

Supernova : explosion ou implosion ?

Y. Pomeau¹, M. Le Berre², P-H. Chavanis³ & B. Denet⁴

¹ Department of Mathematics, University of Arizona, Tucson, AZ 85721, USA.

² Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay ISMO - CNRS, Université Paris-Sud, Bat. 210, 91405 Orsay Cedex, France.

³ Laboratoire de Physique Théorique (UMR 5152 du CNRS), Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 4, France.

⁴ Université Aix-Marseille, IRPHE, UMR 7342 CNRS et Centrale Marseille, Technopole de Château-Gombert, 49 rue Joliot-Curie, 13384 Marseille Cedex 13, France.

`martine.le-berre@u-psud.fr`

Un des phénomènes les plus spectaculaires de la nature est l'explosion des supernova. Lors d'une telle explosion une partie d'une étoile est éjectée avec une brillance qui peut excéder celle de toute la galaxie pendant un temps de l'ordre de la semaine. Du point de vue des systèmes dynamiques, cette explosion est remarquable : elle dure quelques dizaines de secondes alors que le temps typique d'évolution des étoiles est plutôt de l'ordre du milliard d'années. Les théories existantes imaginent qu'au début du phénomène l'équilibre entre la pression (qui pousse la matière de l'étoile vers l'extérieur) et la gravité (qui pousse vers l'intérieur) est rompu. Elles en concluent sans doute un peu vite que la gravité l'emporte juste après la rupture ce qui entraînerait un effondrement, soit une implosion de l'étoile. Reste à expliquer comment cette implosion se transforme en l'explosion observée. Intervient alors l'hypothèse du "rebond" [1] qui n'a pas encore reçu d'explication convaincante.

Nous expliquons [2] l'initiation de l'explosion comme la rupture d'un équilibre [3] par bifurcation noeud-col (ou noeud-centre), rupture *dynamique* qui arrive après une évolution très lente des paramètres de l'étoile. Cette bifurcation dynamique est décrite par une équation universelle, l'équation de Painlevé I, non intégrable [4]. Au delà du domaine d'application de cette équation, l'évolution dépend de façon détaillée de l'équation d'état (relation pression-densité) dans l'étoile. Pour le modèle que nous avons étudié, il y a effectivement collapse vers le centre. En revanche on ne peut exclure que pour une autre équation d'état cet effondrement soit remplacé par une dynamique plus complexe mélangeant effondrement vers le centre pour les couches internes de l'étoile, et explosion pour les couches périphériques. Ceci se produirait sans passer par l'hypothétique phase de rebond. Etant donné l'absence de connaissance précise dont on dispose pour les paramètres des étoiles avant et pendant l'explosion, nous nous sommes placés dans le cadre général de la théorie des systèmes dynamiques pour expliquer ce phénomène. On retrouve cette bifurcation noeud-centre dynamique dans d'autres type de bifurcation, à titre d'exemple citons la perte d'équilibre (archimédien) d'une coque immergée, par accroissement de la charge [5].

Références

1. H. A. Bethe, Rev. Mod. Phys. **62**, (1990) 801.
2. Y. Pomeau, M. Le Berre, P-H. Chavanis and B. Denet, to appear in EPJ E (2014) and <http://arxiv.org/abs/1307.4786>.
3. R. Thom, *Stabilité structurelle et morphogénese*, Benjamin, New York, (1972). V.I. Arnol'd *Catastrophe Theory*, 3rd ed., Springer-Verlag.
4. P. Painlevé, Bull. Soc. Math. Phys. France **28**, (1900), 201 ; I. L. Edward, *Ordinary Differential Equations*, Dover, New-York (1956).
5. P. Coullet, C.R. Mécanique **340**, (2012) 777.