

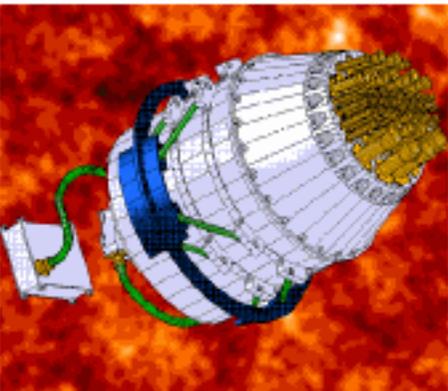
Le traitement des données pour la mission spatiale Planck

Richard Gispert

Institut d'astrophysique spatiale

Journées informatiques IN2P3

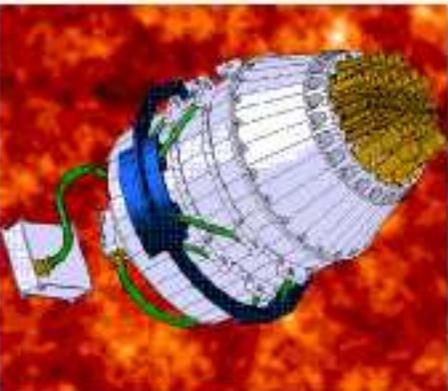
Lalonde-les-Maures, 6-8 avril 1999



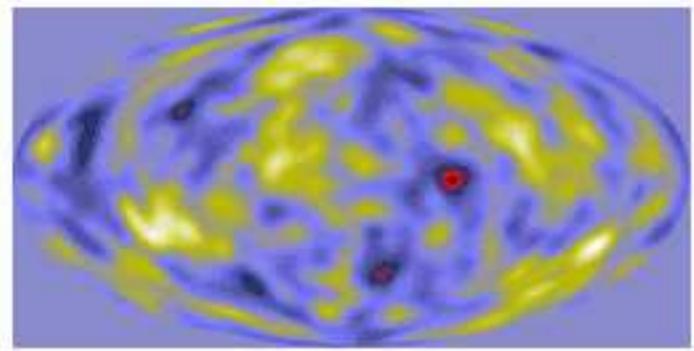
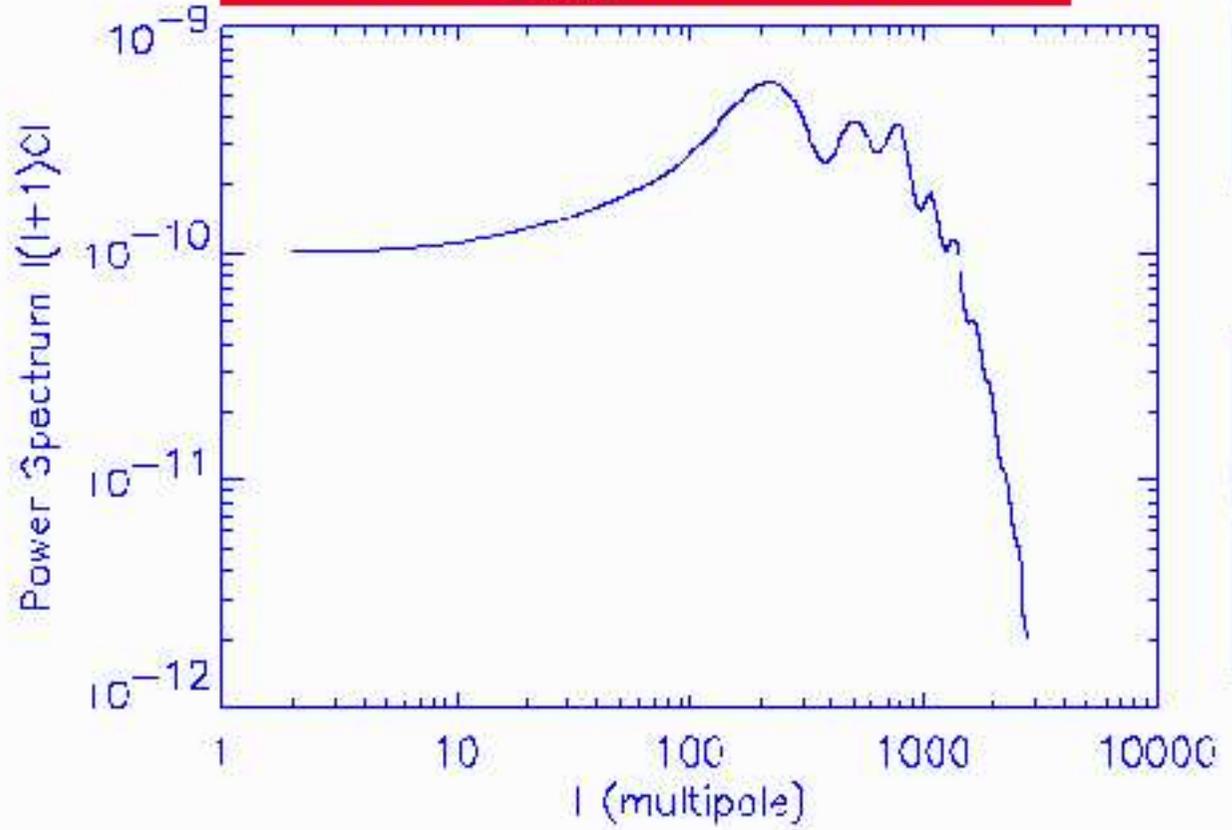
Objectifs scientifiques (1)

- Cartographie complète des fluctuations du fonds diffus cosmologique (corps noir à 2,732 K) à l'époque de la recombinaison → accès à la structure de l'Univers avant la formation des structures actuelles
- Détermination des paramètres cosmologiques avec une précision inégalée grâce à sensibilité de mesure $\Delta T/T < 2 \mu\text{K}$ par pixel de 10 minutes d'arc
- « Pollution » du signal cosmologique par la présence d'émissions d'avant-plan d'origine galactique ou extra-galactique

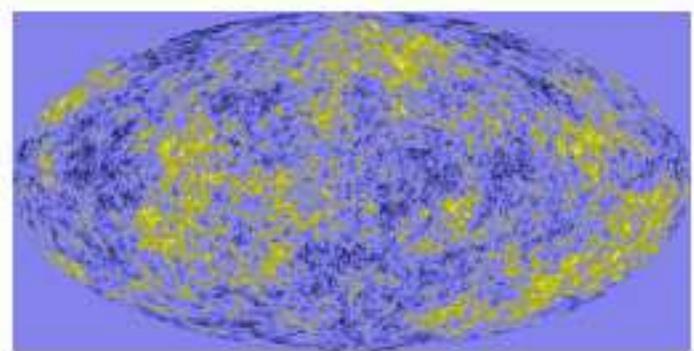
Objectifs scientifiques (2)



COBE
Planck



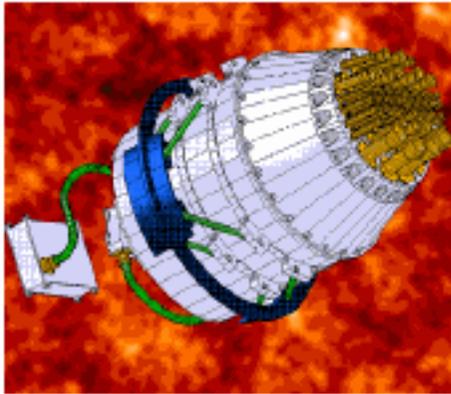
résolution : 7°

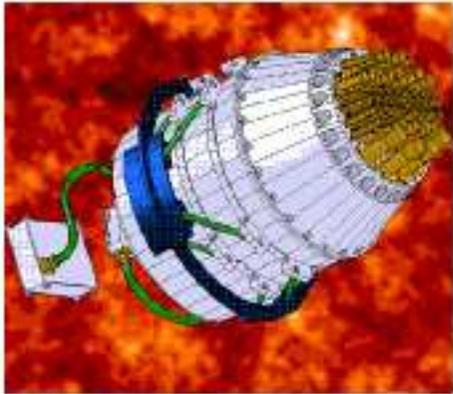


résolution : 10°

La charge utile Planck

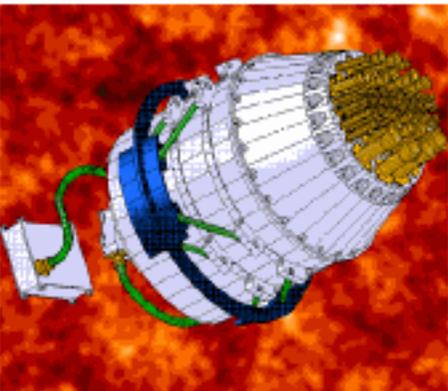
- Télescope de 1,5 m (efficace) Grégorien hors axe
- Deux types de détecteurs pour une large couverture spectrale (10 bandes) :
 - bolomètres refroidis à 0,1 K de 100 à 900 GHz (HFI)
 - HEMT refroidis à 20 K de 30 à 100 GHz (LFI)
- Refroidissement passif du télescope (< 50 K)
- Chaîne de machines cryogéniques (Stirling coolers, Sorption coolers, Dilution coolers)





Le concept de mission Planck

- Balayage sur le ciel par rotation du satellite à 1 tour par minute dans la direction anti-solaire
- Orbite de Lissajous au point de Lagrange L2 du système Soleil-Terre
- Reconstruction du pointage : 2,5 °
- Durée minimale : 1,5 ans (3 relevés complets du ciel)
- Masse : 1400 kg
- Puissance : 900 W



Le contexte de développement

- Réalisation de la mission (satellite, lanceur, opérations) sous la responsabilité de l'Agence Spatiale Européenne
- Les instruments réalisés par financement des agences spatiales nationales : consortium HFI piloté par la France, LFI par l'Italie
- Lancement début 2007 mais livraison des instruments étalonnés début 2004
- Contrôle de qualité de type « spatial » y compris pour le segment sol lié aux opérations ou à la distribution des données

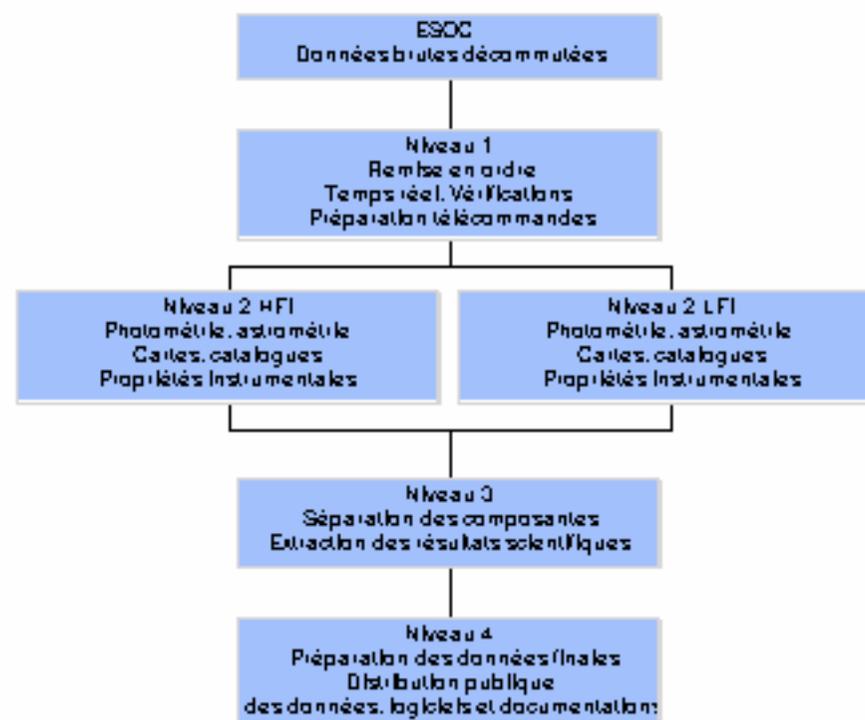
Les données Planck

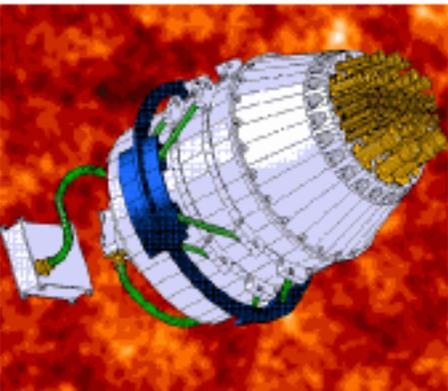
- De $1.6 \cdot 10^5$ à $6.0 \cdot 10^6$ pixels sur le ciel par détecteur (100 détecteurs) échantillonnés environ 600 fois par an chacun : volume annuel estimé des informations : 1 To
- Traitement complexe : pipeline itératif (la connaissance de l'instrument se construit à partir des données vol)
- Principales difficultés : soustraction du bruit basse fréquence ($1/f$), évaluation et soustraction de la contribution des lobes lointains, extraction des sources ponctuelles et des « glitches », séparation des composantes (pb d'inversion linéaire avec bruit)

L'architecture du traitement des données Planck

- période propriétaire (~2ans) puis distribution publique
- mise en commun maximale des concepts et des ressources entre HFI et LFI
- besoin de traitement spécifique (niveau 2) pour chaque instrument
- Integrated Data and Information System (IDIS) : un concept fédérateur

Le flot de données de Planck





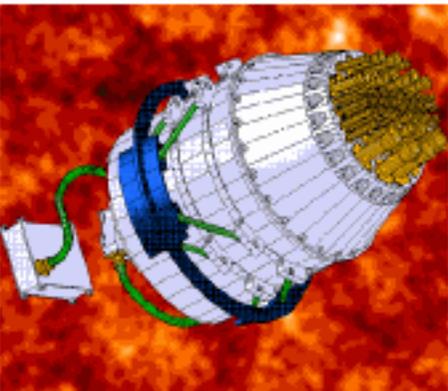
Distribution des activités traitement des données

- Les centres de traitement

- **Université de Genève (ISDC)** : préparation et opération niveau 1
- **Paris-Orsay-Saclay Data Analysis Center (POSDAC)** : fédération IAS-IAP-LAL-PCC-DAPNIA; opération niveau 2 HFI, gestion des données d'étalonnage
- **Cambridge Planck Analysis Center (CPAC)** : opération niveau 3
- **Observatoire de Trieste** : opération niveau 2 LFI et opération niveau 3

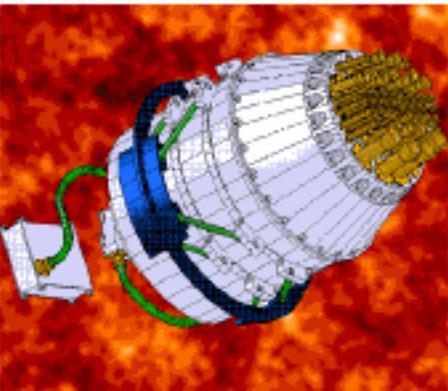
- Les laboratoires contributeurs

- **London Planck Analysis Center (LPAC), MPA-Garching, SSD-ESTEC, IPAC (Caltech-JPL, Pasadena), CESR, CDS-Strasbourg,...** : contributions aux développements de logiciels, des bases de données, des simulations



Les compromis pour le choix d'architecture de traitement

- Développement précoce des chaînes de traitement (simulations immédiates, étalonnage dès 2002) mais données distribuées en 2010 !
- Rigidité des structures (environnement spatial) mais créativité scientifique indispensable sur les données vol dans un temps limité (période propriétaire brève)
- Diversité des cultures informatiques et absence de référence structurante en astrophysique
- Double structure (HFI/LFI) mais partage et échange des données (brutes ou intermédiaires) essentiels



Les choix de développement

- Choix « stratégique » de l'orienté-objet
- Développement en cycles courts : trois réalisations (2,5 ans) successives de complexité croissante du « pipeline » permettant de valider les concepts, les outils et les organisations
- Recherche d'une conception fédérative entre les deux groupes instrumentaux (HFI/LFI) appuyée par l'ESA
- Investissement précoce (1999) et lourd (évaluation 300 hommes.ans et 20% des budgets)

Premiers problèmes...

- Urgence des simulations et de la mise en place des moyens d'étalonnage avant de disposer d'une architecture et d'outils validés
- Glissement des langages difficiles (de FORTRAN et IDL vers C++ et Java) : problème du « prototypage » et de la « culture » commune; utiliser UML ?
- Bases de données : nécessité de « briser » partiellement le concept objet (données+traitements); évaluation en cours de bases OO (O2 à l'ESA)

...ébauches de solutions

- Coopération avec la physique des particules (surtout en France) plus engagée dans l'OO (EROS)
- Appui sur les grandes structures de l'astrophysique : ESO, STSci (premiers packages Java disponibles)
- Volonté d'évolution de l'ESA (ESOC, ESTEC, programme FIRST-Planck)
- Maquettage et évaluation intensifs en 1999-2000
- Modèle de données- modèle objets

