

Les chocs interstellaires

Une modélisation du milieu interstellaire

Un programme concernant la modélisation des chocs interstellaires a été entrepris au SAp. Il s'agit de déterminer de façon autocohérente l'évolution temporelle hydrodynamique, chimique et thermique du gaz interstellaire au passage d'un choc, par exemple provoqué par le vent d'une étoile jeune ou une explosion de supernova. La méthode numérique développée par J.-P. Chièze et ses collaborateurs est à très haute résolution spatiale et complètement implicite vis-à-vis de l'ensemble des processus traités. Elle permet notamment d'échantillonner le front d'une onde de choc à des résolutions supérieures ou égales au libre parcours moyen des particules, et de traiter la dynamique couplée des particules neutres et chargées (diffusion ambipolaire). Un soin particulier a été apporté au traitement des échanges de masse, d'impulsion et d'énergie entre ces deux composantes du milieu interstellaire, caractérisées notamment par des températures distinctes des électrons, des ions et des particules neutres. Le bilan thermodynamique local tient compte des principales sources de chauffage et de refroidissement du gaz interstellaire, fortement couplées à son évolution chimique. Cette dernière est traitée hors de l'équilibre, en résolvant les équations de cinétique chimique comportant un nombre arbitraire de molécules et d'ions moléculaires (typiquement 32 espèces couplées par 130 réactions).

L'équipe a pu montrer pour la première fois le caractère instationnaire d'un choc interstellaire en présence d'un champ magnétique (Chièze et al. 1998). Les chocs se manifestent comme la combinaison d'un choc « de type J » (dans lequel les propriétés du gaz varient de façon quasi discontinue) et d'un choc « de type C » (pour lequel les variations se produisent de façon continue, sur de grandes échelles spatiales). Ainsi, deux ensembles de conditions thermodynamiques très différentes coexistent dans une même structure. Nous avons pu interpréter de la sorte l'intensité des transitions rovibrationnelles de H₂ observées par le satellite ISO dans des objets de Herbig-Haro (chocs provoqués par des jets en provenance d'étoiles jeunes), en montrant que deux régions de température distinctes (voisines de 800 K et 10000 K) coexistent généralement dans une même structure. Par ailleurs, l'écoulement relatif entre les particules neutres et chargées dans un choc de type C peut extraire une quantité appréciable de silicium du coeur réfractaire des grains de poussière, susceptible d'induire la formation de la molécule SiO en phase gazeuse. Un bon accord qualitatif portant sur les profils des raies d'émission de SiO est obtenu dans les flots moléculaires comme L1448 (Pineau des Forêts et al. 1997).