IRFU : Institut de recherche sur les lois fondamentales de l'univers

Saclay

DAp/LDE3

Eruptions solaires à l'ère de Solar Orbiter: caractérisation des émissions X et UV pour différents scénarios éruptifs

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil DAp/LDE3

Candidature avant le 12/04/2021

Durée 5 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact STRUGAREK Antoine
+33 1 69 08 30 18
antoine.strugarek@cea.fr

Résumé

Le but du stage est de caractériser, dans le contexte de la mission Solar Orbiter et de l'instrument STIX, les signatures en rayons X et UV des éruptions solaires à l'aide d'un modèle numérique MHD+PIC avancé. Différents scénarios physiques seront abordés pour préparer le retour scientifique de l'instrument STIX.

Sujet détaillé

Les éruptions solaires ("flares") sont des épisodes de libération rapide de grandes quantités d'énergie magnétique accumulée dans l'atmosphère solaire dont l'une des manifestations est l'augmentation flagrante de l'émission en rayons ultraviolets (EUV) et en rayons X. Une des hypothèses actuelles est que cette énergie est stockée dans des structures magnétiques de la couronne solaire telles que des boucles coronales torsadées. Celles-ci sont susceptibles de développer des instabilités pouvant mener à la libération de cette énergie sous forme de chauffage (et éventuelle éjection) du plasma qu'elles contiennent, et à l'accélération de particules.

L'un des enjeux scientifiques actuels dans la compréhension des éruptions solaires consiste dans la mise en lien entre les modèles théoriques et les observations. En effet, le rayonnement X et EUV ne donne qu'une image indirecte de la structure magnétique sous-jacente à l'éruption. Dans le contexte du lancement de Solar Orbiter en février 2020, et du spectro-imageur en rayons X STIX à son bord, il est aujourd'hui essentiel d'étudier ce lien afin de tirer le meilleur parti des futures observations (la phase scientifique nominale des instruments de télémétrie débutera mi-2021).

Une possibilité prometteuse pour ce faire consiste à déterminer les propriétés du rayonnement X dans des simulations numériques hautes performances où l'on a accès à toutes les informations physiques sous-jacentes : densité and pression du plasma, champ magnétique, écoulements. Une telle approche a été suivie notamment par Rui Pinto dans des scénarios d'instabilité de type 'kink' (Pinto, Vilmer, Brun, 2015). Il est de plus possible également de caractériser les émissions non-thermiques associées à ce genre d'évènements en modélisant l'accélération de particules à l'aide de méthodes hybrides magnetohydrodynamique (MHD) + Particle-In-Cell (PIC) (Pinto, Gordovskyy, Browning, Vilmer, 2015).

Le/la stagiaire poursuivra cet effort en se concentrant sur une étude ambitieuse des différents scénarios physiques proposés par la communauté scientifique: instabilité de type ‘kink’, instabilité de type ‘torus’, et selon les progrès différents scénarios de déclenchements seront étudiés. Le/la stagiaire devra:
- Prendre en main le code PLUTO et le setup numérique MHD+PIC de boucle coronale éruptive déjà développé par A. Strugarek et R. Pinto, et se familiariser ainsi avec un code massivement parallèle sur un cluster de calcul local au CEA.
- Mettre au point la stratégie d’étude systématique afin de pouvoir simuler de façon comparable les différents scénarios éruptifs.
- Conduire l’étude paramétrique sur les plus grands supercalculateurs français.
- Développer un protocole d’analyse des simulations avec le software CHIANTI (code de calcul d'émissions électromagnétiques des raies d'un plasma chauffé largement développé et bénéficiant d'un large support collectif dans la communauté).
- Interpréter les résultats des simulations numériques: il/elle comparera les propriétés spectrales et morphologiques des émissions X thermiques et non-thermiques, et proposer des émissions synthétiques telles que l’instrument STIX pourra les observer.

Les conclusions de ce travail contribueront à une meilleure distinction et validation des modèles et scénarios d'éruption solaire débattues à présent au sein de la communauté de physique solaire. Le sujet de ce stage, fortement relié à la mission Solar Orbiter et l’instrument STIX, offre ainsi au stagiaire une excellente perspective pour les années à venir pour l’exploitation de cette mission ambitieuse de l’ESA. Le/la stagiaire sera entouré par une équipe d’experts en modélisation, simulations et observations d'éruptions solaires (A. Strugarek, R. Pinto, ainsi que A.S. Brun, F. Regnault)

Mots clés

Solar Orbiter; STIX; Maghetohydrodynamique; Calcul Haute Performance

Compétences

Simulations numériques hautes performances Formalisme hybride magnétohydrodynamique + cinétique

Logiciels

Summary

Full description

Keywords

Skills

Softwares