

# Transfert radiatif : l'approximation de la diffusion

**Océane SAINCIR**, LMR, Université de Reims / LUTH, Observatoire de Paris

**Claire Michaut**, LUTH, Observatoire de Paris

**Laurent Di Menza**, LMR, Université de Reims

**Serge Bouquet**, CEA, DAM/DIF / LUTH, Observatoire de Paris

La modélisation d'écoulements à grand nombre de Mach est un enjeu essentiel en physique stellaire. En effet, tout au long de sa vie, une étoile est génératrice d'écoulements radiatifs supersoniques. Dans ces plasmas, les conditions hydrodynamiques sont telles que les hautes températures imposent une forte émission de rayonnement. Par conséquent, il est nécessaire de considérer le couplage entre l'hydrodynamique et le transfert radiatif. Le code de simulation numérique HADES pour ces modèles d'hydrodynamique radiative à déjà fait ses preuves dans l'étude de nombreux phénomènes astrophysique comme l'instabilité de Vishniac dans les restes de supernova [2] ou bien dans l'étude des colonnes d'accrétion des naines blanches [4]. Les nombres de Mach étant élevés, il utilise des schémas numériques robustes pour le traitement de l'hydrodynamique. Pour le calcul du transfert de rayonnement, il utilise le modèle M1-multigroupe [1]. Le couplage entre l'hydrodynamique et le transfert radiatif rend les simulations numériques complexes et coûteuses. Cependant, deux cas asymptotiques existent pour le transfert de rayonnement et permettent de simplifier les modèles. Tout d'abord, il y a le cas où le plasma est optiquement mince au rayonnement. C'est-à-dire que le libre parcours moyen des photons est très grand devant la longueur caractéristique du milieu émetteur. Les photons ont très peu d'interaction avec le milieu et les effets du rayonnement sont pris en compte par une fonction de refroidissement dépendant simplement de la densité et de la température. A l'inverse, un plasma est optiquement très épais à un rayonnement donné si le libre parcours moyen des photons est très petit devant la longueur caractéristique du milieu émetteur. Le fluide est alors opaque aux photons et les phénomènes radiatifs sont locaux. Le champ de rayonnement se met en équilibre avec la matière et tend vers la fonction de Planck. L'énergie totale est alors gouvernée par une équation de diffusion [3].

Nous avons récemment implémenté ce régime. Nous montrerons l'algorithme puis nous comparerons les résultats entre l'approximation de la diffusion et le modèle M1-multigroupe dans ces conditions astrophysique où le plasmas est optiquement très épais.

## Références

- [1] TURPAULT, R., *Construction d'un modèle M1-multigroupe pour les équations du transfert radiatif*, C. R. Acad. Sci. Paris, 2002.
- [2] MICHAUT, C., CAVET, C., BOUQUET, S.E., ROY, F., NGUYEN, H.C., *Numerical study of the Vishniac instability in supernova remnants*, The Astrophysical Journal, 2012.
- [3] MIHALAS, D., WEIBEL-MIHALAS, B. , *Fondations of Radiation Hydrodynamics*, Dover Publications, 1999.
- [4] BUSSCHAERT, C., FALIZE, E., MICHAUT, C., BONNET-BIDAUD, J.-M., MOUCHET, M. , *Quasi-periodic oscillations in accreting magnetic white dwarfs. II. The asset of numerical modelling to interpret observations*, Astronomy & Astrophysics, 2015.

**Océane SAINCIR**, Laboratoire de Mathématiques de Reims - EA 4535, U.F.R. Sciences Exactes et Naturelles, Moulin de la Housse - BP 1039, 51687 REIMS cedex 2 / LUTH, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, 5 place Jules Janssen, 92190 Meudon, France  
oceane.saincir@obspm.fr

**Claire Michaut**, LUTH, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, 5 place Jules Janssen, 92190 Meudon, France  
claire.michaut@obspm.fr

**Laurent Di Menza**, Laboratoire de Mathématiques de Reims - EA 4535, U.F.R. Sciences Exactes et Naturelles, Moulin de la Housse - BP 1039, 51687 REIMS cedex 2  
laurent.di-menza@univ-reims.fr

**Serge Bouquet**, CEA, DAM/DIF, 91297 Arpajon, France / LUTH, Observatoire de Paris, PSL Research University, CNRS, Université Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, 5 place Jules Janssen, 92190 Meudon, France  
serge.bouquet@cea.fr