

Grille en Astronomie & Astrophysique

Franck Le Petit
LUTH - Observatoire de Paris

Plan

- 🔸 Communauté Sciences de l'Univers
- 🔸 Grilles & Simulations
 - 🔸 Simulations et astrophysique
 - 🔸 Exemples d'utilisations de la Grille
- 🔸 Grilles & Données
 - 🔸 Exemple du projet CTA
 - 🔸 Observatoire Virtuel
- 🔸 Conclusion



Sciences de l'Univers

- ❖ Interdisciplinarité
- ❖ Mosaïque d'équipes
- ❖ Grands projets nationaux & internationaux
 - ❖ Missions spatiales & grands télescopes au sol



Calcul & Données

- ❖ Forte activité de simulations numériques
- ❖ Données observationnelles : élément essentiel de la recherche astrophysique
 - ❖ Archivage des données sur des décennies
 - ❖ Traitement & diffusion des données dans des formats standards
- ❖ Gérées par des centres de données (Ex: CDS)

Sciences de l'Univers

Grille et Sciences de l'Univers

 Communauté jeune sur la Grille

 Intérêt dans la Grille : EGEE III - 2007-2008 / Cluster A&A

 Peu d'expertise en France

 contrairement à Italie, Espagne, Allemagne

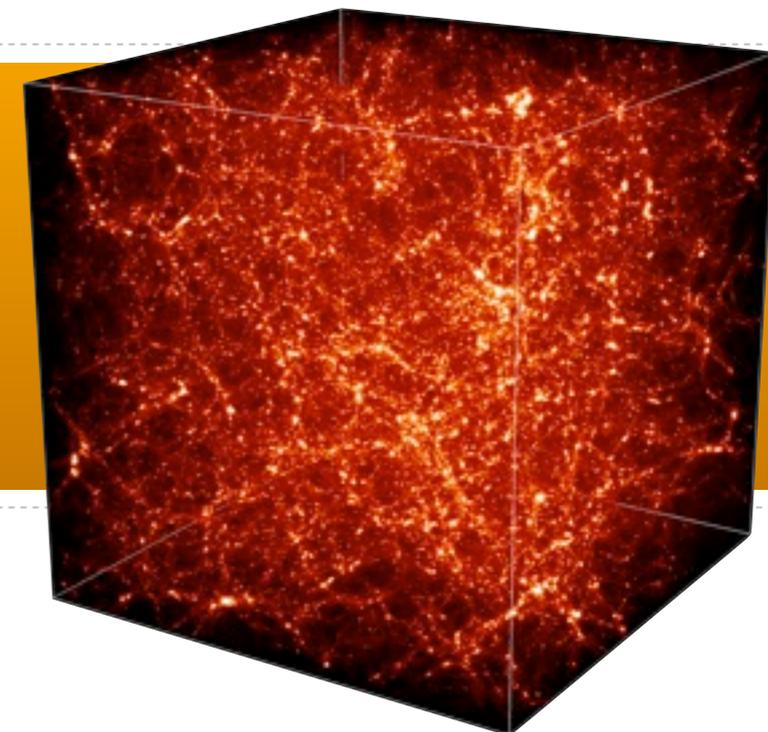
 Volonté d'essayer la Grille

 Simulations numériques

 Traitement des données de certains grands équipements

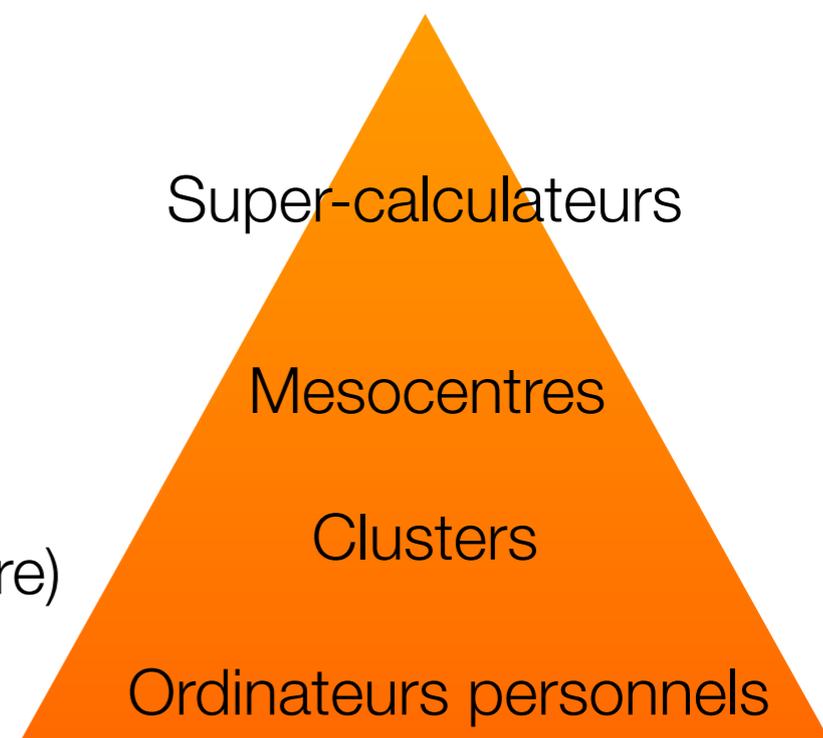
 Premier noeud EGI à l'Observatoire de Paris - 2010

Grilles & Simulations



Simulation cosmologique du projet HORIZON
 4 mois de calcul sur Mare Nostrum
 3.2 To RAM
 40 To de données produites

- ⬢ Communauté consommatrice de ressources de calcul nationales
- ⬢ GENCI - 2009 : 14% du temps Astrophysique & Géophysique
- ⬢ Codes nombreux et hétérogènes
- ⬢ Besoin de tous types de moyens de calcul
- ⬢ Projets Grand Challenge (centres de calcul nationaux)
- ⬢ Simulations intermédiaires (mésocentres)
- ⬢ Post-processing et modèles légers (clusters de laboratoire)
- ⬢ Grille : moyen de calcul complémentaire

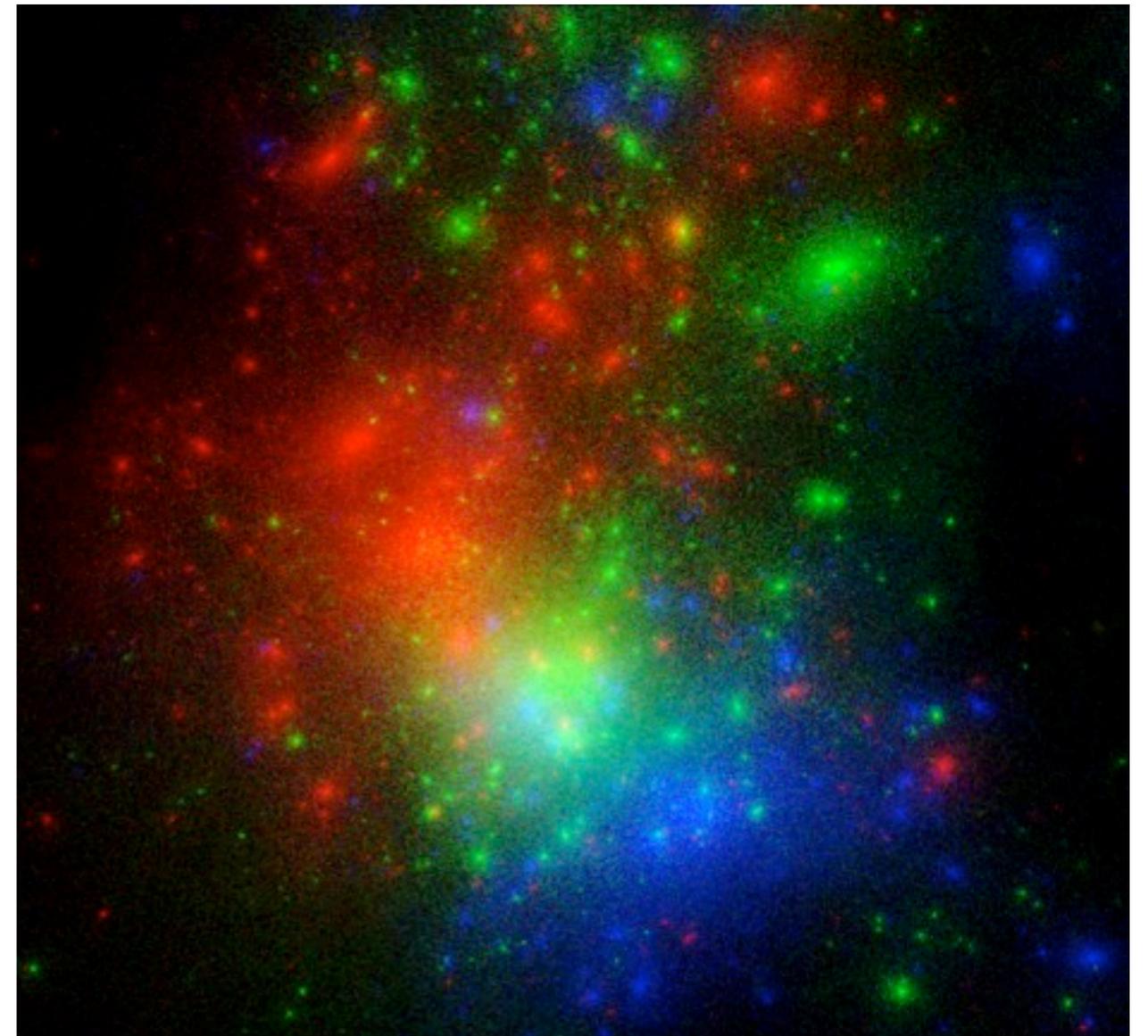


Complémentarité de la Grille avec les autres moyens de calcul

Dark Energy Universe Simulations (DEUS)

J.-M. Alimi et al. - LUTH

- Projet Grand Challenge : IDRIS - Babel
- Etude des scénarios d'énergie noire sur la formation des grandes structures
- 5 millions d'heures mono-CPU...
- 40 To de données produites
 - Post-traitées localement
 - Propriétés des halos
 - masse, position, vitesse, ...



Travaux en parallèle à ces simulations - P.-S. Corasaniti - LUTH

- Etude des modèles d'Univers primordial conduisant aux fluctuations du fond de rayonnement cosmique

- Calcul de fonctions de corrélations

$$I = \int \int \int B_{l_1, l_2, l_3}(x_1, x_2, x_3) dx_1 dx_2 dx_3$$

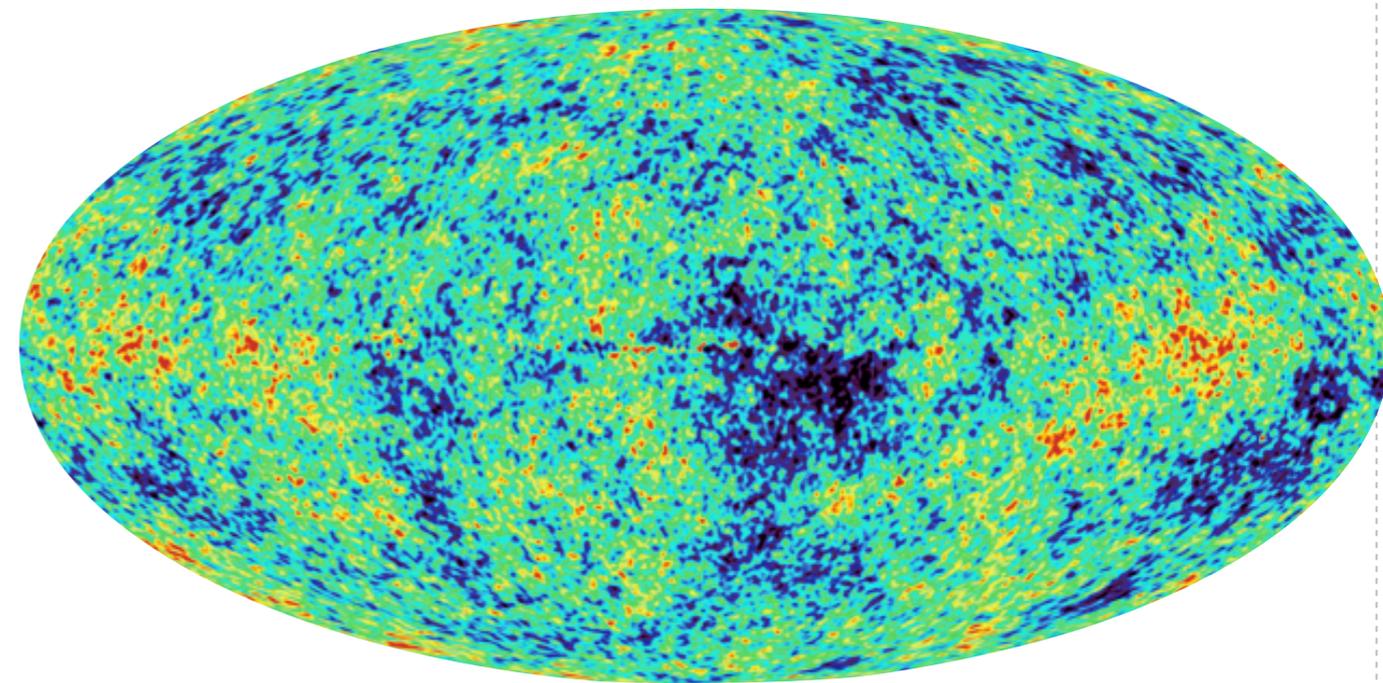
- Ordre de grandeur : 10^9 configurations

- calculs séquentiels

- nécessite de disposer d'un grand nombre de processeurs

- Utilisation de la Grille

- Gain de temps considérable par rapport aux moyens de calculs locaux



Carte de la température du CMB
Satellite WMAP

Milieu interstellaire

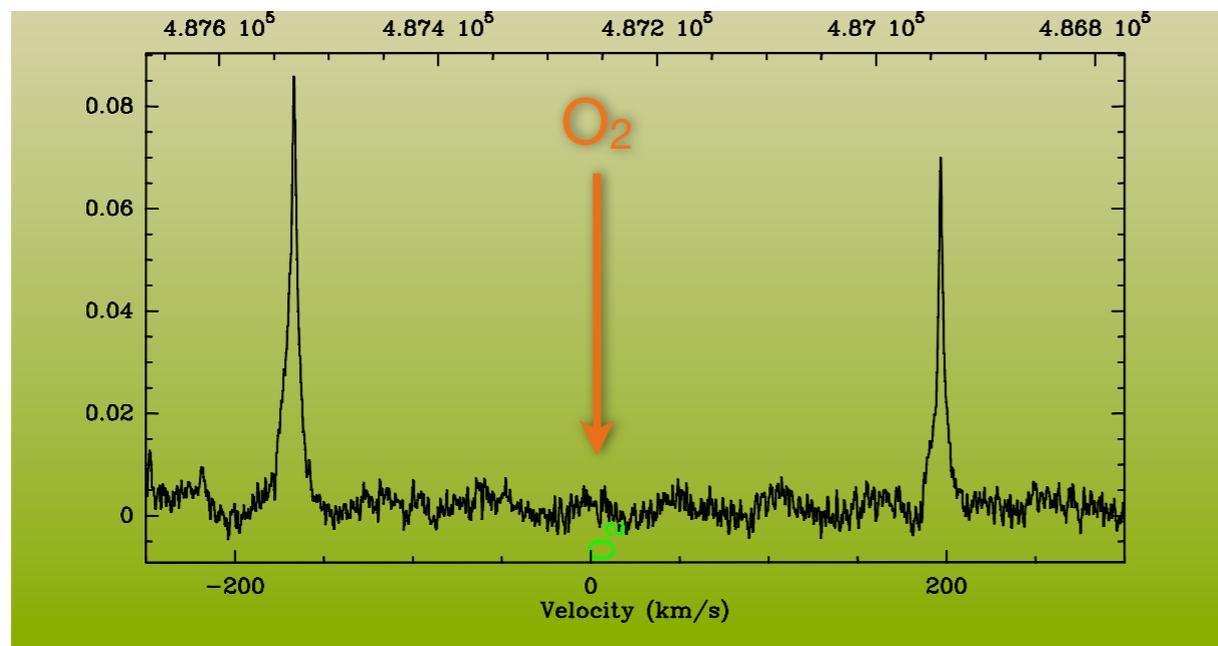
Grilles & Simulations

Grille : meilleure réactivité des équipes scientifiques

Interprétation des observations Herschel / MIS - F. Le Petit et al. - LUTH
Exemple de la chimie de l'oxygène

Théorie prédit que H_2O & O_2 doivent être les réservoirs d'oxygène

Observations des satellites ODIN & Herschel : absence de O_2



Incompréhension de la chimie de l'oxygène

Hypothèse : Piéger sur les grains interstellaires



Milieu interstellaire

❏ Modélisation numérique : processus détaillés

❏ Transfert de rayonnement

❏ Chimie (phase gazeuse & surfaces des grains interstellaires)

❏ Exploration de l'espace des paramètres

❏ Paramètres du milieu astrophysique

❏ Tests de processus chimiques et taux des réactions

❏ Grand nombre de simulations : 100 à 1000 modèles de quelques jours CPU

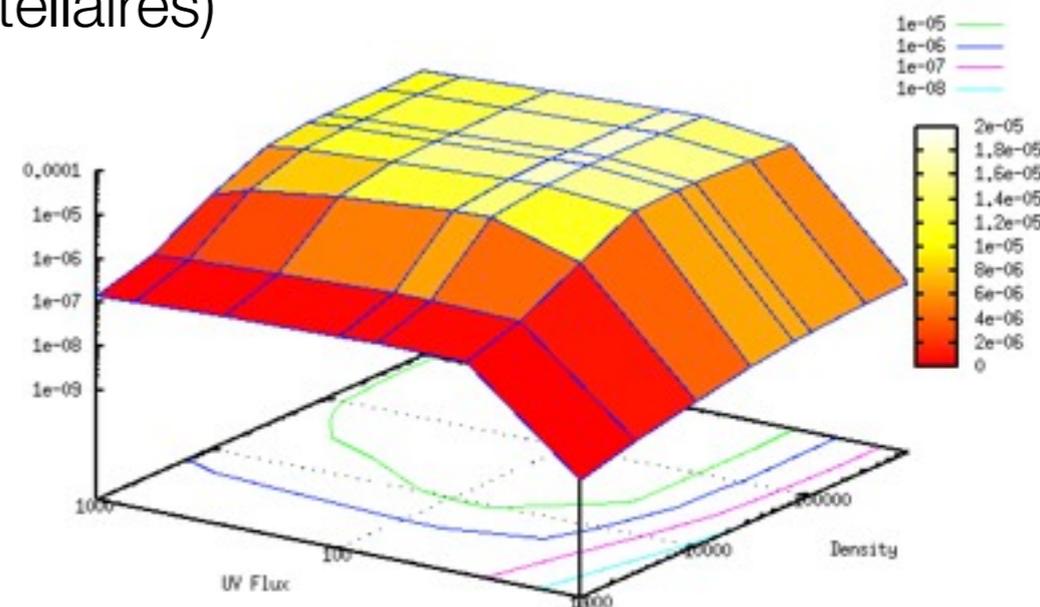
❏ Utilisation de la Grille

❏ Accès à un grand nombre de processeurs à la demande

❏ Répondre rapidement aux observateurs

❏ Test rapide des hypothèses physiques

❏ Meilleure compétitivité des équipes dans les consortiums internationaux



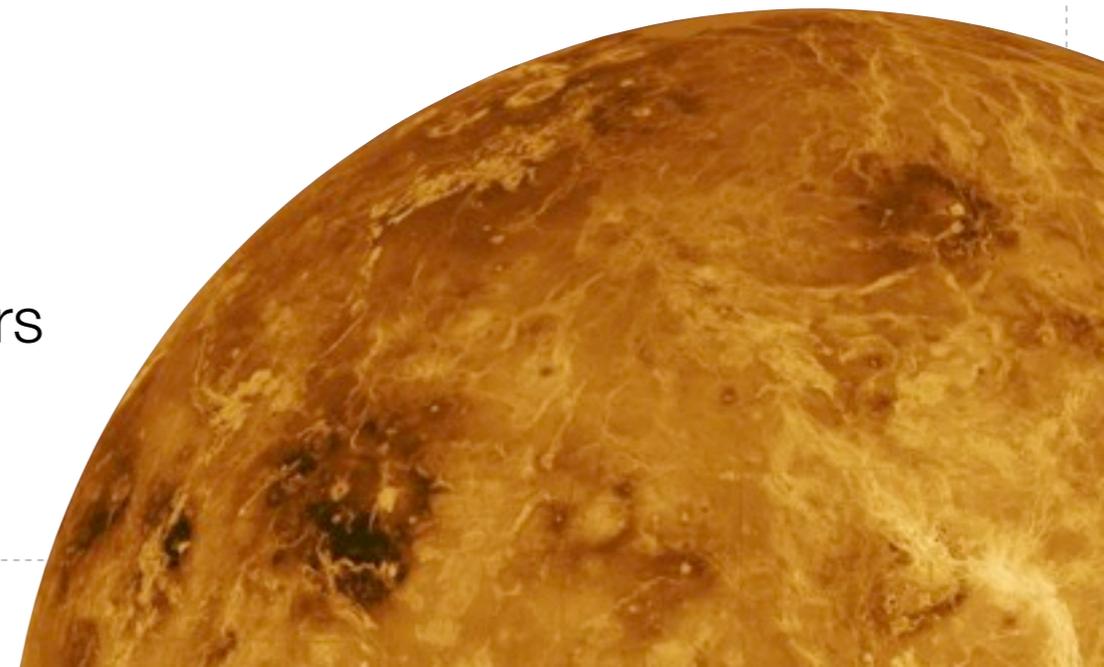
Dynamique céleste : stabilité du système solaire

Grilles & Simulations

🔥 Applications astrophysiques : tests pour la Grille

Etude de la stabilité du système solaire - J. Laskar & M. Gastineau - IMCCE

- 🔥 Les orbites des planètes ont un comportement chaotique
 - 🔥 Erreur de 15 m sur la trajectoire de la Terre peut engendrer un erreur de $1.5 \cdot 10^8$ km après 100 000 000 années
 - 🔥 Projet : Etude des possibilités de collisions de planètes sur 5 Gans
- 🔥 Intégration numérique des équations de la dynamique pour les 8 planètes plus Pluton
 - 🔥 Relativité générale
 - 🔥 Effet dissipatif Terre - Lune
 - 🔥 Equations imposent un pas d'intégration de 9 jours



Dynamique céleste : stabilité du système solaire

Grilles & Simulations

1 simulation : 3200 heures CPU sur Xeon

Projet total : 7 millions d'heures CPU

125 000 jobs sur la grilles

1.2 To de données produites

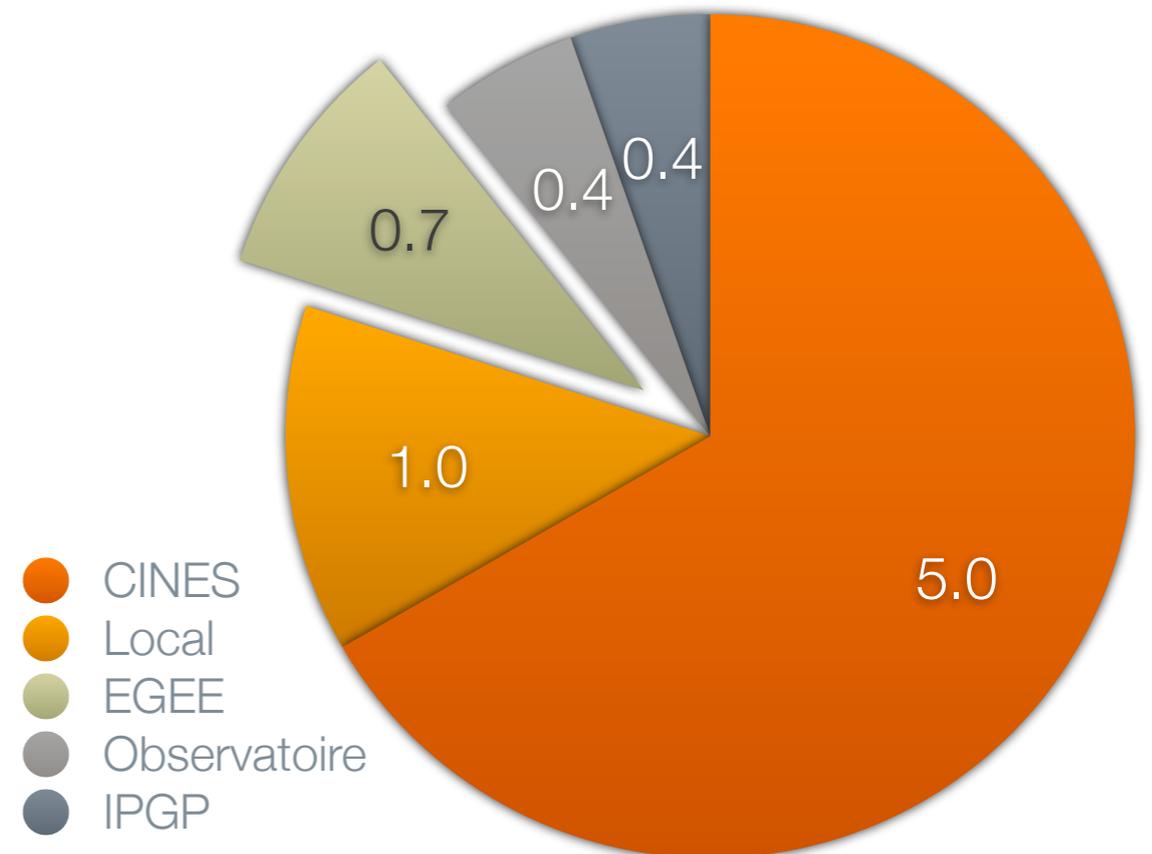
Difficultés techniques pour la Grille

Stabilité / uniformité des moyens de calcul

Uniformité des moyens de calcul :

problèmes chaotiques

Erreurs de troncatures des processeurs entraînent un effet papillon

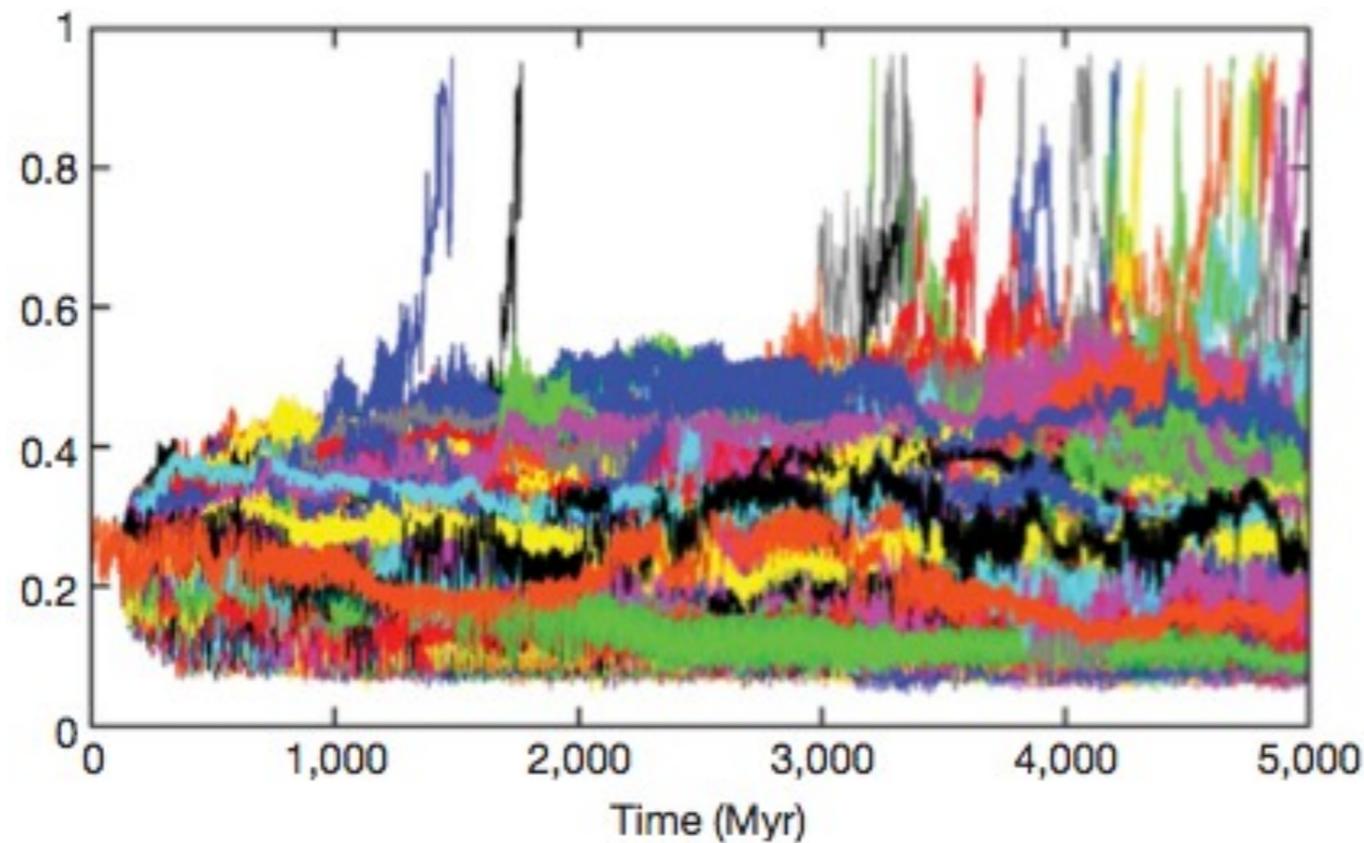


Dynamique céleste : stabilité du système solaire

Grilles & Simulations

🔸 Résultats

🔸 Grandes variations dans l'excentricité de Mercure



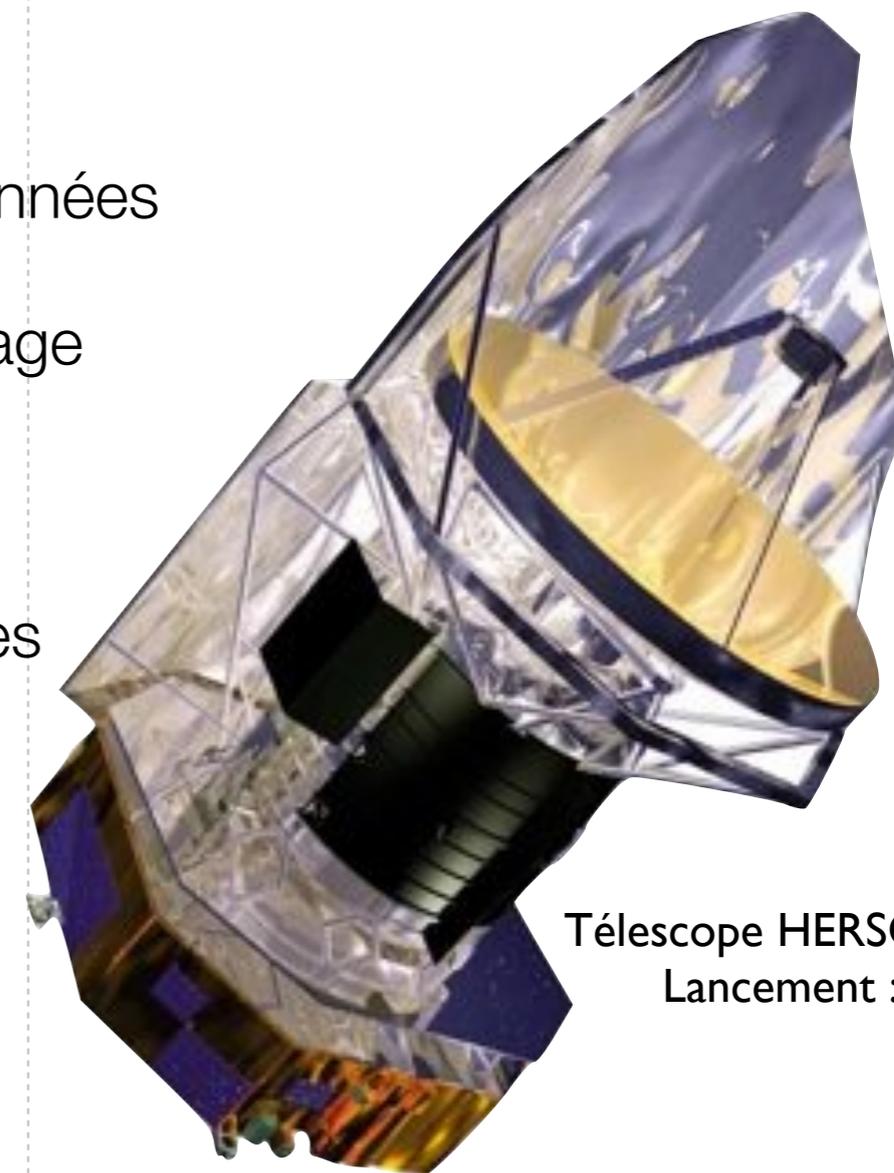
Laskar et Gastineau - IMCCE, Nature, 2007

🔸 Collision probable : Mercure - Soleil ou Vénus

🔸 Probabilité plus faible de déstabilisation des trajectoires dans le système interne

Grilles & Données

- ❏ Volume de données des grands instruments explose
 - ❏ Besoin de ressources pour stocker et traiter les données
 - ❏ Centres de données dédiés au traitement et stockage
 - ❏ Début d'utilisation de la Grille (Ex: CTA)
- ❏ Longue tradition d'archivage & de partage des données
 - ❏ Coût consolidé des données est très important
 - ❏ Mission spatiale Herschel : 1 100 M€
 - ❏ Unicité des observations
- ❏ Développement d'outils et d'e-infrastructures pour les diffuser

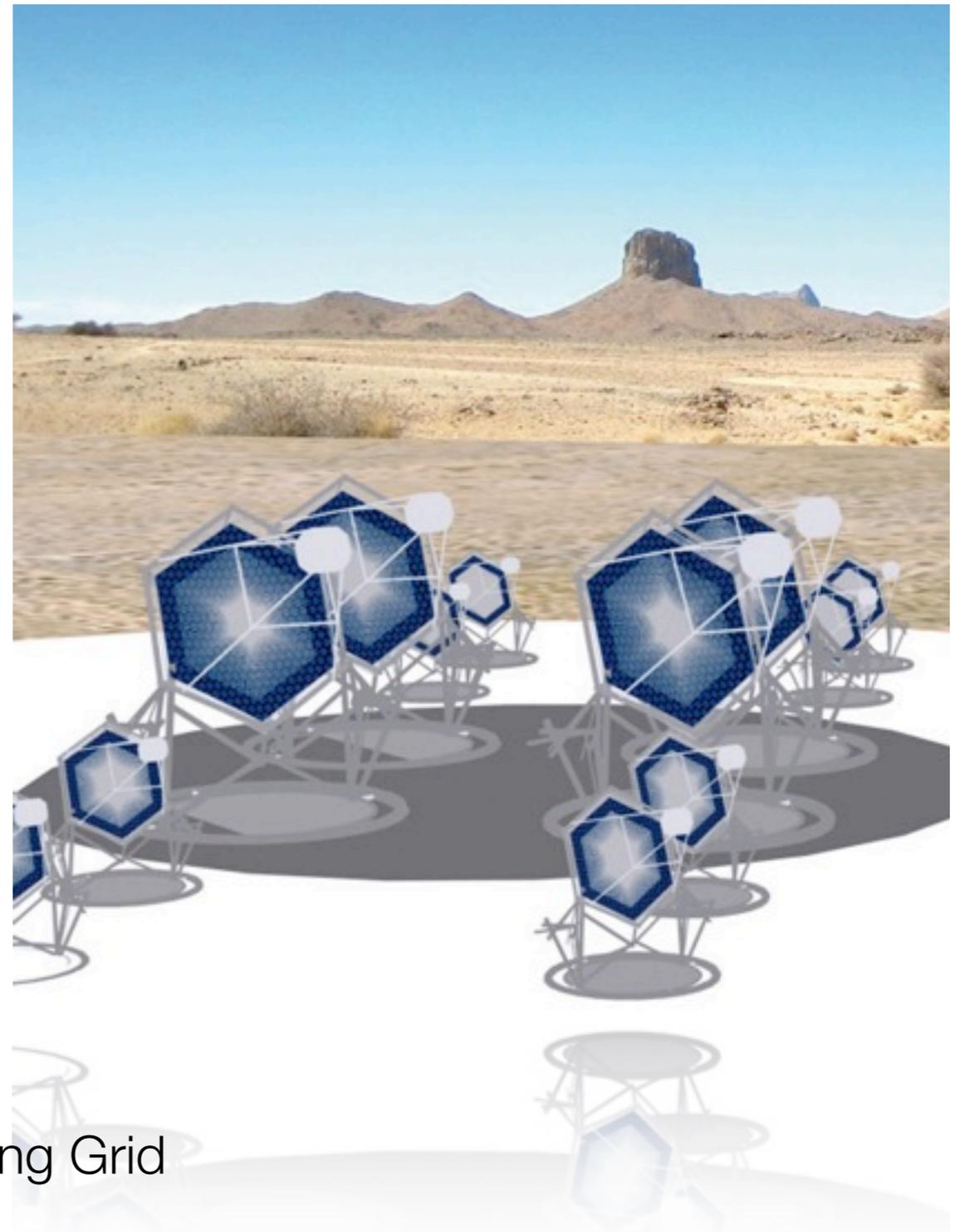


Télescope HERSCHEL
Lancement : 2009
ESA

CTA : Cherenkov Telescope Array

Grilles & Données

- ❏ Nouvel observatoire pour l'astronomie Gamma
 - ❏ Réseau de plusieurs dizaines de télescopes
 - ❏ 100 instituts européens (9 en France INSU / IN2P3)
 - ❏ Observatoire «ouvert» - (début en 2013)
 - ❏ Production de 1 à 3 Pb de données par an
- ❏ Puissance de calcul nécessaire pour traiter et analyser les volumes de données
 - ❏ Solution envisagée : Grille
 - ❏ CTACG : Cherenkov Telescope Array Computing Grid



CTA : Cherenkov Telescope Array

Grilles & Données

CTACG : Cherenkov Telescope Array Computing Grid - G. Lamanna et al. - LAPP

🍯 Objectif : déployer sur la Grille les outils / services pour traiter les données CTA.

🍯 Simulations

🍯 Traitement de données

🍯 Stockage

🍯 Interface avec l'Observatoire Virtuel

🍯 Fournir des ressources de calcul et stockage

🍯 Besoins :

🍯 Pas de connaissance préalable de la Grille nécessaire : web services

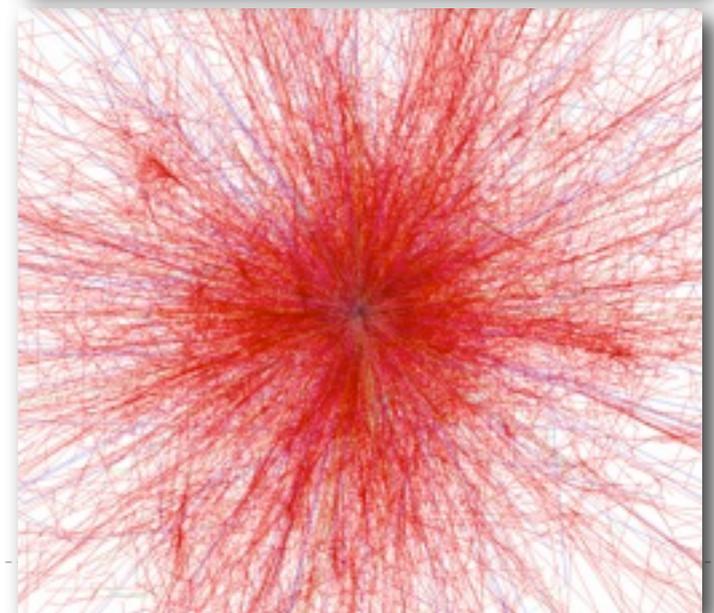
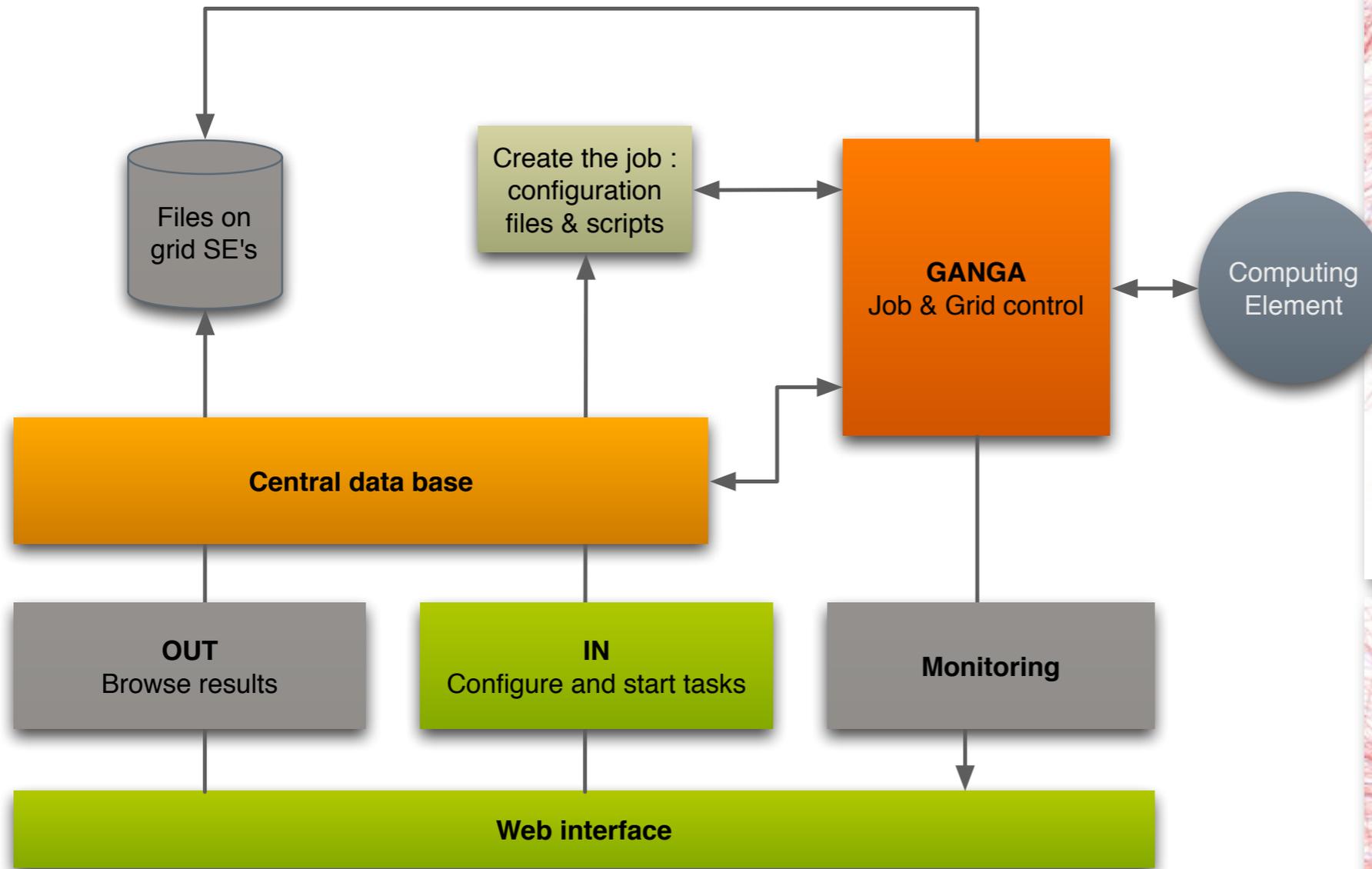
🍯 Outils génériques basés sur des outils déjà développés et testés (Ex : Ganga)

🍯 Monitoring des tâches



CTA : Cherenkov Telescope Array

🔧 Prototype développé au LAPP (Annecy)





CTA : Cherenkov Telescope Array

Grilles & Données

CTA Production Software Manager - Mozilla Firefox

CTA PRODUCTION : SOFTWARE CONFIGURATION

Software List

- CORSIKA[In Installation : p7]
 - Parameter Groups Configuration
 - GENERAL PARAMETERS
 - SEED
 - Primary Particle Options
 - PHISHA[int]
 - PHIP[]
 - PHIP[float]
 - THETAP[]
 - ESLOPE[float]
 - VIEWCONE[]
 - Site Specific options
 - Core Range
 - Telescope positions, for SACT
 - Interaction flags
 - Cherenkov emission parameter
 - Debugging and output options

Properties

Value Setting for parameter: LLZMET

LLZMET 300 (float)

Confirm Cancel

CTA-CG platform - Mozilla Firefox

CTA-CG platform

CTA-CG platform - job status - LAPP

Wed Apr 7 15:57:25 2010

p7

Job number	Status	LFN	Grid site name	Time stamp	Ganga job number
1	done	ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/voiska/run000157_4in.tar.gz ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/voiska/run157_conika.gz /J:0deg/0ata/gamma_0deg_180deg_run157___dta-ultra3_desert.sim.gz ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/sim_hessarray/dta-ultra3 /J:0deg/Histogram/gamma_0deg_180deg_run157___dta-ultra3_desert.hdata.gz ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/sim_hessarray/dta-ultra3 /J:0deg/gamma_0deg_180deg_run157___dta-ultra3_desert.log.gz	IN2P3-LAPP	Fri Apr 2 15:39:39 2010	953
2	done	ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/voiska/run000158_4in.tar.gz ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/voiska/run158_conika.gz /J:0deg/0ata/gamma_0deg_180deg_run158___dta-ultra3_desert.sim.gz ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/sim_hessarray/dta-ultra3 /J:0deg/Histogram/gamma_0deg_180deg_run158___dta-ultra3_desert.hdata.gz ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/sim_hessarray/dta-ultra3 /J:0deg/Log/gamma_0deg_180deg_run158___dta-ultra3_desert.log.gz	IN2P3-LAPP	Fri Apr 2 15:39:39 2010	954
3	done	ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/voiska/run000159_4in.tar.gz ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/voiska/run159_conika.gz /J:0deg/0ata/gamma_0deg_180deg_run159___dta-ultra3_desert.sim.gz ln:/p7/vo_dta_in2p3_hhoveftest_LAPP_2/MC/SIM_TELV_03_18Feb10/10/0000/sim_hessarray/dta-ultra3 /J:0deg/Histogram/gamma_0deg_180deg_run159___dta-ultra3_desert.hdata.gz	IN2P3-LAPP	Fri Apr 2 15:39:39 2010	955

Rechercher : []

LFN output files list for a job



L'Observatoire Virtuel

Grilles & Données

🔷 L'Observatoire Virtuel

🔷 Objectif : Développer une couche d'interopérabilité pour permettre d'accéder de façon transparente aux données localisées :

🔷 des centres de données

🔷 des bases de données réparties et développées par des acteurs indépendants

🔷 *Grille de données*

🔷 Effort international : International Virtual Observatory Alliance



🔷 Défini des standards : formats, description des données, protocoles d'accès

🔷 Données «observationnelles» et de simulations numériques

🔷 Promeut le développement d'outils inter-opérables & de services (web-services)

🔷 fouille, combinaison & analyse de données



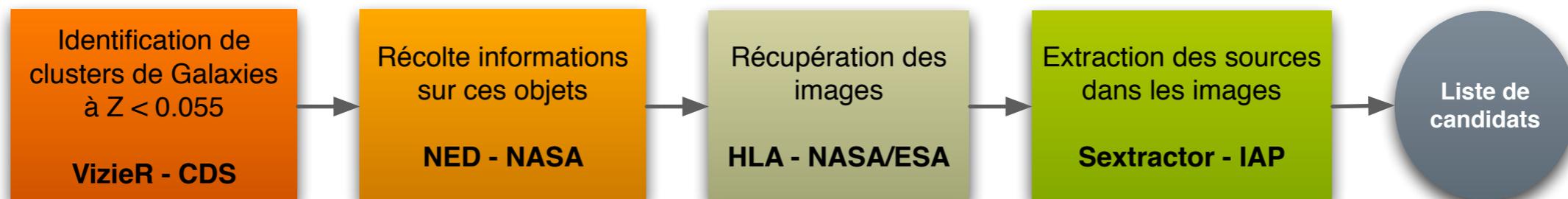
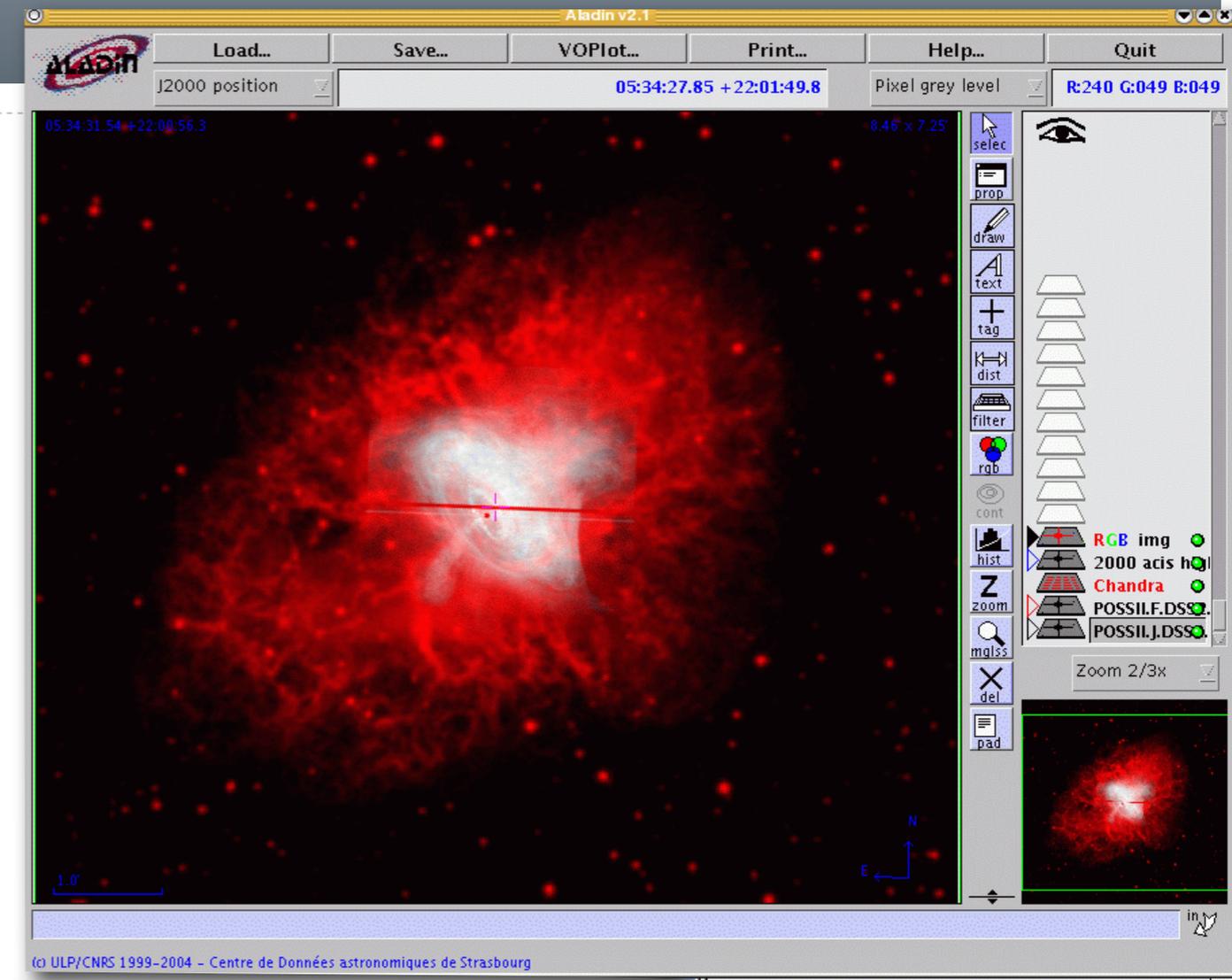
L'Observatoire Virtuel

Facilite la recherche de données

Facilite la fouille de données

Découverte de galaxies compactes elliptiques via l'OV par fouille de données

Chilingarian et al., Science (2009)



L'Observatoire Virtuel

Grilles & Données

- 🔺 Evolution : Services avancés
 - 🔺 Fouille de données massives
 - 🔺 Traitement massif de données
 - 🔺 Services de calcul en ligne (analyse, modélisation ou simulation)
- 🔺 Besoins de moyens de calcul et de stockage
- 🔺 La Grille pourrait être une solution mais doit être compatible avec ces efforts internationaux
 - 🔺 Contacts au niveau d'OGF
 - 🔺 Utilisation de certains éléments de la Grille par l'OV
 - 🔺 OGF s'intéresse à certains standards développés par l'IVOA



Conclusion

- ❏ La Grille est un bon complément aux grandes infrastructures de calcul nationales
 - ❏ Etude de nouveaux problèmes scientifiques
 - ❏ Meilleure compétitivité des équipes
- ❏ Premières initiatives pour utiliser la Grille en lien avec les grands instruments
 - ❏ Impose que les scientifiques français aient accès à la Grille
 - ❏ Diffusion des données



Conclusion

Un nombre significatif de chercheurs sont intéressés pour essayer la Grille

Exemple des applications françaises en projet dans le Cluster A&A d'EGEE III

Cosmologie & Galaxies

- Détermination des paramètres cosmologiques
- Energie noire & formation des grandes structures
- Emission Lyman alpha dans un contexte cosmologique
- Dynamique et formation des galaxies
- Modélisation des galaxies

Dynamique des corps du système solaire

- Dynamique des satellites naturels
- Diffusion chaotique dans le système solaire
- Evolution des comètes à longue période
- Prédiction des pluies de météorites

Formation stellaire - Herschel / ALMA

- Astrochimie
- Calculs de physique moléculaire
- Modélisation du milieu interstellaire
- Modélisation des disques proto-planétaires

Autres projets

- Traitement d'images en workflows
- Fouille massive pour la détection de petits corps du système solaire
- Plateforme de codes de simulations
- Physique stellaire

Astrophysique des hautes énergies

- Design study du Cherenkov Telescop Array

Projet européen FP7 : Virtual Atomic & Molecular Data Centre - M.-L. Dubernet



Conclusion

Points bloquants

-  Communauté jeune sur la grille : manque d'expertise
-  Besoin d'une grille pouvant accueillir des applications hétérogènes ayant des spécificités fortes
-  Besoin d'une grille compatible avec les efforts internationaux autour des données

Initiatives

-  Accès à la Grille pour notre communauté :
 -  Mise en place d'un mésocentre à l'Observatoire de Paris
 -  Méso-machine (EquipEx GENCI) + Noeud Grille (soutien INSU)
-  Formations des scientifiques à l'utilisation de la Grille
-  Développement de services webs / outils pour simplifier son utilisation
-  Améliorer la transparence entre les mésocentres / HPC & la Grille
-  Passerelles entre nos centres de données & les ressources de la Grille

