

De Biarritz à La Rochelle: 5 ans de CPS

Catherine Cesarsky
Haut Conseiller Scientifique
CEA

Sciences de l'Univers et exploration

- Ce furent 5 années glorieuses pour les sciences spatiales de l'univers en France, et plus largement en Europe, avec en particulier les missions Herschel et Planck (2009), la suite et fin de Corot, mais aussi des résultats français importants avec les missions ESA XMM, Cassini, Mars Express, Venus Express, Hubble, Integral, SOHO et Cluster, et en bilatéral, avec en particulier Curiosity.
- Le quinquennat s'achève avec le lancement et la mise en marche réussie de Gaia, et le réveil de Rosetta.

Recommandations du CPS

- Dès **Biarritz**, et tout au long de la période, le CPS, en ligne avec le Cérès, n'a cessé d'accorder première priorité au programme Cosmic Vision de l'Agence spatiale européenne. Ce programme s'est d'ailleurs bien précisé au cours de cette période.

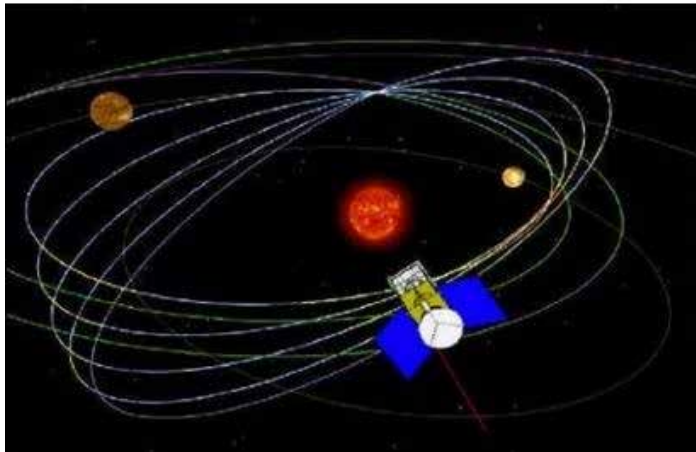
M1: Solar Orbiter

Objectif : mieux comprendre couvrir la physique du Soleil et de l'Héliosphère interne :

- comment le champ magnétique émerge-t-il de l'intérieur et quel est son impact sur l'atmosphère solaire ?
- quels sont les mécanismes impliqués dans la formation de la couronne et du vent solaire ?
- quels sont les processus physiques expliquant l'activité éruptive du soleil ?

Comment :

- Mesures in-situ dans le vent solaire proche du soleil (périhélie minimum prévu de 0.28 unité astronomique ~ 60 rayons solaires;
- Meilleure résolution spatiale jamais atteinte (70 km/pixel).

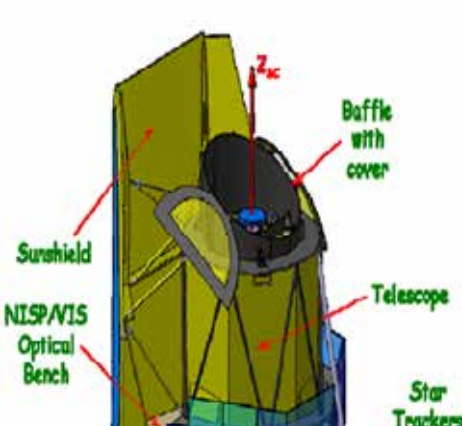


Lancement : 2017

M2: EUCLID

Objectif:

répondre notamment aux questions suivantes :

- 
1. L'Énergie noire est-elle décrite par une simple constante cosmologique ou faut-il évoquer un champ qui évolue dynamiquement avec l'expansion de l'Univers?
 2. Une modification de la relativité générale aux grandes échelles peut-elle expliquer la réaccélération de l'expansion de l'Univers?

Lancement 2020

En opération au point de Lagrange L2 pour 6 ans pour observer tout le ciel extragalactique (15000 deg²)

M3: PLATO



Objectif

Quelles sont les conditions pour la formation de planètes, et pour l'apparition de la vie?

Comment?

Avec 34 petits télescopes, Plato recherchera des planètes autour d'un million d'étoiles proches, par la méthode des transits, et fera des mesures fines d'astérosismologie. Il devrait pouvoir identifier des planètes similaires en masse et situation à la Terre.

Lancement 2024, orbite L2

L1: JUICE



Objectif:

Comment les planètes géantes gazeuses et leurs satellites se forment et évoluent?

Comment?

JUICE fera des observations détaillées de Jupiter et de ses interactions avec ses satellites, étudiera Callisto et Europe, et se placera en orbite autour de Ganymède

Lancement: 2022, arrivée 2030

Thèmes scientifiques pour L2 et L3

- L2 (2028): Univers chaud et énergétique
- L3 (2034): Univers gravitationnel

Autres recommandations du CPS sortant: microsatellite

Dès le séminaire de **Biarritz**, le CPS avait recommandé la mise en œuvre du microsatellite Taranis, dédié à l'étude des transferts impulsifs d'énergie entre la haute atmosphère et l'environnement spatial de la Terre. Taranis a été approuvé et sera lancé en 2016



Autres recommandations du CPS sortant: mission d'opportunité

D'excellentes opportunités se sont présentées surtout dans le domaine de l'exploration, et ont été saisies, tels Phobos-Grunt (mais échec au lancement), MSL, Hayabusa 2, Solar Probe plus, et surtout, répondant à des recommandations de longue date sur l'étude de la structure interne de Mars par des mesures sismométriques, SEIS pour Insight.

MARS: analyse in situ

Le CPS n'a cessé d'affirmer l'importance de l'analyse in situ du sol martien, d'où un soutien sans faille à la mission Exomars 2018, emportant un rover. La France y est très bien placée, tant au niveau de la contribution instrumentale que pour l'exploitation des données. Cependant, le CPS s'est inquiété toutes ces années du déroulement de la préparation de cette mission, et il a souhaité que son calendrier programmatique et technique soit consolidé.

En attendant, il a trouvé naturel que la communauté s'intéresse à la mission Mars 2020 de la NASA, et a considéré que les laboratoires devraient pouvoir candidater à un niveau raisonnable sur cette mission.

EXOMARS (2012)

En 2012, à la demande du CPS, un groupe de travail sur ExoMars a été mis en place. Il a travaillé très efficacement, et a abouti à une proposition de scénario alternatif jugée excellente par le CPS (mission unique avec un "rover" en 2018 et l'orbiteur Trace Gas Orbitor jouant le rôle de satellite relais). Cette solution n'a malheureusement pas obtenu l'adhésion de l'ESA mais il était néanmoins très utile de l'avoir proposée. Le CPS craint que l'ensemble des deux missions 2016 (TGO + test d'atterrissage EDM) et 2018 (mission "rover") ne soit pas faisable dans le schéma tel que proposé par l'Exécutif de l'ESA.

A ce stade, seule la mission 2016 (TGO + EDM) apparaît faisable, sans doute décalée. La mission "rover" qui représente la priorité scientifique pour l'exobiologie pourrait être redéfinie dans le contexte du programme optionnel EREP proposé à la ministérielle, en réaffectant à ce nouveau programme d'exploration robotique les budgets non utilisés de l'enveloppe ExoMars.

Physique Fondamentale

Pharao : sonder les « constantes » de la physique avec des horloges atomiques

- ACES : Atomic Clock Ensemble in Space, sera envoyé à l'ISS
- Pharao : (collaboration labos français et CNES) horloge atomique (refroidissement et piégeage des atomes de césium par laser) ; élément central d'ACES (ESA)

ACES avec Pharao
à l'extérieur
du
Module européen
Columbus de l'ISS

Lancement: 2016



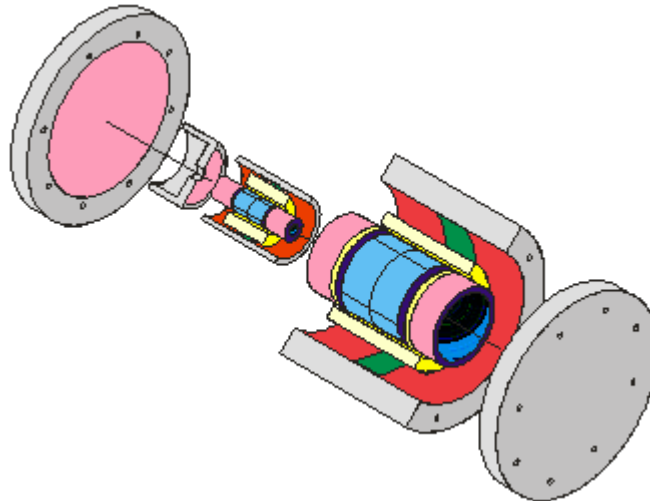
Microscope

Test du Principe d'Equivalence entre masse inertielle et masse gravitationnelle avec une résolution de 10^{-15} . Vérification de la théorie de la Relativité Générale et contrainte pour les théories d'unification des interactions fondamentales.

Chute libre, en orbite autour de la Terre, de deux masses d'épreuve de composition différente. Positions des deux masses, cylindriques et concentriques, contrôlée avec une précision de 10^{-11} m par une méthode de mesure électrostatique (accéléromètre différentiel).

Microsatellite Myriade avec système de compensation de traînée en continu.

Lancement: 2016



Terre Environnement Climat

Là encore, il y a eu une belle série de succès dans lesquels des équipes françaises ont été impliquées, et une série de lancements et de mises en route réussis

Avec l'ESA: [4 Earth Explorers](#) intéressent particulièrement la communauté française:

Lancé en mars 2009 et rentré dans l'atmosphère terrestre en novembre 2013, [GOCE](#) (Mission d'étude de la gravité et de la circulation océanique en régime stable) a cartographié les variations de la gravité terrestre avec une précision inégalée. Les données ainsi obtenues ont permis de modéliser avec un degré d'exactitude sans précédent le « géoïde », lequel représente la forme théorique de la Terre si elle était recouverte d'océans au repos. Ce modèle est crucial pour étudier la circulation océanique, le niveau des mers, la dynamique glaciaire et l'intérieur du globe.

[SMOS](#), lancé en 2009, effectue la première cartographie à l'échelle planétaire de l'humidité des sols et de la salinité des océans.

[CRYOSAT2](#), lancé en 2010. Grâce à son altimètre et l'aide de DORIS, il suit les variations de la hauteur des glaces continentales avec une précision millimétrique.

Et plus récemment, [SWARM](#) (suivi du champ magnétique et de ses sources) en novembre 2013. L'objectif de la mission est mesurer avec une grande précision les variations spatiales et temporelles du champ magnétique terrestre

Biomass

Biarritz: Le CPS recommande un soutien à la proposition Biomass d'étude de la végétation et de cartographie de la biomasse par radar en bande P, qui fait partie des trois projets pre-sélectionnés par l'ESA pour le programme Earth Explorer. Cette mission, actuellement en phase A, est technologiquement innovante et scientifiquement prometteuse. Le soutien aux équipes françaises fortement impliquées dans ce projet est prioritaire. Mai 2013: sélection de Biomass à l'ASE, pour un lancement en 2020

Collaboration bilatérale

Avec l'Inde:

Megha-Tropiques (vapeur d'eau, bilan radiatif, précipitations convectives) lancé en 2011

SARAL/ALTIKA(circulation océanique à méso échelle) lancé février 2013

Avec Israël

Venus(suivi de la végétation à haute résolution spatiale et temporelle) lancement 2015

Avec la Chine

CFOSAT(mesures conjointes vent-vagues) 2016?

MEGHA-TROPIQUES

Collaboration franco-indienne, satellite lancé le 12 octobre 2011

Objectif : meilleures statistiques sur le budget de l'eau et de l'énergie et l'évolutions de ses systèmes (moisson, cyclones, ...) sur des échelles de temps appropriées

Fournir des mesures simultanées de divers éléments du cycle de l'eau atmosphérique :



vapeur d'eau
nuages
précipitations
évaporation

CFOSAT

Collaboration franco-chinoise

Opérationnel en orbite en 2016 (?)

Objectif principal : mesurer le vent de surface et les propriétés spectrales des vagues.

Pourquoi : le vent est un paramètre principal pour l'état de la mer ;
prédire l'état de la mer essentiel pour :

activité maritime, activité off-shore,
construction des navires, sécurité en mer
et en zone côtière ou encore pollutions
marines.



SWOT

Biarritz: Constatant la convergence d'intérêt des trois groupes de travail Océan, Surface Continentale et Terre Solide, sur le domaine côtier, l'hydrologie et la bathymétrie, le CPS recommande de poursuivre la réflexion sur une participation française au projet américain Swot, actuellement en phase A conjointe NASA-CNES. Cette participation pourrait porter sur l'instrument KaRin, altimètre à large fauchée en bande Ka, la charge utile altimétrique classique et le segment sol.

SWOT Surface Water Ocean Topography

- Collaboration CNES-NASA, lancement prévu en 2019
- Mesurer la surfaces de plans d'eau: altimétrie
- Limitations actuelles de résolution spatiale et du maillage empêchent l'étude des structures à petite échelle en océanographie
- Problème : surfaces en eau continentales.
- Nouveau concept de capteur KaRIN -Ka-band Radar INterferometer – radar interféromètre en bande Ka (résolution horizontale 50-100m)



IASI-NG

- **Biarritz:** Le CPS recommande de poursuivre les études sur l'instrument Iasi-NG
- 2012: fin de Phase A

Le CPS accorde la première priorité à IASI-NG:

- Cet instrument de nouvelle génération pourra réaliser de bien meilleures mesures des variables chimiques et physiques dans les basses couches de l'atmosphère qui, en comparaison de Iasi, seront très utiles pour la météorologie, la caractérisation de la pollution et à l'étude du climat.
- IASI NG pour METOP-SG en 2020

MISTIGRI

Biarritz: Le CPS note la forte demande de répétitivité temporelle et de haute résolution spatiale exprimée dans plusieurs domaines. Dans cette optique, il recommande tout d'abord, le passage en phase A du projet de démonstrateur Mistigri, actuellement en fin de phase 0, qui permettrait des mesures par infrarouge thermique avec une résolution décamétrique et une répétitivité temporelle de un à deux jours pour étudier les transferts énergétiques et hydriques des sols et le suivi de la végétation

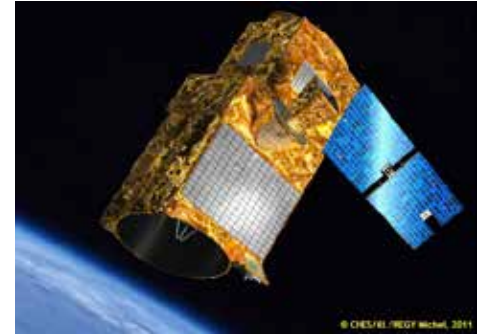
Etude réalisée, possibilité de vol? Phase 0 Thirsty en cours avec JPL (couverture globale tous les 3 jours, résolution < 100m)

Gaz à effet de serre et cycle du carbone

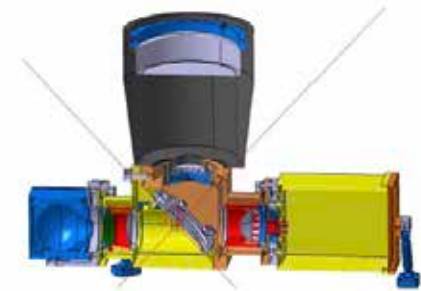
Biarritz: Concernant l'étude du cycle du carbone, le CPS demande au CNES de conserver l'acquis sur les études de concept de Sifti notamment dans la perspective d'une mission CO₂ atmosphérique (concept Minicarb).

Aujourd'hui: Microcarb (mesure du CO₂ atmosphérique pour permettre la restitution des flux de surface continentaux et océaniques): fin de Phase A. Opportunité de vol?

Microsatellite MERLIN

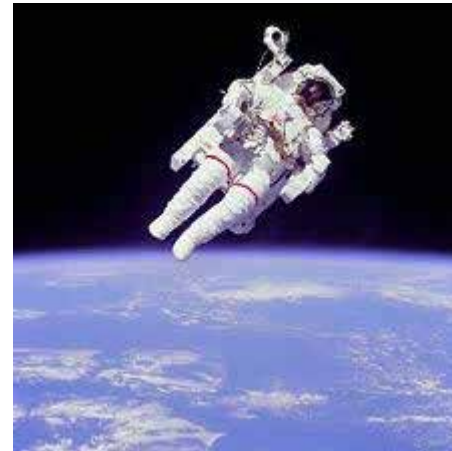


- Projet Franco-Allemand associant CNES et DLR
- Mesure active du méthane atmosphérique par LIDAR
- Le méthane est un gaz à effet de serre majeur qui connaît des variations inexplicées depuis 10 ans
- Instrument fourni par le DLR (MERLIN) et plateforme fournie par le CNES (MYRIADE EVOLUTION)
- Premier projet pour MYRIADE EVOLUTION (qualifiant)
- Orbite héliosynchrone envisagée à 506 km d'altitude avec un passage à 6h ou 18h à l'équateur



Sciences en micro-pesanteur

Dans les sciences de la vie et de la matière, les moyens spatiaux ont permis la réalisation de travaux de qualité, tant par leurs aspects fondamentaux que par leurs applications qui intéressent en particulier le secteur spatial lui-même.



Suite du Testament

Le CPS a été pris de court par certaines décisions prises au niveau politique avant que leur instruction n'ait complètement abouti au niveau scientifique et technique (Merlin, SVOM). Il estime que ces deux missions ont des objectifs scientifiques intéressants. Néanmoins, il pense qu'en cas de problème ces projets ne doivent pas avoir d'impact sur des projets prioritaires et peuvent être retardés.

Dans le cas de SVOM, le CPS est satisfait de voir qu'une solution ait finalement été trouvée à un coût réduit, avec une configuration plus rationnelle et un montage plus simple, et aussi que le problème des composants ne soit pas rédhibitoire.

Regrets

Le CPS est désolé de constater qu'il laisse l'analyse in situ de Mars, à laquelle il a toujours accordé une haute priorité, dans une situation de grande incertitude.

Il déplore également qu'on ne réussisse pas à trouver une place appropriée aux programmes de micropesantier dans le PMT du CNES (e.g. Phenix).

Le CPS note que la programmation est extrêmement tendue dans le domaine des sciences de la Terre, et plus que tendue dans le domaine des sciences de l'univers (démarrage du développement des missions Cosmic Vision L1/JUICE et M3, in situ Mars). Il est inquiet quant aux conditions de réalisation de projets déjà décidés, et de ceux qui vont émaner de ce séminaire.

Les laboratoires spatiaux et le CNES

- La France a des laboratoires scientifiques de première qualité mondiale pour élaborer et fabriquer des instruments embarqués dans des sondes, des stations spatiales et des satellites. Il est essentiel de préserver ces compétences avec une vision de long terme. Le soutien technique et financier du CNES est déterminant.
- Le partenariat entre le CNES et les laboratoires est exemplaire, et s'étend maintenant à la mise en place de pôles ou de centres dédiés au traitement et à la mise à disposition de données spatiales sur une thématique ou une mission donnée.
- L'écosystème français CNES - laboratoires scientifiques – industrie a prouvé son excellence et son efficacité ; continuer à l'optimiser permettra de répondre aux défis du 21ème siècle
- Dans ce jeu, la sélection des programmes est cruciale.
- La balle au...

Séminaire de prospective de La Rochelle