

LE SOLEIL MAGNETIQUE : ETUDE DU COUPLAGE NON-LINEAIRE ENTRE EFFET DYNAMO, ACTIVITE MAGNETIQUE, ET VENT SOLAIRE

DESCRIPTION ET PROBLEMATIQUE

Cette thèse permettra de préparer la mission Cosmic Vision ESA Solar Orbiter dont le but est de comprendre comment le Soleil par son activité et magnétisme intense et modulé sur 11 ans contrôle l'héliosphère, ce cocon magnétique s'étendant à plus de 100 AU. Le sujet consiste donc à simuler la dynamo solaire et son cycle de 11 ans et de faire le lien avec le magnétisme de surface que cela soit via l'émergence de flux magnétique, des éruptions (flares) ou son vent.

Aujourd'hui plusieurs satellites observent en permanence le Soleil mais ils se situent tous dans le plan de l'écliptique. Le satellite Solar Orbiter va permettre d'observer les pôles solaires avec beaucoup plus de détails en sortant du plan de l'écliptique. Comprendre le Soleil et son influence sur son environnement requiert donc dans ce contexte de le modéliser de manière globale et pas seulement locale. Les codes ASH et PLUTO 3-D MHD et parallèles que le LDEE co-développent sont idéaux pour attaquer ce problème frontalement car ils permettent de modéliser avec précision la convection, le magnétisme, l'activité et le vent solaire en géométrie sphérique globale.

Cette thèse couplera pour la première fois en 3-D la magnétohydrodynamique interne et externe du Soleil en couplant les codes ASH et PLUTO. Cela permettra de calculer les solutions de vent solaire avec ou sans phénomènes éruptifs en calculant de façon fidèle l'évolution du magnétisme solaire via effet dynamo. Un travail similaire a déjà été fait en 2-D (Pinto et al. 2011), il s'agira de l'étendre en 3-D et de passer d'une approche quasi-statique à une approche dynamique du couplage entre convection, magnétisme et vent au cours d'un cycle de 11 ans ce qui n'a jamais encore été fait.

DESCRIPTION

GROUPE/LABO/ENCADREMENT

L'étudiant sera supervisé par A.S. Brun, qui est directeur de recherche et chef du laboratoire

dynamique des étoiles et de leur environnement (LDEE), un des 6 groupes thématiques du Service d'Astrophysique/UMR AIM du CEA-Saclay. Ce groupe d'une quinzaine de personnes est leader sur la dynamo solaire, le vent stellaire et la physique/observation des étoiles et est directement impliqué dans la science de l'instrument Solar Orbiter/STIX en construction au SAp. Le LDEE a accès aux données solaires et aux ordinateurs massivement parallèles GENCI.

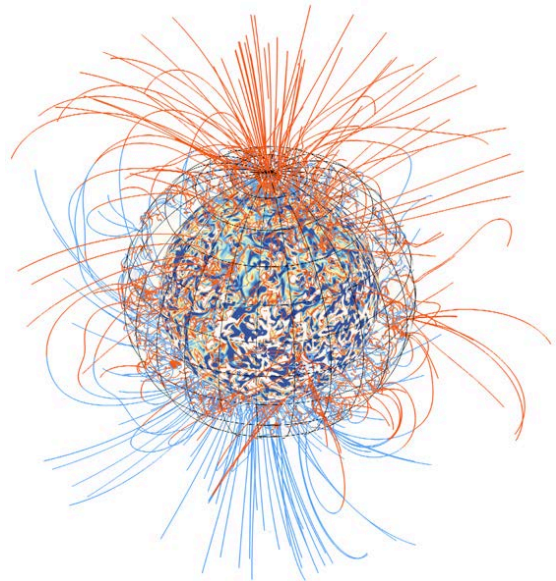


Figure 1 : rendu 3-D du champ magnétique d'une simulation de la dynamo solaire avec le code ASH.

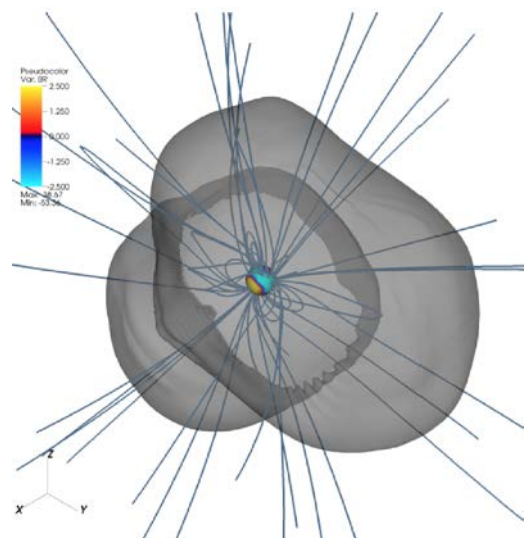


Figure 2 : Solution de vent 3-D calculée avec le code PLUTO à partir d'une carte magnétique.

TRAVAIL PROPOSE

Il s'agira de développer une compréhension théorique fondamentale sur le fonctionnement dynamique du Soleil, de sa turbulence, de son magnétisme et de son activité via un travail analytique et de simulations numériques HPC (high performance computing). Ces simulations seront permettant ensuite l'interprétation des données solaires grâce aux données des satellites SoHO, SDO et Solar Orbiter après son lancement prévu en Octobre 2018. Il s'agira de développer des simulations novatrices ab-initio du Soleil, de sa dynamo interne et de son couplage à son atmosphère dynamique et son vent.

FORMATION ET COMPETENCES REQUISES

Master 2 en astrophysique ou dynamique des fluides. Une expérience en simulation numérique et d'utilisation d'ordinateurs massivement parallèles serait un plus.

COMPETENCES ACQUISES

L'étudiant acquerra une grande expérience en dynamique des fluides et plasmas, en simulation HPC, en visualisation 3-D et gestion de Big-Data en plus de parfaire sa connaissance de l'astrophysique et de la physique solaire/stellaire. Ces compétences seront très utiles tant d'un point de vue académique que dans le privé où la simulation numérique joue un rôle de plus en plus central.

COLLABORATIONS/PARTENARIATS

L'étudiant bénéficiera du large réseau de collaborateurs internationaux d'A.S. Brun (Europe, USA, Japon, Canada) notamment pour l'utilisation des codes ASH (Boulder) et PLUTO (Turin).

CONTACTS

Scientifique : Dr. A.S. Brun, Chef du LDEE,
DSM/IRFU/SAP, CEA-Saclay
sacha.brun@cea.fr ; 01 69 08 76 60

Articles utiles :

Brun, Miesch, Toomre 2004, ApJ, 614, 1073

Pinto, Brun et al. 2011, ApJ, 737, 72

Brun, Browning et al. 2014, Space Sci. Rev, in press

Reville, Brun et al. 2015 ApJ, 798, 116

Augustson, Brun et al. 2015, ApJ, 809, 149