



Séminaire de **prospective scientifique**

17 - 20 MARS 2014

La Rochelle



Groupe thématique

Astronomie et Astrophysique

BASA Stéphane

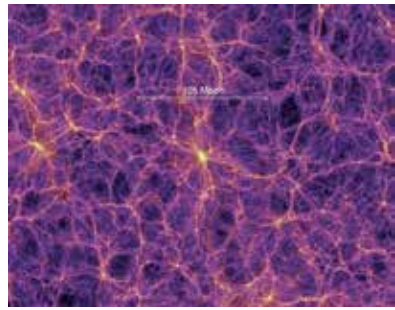
Pour l'ensemble du groupe: AUBERT Dominique, BORDE Pascal, DECOURCHELLE Anne, DESERT François-Xavier, LECAVELIER DES ETANGS Alain, NEINER Coralie, PAGANI Laurent, PIAT Michel, PIRON Frédéric, POINTECOUTEAU Etienne et VALLS-GABAUD David

Thématicien CNES: LA MARLE Olivier

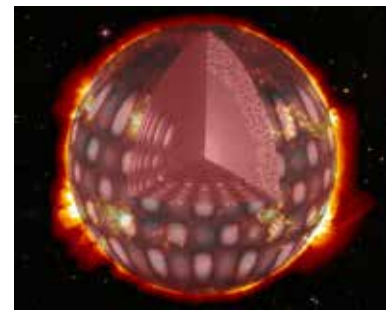


La thématique Astronomie et Astrophysique

La formation des structures



Les étoiles



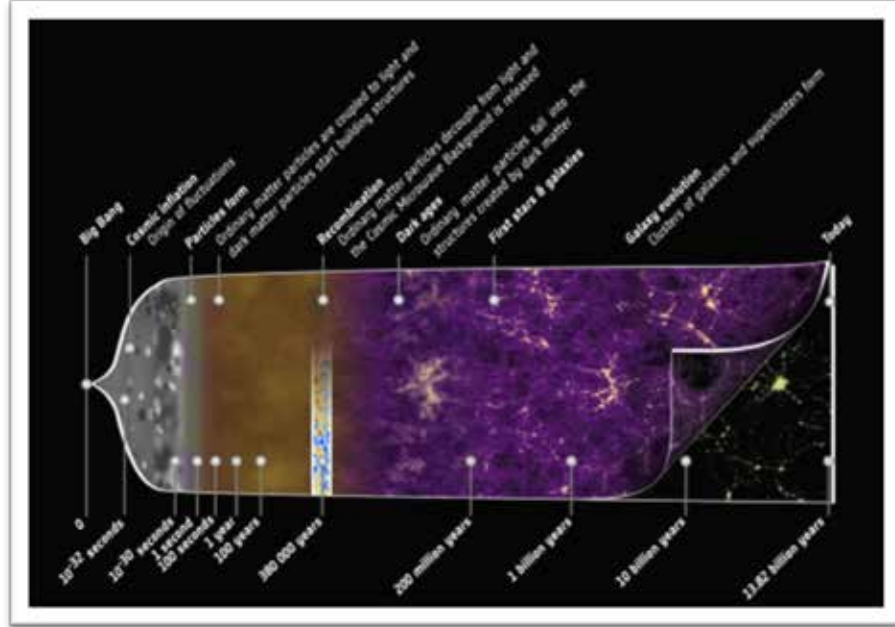
Formation des systèmes planétaires



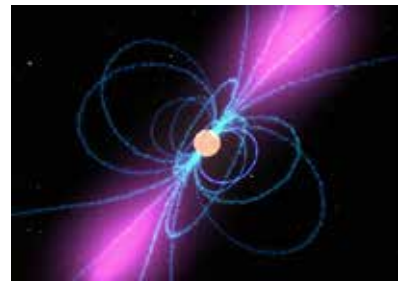
Les supernovae



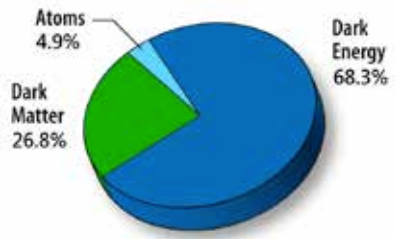
Les tout premiers instants



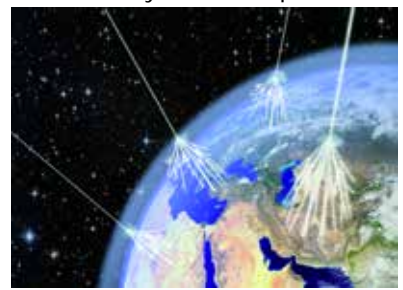
Les objets compacts



Le contenu de l'Univers



Les rayons cosmiques

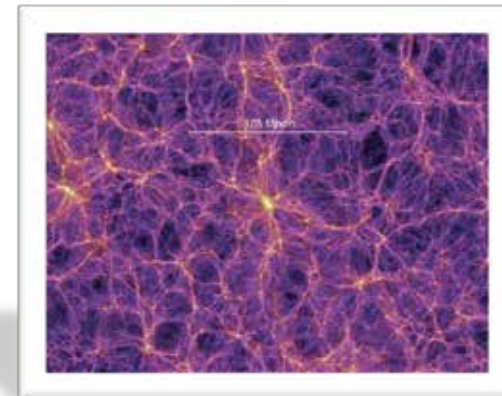
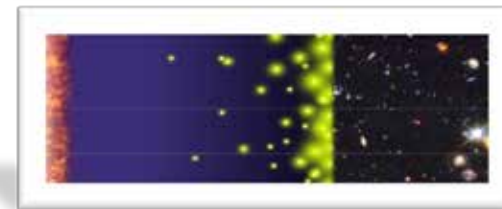
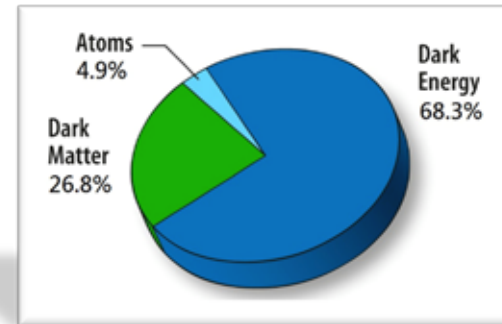




Les prochains enjeux scientifiques

Evolution de l'Univers: des premiers instants aux grandes structures

- *Comprendre la phase d'inflation de l'Univers primordial.*
- *Caractériser l'énergie sombre et la matière sombre.*
- *Comprendre la fin des âges sombres et étudier la formation des premiers objets.*
- *Comprendre les mécanismes d'échange de matière et d'énergie aux différentes échelles, des étoiles aux trous noirs et aux galaxies.*

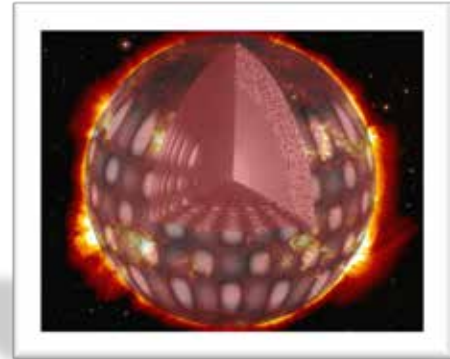




Les prochains enjeux scientifiques

Formation et évolution des étoiles et des planètes

- *Comprendre la formation des étoiles et des planètes.*
- *Comprendre l'évolution des étoiles et des planètes.*
- *Caractériser les exoplanètes et chercher les biosignatures.*

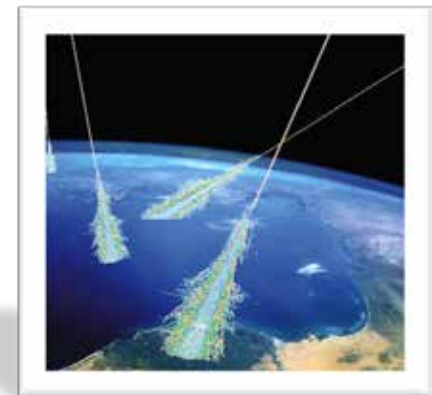




Les prochains enjeux scientifiques

Etudier l'Univers énergétique

- *Comprendre les explosions stellaires et la naissance des objets compacts.*
- *Comprendre l'environnement des objets compacts.*
- *Identifier l'origine des rayons cosmiques.*
- *Utiliser l'Univers comme laboratoire de physique fondamentale.*





Bilan programmatique

Succès scientifique des missions:

- ESA: **Planck** (2009-2013)
- ESA: **Herschel** (2009-2013)
- National: **CoRoT** (2006-2012)

Lancement de la mission:

- ESA: **Gaia** (2013)

Poursuite de l'exploitation scientifique:

- ESA: **XMM-Newton** (depuis 1999) et **INTEGRAL** (depuis 2002)
- NASA: **HST** (depuis 1990), **Fermi** (depuis 2008), **GALEX** (2003-2013), **Spitzer** (depuis 2003), **Kepler** (depuis 2009)

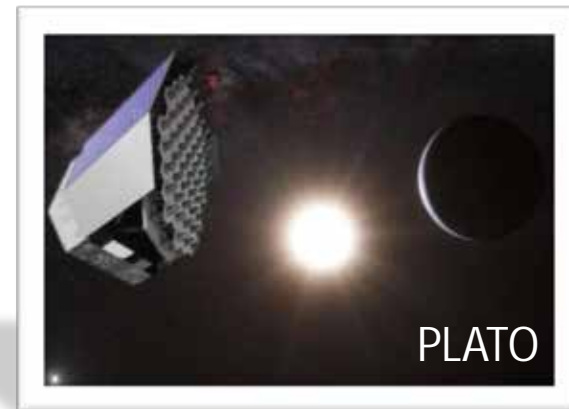
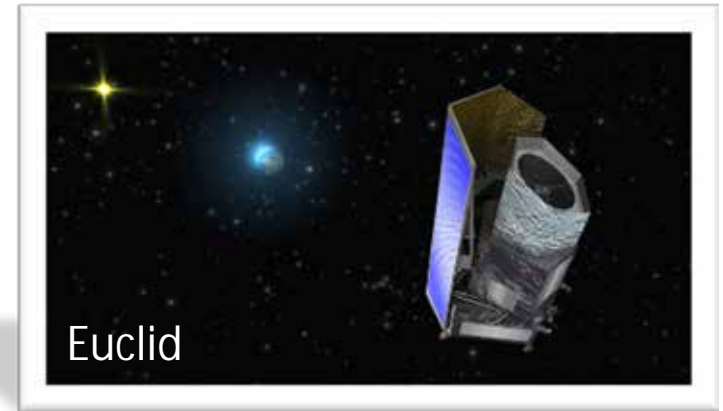




Bilan programmatique

Mise en place du programme ESA *Cosmic Vision*:

- S1 (2017): CHEOPS
- M2 (2020): **Euclid** (avec un PI français)
- M3 (2024): **PLATO**
- L2 (2028): « the Energetic Universe »
- L3 (2034): « the Gravitational Universe »

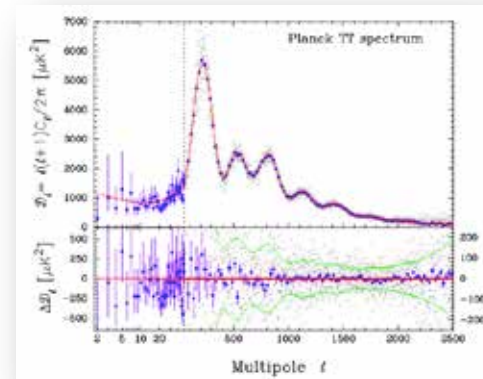
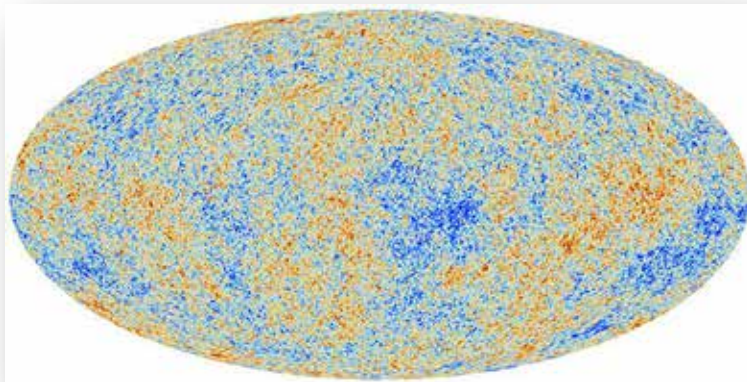




Une cosmologie de précision avec Planck

Le modèle Λ CDM conforté par les mesures:

- Principaux paramètres cosmologiques mesurés avec une précision de 1-2%.
- L'énergie sombre (68%) et la matière sombre (27%) toujours de natures inconnues, mais très précisément mesurées; la matière ordinaire (5%) très minoritaire.
- Première confirmation d'un spectre primordial ($n_s=0.9675$) en accord avec les modèles inflationnaires.



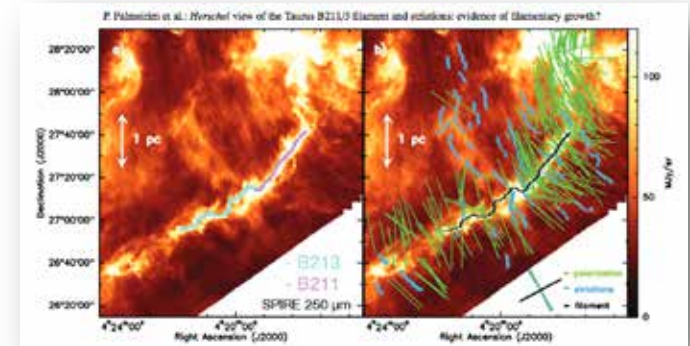
Une science des avant-plans également très riche.



L'Univers froid avec Herschel

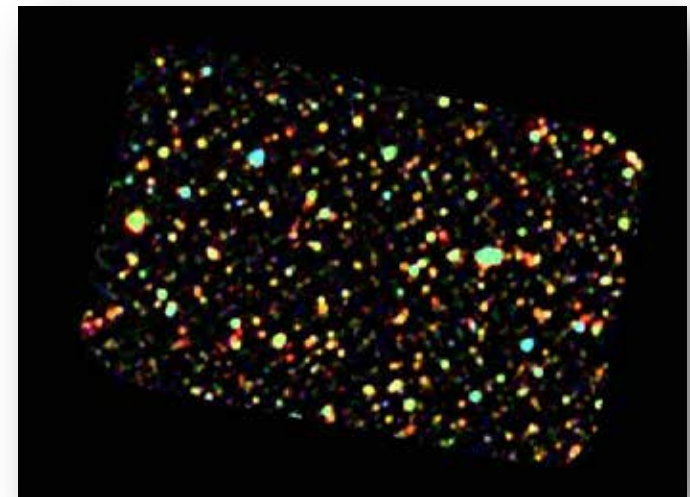
Etude détaillée de la structure du milieu interstellaire dense où se forment les étoiles:

- Mise en évidence de striations correspondant à des écoulements de matière vers les filaments.



Etude du fond cosmologique infrarouge:

- Détection de la population de galaxies à l'origine du fond infrarouge.





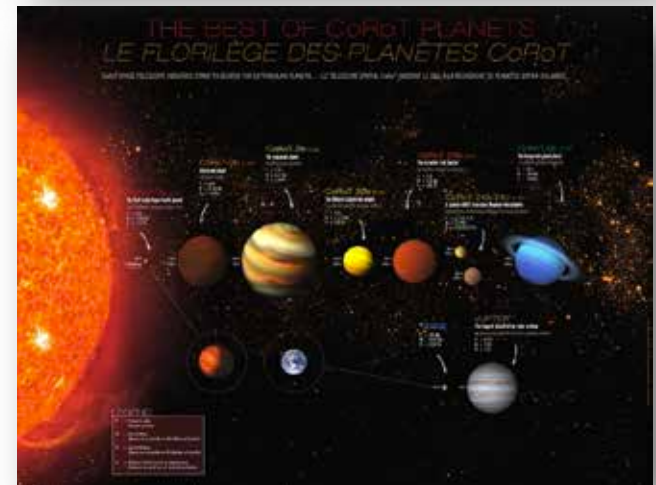
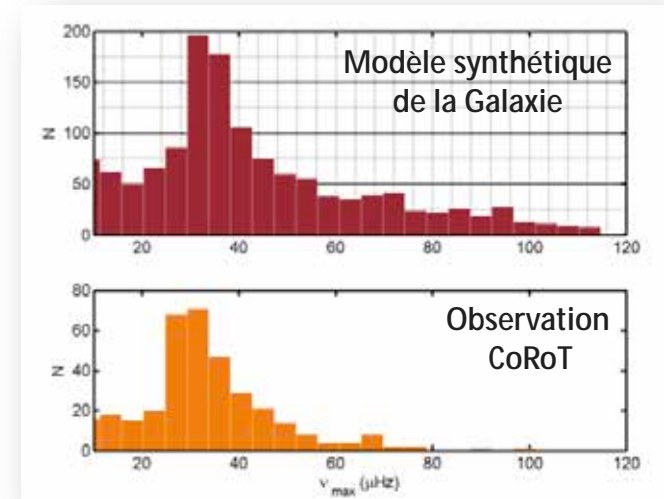
Etoiles et exoplanètes avec CoRoT

Découverte de modes d'oscillations non radiaux dans plusieurs milliers de Géantes Rouges:

- Application à l'étude de l'histoire de notre Galaxie

Des exoplanètes nombreuses et diverses:

- 600 candidats: 34 planètes confirmées.
- Première Super-Terre chaude: Corot-7b.
- Premières naines brunes chaudes.





Le suivi sol, une nécessité

Les méthodes d'observation en astronomie ont considérablement évolué:

- Avènement de l'observation multi-longueurs d'onde et multi-techniques.

Un exemple emblématique, Euclid:

- Pour atteindre les objectifs scientifiques: besoin de couvrir 15000 degrés² avec des télescopes au sol dans 4 bandes visibles.
- Données photométriques indispensables à la réussite d'Euclid: à ce jour, l'hémisphère Sud est consolidé, des pistes sont en cours d'exploration pour l'hémisphère Nord.

Important que les principaux partenaires, CNES, CNRS et CEA, parviennent à une solution permettant de garantir l'accès au suivi sol pour Euclid:

- Solution pouvant également s'appliquer pour de futures missions, comme SVOM et PLATO, également très demandeuses.



Propositions du groupe A&A

Basées sur:

- les grandes questions scientifiques à aborder lors des prochaines années;
- le contexte programmatique national et international, en particulier les conséquences de la sélection des missions *Cosmic Vision* de l'ESA;
- la maturité des propositions de la communauté française soumises via l'appel à idées du CNES ;
- l'historique de la communauté française (implication sur des missions passées, les développements en R&T, etc.).



Les missions européennes en cours de sélection

“The Hot and Energetic Universe” (priorité P0):

- **Soutien à la mission Athena associée à ce thème scientifique:** a toujours été une priorité dans les différents exercices de prospective.
- La France doit jouer un rôle important dans sa réalisation, tout en assurant un retour scientifique au moins proportionnel son implication.

“The Gravitational Universe”:

- C invitée se mobiliser pour cette mission, en particulier via l’organisation du suivi.



Les futures missions européennes et contributions d'opportunité

Priorité P0

“Comprendre la phase d'inflation de l'Univers primordial” via la recherche et l'étude des modes B de la polarisation du fond diffus cosmologique.

- Soutien à une participation à une future mission européenne de type M4 (type CoRE).
- En cas de non sélection, soutien à une contribution d'opportunité sur une mission NASA (type Pixie) ou JAXA (type LiteBIRD).



Les futures missions européennes et contributions d'opportunité

Priorité P1

“Comprendre les mécanismes d'échange de matière et d'énergie aux différentes échelles, des étoiles aux trous noirs et aux galaxies” via l'observation de l'Univers proche ($z < 2$) dans l'ultraviolet à l'Univers lointain (jusqu'à $z \approx 6$) dans l'infrarouge lointain.

- Soutien, en fonction du contexte programmatique, à une participation à une future mission européenne de type M (type SPICA, tel que défini au début 2013) ou à une participation à une mission d'opportunité (type MIGAL avec la NASA).

“Caractériser les exoplanètes et chercher les biosignatures: quelles sont les conditions physiques qui règnent à la surface des petites planètes et à l'intérieur des planètes gazeuses, et sont-elles favorables à l'apparition de la vie ?” via l'étude des atmosphères des exoplanètes

- Soutien à une participation à une future mission européenne de type M ou à une mission d'opportunité.



Les futures missions européennes et contributions d'opportunité

Priorité P2

“Comprendre la fin des âges sombres et étudier la formation des premiers objets” via l'observation de l'Univers lointain dans l'infrarouge proche.

ü Soutien à une petite participation à une mission d'opportunité.

“Comprendre les explosions stellaires (et la nucléosynthèse associée), la physique des objets compacts” et *“comprendre l'origine des rayons cosmiques galactiques”* en observant l'Univers dans le domaine du MeV.

ü Proposition de R&T.

“Comprendre la formation et l'évolution des étoiles et des planètes” en observant les étoiles dans l'ultraviolet et le visible.

ü Proposition d'une Phase 0.



Besoins de feuilles de route

Deux thèmes scientifiques méritent plus de réflexion:

- Un observatoire post-Herschel afin de *“comprendre la fin des âges sombres et étudier la formation des premiers objets”, “comprendre la formation et l’évolution des étoiles et des planètes”, etc.*
 - Les Programmes Nationaux doivent proposer une feuille de route identifiant les grandes questions scientifiques devant être abordées par cette future mission, ainsi que les performances nécessaires pour y parvenir.
- Un observatoire capable d’observer des objets à très faible brillance de surface dans le visible et l’ultraviolet pour *“comprendre les mécanismes d’échange de matière et d’énergie aux différentes échelles, des étoiles aux trous noirs et aux galaxies”*.
 - La communauté doit se structurer afin de mieux définir sa stratégie et ses besoins.



Les missions nationales ou multilatérales

Une seule mission multilatérale toujours soutenue, SVOM:

- Compte-tenu du retard, intérêt scientifique de la mission évalué par le groupe qui a confirmé que SVOM a toujours une réelle valeur scientifique.



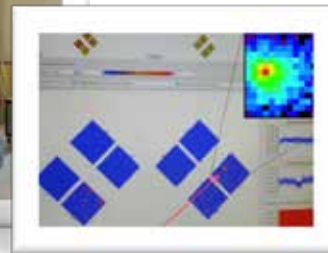
En dehors de ce projet, pas de recommandation pour une nouvelle mission nationale ou multilatérale.



Les missions ballons

Plusieurs projets sur ballon déjà décidés:

- EUSO-Ballon (premier vol en 2014).
- Pilot (premier vol en 2015).
- FIREBall 2 (premier vol en 2015 ou 2016).



En dehors de ces projets, pas de recommandation pour une nouvelle mission ballon.



Les axes de R&T

Priorités aux futures missions européennes et contributions d'opportunité :

- *Observer l'Univers dans le domaine des rayons X* : chaînes de détection et cryogénie associée.
- *Étude des modes B de la polarisation du fond diffus cosmologique* : chaînes de détection et cryogénie associée.

Puis :

- *Observer l'Univers dans le domaine du MeV* : chaînes de détection.
- *Observer les étoiles dans l'ultraviolet* : spectropolarimètre embarqué.

Les développements doivent s'inscrire systématiquement dans le cadre d'une feuille de route établie par les différents partenaires (tutelles, LabEx, laboratoires, etc.):

- Le CNES doit prendre l'initiative de la définition de ces feuilles de route.



Synthèse des priorités

Méthode d'observation	Cadre de réalisation	Priorité	R&T associée	Thème scientifique
Observer l'Univers dans le domaine des rayons X	L2 (ESA)	P0	Chaîne de détection et cryogénie	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre la fin des âges sombres et étudier la formation des premiers objets - Comprendre les mécanismes d'échange de matière et d'énergie aux différentes échelles, des étoiles aux trous noirs et aux galaxies
Observer les modes B de la polarisation du fond diffus cosmologique	M (ESA) ou Opportunité (NASA/JAXA)	P0	Chaîne de détection et cryogénie	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre la phase d'inflation de l'Univers primordial
Observer l'Univers lointain dans l'infrarouge lointain ou l'Univers proche dans l'ultraviolet	M (ESA) ou Opportunité (NASA)	P1		<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre les mécanismes d'échange de matière et d'énergie aux différentes échelles, des étoiles aux trous noirs et aux galaxies
Observer par spectrophotométrie les atmosphères des exoplanètes	M (ESA) ou Opportunité	P1		<ul style="list-style-type: none"> - Caractériser les exoplanètes et chercher les biosignatures
Observer l'Univers dans le domaine du MeV	M (ESA) ou Opportunité	P2	Chaîne de détection	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre les explosions stellaires, la physique des objets compacts. - Comprendre l'origine des rayons cosmiques galactiques.
Observer les étoiles dans l'ultraviolet	M (ESA) ou Opportunité	P2	Spectro-polarimètre	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre la formation et l'évolution des étoiles et des planètes.
Observer l'univers lointain dans l'infrarouge proche	Opportunité	P2		<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre la fin des âges sombres et étudier la formation des premiers objets

Phase 0 également demandée pour « Observer les étoiles dans l'ultraviolet ».