



Séminaire de **prospective scientifique**

17 - 20 MARS 2014

La Rochelle



Propositions du CERES

Jean-Marie Hameury pour le CERES



Stratégie programmatique

- ◆ **Programme scientifique obligatoire de l'ESA** colonne vertébrale du programme national dans le domaine des sciences de l'Univers, complété par le programme d'**exploration robotique de l'ESA**
- ◆ **Opportunités stratégiques**, « grosses » contributions à des missions d'autres agences, et en particulier de la NASA
 - ◆ Sur des objectifs scientifiques très prioritaires non couverts par le programme scientifique ESA
 - ◆ Assurer une certaine réactivité au programme
- ◆ **Petites contributions d'opportunité**, certaines pouvant être uniquement scientifiques, (excellent retour pour un investissement limité)
- ◆ Pas de nouveau projet prioritaire actuellement identifié dans le cadre
 - ◆ de missions nationales (mini et microsattelites)
 - ◆ de ballons
- ◆ Des projets à long terme identifiés qui nécessitent des **phases 0** et des développements **R&T**, voire des **démonstrateurs**
- ◆ Nanosatellites : potentiellement intéressants, mais trop récents pour que des projets justifiant l'investissement sur le seul aspect scientifique et/ou technologique aient pu être élaborés.



Formation des planètes et émergence de la vie

- ◆ **Priorités scientifiques**
 - ◆ Origine du système solaire et matière primitive : comment se forment les systèmes planétaires en général et comment s'est formé notre système solaire ?
 - ◆ Habitabilité des planètes : La vie est-elle apparue ailleurs dans l'Univers ? Dans quelles conditions, autour de quelles étoiles ? Quels biomarqueurs utiliser ?
- ◆ **Missions prioritaires**
 - ◆ Les deux priorités nécessitent l'analyse d'échantillons, si possible sur Terre. Ce peut être de la matière primitive (origine du système solaire) ou martienne (habitabilité).
 - ◆ **ExoMars, Mars 2020** pour l'analyse in situ d'échantillons martiens et la préparation d'une mission de retour d'échantillons à long terme
 - ◆ **Retour d'échantillons** d'un astéroïde primitif, retour d'échantillons lunaires
 - ◆ **Caractérisation des atmosphères des exoplanètes**
- ◆ **Développement stratégique**
 - ◆ **Orbitrap** : la démonstration d'un spectromètre de masse spatialisé à très haute résolution mettra la France en excellente position pour participer à des missions d'analyse in situ d'échantillons. Nécessité d'un démonstrateur.
- ◆ **A long terme, préparer la suite d'ExoMars (**Mars Sample Return**) dans le cadre ESA**



Fonctionnement global du système solaire

- ◆ **Priorités scientifiques**
 - ◆ Fonctionnement global du système solaire ; une attention particulière sur les planètes géantes (planètes – satellites – anneaux- magnétosphères) , modèle réduit du système solaire
 - ◆ Comprendre le couplage Soleil – vent solaire – magnétosphère (météo de l'espace)
 - ◆ Explorer des régions (e.g. héliosphère interne) et des régimes spatiaux-temporels nouveaux
 - ◆ Rôle des exoplanètes pour la compréhension du système solaire
- ◆ **Missions prioritaires**
 - ◆ Approuver formellement la participation à **Juice** (L1)
 - ◆ Microphysique des plasmas : mission M4 (**ALFVEN** ou **TWINS**)
 - ◆ Participation S2 (**INSTANT**, relations Soleil-Terre) et mission d'opportunité (**INTERHELIOPROBE**)
- ◆ **Météorologie de l'Espace**
 - ◆ S'intégrer dans les actions coordonnées européennes sur la météo de l'espace
 - ◆ Participation ciblée à la partie météo de l'espace du programme SSA (Space Situational Awareness) de l'ESA, pour valoriser l'expertise française
- ◆ **Priorités à long terme :**
 - ◆ Exploration des planètes géantes glacées (L4)
 - ◆ Sonde solaire dans la couronne et hors écliptique



Lois physiques qui gouvernent l'Univers

◆ Priorités scientifiques

- ◆ Que nous apprennent l'Univers très jeune ou les phénomènes les plus violents de l'Univers sur la nouvelle physique ?
- ◆ Comment réconcilier mécanique quantique et relativité générale ?
- ◆ La relativité générale décrit-elle bien la gravitation, y compris à grande distance ou en champ fort ?
- ◆ Quelle est la nature de la matière noire et de l'énergie noire ?

◆ Missions prioritaires

- ◆ Utiliser les ondes gravitationnelles pour sonder l'univers (**eLISA**) : coalescence de trous noirs, fond stochastique d'ondes gravitationnelles ESA L3
- ◆ Tester le **principe d'équivalence** sur des ondes de matière quantiques
- ◆ « The hot and energetic Universe » thématique sélectionnée par l'ESA dans le cadre L2 : mission **Athena**, pour la physique des trous noirs
- ◆ Remonter à la période de l'inflation du Big Bang par l'observation de la **polarisation du fond diffus cosmologique** (cf. BICEP 2)

◆ Développement stratégique

- ◆ Emport d'un accéléromètre (GAP) vers le système solaire externe



Origine et évolution de l'Univers

- ◆ Priorités scientifiques
 - ◆ Question générale : comment s'est formé l'Univers? Comment s'est-il structuré ? Comment a-t-il évolué en galaxies, étoiles, planètes ? Que va-t-il devenir ?
 - ◆ Deux thèmes d'actualité: la période de l'inflation, sujet qui a une importance particulière pour la physique fondamentale; et la sortie des âges sombres, et de la formation des premiers objets, premières étoiles et premières galaxies
- ◆ Missions prioritaires
 - ◆ **Athena** : voir la formation des premières structures : amas distants de galaxies, évolution des galaxies et de leurs noyaux
 - ◆ Détecter les **modes B de polarisation du CMB** qui nous renseignent sur les premiers instants de l'Univers
 - ◆ Mécanismes d'échange de matière et d'énergie aux différentes échelles, des étoiles aux trous noirs et aux galaxies via l'observation dans l'ultraviolet ($z < 2$) ou l'infrarouge ($z < 10$) : mission de type **SPICA** (M4) ou **MIGAL** (NASA)
 - ◆ **eLISA** permettra de mieux comprendre les processus de croissance des galaxies par fusion
- ◆ Elaborer une feuille de route pour un observatoire post Herschel dans l'infrarouge/submillimétrique



Une ébauche de programmation



Missions en exploitation ou sélectionnées

- ◆ Assurer l'exploitation des missions en cours ou décidées au bon niveau pour garantir le retour scientifique tout en préparant l'avenir
 - ◆ CNES : maintien du poids relatif exploitation/développement
 - ◆ Labos : support scientifique adéquat (y compris si retards...)
- ◆ Missions ESA (ou thème) sélectionnées mais non encore approuvées au CNES
 - ◆ Approuver formellement la contribution française à la mission **JUICE** de l'ESA (L1) en restant dans l'enveloppe prévue
 - ◆ Valider la participation française dans **Plato**, rester dans l'enveloppe affichée. Observations complémentaires au sol centrales et bien identifiées
 - ◆ Fort soutien à une participation française ambitieuse dans **Athena** (L2) : périmètre optimal à déterminer (responsabilité d'un des deux instruments ?)
 - ◆ Préparer la participation française **eLISA** (L3) : participation instrumentale, traitement des données et observations complémentaires au sol et dans l'espace



Programme exploration

◆ ExoMars

- ◆ Le programme de l'ESA n'est pas crédible en l'état et illustre la difficulté de concilier la science et les objectifs d'un programme optionnel.
 - ◆ La participation au programme NASA reste une alternative crédible et vue comme beaucoup plus sûre.
- ↳ mener ExoMars à bien tout en s'efforçant de participer au programme NASA à un niveau significatif, mais moindre.

◆ Stratégie Mars Sample Return

- ◆ Le retour d'échantillons est la priorité des groupes système solaire et exobiologie
- ↳ l'ESA doit réussir ExoMars, et la poursuite du programme d'exploration européen doit être soutenue (MREP-2).



Cosmic Vision : mission M4

- ◆ Plusieurs projets correspondent aux priorités de la communauté scientifique dans des domaines variés, et justifient une participation ambitieuse
- ◆ (co)Plship mission envisageable sur :
 - ◆ **CoRE** pour la détection des modes B de polarisation du CMB, qui permettra d'accéder à la première fraction de seconde du Big Bang et à l'ère inflationnaire
 - ◆ Mission de **caractérisation des atmosphères** des exoplanètes
- ◆ Soutien du CNES à la préparation des autres missions, et plus particulièrement:
 - ◆ Mission **submillimétrique** pour étudier la formation des galaxies et des étoiles
 - ◆ **Test du principe d'équivalence** sur des objets quantiques. L'aide du CNES à la reconfiguration du consortium est indispensable, ainsi que des actions de R&D
 - ◆ Mission sur la microphysique des plasmas (**ALFVEN** ou **TWINS**)



Opportunités

- ◆ Grosses opportunités et développements stratégiques
 - ◆ Thématiques correspondant aux missions M ci-dessus, et en particulier modes B de polarisation du CMB et de caractérisation des exoplanètes
 - ◆ Préparation ou réalisation de missions de retour d'échantillons (Mars, première priorité sur le long terme; Lune, Phobos et astéroïdes)
 - ◆ Orbitrap, spectromètre de masse à très haute résolution
 - ◆ GAP, accéléromètre à emporter sur une sonde vers les planètes externes. Nécessite une structuration scientifique du projet et des actions de R&T
- ◆ Participation éventuelle à S2 (ESA/CAS) au niveau d'une petite opportunité; intérêt pour INSTANT (relations Soleil-Terre)
- ◆ Autres petites opportunités qu'il est impossible de figer aujourd'hui



Préparation de l'avenir

◆ Phases 0

1. eLISA
2. Faisabilité emport ballon horloges optiques
3. Spectropolarimètre ultraviolet pour comprendre la formation et l'évolution des étoiles
3. FASOLASI , spectro-imageur solaire pour l'étude de la raie Ly α de l'hydrogène.

◆ R&T

- ◆ Conception d'instruments d'analyse in situ, en particulier sur les questions de spectroscopie de masse (Orbitrap) et de datation
- ◆ Chaînes de détection et cryogénie associée dans le domaine des rayons X et submillimétrique une fois que le choix de la technologie à développer aura été fait
- ◆ Interférométrie atomique pour l'espace et liens optiques

◆ Démonstrateur

- ◆ Orbitrap



Ateliers du 19 mars

4 ateliers parallèles, traitant des mêmes sujets,

- ◆ **Priorités scientifiques** : valider les prospectives européennes et internationales
- ◆ **Priorités programmatiques** à moyen et long terme
- ◆ **Equilibres et priorités de la programmation**
- ◆ **Questions transverses et recommandations à faire au CNES**
 - ◆ Comment investir nos ressources financières et humaines pour le meilleur retour scientifique ?
 - ◆ Mode de réalisation des projets
 - ◆ Peut-on aller plus vite dans la réalisation des projets ? Si non, comment s'assurer de la pérennité du cas scientifique ?
- ◆ **Autres questions au choix des ateliers**

Un atelier exoplanètes en fin d'après-midi