

Première observation de kilonova grâce aux ondes gravitationnelles – un mécanisme de création de l'or et autres éléments lourds est enfin confirmé

Denis Gilbert, physicien

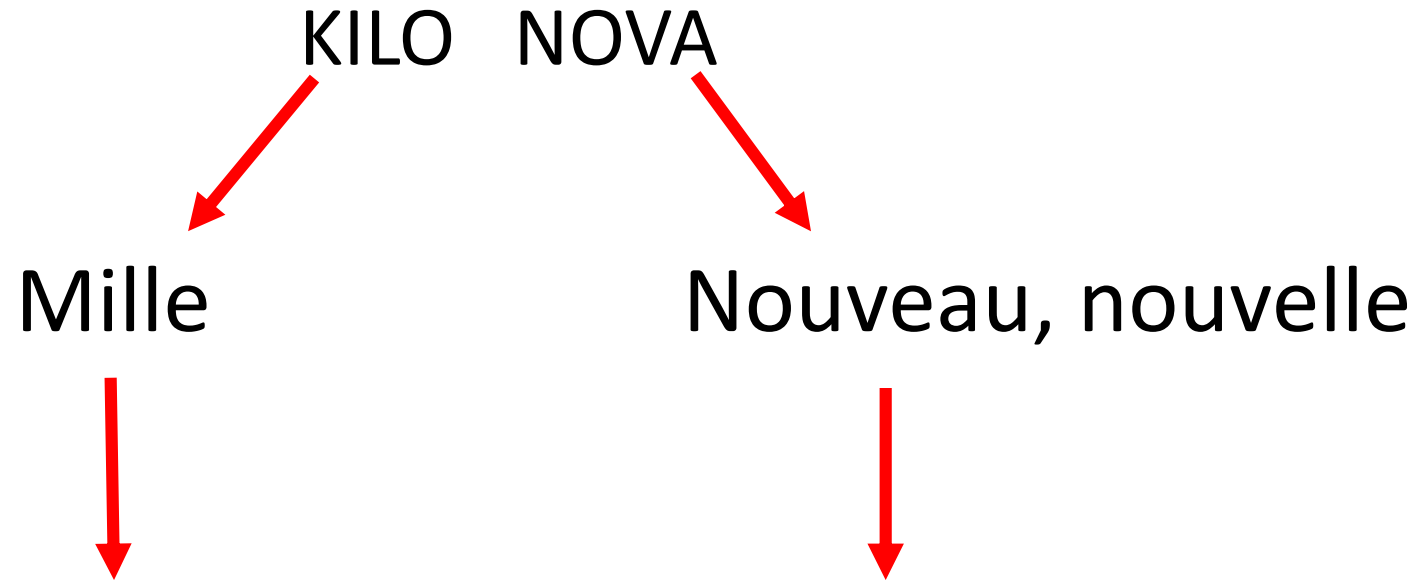
www.denisgilbert.com

Présenté au Club d'astronomie de Rimouski

CÉGEP de Rimouski

2017-12-08

Kilonova issue de la fusion de 2 étoiles à neutrons

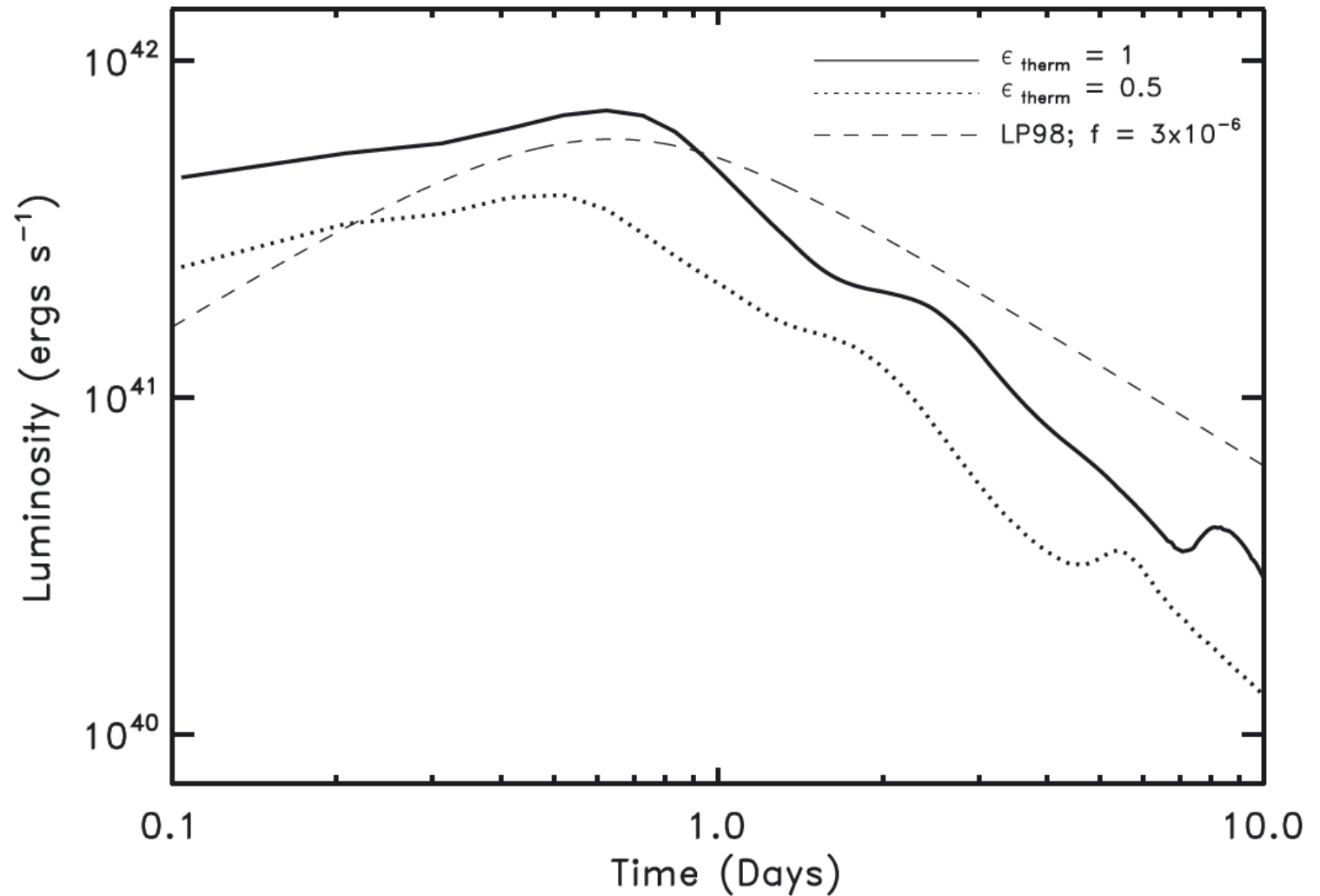


Étoile **mille** fois plus brillante qu'une **nouvelle** étoile classique

Nom proposé par Brian Metzger et ses collègues, dans un article paru en 2010

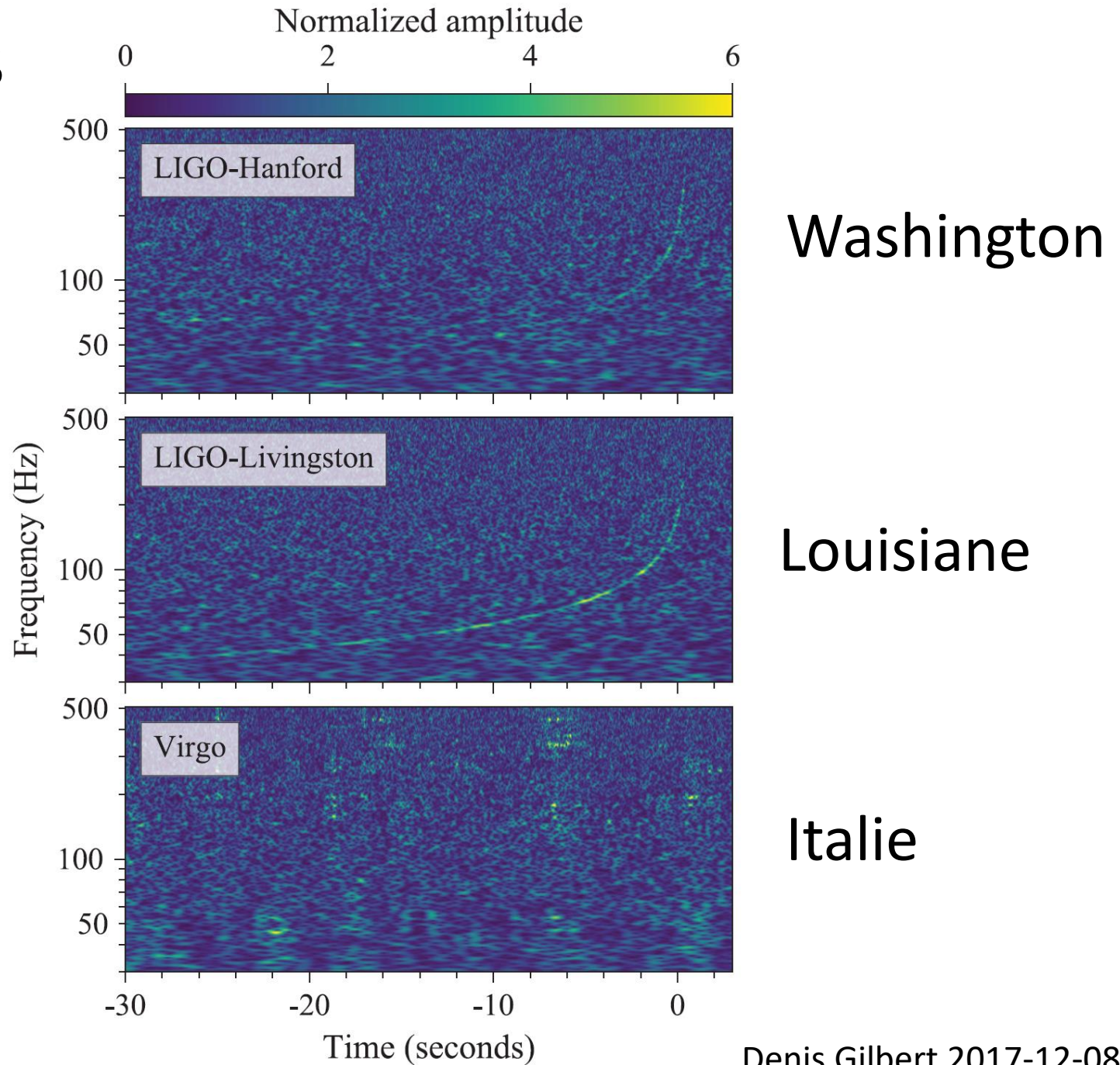
- Puisque nous prévoyons que la **luminosité transiente** suite à la fusion de 2 étoiles à neutrons sera **1000 fois supérieure à une nova typique**, nous proposons d'appeler ces événements **kilonova**
- Le **pic de luminosité** sera atteint **1 jour** après la fusion.
- Il sera possible de calculer la **constante de Hubble** grâce à ces données.

Prévision théorique faite en 2010



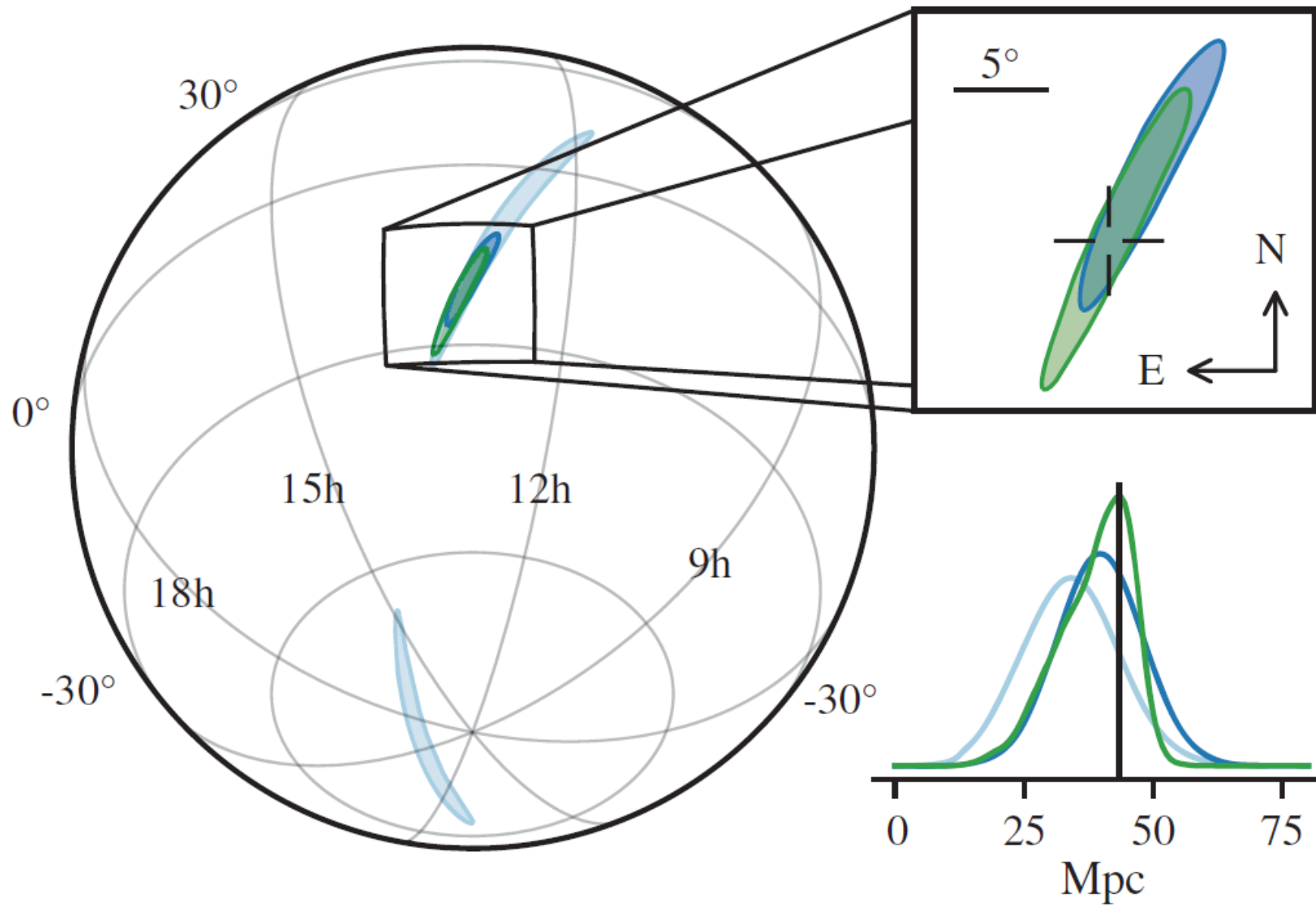
Metzger et al. 2010, Mon. Not. R. Astron. Soc. **406**, 2650–2662

Ondes gravitationnelles
détectées à 3 endroits
différents



Séquence des événements le 17 août 2017

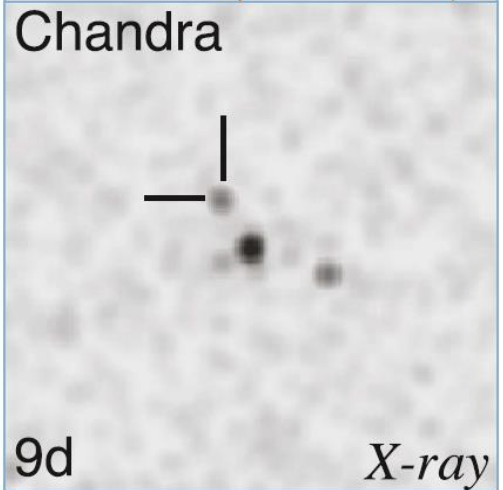
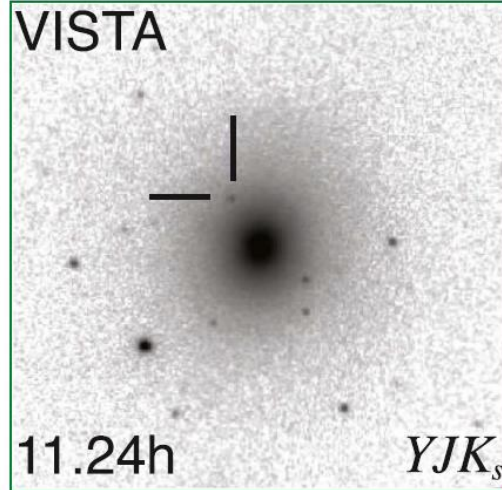
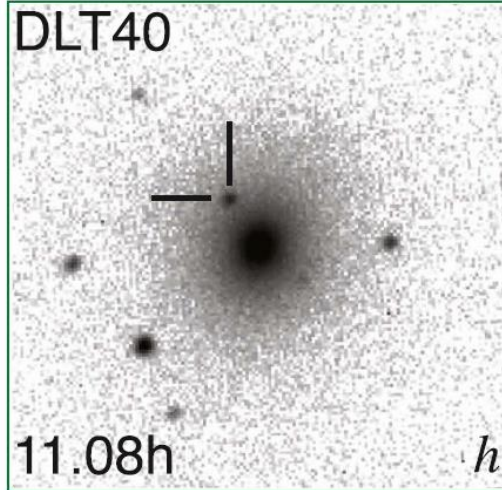
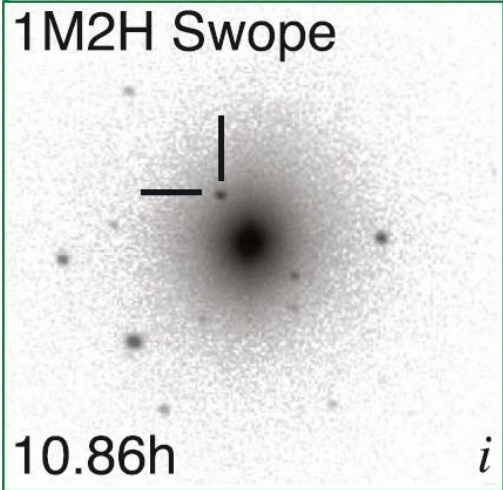
- 12:41:04 UTC; Ondes gravitationnelles détectées à Hanford (LIGO)
- + 1.7 seconde; Sursaut d'ondes gamma détecté par le satellite Fermi
- + quelques minutes; confirme ondes gravitationnelles à Livingston (LIGO)
- + 40 minutes; très faibles ondes gravitationnelles à Pise (VIRGO)
 - Première alerte envoyée à 70 équipes d'astrophysiciens
 - Très grande zone de recherche (190 degrés²)
- +4.5 heures; on extrait le temps précis de la fin de l'événement à VIRGO, ce qui permet réduire considérablement l'étendue des recherches (28 degrés²)
- Quelques heures de planification frénétique, en attente de la nuit au Chili
- +10.9 heures, l'équipe du télescope optique SWOPE trouve la kilonova tant recherchée. Ils sont suivis de très près par plusieurs équipes...



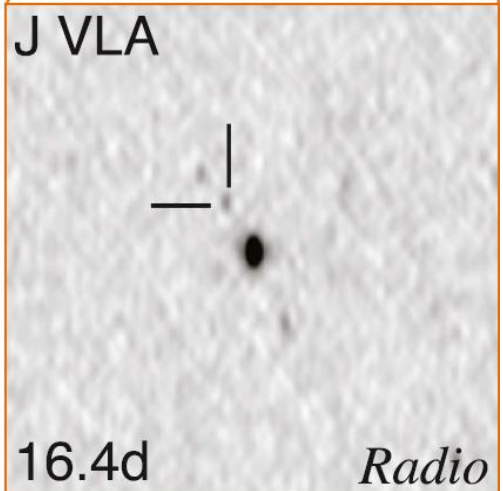
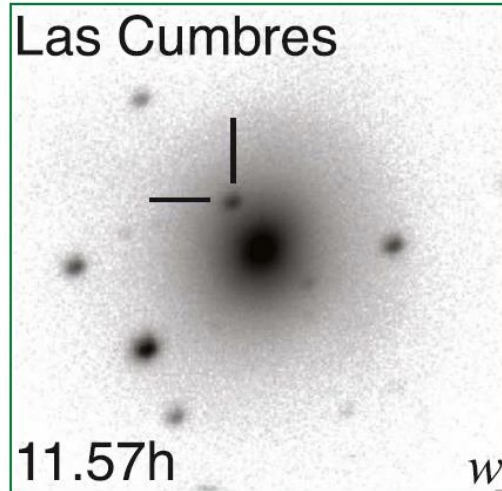
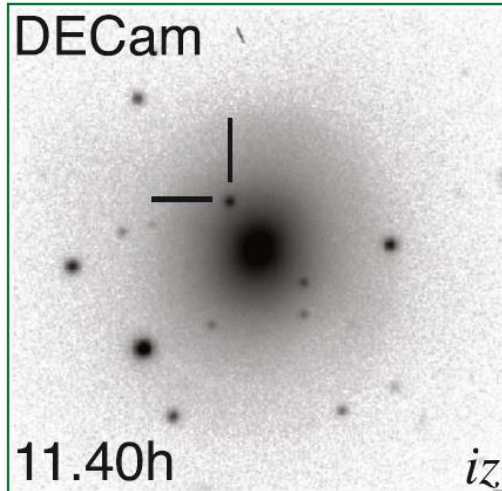
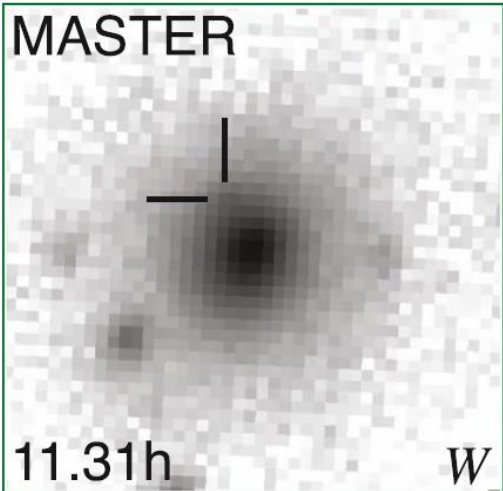
Zones de recherche successives

- 190 degrés²
- 31 degrés²
- 28 degrés²

Télescopes mesurant dans le visible (400-700 nm)

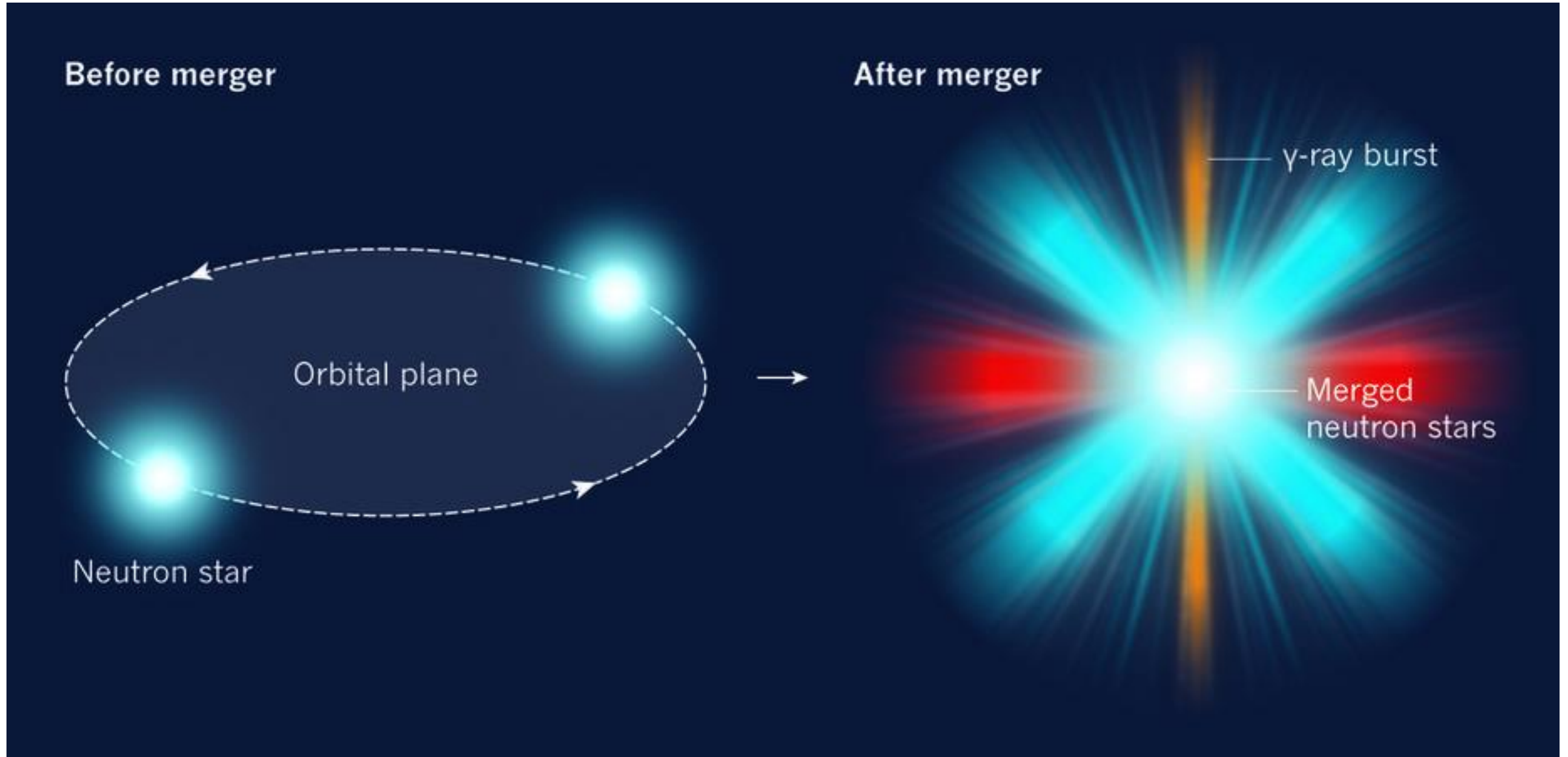


Rayons X



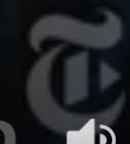
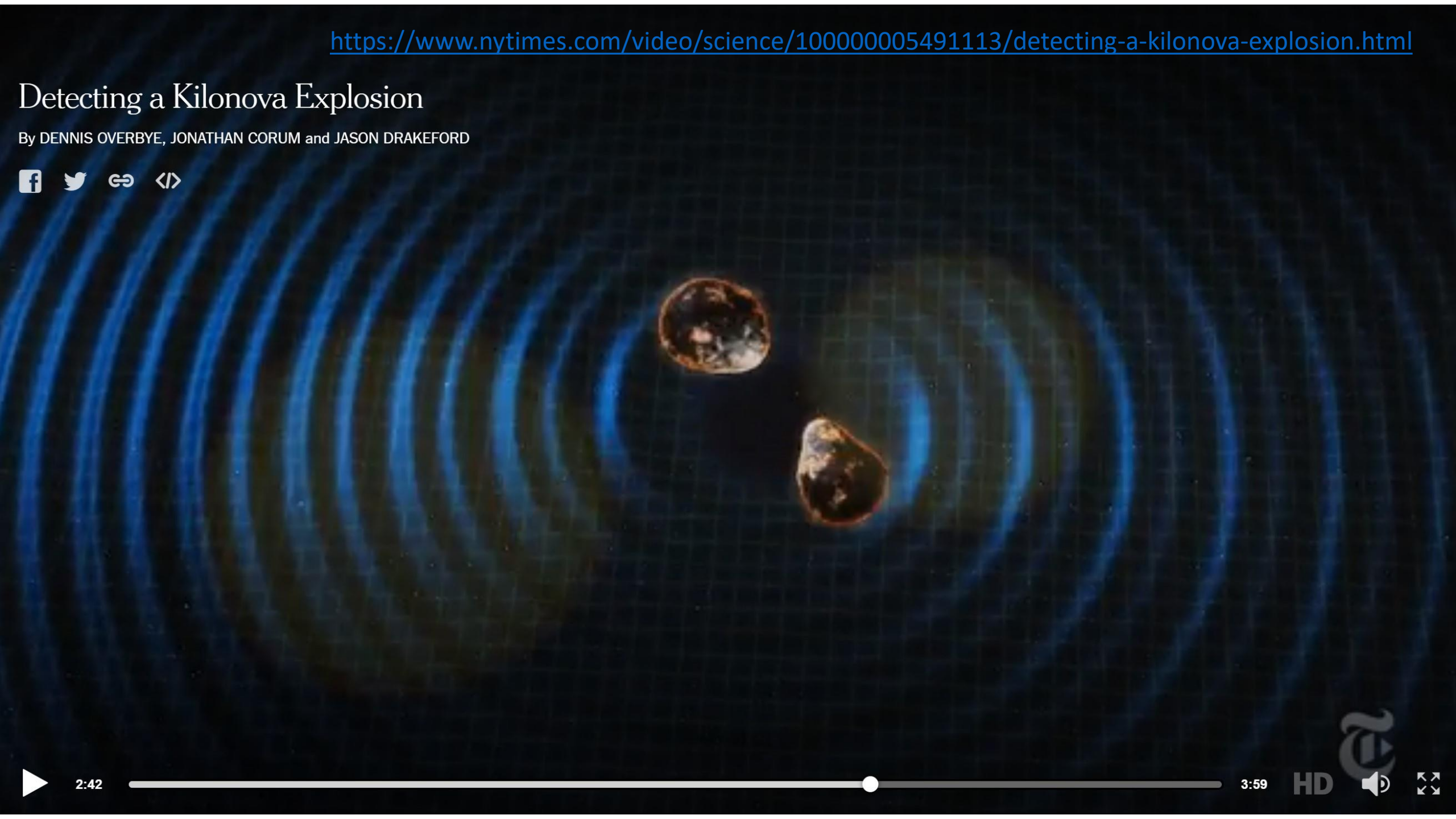
Ondes Radio

Fusion de deux étoiles à neutrons

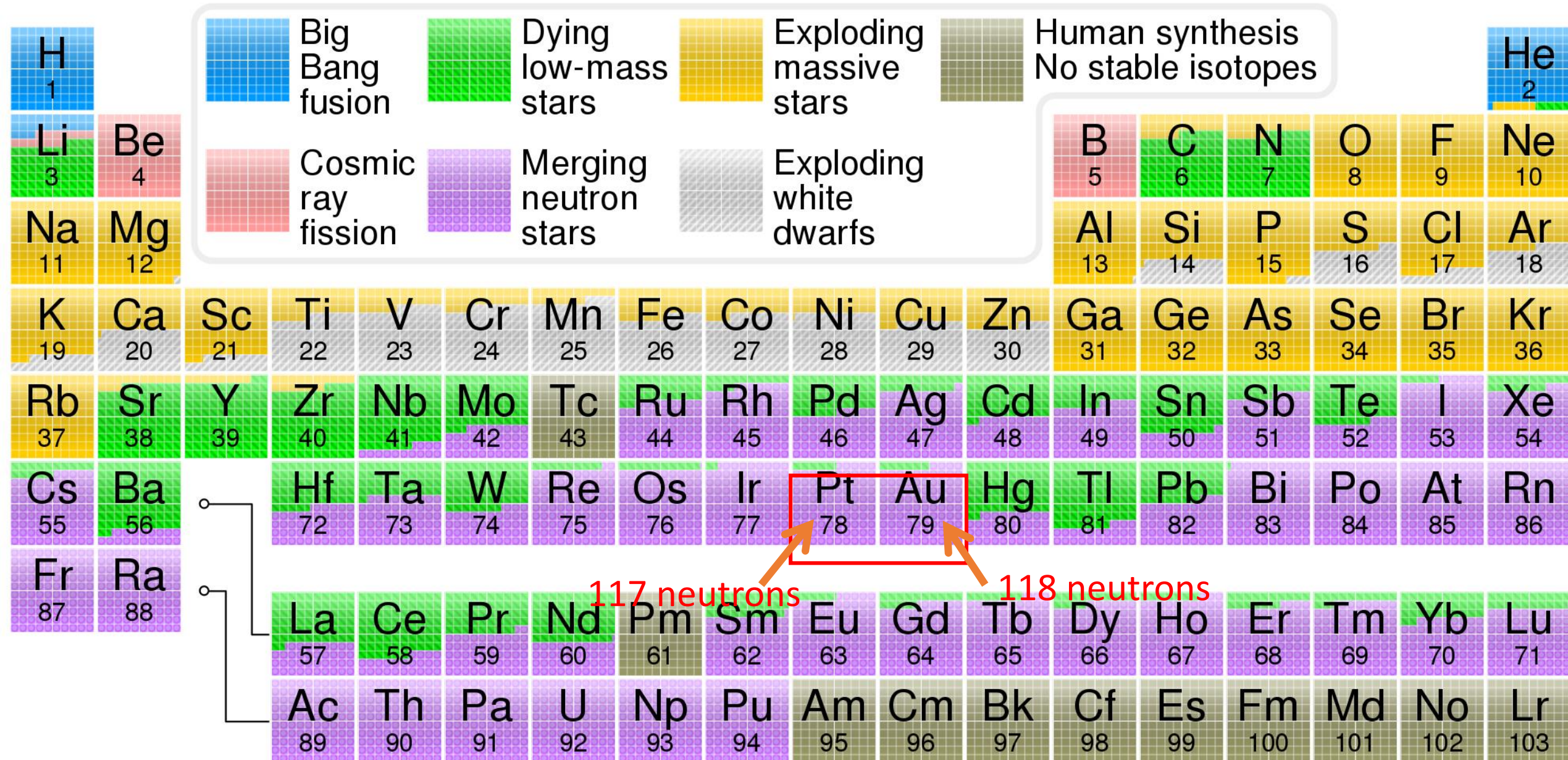


Detecting a Kilonova Explosion

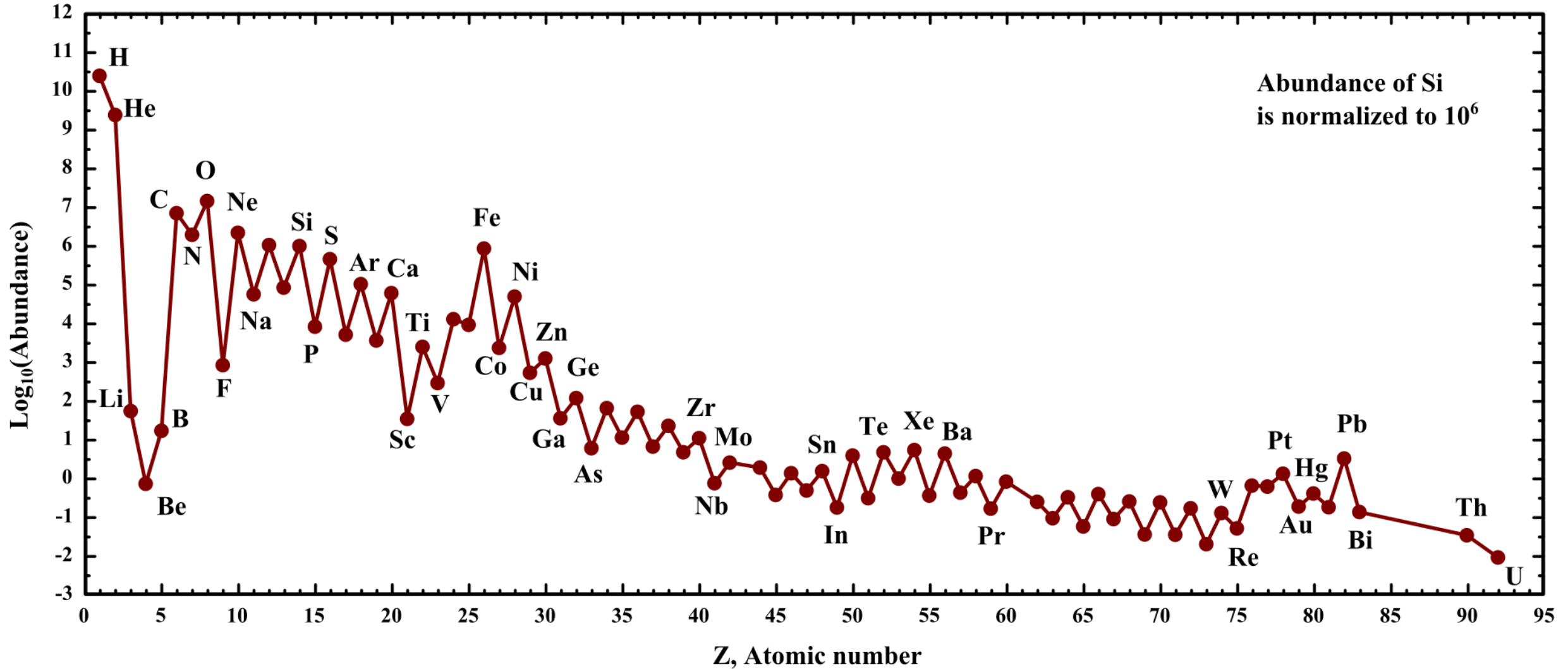
By DENNIS OVERBYE, JONATHAN CORUM and JASON DRAKEFORD



Origine des éléments du tableau périodique



Abondance des éléments dans l'Univers



Calcul de la Constante de Hubble

Kilonova du 17 août 2017

Planck: fond de micro-ondes cosmique

SHoES: céphéides et supernovae 1a

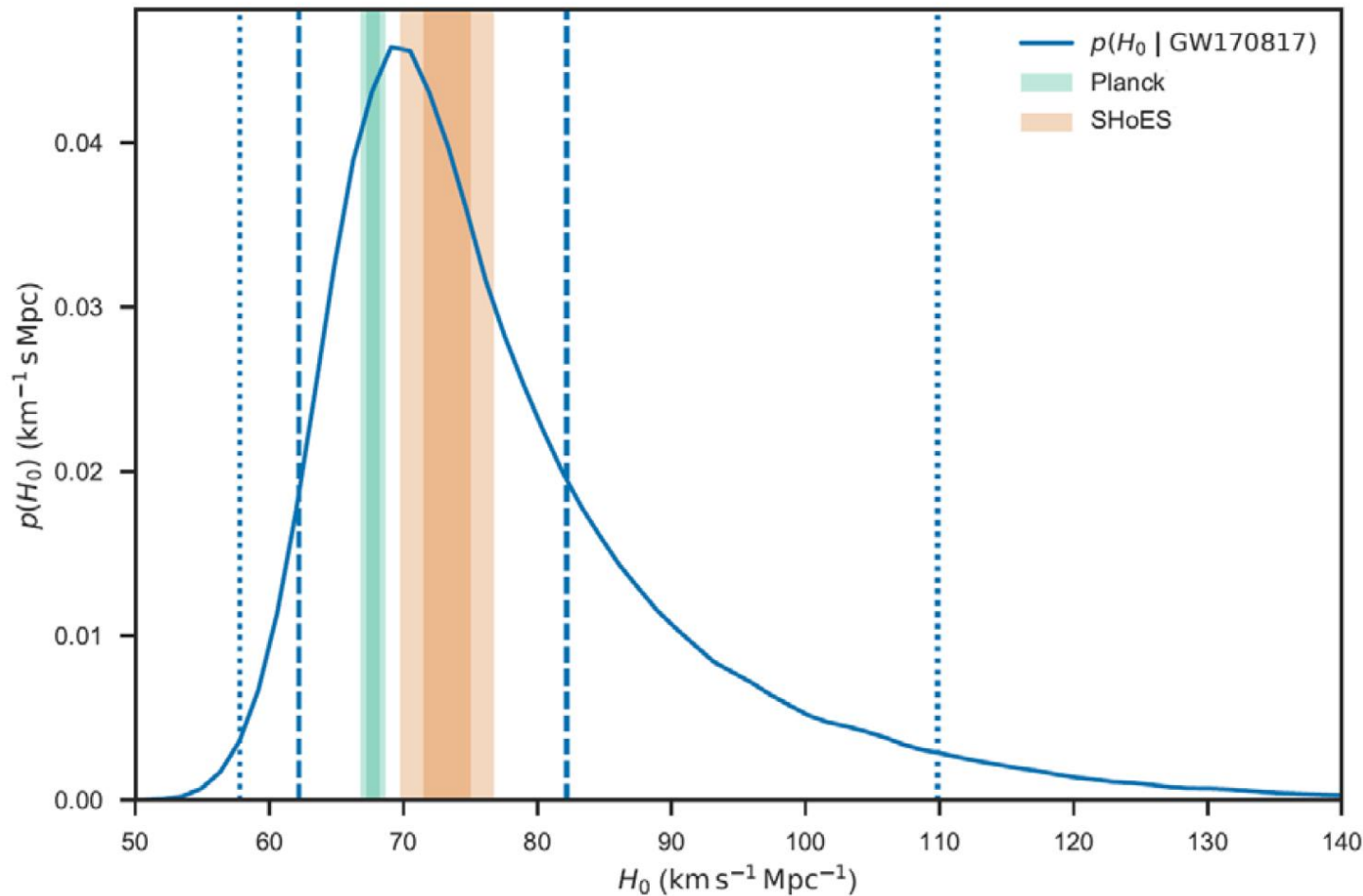


Figure 3 : Tracé résumant nos déductions sur la constante de Hubble. La probabilité relative des différentes valeurs possibles pour H_0 est représentée par la courbe bleue en trait plein, qui culmine à $70 \text{ km}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$. Les lignes verticales bleues tiretées et pointillées montrent respectivement les limites de 68,3 % et 95,4 % des intervalles de confiance pour H_0 . Les bandes verticales vertes et orange représentent les contraintes sur H_0 des deux analyses utilisant uniquement des données électromagnétiques : les bandes vertes montrent la gamme des valeurs déduites de l'analyse des données du CMB obtenues par le satellite Planck ; les bandes orange montrent la gamme de valeurs déduite de l'analyse SHoES qui combine céphéides et données de supernovae de type 1a de l'Univers relativement proche. La couleur plus foncée et plus claire des bandes indique respectivement 68,3% et 95,4% d'intervalles de confiance. Notez que les résultats de Planck et SHoES sont en désaccord les uns avec les autres avec un niveau de probabilité de 95,4 %. Notre résultat gravitationnel est cependant compatible à la fois avec les valeurs de Planck et de SHoES.

RÉSUMÉ

- Onde gravitationnelle la plus intense mesurée à ce jour
- Distance: environ 130 millions d'années lumière
- 70 télescopes en tout genre (rayons gamma, rayons X, ultra-violet, visible, infrarouge, radio)
- Confirmation des calculs théoriques de Metzger concernant la formation d'éléments lourds suite à la fusion d'étoiles à neutrons
- Vérification de la prédiction d'Albert Einstein disant que les ondes gravitationnelles se propagent à la vitesse de la lumière
- Estimation de la constante de Hubble ($70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$) tombe à cheval entre les deux méthodes de calcul préexistantes.
 - On espère d'autres kilonovae pour réduire les incertitudes (statistiques)

Pour en savoir plus

- https://elpais.com/elpais/2017/10/20/ciencia/1508522669_892841.html
- <https://www.preposterousuniverse.com/blog/2017/10/16/standard-sirens/>
- https://www.nytimes.com/2017/02/20/science/hubble-constant-universe-expanding-speed.html?_r=0
- <http://ligo.org/science/Publication-GW170817Hubble/index.php>
- ESO live conference: <https://www.youtube.com/watch?v=9ISr4julkDg>
- NASA: <https://youtu.be/5S4p8m02hF8>
- <https://www.spacetelescope.org/news/heic1717/> (Hubble telescope)
- <https://www.youtube.com/watch?v=cuovCiRDdgk>
- <https://www.quantamagazine.org/colliding-neutron-stars-could-settle-cosmologys-biggest-controversy-20171025/>
- <https://www.nytimes.com/video/science/100000005491113/detecting-a-kilonova-explosion.html>
- <http://www.ledevoir.com/societe/science-et-technologie/510500/astronomie-grande-premiere-du-cote-des-ondes-gravita>