



**Instrumentation microonde pour l'observation de la  
Terre au CNES : activités en cours et perspectives**

**RTMA-2019 – Météo France**

**Alain MALLET - CNES**

***(chef du service Instrumentation Radar et Performance – DSO/SI/IP)***

## Equipe DSO/SI/IP (*Instrumentation radar et Performance*)

→ SI/IP traite, en osmose avec SI/TR

### Domaines d'intervention :

- ▶ Altimétrie Radar
- ▶ Radiométrie micro-ondes
- ▶ Diffusiométrie radar



### SI/IP traite (en interaction étroite avec SI/TR)

- ▶ La physique de la mesure
- ▶ La définition des concepts instrumentaux
- ▶ Le suivi des développements instrumentaux
- ▶ Le bilan des performances instrument



# Plan

## Activités en instrumentation microonde Altimétrie nadir

- ❖ Altimétrie Nadir
- ❖ (de l'altimétrie nadir à l') Altimétrie à fauchée
- ❖ Diffusiométrie
- ❖ Radiométrie
- ❖ Imagerie SAR

## Moyens transverses:

- ❖ Laboratoire radar / transpondeurs / vers une PF générique d'expérimentation ?
- ❖ Plateforme de simulation radar

# Plan

## Activités en instrumentation microonde Altimétrie nadir

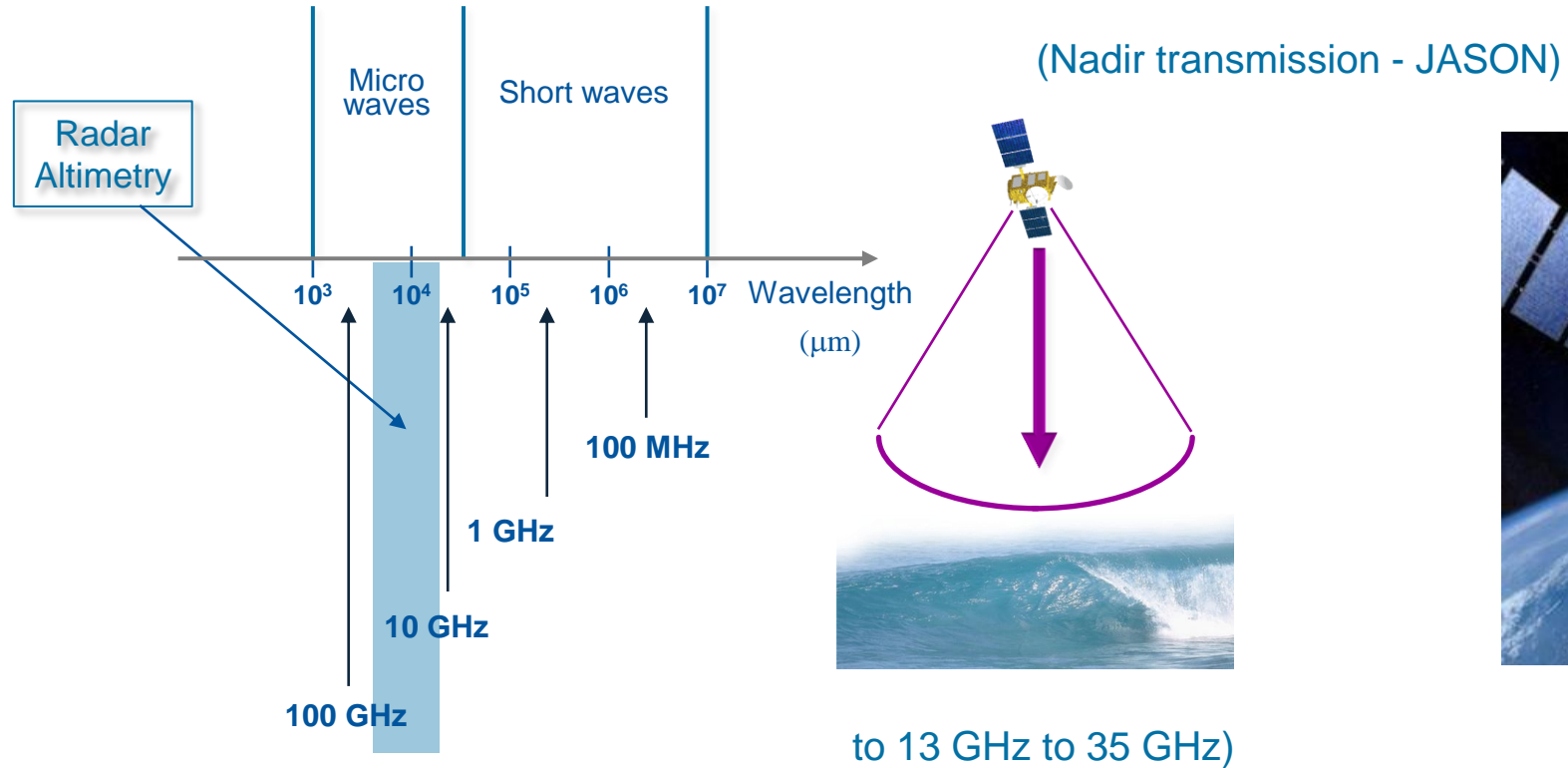
- ❖ Altimétrie Nadir
- ❖ (de l'altimétrie nadir à l') Altimétrie à fauchée
- ❖ Diffusiométrie
- ❖ Radiométrie
- ❖ Imagerie SAR

## Moyens transverses:

- ❖ Laboratoire radar / transpondeurs / vers une PF générique d'expérimentation ?
- ❖ Plateforme de simulation radar



# Radar altimetry - active observation







## Altimétrie nadir (suite)

### Projets en cours

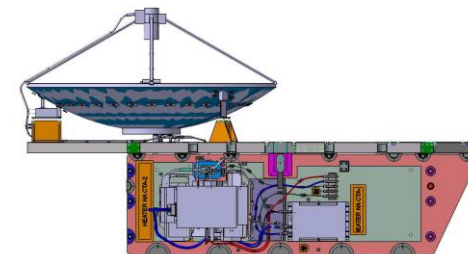
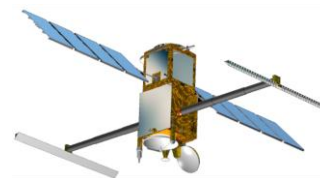
#### ❖ Projets CNES :

- En vol : Jason-2, Jason-3, SARAL
- En developement : SWOT/Nadir (phase C/D)

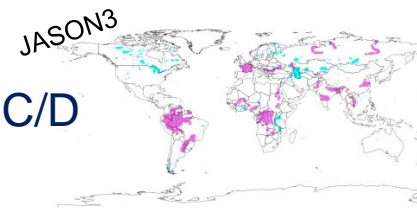
#### ❖ Support dev. projets ESA : JASON-CS (S6), Sentinel3 C/D

- suivi instrument, expertise développement des traitements

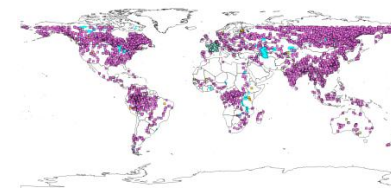
#### ❖ Manip transpondeurs Ku & Ka



Poseidon 3C – SWOT\_Nadir



Stations virtuelles utilisées initialement



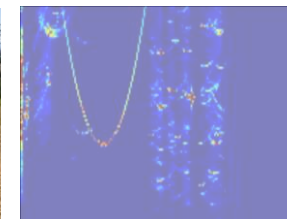
Stations virtuelles utilisées depuis 31/08/17

### Préparation du futur

- ❖ AltiCryo (Ku+Ka) , en coordination avec l'ESA (=> Cristal)
- ❖ R&T/Dem : Orientée bande Ka, compacité, mode SAR
- ❖ Technos/techniques clés associés : deramp direct, GaN, RF sur PCB, antennes compact



Transpondeur Ku – Campagne Lauragais 2017



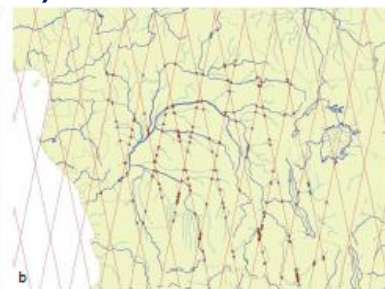
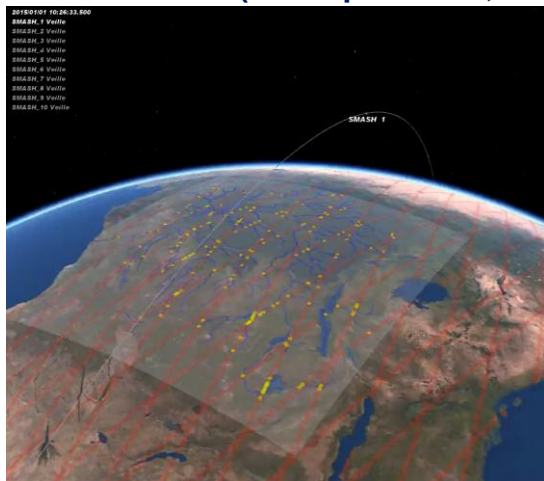
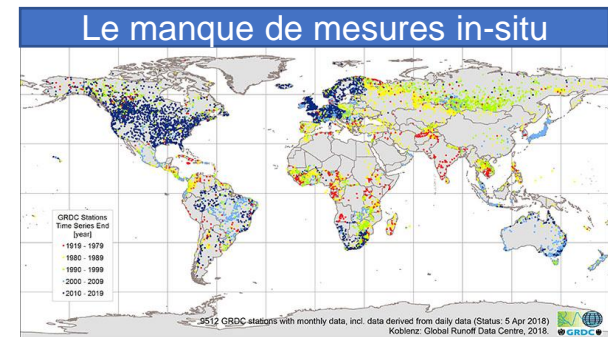


# Altimétrie nadir (perspective) : SMASH : Small Altimetry Satellites for Hydrology

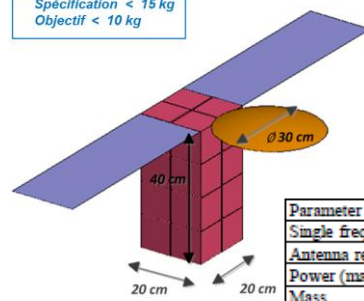
## Mesure journalière des niveaux d'eau/débits sur les fleuves/rivières

Constellation de 10 petits altimètres nadir (gamme Sat 40kg/40W/27U)

- dédiés spécifiquement hydrologie
  - ➔ CU simplifiée 'low-cost' ➔ déploiement en constellation ➔ revisite 1j
- couverture spatiale incomplète (sous trace)
  - ➔ adaptée au besoin 'rivières'
- complémentarité avec les missions d'altimétrie à fauchée et d'altimétrie de référence (haute précision, océan)

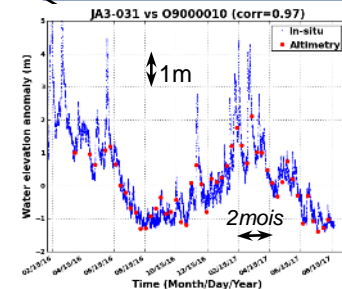


Spécification < 15 kg  
Objectif < 10 kg

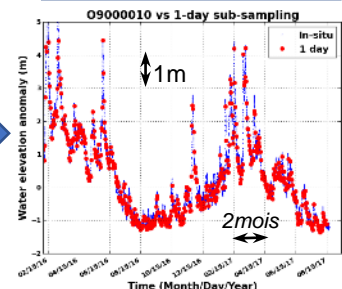


Parameter	Value
Single frequency	Ka
Antenna reflector diameter	30 cm
Power (max)	22 W
Mass	6 kg (including antenna)
Altimeter volume	< 3 U (not including antenna volume)

Jason3 (revisite 10j)



SMASH (revisite 1j)



# Plan

## Activités en instrumentation microonde Altimétrie nadir

- ❖ Altimétrie Nadir
- ❖ (de l'altimétrie nadir à l') **Altimétrie à fauchée**
- ❖ Diffusiométrie
- ❖ Radiométrie
- ❖ Imagerie SAR

## Moyens transverses:

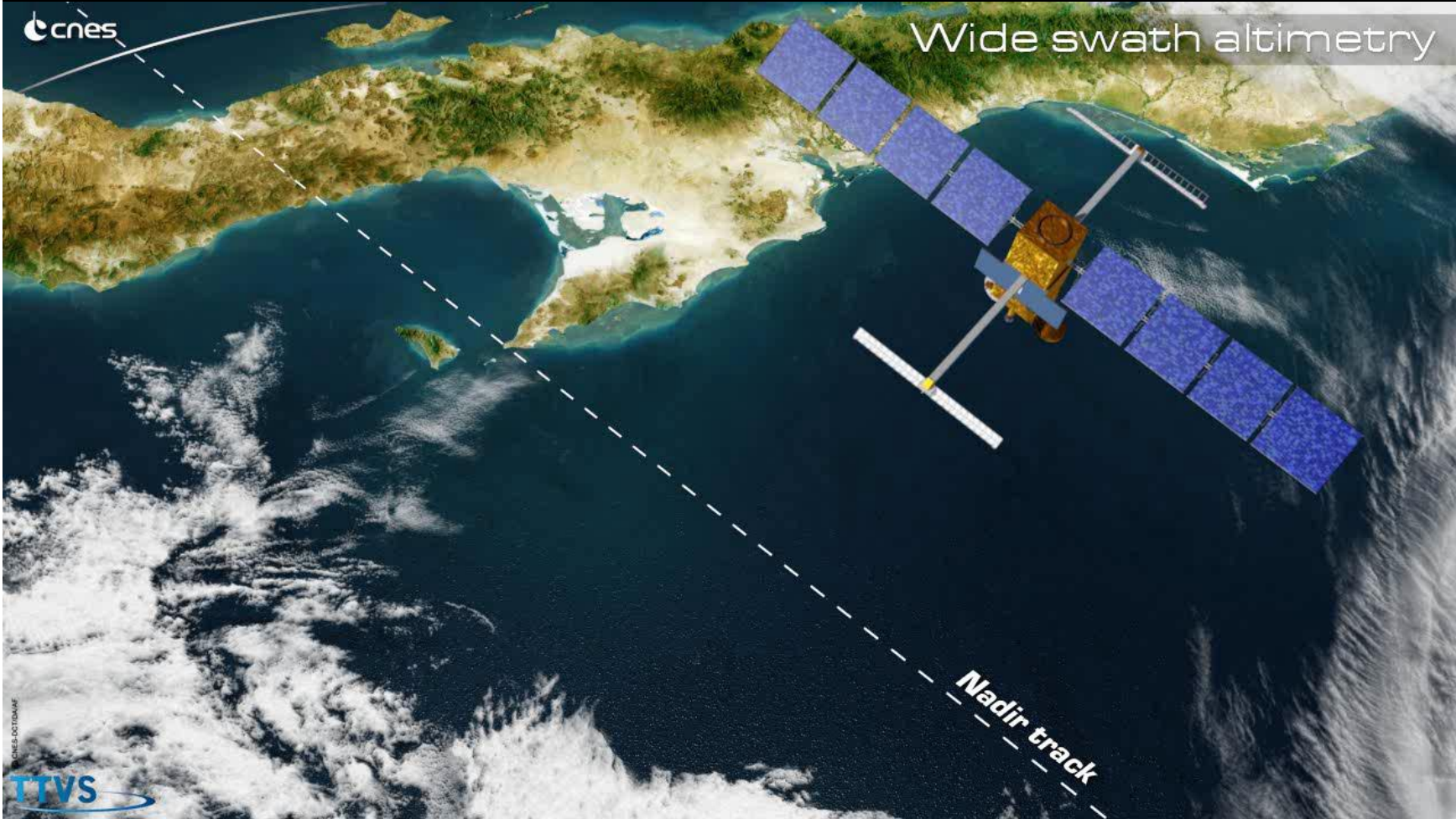
- ❖ Laboratoire radar / transpondeurs / vers une PF générique d'expérimentation ?
- ❖ Plateforme de simulation radar

# NADIR ALTIMETER COVERAGE / RESOLUTION





# Wide swath altimetry



© CNES, D. OUDAM

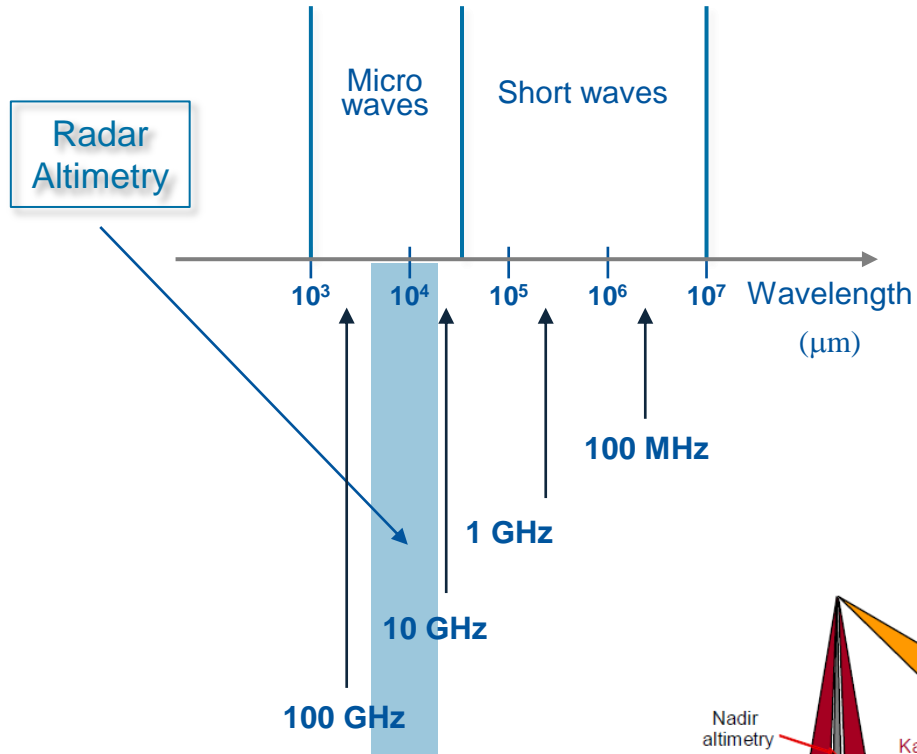
TTVS



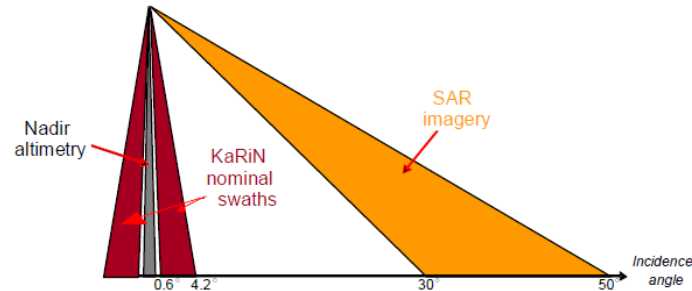
# WIDE-SWATH ALTIMETER COVERAGE / RESOLUTION

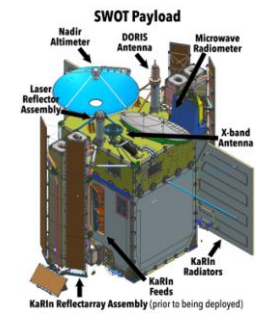
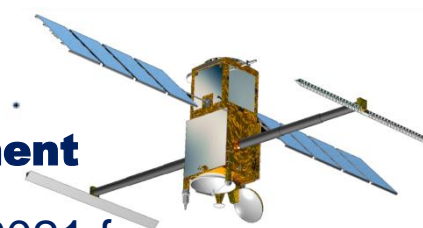
# Radar altimetry active observation

Extension to wide-swath altimetry



35 GHz



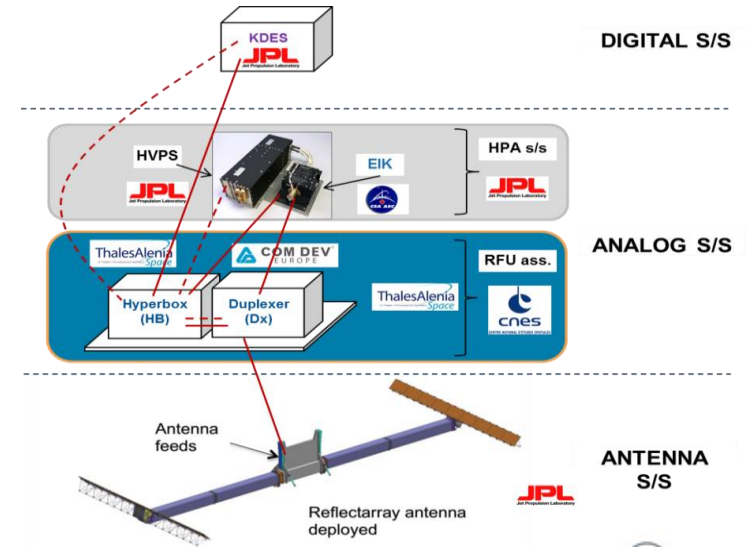


## Altimétrie à Fauchée : SWOT: CNES involvement in the KaRIn development

- ❖ **SWOT** is a **NASA/CNES//UKSA/CSA** collaboration, to be launched in 2021 for **High resolution Oceanography and Hydrology**
- ❖ **KaRIn** is the main instrument (Ka-band Interferometer – 10m baseline)
- ❖ **JPL** is responsible for the development & the qualification of the KaRIn
- ❖ **CNES** is responsible for the development & the qualification of the RFU

Carrier Frequency Unit	35.75 GHz
Transmission Bandwidth	200 MHz
Transmitted pulse duration	4.5 us
RF Peak Power (EIK output)	1500 W
Pulse Repetition Frequency (PRF)	2 x 4420 Hz
Boom length	10 m
Antenna reflector size	5m x 0.25m
Viewing angles	+/- 2.7°

Nadir Module

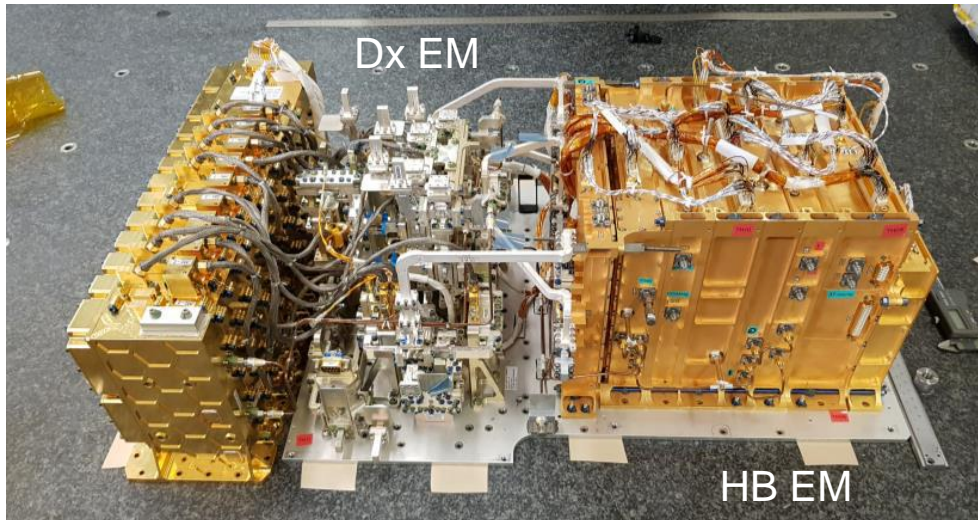




## Altimétrie à fauchée : SWOT/RFU

Sous-système de l'instrument CNES → TAS)

- **Duplexer** (*Honeywell-UK*) : switching matrix of the RF signals
- **HyperBox** (*TAS*): Pulses generation, echoes reception / Ka band up & down conversion, LO IF & RF supply



❖ key/challenging requirements associated to the RFU :

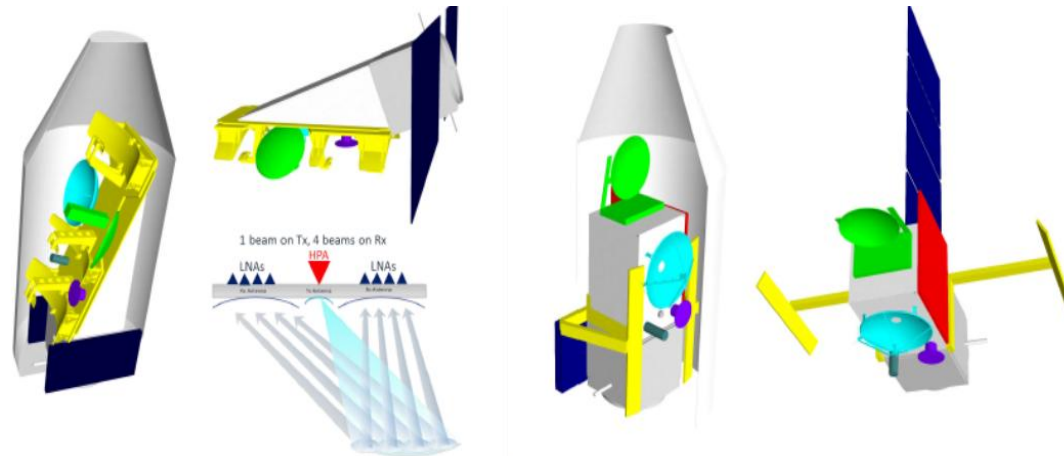
- relative phase stability, time/phase synchronization, power handling , Noise Figure

# Altimétrie à fauchée / preparation de l'avenir : WISA

## ❖ Phase A CNES 'Wide Swath Altimeter'

- Définir une mission d'altimétrie à fauchée s'inscrivant dans un système opérationnel de mesure haute résolution de la topographie des océans et **des eaux continentales**
- Cadre programmatique **Copernicus-NG « Sentinel-3 Top »**
- Forte connexion/coordination avec ESA sur ce theme

## ❖ Deux concepts instrumentaux à l'étude (From ESA to TAS SAOO c



WISA
Orbital Analysis
Mission Performances
Instrument Preliminary definition
Altimetry expertise
Ocean assimilation
Ocean Processing chain/Products definitions
Hydrology Processing chain /Products definitions



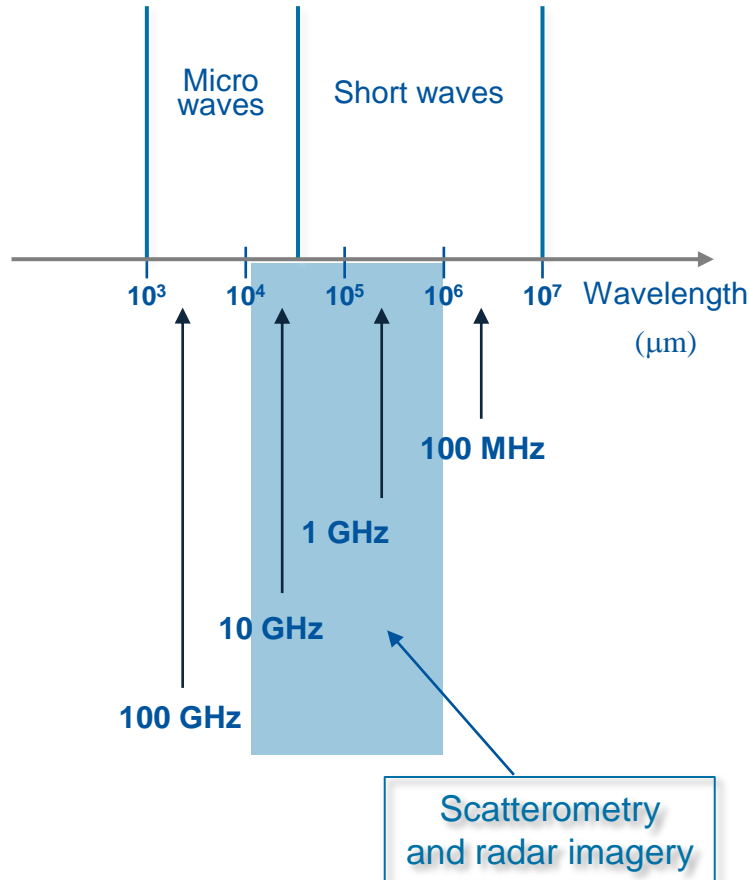
# Plan

## Activités en instrumentation microonde Altimétrie nadir

- ❖ Altimétrie Nadir
- ❖ *(de l'altimétrie nadir à l')* Altimétrie à fauchée
- ❖ **Diffusiométrie**
- ❖ Radiométrie
- ❖ Imagerie SAR

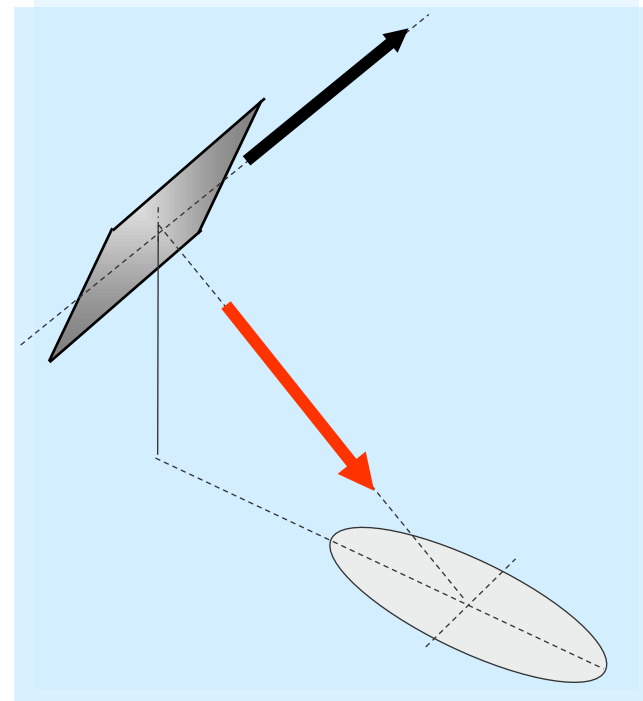
## Moyens transverses:

- ❖ Laboratoire radar / transpondeurs / vers une PF générique d'expérimentation ?
- ❖ Plateforme de simulation radar



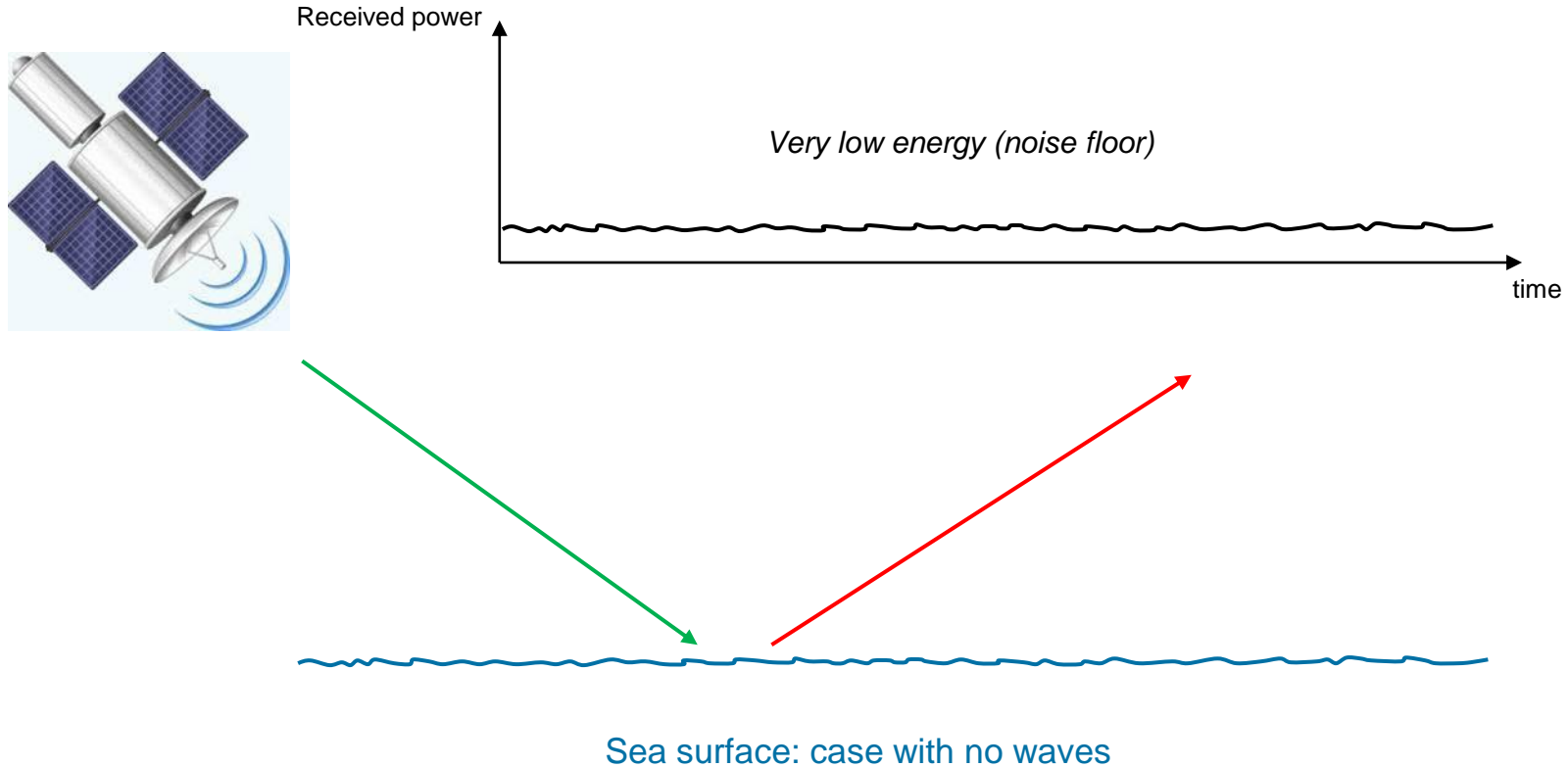
## The electromagnetic spectrum

Off-Nadir transmission - SWIM

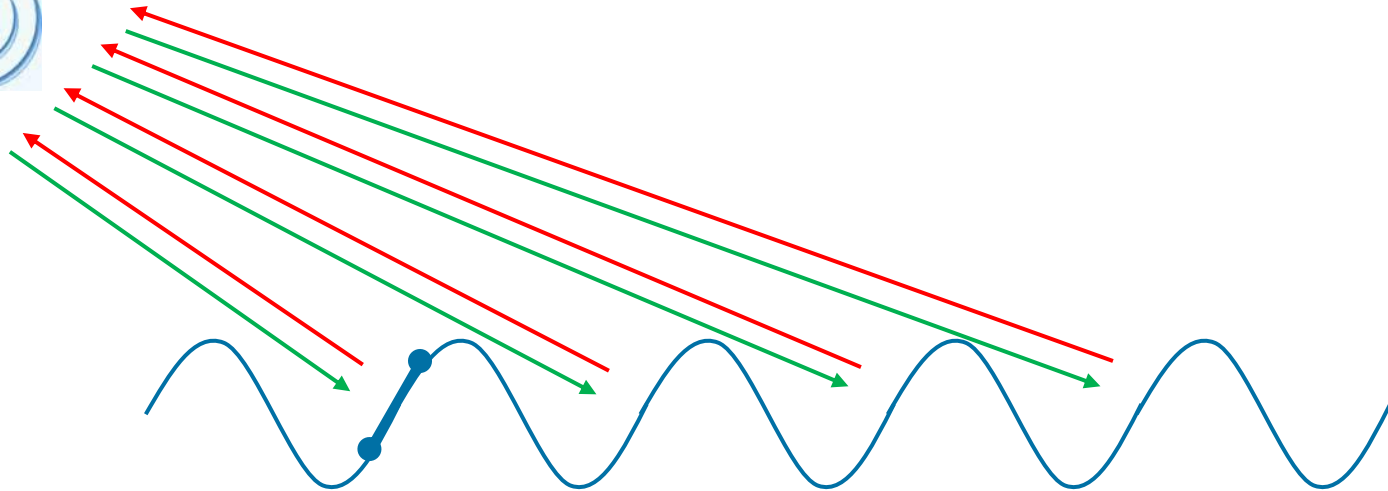
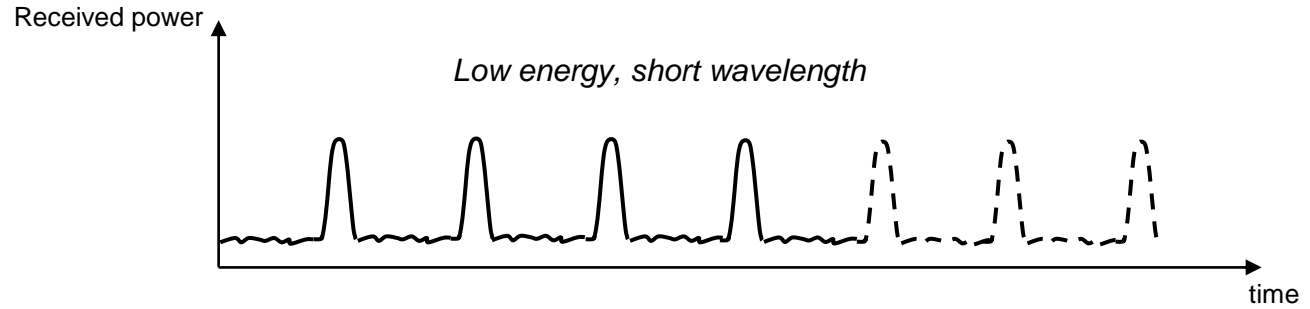
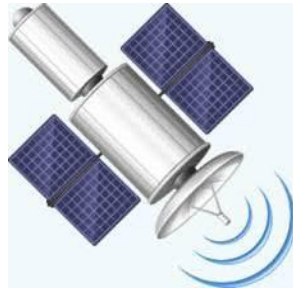


to 440 MHz to 13 GHz

How to characterize the waves with a radar ?

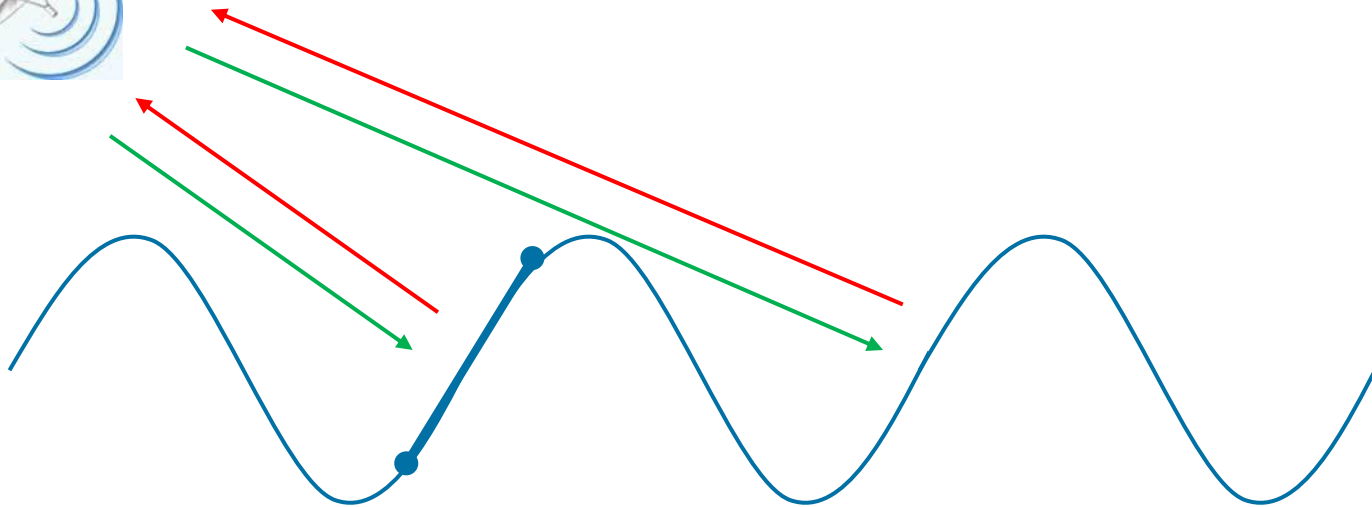
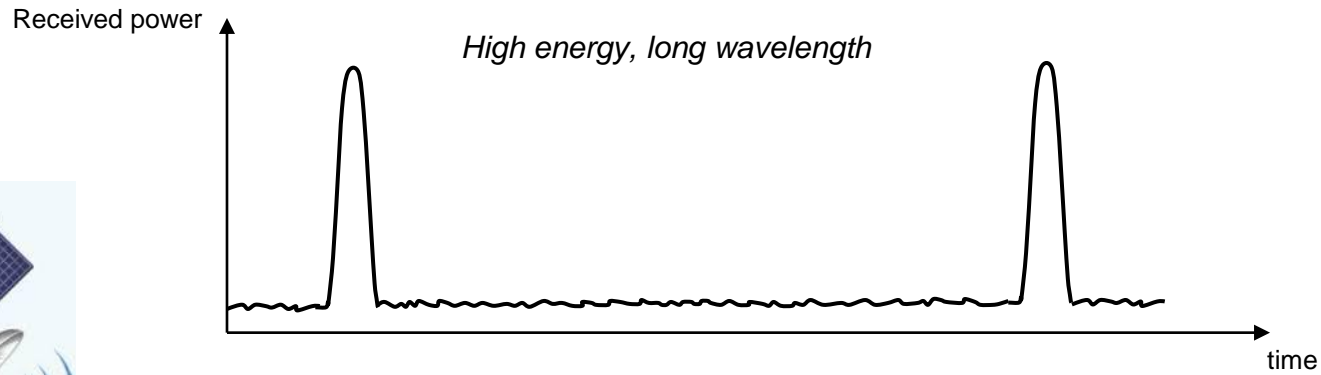
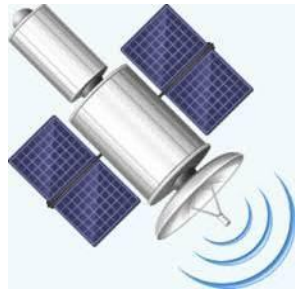


# Wave radar scatterometry?



Sea surface: small waves (low heights, short wavelength)

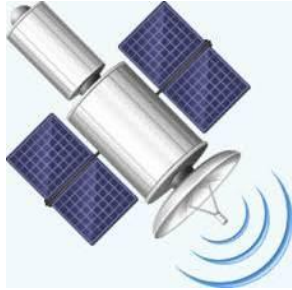
# Wave radar scatterometry?



Sea surface: Large waves (high heights, long wavelength)



# Wave radar scatterometry?

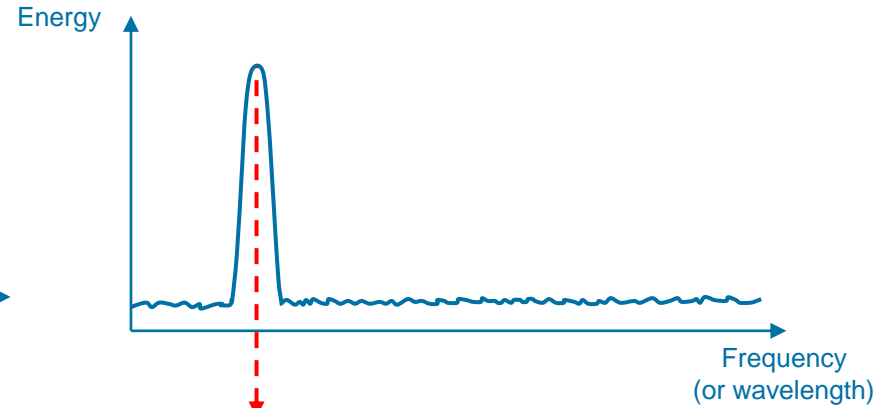


Received power

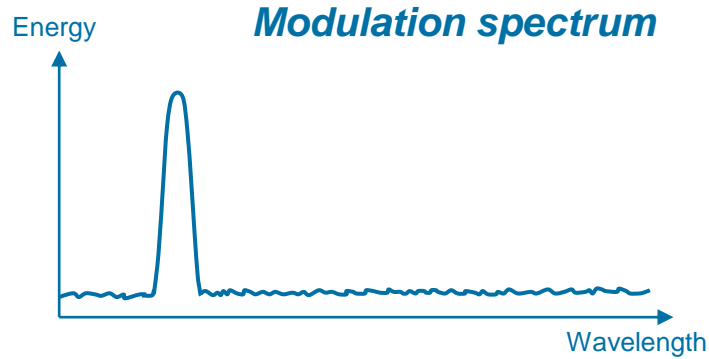
*Spectral  
information*



*Modulation spectrum*



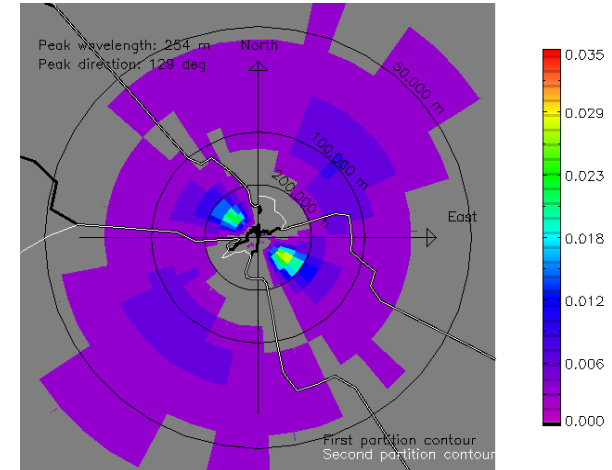
# Wave radar scatterometry?



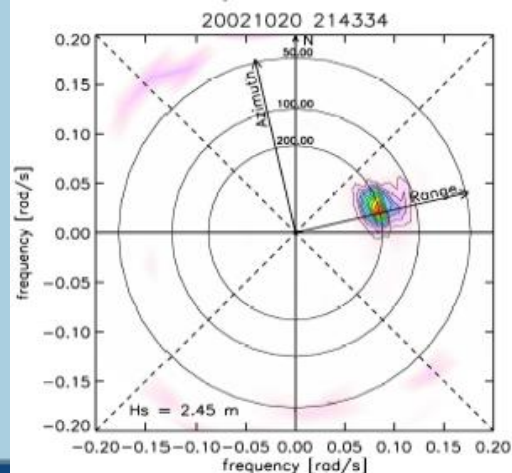
**Acquisitions in all azimuth directions**



## 2D Modulation spectrum



## Directional Wave spectrum



**Linear relation**

**+**

**180° ambiguity solving**

# Scatterometer – on-going and future

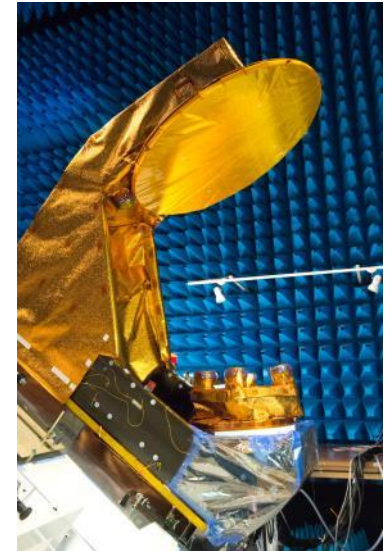
## CFOSAT – 2018, October

- ❖ Commissioning is over / **Products are available** to scientific community
- ❖ CAL/VAL is still under-going: very innovative products
- ❖ Responsible of **instrument performance** and **algorithms** with strong links with science community

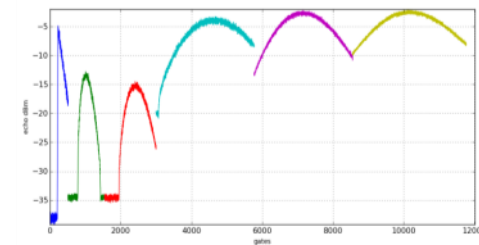
## Future missions – Surface current

- ❖ **SKIM**: strong support to EE9 through a CNES phase A
  - End of phase A: 2020 and after?
- ❖ **R&T on-going**:
  - Multi-paths RF joint
  - Wind/wave interactions (modélisation and exploitation of real data)

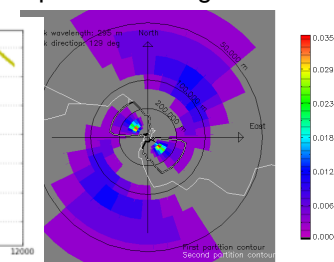
SWIM



Formes d'onde non calibrées



Spectre des vagues 2D



# Plan

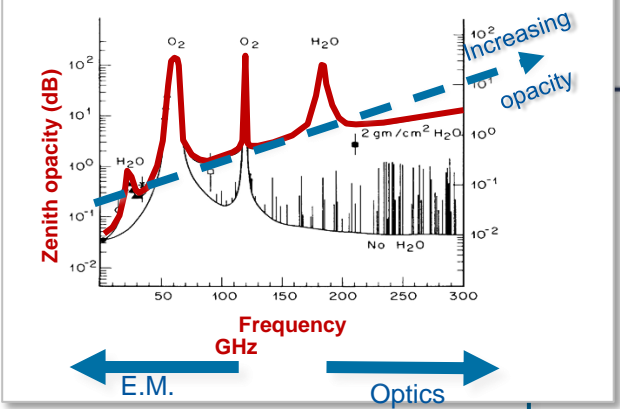
## Activités en instrumentation microonde Altimétrie nadir

- ❖ Altimétrie Nadir
- ❖ *(de l'altimétrie nadir à l')* Altimétrie à fauchée
- ❖ Diffusiométrie
- ❖ Radiométrie
- ❖ Imagerie SAR

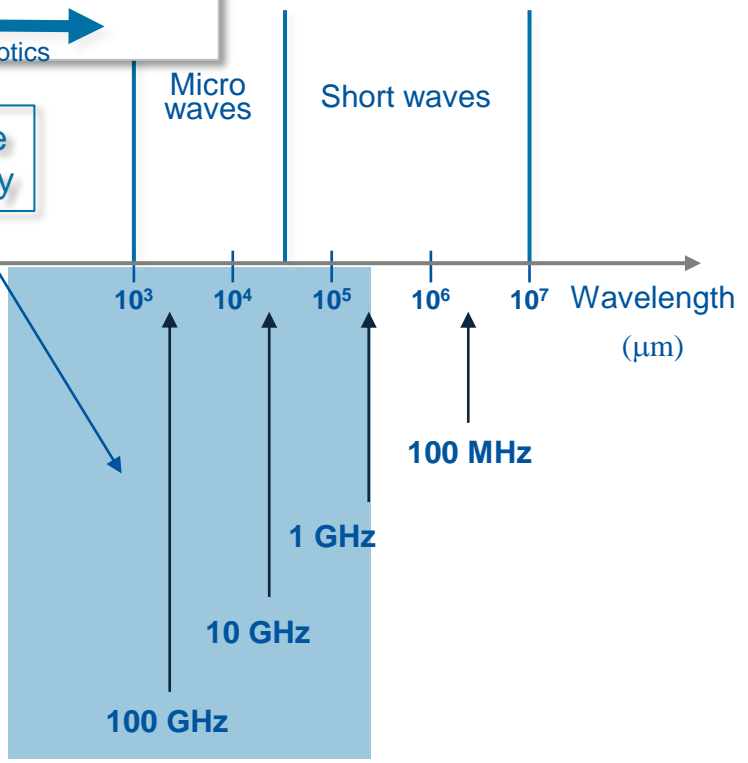
## Moyens transverses:

- ❖ Laboratoire radar / transpondeurs / vers une PF générique d'expérimentation ?
- ❖ Plateforme de simulation radar

# Microwave Radiometry passive observation



Microwave Radiometry



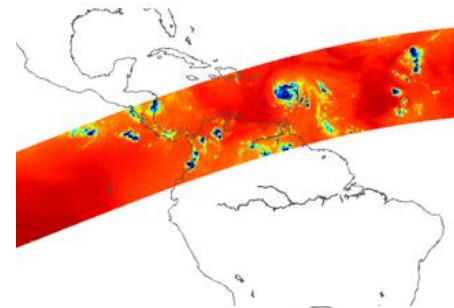
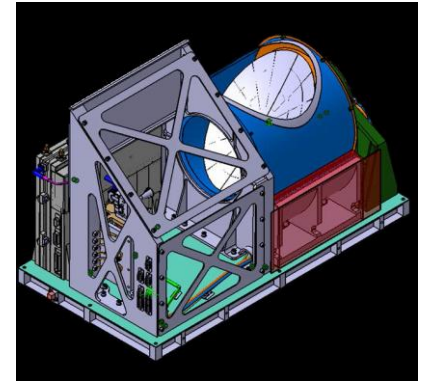
to 1.25 GHz to > 200 GHz

No signal transmission



## Radiométrie microonde

- ❖ Suivi développement, CAL/VAL et en opération des microondes de correction tropo des altimètres nadir (*AltiKA, JASONs, Sentinels*)
- ❖ R&D :
  - **Architecture** de radiomètres pour missions **d'altimétrie à fauchée**
  - **Techno** → compacité/conso...
  - calibration radiomètre intégrée (→ application **Microwat**)
- ❖ Suivi en orbite des instruments de la mission MeghaTropiques
  - R&D : **miniaturisation SAPHIR** ? Cible pour emport sur petite PF ?
  - Sollicitation pour compléter initiative **D-Train** du JPL.



Instrument SAPHIR / Mission Megha-Tropiques  
Sondeur d'humidité microonde (canaux autour de 183Ghz)

# Plan

## Activités en instrumentation microonde Altimétrie nadir

- ❖ Altimétrie Nadir
- ❖ (de l'altimétrie nadir à l') Altimétrie à fauchée
- ❖ Diffusiométrie
- ❖ Radiométrie
- ❖ **Imagerie SAR**

## Moyens transverses:

- ❖ Laboratoire radar / transpondeurs / vers une PF générique d'expérimentation ?
- ❖ Plateforme de simulation radar

# Imagerie SAR

## Historique :

- ❖ Peu d'activité instrumentale (spatiale) en France conduite par le CNES (hormis études de concepts menées régulièrement) du fait du partage historique 'Obs Terre' optique/microonde
- ❖ Etudes surveillance maritime

## Aujourd'hui :

- ❖ Accord de partage historique européen radar/optique considéré caduque (déclaration DGA, initiative allemande en optique...)
- ❖ "SWOT est un imageur (d'eau) à faible incidence"
- ❖ Projet (phase A) de surveillance maritime avec l'ISRO (*Inde*)

## Perspective:

- ❖ Etude de solutions de SAR imageurs compacts, bénéficiant des développements technos/techniques dans le domaine de l'instrumentation microonde active (altimètres...)

# Plan

## Activités en instrumentation microonde Altimétrie nadir

- ❖ Altimétrie Nadir
- ❖ *(de l'altimétrie nadir à l')* Altimétrie à fauchée
- ❖ Diffusiométrie
- ❖ Radiométrie
- ❖ Imagerie SAR

## Moyens transverses:

- ❖ **Laboratoire radar / transpondeurs / vers une PF générique d'expérimentation ?**
- ❖ Plateforme de simulation radar

# Labo radar : activité Transpondeurs

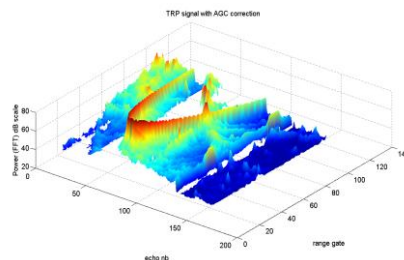
## ❖ Transpondeur Ku



## ❖ Expertise



## ❖ Transpondeur Ka



## ❖ AIT



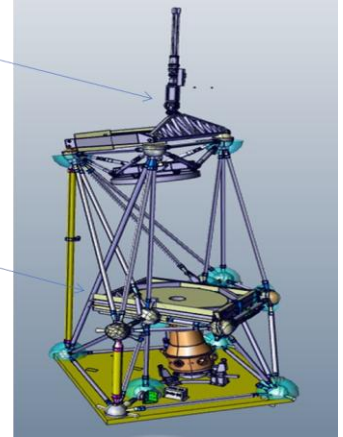
## Laboratoire Radar

- ❖ Réflexion sur une plateforme générique d'expérimentation radar
  - Structure modulaire
  - Adaptation possible dans une large plage de fréquence (X, Ku, Ka, ...)
  - Test au sol de concepts, en aéroporté ou sur ballon
  - SDR ?
  - Sujet qui bénéficierait des retours d'expérience des différents développements

➔ Cf. Séminaire COMET  
Moyens d'expérimentation radar  
ce Jeudi 21/11 ici (à MétéoFrance)

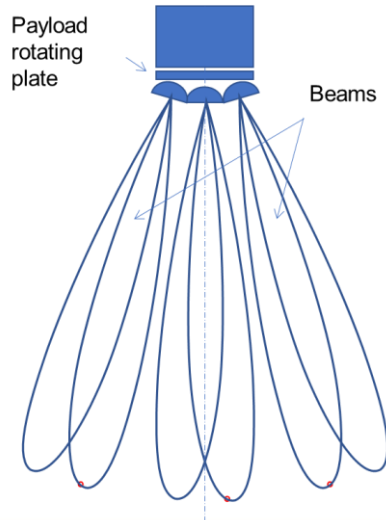
Rotating pivot  
of the gondola

Stabilized plate  
(can rotate)



Payload  
rotating  
plate

Beams



# Plan

## Activités en instrumentation microonde Altimétrie nadir

- ❖ Altimétrie Nadir
- ❖ (de l'altimétrie nadir à l') Altimétrie à fauchée
- ❖ Diffusiométrie
- ❖ Radiométrie
- ❖ Imagerie SAR

## Moyens transverses:

- ❖ Laboratoire radar / transpondeurs / vers une PF générique d'expérimentation ?
- ❖ Plateforme de simulation radar



## Simulation Radar

- ❖ Développement d'une plateforme de simulation radar
  - Objectif : mutualiser les développements logiciels effectués, constitution d'une bibliothèque de fonctions,
  - Développement confié à CS-SI
  - Réflexion sur la politique de diffusion de l'outil logiciel, libre ?
  - Niveau 'système instrument' : scène → physique de la mesure → fonction transfert atmosphere → fonction de transfert (simple) instrument → traitement/perfos/..