LERMA Pole 2: Milieu Interstellaire et Plasmas



15/10/2020

LERMA Pole 2 - visite M2 Astro

LERMA Pole 2: Milieu Interstellaire et Plasmas

28 membres (Oct 2020)

14 Permanents :

- 12 chercheurs : 3 CNRS, 4 enseignants-chercheurs, 5 CNAP
- 2 ingénieurs de recherche

7 Non-permanents:

- 6 Doctorants
- 1 postdoc

7 Emérites :

• Experts de leur domaine, très actifs: co-supervisions,

Organisation du Pole 2

Coordination: Jacques Le Bourlot (jacques.lebourlot@obspm.fr)

3 sites, 3 sous-équipes:

- Denfert (resp: Sylvie Cabrit)
 - Nuages moléculaires, Formation Stellaire et Planétaire, étoiles AGB
- Meudon (resp: Franck Le Petit)
 - Régions de Photo-Dissociation et Disques
- Jussieu (resp: Franck Delahaye)
 - Plasmas stellaires et interstellaires
- Liste de distribution e-mail (<u>pole2.lerma@sympa.obspm.fr</u>)
- Visioconférences
- Réunions générales 2 fois par an (printemps, automne)
- Rencontres informelles (eg séminaires hebdomadaires LERMA)

Le cycle du Milieu Interstellaire



4

Grandes questions abordées

- Mécanismes à l'origine des étoiles, des planètes, et de la complexité moléculaire (lien avec l'astrobiologie)
- Rétroaction des étoiles sur la formation stellaire et planétaire, via irradiation & perte de masse
- Processus plasma en jeu, du nuage jusqu'à l'étoile (turbulence, accrétion/éjection, dynamo, transport...)
 15/10/2020 LERMA Pole 2 - visite M2 Astro

Ressources utilisées:

- Radiotéléscopes: *Herschel*, IRAM-30m, NOEMA, ALMA, APEX, VLA, JCMT, GBT...
- Télescopes optiques et IR: Spitzer, VLT, CFHT, et bientôt JWST (2021)
- Codes « Maison » d'analyse des données, modélisation, calculs et simulations numériques
- Centres de calcul Meso-PSL, GENCI, ...
- Expériences de Labo: Grands lasers & Z-pinch (LULI 2000 à Polytechnique, GEKKO XII au Japon, ORION à Londres)

Financements :

- Programme Nationaux PCMI, PNPS, PNP
- Projets ANR
- Actions Fédératrices de l'ObsParis
 - ALMA-NOEMA (S. Cabrit coPI)
 - Astrochimie (M. Gerin coPI)
 - « Etoiles » (F. Delahaye coPI)
- PSL
- Fédération Plas@Par (Sorbonne Univ.)
- Région IdF : DIM-ACAV



• Synergie puissante d'expertises

Observations + Modélisation (Denfert, Meudon)

- Experts en radio-mm et infrarouge (Herschel, IRAM, ALMA, VLT, JWST, ...)
- Développement de modèles astrochimiques adaptés, essentiels pour l'interprétation





Code PDR Régions de Photo-Dissociation

• Synergie puissante d'expertises

Simulations Numériques + Expériences Plasmas (Jussieu)

- Développement de codes (MHD, RHD, dynamo, opacités...)
- Validations sur expériences





Z-pinch ORION

15/10/2020

 Modélisation cohérente des micro-processus (gaz, grains, plasmas) et de la macro-physique (dynamique, thermique, rayonnement)



- Codes de référence mondiale (PDR, chocs MHD, milieux froids, opacités plasmas stellaires)
- Diffusion via « Plateforme MIS & Jets » et VAMDC (Services INSU) ANO5) 15/10/2020 LERMA Pole 2 - visite M2 Astro 11

Exemple: Datation chimique des cœurs préstellaires

Degré de Deutération: N_2D^+/N_2H^+ \rightarrow Âge > 1 Myr Freeze-out: CO, DCO⁺ \rightarrow Scenario de formation



L1512 (Lin, Pagani et al 2020)

• Analyse de grandes masses de données d'observations: Machine Learning / IA

Equipe pionnière dans ce domaine au niveau national

- >10,000 spectres (Orion B)
- > 1000 raies par spectre (ALMA)
- Collaboration avec mathématiciens / statisticiens: thèse PRIME 2020
- PEPS Mission Interdisciplinaire CNRS
- GDR MADICS



15/10/2020

LERMA Pole

Collimation magnétique des jets de plasma



Première expérience de jet magnétiquement confiné (LULI, Albertazzi et al.)

Simulation numérique MHD (Ciardi et al.)



Observations Chandra (X-rays) de jet stellaire Choc de recollimation ?

- Developpement de codes numériques « maison » dédiés
- Validation sur les expériences de laboratoire



Accretion magnétisée sur les Etoiles Jeunes Et rétroaction sur l'environnement

- Chauffage de la chromosphère ? (Co-tutelle Obs Palerme)
- Impact sur le disque interne ? (ERC SPIDI 2019-2024, PI Bouvier, IPAG)

Modélisation de la structure et émission X du choc . Effet de B & clumpiness . Effet du Radiation trapping ANR Starshock (PI), PICS Palerme



Schematic of a clumpy stream PLUTO MHD simulation Matsakos et al. A&A 2013



Experiences et simulations de

 la structure & stabilité de la base de la colonne d'accretion

- Les chocs radiatifs:



Suzuki et al, PRL 2017: collision between 2 radiative shocks in Xe at ORION laser facility / UK,

3D simulation of the ELFIE laser experiment with GORGON (Revet & al. Science Adv. 2017)

15/10/2020

Plasmas Stellaires

Simulations 3D du champ magnétique créé par dynamo turbulente



Calcul de meilleures données atomiques et tables d'opacités Impact sur les spectres observables (ex: Soleil) Inc d'é Vérification expérimentale sur lasers kJoule GEKKO XII et LULI 2000 (en devt)