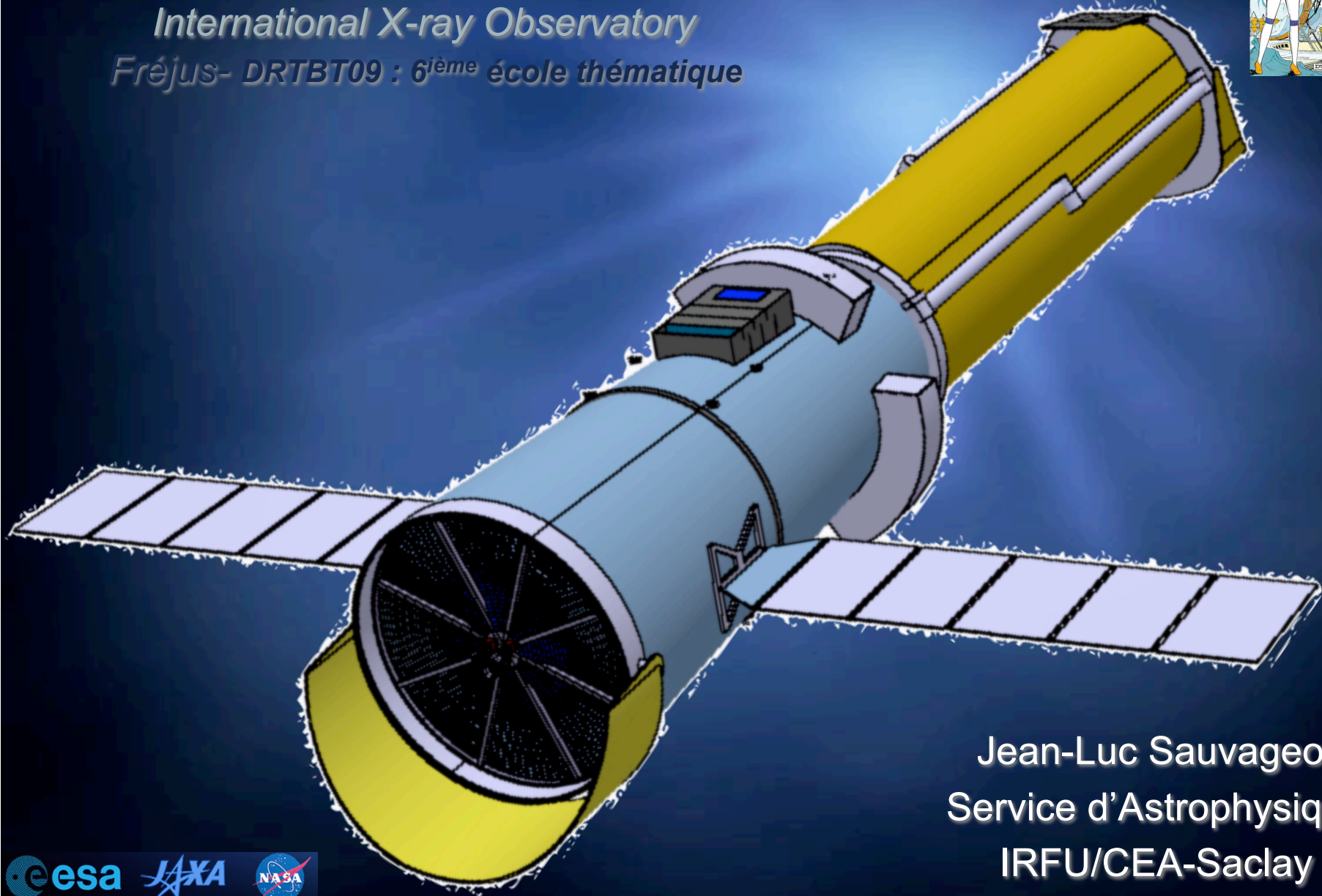
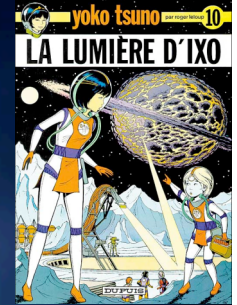


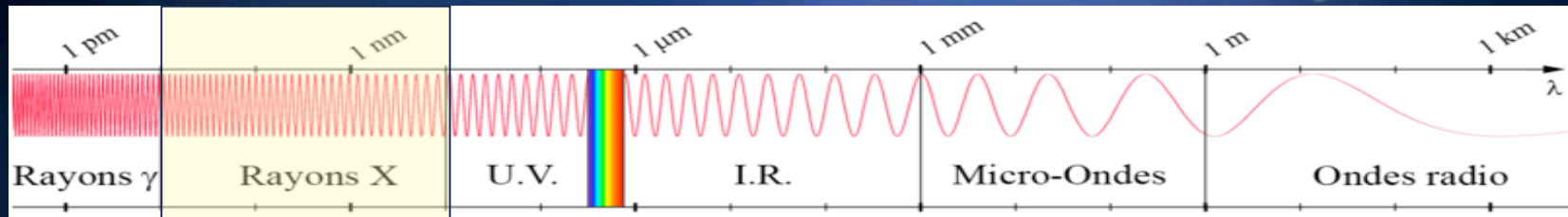
La mission IXO

International X-ray Observatory
Fréjus- DRTBT09 : 6^{ième} école thématique

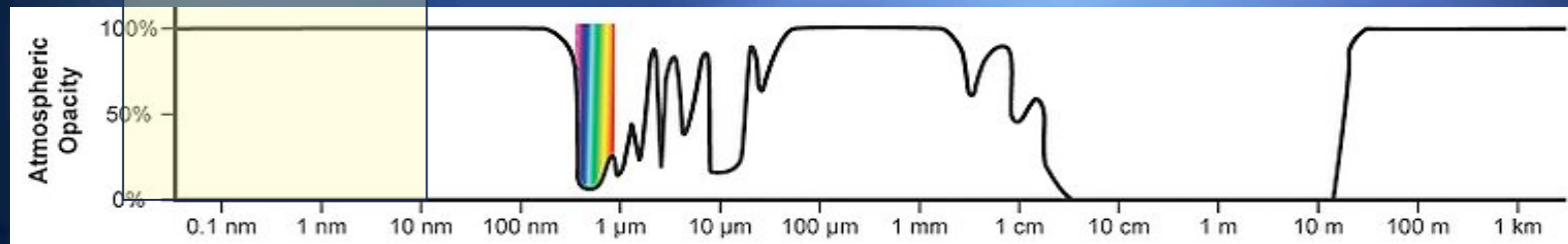


Jean-Luc Sauvageot
Service d'Astrophysique
IRFU/CEA-Saclay

Brève Intro. sur l'Astronomie des Rayons X



100eV 15keV



Opacité Atmosphérique

Absorption Atmosphérique des Rayons X = 100%

→ Observation Satellite (ou historiquement Fusée Sonde)

Quelles Sources Célestes ?

Objets Compacts (Etoiles à Neutrons, Trou Noir)

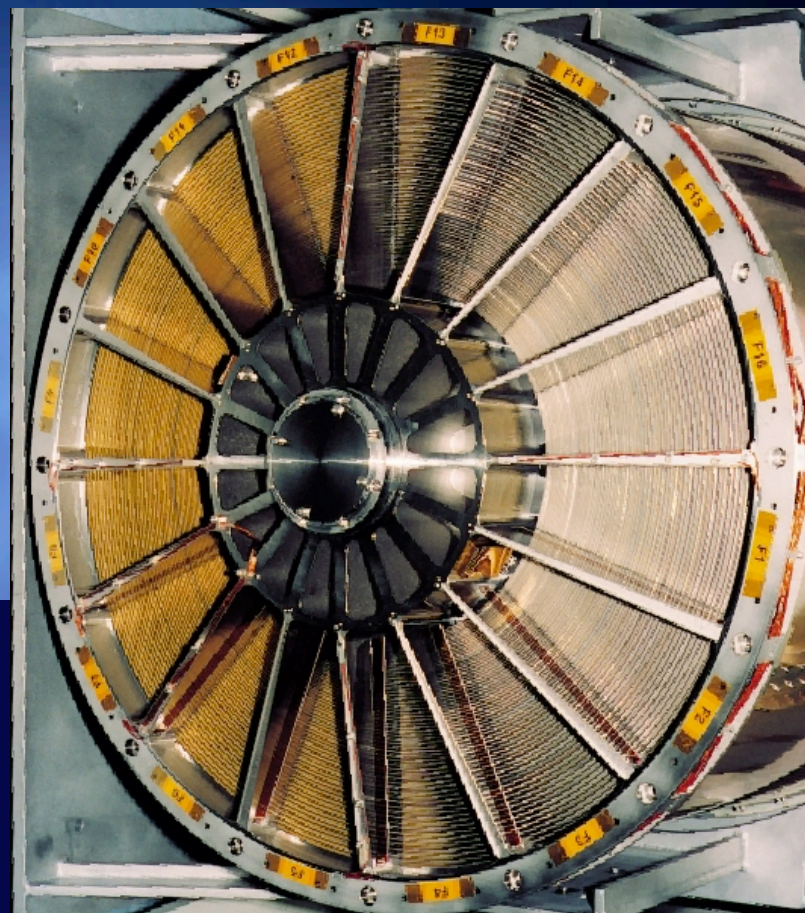
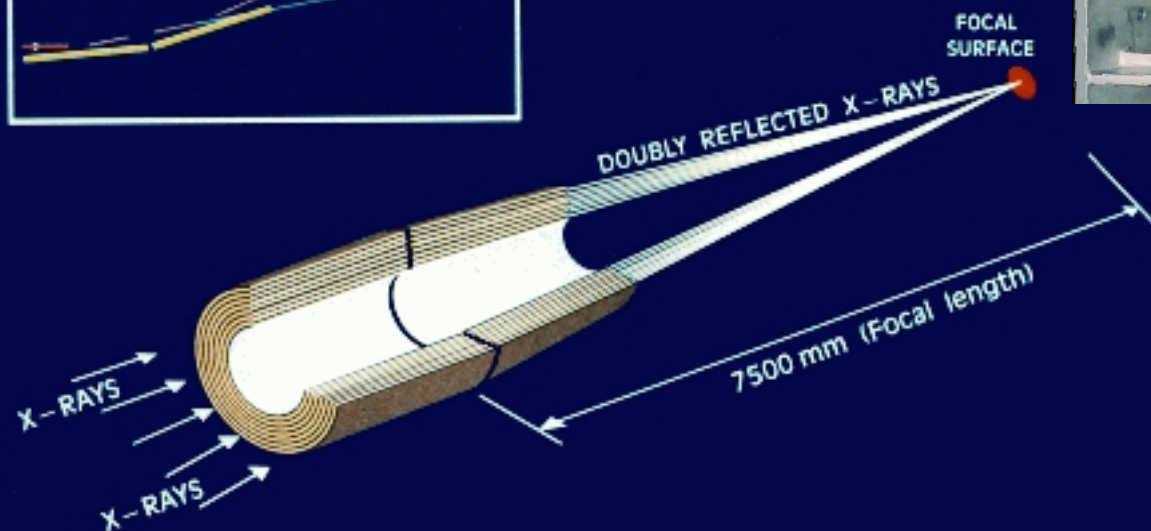
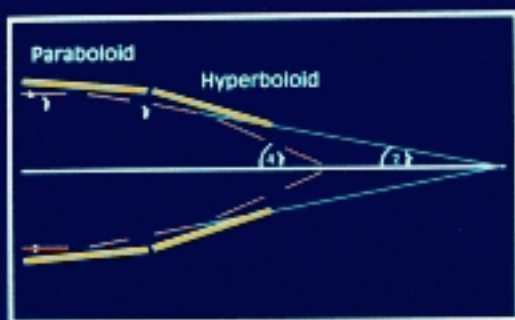
Etoiles Binaires X (une étoile « normale » + Un Object compact)

Les objets diffus (Restes de Supernovae et Amas de Galaxies)

} Matière très accélérée
} tombant sur l'objet compact
} Gaz Chaud à
} 10 à 100 Millions de K

Focaliser les X

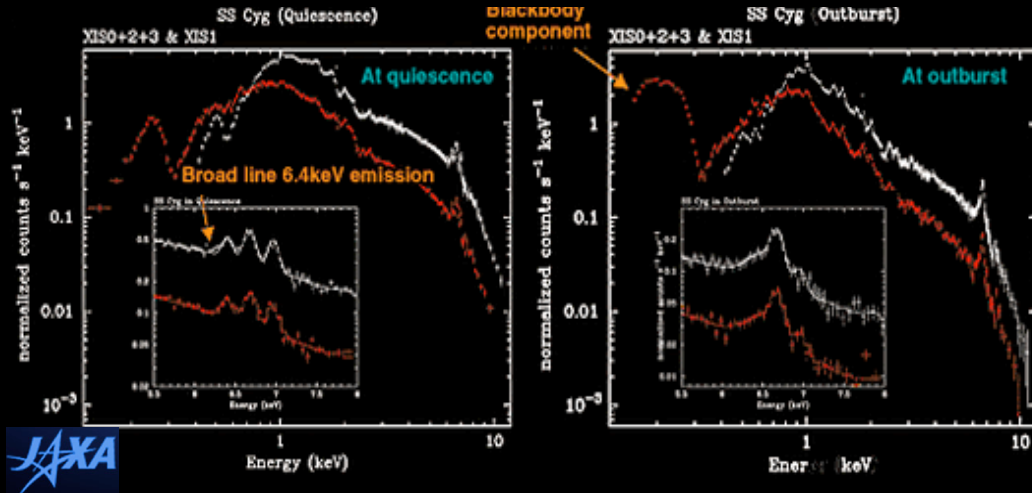
L'Incidence RASANTE



XMM- Chandra
~7,5 m de focale

L'état de l'art en 1 planche !

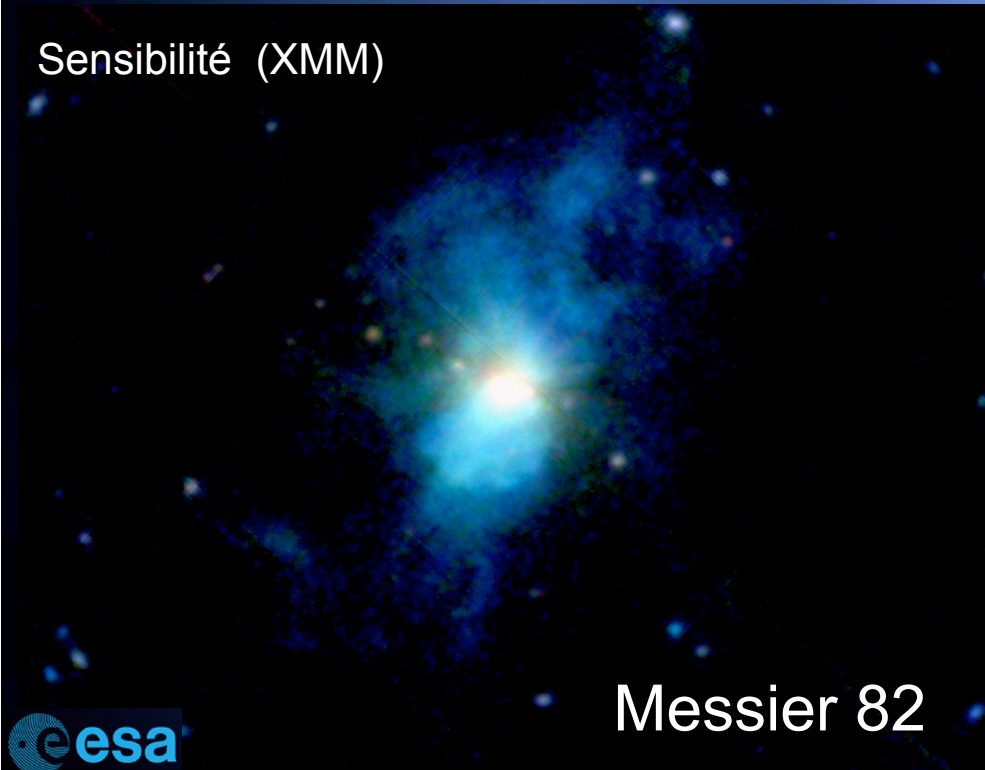
Résolution Spectrale 120eV@6 keV (Suzaku)



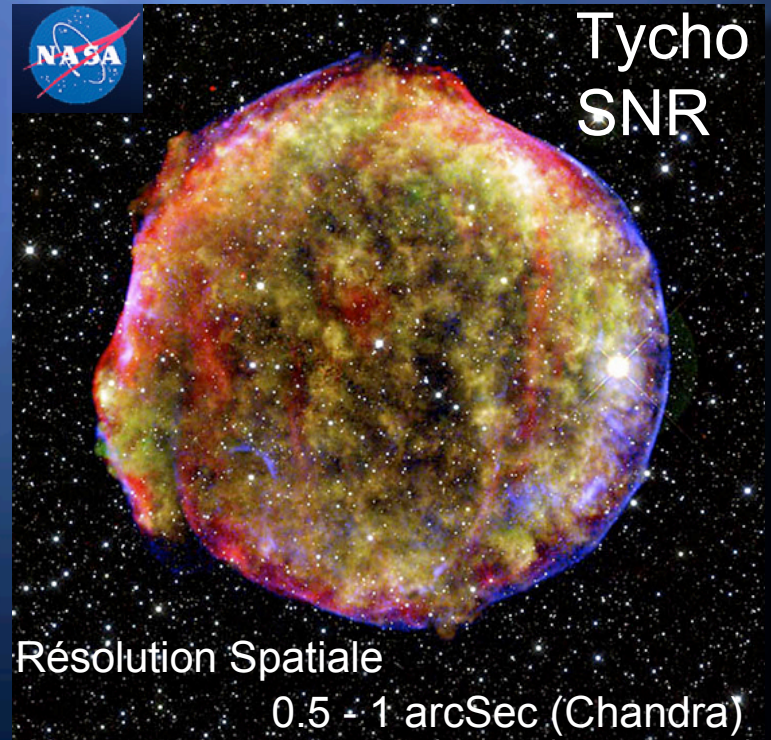
Chandra	1999
XMM/Newton	2000
Suzaku	2005

Détecteurs CCDs
 ~120-150 eV à 6keV
 Seff \lesssim 3000cm²

Sensibilité (XMM)



Messier 82



Résolution Spatiale

0.5 - 1 arcSec (Chandra)

Qu'améliorer pour la prochaine génération d'observatoires X

Le Télescope
de 1000cm² à 30 000 cm²

Les Détecteurs
de 120 eV à 3 eV !

Voir Talk C. Pigot et P. de Korte

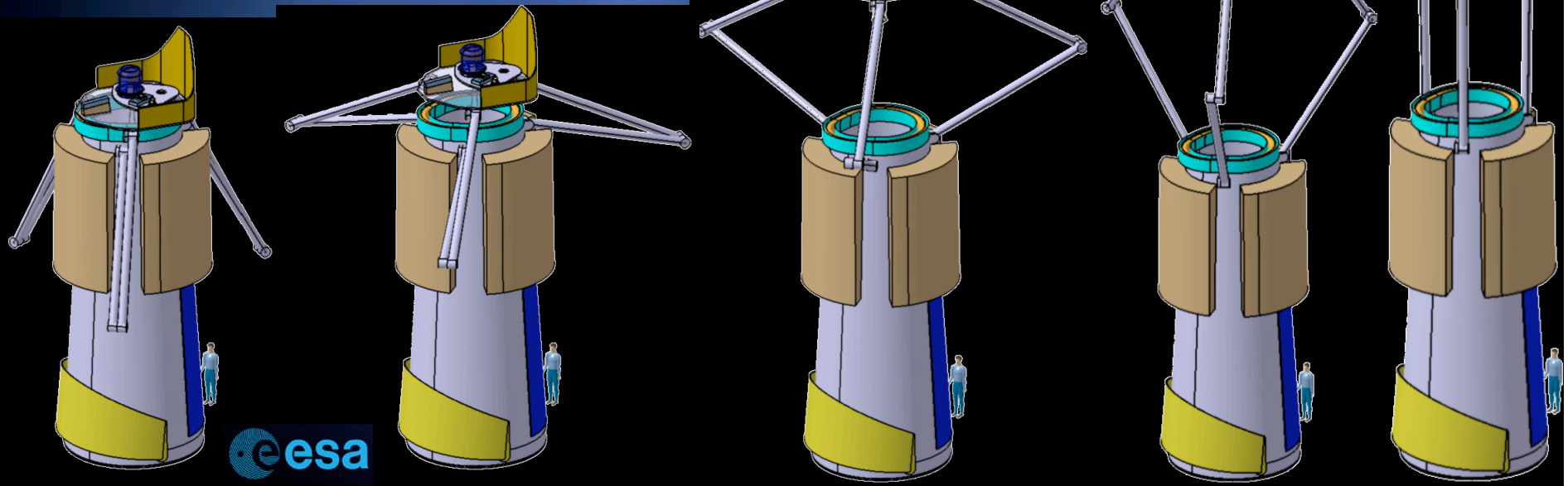
Télescope de grande Surface Effective

Rayons X \Rightarrow Incidence rasante

Grande Surface en X \Rightarrow Grande Focale

Grande Focale dans une coiffe de fusée

\Rightarrow Système extensible !

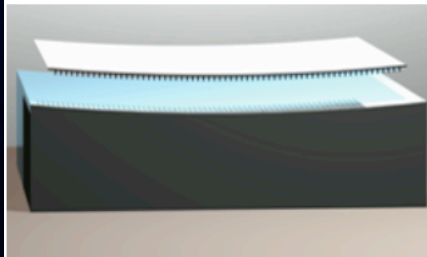


Chandra 0.5" 18500kg/m²

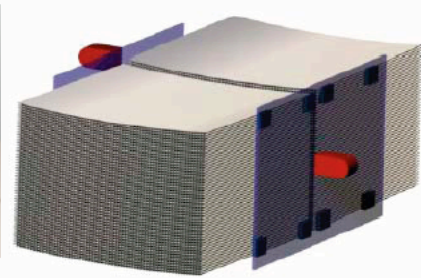
XMM/Newton 15" 2300kg/m²

Si Pore Optic based IXO mirror assembly

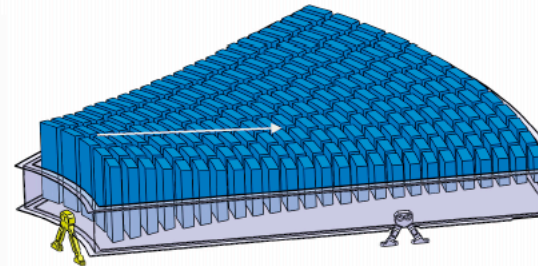
Hierarchical elements



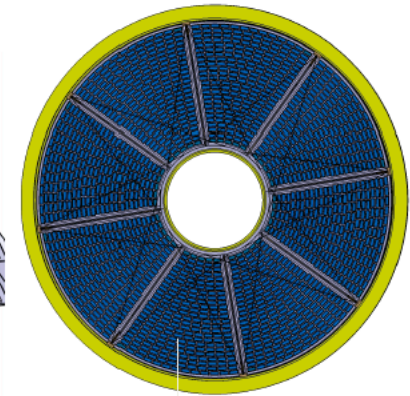
Mirror plates and stacks



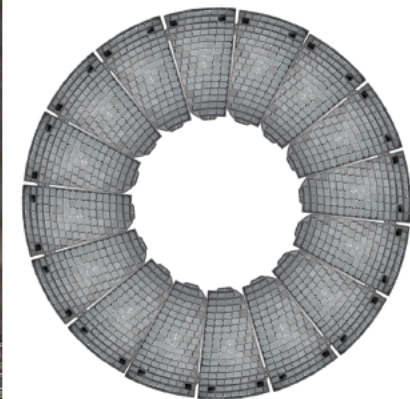
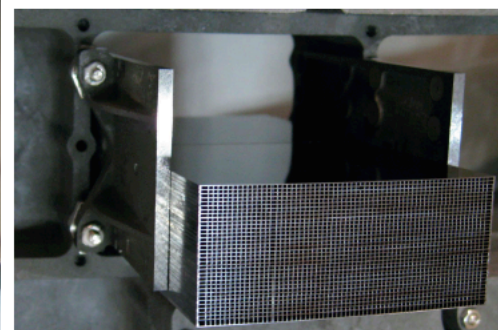
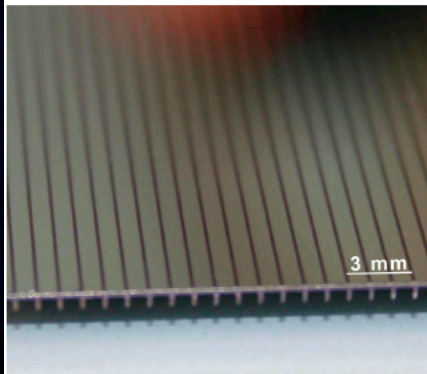
Mirror modules



Petals

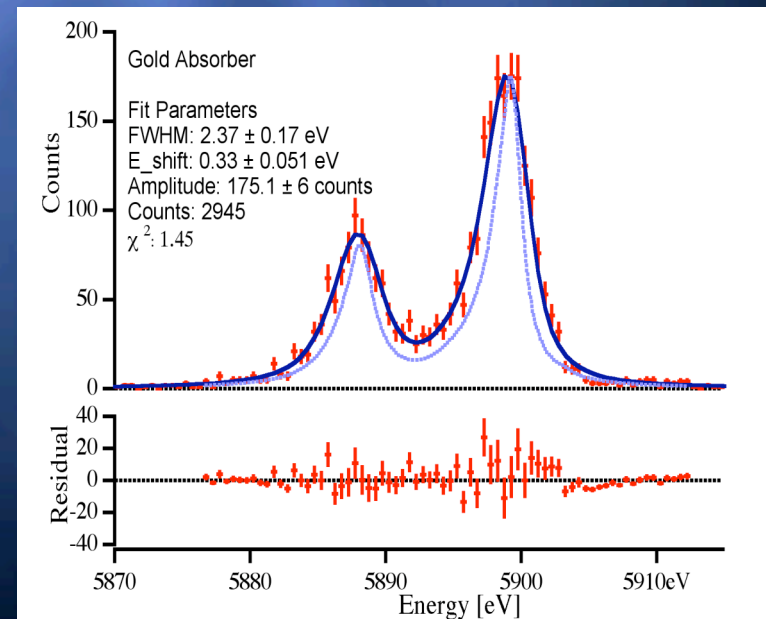
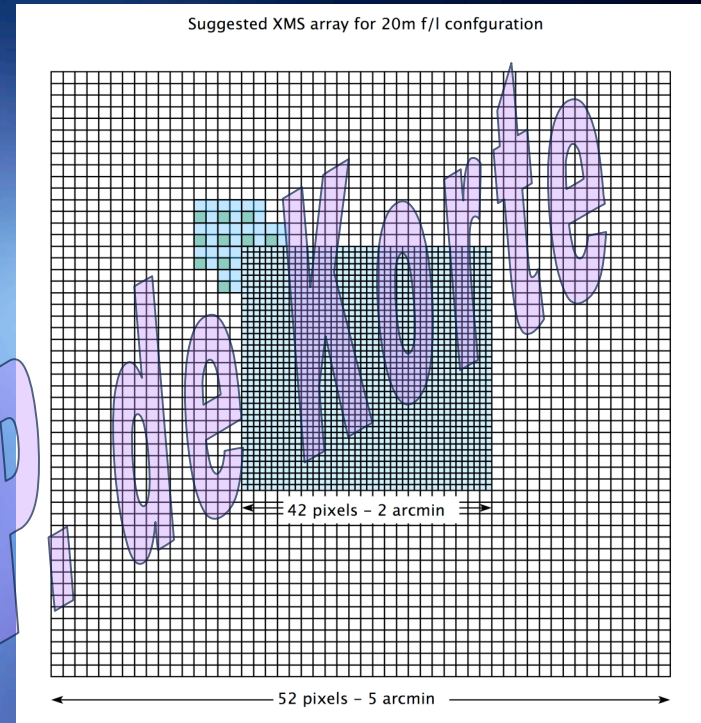
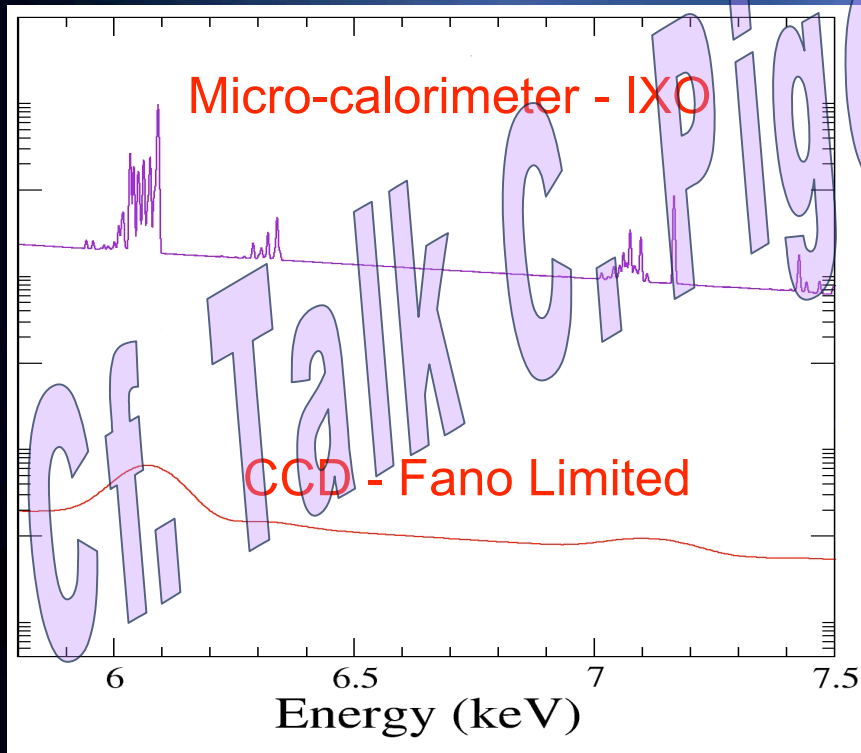


Optical bench



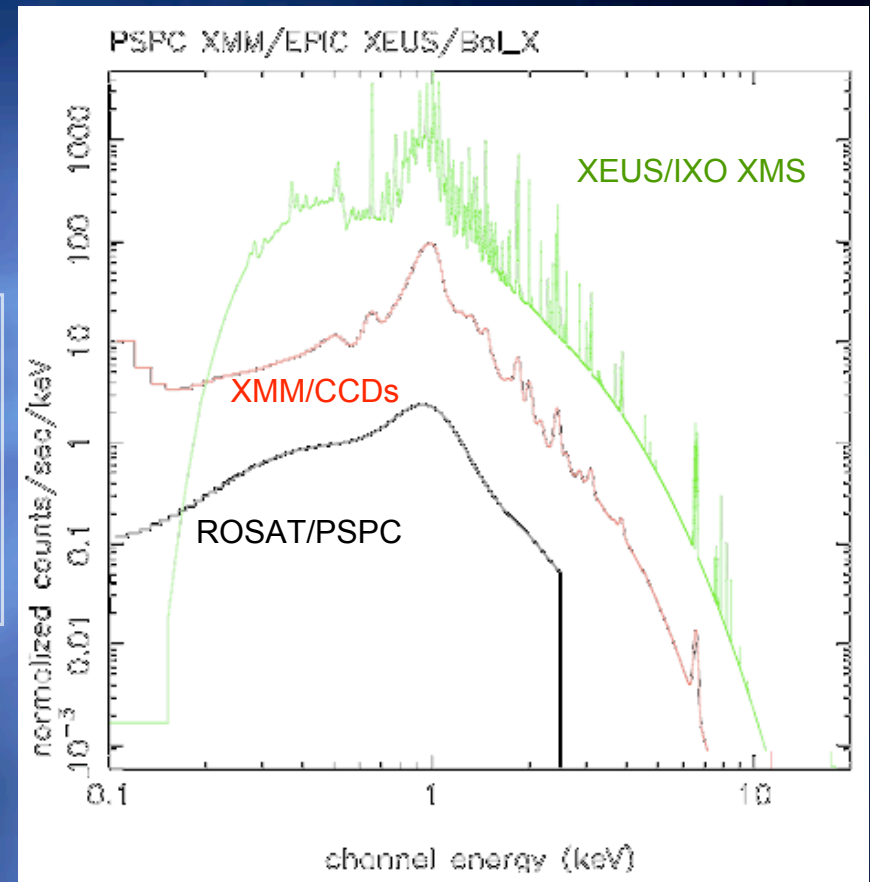
Détecteur μ -calorimétrique en X X-ray Micro-calorimeter Spectrometer (XMS)

- Detection Thermique de chaque photon X
 - Haute résolution spectrale
 - ΔE quasiment constante avec E
 - Excellente efficacité quantique
 - Imageurs



Demain :IXO et les μ -Calorimètres en rayons X

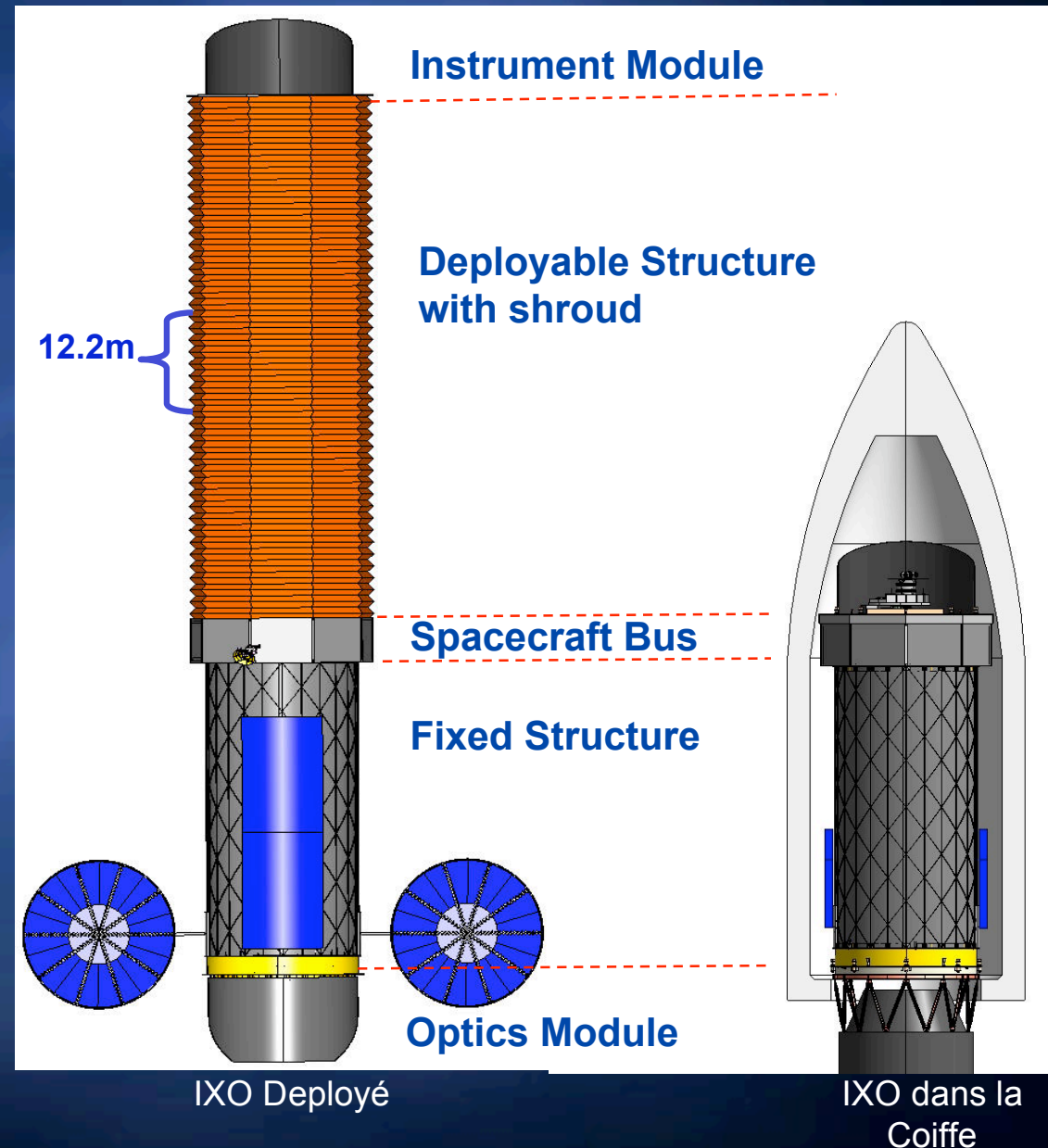
Science à très haute
résolution spectrale en
rayons X 1-3 eV @6keV



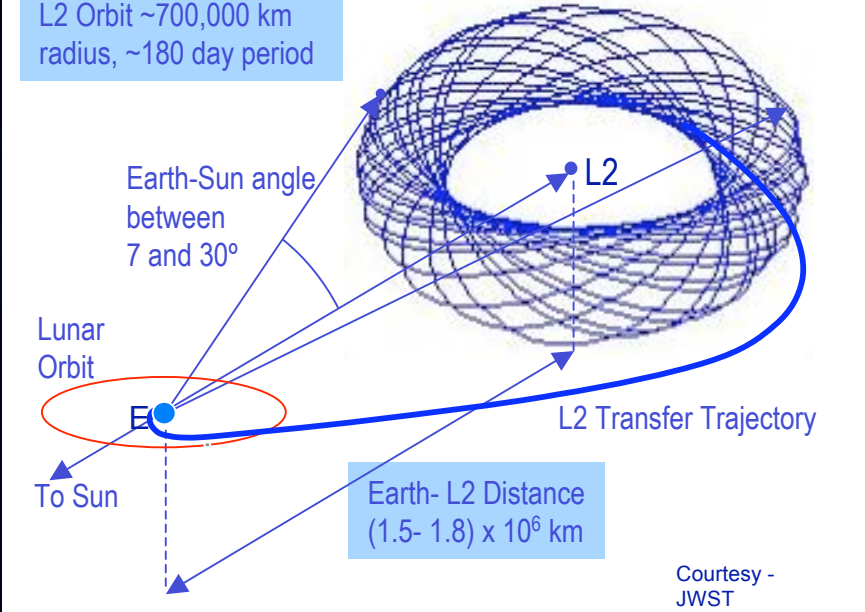
Gain d'un facteur 50 en résolution spectrale
==> Mesure d'abondances, de vitesses
dans les plasmas chauds
Gain d'un facteur 10 en sensibilité
==> Objets faibles et lointains

NASA Mission Design

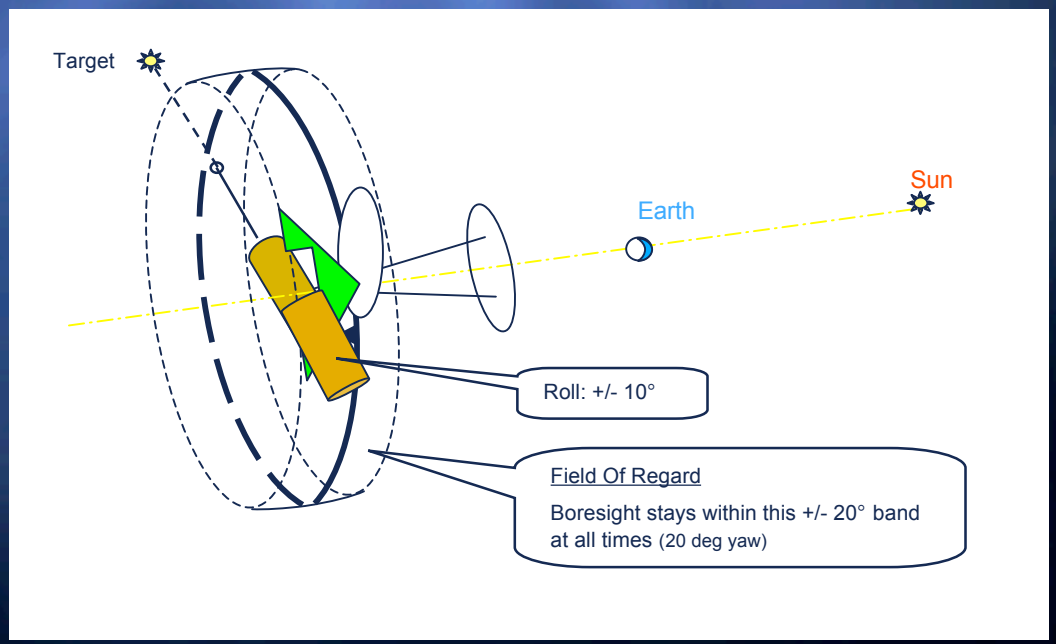
- Observatoire déployable pour atteindre les 20m de distance focale
- Masse ~6100 kg (avec marge de 30%)
- Lanceur EELV ou Ariane V
- Lancement direct jusqu'à une orbite de demi-grand axe de 700,000 km autour de L2
- Durée de vie 5 ans extensible à 10.



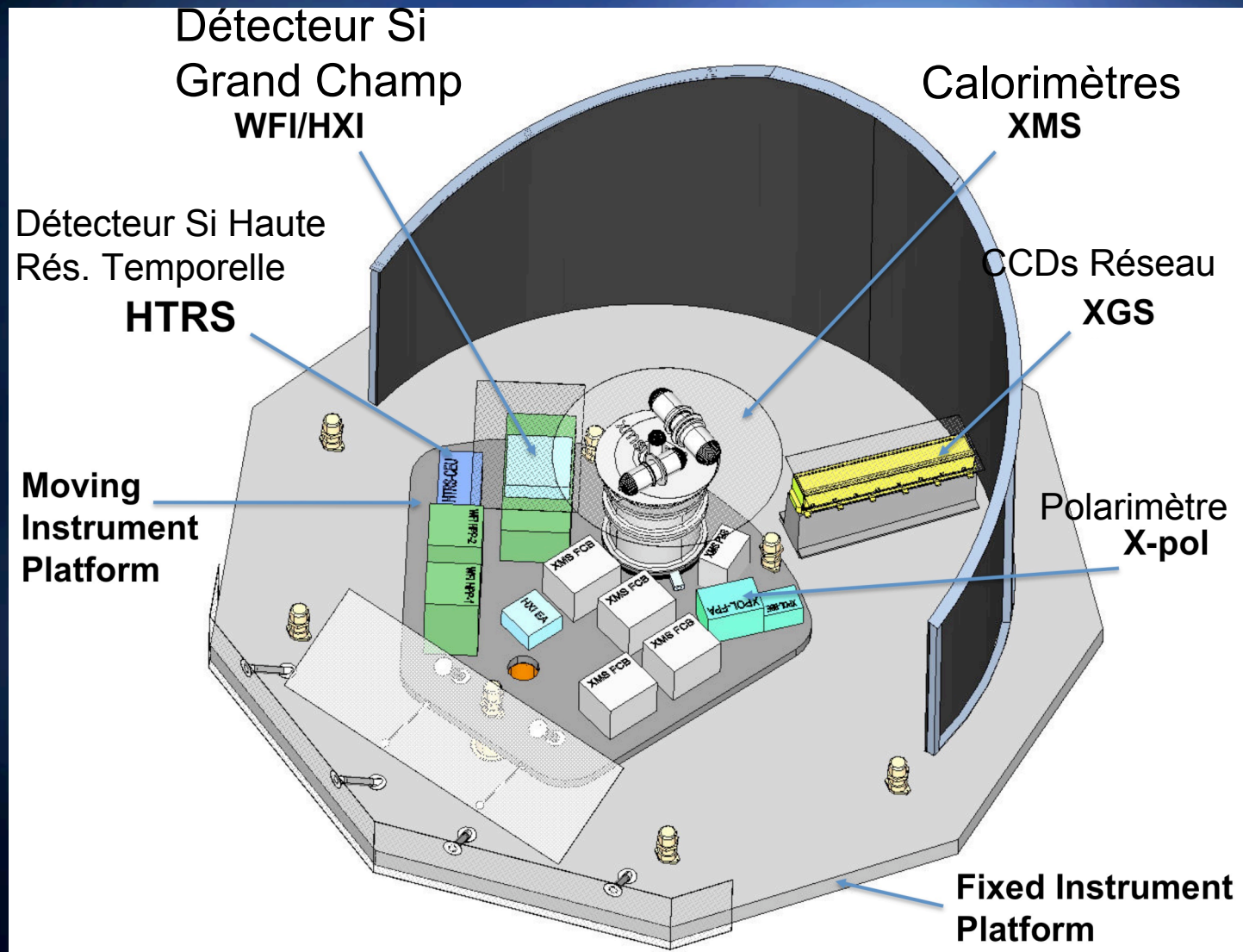
L2 Orbit ~700,000 km radius, ~180 day period



Courtesy - JWST

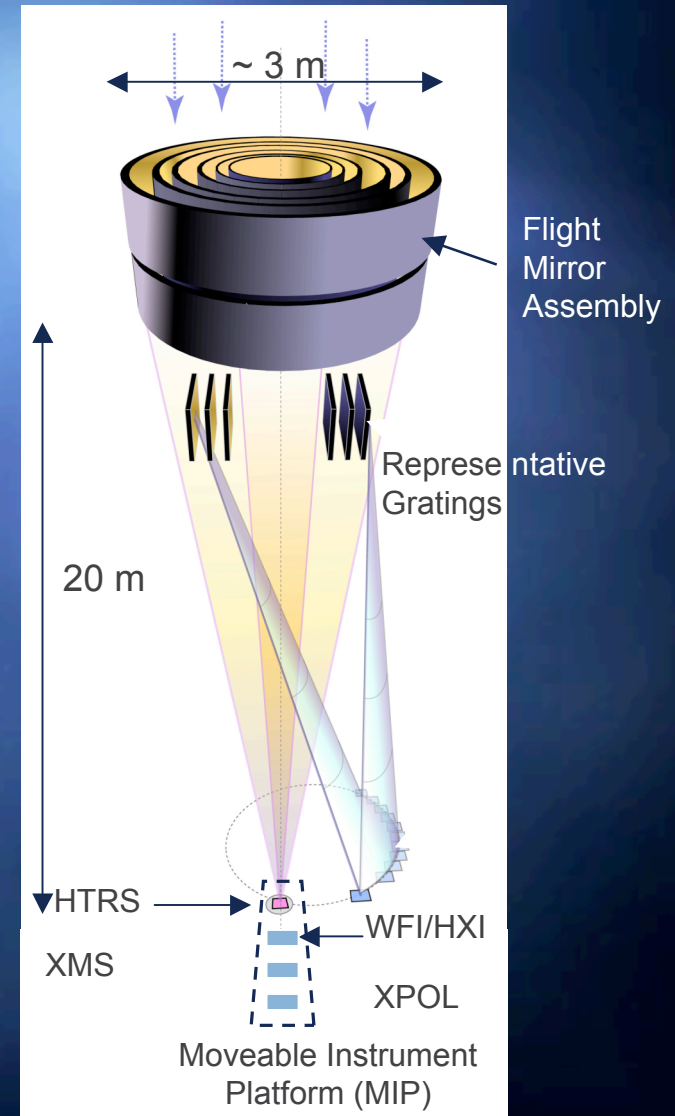


IXO sera un Observatoire

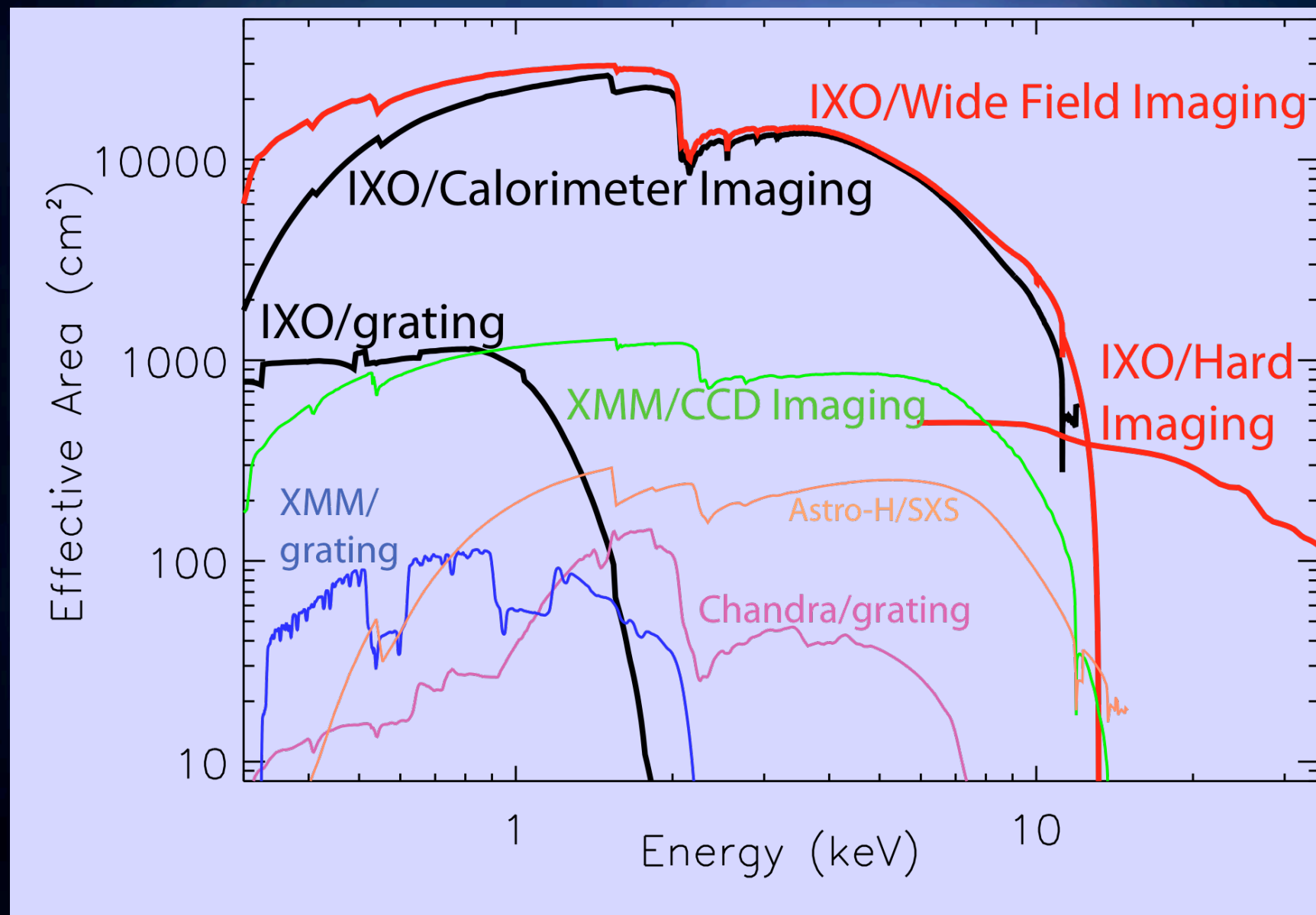


Charge utile d'IXO

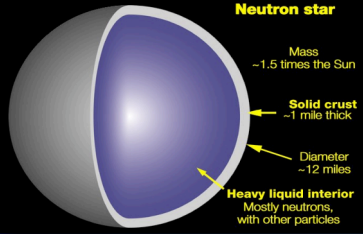
- ⊕ Flight Mirror Assembly (FMA)
 - ⊕ 3 m² @ 1.25 keV avec une PSF de 5''
- ⊕ Instruments
 - ⊕ X-ray Micro-calorimeter Spectrometer (XMS)
 - ⊕ 2.5 eV avec 5 arcmin de champ de vue
 - ⊕ X-ray Grating Spectrometer (XGS)
 - ⊕ R = 3000 avec S_{eff} = 1000 cm²
 - ⊕ Wide Field Imager (WFI) & Hard X-ray Imager (HXI)
 - ⊕ 18 arc min de Champ & résolution sp. type CCD
 - ⊕ 0.3 → 40 keV
 - ⊕ Polarimetre (X-POL)
 - ⊕ High Time Resolution Spectrometer (HTRS)



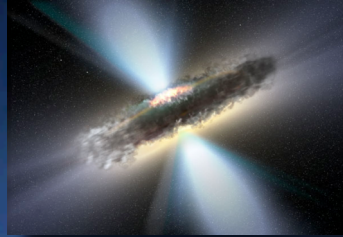
IXO versus précédents observatoires



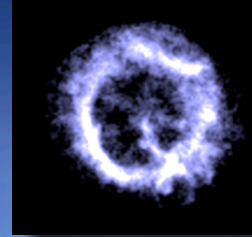
Etoile à neutrons



AGN



SNR

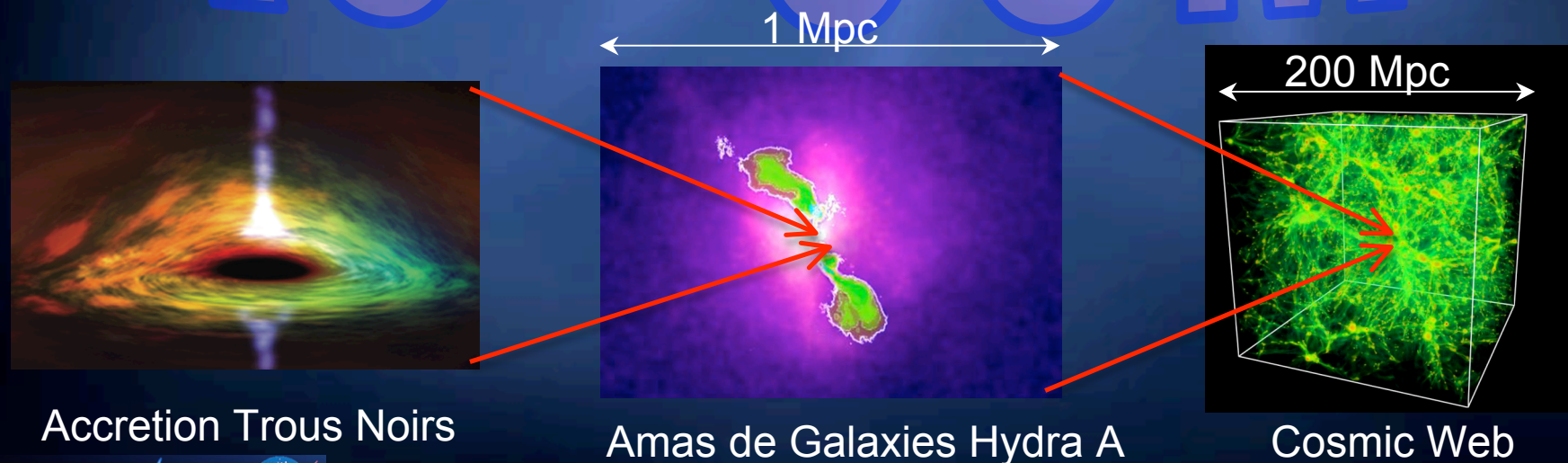


Jets

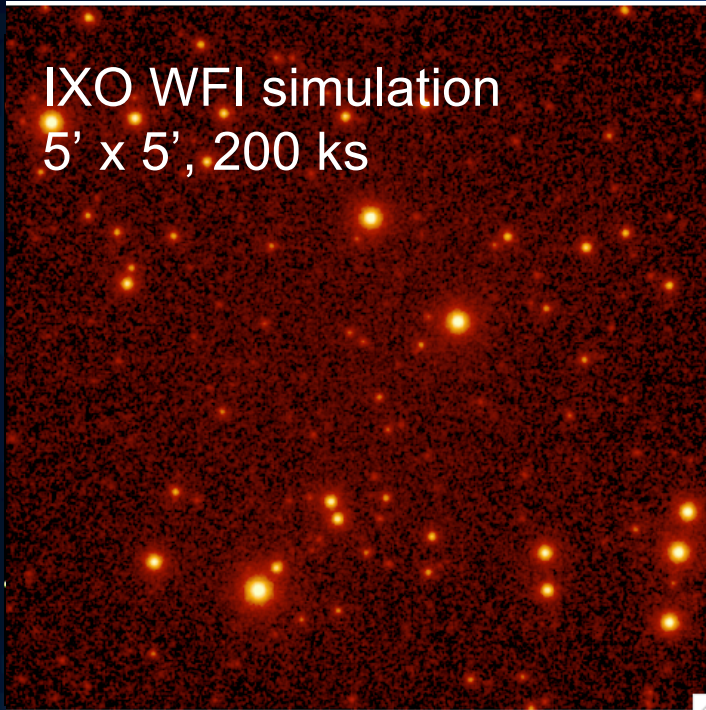


La Science avec IXO

- ⊕ Que se passe-t-il près d'un Trou Noir ?
- ⊕ Quand et Comment les Trous Noirs SuperMassifs se forment et évoluent ?
- ⊕ Comment les Grandes Structures évoluent ?
- ⊕ Quelle est la connection entre ces processus ?



IXO WFI simulation
5' x 5', 200 ks



*20 jours d'observation Chandra
correspond à une observation
moyenne pour IXO*

Les Obs. profondes de Chandra & XMM-Newton ont révélées que les Trous Noirs SuperMassif (SMBH) sont communs.

Les observations X sont un traceur puissant de leur évolution (les X pénètrent les milieux denses).

La majorité des sources Chandra ont moins de 30 photons dans les surveys profonds de 20 jours !

Avec les spectres on peut mesurer: le redshift, détecter les SMBH multiples, estimer la luminosité d'Eddington, le spin du TN, les éjections, absorption, etc..

IXO atteindra les plus profondes observations Chandra **20 fois plus vite** et donnera des surveys spectraux sur une échelle du degré à bonne résolution spectrale

Trous Noirs et Evolution des Grandes Structures avec IXO

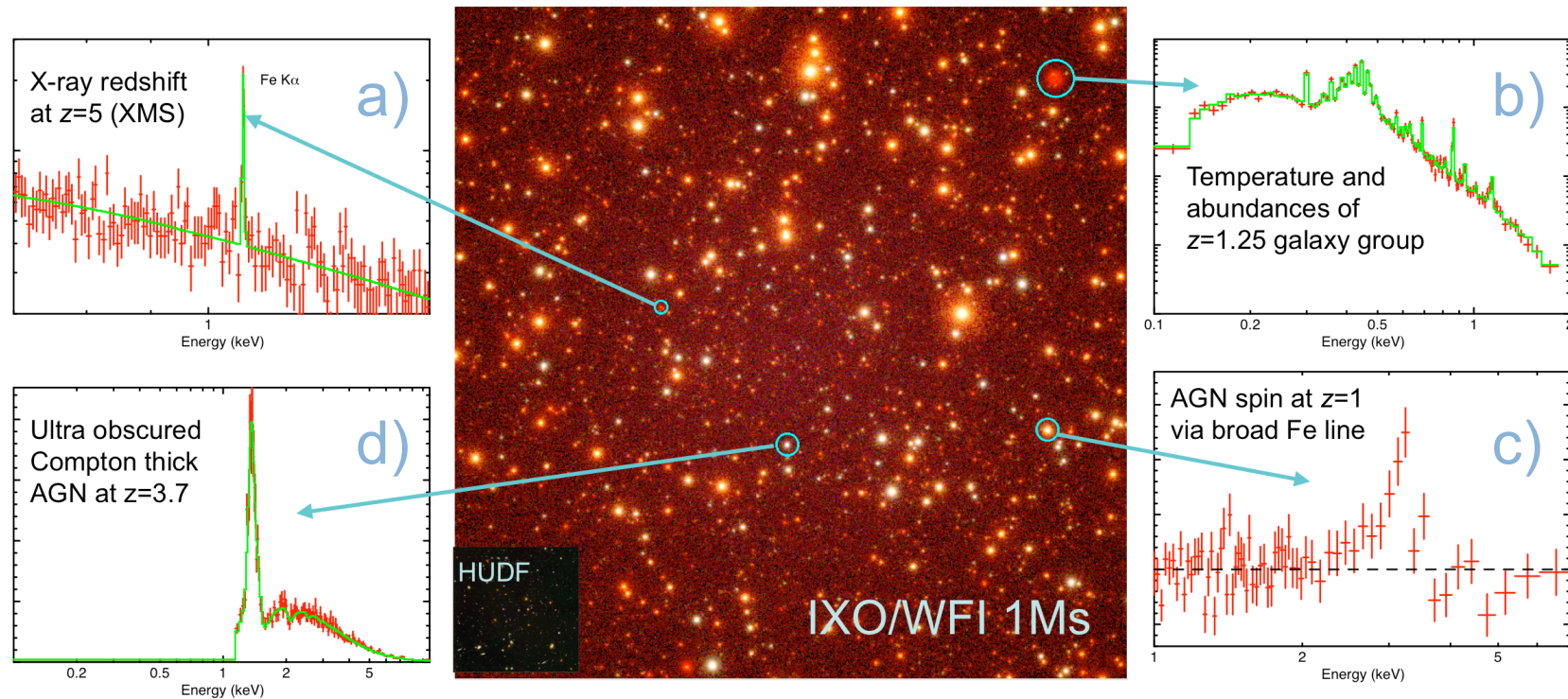
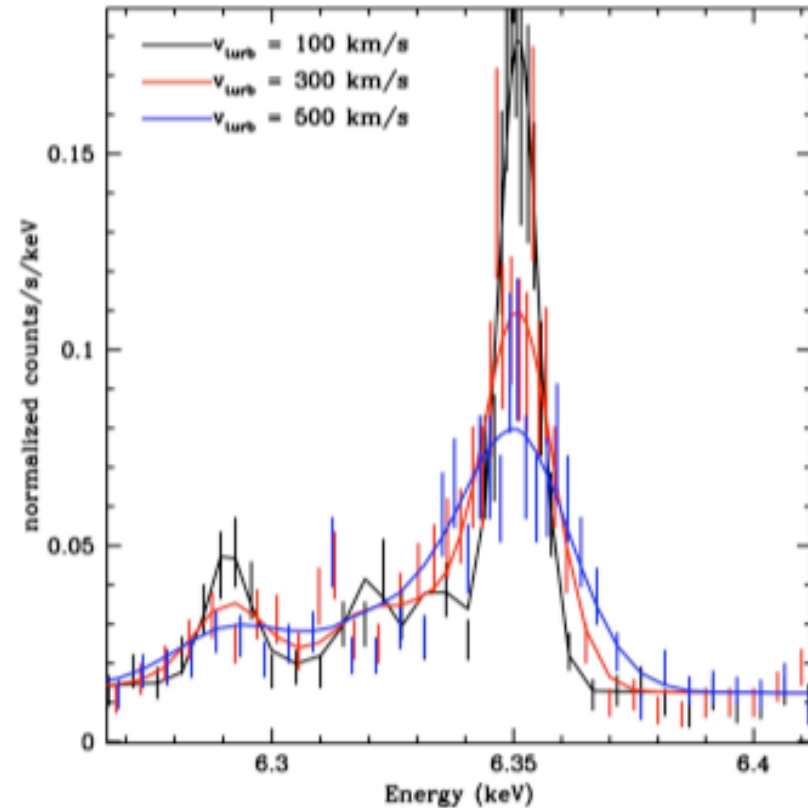
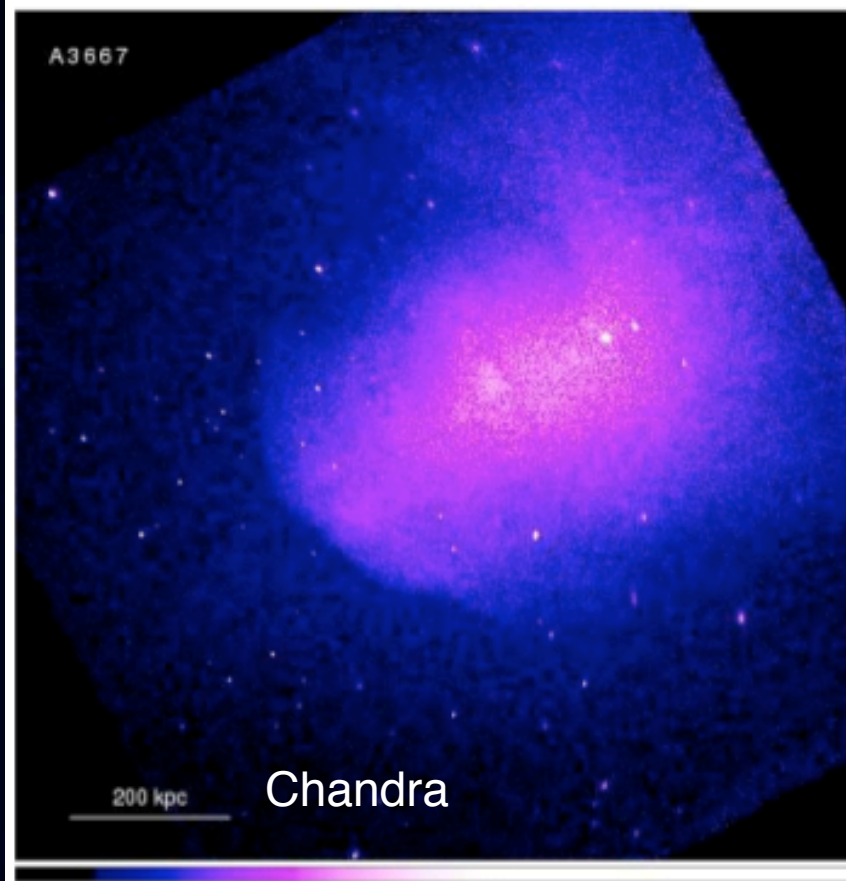


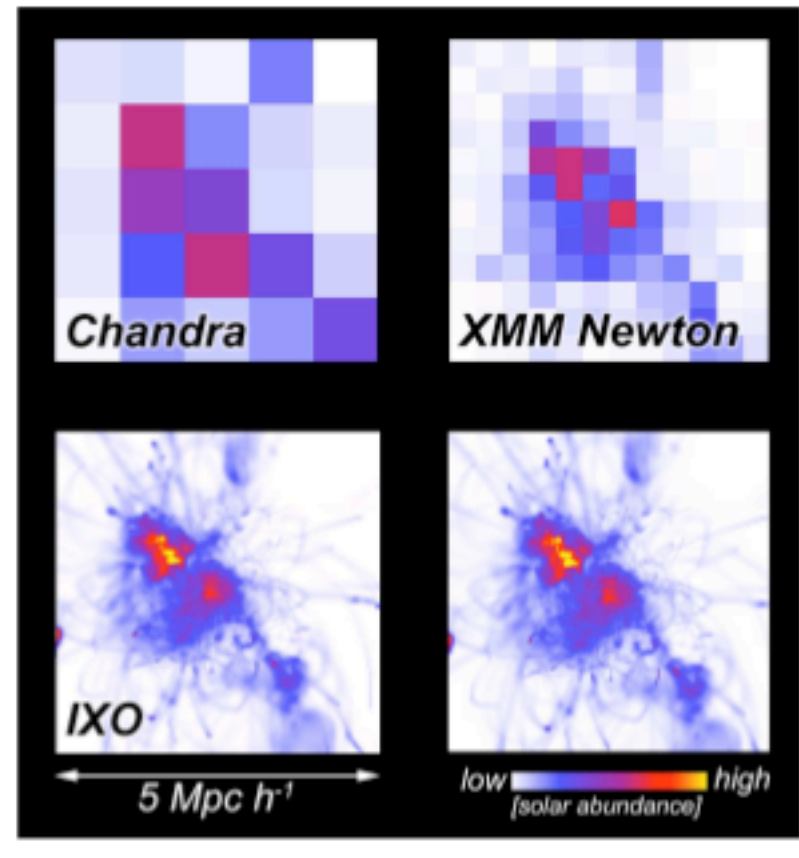
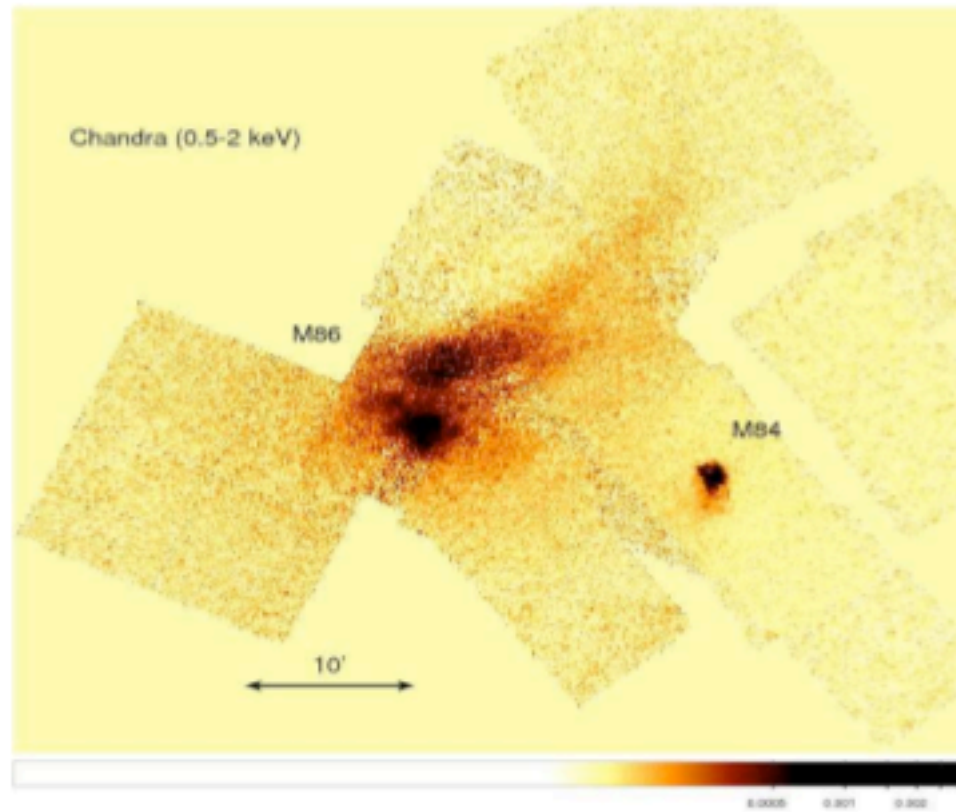
Illustration des capacités d'IXO à caractériser l'univers extragalactique:

- a) Il déterminera le redshift dans la bande X de manière autonome*
- b) Il déterminera la température et les abondances même pour les faibles groupes de galaxies*
- c) Il mesurera le spin des AGN à un redshift similaire*
- d) Il découvrira les plus obscurcis des AGN les "Compton-thick" AGNs.*



À Gauche: 500 ks d'Obs. de l'amas de galaxies en fusion A3667 à $z=0.055$.

À droite: La zone spectrale de la raie du Fer à 6 keV pour 3 spectres XMS simulés dans une région de 1 arcmin² dans la zone de très faible choc au sud-ouest. Le temps d'exposition de la simulation est de 200 ksec. Les 3 spectres correspondent à 3 niveaux différents de turbulence, avec des largeurs de 100, 300, et 500 km/s. Comme cet amas subit une fusion, on s'attend aussi à voir des décalages spectraux venant des mouvements du gaz.



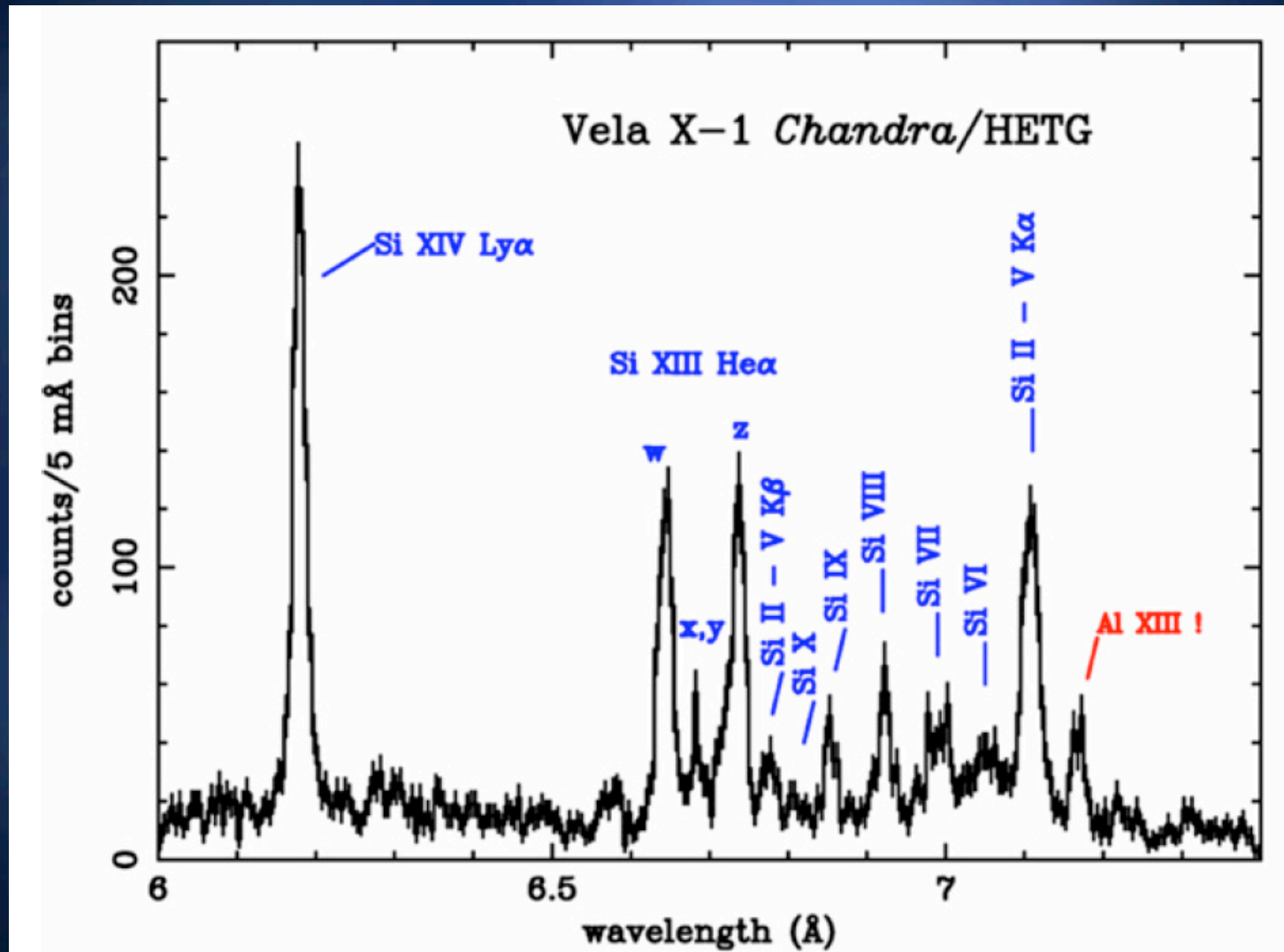
À gauche: Emission X de la galaxie elliptique dans Virgo, M86 et ses queues de gaz « strippées sur 380 kpc par la pression dynamique qui domine cette mosaïque d'images Chandra. On est très intéressé à mesurer les abondances tout au long de cette queue de gaz et dans le gaz de l'amas.

Simul. Chandra XMM et IXO
 $L_x = 2 \cdot 10^{44} \text{ erg s}^{-1}$, $kT = 7 \text{ keV}$ et $z = 0.05$.
 $T_{\text{obs}} = 30 \text{ ks}$

Le calorimètre fera une image de $0.3 \times 0.3 \text{ Mpc}$. Un amas similaire à $z = 0.1$ donnerait une carte comparable en $\sim 100 \text{ ksec}$ et le champ de vue d'IXO/XMS serait de $0.54 \times 0.54 \text{ Mpc}$.

UNE MOSAÏQUE D'OBSERVATIONS SERAIT NÉCESSAIRE
 POUR CARTOGRAPHIER L'ENSEMBLE.

X-ray binaries (Paerels, IXO Boston)



Présence simultanée de Silicium très ionisé et ténu et de Si quasi neutre dans le vent du compagnon !

IXO Key Performance Requirements



Mirror Effective Area	<p>3 m² @1.25 keV</p> <p>0.65 m² @ 6 keV with a goal of 1 m²</p> <p>150 cm² @ 30 keV with a goal of 350 cm²</p>	<p>Black hole evolution, large scale structure, cosmic feedback, EOS</p> <p>Strong gravity, EOS</p> <p>Cosmic acceleration, strong gravity</p>
Spectral Resolution	<p>$\Delta E = 2.5$ eV within 2 x 2 arc min (0.3 – 7 keV) .</p> <p>$\Delta E = 10$ eV within 5 x 5 arc min (0.3 - 7 keV)</p> <p>$\Delta E < 150$ eV @ 6 keV within 18 arc min diameter (0.1 - 15 keV)</p> <p>$E/\Delta E = 3000$ from 0.3–1 keV with an area of 1,000 cm² with a goal of 3,000 cm² for point sources</p> <p>$\Delta E = 1$ keV within 8 x 8 arc min (10 – 40 keV)</p>	<p>Black Hole evolution,</p> <p>Large scale structure</p> <p>Missing baryons using tens of background AGN</p>
Mirror Angular Resolution	<p>≤ 5 arc sec HPD (0.1 – 7 keV)</p> <p>≤ 30 arc sec HPD (7 - 40 keV) with a goal of 5 arc sec</p>	<p>Large scale structure, cosmic feedback, black hole evolution, missing baryons</p> <p>Black hole evolution</p>
Count Rate	<p>1 Crab with >90% throughput. $\Delta E < 200$ eV (0.1 – 15 keV)</p>	<p>Strong gravity, EOS</p>
Polarimetry	<p>1% MDP (3 sigma) on 1 mCrab in 100 ksec (2 - 6 keV)</p>	<p>AGN geometry, strong gravity</p>
Astrometry	<p>1 arcsec at 3σ confidence</p>	<p>Black hole evolution</p>
Absolute Timing	<p>50 μsec</p>	<p>Neutron star studies</p>