



Séminaire de **prospective scientifique**

17 - 20 MARS 2014

La Rochelle



Synthèse du séminaire

Jean-Loup Puget,
Institut d'Astrophysique Spatiale
Président du CPS



L'évolution des sciences spatiales

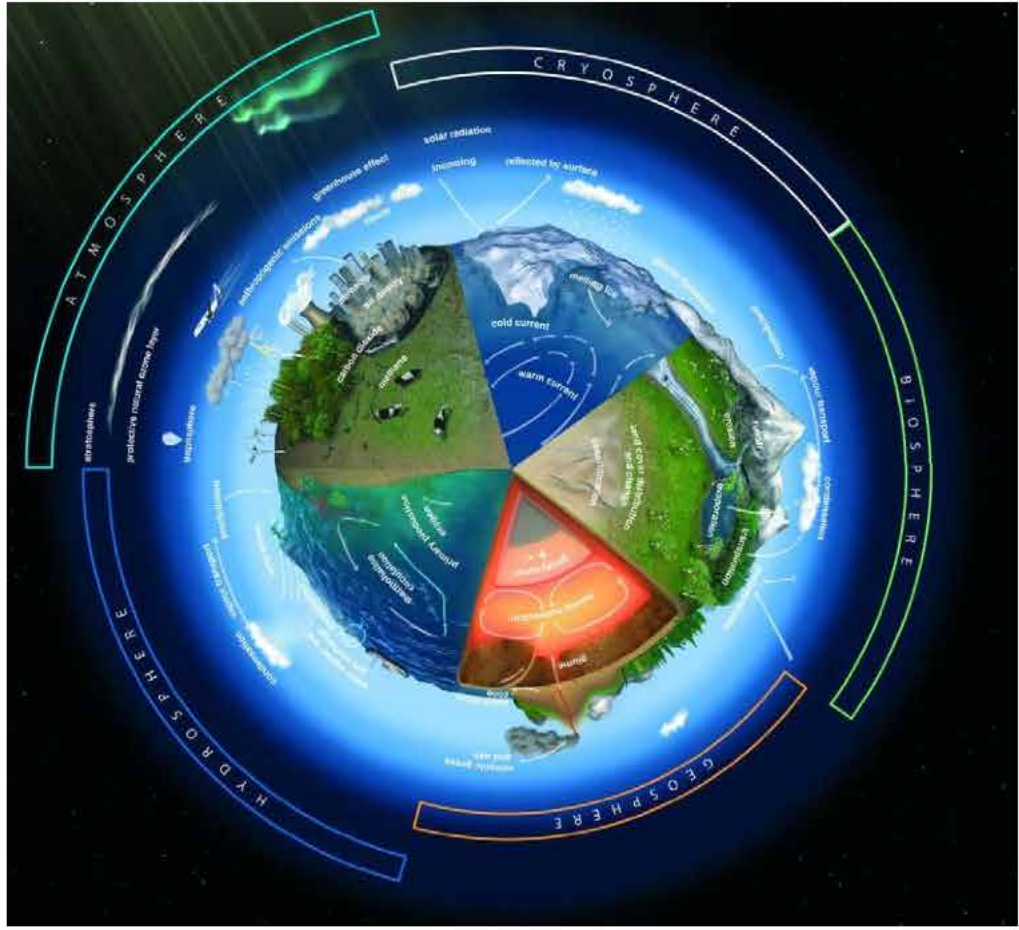
- ◆ Observations spatiales servent deux types de problèmes scientifiques
 - ◆ destinées à mesurer un paramètre (physique fondamentale, science des matériaux en μG , ...)
 - ◆ des mesures nombreuses liées à une physique complexe: nombreux objets et processus liés par des interactions souvent non linéaires (climat, formation stellaire, médecine spatiale,..)
- ◆ Pour le second type l'extraction de l'information scientifique passe par l'assimilation d'un grand nombre de données et la confrontation de celles ci avec un modèle complexe
- ◆ L'évolution du climat est l'exemple emblématique de ce type de problème et de démarche.
- ◆ Les disciplines utilisant l'espace et les données spatiales sont de plus en plus nombreuses (SHS, Sciences de la vie, ...)
- ◆ L'observation de la Terre depuis l'espace par des missions opérationnelles est devenue à la fois un outil pour les décideurs et une sources de données pour les scientifiques à coté des missions à vocation purement scientifiques: extension progressive de national à Européen et mondial

Observation de la Terre: une approche intégrée du Système Terre

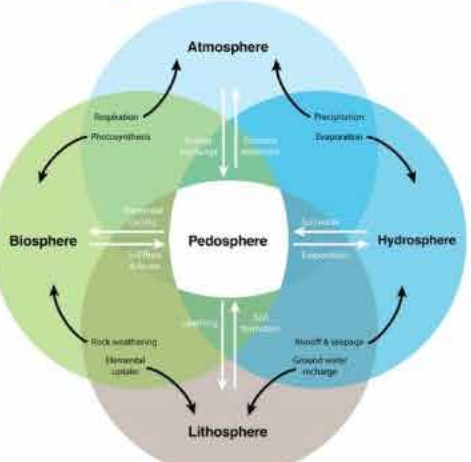


◆ Le Système Terre : des milieux en interaction

- ◆ L'atmosphère
- ◆ La biosphère (ou écosphère)
- ◆ L'hydrosphère
- ◆ La cryosphère
- ◆ La pédosphère
- ◆ La terre interne



*Sous forçages
climatiques
anthropiques*



→ Prospective organisée non par milieux physiques mais par questionnements scientifiques, souvent transverses aux milieux



Le CNES et les laboratoires de recherche

- ◆ Depuis sa création en 1961, le CNES n'a pas de laboratoires propres
- ◆ Les chercheurs sont dans les laboratoires académiques ou les laboratoires des grands organismes de recherche
 - ◆ les concepts d'instruments ou de capteur nouveaux
 - ◆ projets de missions ou d'instruments proposés au CNES
 - ◆ le traitement et l'analyse scientifique des données
- ◆ ce modèle fonctionne bien mais doit évoluer pour s'adapter aux évolutions des sciences spatiales et à celle du dispositif de recherche français:
 - ◆ les grands projets spatiaux sont internationaux
 - ◆ l'agence spatiale Européenne joue un rôle clé pour ces grandes missions
 - ◆ l'Union Européenne finance maintenant des missions opérationnelles qui ont aussi vocation à apporter des données aux scientifiques
- ◆ maintien des compétences dans les laboratoires et des postes techniques indispensable dans l'interface entre scientifiques, CNES/ESA, industrie auquel s'ajoute maintenant l'UE



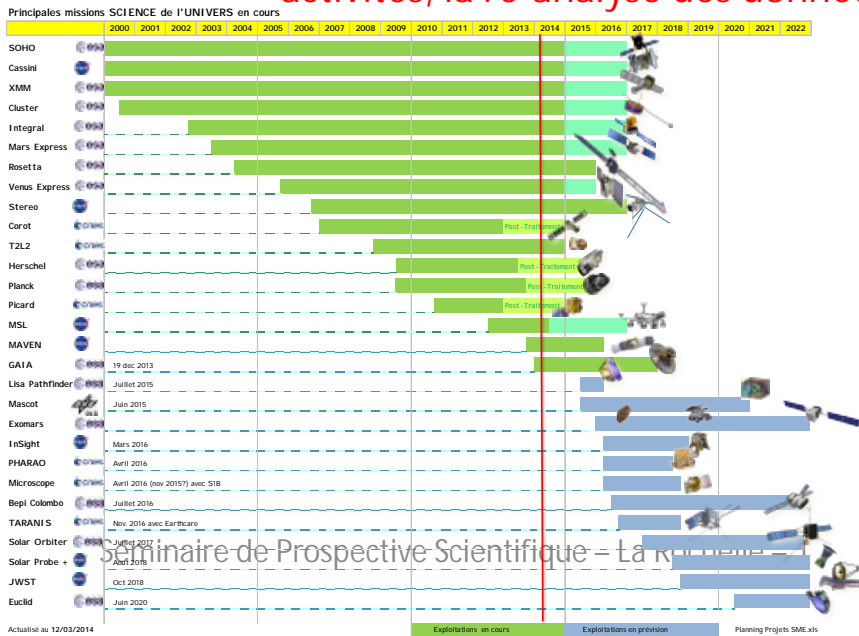
Le groupe de travail CNES-INSU-IN2P3-CEA

- ◆ Les difficultés financières des grands organismes de recherche associés au CNES conduisent à une diminution des postes techniques dans les laboratoires « spatiaux »
- ◆ après un audit des laboratoires (une vingtaine), le groupe de travail a fait le bilan des pertes en RH techniques permanentes et explore des évolutions dans la distributions des tâches permettant de pallier ces évolutions
- ◆ les pistes suivies sont un rôle accru du CST, de l'assistance technique, de l'embauche de personnels clé sur les contrats de projets
- ◆ les « COMUE » (regroupement d'universités, de grandes écoles, et de grands organismes de recherche) qui abritent plusieurs de ces laboratoires constituent des réseaux spatiaux coordonnant et mutualisant les moyens lourds (matériels et logiciels)
- ◆ pour les Pls décharges d'enseignement

Le fonctionnement du CPS

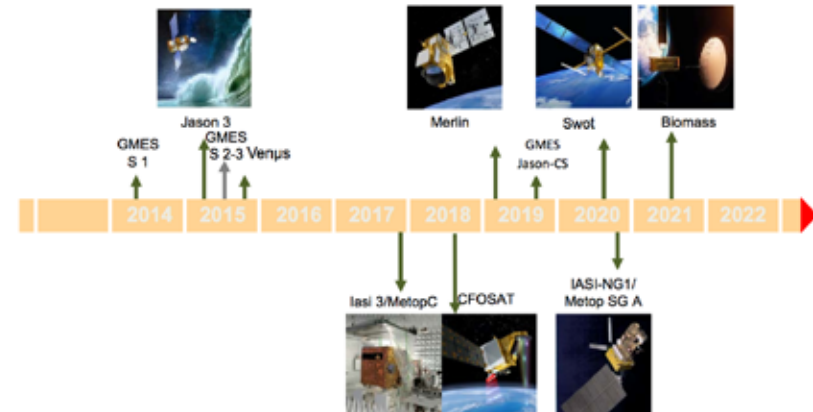
Les groupes de travail thématiques regroupés dans le TOSCA et le CERES et les deux groupes suivant les sciences en micro gravité analysent les projet et donnent des priorités

- ◆ Le CPS conseille le CNES sur les stratégies scientifiques prioritaires et les arbitrages entre les disciplines et thématiques
- ◆ Dans la période actuelle il aura aussi à analyser les questions générales portant sur
 - ◆ l'organisation de la recherche spatiale (CNES, laboratoires, grands organismes de recherches)
 - ◆ les équilibres entre missions et projets ESA, bilatérales, nationales
 - ◆ l'équilibre entre la développement de missions nouvelles, l'exploitations de missions en activités, la ré-analyse des données anciennes



Observation

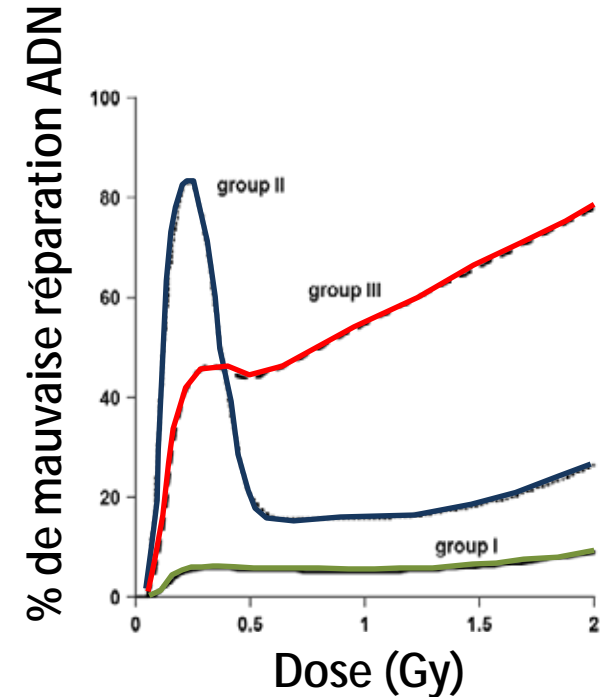
Programmes en préparation et en développement



Les Sciences en micro gravité: Sciences de la vie



- ◆ le programme intègre
 - ◆ des aspects fondamentaux
 - ◆ des aspects opérationnels pour les vols de longue durée
 - ◆ des aspects sociétaux
- ◆ Les principaux résultats ont été obtenus sur l'ISS
 - ◆ renforcer la radiobiologie
 - ◆ soutien au prolongement de l'ISS jusqu'en 2024 demandé
 - ◆ renforcement de l'instrumentation (CADMOS)
 - ◆ opportunité de la mission de Thomas Pesquet (immunologie, stress, physiologie humaine)
- ◆ préparer l'exploration à l'instar des autres agences spatiales recherche appliquée en vue des vols (la France n'a pour l'instant pas affiché son intérêt)
 - ◆ il faudra évaluer le retour scientifique
- ◆ un vol BION en 2013, un à planifier pour 2017 avec un biomonitoring innovant: apporte une solution pour certains programmes pour la période post ISS



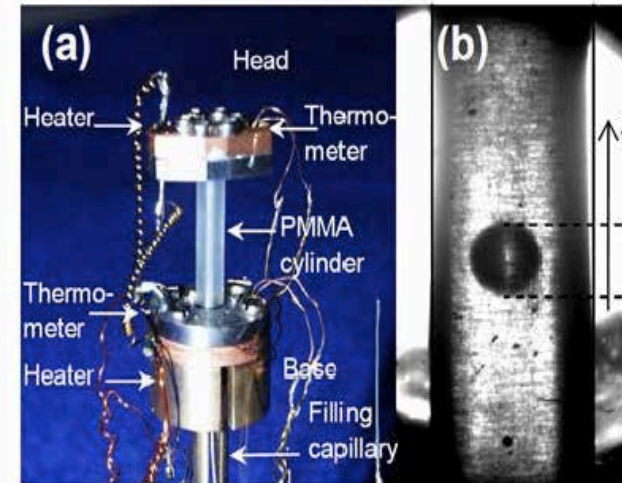


Les Sciences en micro gravité: Sciences de la matière

- ◆ ISS: temps longs d'expérience
- ◆ + fusées sondes et vols paraboliques
- ◆ DECLIC: nouveaux développements pour expériences de solidification, fluides critiques
 - ◆ amélioration optique, senseurs: demande de phase 0
- ◆ Instrument PIVO demande de Phase

Un premier pas vers la modélisation du dysfonctionnement endothélial en micropesanteur

Comment la vitesse de globules rouges est affectée par l'épaisseur d'un polymère reproduisant le glycocalix ?





Observation de la Terre: problèmes généraux

- ◆ approche systémique est soulignée par tous les groupes de travail
 - ◆ enjeux de connaissances des milieux
 - ◆ études des cycles du carbone et de l'eau
 - ◆ étude des interfaces
- ◆ comprendre le changement climatique
 - ◆ limité par compréhension de l'action des aérosols et des nuages
 - ◆ des variations temporelles décennales
 - ◆ nécessité d'inclure la modélisation de la Terre interne dans les modélisations
- ◆ autres grandes questions liées à la gestion des ressources et à l'environnement
- ◆ la répétitivité accrue: observer depuis l'orbite géostationnaire
- ◆ la combinaison des observations in situ et spatiales
 - ◆ assimilation des données
 - ◆ continuité, inter calibration
- ◆ la disponibilité et le développement des modèles globaux est une question importante qui doit être traitée en pluri organismes
- ◆ les nouveaux utilisateurs des données d'observation de la Terre: SHS

Observations de la Terre

Recommandations de missions

programmes en cours: soutien à l'exploitation

programme enveloppe(ou mission d'opportunité)

- ◆ améliorer de l'échantillonnage temporel et spatial pour la biomasse marine et terrestre (OCAPI)
- ◆ améliorer le système de référence qui permet de combiner des données multiples et de les analyser avec un modèle global (GRASP)
- ◆ améliorer la précision des mesures des gaz à effet de serre (MICROCARB) et des mesure de température de surface dans l'infrarouge thermique (THIRSTY)
- ◆ programme ballon pour étudier l'interface troposphère-stratosphère (STRATEOLE 2)
- ◆ + programme à plus long terme
- ◆ **Panorama de ce qui est souhaité; pas de priorités établies pour l'instant**

A moyen terme (avant 2025)

A long terme (Après 2025)

◆ Nouvelles observations

- ◆ Amélioration de la connaissance de la forme de la Terre (*Terre Solide, Surfaces Continentales*)
 - Z-Earth (stéréo LiDAR)
- ◆ Mesure des courants de surfaces océaniques (*Océan*)
 - SWORD (Diffusiométrie Doppler)
- ◆ Mesures de la structure fine de la végétation (*Surfaces Continentales*)
 - Alive-Folio (LiDAR végétation)
- ◆ Mesure de la qualité de l'air à haute répétitivité (*Atmosphère*)
 - OREPO (Sondage passif)

◆ Continuité mesures existantes

- ◆ Mesure des aérosols et des nuages (*Atmosphère*)
 - MESCAL (suite CALIPSO/EarthCare)
- ◆ Mesure du géoïde océanique (*Terre Solide, Océan*)
 - GRAAL (altimétrie)
- ◆ Mesures du champ magnétique terrestre (*Terre Solide*)
 - Swarm-FO

◆ Nouvelles mesures

- ◆ Salinité des océans et humidité des sols à haute résolution spatiale (*Océan, Surfaces Continentales*)
 - SMOS-NEXT
- ◆ Mesure du profil vertical de la vapeur d'eau dans l'UTLS et la couche limite, nuages (*Atmosphère*)
 - LIVE (LiDAR vapeur d'eau)
 - TOPASE-WINTI (Sondeur passif)
- ◆ Dynamique atmosphérique, précipitations (*Atmosphère*)
 - DYCECT (Radar)

◆ Continuité de mesures

- ◆ Dynamique des surfaces (*Tous les thèmes sauf l'atmosphère*)
 - CERES (Suite Sentinel 1 à 3)

20 mars



Observations de la Terre: utilisation des données opérationnelles

- ◆ Le programmes Copernicus (missions Sentinel) comprends explicitement la fournitures de données aux scientifiques
- ◆ Cela doit s'accompagner de spécifications venant des scientifiques dans la phase de définition
- ◆ Il faut planifier les services d'observations pour la distribution des données
- ◆ mais aussi l'analyse des données par les scientifiques qui demande des traitements spécifiques
- ◆ cette étape n'a pas été organisée par le programme Copernicus pour la première mission
- ◆ **Il faut envisager une organisation nationale dans un premier temps qui devra être remplacée par une approche coordonnée à l'échelle Européenne impliquant les laboratoires**



Les Sciences de l'Univers

- ◆ les grandes questions scientifiques dans ce domaine font largement consensus
- ◆ priorité aux missions de Cosmic Vision
 - ◆ sélection de M1, M2, M3 et L1
 - ◆ sélection des thèmes scientifiques pour L2 et L3
 - ◆ avec des participations françaises significatives ou fortes dans ces questions jusqu'en 2034
 - ◆ la sélection de M4 complétera ce dispositif et sera un enjeu important
- ◆ Le programme optionnel Exo-Mars (dans Exploration) de l' ESA couvre une première étape de la thématique de la recherche de traces de biologie sur Mars
- ◆ ce programme initialement en collaboration avec la NASA, et maintenant en collaboration avec la Russie laisse l'Europe sans stratégie claire à long terme sur cette thématique scientifique de première importance
- ◆ cette stratégie doit s'inscrire dans une stratégie plus large de retour d'échantillon Martien et de matière primitive de petit corps



- ◆ quelques missions d'opportunité en collaboration bilatérale complète ce dispositif
 - ◆ principe d'équivalence,
 - ◆ séismologie de Mars
 - ◆ magnétosphère de la Terre
 - ◆ sursauts gamma
- ◆ Le CERES a défini les thématiques scientifiques prioritaires pour M4 et d'autres missions d'opportunité
- ◆ Planètes extrasolaires
 - ◆ la détection a dominé les observations spatiales jusqu' à présent
 - ◆ la recherche va continuer avec la mission PLATO (M3)
 - ◆ la caractérisation des atmosphères est l'étape suivante
 - ◆ elle ne peut pas débiter par la recherche de traceurs d'activité biologique
 - ◆ il faudra commencer une étude systématique des atmosphères par spectroscopie en transit devant l'étoile, en commençant par les planètes géantes, et en analysant ce qui peut être fait au sol ou seulement dans l'espace



Ballons, nano satellites, pôles thématiques

- ◆ La prospective des ballons qui sera faite séparément devrait être faite en amont du SPS pour être intégrée et interclassée avec les autres missions de la même classe de prix
- ◆ les nanosat étudiants apparaissent dans un assez grand nombre d'universités et d'écoles d'ingénieurs (l'aide apportée par le CNES ne fait pas partie du programme science)
- ◆ On a vu apparaître quelques projets de recherche utilisant les nanosats
- ◆ Le CPS analysera ceux ci
 - ◆ en mesurant l'originalité de ce qui est proposé
 - ◆ en comparant les coûts
 - ◆ et en interclassant les projets avec les plateformes plus traditionnelles
- ◆ la mise en place des pôles thématiques doit être poursuivie, la coordination entre eux pour permettre l'utilisation d'ensembles de données venant de différents pôles thématiques pour tester des modèles globaux (cela est vrai en Science de la Terre comme en Science de l'Univers pour certains problèmes)



conclusions

- ◆ Les priorités des groupes, y compris sur des missions ESA, ou d'autres agences, en attente de sélection permettra de soutenir les équipes française dans les phases préparatoires
- ◆ Le CPS identifiera avec le CNES les arbitrages qui seront probablement nécessaires en fonction des sélections internationales et organisera des analyses complémentaires ad hoc pour préparer et recommander les niveaux d'engagement du CNES
- ◆ Il y aura un travail important pour établir les priorités dans les missions retenues par le TOSCA pour les moyen et long termes.
- ◆ Le CPS gardera les grandes questions scientifiques prioritaires et les thématiques d'observation dégagées par le séminaire de prospective et essaiera de satisfaire celle qui restent à satisfaire par les missions d'opportunités
- ◆ Il recommandera au CNES de travailler dans cette direction pour les collaborations internationales souhaitées par les autorités politiques