

VIII. *Modélisation à moyenne échelle de l'atmosphère*

Auteurs :

- Juan Escobar (Université de Toulouse/CNRS)
- Patrick Mascart (Université de Toulouse/CNRS)

Informations : <http://mesonh.aero.obs-mip.fr/mesonh/>

Depuis 1993, des équipes de modélisation atmosphérique de méso-échelle du CNRM (Météo-France) et du Laboratoire d'Aérologie (UMR 5560) se sont regroupées au sein du projet MESO-NH visant à développer un nouveau code de modélisation météorologique intégrant les avancées scientifiques et techniques les plus récentes dans le domaine. Il est aujourd'hui utilisé par une large communauté (atmosphériciens, hydrologues,...) de plus d'une centaine de chercheurs rattachés à 40 équipes dans 8 pays

Le grand défi consiste à la réalisation en 3 phases d'une simulation sur des grilles à très haute résolution (jusqu'à 2048x2048x256) MESO-NH de nuages convectifs avec prise en compte de processus chimiques.

Ces phases incluent une première phase de portage du code MESO-NH, de génération de grilles à hautes résolutions et de validation des performances. La seconde phase est dédiée à la validation de la partie chimie dans la simulation et la dernière et la validation de l'ensemble sur un jeu de données significatif et réaliste.

Après 2 mois d'utilisation du supercalculateur JADE la première phase du défi a été réalisée. Il a été possible de générer des grilles à haute résolution avec un temps de restitution nettement supérieur à celui des moyens de calcul utilisés actuellement (supercalculateurs vectoriels) et de valider le portage et les performances du code MESO-NH sur des grilles haute résolution (de taille 4096x4096x128) sur plus de 8000 processeurs de la machine JADE permettant de soutenir pour une première fois une performance de plus d'1 TFlops.

Ces résultats permettront à terme grâce au portage des logiciels de modélisation atmosphérique sur supercalculateurs scalaires parallèles de pouvoir décupler les moyens mis à la disposition des chercheurs et ainsi rendre possible des avancées scientifiques impossibles avec les moyens de calcul actuels.



Modélisation de l'Atmosphère à Moyenne Echelle :

Portage de Méso-NH sur JADE, SGI/ICE EX au CINES/GENCI

Juan Escobar

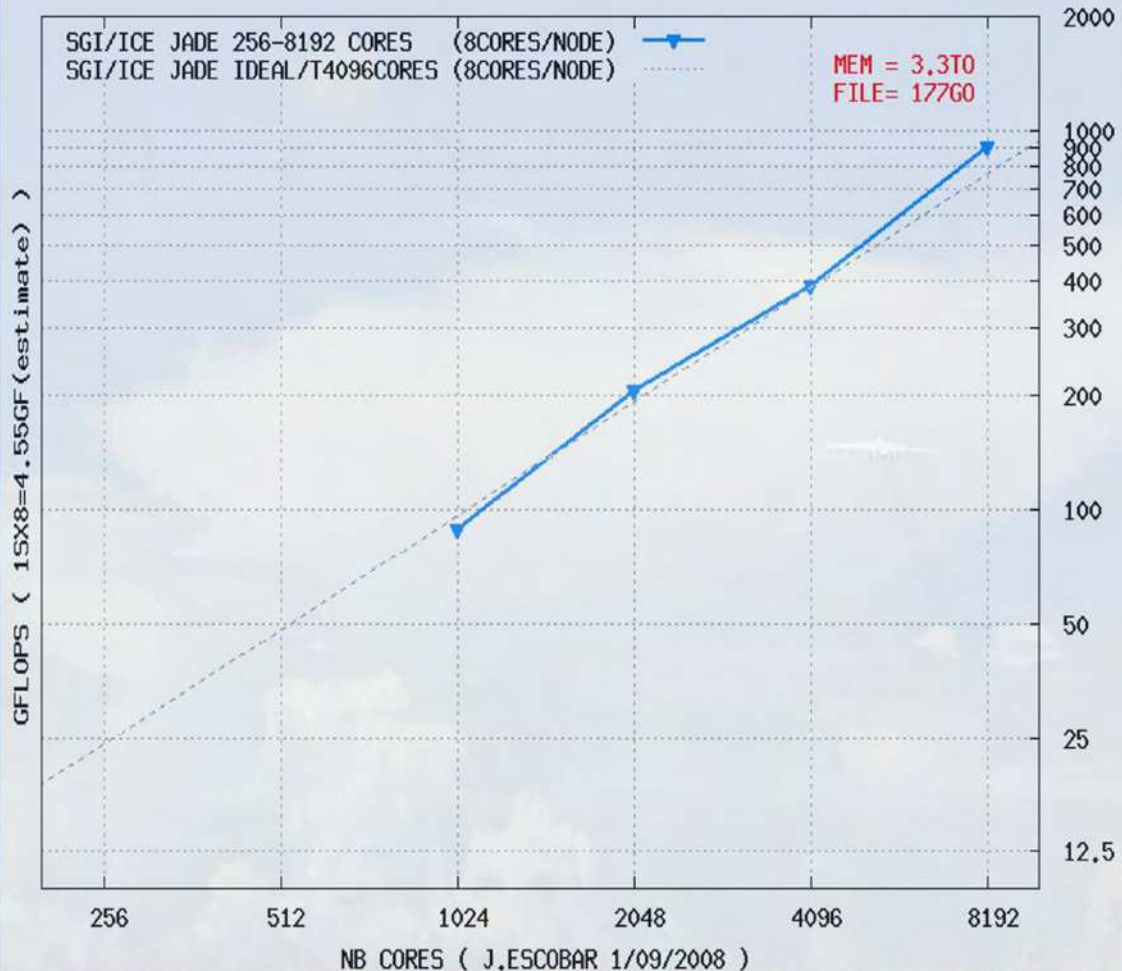
Laboratoire d'Aérodynamique, Université de Toulouse & CNRS, Toulouse, France
<http://mesonh.aero.obs-mip.fr>



BENCHMARK 4096x4096x128 points :
1er Teraflops soutenu pour Méso-NH
Nombre de processeurs : 8192
Mémoire centrale : 3.3 TO
Taille de fichier : 177 GO

GRILLE 4096x4096x128

SPEEDUP in GFLOPS (15X8=4.55GF (estimate))



IX. Optimisation des récepteurs solaires

Auteurs : Adrien Toutant, Françoise Dumas-Bataille et Sylvain Serra (Université de Perpignan, Laboratoire PROMES, CNRS UPR 8521)

Informations : <http://www.promes.cnrs.fr/>

Les travaux menés par le laboratoire PROMES (PROcédés, Matériaux et Energie Solaire) visent notamment dans le domaine des centrales de production électrique solaire à optimiser le rendement des récepteurs en augmentant l'énergie solaire captée.

Pour cela il est nécessaire au sein du récepteur de bien modéliser les échanges thermiques à travers le fluide caloporteur qui le compose et notamment le couplage entre un fort gradient de température issu du rayonnement et les écoulements turbulents du fluide.

Les buts de ce grand défi mené sur la machine JADE étaient les suivants :

- Valider l'utilisation du code Trio_U (développé par le CEA) pour des simulations aux grandes échelles thermiques (SGET) et des simulations numériques directes (SND)
- Etudier les limites en présence de forts gradients de température des modèles de SGET actuels par rapport aux simulations SND et montrer notamment l'intérêt de ces dernières dans le domaine de la conception des récepteurs solaires.

Les résultats obtenus en faisant varier l'intensité de la turbulence et le gradient thermique sur le supercalculateur JADE pendant le défi ont permis de valider l'utilisation du code Trio_U en simulation directe sur des maillages de 8.8 millions de mailles et de prouver l'intérêt des simulations directes plus fiables que les approches de type SGET actuelles.

Ces travaux menés dans le cadre du projet ANR PEGASE (Production d'Electricité par turbine à Gaz et énergie SolairE) et soutenus par le pole de compétitivité DERBI permettront d'avancer dans la mise au point de centrales solaires de troisième génération.

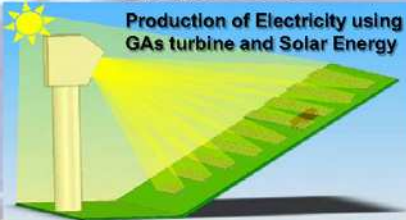
Calcul haute performance pour l'optimisation de récepteurs solaires

Adrien TOUTANT Sylvain SERRA Françoise DAUMAS-BATAILLE

PROMES (PROcédés, Matériaux et Energie Solaire) CNRS - UPR 8521



Le projet PEGASE



Production of Electricity using GAs turbine and Solar Energy

Contexte

Le **récepteur** est un élément clé d'une **centrale solaire**. Le rayonnement solaire concentré chauffe à haute température un fluide caloporteur.

Lors de ce transfert thermique :

- le chauffage est **asymétrique**,
- l'écoulement est **turbulent**.

Pour optimiser ce transfert on étudie numériquement le **couplage** entre un fort **gradient de température** et la **turbulence**.

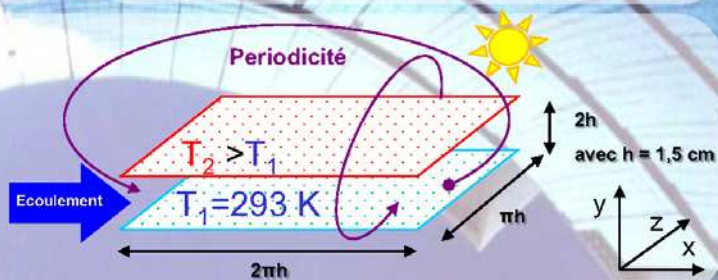
Etude numérique

On choisit une **géométrie académique** pour

- comparer avec la littérature,
- diminuer le temps de calcul,
- éviter des erreurs dues à la géométrie.

On utilise le code de CFD **Trio_U** du **CEA** :

- Implémenté en **C++**,
- adapté au **calcul massivement parallèle**.



Simulations réalisées

On simule des situations avec une **intensité turbulente** et un **gradient thermique** croissants.

On réalise des Simulations Numériques Directes (**SND**) et des Simulations des Grandes Echelles (**SGE**).

Paramètres numériques

Maillage structuré raffiné à la paroi

Schéma temporel explicite (Runge-Kutta d'ordre 3)

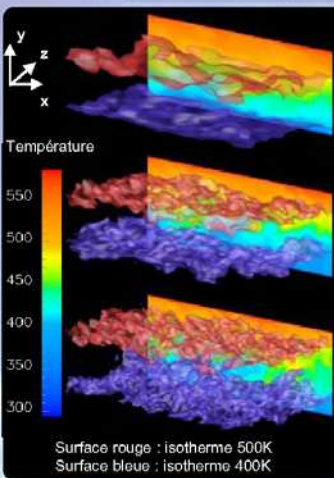
Schéma convectif :

- centré d'ordre 2 pour la vitesse,
- quick d'ordre 3 pour la température.

Gradient thermique	Intensité de la turbulence	
	Re_{τ}	
T_2/T_1	180	395
1	Kim (1987)	• Moser (1999) • Kawamura (1999,2000)
1.01	• Debusschere (2004) • Nicoud (1998)	SGE réalisées
2	SGE réalisées	SGE et SND réalisées
5	SGE réalisées	SGE réalisées

Données de la littérature (validation des simulations)
 Calculs réalisés sur Jade (défis VABF)

Vers une DNS pour $Re_{\tau}=395$ et $T_2/T_1=2$



SGE

16 processeurs
 64x65x32 (1,1 millions de points)
 $\Delta x^+ \approx 40, \Delta z^+ \approx 40,$
 $\Delta y^+_{1\text{ noeud}} \approx 1$ et $\Delta y^+_{\text{centre}} \approx 25$
 $\Delta t = 2,3 \cdot 10^{-5}$ s

SND sous-résolue

50 processeurs
 129x133x65 (1,1 millions de points)
 $\Delta x^+ \approx 20, \Delta z^+ \approx 20,$
 $\Delta y^+_{1\text{ noeud}} \approx 0,5$ et $\Delta y^+_{\text{centre}} \approx 12$
 $\Delta t = 6 \cdot 10^{-6}$ s

Quasi-SND

256 processeurs
 257x265x129 (8,8 millions de points)
 $\Delta x^+ \approx 10, \Delta z^+ \approx 10,$
 $\Delta y^+_{1\text{ noeud}} \approx 0,5$ et $\Delta y^+_{\text{centre}} \approx 6$
 $\Delta t = 4,5 \cdot 10^{-6}$ s

Conclusions :

Jade, la nouvelle machine du CINES, a permis de démontrer

1. les **limites** des modèles **SGE** actuels dans le cas fortement **anisotherme**,
2. l'**intérêt** des **SND** pour la conception des **récepteurs solaires**,
3. la faisabilité de **SND** avec **Trio_U** (code parallélisé du CEA).

Perspectives :

Utilisation des centres de calcul pour

1. réaliser des **SND** d'écoulements turbulents fortement anisothermes,
2. mieux comprendre les mécanismes d'**interaction** entre la **turbulence** et les forts **gradients de température**,
3. développer de **nouveaux modèles SGE** adaptés aux écoulements dans les **récepteurs solaires**.

Inauguration de Jade Montpellier 2008

X. Étude de la probabilité de collision entre Mercure et Vénus

Auteur : Jacques Laskar (IMCCE Observatoire de Paris)

Informations : <http://www.imcce.fr/Equipes/ASD/person/Laskar/Laskar.html>

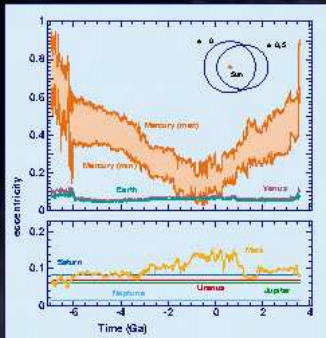
L'objectif des calculs effectués sur la nouvelle machine JADE du CINES est à la fois de montrer la possibilité de collision entre Mercure et Vénus en moins de 5 Ga et en même temps de donner une estimation de la probabilité de cette collision.

Comme les trajectoires des planètes dans le Système solaire sont chaotiques, il n'est pas possible de se contenter d'en calculer une unique trajectoire. Le grand nombre de processeurs de JADE a permis de lancer une expérience de calcul sans précédent, avec 2500 orbites différentes, chacune différant de l'autre dans la position initiale de Mercure de 1 millimètre, ce qui est plusieurs ordres de grandeur plus faible que l'incertitude sur la position de la planète. Le modèle est le plus précis jamais utilisé pour des calculs à long terme, et contient les effets de la Lune et de la relativité générale.

Les calculs ont commencé début août, dès l'ouverture de JADE, et devront s'achever dans moins de deux mois. **Il est déjà possible, par l'analyse des résultats partiels, de penser que le résultat permettra de répondre à la question posée, et d'achever par là à une étape importante dans la réponse à la question plus que tri-centenaire de la stabilité du Système solaire.**

Probabilité de Collision entre Mercure et Vénus

Jacques Laskar & Mickael Gastineau
CNRS, IMCCE-UMR8028, UPMC, Observatoire de Paris



Laskar (1994)

En 1994, J. Laskar montre que par diffusion chaotique engendrée par les perturbations des autres planètes, l'excentricité de l'orbite de Mercure peut augmenter suffisamment en moins de 5 milliards d'années pour permettre une collision entre Mercure et Vénus. Ce travail utilisait des équations simplifiées, ce qui permettait de diviser par 2000 les temps de calcul. Depuis 15 ans, malgré les progrès des ordinateurs, ce résultat n'a pas encore été confirmé par une méthode de résolution plus robuste.

Image: NISM/FL-Cahed

Contexte : En 2008, deux travaux indépendants vont dans le sens des résultats de J. Laskar de 1994. D'un côté, J. Laskar effectue une étude statistique sur 1000 cas du système simplifié (moyennisé) et montre que la probabilité d'obtenir une très forte excentricité de Mercure en moins de 5 milliards d'années (Ga) est de l'ordre de 1%. D'autre part, et de manière très surprenante, J. Laskar montre aussi que si la relativité générale est absente, cette probabilité de forte excentricité monte à près de 50%, ce qui confirme par une étude directe des équations Newtoniennes du mouvement, portant sur 10 cas, dont 4 conduisant à une très forte excentricité de Mercure (Laskar, 2008).

De manière indépendante, Batygin et Laughlin (2008) reprennent l'étude de J. Laskar de 1994 et montrent la possibilité de collision entre Mercure et Vénus, pour un système non-relativiste, donc pour un système où la probabilité de collision est fortement augmentée.

Ces deux études de 2008, incitent à penser que la collision entre Mercure et Vénus est possible en moins de 5 Ga, mais aucune étude n'a encore été faite avec le problème complet, relativiste, et les équations non moyennisées.

References:

Laskar, J.: 1994, Large scale chaos in the Solar system, *A&A*,
Laskar, J.: 2008, Chaotic diffusion in the Solar system, *Comptes Rendus*, 196, 1-15
Batygin, K., Laughlin, G.: 2008, On the Dynamical Stability of the Solar System, *ApJ*, 683, 1207-1216

LES CALCULS SUR JADE

L'objectif des calculs effectués sur la nouvelle machine JADE du CINES est à la fois de montrer la possibilité de collision entre Mercure et Vénus en moins de 5 Ga et en même temps de donner une estimation de la probabilité de cette collision.

Comme les trajectoires des planètes dans le Système solaire sont chaotiques (Laskar, 1989, 1990), il n'est pas possible de se contenter d'en calculer une unique trajectoire. Le grand nombre de processeurs de JADE a permis de lancer une expérience de calcul sans précédent, avec 2500 orbites différentes, chacune différant de l'autre dans la position initiale de Mercure de 1 millimètre, ce qui est plusieurs ordres de grandeur plus faible que l'incertitude sur la position de la planète. Le modèle est le plus précis jamais utilisé pour des calculs à long terme, et contenant les effets de la Lune et de la relativité générale.

Les calculs ont commencé début août, dès l'ouverture de JADE, et devront s'achever dans moins de deux mois. Il est déjà possible, par l'analyse des résultats partiels, de penser que le résultat permettra de répondre à la question posée, et d'achever par là une étape importante dans la réponse à la question plus que tri-centenaire de la stabilité du Système solaire.