



# Modèle Monte-Carlo du transport dans l'atmosphère des électrons relativistes et des photons $\gamma$ en relation avec les TGFs

## Événements Lumineux Transitoires (TLEs), Flash Gamma Terrestres (TGFs) et Flash d'Electrons (TEBs)

Lors de certains orages, il peut y avoir des émissions lumineuses au dessus des nuages, avec différentes taille, formes et durées, que l'on appelle les Événements lumineux transitoires (TLEs). Dans certains cas, les orages peuvent aussi produire des émissions de rayons gamma (sans forcément de lien avec les TLEs) que l'on appelle les Gamma Flashes terrestres (TGFs). Ils ont été découverts en 1994 par le détecteur BATSE du CGRO (Fishman et al, NASA). Quelques caractéristiques :

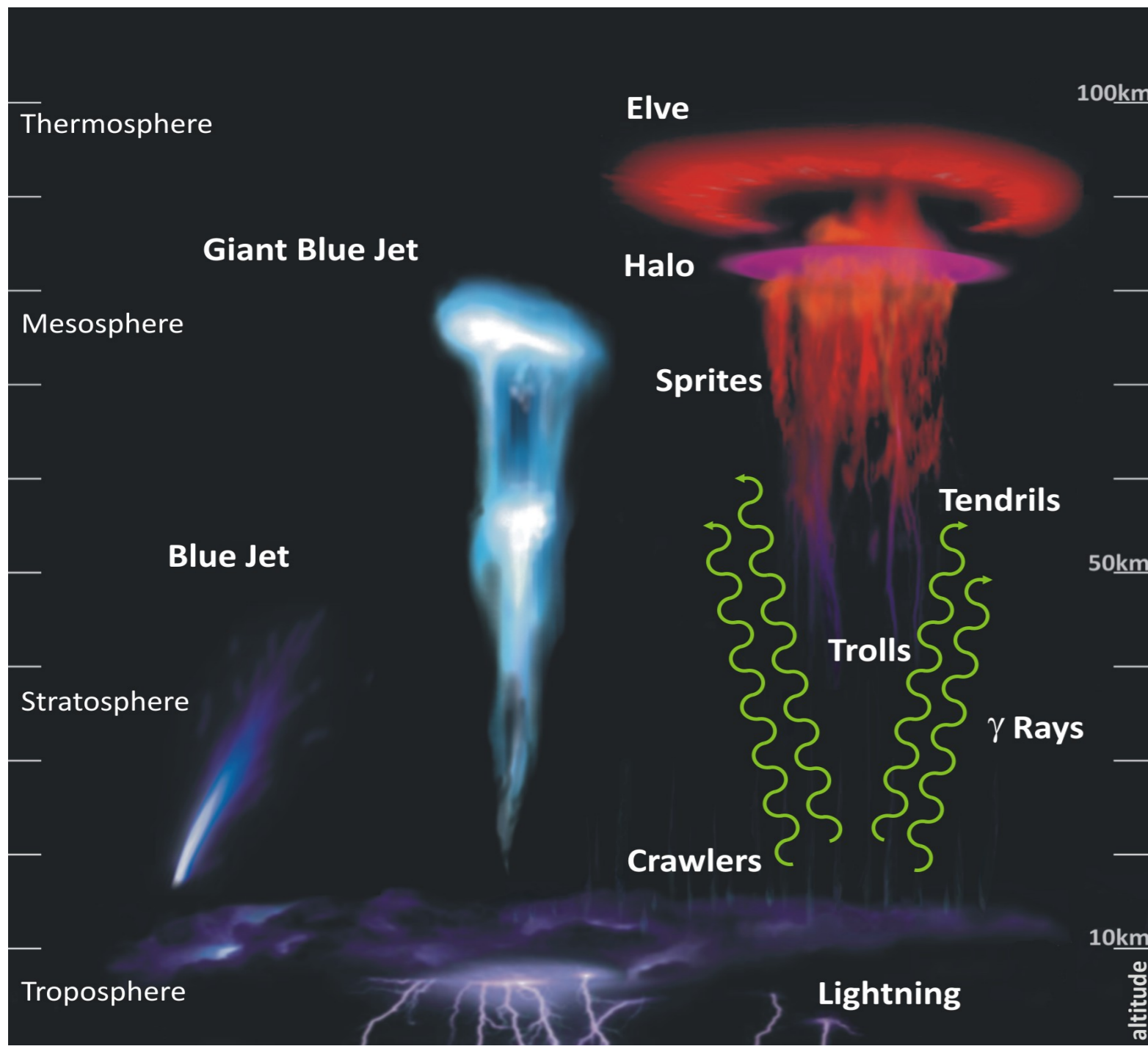
1. Durées de quelques millisecondes
2. Énergies jusqu'à des dizaines de MeV
3. Altitude de production  $\sim 10 - 20$  km
4. Liés aux orages

Ils ont depuis été détectés par les missions RHESSI, FERMI et AGILE. La détection et la caractérisation des TLEs et des TGFs est un des objectifs de la mission TARANIS du CNES.

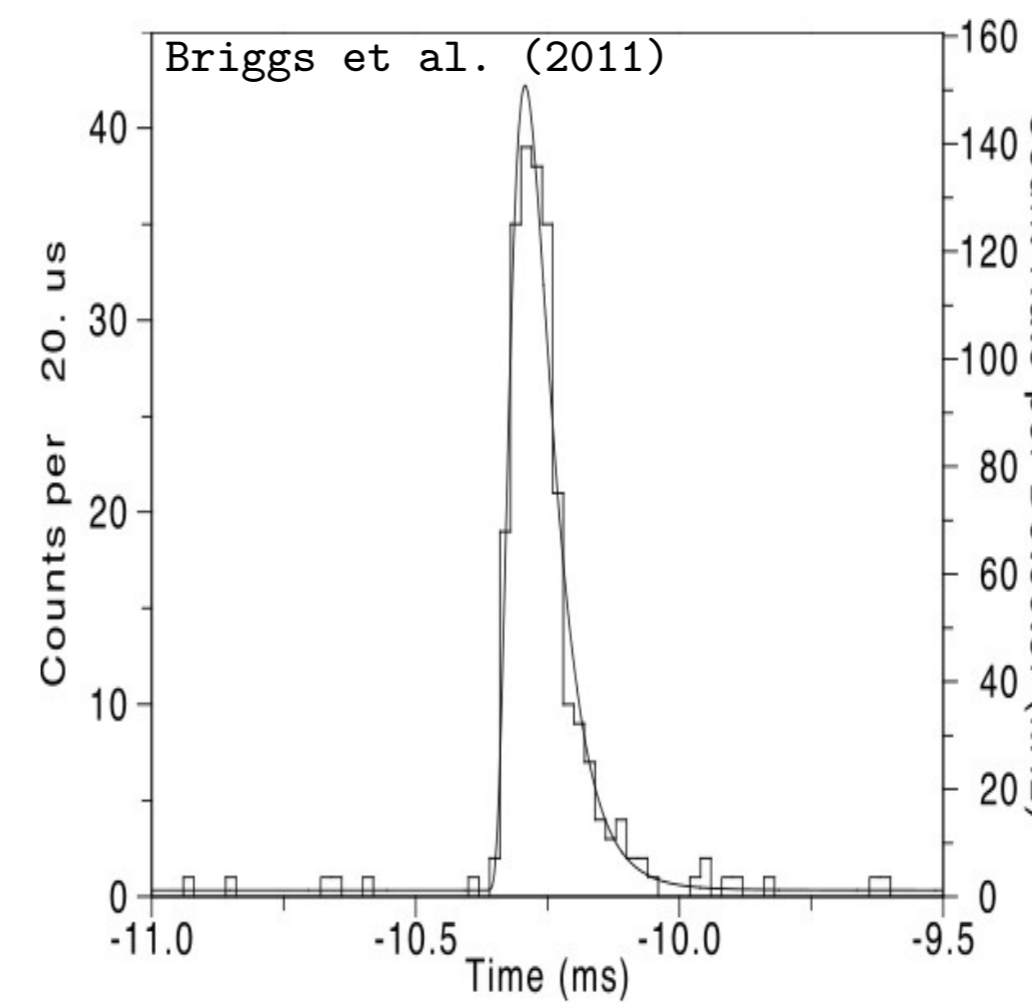
Le spectre détecté de ces TGFs est associé à une émission Bremsstrahlung pour des électrons runaway de hautes énergies.

On estime une proportion TGF/éclair de  $\sim 1/10000$ , et entre 220 et 570 TGFs par jour.

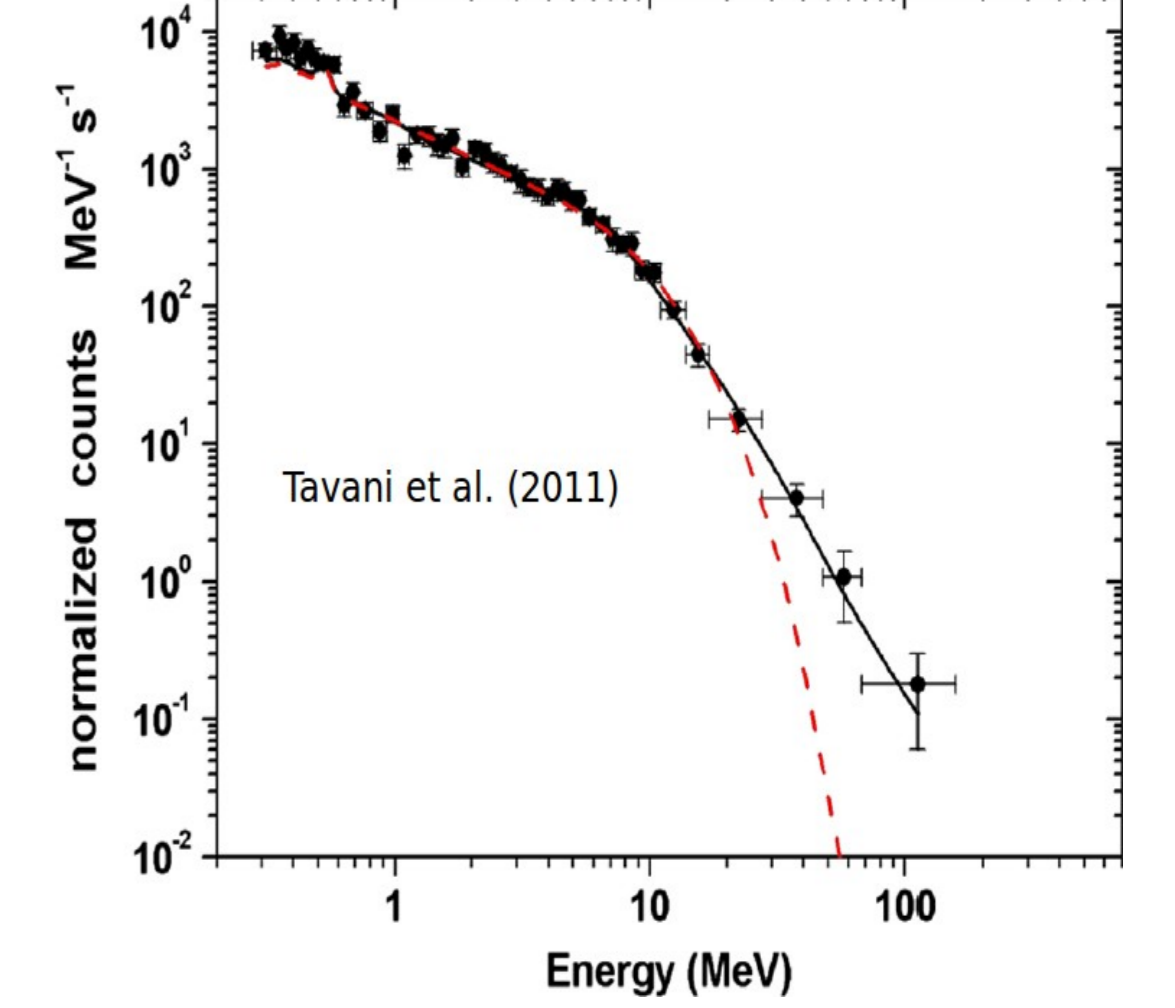
On mesure  $\sim 1$  particule /  $cm^2$  au niveau du satellite, ce qui implique que  $\sim 10^{15}$  photons d'un TGF atteignent l'altitude du satellite ( $\sim 600$  km) et cela implique aussi qu'il y avait  $\sim 10^{17}$  électrons énergétiques à la source. Ces derniers ne peuvent pas atteindre l'altitude du satellite ( $\sim 550$  km).



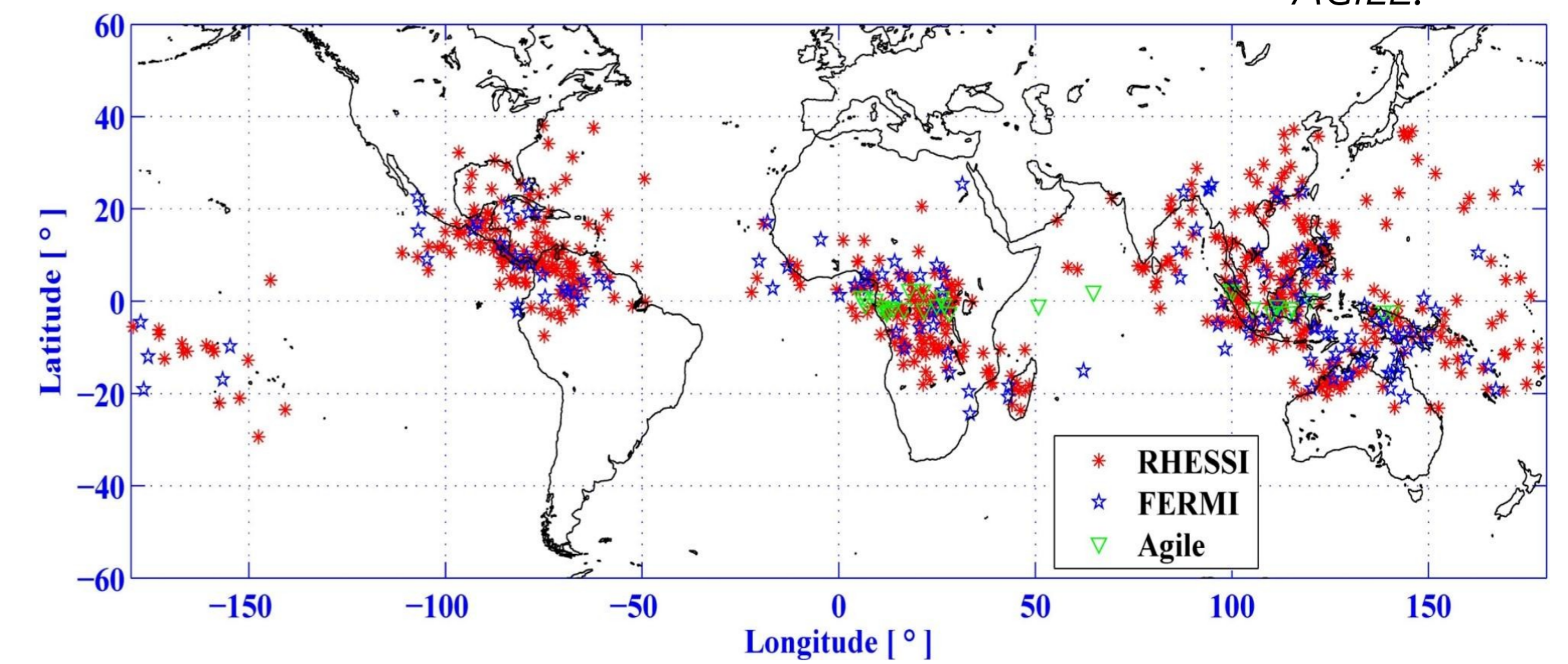
Zoologie des TLEs



Courbe de lumière typique d'un TGF, observation de FERMI.

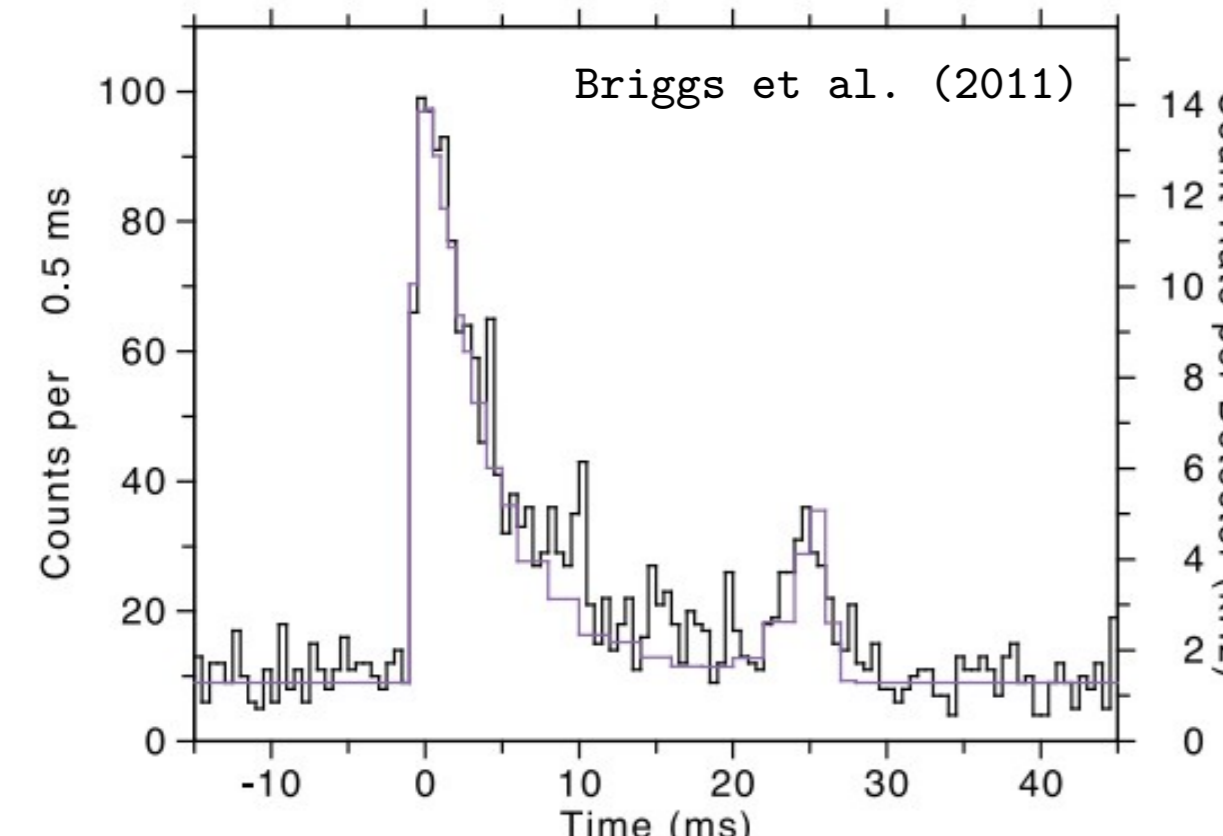


Spectre en énergie des TGFs, accumulé sur plusieurs événements observés par AGILE.

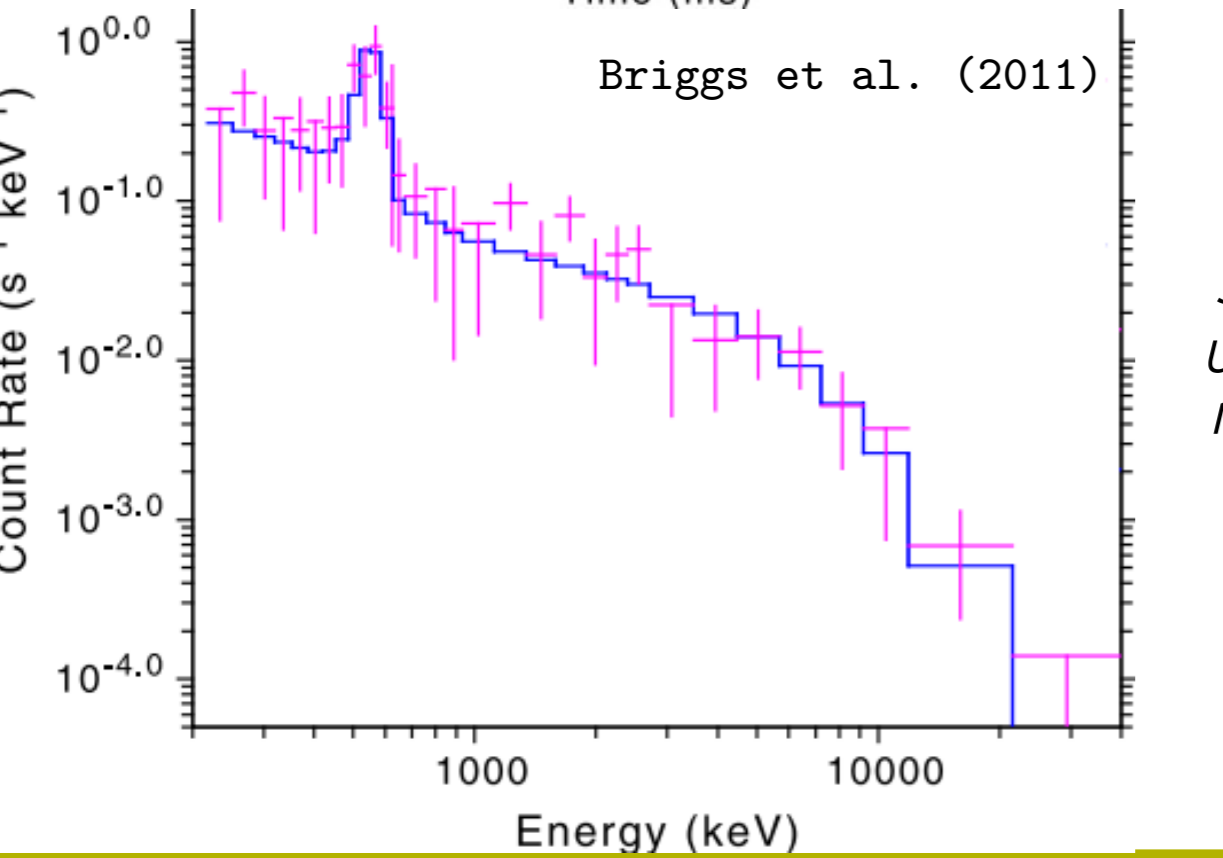


Répartition de quelques TGFs observés par RHESSI, FERMI et AGILE.

En interagissant avec les molécules d'air, les photons des TGFs peuvent produire massivement des électrons et des positrons, qui, eux, peuvent atteindre l'altitude du satellite. Ils laissent une signature différente des TGFs : une durée bien plus élevée, et un spectre avec une forte raie à 511 keV. On les appelle les TEBs. Ils sont plus dur à détecter que les TGFs car ils sont plus concentrés, car ils suivent les lignes de champ magnétique terrestre.



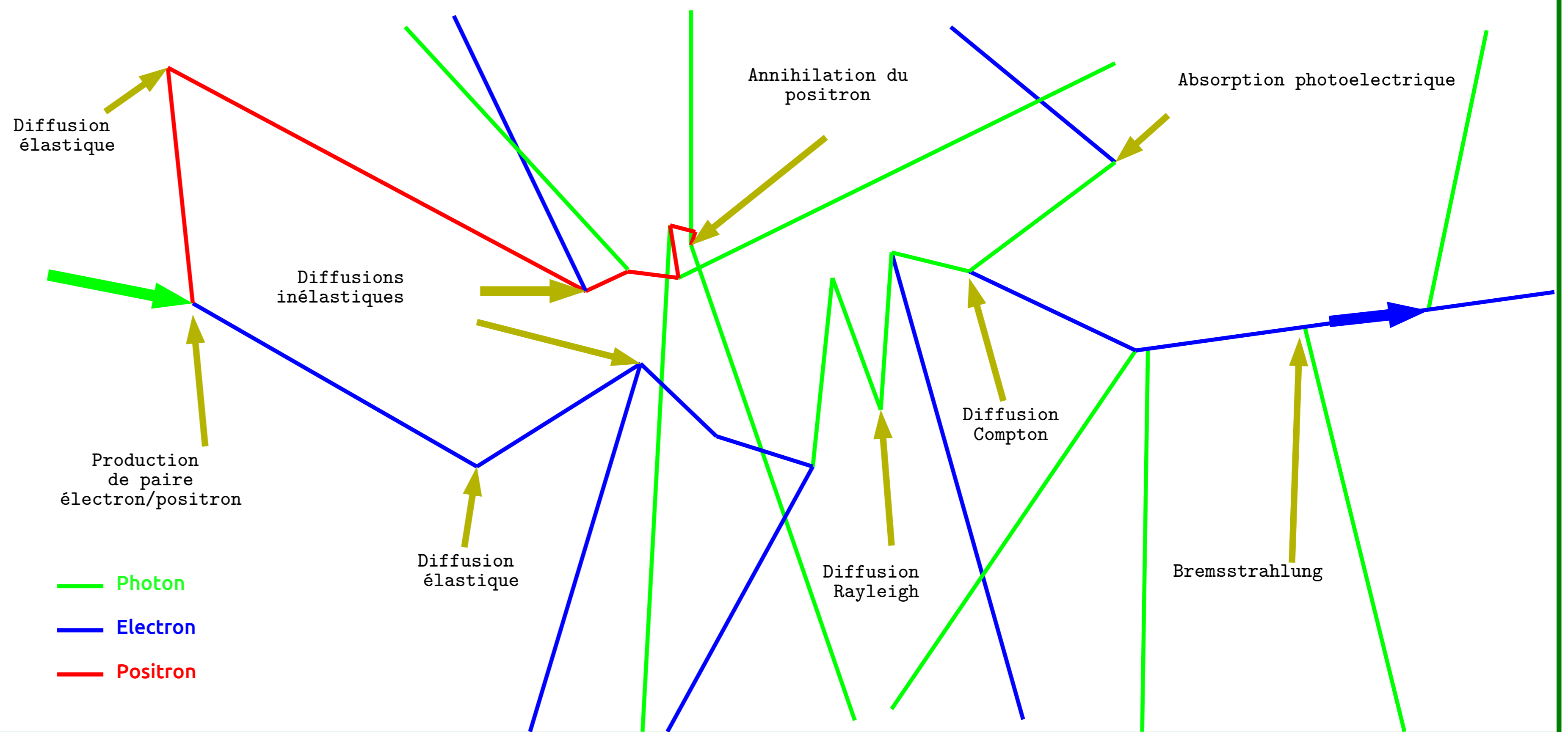
Courbe de lumière attribuée à un flash d'électrons (TEB). La bosse secondaire correspond à des électrons qui ont rebondi sur un point miroir magnétique de la Terre et qui sont retournés sur le satellite. Observation FERMI.



Spectre en énergie attribué à un flash d'électrons (TEB). La raie à 511 keV est clairement visible et est signe de l'annihilation de positrons. Observation FERMI.

### Mon Travail : construction d'un modèle Monte-Carlo

Méthode Monte Carlo = Simulation de Processus Physiques par tirage de nombre aléatoires



### La mission TARANIS



TARANIS est une mission du CNES qui va étudier les transferts d'énergie entre l'atmosphère de la Terre et l'environnement spatial. L'instrumentation est en grande partie développée en France, avec des collaborations internationales (France, USA, Japon, République tchèque, Pologne, Danemark, Turquie, Chine).

Il dispose d'une Instrumentation dédiée à l'étude des phénomènes transitoires :

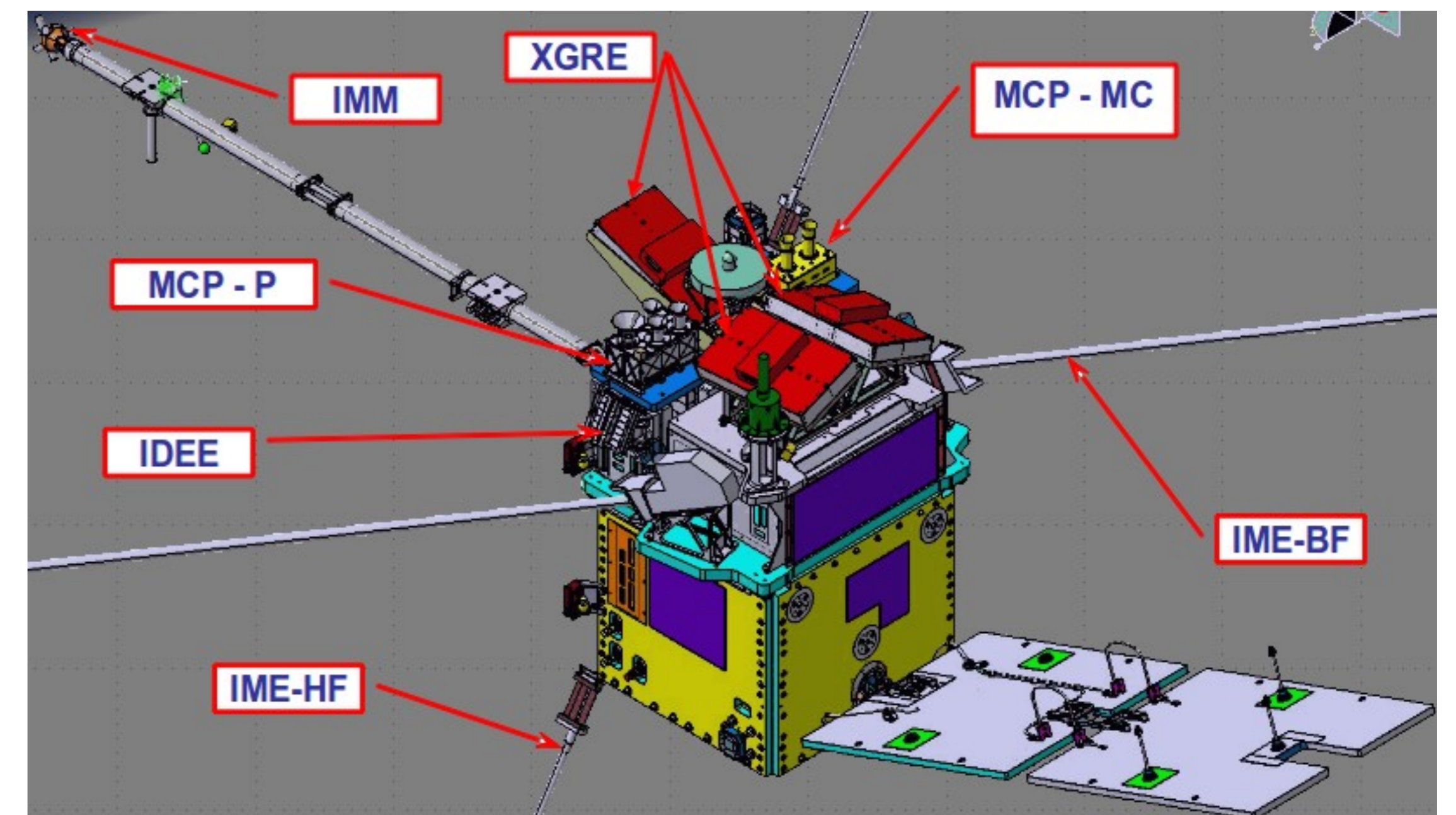
1. mesure des TLEs (optique)
2. mesure des champs électrique et magnétique
3. mesure des particules énergétiques (photons et électrons) des TGFs

Les instruments qui m'intéressent particulièrement sont :

XGRE : 3 détecteurs X et gamma pour mesurer des photons de 20 keV à 10 MeV et des électrons de 1 MeV à 10 MeV.

IDEE : 2 détecteurs d'électrons de 70 keV à 4 MeV.

Ce sera la première fois que des détecteurs exclusivement électrons seront utilisés pour étudier ce type de phénomène. Ce sera également la première fois que des scintillateurs LaBr3 seront utilisés depuis l'espace.



Lancement prévu en 2016