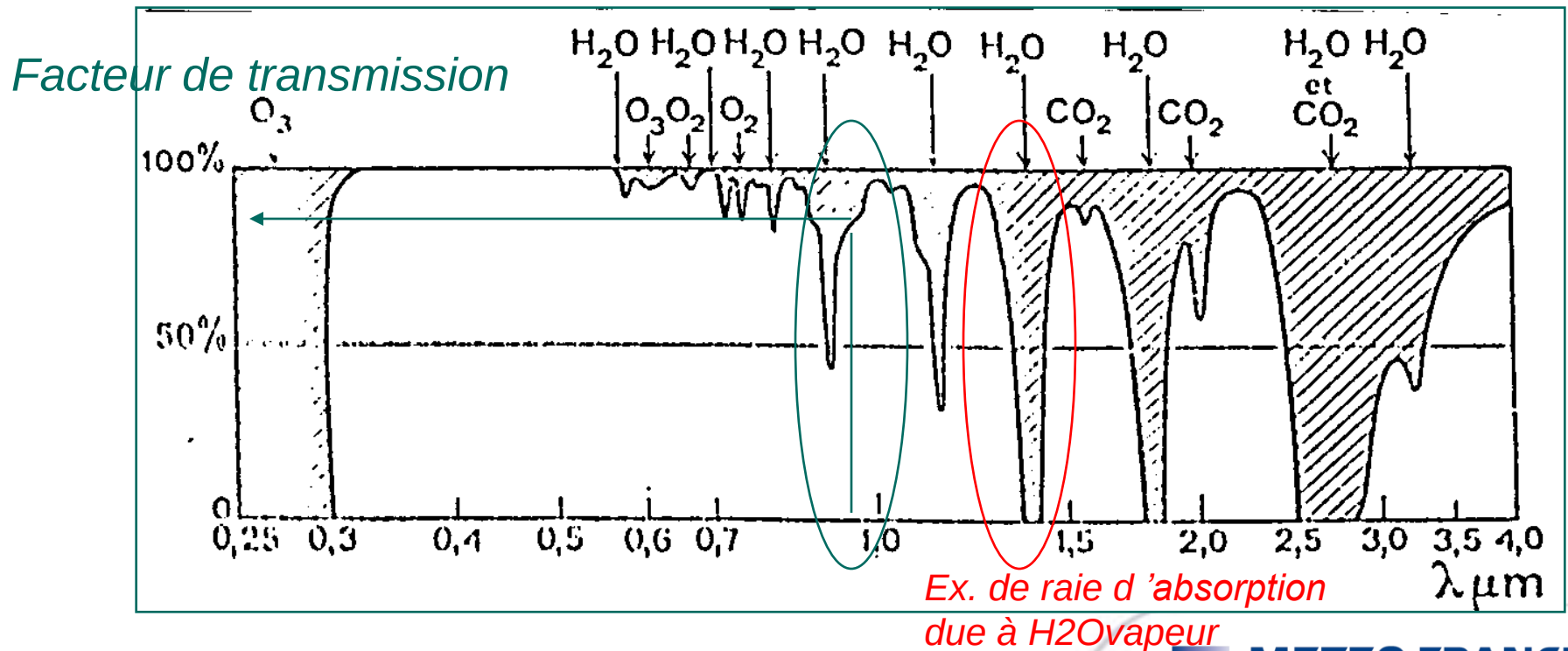
- Si L_ν est la luminance mesurée par le satellite, on définit la température de brillance par :
 - $L_\nu = B_\nu(T_b)$
- T_b est la température du corps noir émettant à la fréquence ν une luminance égale à celle mesurée par le satellite :
 - $T_b \neq$ température physique



Le comportement d'une atmosphère standard pour un rayonnement de courtes longueurs d'onde

Exemple d'un rayonnement de $0.9\mu\text{m}$:?

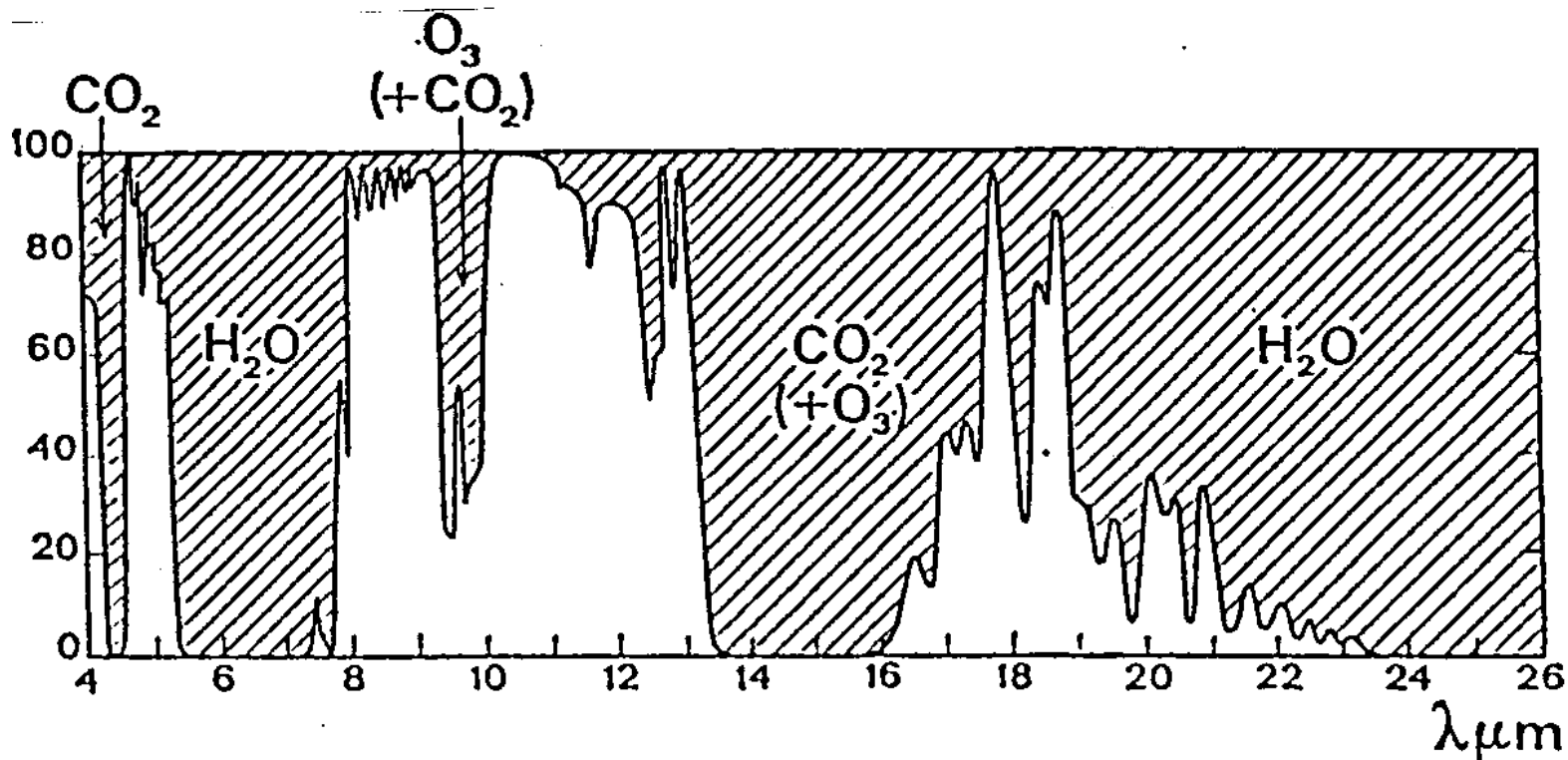
Exemple d'un rayonnement de $1.4\mu\text{m}$:?



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

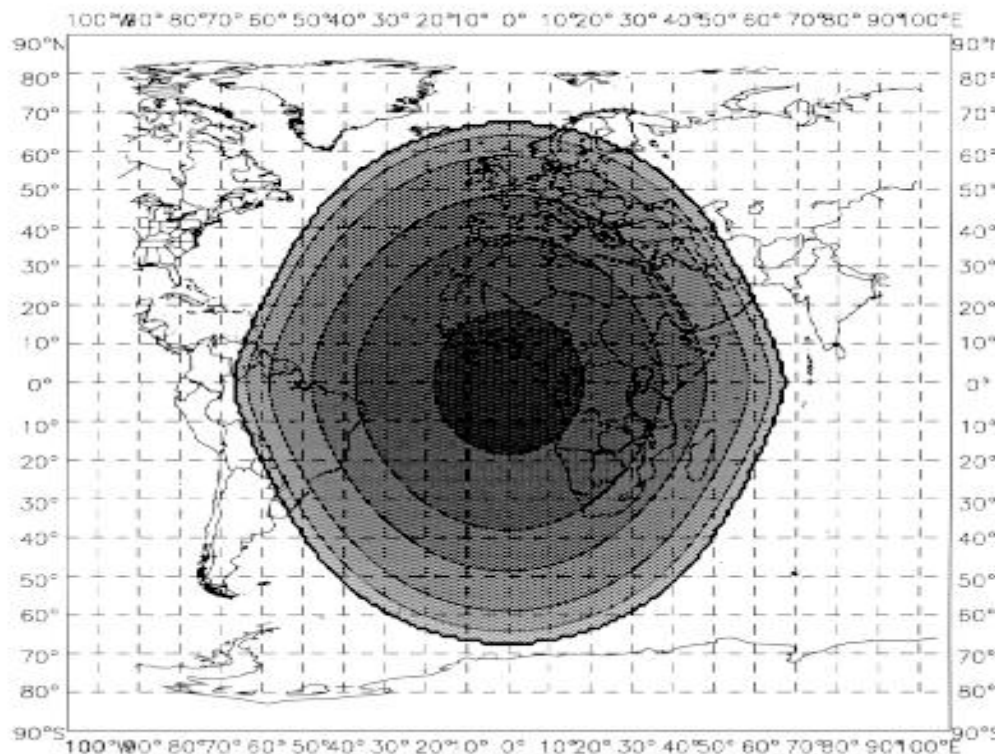
Le comportement d'une atmosphère standard pour de grandes longueurs d'onde

Les fenêtres de transparence et d'absorption alternent dans ce domaine des grandes longueurs d'onde. Les bandes d'absorption par la vapeur d'eau dominent.



Pouvoir de résolution

La figure ci-dessous montre la résolution spatiale en fonction des coordonnées géographiques. En effet, l'acquisition est réalisée sur MSG avec des visées d'une ouverture angulaire constante depuis l'orbite des géostationnaires.



Légende

Gris foncé = 3.1 km

Gris clair = 4 km,

5 km, 6 km, 8 km et
11km, pour les autres
teintes.



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

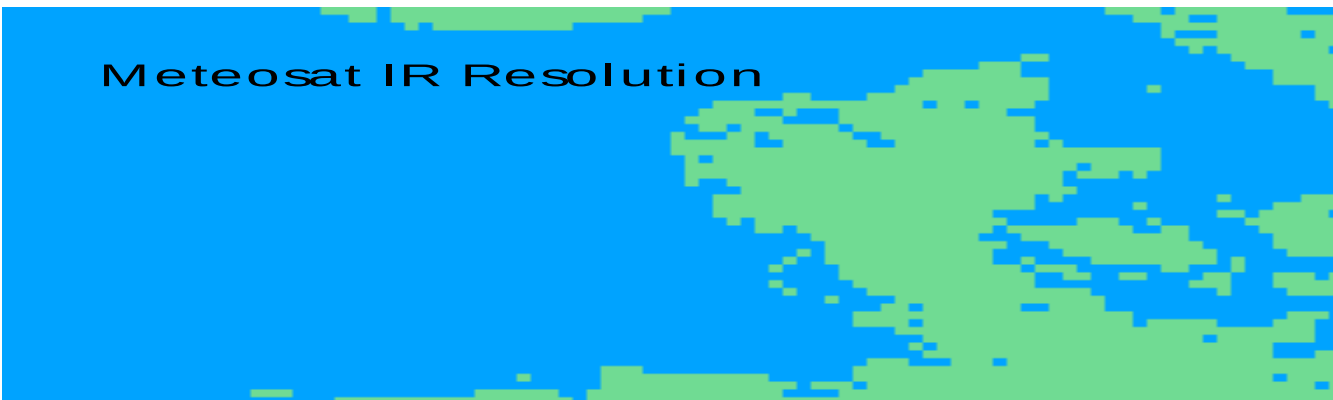
MSG 1 km Resolution



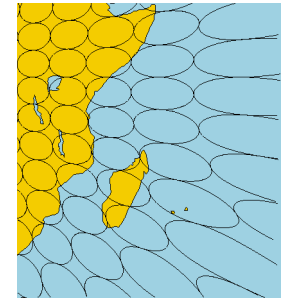
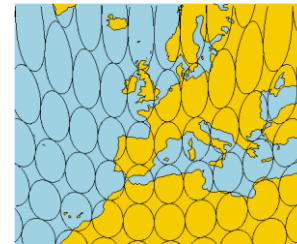
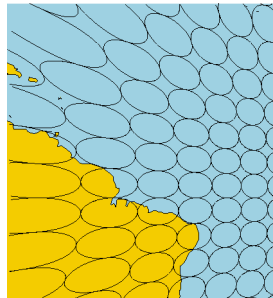
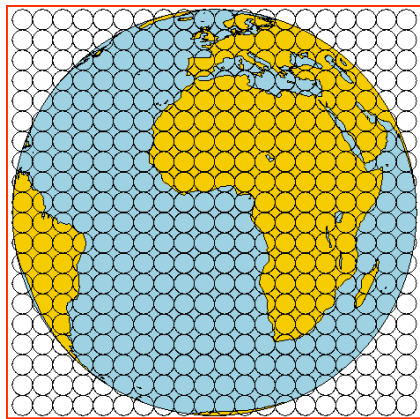
MSG 3 km Resolution



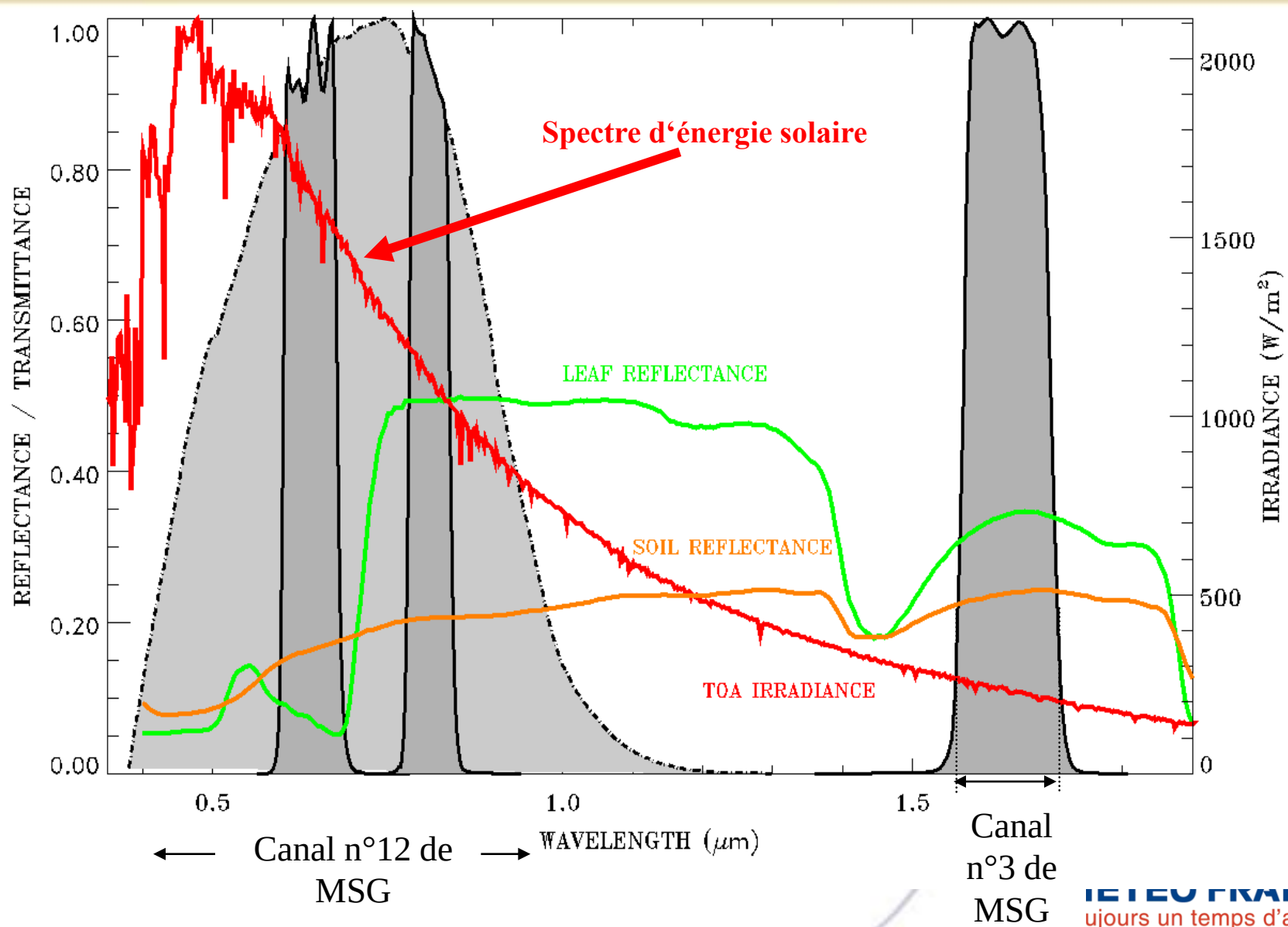
Meteosat IR Resolution



Impact de la rotondité de la terre



Impact de la largeur du canal



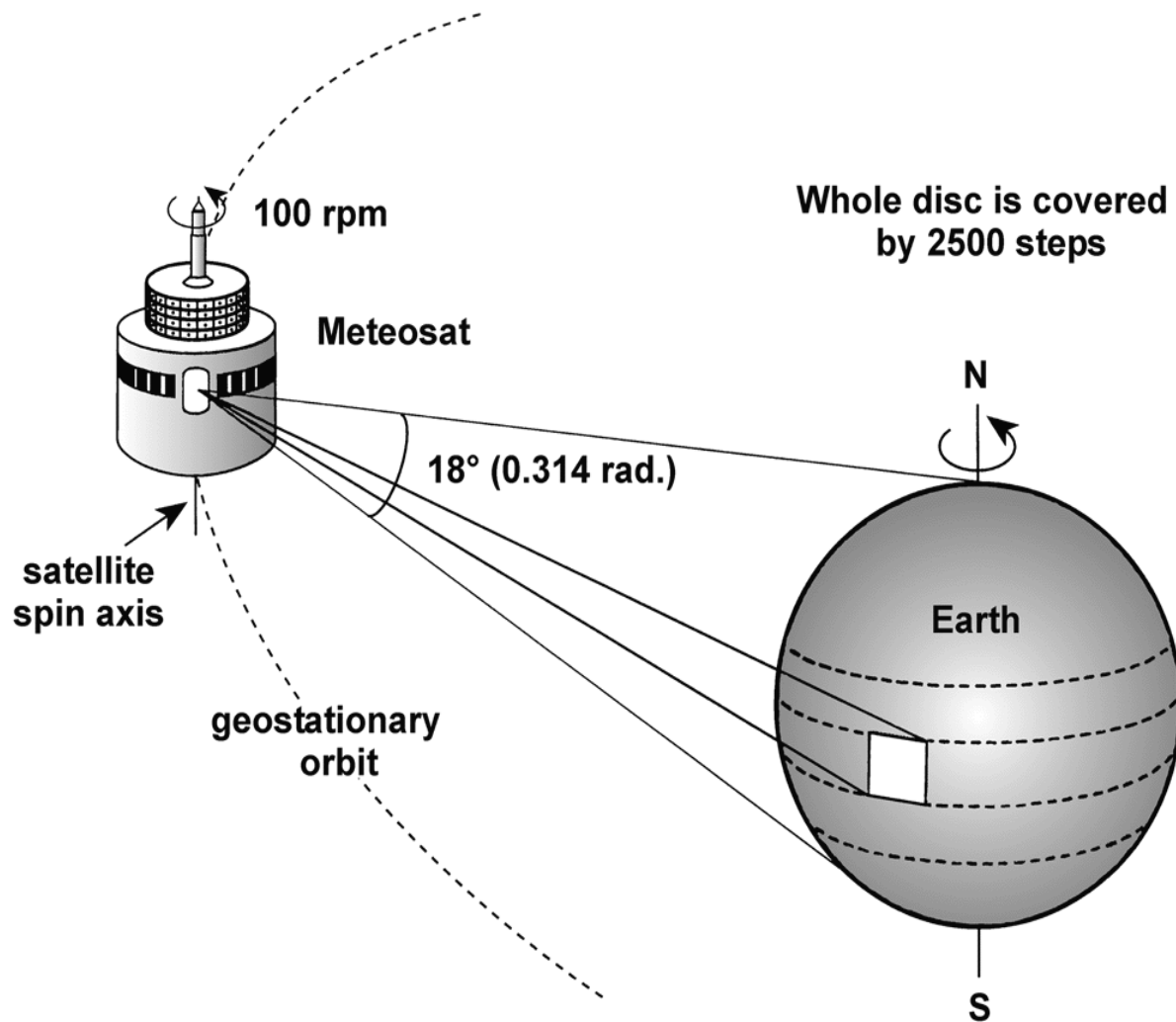
L'imageur

- *Une image ou une photo ?*
- *exemples de degrés de résolution*

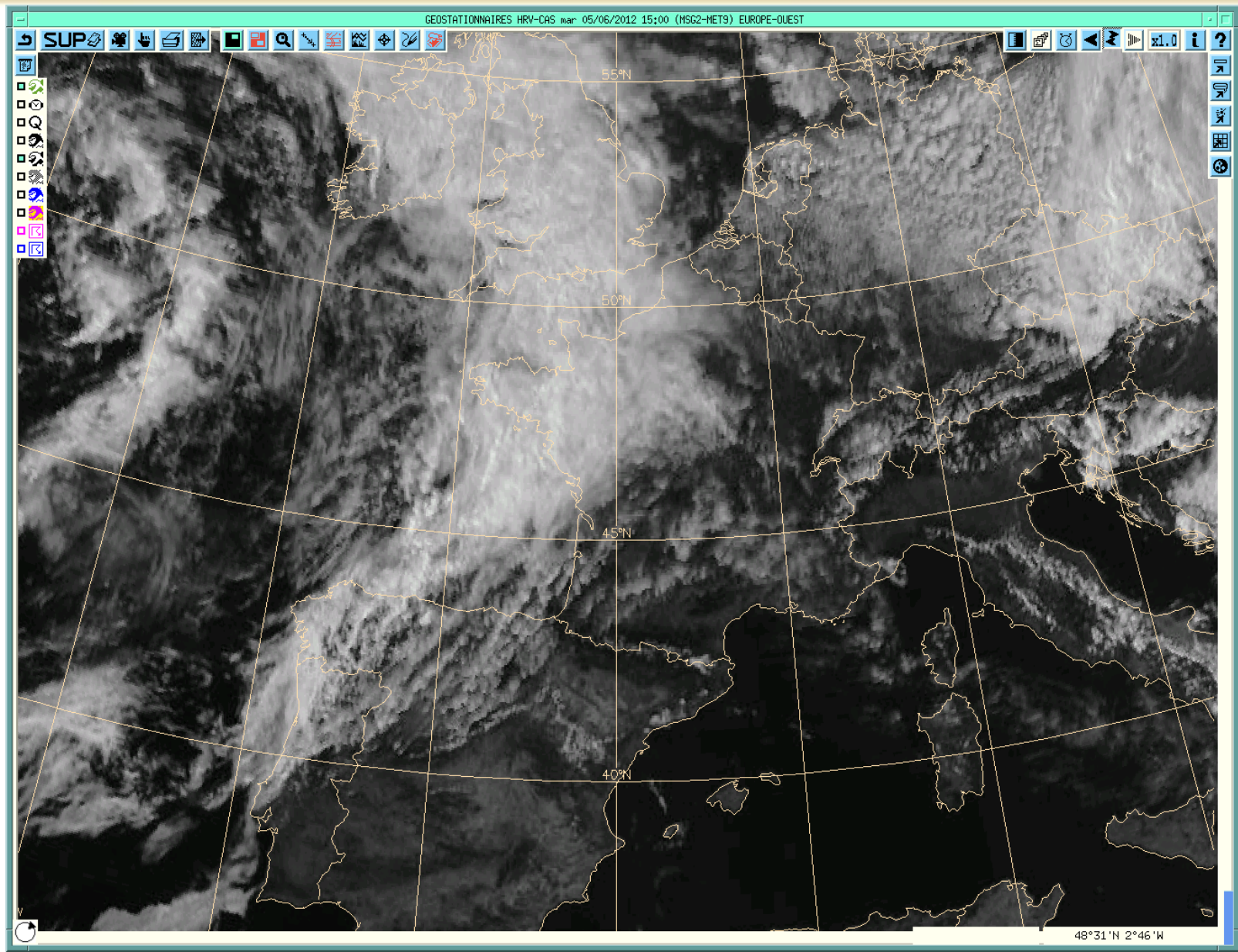


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

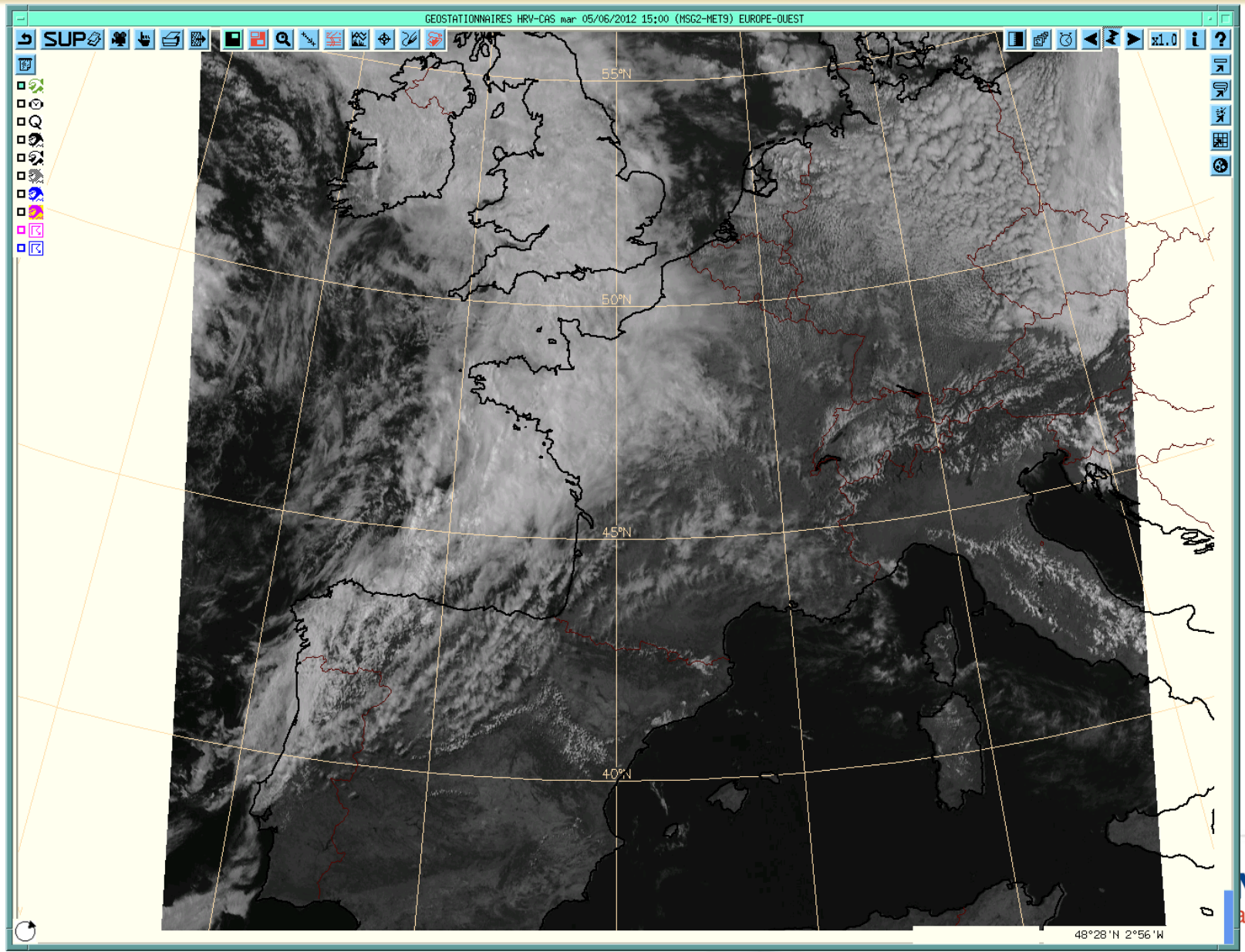
Le mode de balayage par spin de l'imageur de METEOSAT M7 et MSG



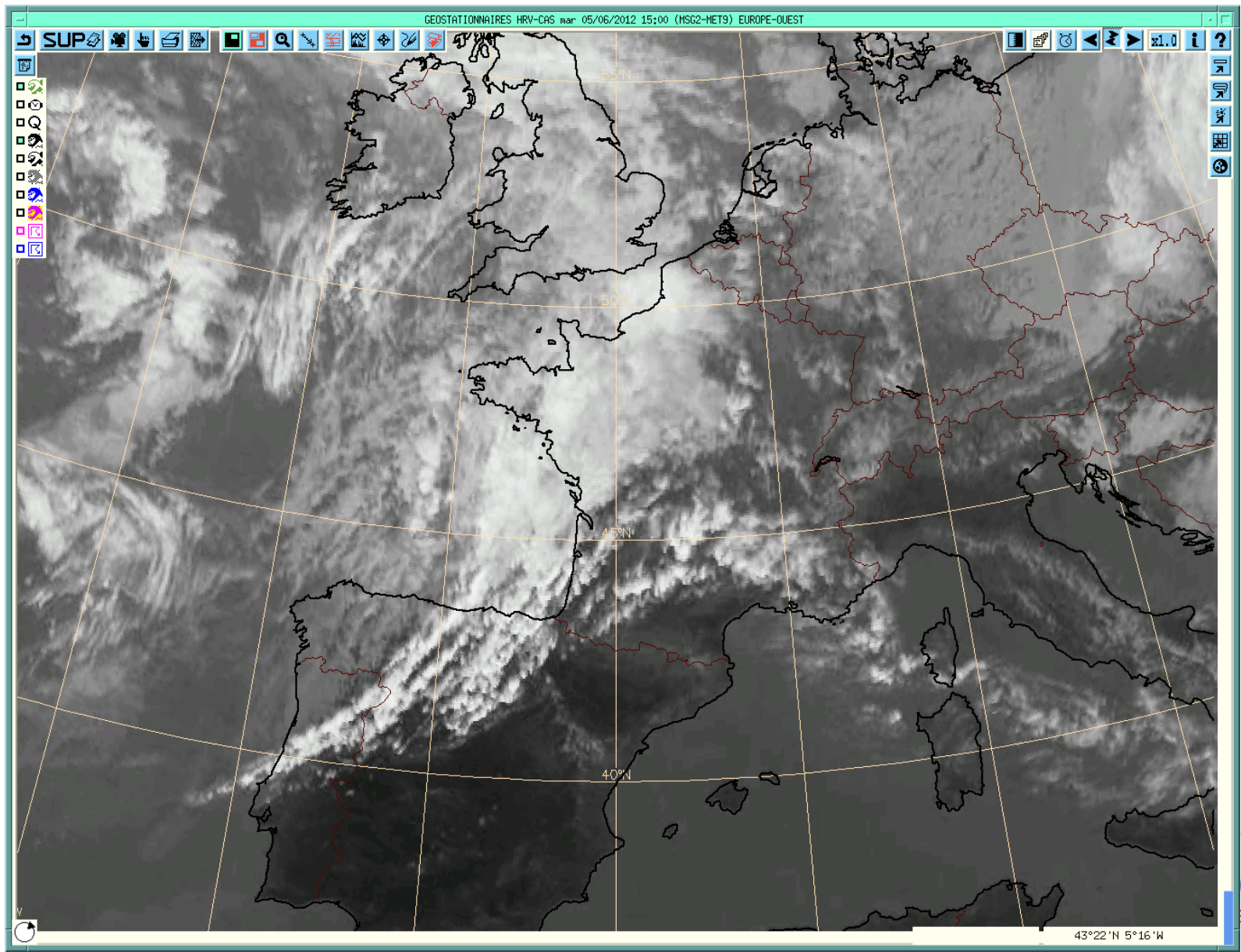
VIS



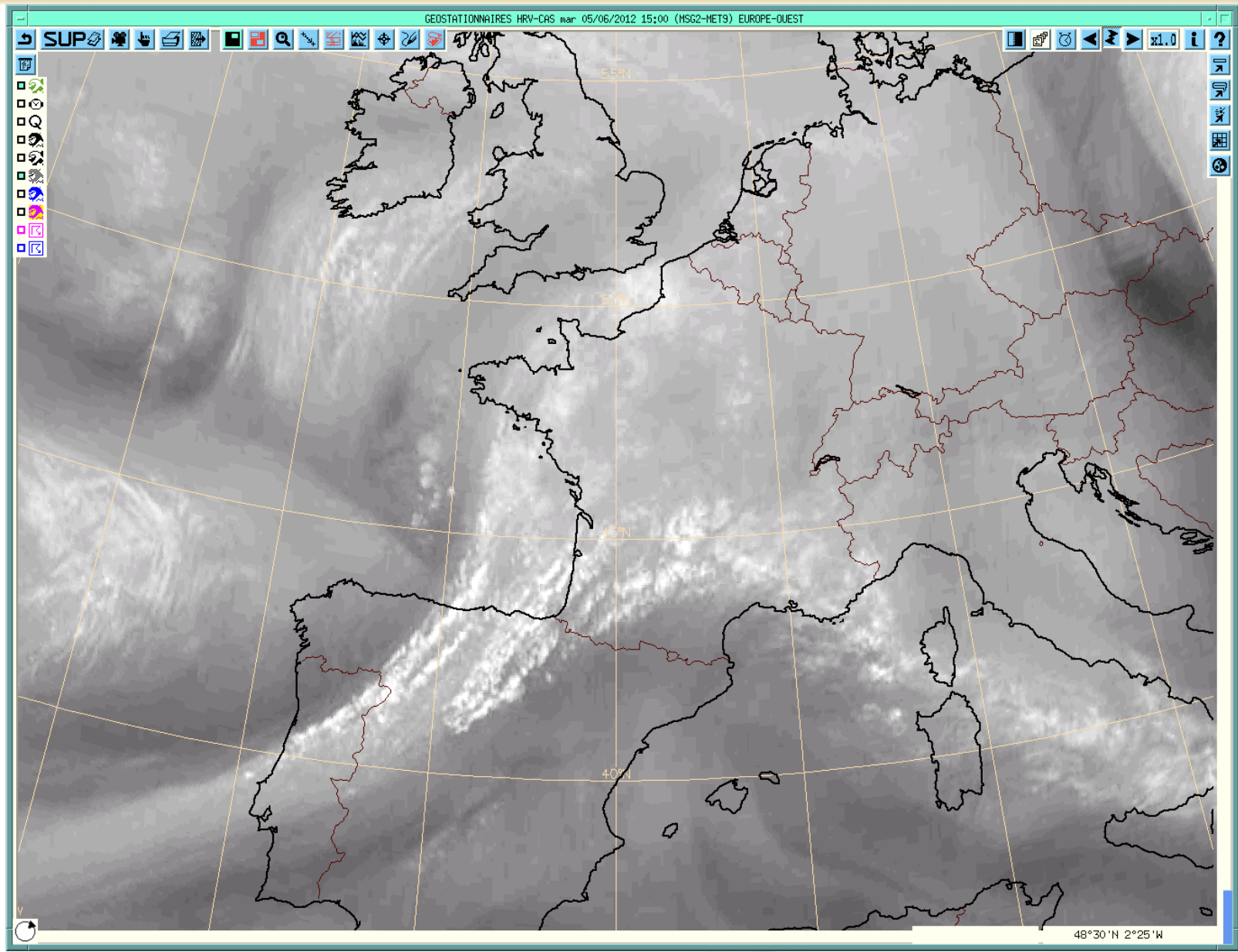
HRV



IR 10.8



Infra-Rouge « Vapeur d'eau »



Composition colorée

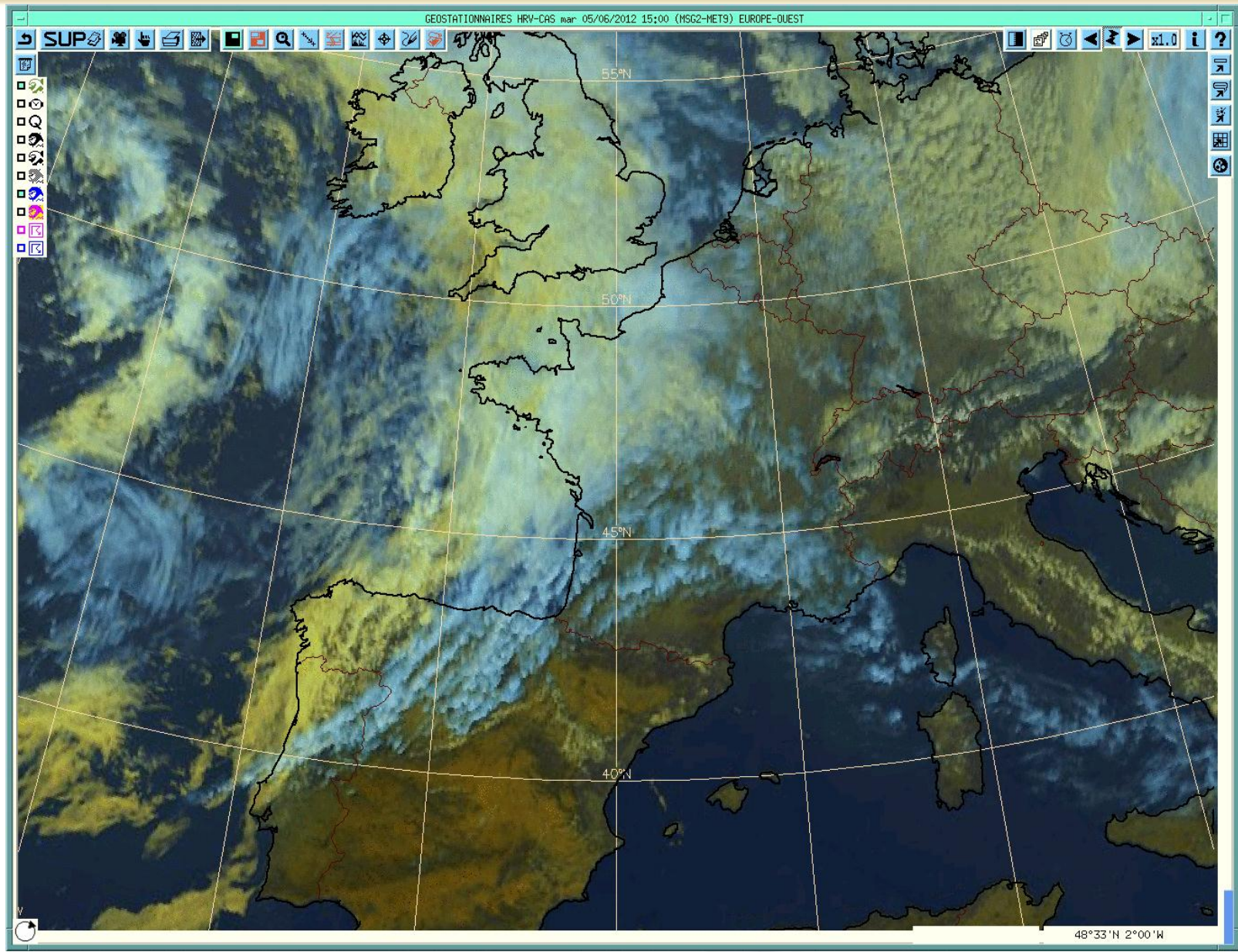
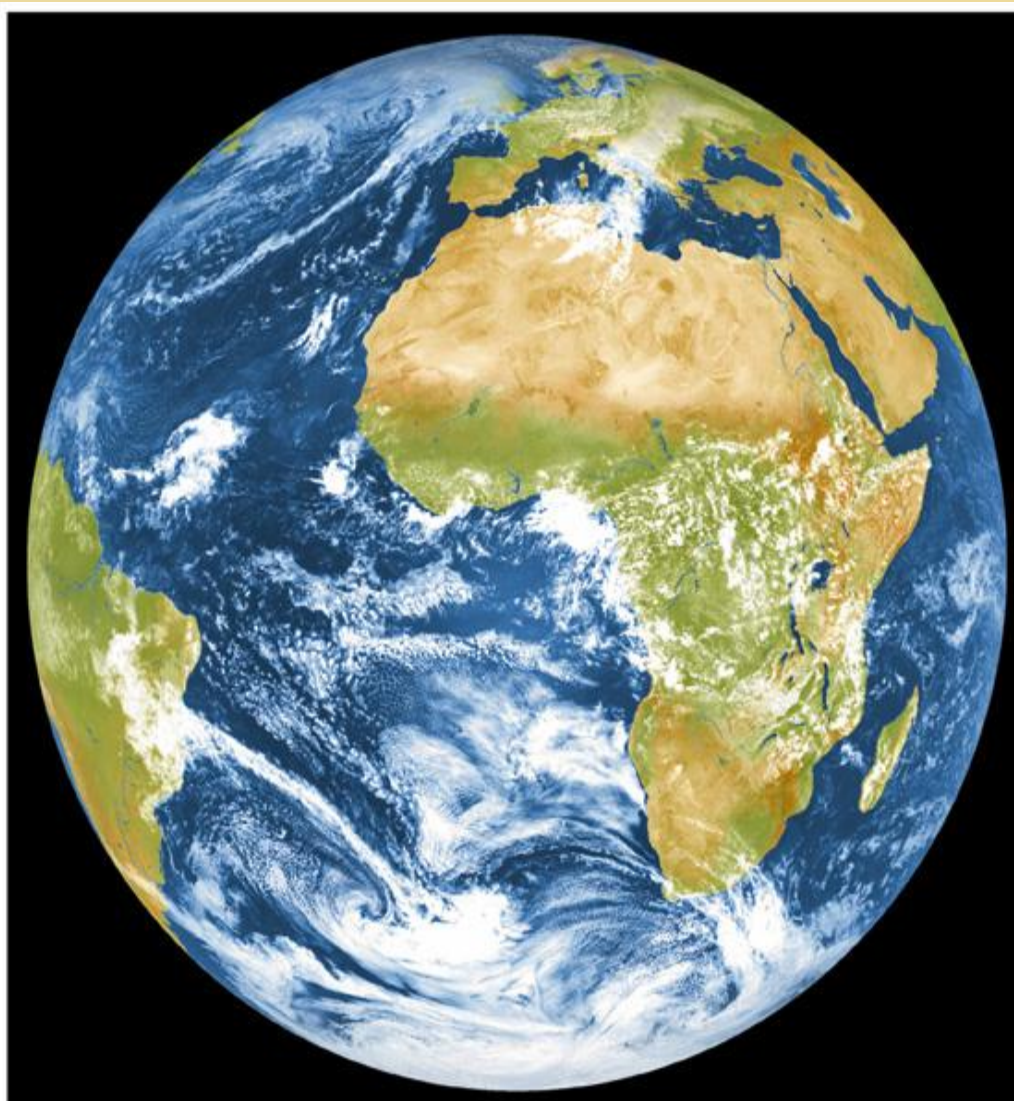
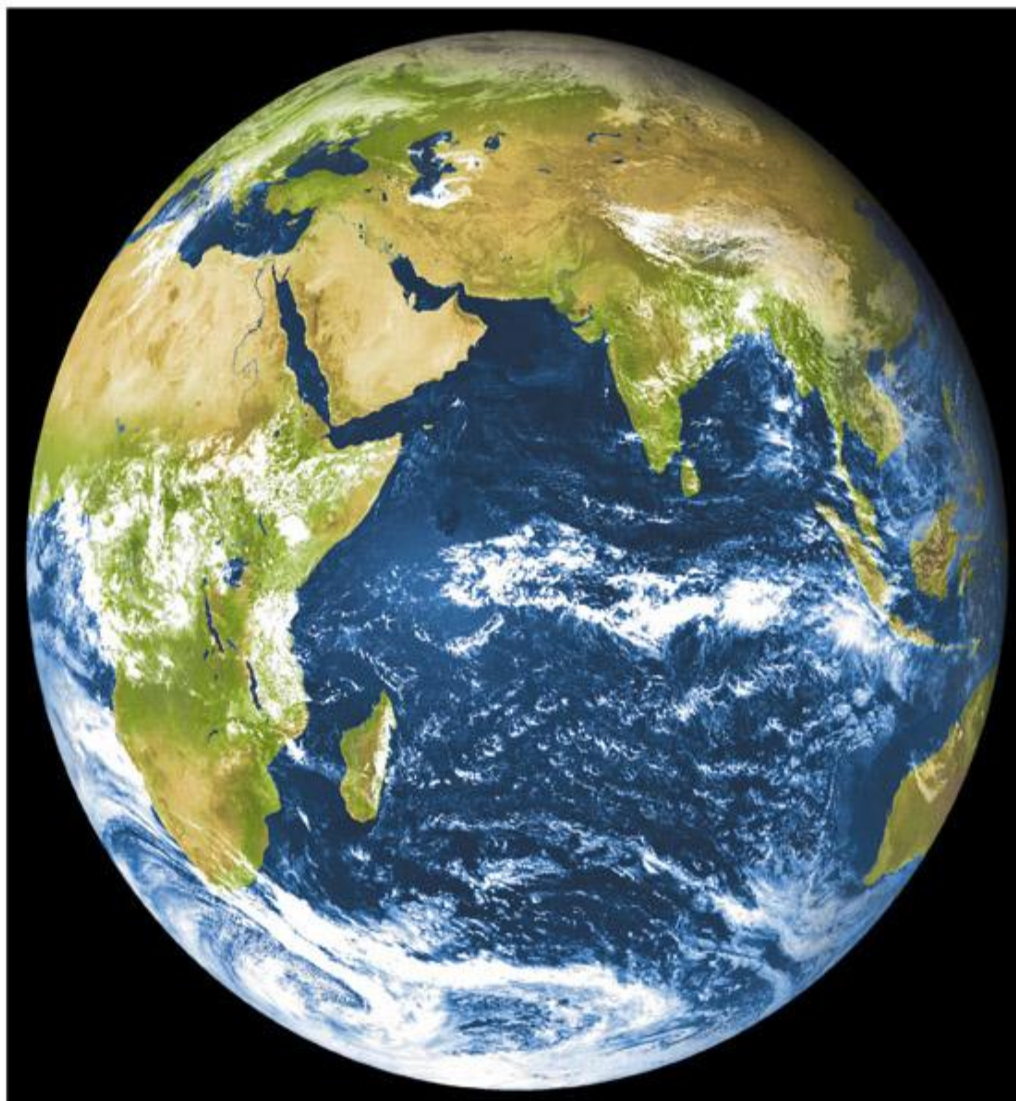


Image 0° LONGITUDE METEOSAT-7 IMAGE



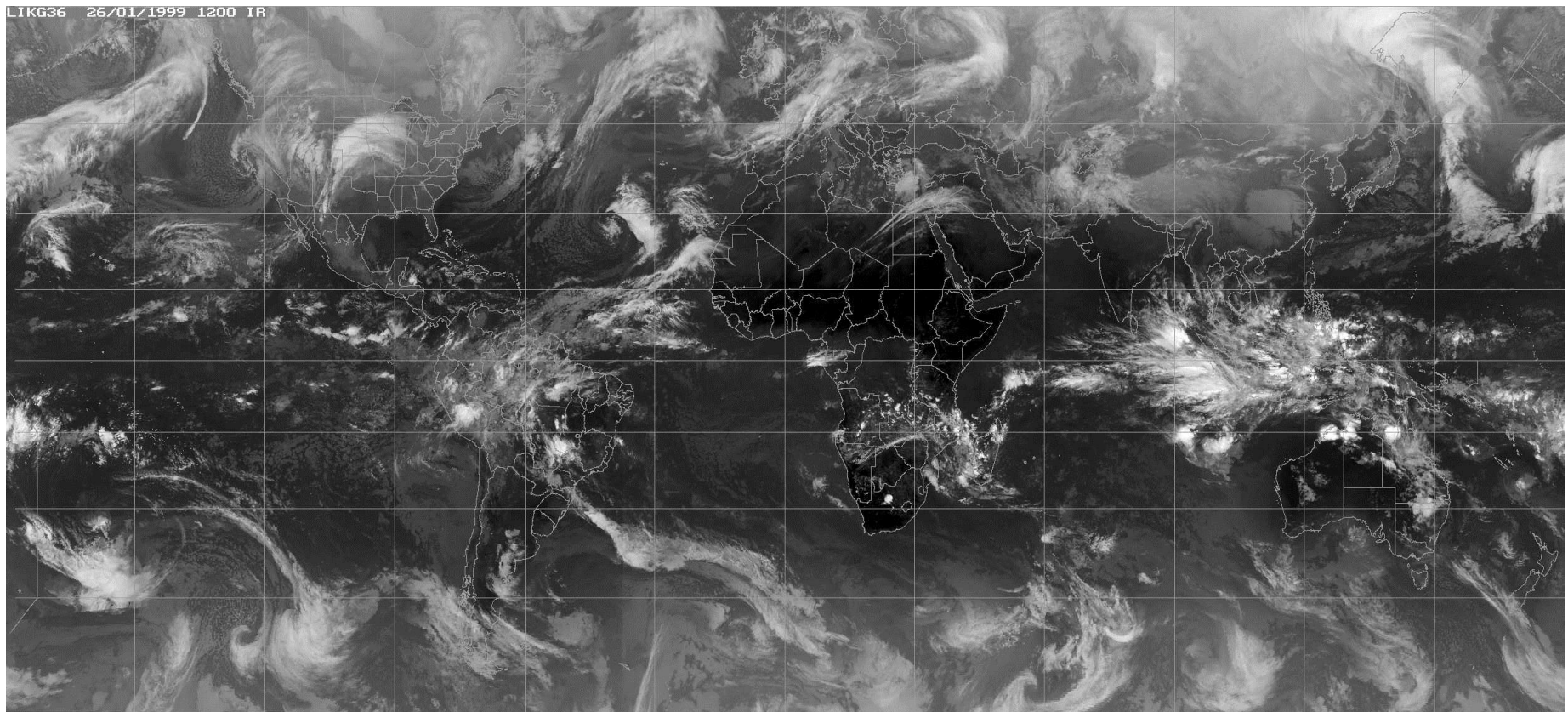
METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Image 63°E METEOSAT-5 VIS IMAGE



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

GEOSTATIONARY COMPOSITE IMAGE

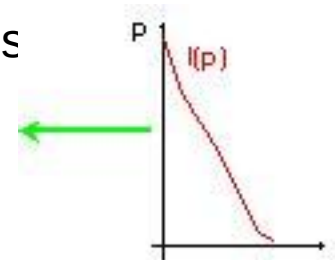


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

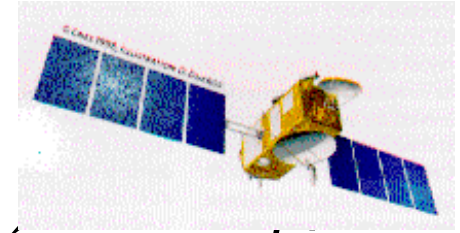
Les fonctions Sondage

IMAGEURS: résolution horizontale fine, large canal, quelques canaux (ex: MSG/SEVIRI 12 canaux)

SONDEURS: résolution verticale fine dans l'épaisseur de l'atmosphère, fin canal (IASI/METOP, 8461 canaux)



La fonction Radar



- *La fonction radar sur des satellites océanographiques*
Couplage Océan - Atmosphère
Exemples : ERS et TOPEX-POSEIDON
JASON
- *Le potentiel de cette fonction radar*
- *Pas de fonction radar actuellement disponible sur les satellites opérationnels METEOSAT et GOES*
- *Fonction radar sur METOP: ASCAT*



Interprétation d'images

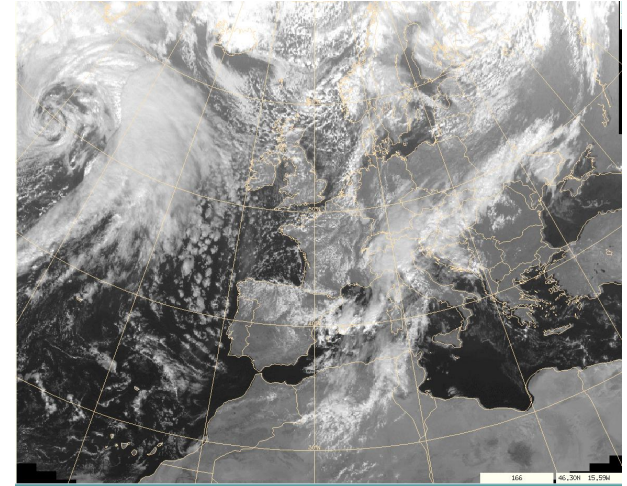


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Le canal visible

La Radiance est fonction de 3 paramètres :

- *Intensité du rayonnement incident*
 - *Variabilité de la distance Soleil-terre,*
 - *Limpidité*
- *Géométrie Soleil / Cible / Satellite*
 - *Eclairement nul de nuit,*
 - *incidences rasantes,*
- *Réflectivité de la cible*
 - *nuages, mer, sols, suspensions de sable, etc..*



Les variations de réflectivité des cibles

- *La réflectivité de la cible est :*
 - *mauvaise pour la mer*
 - *moyenne pour la terre*
 - *sable +, roche -, neige +*
 - *(très)bonne pour les nuages*
 - *nature particules (particules liquides +, solides -)*
 - *surface supérieure lisse (nuages stratiforme)*
 - *épaisseur importante*

Attention aux effets d'ombre et de relief ajoutés



Comment expliquer la différence d'aspect du nuage avec le canal Vis en fonction de la position du satellite ?

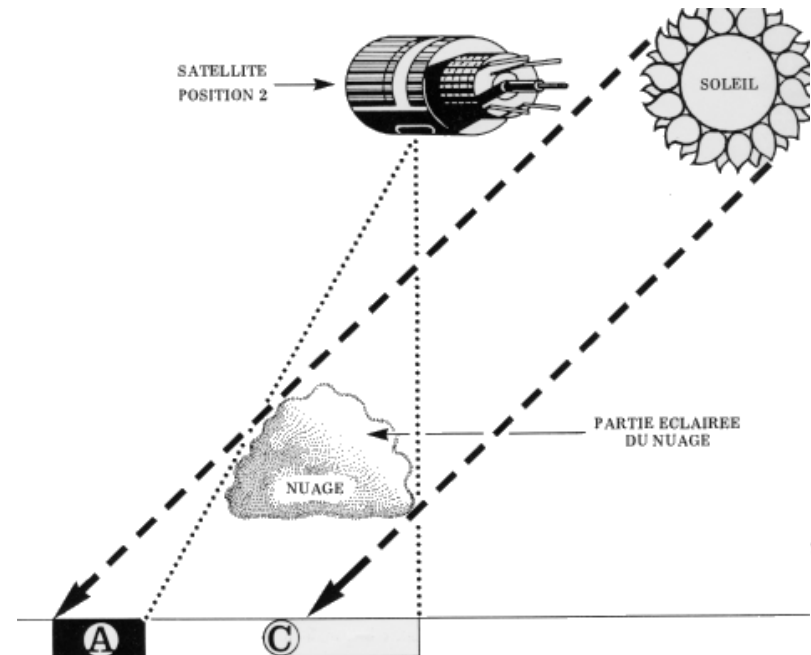
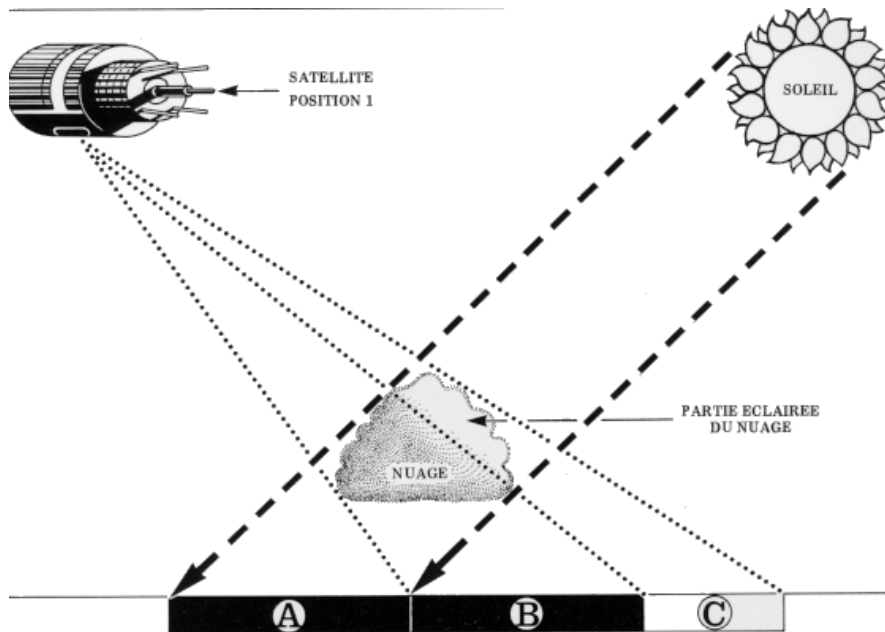
Les zones vues par le satellite sont :

C : Le nuage vu et éclairé par le soleil,

B : le nuage vu mais non éclairé,

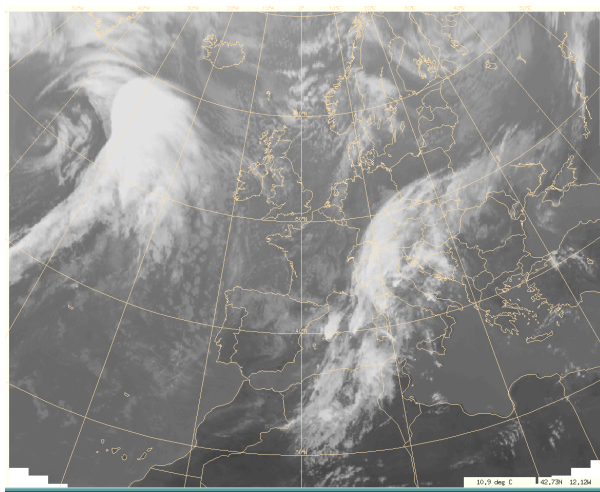
A : l'ombre portée vue, l'ombre portée non vue, la surface non nuageuse vue et éclairée

Le même nuage correspondra à des aspects différents selon la saison, l'heure et l'endroit



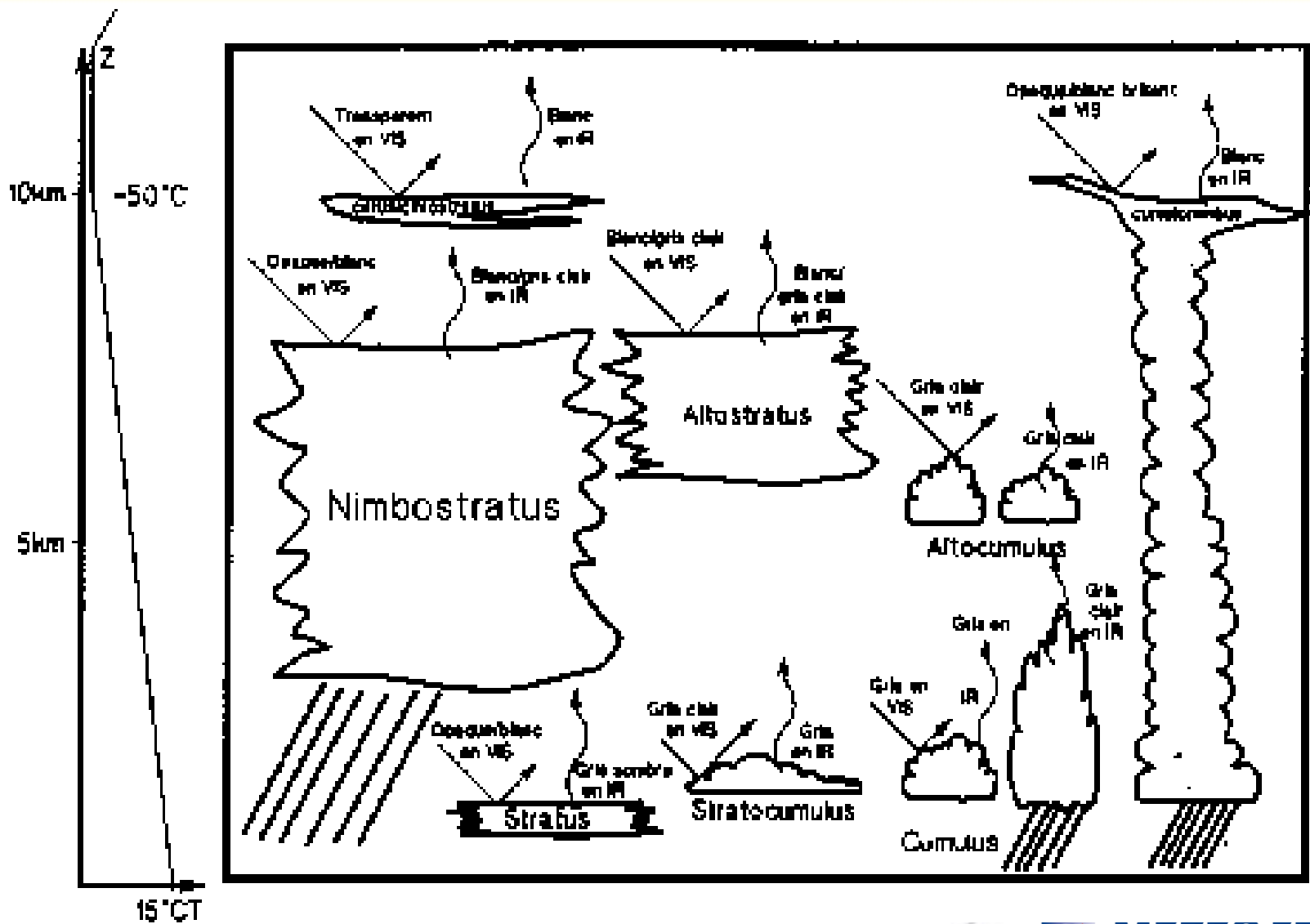
Le canal infrarouge thermique 10.5 à 12.5 μm ?

- *La radiance est fonction température de surface*
 - nuages, terre, mer
- *L 'absorption de l'atmosphère n 'est pas négligeable*
- *La température radiométrique va être utilisée pour un calcul d'altitude avec*
 - atm. standard, clim., obs RS, modèle

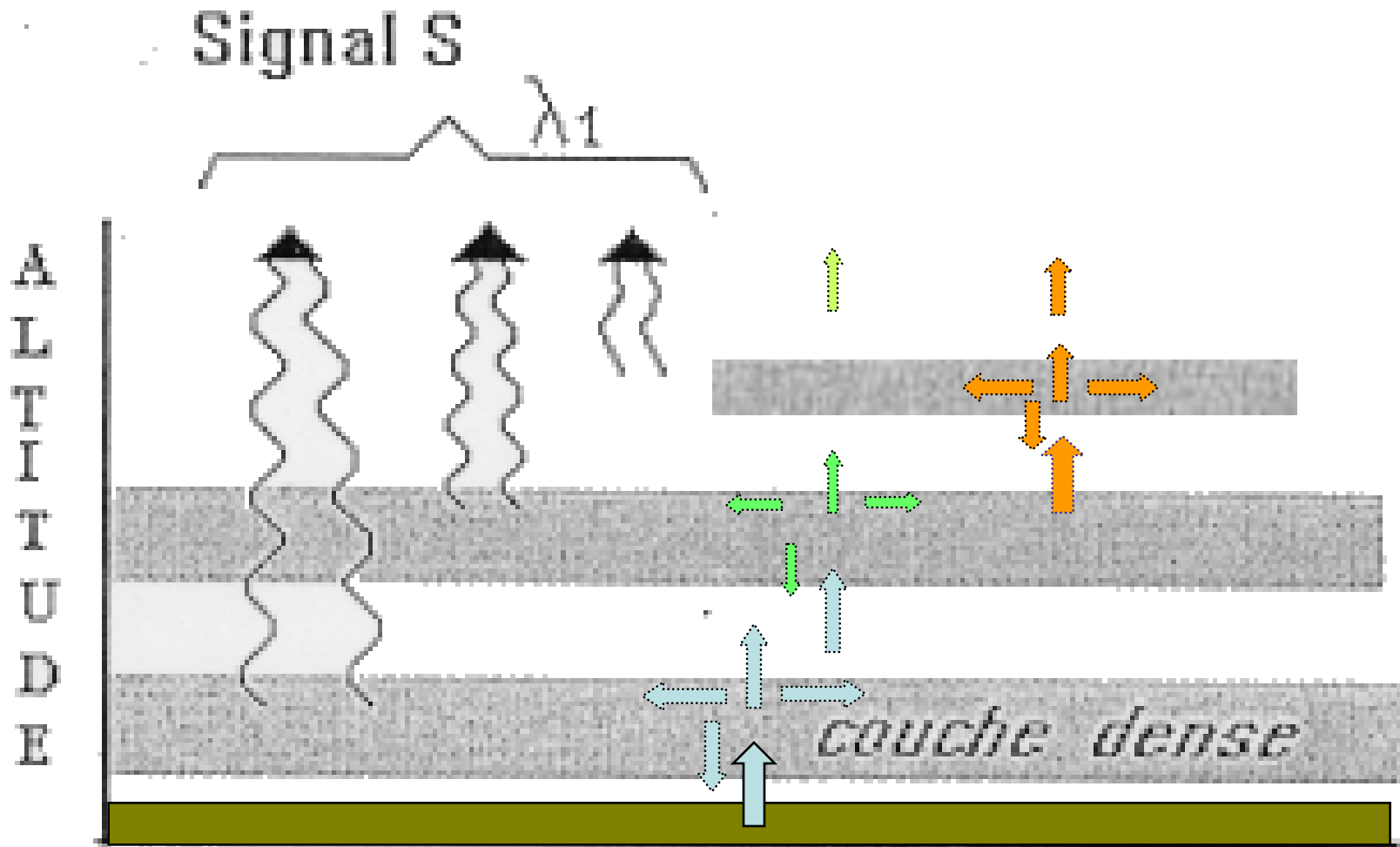


METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance

Complémentarité des canaux VIS et IR



Mécanismes des émissions dans le canal VE



L'image canal vapeur d'eau

- *Radiance fonction de la température d'émission la "dernière couche" de vapeur d'eau*
- *Pas d'information sur les basses couches*
- *Renseignements sur la dynamique atmosphérique*
 - *Zone blanche :*
 - *T H₂O vapeur froide ($\cong 300$ hPa)*
 - *ascendance (généralement)*
 - *Zone noire*
 - *subsidence*
 - *T H₂O chaude ($\cong 600$ hPa)*
 - *Zone de forts gradients*
 - *(gradients T radiométrique)*
 - *Frontogénèse, convection*

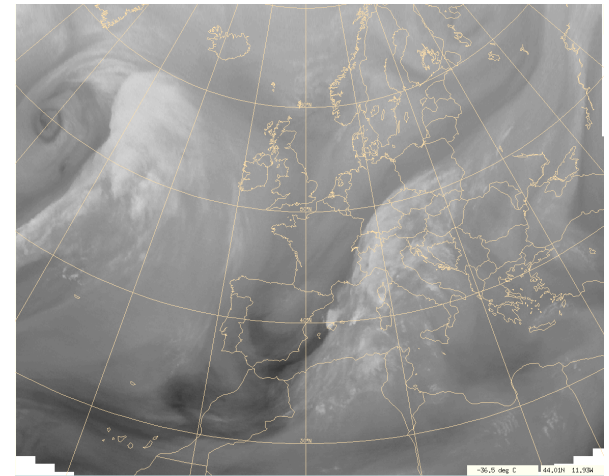


Image Infra-rouge du 17/12/04 à 12utc

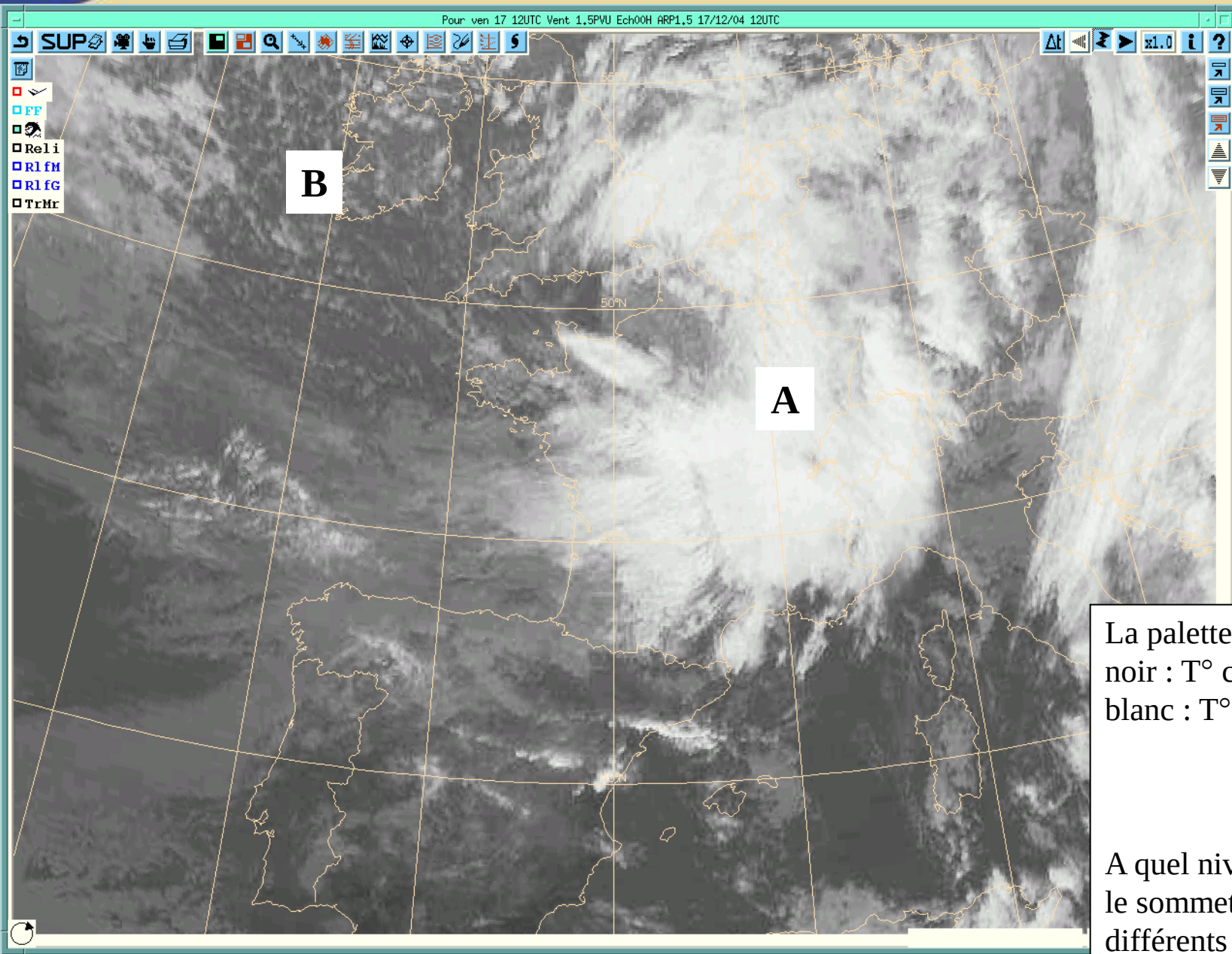
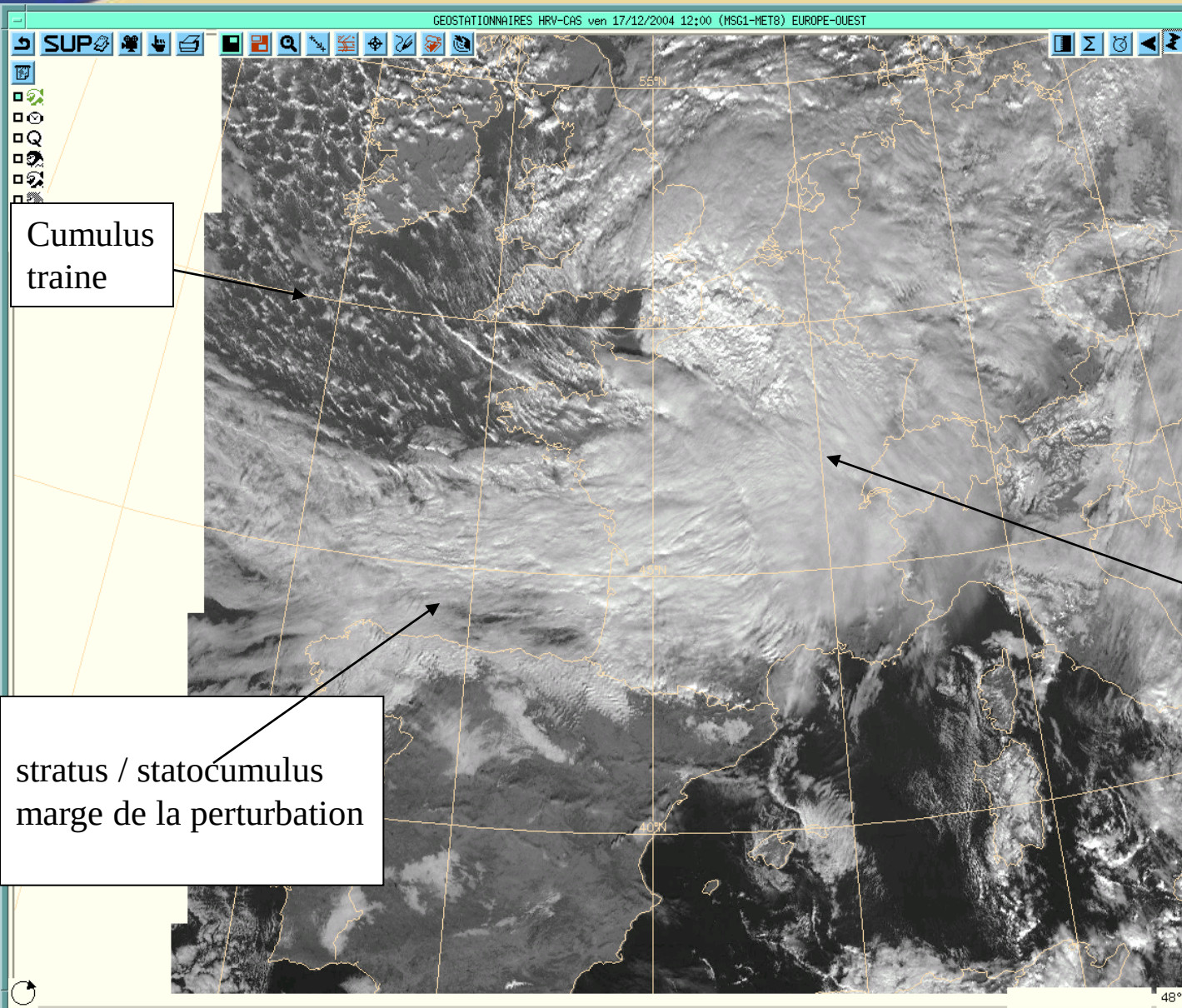


Image visible le 17/12/04 à 12utc



Remarquer les différentes réflectivités.

Déduire le genre des nuages à l'aide de l'image IR précédente

Nimbostratus,
corps de la perturbation

48°42'N 0°22'W

Image IR : brouillard le 17 janv 2012

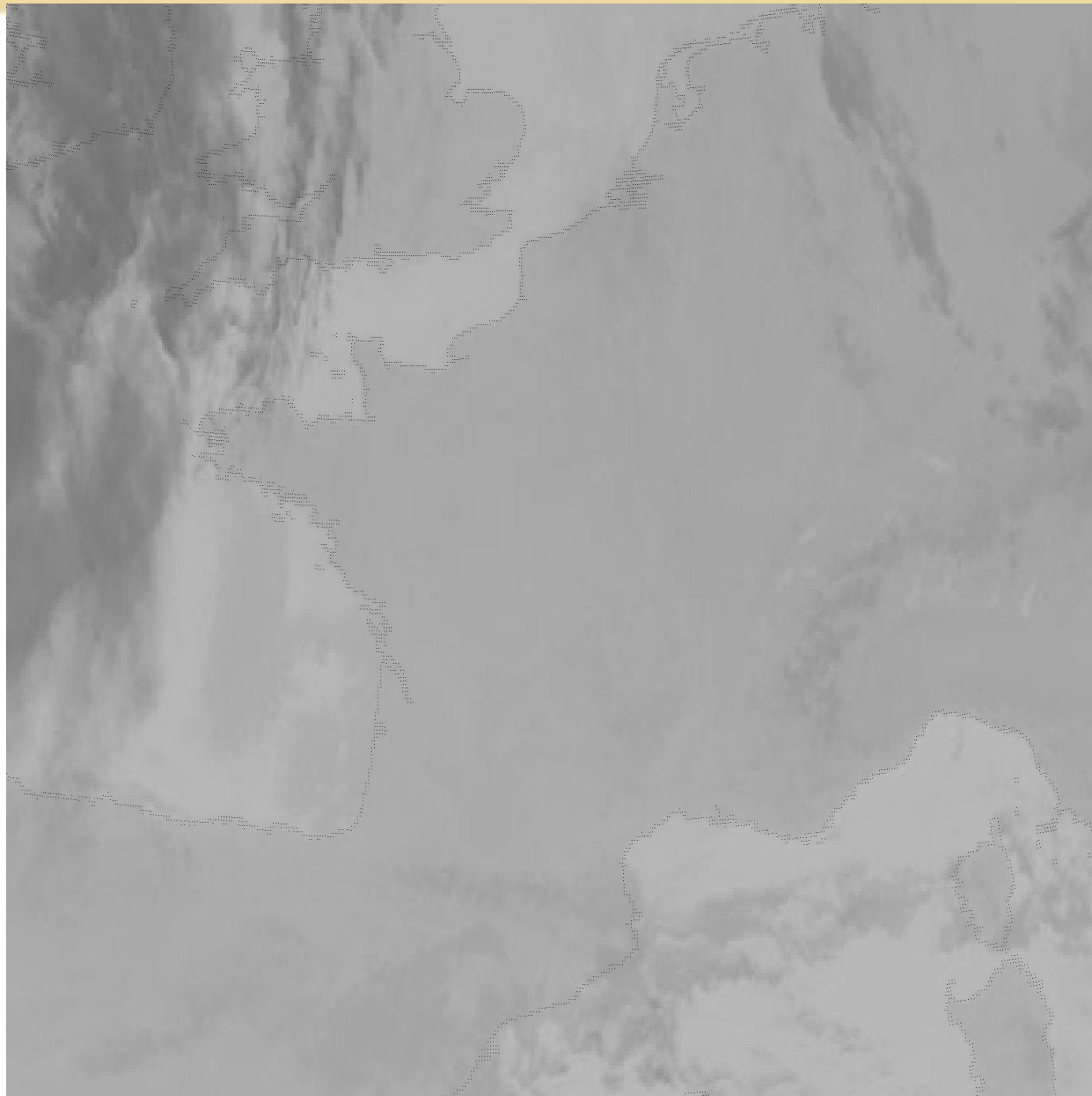
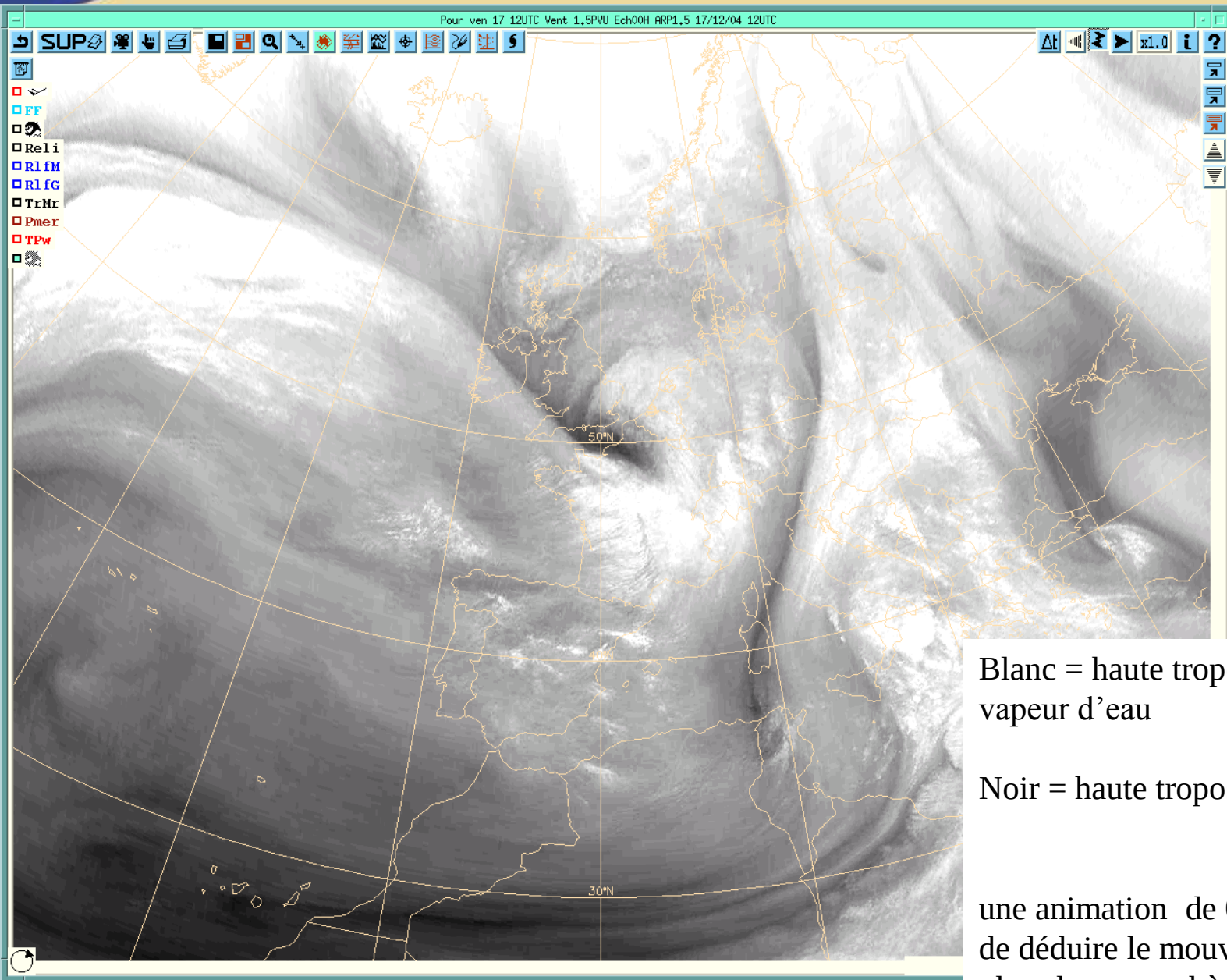


Image vapeur d'eau le 17/12/04 à 12utc

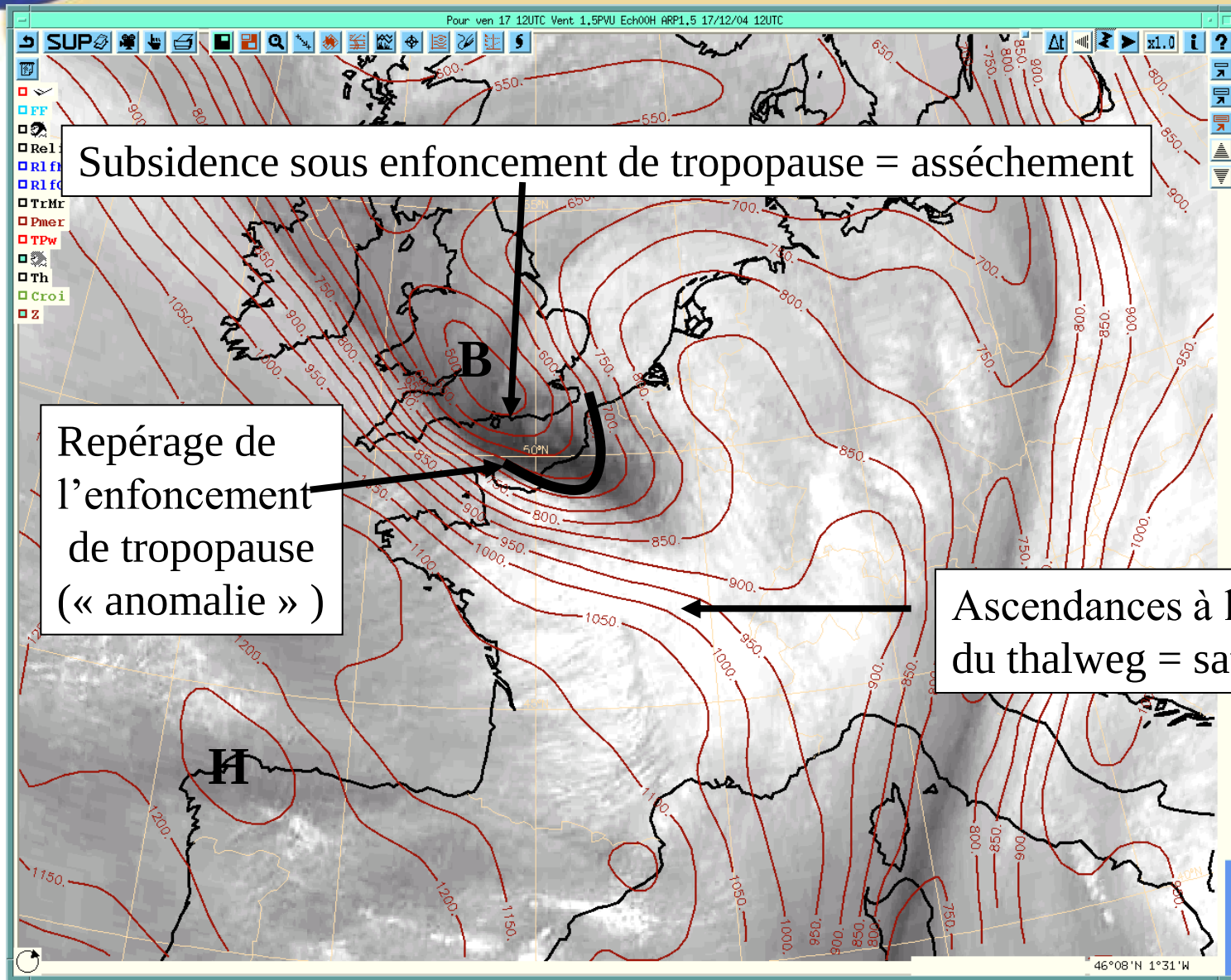


Blanc = haute troposphère saturée en vapeur d'eau

Noir = haute troposphère sèche

une animation de 06 à 12utc permet de déduire le mouvement vertical dans la troposphère

Vapeur d'eau et altitude de la tropopause dynamique



Subsidence sous enfoncement de tropopause = assèchement

Repérage de l'enfoncement de tropopause (« anomalie »)

Ascendances à l'avant du thalweg = saturation

Altitude de la tropopause dynamique et vapeur d'eau : quel lien ?



METEO FRANCE
Toujours un temps d'avance