

# NEWCOMPSTAR

---

EXPLORER LA PHYSIQUE FONDAMENTALE  
AVEC LES ÉTOILES COMPACTES

---

2014 – 2017

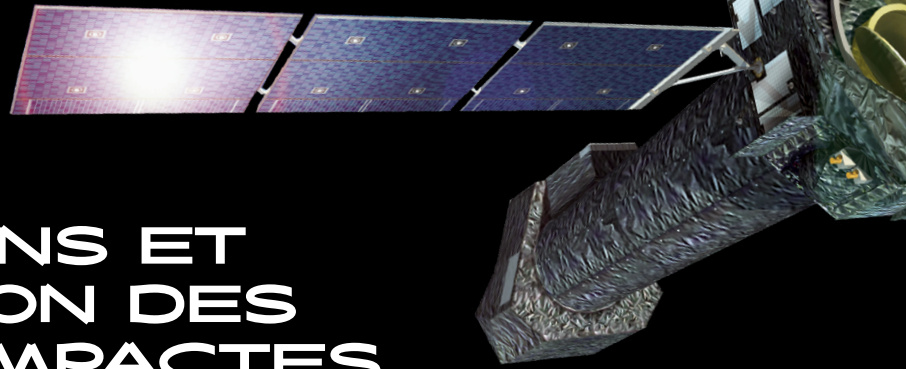


Les étoiles compactes telles que les étoiles à neutrons, les étoiles étranges ou les étoiles hybrides sont des laboratoires uniques qui nous permettent d'étudier les composants élémentaires de la matière et leurs interactions dans des conditions que les laboratoires sur Terre ne peuvent pas atteindre. Ces astres exceptionnels ont déjà permis des découvertes révolutionnaires en physique nucléaire et subatomique, en théorie quantique des champs, en relativité générale et en physique des hautes énergies.

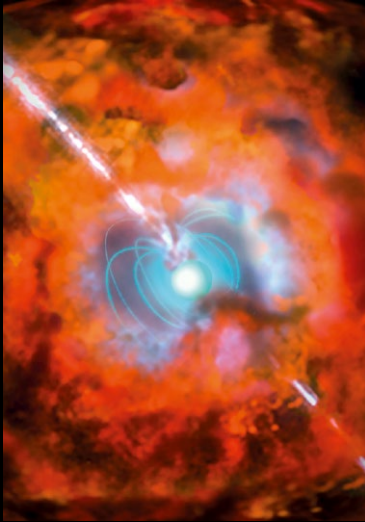
La prochaine génération de télescopes et de détecteurs d'ondes gravitationnelles nous donnera la possibilité de faire de nouvelles découvertes en complément de celles déjà réalisées grâce aux expériences de physique nucléaire et subatomique.

L'Action MPNS COST MP1304 « Explorer la physique fondamentale avec les étoiles compactes » (NewCompStar) a réuni des experts reconnus dans le domaine de l'astrophysique, de la physique nucléaire et de la gravitation afin d'explorer ce domaine de recherche fascinant et stimulant grâce à une approche interdisciplinaire. En plus d'un projet de recherche innovant pré-établi, le réseau ainsi formé a mis en place un programme spécifique pour former une nouvelle génération de scientifiques dont l'expertise couvrant de nombreux domaines et les compétences multiples sont aussi adaptées au transfert de connaissances et à l'innovation.

**Fig. 1** – Le télescope XMM-Newton, observatoire en rayons X de l'agence spatiale européenne.  
Crédit : Spacecraft Icons at NASA Science



## 1. OBSERVATIONS ET MODÉLISATION DES ÉTOILES COMPACTES

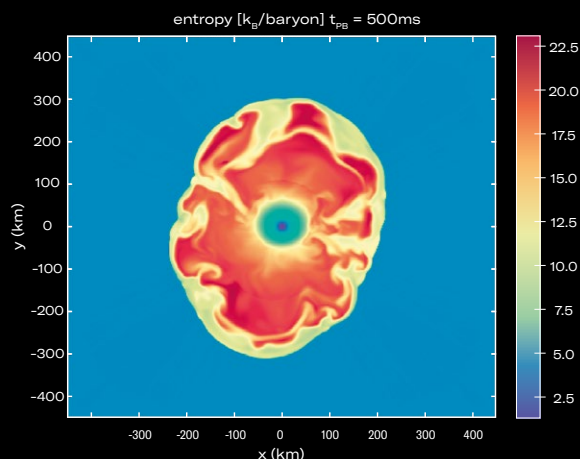


**Fig. 2** – Sursauts gamma et magnétars. Les sursauts gamma sont les phénomènes les plus violents de notre Univers. Nous savons aujourd'hui que les sursauts « longs » sont émis lors de la mort des étoiles massives, tandis que les « courts » sont probablement dus à la fusion de deux objets compacts âgés (étoiles à neutrons et/ou trous noirs). Représentation artistique d'une supernova et du sursaut gamma associé créés par un magnétar, une étoile à neutrons avec un très fort champ magnétique, en rotation rapide. Crédit : ESO (<http://www.eso.org/public/images/eso1527a/>)

De nouveaux télescopes sur Terre et dans l'espace ont récemment permis de grandes avancées dans notre compréhension de l'astrophysique des étoiles compactes. En outre, des instruments actuellement opérant ou en préparation, comme FAST le plus grand radiotélescope à réflecteur unique du monde, LOFT qui permettra d'observer et de modéliser le signal émis par les pulsars avec une précision jamais atteinte et SKA avec sa grande sensibilité, nous fourniront une mine d'informations sur les étoiles compactes.

L'interaction étroite entre les théoriciens et les observateurs dans le cadre de cette Action a permis le développement d'une approche globale dédiée à l'étude des propriétés et de la phénoménologie des étoiles à neutrons, prenant en compte à la fois la microphysique et la modélisation théorique de l'espace-temps.

L'objectif de l'Action a été de réunir les différents résultats, parfois contradictoires, obtenus grâce aux observations dans le domaine radio, X et gamma, et de les confronter avec les prédictions théoriques (par exemple, simulations hydrodynamiques et magnétohydrodynamiques des étoiles à neutrons, modèles de glitch – changement brusque de la période de révolution d'un pulsar, processus d'émission du rayonnement, modèles d'atmosphère et de magnétosphère, simulations de supernova) et leurs implications (par la modélisation de la population des étoiles à neutrons).



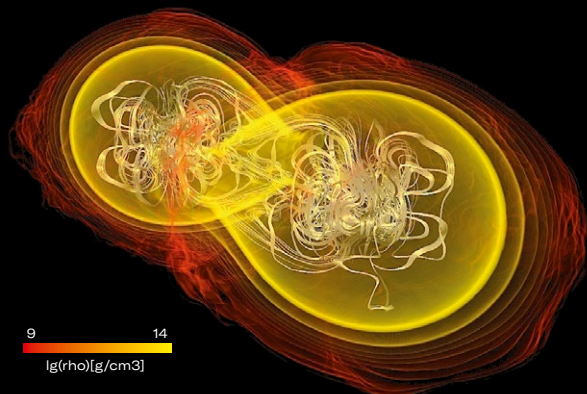
**Fig. 3** – Supernova gravitationnelles : fascinants feux d'artifice cosmiques. Capture d'une simulation tridimensionnelle de supernova gravitationnelle : entropie par baryon lors du début de l'explosion dans une région de 1000 km autour de la supernova.  
Crédit : K. Ebinger, O. Heinemann, M. Liebendörfer



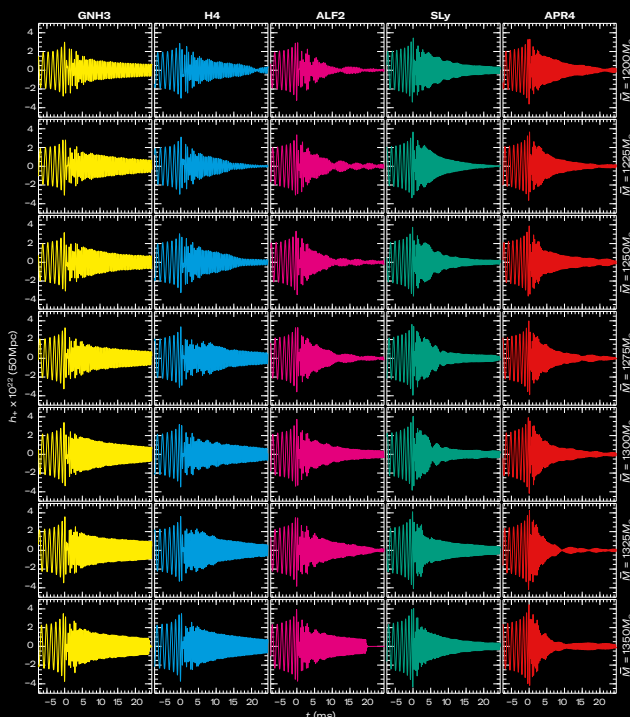
### 3. GRAVITATION : THÉORIE ET OBSERVATIONS

En raison de leur champ gravitationnel fort, les étoiles à neutrons sont des sources d'ondes gravitationnelles potentiellement détectables, soit lorsqu'elles sont dans un système binaire, soit seules lors de la supernova gravitationnelle qui marque leur naissance, lorsqu'elles s'effondrent sur elles-mêmes formant un trou noir ou lorsqu'elles oscillent de manière non sphérique. La phase de spirale et la coalescence d'un système binaire formé soit de deux étoiles à neutrons soit d'une étoile à neutrons et d'un trou noir sont des sources d'ondes gravitationnelles que les détecteurs LIGO et Virgo peuvent observer. De telles observations fourniront des informations importantes sur la gravité en champ fort, l'équation d'état et l'origine des sursauts gamma courts.

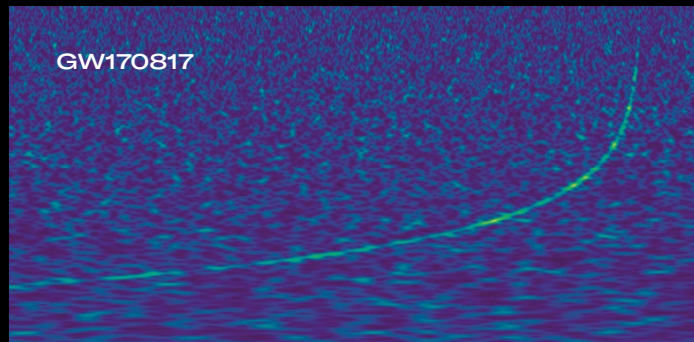
Les ondes gravitationnelles émises lors de la fusion d'un système binaire d'étoiles à neutrons dépendent de la masse de chaque étoile du système, du rapport de leur masse et de l'équation d'état. La modélisation numérique du signal émis en ondes gravitationnelles est essentielle pour permettre une telle observation.



**Fig. 7** – Fusion d'un système binaire composé de deux étoiles à neutrons magnétiques. Sont représentées la masse et les lignes de champ magnétique au moment de la fusion. *Crédit : FIAS/GU/AEI*



**Fig. 8** – Modélisation numérique du signal émis en ondes gravitationnelles lors de la coalescence de systèmes binaires d'étoiles à neutrons. Chaque colonne correspond à une équation d'état donnée et les couleurs à différentes masses du système binaire. *Image Credit : FIAS/GU/AEI*



**Fig. 6** – Ces données de LIGO montrent le signal surnommé « gazouillis » - chirp émis lors de la phase de spirale d'un système de deux étoiles à neutrons. *Crédit : LIGO*

**COST**  
EUROPEAN COOPERATION  
IN SCIENCE & TECHNOLOGY

**COST Association AISBL**  
Avenue Louise 149, 1050 Brussels, Belgium  
T +32 (0)2 533 3800, F +32 (0)2 533 3890  
office@cost.eu, www.cost.eu



COST est financé dans  
le cadre du programme européen Horizon 2020

#### LE RÉSEAU

29 pays ont fait partie de NewCompstar avec en plus quatre instituts de deux autres pays en tant que Near Neighbouring Countries Institutions et trois autres instituts comme International Partner Countries Institutions

#### PAYS PARTICIPANTS À COST

Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Croatie, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Islande, Israël, Italie, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse, Turquie.

#### COST NEAR NEIGHBOUR

**Countries Institutions**  
IOFFE, JINR Dubna, MEPHI,  
Sternberg Astronomical Institute  
et Yerevan State University

#### COST International Partner

**Countries Institutions**  
Monash University,  
University of Melbourne  
et Kent State University

#### NewCompStar COST Action

L. Rezzolla (Président), P. Pizzochero (Vice-Président)

#### Comité de direction

G. Barnafoldi, F. Burgio, M. Chernyakova,  
V. Ferrari, J. A. Font, I. Jones, P. Haensel,  
P. Pizzochero, C. Providencia, M. Oertel,  
N. Rea, L. Rezzolla, A. Sedrakian, I. Vidaña

<https://compstar.uni-frankfurt.de>

#### Crédits des images

Rayons X : NASA/CXC/SAO; Optical : NASA/STScI;  
Infrarouge : NASA/JPL/Caltech; Radio : NSF/NRAO/  
VLA; Ultraviolet : ESA/XMM-Newton

Mis en forme par Gráfico 21, Portugal 2017  
Graphic design & Typeface par Bürocratik