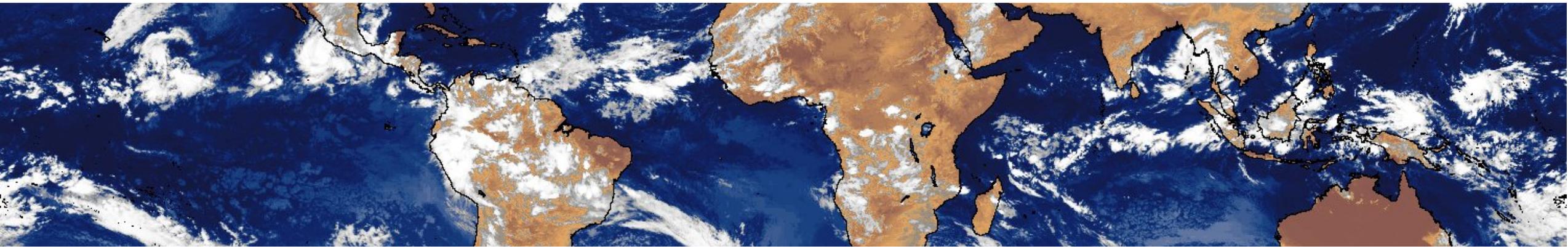




La mission TROPICS: une constellation de petits satellites dédiée à la météorologie tropicale



(<https://satmos.aeris-data.fr>)

Philippe Chambon

CNRM UMR-3589, Météo-France & CNRS

Introduction

**Suomi NPP Satellite
(Launched Oct 2011)**

Visible/Infrared Imager
Radiometer Suite
(VIIRS)

Cross-track Infrared
Sounder
(CrIS)

Cloud and Earth Radiant
Energy System
(CERES)

Advanced Technology
Microwave Sounder
(ATMS)

Ozone Mapping and
Profiler Suite
(OMPS)



2100 kg

NASA/GSFC

NPP: National Polar Partnership

(Source: B. Blackwell)

Introduction

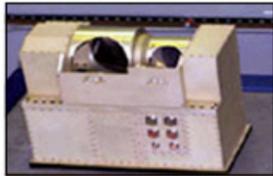
**Suomi NPP Satellite
(Launched Oct 2011)**



2100 kg NASA/GSFC

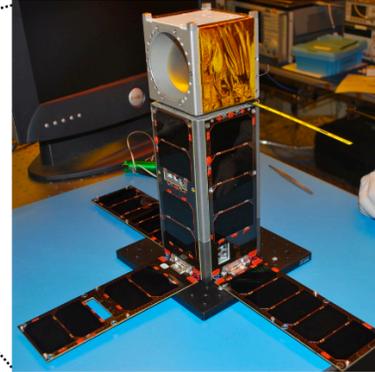
NPP: National Polar Partnership

**Advanced Technology
Microwave Sounder
(ATMS)**



100 kg, 100 W

**MicroMAS Satellite
(Launched Jul 2014)**



4.2 kg, 10 W, 34 x 10 x 10 cm

- **Projet MicroMAS: Micro-sized Microwave Atmospheric Satellite**
- **Développé au MIT Lincoln Laboratory avec une équipe constituée d'ingénieurs et d'étudiants visant à construire un bus et un radiomètre micro-ondes tous les deux miniaturisés et à bas coût.**
- **Piloté par B. Blackwell**
- **Le 1^{er} MicroMAS a été lancé en 2014 depuis la Station Spatiale Internationale, démontrant la faisabilité d'acquérir des mesures à 118 GHz avec une précision radiométrique < 1K.**

(Source: B. Blackwell)

Plan de la présentation

- 1. Contexte programmatique**
- 2. Éléments techniques sur les instruments**
- 3. Impact potentiel en Prévision Numérique**
- 4. Éléments de conclusion**

Plan de la présentation

- 1. Contexte programmatique**
2. Éléments techniques sur les instruments
3. Impact potentiel en Prévision Numérique
4. Éléments de conclusion

Contexte programmatique

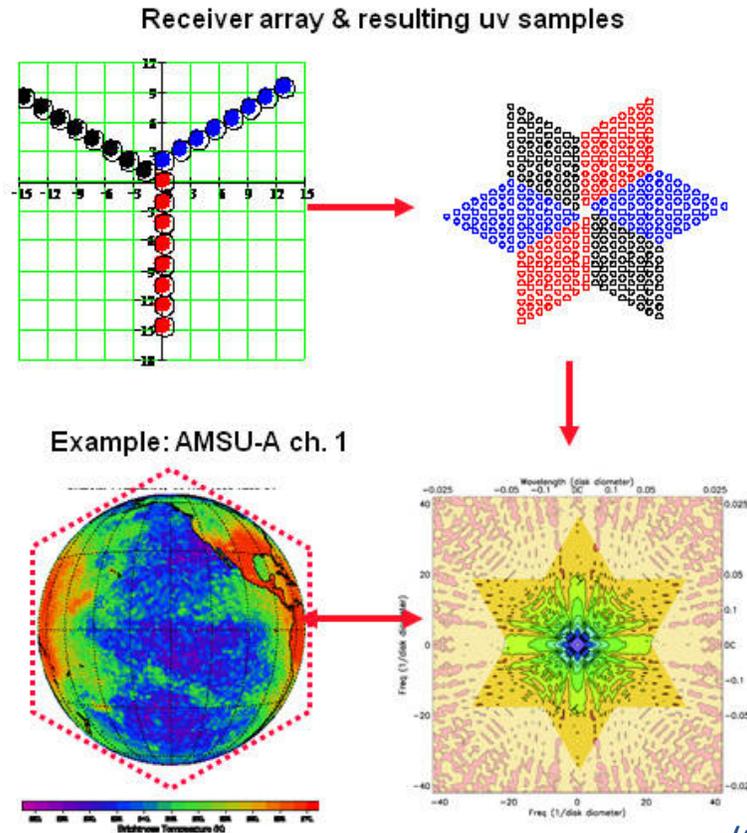
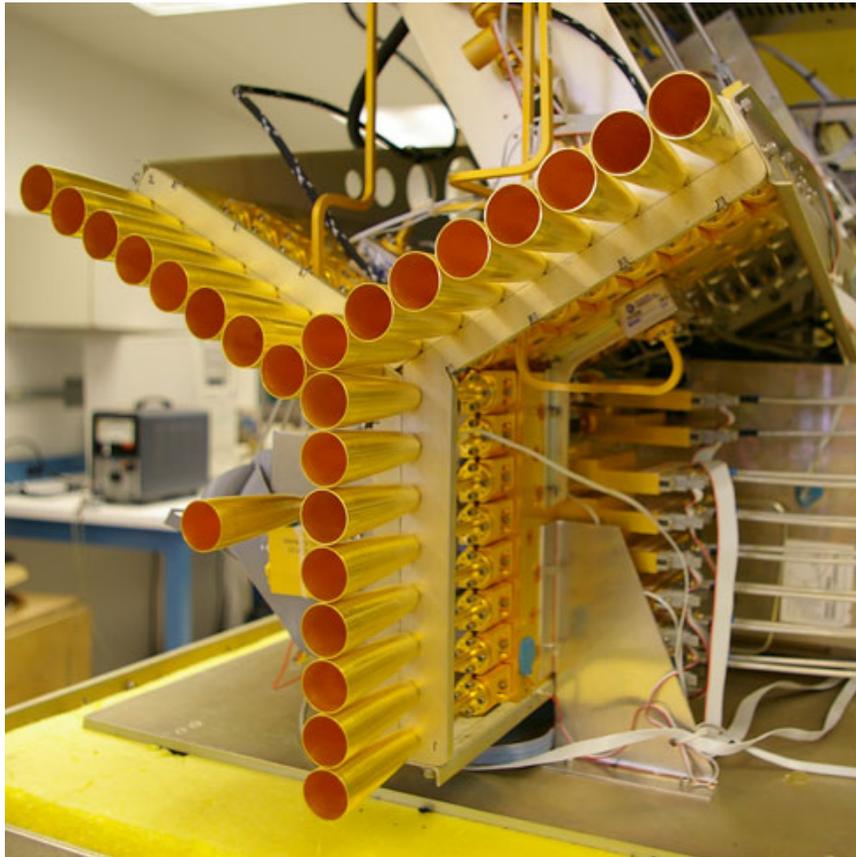
2007 NASA Decadal Survey (National Research Council, 2007)

- ⇒ prospective à 10 ans pilotée par l'Académie des Sciences américaine
- ⇒ recommandation de la mission PATH pour **P**recipitation and **A**ll-weather **T**emperature and **H**umidity
- ⇒ Objectif de mesure des champs de température, d'humidité et de variables condensées (nuages et précipitations) en 3 dimensions et à haute cadence temporelle

Contexte programmatique

Orbite a priori la plus favorable pour ce type de mesures à haute répétitivité

=> orbite géostationnaire: projet GEOSTAR porté par le JPL



(Source: microwavescience.jpl.nasa.gov)

Contexte programmatique

Programme NASA Earth Venture Instrument

- ⇒ Appel à proposition tous les 15 à 18 mois
- ⇒ Coût et durée de développements/« livraison » plafonnés (~ <\$90M, <5 ans)
- ⇒ Sélection en 2016 d'une mission appelée **TROPICS**, utilisant un radiomètre de type MicroMAS à bord d'une constellation de petits satellites de classe 3U et remplissant en partie les objectifs scientifiques pour la mission PATH

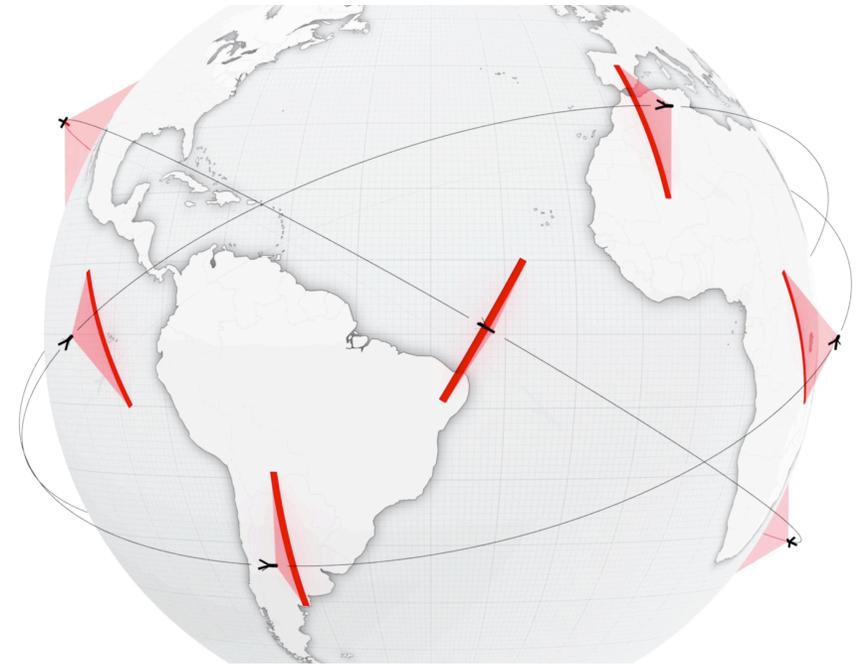
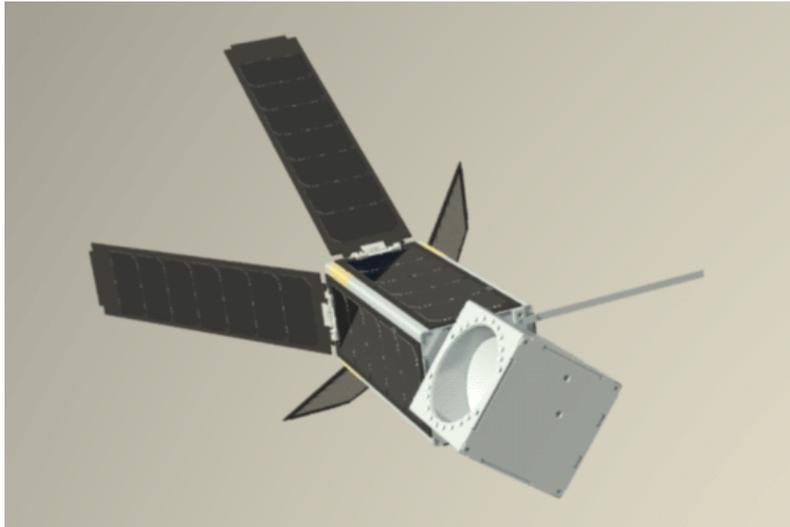


Time-Resolved Observations of Precipitation structure and storm Intensity with a Constellation of Smallsats

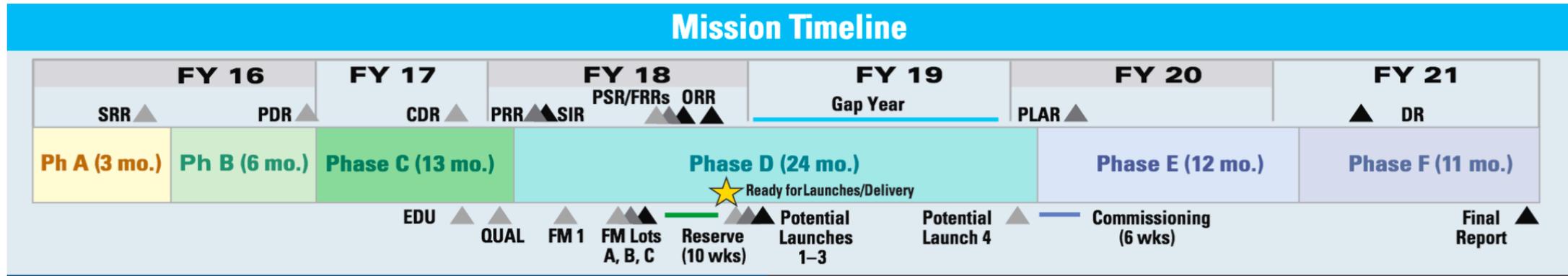
Contexte programmatique

La mission TROPICS, caractéristiques de la première version du projet

- 12 Cubesats de classe 3U (30cm x 10cm x 10cm) pourvus de 12 canaux allant de 90 GHz à 206 GHz
- 3 plans orbitaux à 600km d'altitude et 30° d'inclinaison pour une revisite médiane de 30 minutes



Contexte programmatique



(Source: tropics.ll.mit.edu)

Nouveaux éléments depuis la sélection de la mission:

- 6 cubesats au lieu de 12
- Lancement de deux prototypes en 2018
- Elargissement de la science team américaine à l'international avec un programme « d'Early Adopter » (~ proposition no-cost permettant d'avoir un accès aux données au plus tôt)
- ~4 webex par an avec présentations du PI et des utilisateurs potentiels

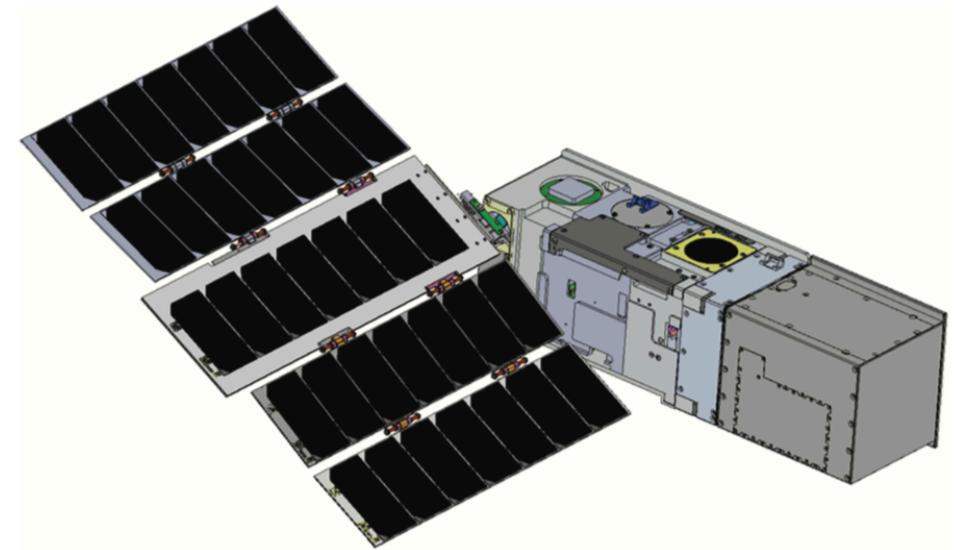
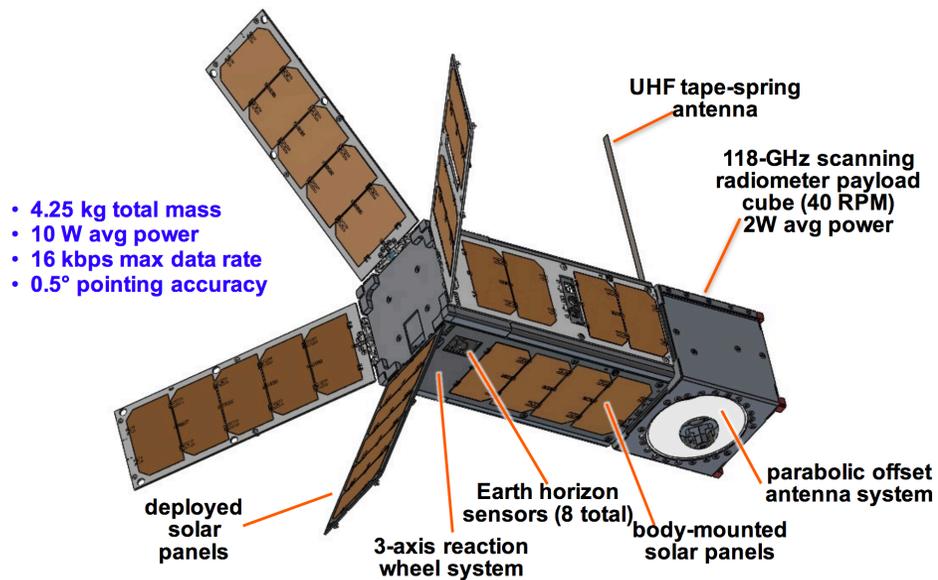
Cost Summary (\$M)				
	Phase A/B	Phase C/D	Phase E/F	Total RY\$
PI-MM Cost	9.100	17.203	3.897	30.201
Reserve %	25%	31%	15%	26%
Gap Planning Budget	0.000	1.353	0.000	1.353
Integration with Vehicle	0.000	0.319	0.000	0.319
Contributions	0.104	0.126	0.073	0.304
Total Mission Cost	9.204	19.002	3.970	32.176

Plan de la présentation

1. Contexte programmatique
- 2. Éléments techniques sur les instruments**
3. Impact potentiel en Prévision Numérique
4. Éléments de conclusion

Éléments techniques sur les instruments

Evolution des bus entre MicroMas et ceux construits pour TROPICS (Société Blue Canyon)



Blackwell WJ, Braun S, Bennartz R, *et al.* An overview of the TROPICS NASA Earth Venture Mission. *Q J R Meteorol Soc.* 2018;144 (Suppl. 1):16–26.

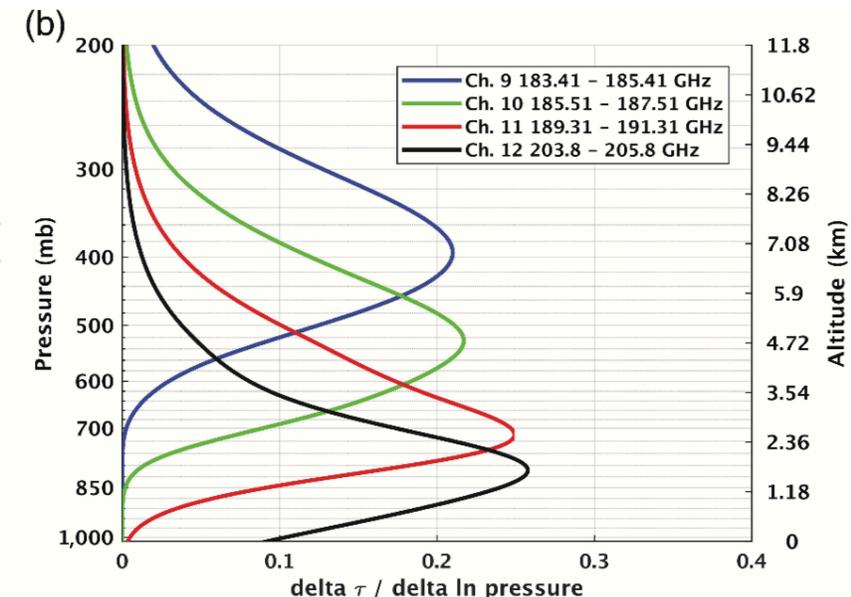
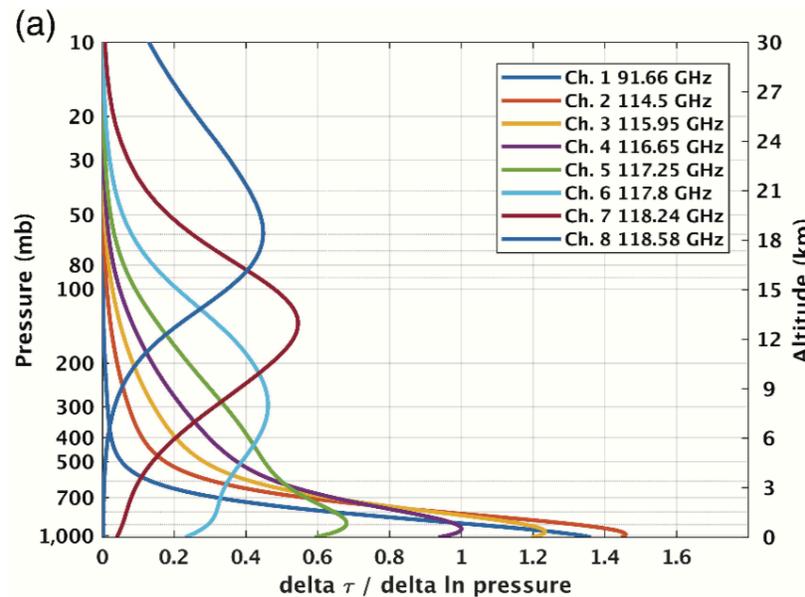
<https://doi.org/10.1002/qj.3290>

=> **Special Issue IPWG** (International Precipitation Working Group)

Éléments techniques sur les instruments

Douze canaux pour le sondage de l'atmosphère en température et en humidité

Channel	Centre frequency (Ghz)	Bandwidth (MHz)	Beamwidth (°) Down/Cross	ΔT_{rms} (K)	Calibration accuracy (K)
1	91.655 ± 1.4	1000	3.0/3.17	0.7	2.0
2	114.50	1000	2.4/2.62	1.0	1.5
3	115.95	800	2.4/2.62	0.9	1.5
4	116.65	600	2.4/2.62	0.9	1.5
5	117.25	600	2.4/2.62	0.9	1.5
6	117.80	500	2.4/2.62	0.9	1.5
7	118.24	380	2.4/2.62	0.9	1.5
8	118.58	300	2.4/2.62	1.0	1.5
9	184.41	2000	1.5/1.87	1.0	1.0
10	186.51	2000	1.5/1.87	0.6	1.0
11	190.31	2000	1.5/1.87	0.6	1.0
12	204.80	2000	1.4/1.83	0.6	1.0



Band	Nadir	Scan mean	Effective across scan
W (90 GHz)	29.6	42.9	50.7
F (118 GHz)	24.1	34.9	41.2
G (183 GHz)	16.1	23.3	27.5
G (205 GHz)	15.6	22.1	26.0

Blackwell WJ, Braun S, Bennartz R, *et al.* An overview of the TROPICS NASA Earth Venture Mission. *Q J R Meteorol Soc.* 2018;144 (Suppl. 1):16–26.

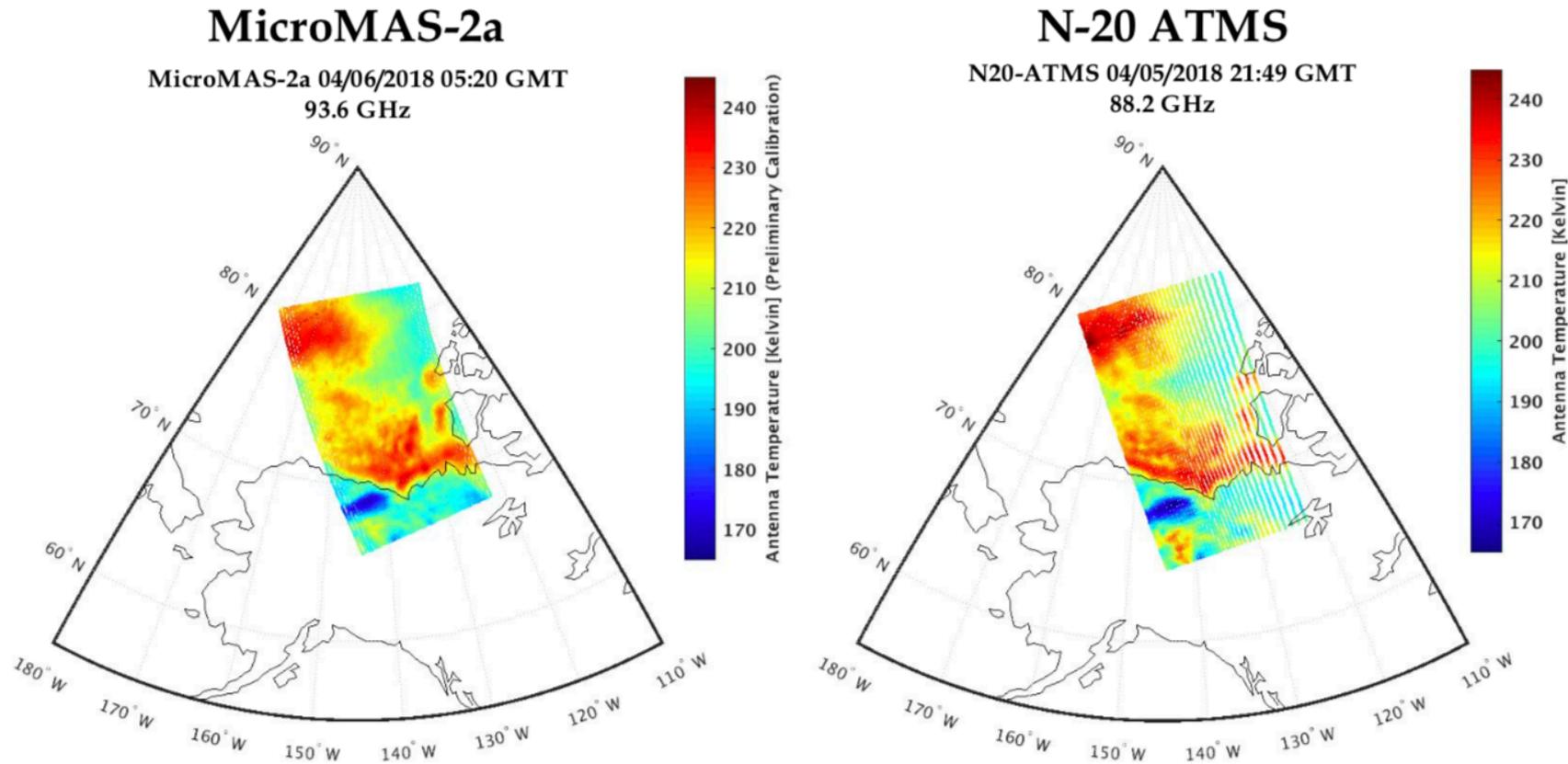
<https://doi.org/10.1002/qj.3290>

=> **Special Issue IPWG** (International Precipitation Working Group)

Eléments techniques sur les instruments

Prototypes lancés: MicroMAS-2a (90-205 GHz) le 11/01/18, MicroMAS-2b en fin d'année

⇒ Premières comparaisons qualitatives des températures d'antenne entre ATMS et MicroMas-2



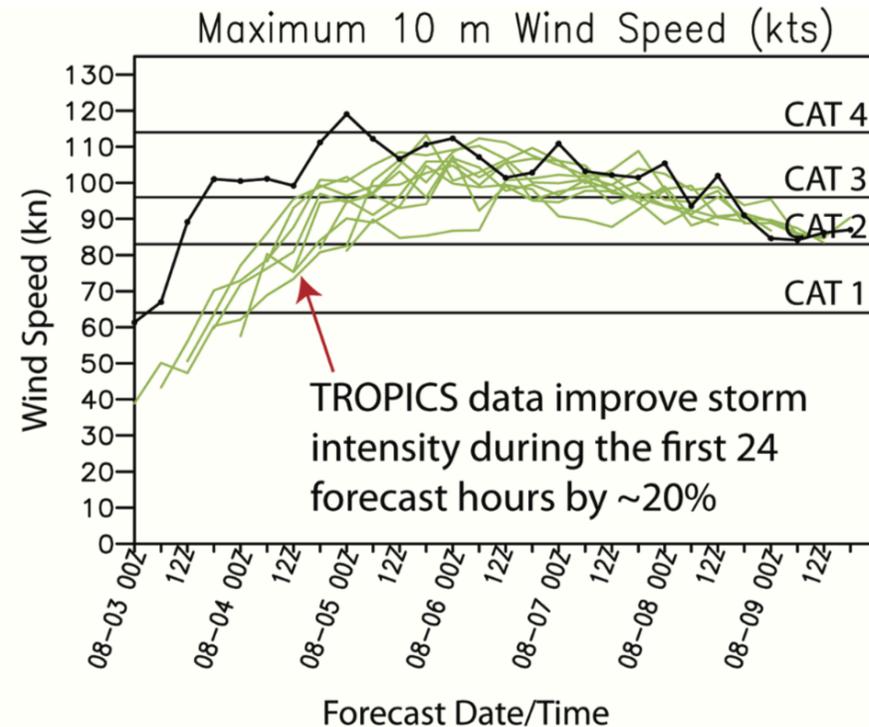
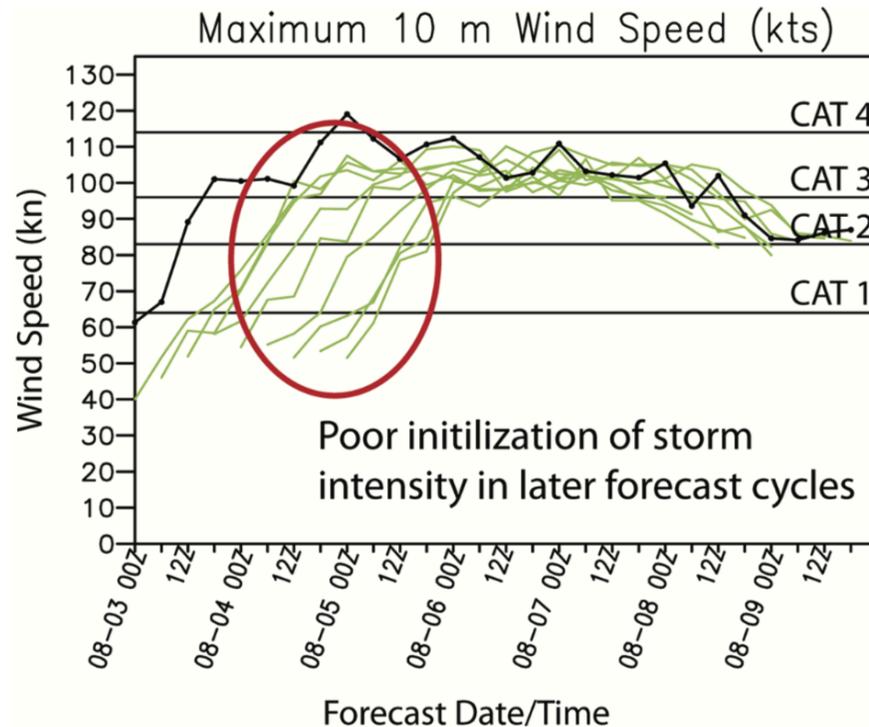
Source: Scott Braun, PMM Science Team meeting

Plan de la présentation

1. Contexte programmatique
2. Éléments techniques sur les instruments
- 3. Impact potentiel en Prévision Numérique**
4. Éléments de conclusion

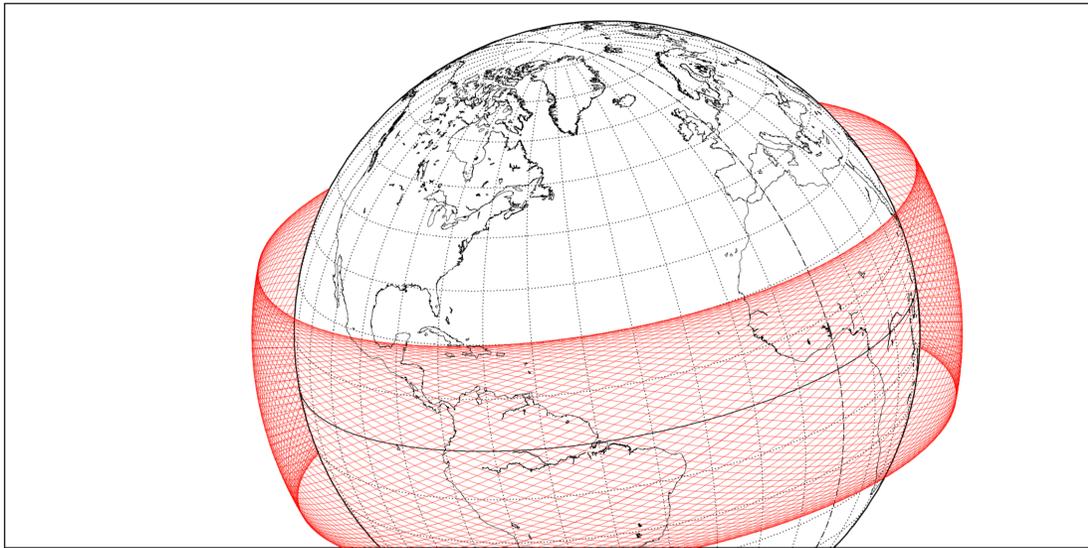
Impact potentiel en Prévision Numérique

Une OSSE (Observing System Simulation Experiment) a été réalisée aux USA afin d'évaluer l'impact des données de TROPICS sur une chaine de Prévision Numérique du Temps, et en particulier sur la prévision cyclonique



Impact potentiel en Prévision Numérique

A Météo-France, une méthode d'assimilation permettant de bénéficier d'observations micro-ondes à haute répétitivité temporelle en zone tropicale, en ciel clair et en zone nuageuse, est en cours de développement.



Source: IXION, Michel Capderou

Mission Megha-Tropiques (CNES/ISRO)



Source: CNES

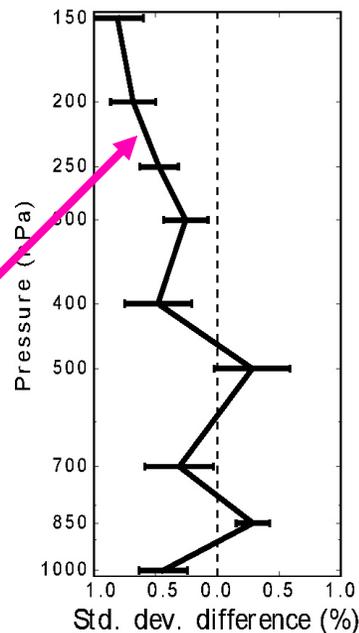
Sondeur SAPHIR à 183 GHz

Impact potentiel en Prévision Numérique

Cette méthode permet d'impacter positivement les prévisions de notre modèle global ARPEGE dans les Tropiques. Résultats d'expériences d'assimilation de SAPHIR sur une période de 3 mois, résumés dans l'article Duruisseau et al., 2018 (QJRMS)

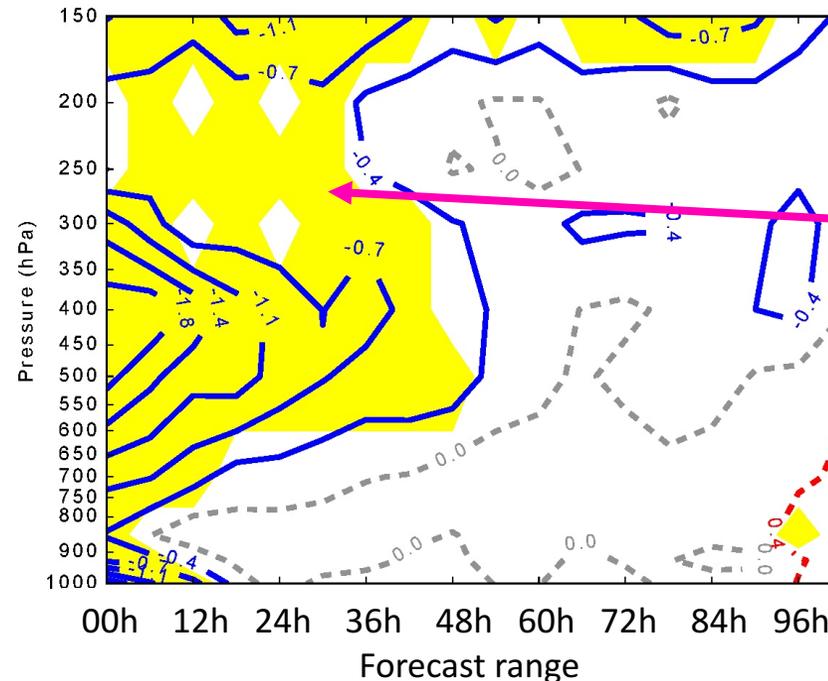
Impact positif sur les prévisions de vents tropicaux

REF: Vents dérivés des Satellites géostationnaires



Impact positif à +6h, en zone nuageuse

REF: analyses CEPMMT



Impact positif se propageant jusqu'à +48h dans tous les Tropiques
(intervalle de confiance à 95%)

Plan de la présentation

1. Contexte programmatique
2. Éléments techniques sur les instruments
3. Impact potentiel en Prévision Numérique
- 4. Éléments de conclusion**

Éléments de conclusion

- **La mission TROPICS présente un intérêt important pour la Prévision Numérique du Temps opérationnelle de part la revisite temporelle des observations => lancement des 6 cubesats à l'horizon 2020/2021**
- **La disponibilité des données avec une latence compatible avec nos chaînes de prévisions n'est pas encore garantie (coût)**
- **Des comparaisons quantitatives des températures de brillance devront être réalisées afin de mesurer la qualité de ces données par rapport à des radiomètres plus classiques**

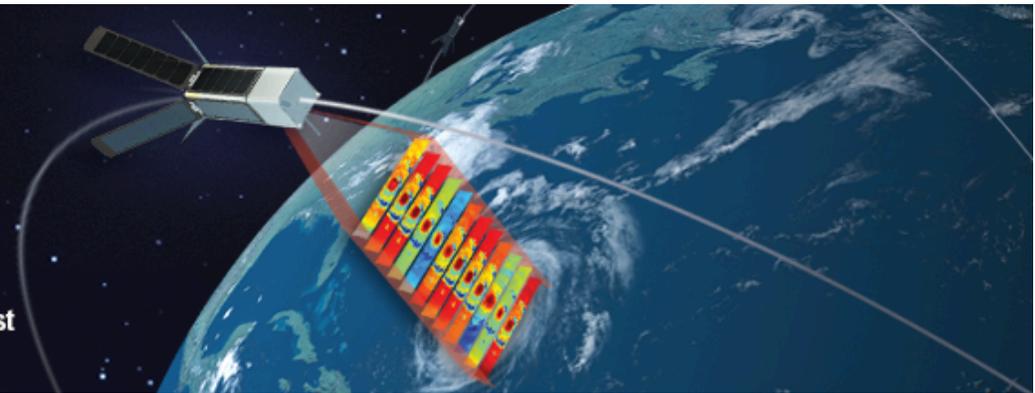
Merci de votre attention!



**Time-Resolved Observations of
Precipitation structure and storm
Intensity with a Constellation of Smallsats**

MIT Lincoln Laboratory (proposing organization)

William J. Blackwell, Principal Investigator. Scott Braun (NASA GSFC), Project Scientist



Plus d'infos ici => <https://tropics.ll.mit.edu>