



Laboratoire de Physique
des 2 Infinis



A2C Astroparticles, Astrophysics
& Cosmology

Equipe Astrophysique & Cosmochimie

vincent.tatischeff@ijclab.in2p3.fr



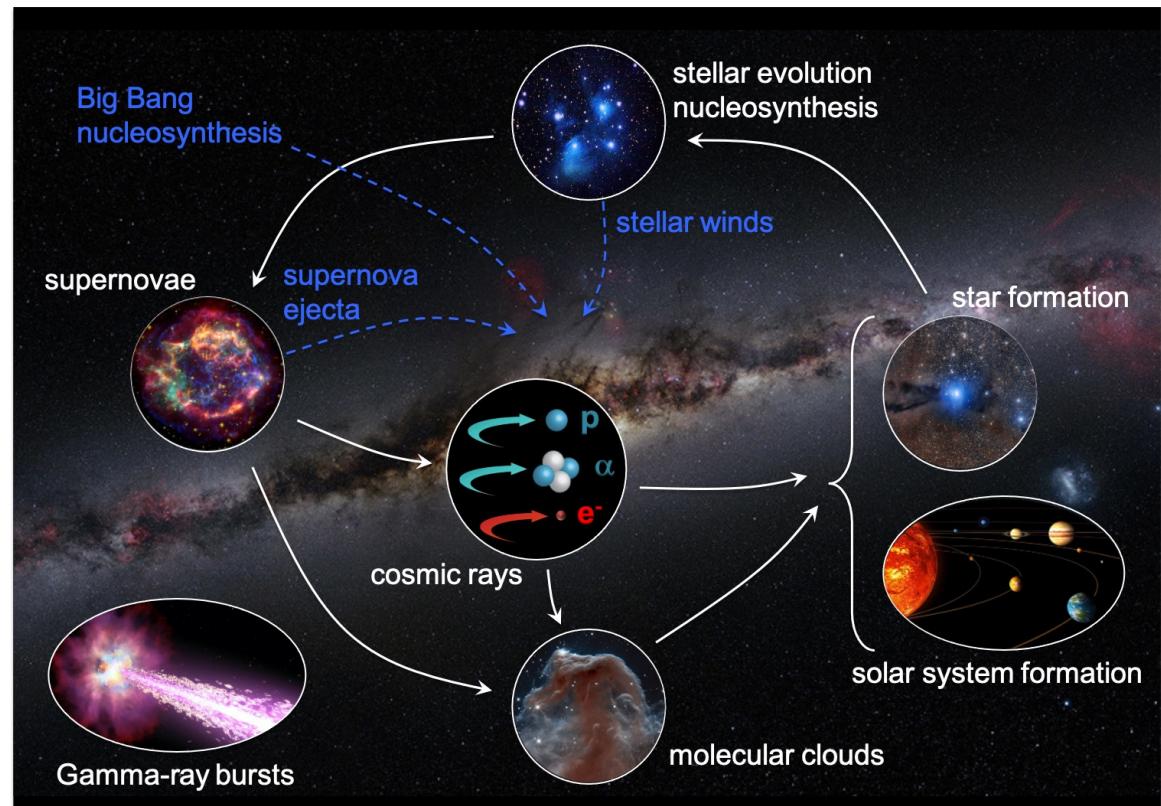
Astrophysique & Cosmochimie

Thèmes de recherche

- Nucléosynthèse
- Origine des rayons cosmiques
- Astrochimie du milieu interstellaire
- Formation du système solaire
- **Physique des sursauts gamma**

M. Chabot
A. Coc
L. Delauche
C. Engrand
C. Hamadache
G. Slodzian
V. Tatischeff

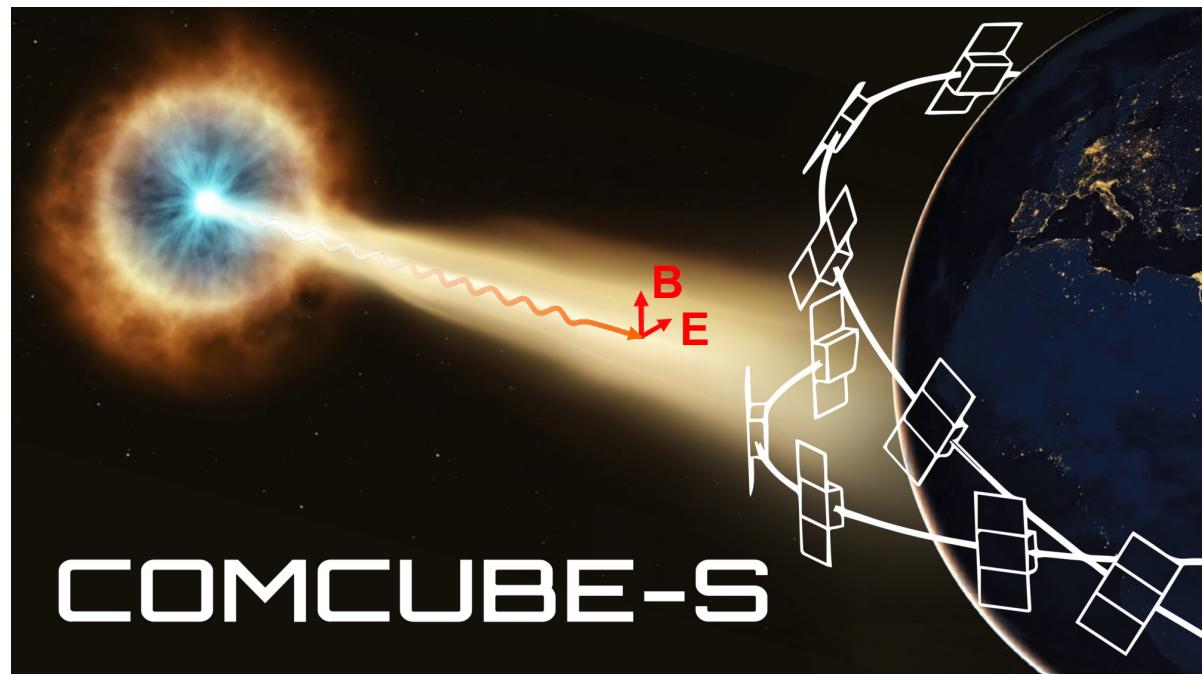
J. Mangan (post-doc., 2024-2026)
T. Nguyen Trun (doc., 2022-2025)
N. Franel (doc., 2022-2025)
S. Hankache (doc., 2025-2028)





COMCUBE-S : un essaim de nanosatellites pour la polarimétrie des sursauts gamma et l'astronomie multi-messagers

- Proposée à l'ESA en 2023 en réponse à un appel à idées pour des **concepts de missions innovantes rendues possibles par des essaims de CubeSats**
- **Sélectionnée** en avril 2024 (parmi 74 idées initialement reçues par l'ESA)
- Phase d'étude au **Concurrent Design Facility** de l'ESA en juin-juillet 2024
- Actuellement en **Phase A** avec l'ESA
- Mission de démonstration en orbite avec **2 CubeSats** en 2030

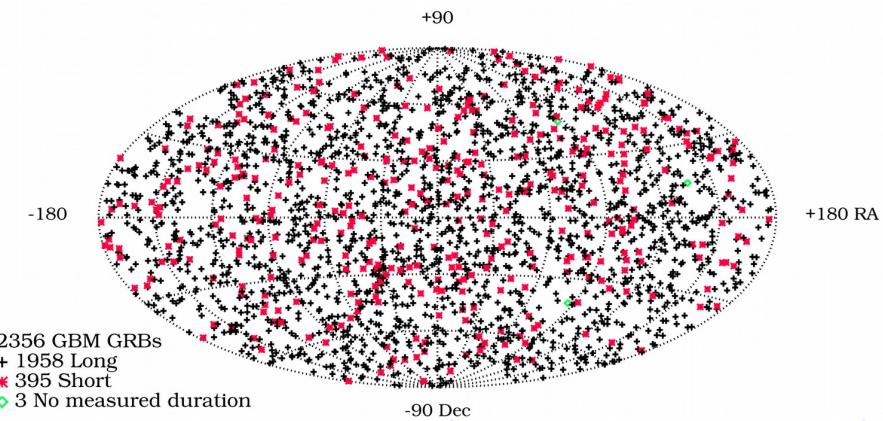




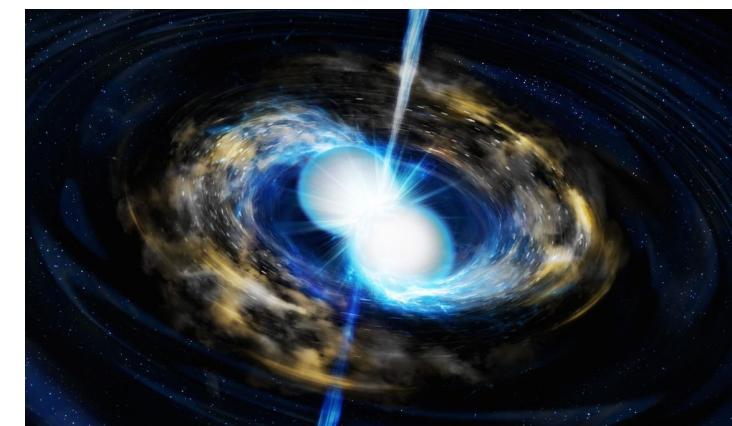
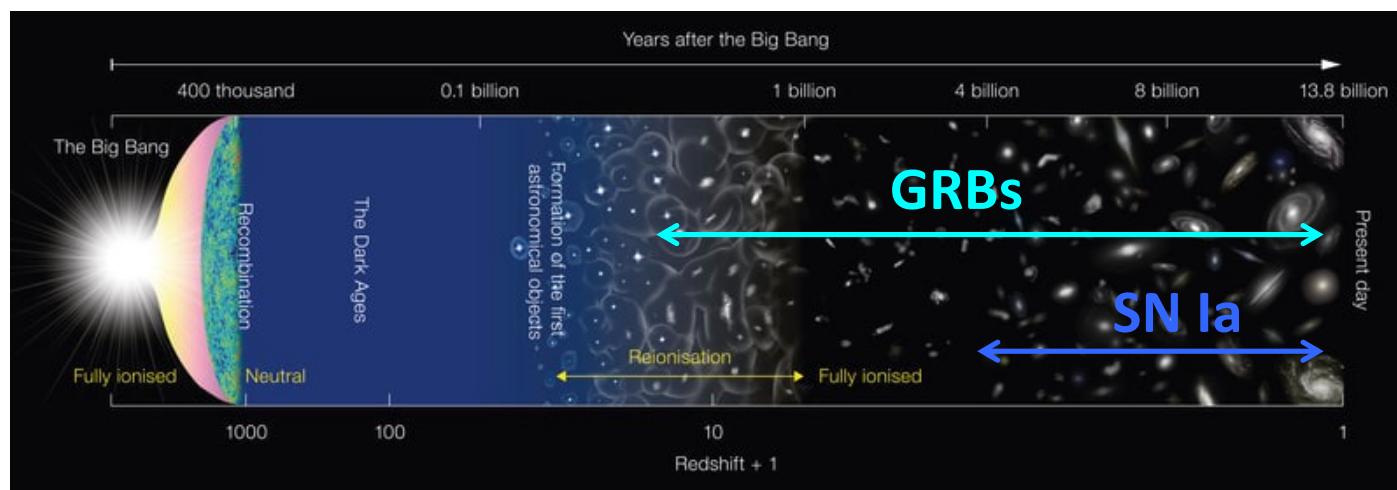
Sursauts gamma

- **Explosions les plus brillantes de l'Univers**
- Environ un sursaut détecté par jour, à des distances cosmologiques, jusqu'à des redshifts > 9
- Sursauts longs ($T_{90} > 2s$) : explosion d'étoiles très massives
sursauts courts : fusion d'objets compacts (NS-NS ou NH-BH)
- Pourraient devenir des **sondes cosmologiques uniques** si la physique impliquée dans leurs jets ultrarelativistes ($\Gamma > 100$) était mieux comprise.

Fermi-GBM 10-year catalogue

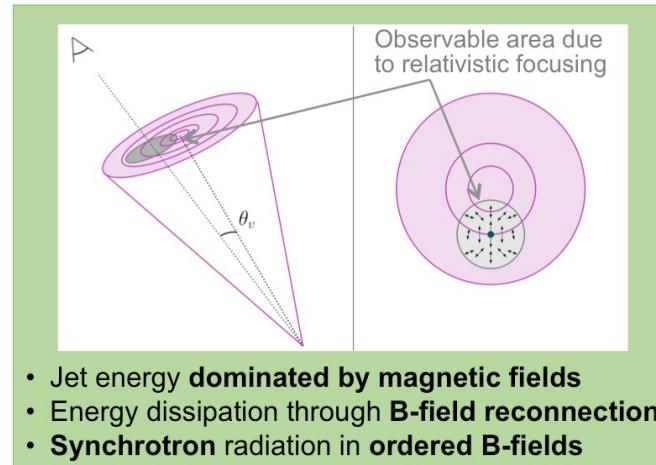
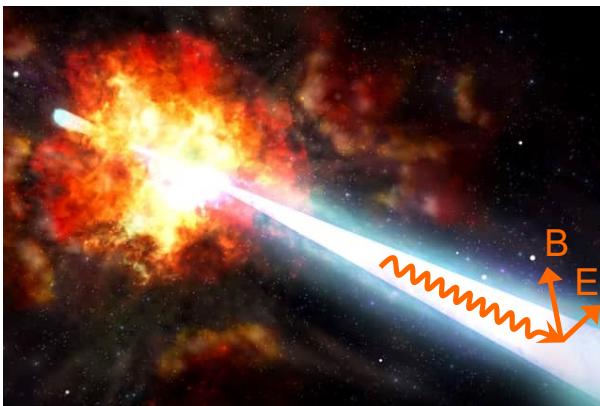


(von Kienlin et al. 2020)

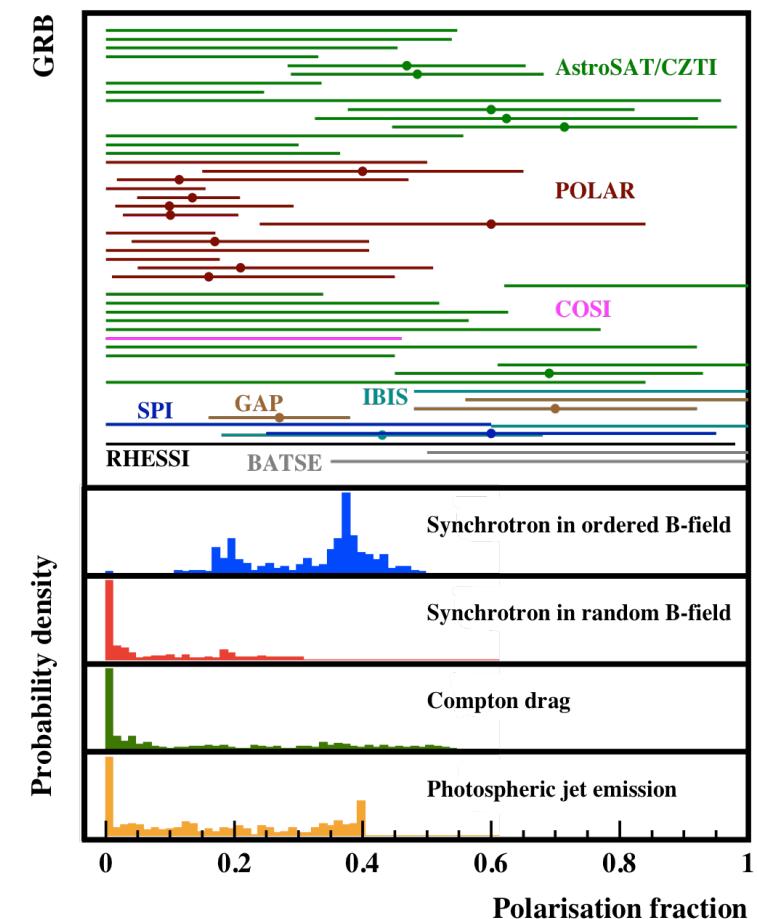




Polarisation des sursauts gamma

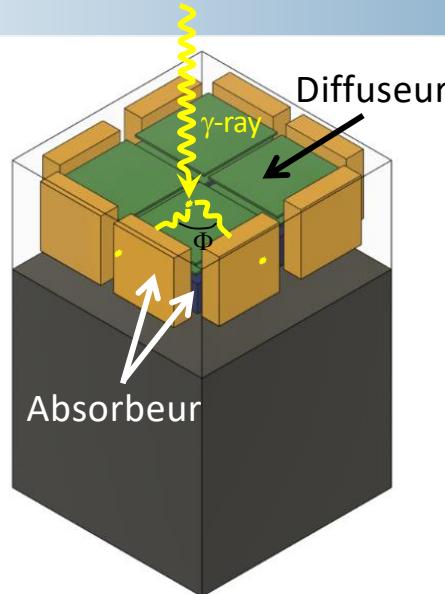
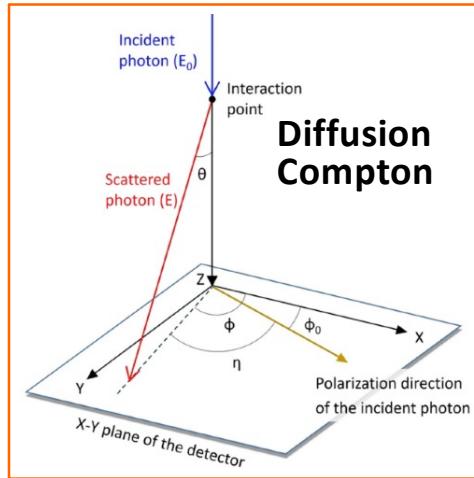


- Les mesures de spectre et de courbe de lumière n'ont pas permis de comprendre la **composition du plasma, l'origine du champ B** et le(s) processus de **dissipation d'énergie** dans les jets de sursauts gamma
- La **polarisation linéaire** peut révéler l'**intensité et la cohérence des champs magnétiques** transportés par le jet, ainsi que le(s) **mécanisme(s) de rayonnement et la géométrie d'observation**
- Mais la polarimétrie des rayons gamma est une mesure difficile, soumise à d'importantes **erreurs systématiques**

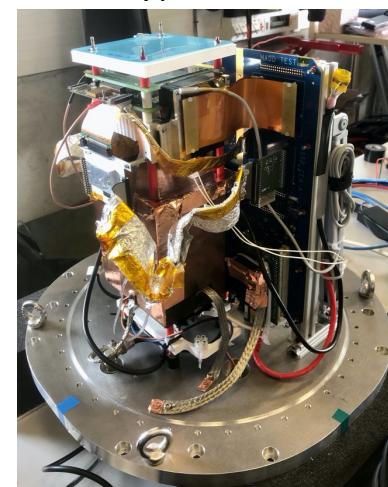




Polarimétrie des sursauts avec COMCUBE-S



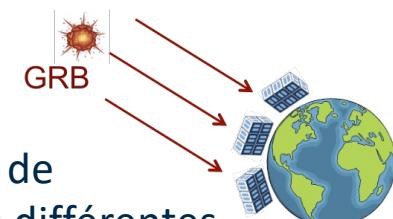
Prototype COMCUBE



Lancer du vol TRANSAT le 22/06/24 @ 18:57 UT



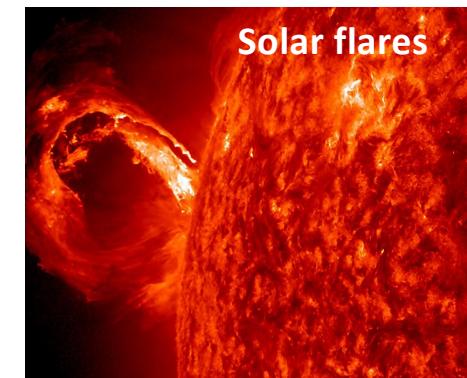
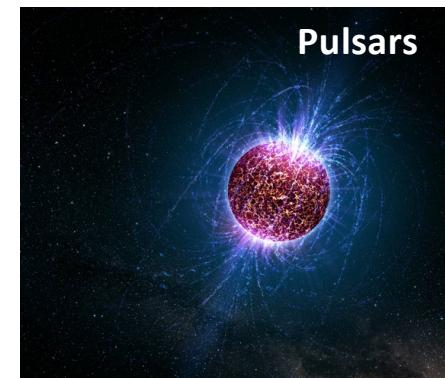
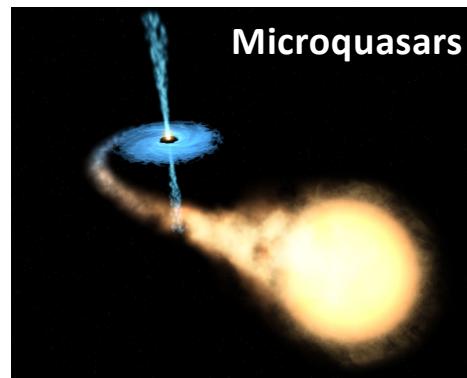
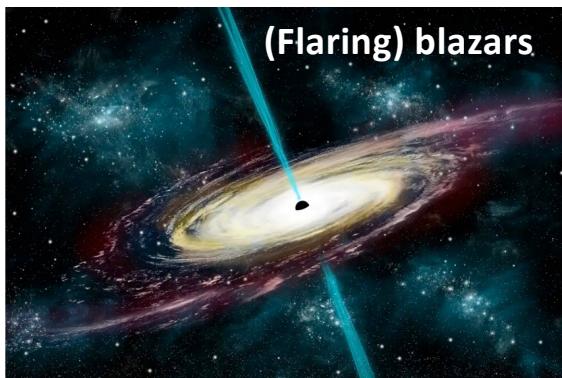
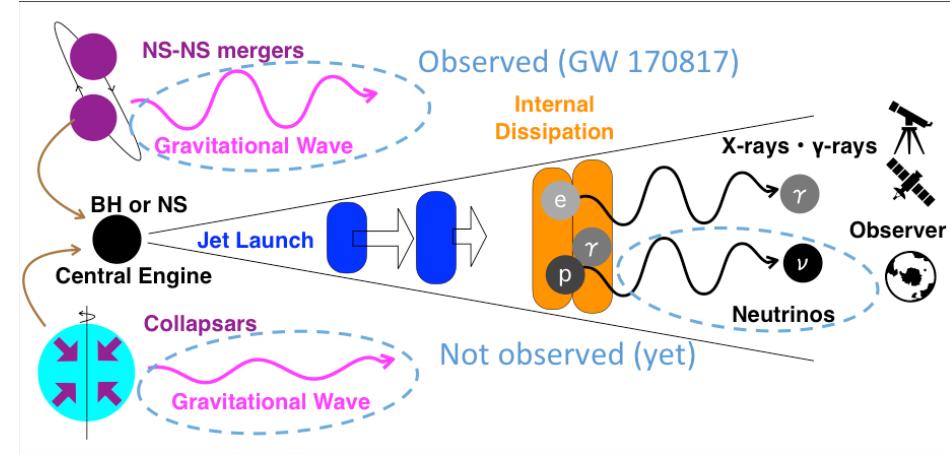
- Mesure de la polarisation linéaire en utilisant la **diffusion Compton** :
$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{KN} = \frac{r_e^2 \epsilon^2}{2} (\epsilon + \epsilon^{-1} - 2 \sin^2 \theta \cos^2 \eta)$$
- **Télescope Compton** constitué de détecteurs Si à pistes (diffuseur) et de scintillateurs (absorbeur)
- Test d'un prototype de polarimètre en **vol ballon stratosphérique** en juin 2024 –
1^{er} vol transatlantique (Laponie Suédoise → Ile de Baffin au Canada) opéré par le CNES
- **COMCUBE-S minimisera les erreurs systématiques** de mesure en détectant le même signal de polarisation avec un grand nombre d'instruments observant la source avec des orientations différentes





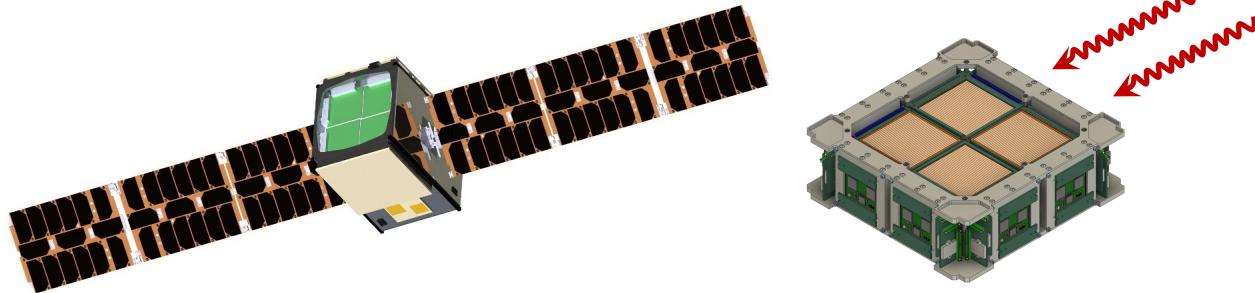
Astronomie multi-messagers et astronomie du domaine temporelle

- **Localisation rapide des sursauts et notification d'alertes :**
 - Suivi multi-longueurs d'onde pour la détection de la galaxie hôte (=> **redshift**) et l'étude de la rémanence
- Recherche d'une contrepartie électromagnétique aux **ondes gravitationnelles** détectées avec LIGO/Virgo/KAGRA
- ... et aux **neutrinos de haute énergie** détectés avec IceCube & KM3NeT (=> rayonnement cosmique extra-galactique)
- Les études de nombreuses **sources transitoires** détectées par COMCUBE-S bénéficieront d'observations de suivi à d'autres longueurs d'onde : les noyaux actifs de galaxie, les microquasars, les pulsars, les binaires X, etc.





Notification d'alertes rapides avec localisation automatique des sources



- COMCUBE-S mettra en œuvre de nouveaux aspects des **liaisons inter-satellites** pour transmettre rapidement au sol les données de la constellation en cas d'événement déclencheur
 - **Localisation automatique** des sources à partir des taux de comptage de tous les détecteurs (33 par satellite), en utilisant un algorithme **d'intelligence artificielle**
 - Traitement automatique des alertes avec le « broker » **FINK** (<https://fink-broker.org/>) pour une **classification des différentes sources astrophysiques en temps réel**
 - Transmission automatique des alertes les plus prometteuses au réseau **GCN** (General Coordinates Network) pour des **observations de suivi multi-longueurs d'onde**
- **Thèse de Sally Hankache 2025 – 2028 (financement CNES – CNRS) en collaboration avec l'ESA**

