

## Publications dans des revues à comité de lecture

- [1] **El Mellah I.**, Sundqvist J. O., & Keppens R.  
*Accretion from a clumpy massive-star wind in Supergiant X-ray binaries* (2017)  
submitted
- [2] Grinberg V., Hell N., **El Mellah I.**, Neilsen J., Sander A. A. C., Leutenegger M. A., Fürst F., Huenemoerder D. P., Kretschmar P., Kühnel M., Martinez-Nunez S., Niu S., Pottschmidt K., Schulz N. S., Wilms J. & Nowak M. A.  
*The clumpy absorber in the high mass X-ray binary Vela X-1* (2017)  
submitted
- [3] Xia C., Teunissen J., **El Mellah I.**, Chané E. & Keppens R.  
*MPI-AMRVAC 2.0 for solar and astrophysical applications* (2017)  
submitted
- [4] **El Mellah I.** & Casse F.  
*A numerical investigation of wind accretion in persistent Supergiant X-ray Binaries I - Structure of the flow at the orbital scale* (2017)  
MNRAS 467 (3): 2585–2593
- [5] **El Mellah I.** & Casse F.  
*Numerical simulations of axisymmetric hydrodynamical Bondi-Hoyle accretion on to a compact object* (2015) - MNRAS 454 (3): 2657-2667
- [6] Sanchis-Ojeda R., Rappaport S., Winn J., Kotson M., Levine A., **El Mellah I.**  
*A Study of the Shortest-period Planets Found with Kepler* (2014) - ApJ, vol. 787:1 18pp
- [7] Rappaport S., Deck K., Levine A., Borkovits T., Carter J., **El Mellah I.**, Sanchis-Ojeda R., Kalomeni B.  
*Triple-star Candidates among the Kepler Binaries* (2013) - ApJ, vol. 768:1 18pp
- [8] Rappaport S., Levine A., Chiang E., **El Mellah I.**, Jenkins J., Kalomeni B., Kite E. S., Kotson M., Nelson L., Rousseau-Nepton L., Tran K.  
*Possible Disintegrating Short-Period Super-Mercury Orbiting KIC 12557548* (2012)  
ApJ, vol. 752:1 13pp

## Proceedings & manuscrit de thèse

- [1] **El Mellah I.**, Sundqvist J. O., & Keppens R.  
*Clumpy wind accretion in Supergiant X-ray Binaries* (2017)  
Proceedings des Journées de la Société française d'Astronomie & d'Astrophysique
- [2] **El Mellah I.**  
*Wind accretion onto compact objects* (2016)  
Manuscrit de thèse
- [3] **El Mellah I.** & Casse F.  
*Numerical simulations of axisymmetric Bondi-Hoyle accretion onto a compact object* (2015)  
Proceedings des Journées de la Société française d'Astronomie & d'Astrophysique

Grenoble, le 19 août 2016

*Rapport sur le manuscrit présenté par M. El Mellah en vue d'une soutenance de thèse de doctorat en astrophysique.*

Les travaux de M. Ileyk El Mellah portent sur l'accrétion de matière par un objet sous l'action de sa gravité, un processus fondamental en astrophysique que l'on retrouve dans des circonstances très variées. Le contexte étudié ici est celui des objets compacts dans un système binaire accrétant une partie du vent stellaire de leur compagnon. Toutefois, M. El Mellah démontre à plusieurs occasions que beaucoup de ses résultats restent généraux en raison des lois d'échelle. Les premiers travaux sur l'accrétion par Bondi, Hoyle, Littleton datent des années 1940 et font partie du bagage de tout astrophysicien. On aurait tort de s'en contenter. Le manuscrit de M. El Mellah est un témoignage de la complexité de la physique en jeu, rendue accessible par la simulation numérique.

**Guillaume DUBUS**  
Equipe Sherpas

Tel : 33(0) 4 76 51 47 87  
Fax : 33(0) 4 76 44 88 21  
Mel: Guillaume.Dubus@univ-grenoble-alpes.fr

**IPAG**  
Université Grenoble Alpes  
414, rue de la piscine  
38400 Saint-Martin-d'Hères

Boite postale :  
Université Grenoble Alpes  
IPAG  
CS 40700  
38058 Grenoble cedex 9

La première partie de la thèse (chapitres 1-3) est une introduction claire au contexte astrophysique et aux méthodes numériques employées. L'accent est plutôt mis sur les aspects théoriques. Néanmoins, l'astrophysique est une science observationnelle et il me semble que les avancées obtenues sur les binaires massives grâce à INTEGRAL auraient justifié une description plus détaillée, notamment dans le but de dégager de ces observations les problématiques à traiter et les orientations choisies pour la thèse. La présentation des méthodes numériques est de grande qualité. La discussion sur la répartition de charge (« scalability ») est remarquable de précision. Elle démontre un souci du détail qui a indubitablement conduit M. El Mellah à une compréhension profonde de l'outil numérique et à un très haut niveau d'expertise.

La deuxième partie de la thèse (chapitres 4-5) est une étude de l'accrétion sur un objet en mouvement (ou pas) dans un milieu uniforme, un problème classique qui a fait l'objet de nombreuses publications. M. El Mellah confronte ici ses résultats numériques aux résultats analytiques, en particulier ceux de Foglizzo & Ruffert 1996 avec lesquels un bon accord est trouvé. L'ensemble est très bien présenté de manière pédagogique. Cette partie se distingue particulièrement par le soin porté à l'analyse des échelles de temps et d'espace que doit reproduire une simulation numérique du processus et des limitations qui en découlent (Fig. 5.4). Il n'est pas certain que toutes les études précédentes aient porté autant

d'attention à cet aspect, au risque d'erreurs d'interprétation de leurs résultats. Le travail présenté dans cette partie a fait l'objet d'une publication référée dans MNRAS, une des principales revues de rang A en astrophysique (El Mellah & Casse 2015).

Informé par ces résultats, M. El Mellah aborde l'étude de l'accrétion d'un vent par un objet compact dans une binaire X supergéante, dernière partie de son manuscrit. Les chapitres 6 et 7 constituent une très bonne introduction à la physique des vents stellaires (« line-driven winds ») et à la physique du lobe de Roche. M. El Mellah manifeste de nouveau un souci du détail et une volonté louable de maîtriser des domaines connexes à son thème de recherche qui l'ont peut-être amené à développer ces chapitres au-delà du nécessaire. Toutefois, ceux-ci permettent d'appréhender clairement la difficulté du problème et de justifier les hypothèses simplificatrices. Le dernier chapitre décrit des calculs originaux sur la focalisation du vent stellaire par l'objet compact. Ces calculs permettent de déterminer les taux d'accrétion et d'étudier les conditions de formation d'un disque. L'application à trois systèmes binaires donne des contraintes inédites sur les paramètres modélisant le vent de la supergéante. J'imagine que ce travail aboutira rapidement à une publication référée. Les perspectives auraient mérité d'être plus développées pour ce travail ainsi que pour celui de la partie précédente.

Cette thèse est un ensemble cohérent, présenté de manière personnelle, révélant rigueur et souci d'aller au fond des choses. M. El Mellah démontre ainsi qu'il s'est pleinement approprié son domaine de recherche. Cette thèse représente un travail de synthèse et de pédagogie très appréciable. Sa rédaction dans un anglais d'un excellent niveau devrait aider à sa diffusion, même si le choix du vocabulaire, prompt à l'emphase, m'a parfois surpris (« swindle » plutôt que « assumption »). Les réalisations (publications, présentations, séminaires, codes, etc) auraient gagnées à être mises en évidence afin de mieux souligner la quantité très importante du travail fourni.

En conclusion, le manuscrit soumis par M. El Mellah présente de manière claire des travaux originaux et maîtrisés sur un processus astrophysique fondamental. M. El Mellah dispose d'une palette théorique et méthodologique faisant de lui un expert de son domaine. Le manuscrit remplit largement les attendus d'une thèse. Je recommande donc sans réserve la soutenance de celle-ci.



Guillaume Dubus  
directeur de recherche CNRS



August 17, 2016

SCHOOL of MATHEMATICS

Professor Yannick Giraud-Héraud  
Director of the “Physics of the Universe” doctoral school  
Université Paris Diderot, Case courrier 7008  
75205 Paris Cedex 13  
France

The University of Edinburgh  
James Clerk Maxwell Building  
The King’s Buildings  
Peter Guthrie Tait Road  
Mayfield Road  
Edinburgh EH9 3JZ  
Fax (0131) 650 6553  
Telex 727442 (UNIVED G)  
Telephone (0131) 650 5060  
<http://www.maths.ed.ac.uk>

Dear Professor Yannick Giraud-Héraud,

it is my pleasure to report on the thesis manuscript of M. Ileyk El Mellah entitled “Wind Accretion Onto Compact Objects”, which I received both in electronic format and as a paper copy directly from the candidate. The nearly complete paper version reached me by courier middle of July, the final electronic version approximately one week later.

The manuscript consists of a typeset bound document of 200 pages, containing several main sections (details see below) as well as “remerciements” and “avant-propos”, an introduction, a conclusion, several appendices and a bibliography. This structure follows a standard format which is acceptable internationally. The only part which is not present would be a short abstract summarising the whole work; probably is it not required at your institution.

The language of this work is best described as “very flowery”, with extensive use of vocabulary and expressions not normally found in works of mathematical and astrophysical literature. It does render the reading of this manuscript more interesting than the usually much more terse scientific texts. However in some instances it detracts from the subject matter at hand. Similarly, the presence of ample footnotes also distract from the reading flow somewhat. All the above are minor points of personal preference and on the whole the subject matter is clearly presented. Full details of typographical errors, grammatical mistakes, lax or inappropriate expressions are listed separately to this report, in an Appendix.

The artwork and figures embedded within the main text are of good quality, with only few exceptions. They clearly explain specific concepts, show examples of astrophysical objects and their geometry, represent obtained results in detail and sketch particularly intricate points. The figures are well embedded in the main text and correctly referred to. Although most annotations are legible, some were too small on the printed copy and I had to refer to the electronic version to enlarge the font or plot. Overall the artwork is acceptable for this thesis.

With approximately 300 entries the bibliography is ample and appropriate for such a piece of work. M. El Mellah refers to the work of other authors where it is appropriate to delineate what was done previously by others and what is his own original work. On occasion (e.g. in Chapter 7) it would be helpful to write more specifically what are classic results and which results are new from the candidate’s own original work.

The contents of the thesis is split into three main sections. The first introduces a specific subset of astrophysical objects as well as the numerical representation of concepts of physics. The second covers the theory of Bondi-Hoyle-Lyttleton accretion, both analytically as well as numerically. The third section deals with wind accretion in persistent supergiant X-ray binaries, so has to first introduce the concepts of wind accretion and X-ray binaries and then combine the two.

I have attached a separate Appendix, in which you will find mostly minor points which would benefit from some additional explanations, as well as suggestions for expanding upon detailed or intricate conceptual points. I would like to highlight a few of my comments. The candidate has obviously run many simulations but has shown the results only in graphical form. He could show off his work better by also producing tables listing all the models, their initial conditions and summary results. I would have also liked to see more detailed explanations of the numerics and in this context also some critical review, e.g. of possible alternatives (variable split time stepping) or possible bugs (memory leaks).

All of the comments for explanatory additions of conceptual points which I made in the Appendix are optional. However, since most are fairly easy to implement, I suggest that the candidate does so for the final version of his thesis. All the language corrections will improve the style of the manuscript and I strongly suggest that the candidate implements them.

Large parts of the manuscript reviews and explains other people's work and results, but the thesis also contains big sections of original work by the candidate and presents interesting results. This combination of review work and original work is completely normal for a doctoral thesis at any major international institution. The degree of originality of the results and their importance on the international stage is beyond doubt, as evidenced by the published papers and the ones submitted and in preparation.

In summary, I am happy to report that this thesis is in a state which is acceptable for presentation and defence. I look forward to meeting both you and the candidate M. El Mellah in person at the viva.

Yours sincerely,

Dr. Maximilian Ruffert

## Liste des enseignements

[1] *Computational Methods for Astrophysical Applications*

Projets de recherche - Rony Keppens

KU Leuven - Master 1 & 2 - 60h - 2017

[2] *Mécanique du point*

Travaux dirigés - Cécile Roucelle

Paris 7 Diderot - Licence 1 - 128h - 2014-16

[3] *Traitement du signal*

Travaux pratiques - Laurent Daudet

Paris 7 Diderot - Master 1 - 32h - 2013

[4] *Physique en PACES*

Travaux dirigés - Isabelle Grenier

Paris 7 Diderot - Licence 1 - 32h - 2013