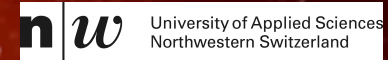


STIX: Spectrometer/Telescope for Imaging X-rays

Sam Krucker (PI) FHNW Suisse



Nicole Vilmer (LESIA)

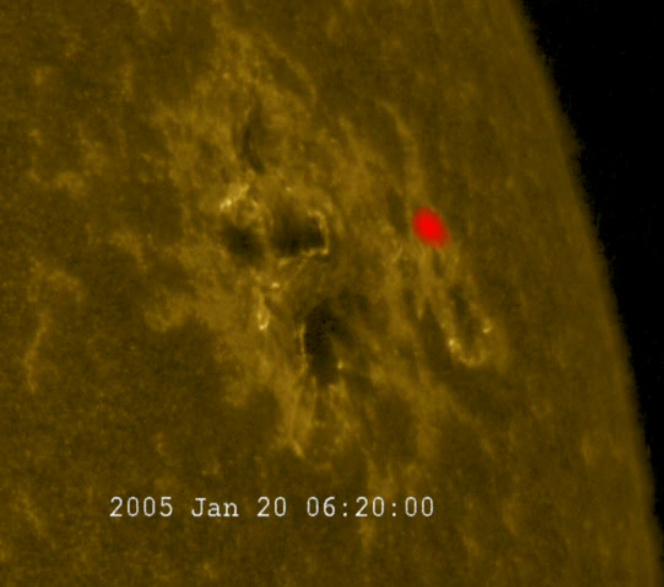
Olivier Limousin (CEA)

Aline Meuris (CEA)

Sacha Brun (AIM/CEA)

Quels outils pour l'analyse de Solar Orbiter ?
Toulouse 4-6 Novembre 2014





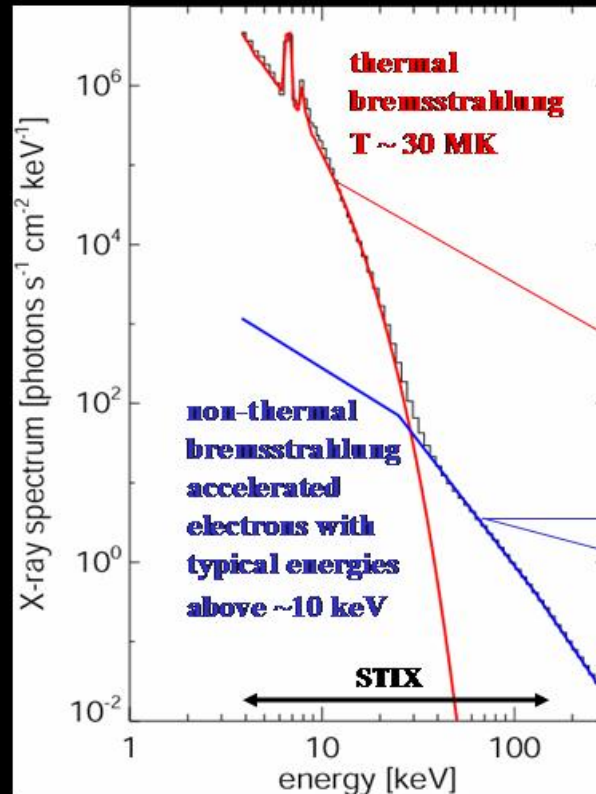
Une des questions clé de Solar Orbiter



Quelles sont les sources, les mécanismes d'accélération et les processus de transport des particules énergétiques ?

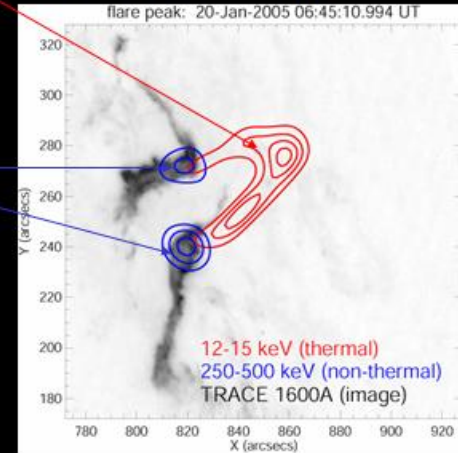
Spectrométrie-imagerie X (et diagnostics: nombre, spectres en énergie) des électrons thermiques et non thermiques produits en liaison avec l'activité solaire et interagissant dans l'atmosphère solaire

Accélération des particules dans un plasma naturel: sujet central étude plasmas astrophysiques (apport résolution temporelle et spatiale et combinaison remote sensing/in situ)



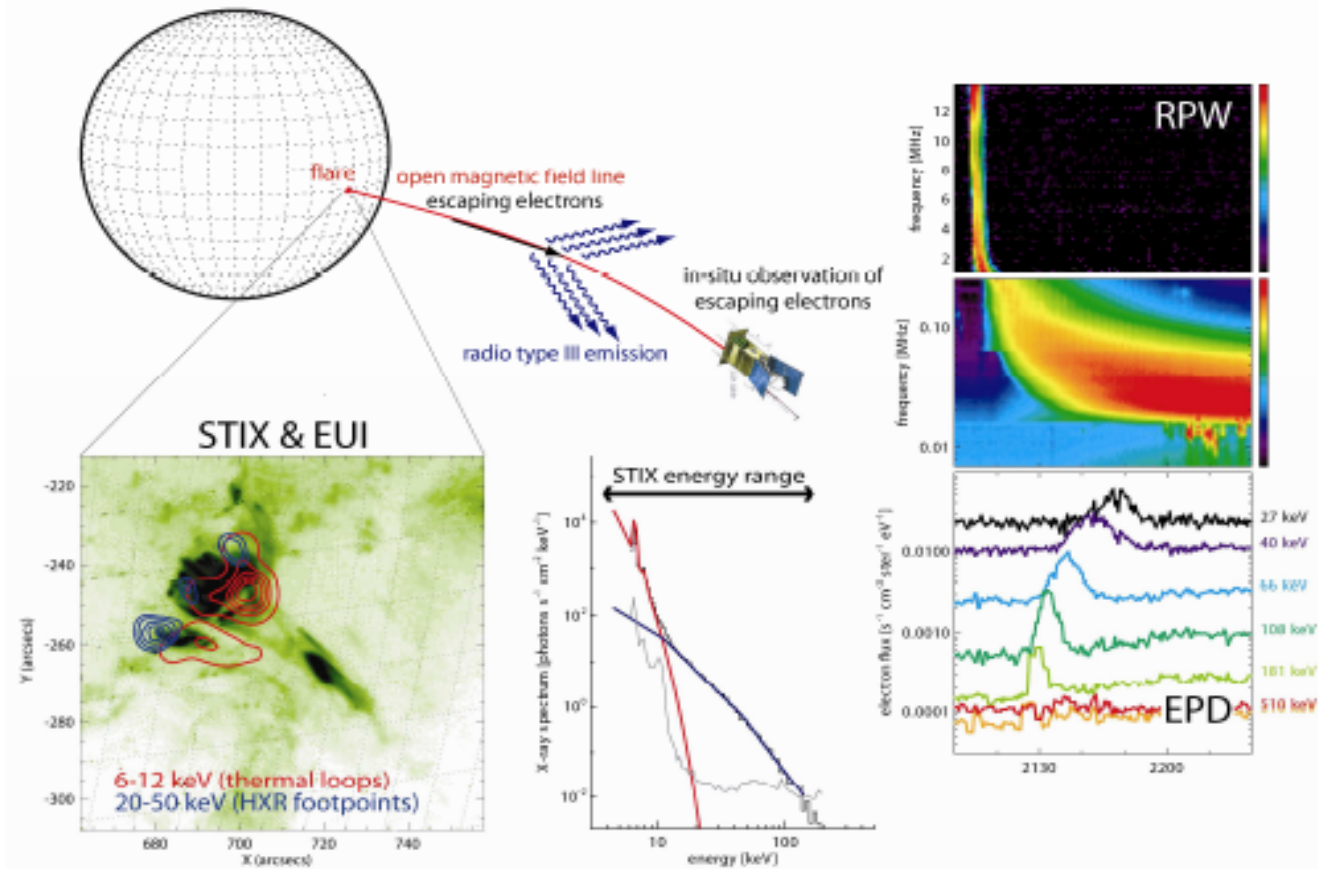
HXR emission of a solar flare

- STIX energy range: 4-150 keV
- simultaneous imaging and spectroscopy



12-15 keV (thermal)
250-500 keV (non-thermal)
TRACE 1600A (image)

STIX: le lien indispensable entre instruments remote sensing et mesures in situ



- « timing » de l'accélération des faisceaux d'électrons dans l'atmosphère solaire, et localisation des sites d'accélération des électrons à la surface du soleil et mesures du spectre des électrons accélérés.
- Particules énergétiques à la surface solaire et dans le milieu interplanétaire
- Connectivité magnétique entre la surface solaire et le milieu interplanétaire

STIX et les instruments de « remote sensing »: observations combinées STIX/EUI/PHI...

Sites d'accélération/d'interaction des électrons et environnement magnétique

- Cartes de champ magnétique vectoriel SDO/HMI

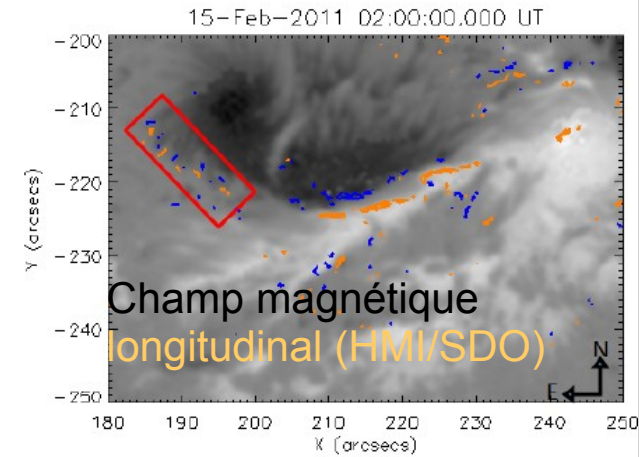
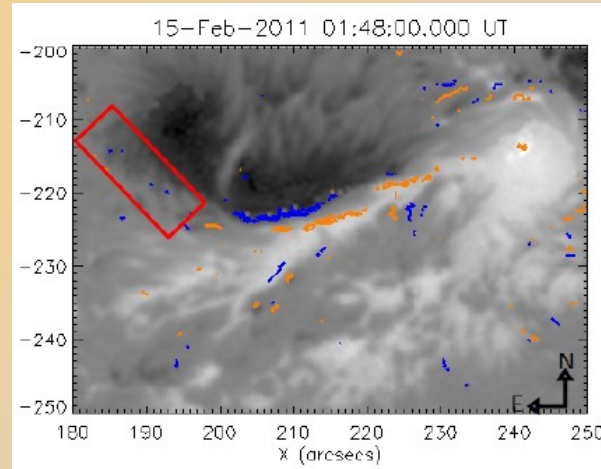
Inversion UNNOFIT et résol. ambiguïté (V.Bommier)

- Cartographie et étude de l'évolution de la densité de courant électrique

- Comparaison avec les sources X (Rhesi):
- Musset, Vilmer, Bommier, en révision

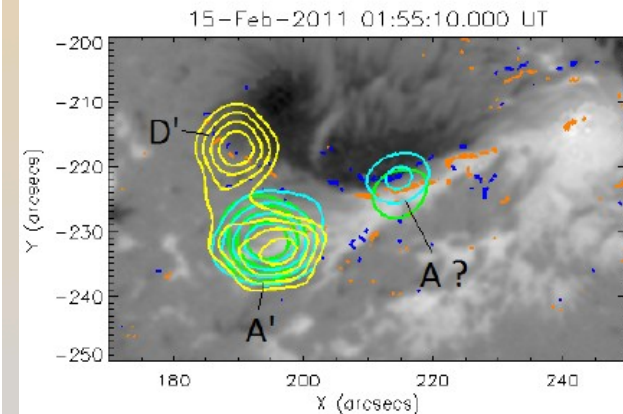
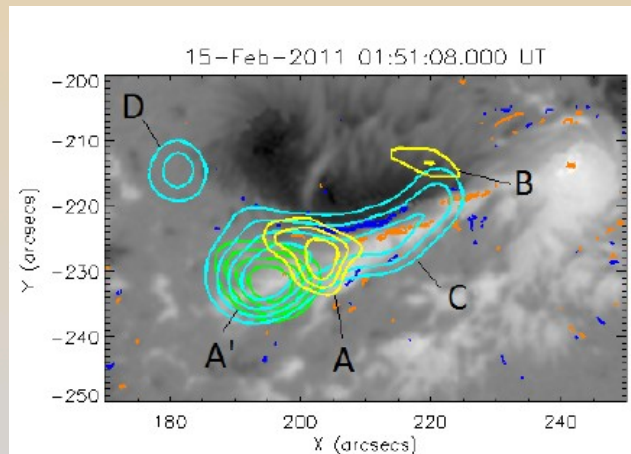
Mesures de B (PHI)
⇒ nappes de courant

⇒ reconnexion et
⇒ accélération particules (X) (EUI/STIX)



Courants électriques: $J_z > 100 \text{ mA/m}^2$; $J_z < -100 \text{ mA/m}^2$

Emission X (RHESSI): 12-25 keV ; 25-50 keV ; 50-100 keV

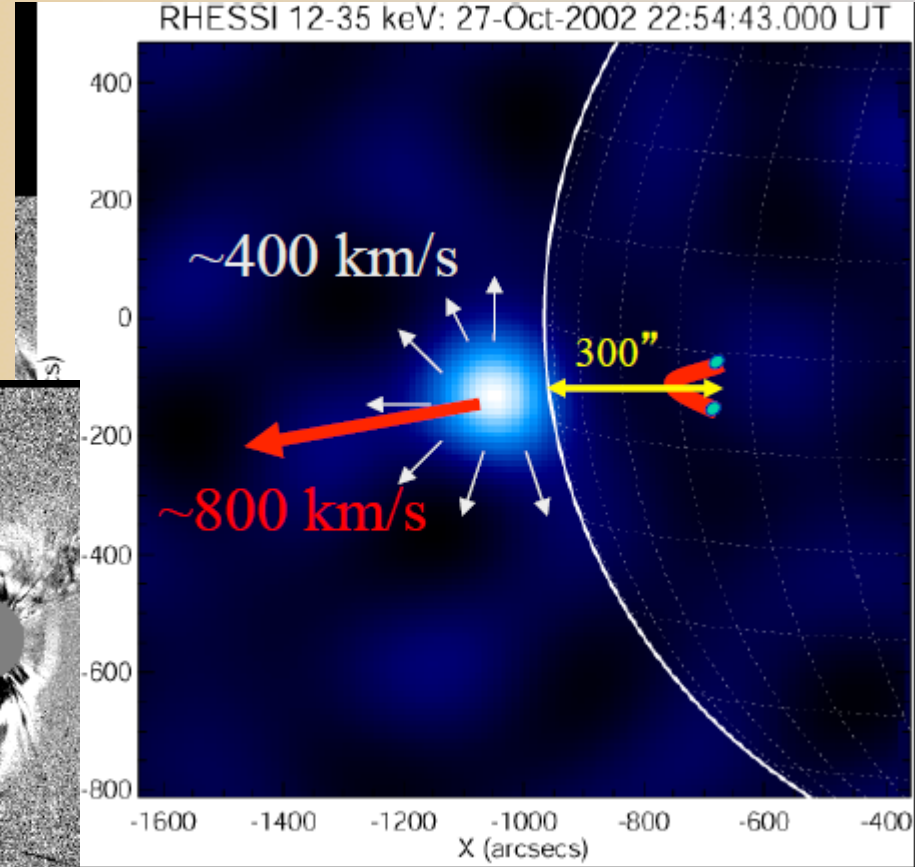
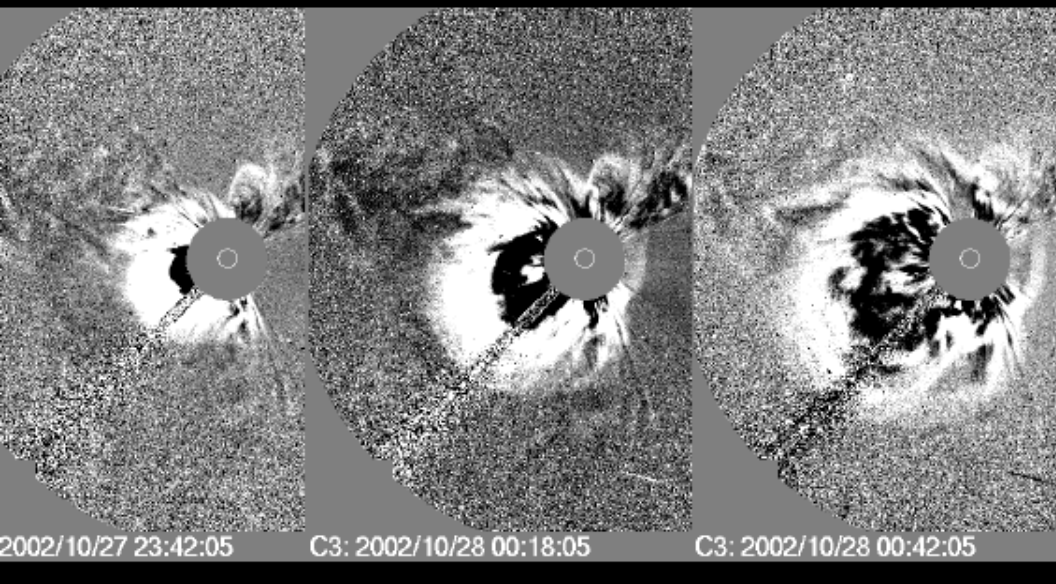


STIX et les instruments de « remote sensing »: observations combinées

STIX/METIS

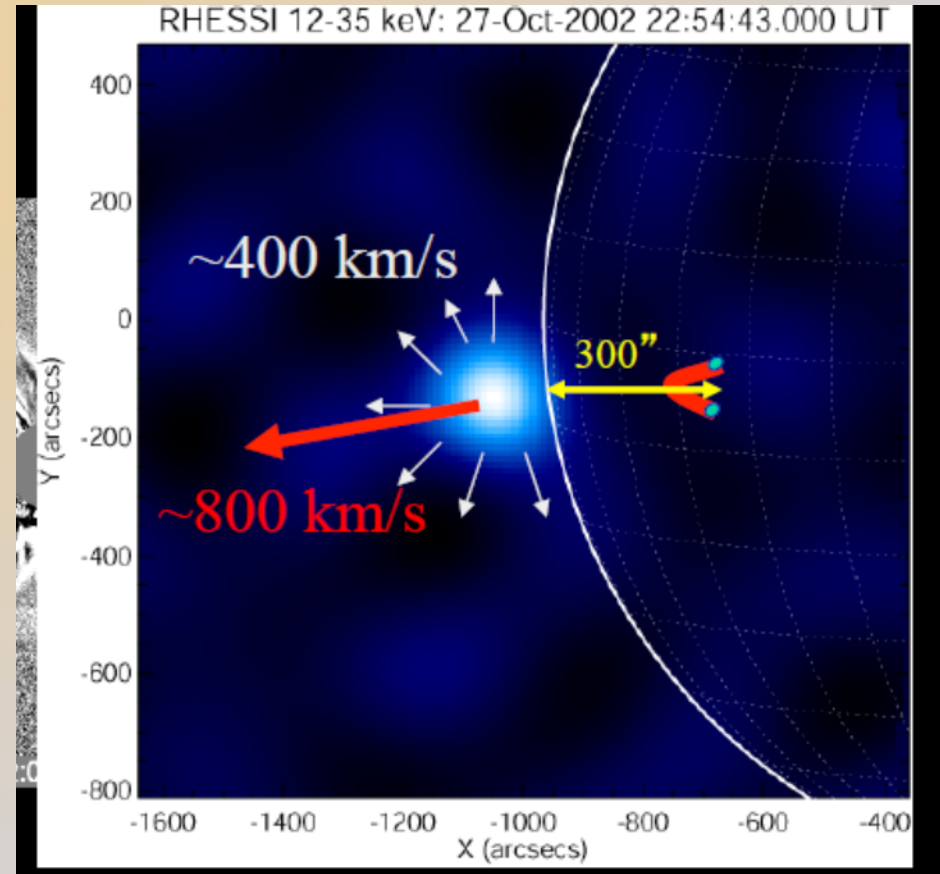
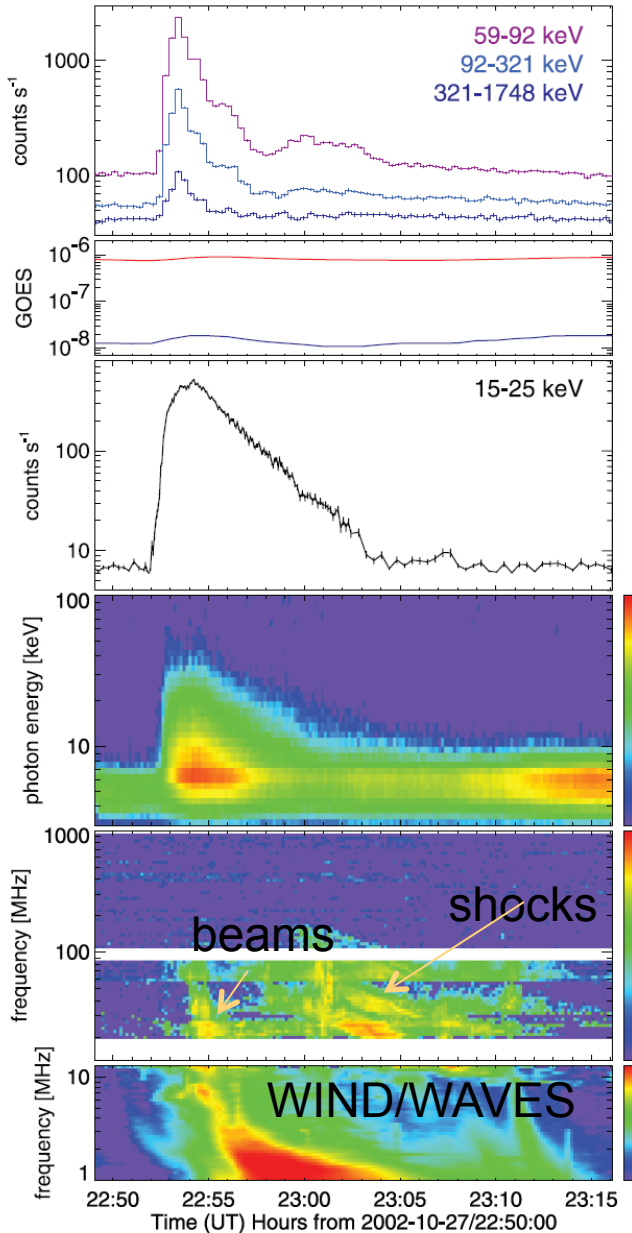
Eruptions, accélération de particules, développement des éjections de masse coronale

Emission HXR: électrons énergétiques associés au CME
Source large en expansion et en mouvement



Backside CME 2000 km/s (Krucker et al., 2007)
Eruption 40° derrière le limbe

Observations combinées STIX/ METIS/RPW



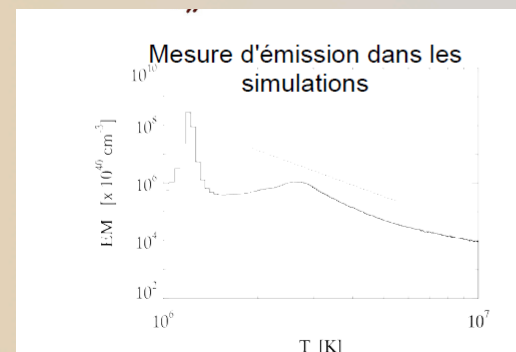
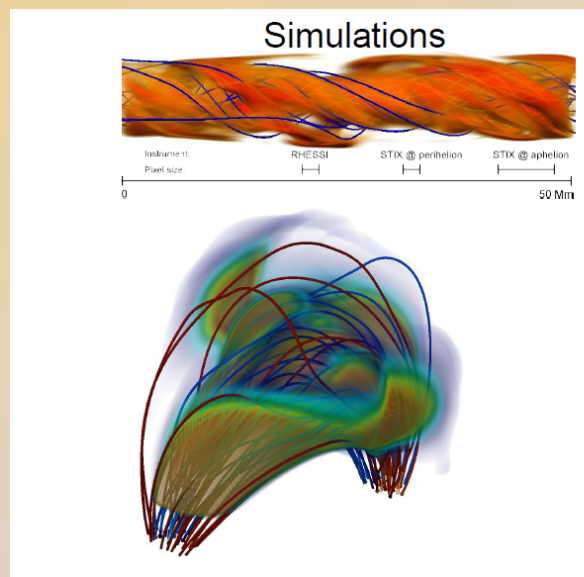
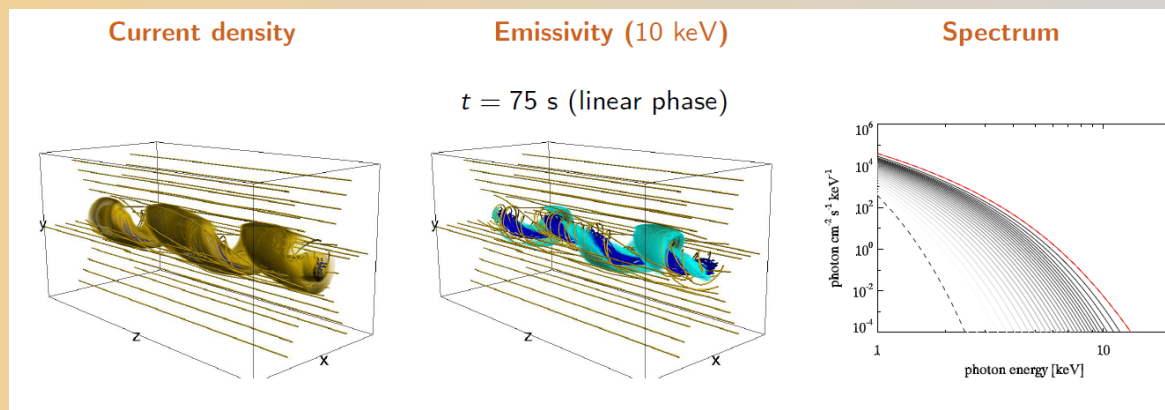
Observations STIX: quelques simulations

Les questions clefs :
Accélération/ transport
des particules dans les
éruptions solaires:

Simulation
numérique MHD
d'un évènement
de type éruptif
(code PLUTO)

prédictions
émissions X
thermiques et non
thermiques

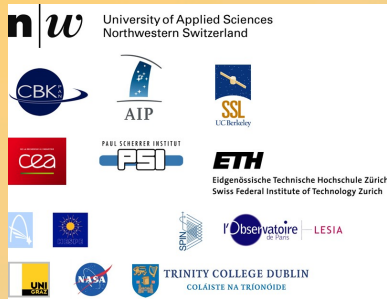
Synthèse
d'observables
type RHESSI et
STIX



Simulations numériques de boucles coronales éruptives

Détermination des signatures observationnelles en rayons-X à partir de modèles d'éruption basés sur l'instabilité de type « kink ».

Pinto, Vilmer, Brun, A&A en révision et collaboration Gordovskyy, Browning

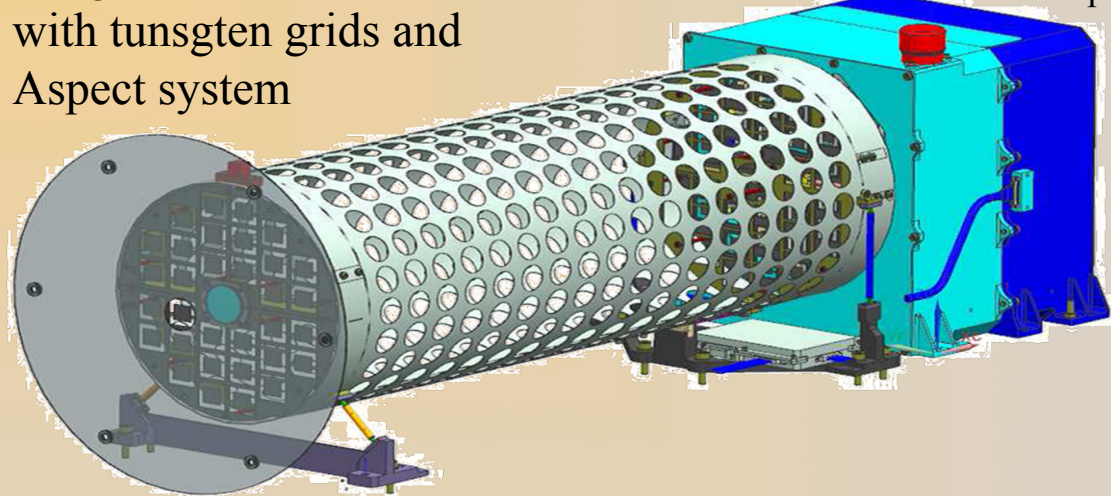
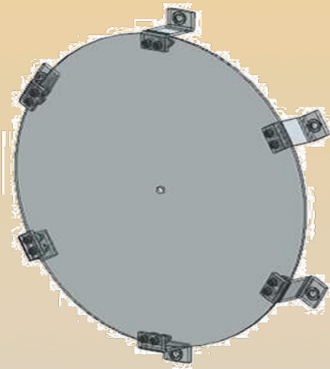


STIX est basé sur une technique d'imagerie par TF
 -un imageur avec 32 sous-collimateurs (paire de grilles)
 (32 visibilités)
 -un spectromètre avec 32 CdTe détecteurs X
 Situés derrière chaque paire de grilles

Imager tube
 with tungsten grids and
 Aspect system

Detector Electronics Module with X-ray detectors
 and on-board data processing

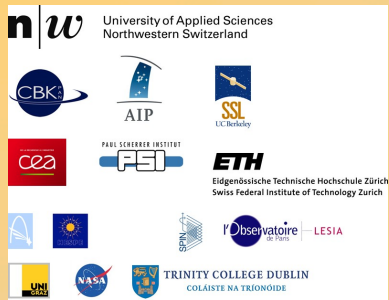
X-ray windows in the
 spacecraft heat shield



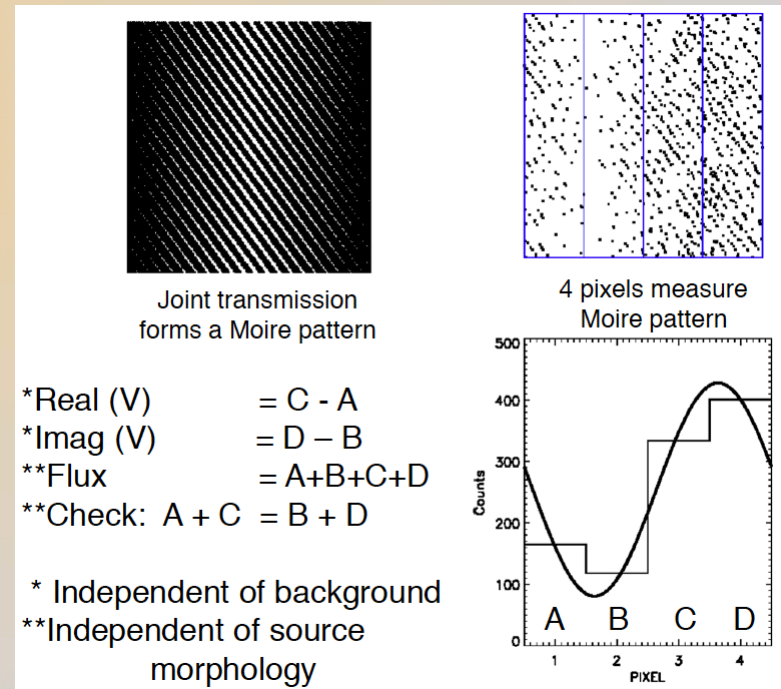
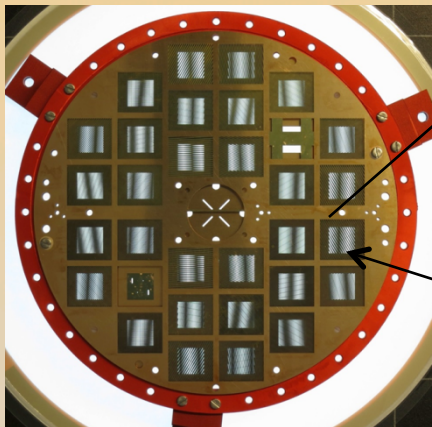
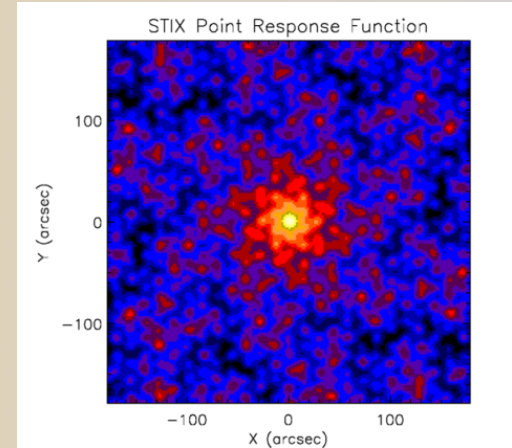
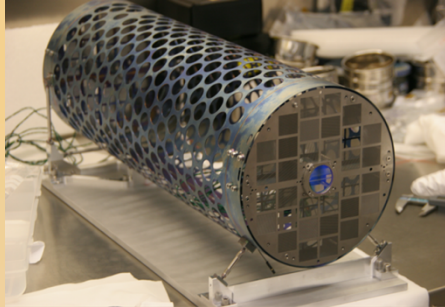
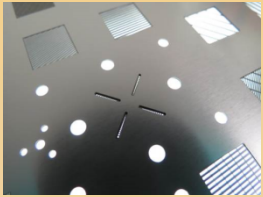
Instrument overview for a total mass of 7 kg, a power consumption of 6 W in normal operation (8 W during intense flares) and a volume of $76 \times 22 \times 22 \text{ cm}^3$.

PERFORMANCE

- Energy range: 4-150 keV
- Effective area: 6 cm^2
- Field of view: 2°
- Finest angular resolution: 7 arcsec
- Image position accuracy: 4 arcsec
- Energy resolution : 1 keV FWHM at 6 keV
- Time resolution (statistics limited): $\geq 0.1 \text{ s}$



STIX le système d'imagerie



Chaque paire de grilles: mesure d'une visibilité complexe dans le plan u,v

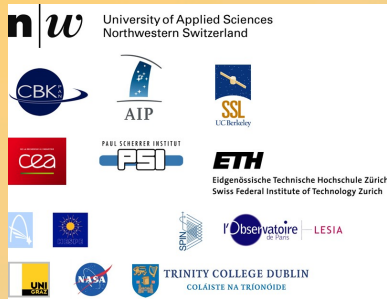
Différents pas et différentes orientations des grilles

30 composantes u,v

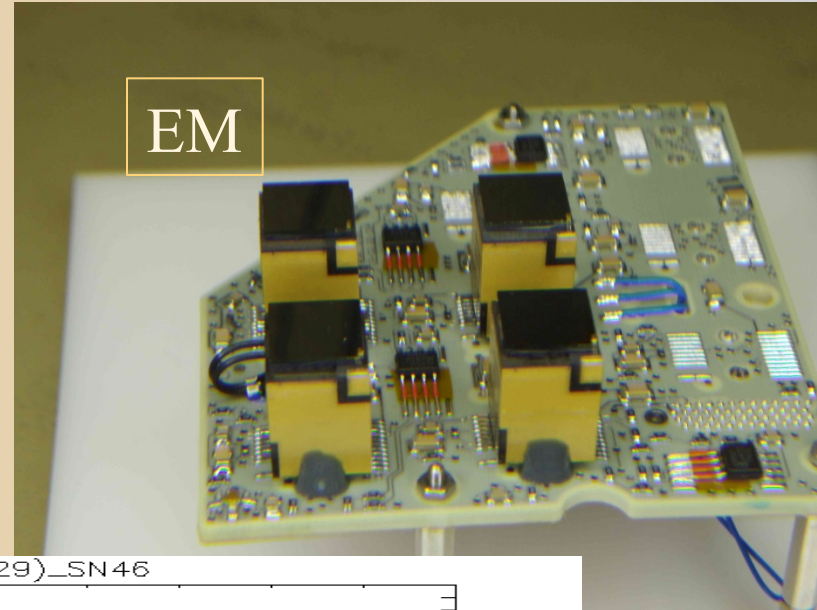
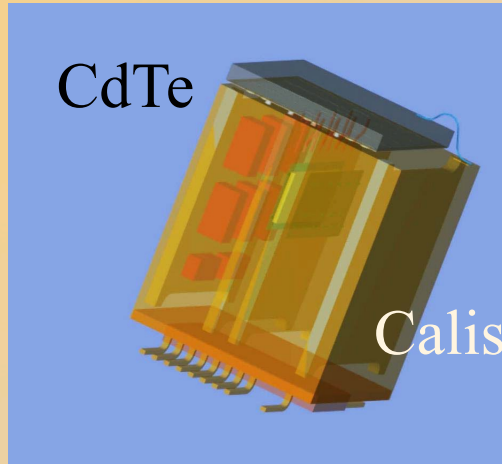
1 paire grilles pour localisation éruption

1 détecteur sans grilles (flux total)

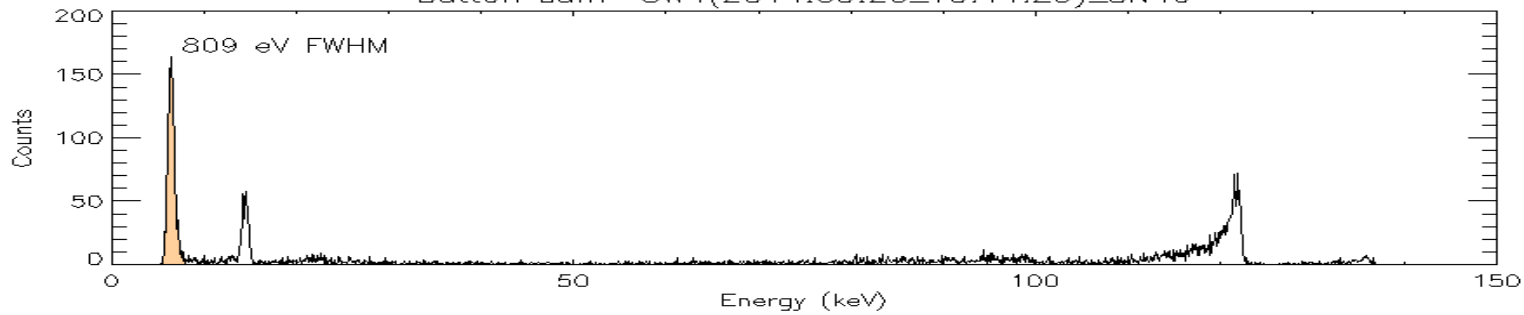
Légers décalages des grilles pour chaque grille d'une paire (création de franges de Moiré et détecteurs pixelisés (1 collimateur donne 2 mesures du plan u,v))



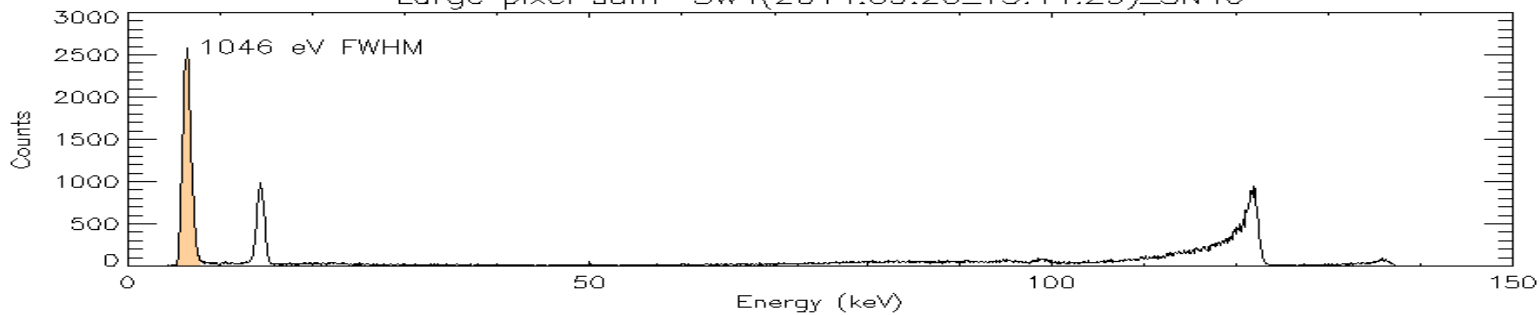
STIX le système de spectroscopie

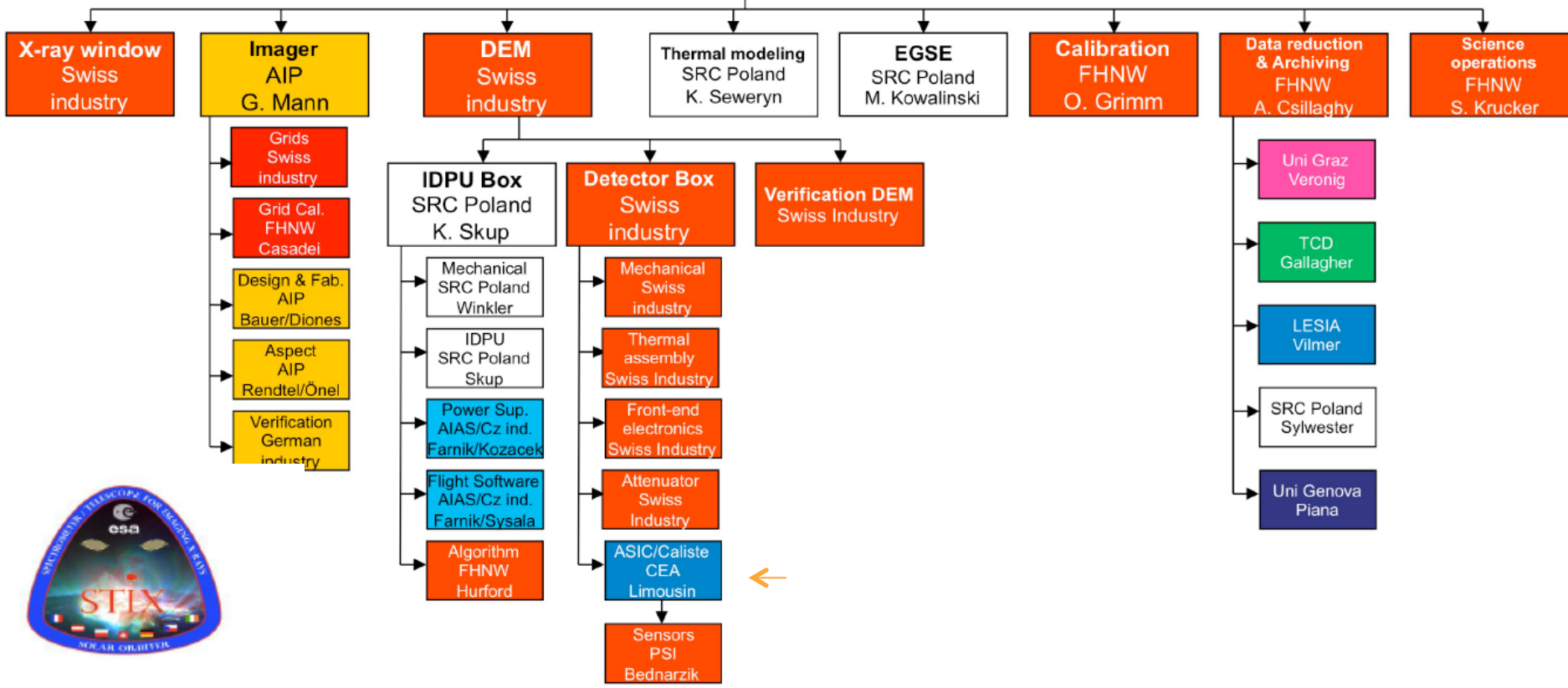
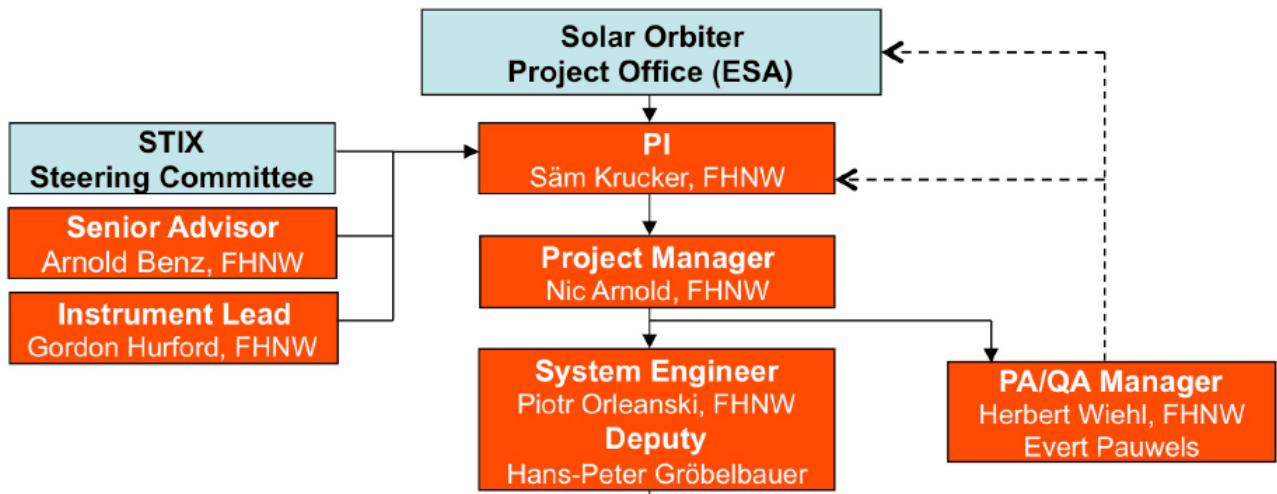


Button sum SW4(2014.09.26_15.44.29)_SN46



Large pixel sum SW4(2014.09.26_15.44.29)_SN46





STIX et le développement de logiciel



Procédures IDL de simulation, traitement, visualisation données STIX
Développement dans solar soft (branche STIX existante)
Algorithmes construction images (cf RHESSI): CLEAN, uv smooth et spectroscopie