

Une grave erreur de jugement des scientifiques américains !

En 2010, une étude effectuée tous les dix ans aux Etats-Unis par des scientifiques renommés, et appelée « New Worlds New Horizons », avait conclu à l'abandon du projet d'expérience spatiale LISA (pour « Laser Interferometer Space Antenna »), jugée trop chère et trop risquée. LISA était un projet conjoint de l'agence européenne spatiale ESA et de la NASA, de construction d'un détecteur d'ondes gravitationnelles destiné à compléter les détecteurs au sol LIGO et VIRGO. Il devait être constitué de trois satellites ayant chacun trois bras de cinq millions de kilomètres reliés par des liens optiques de faisceaux laser. Suite à cet abandon, un nouveau projet baptisé eLISA (pour LISA évolué) a été repris par l'ESA seule, et redimensionné à trois satellites ayant seulement deux bras d'un million de kilomètres. Mais à la suite de la découverte des ondes gravitationnelles, un rapport de l'Académie des Sciences américaines vient de proposer de revenir sur la décision et de financer eLISA de sorte que « les USA soient en position d'être d'un partenaire technique et scientifique important dans la construction de l'observatoire gravitationnel prévu par l'ESA ».

A-t-on réussi à prouver en laboratoire l'existence du rayonnement de Hawking des trous noirs ?

Dans les années 1970, le physicien britannique Stephen Hawking a proposé que la surface (immatérielle) d'un trou noir - son « horizon » - dont en principe ni matière ni rayonnement ne peuvent s'échapper, pouvait émettre de la lumière par un effet quantique. Le point de départ est qu'il n'existe pas de vide dans la théorie quantique, car l'espace le plus « vide » possible fourmille de fluctuations d'énergie : celles-ci sont transformées en permanence en paires de photons virtuels qui s'annihilent immédiatement. Seulement, si le phénomène se produit tout près de l'horizon, et si l'un des photons va du côté intérieur de l'horizon et l'autre du côté extérieur avant qu'ils aient eu le temps de s'annihiler, ils se sépareront définitivement car celui qui est à l'intérieur sera inéluctablement entraîné vers le centre, et l'autre non. Ils se transformeront alors en particules réelles dont l'une s'échappe dans l'espace. Le trou noir perd donc un peu de masse-énergie, rapetisse à chaque nouveau processus, et finalement disparaît complètement. La distribution spectrale du « rayonnement de Hawking » est celle d'un corps noir, mais d'un corps noir possédant une température minuscule – des milliardièmes de Kelvin pour un trou noir d'une masse solaire. L'ensemble du phénomène est naturellement très lent et n'est perceptible durant la vie de l'Univers que pour des trous noirs minuscules, éventuellement créés juste après le Big-Bang.

Cette théorie a suscité une grosse discussion parmi les spécialistes, car Hawking lui-même a annoncé qu'elle conduisait à la perte de toutes les informations contenues dans le trou noir, ce qui est interdit par les lois de la physique, qui dit qu'il ne peut exister de perte d'information dans l'Univers. Plusieurs hypothèses ont été proposées pour résoudre ce paradoxe, et Hawking lui-même a trouvé en 2004 une solution et a reconnu qu'il s'était trompé¹. Cependant de nombreux spécialistes estiment encore que la démonstration n'en est pas faite.

Comment vérifier l'existence du rayonnement de Hawking ? C'est évidemment impossible avec un vrai trou noir, mais le physicien canadien Bill Unruh avait déjà proposé un moyen de tester les prédictions de Hawking². Travaillant sur cette idée, le physicien israélien Jeff Steinhauer a développé une expérience dont il vient de publier le résultat (Steinhauer, J., Nature 2016, et arXiv:1510.00621). Il a fabriqué un « trou noir acoustique » à l'aide d'atomes ultra-froids (ce que l'on nomme un condensat de Bose-Einstein - BEC). A cette température ultra-basse (quelques millièmes de Kelvins), les fluctuations quantiques sont semblables à celles du vide, et produisent des paquets de son appelés « phonons », de même que dans le vide, elles produisent des photons. Par ailleurs, dans un tel milieu, la vitesse du son est seulement d'un millimètre par seconde. En accélérant les atomes, Steinhauer crée une sorte d'horizon : d'un côté ils vont plus vite que le son et l'entraînent avec eux, de même que les photons à l'intérieur de l'horizon du trou noir sont entraînés vers le centre. Donc si deux phonons se séparent de part et d'autre de cet horizon, celui qui est du côté moins rapide pourra sortir et constituera un rayonnement de Hawking. Steinhauer a vérifié les deux propriétés du rayonnement de Hawking : que la distribution d'énergie des phonons est bien celle d'un

¹ Cela l'a conduit à perdre un pari et à offrir une encyclopédie de base-ball au physicien auquel il s'était opposé sur cette idée.

² C'était par un moyen un peu semblable à celui d'expérience de Casimir qui a permis de vérifier l'existence de l'énergie du vide.

corps noir, et qu'il existe toujours deux phonons corrélés, l'un d'un côté de l'horizon et l'autre de l'autre côté, comme le prédit cette théorie.

Pour autant, Steinhauer a-t-il prouvé que le rayonnement de Hawking existe aussi pour les vrais trous noirs ? Même si les équations (que Steinhauer a montré être identiques à celles de la lumière et des trous noirs) sont les mêmes dans les deux problèmes, on peut en douter. Selon ses collègues, l'expérience est tout à fait fondamentale, mais la démonstration n'est pas concluante. En effet, les phonons de basse énergie ne montrent pas une aussi bonne corrélation que ceux de haute énergie, et par ailleurs on n'en est pas arrivé à l'évaporation du condensat de Bose-Einstein accompagnée de perte d'information, comme c'est le cas des trous noirs. Néanmoins, on ne peut qu'être admiratif devant le travail d'un chercheur, s'attaquant seul à une expérience aussi difficile que celle qui est décrite ici.



Steinhauer devant son expérience.

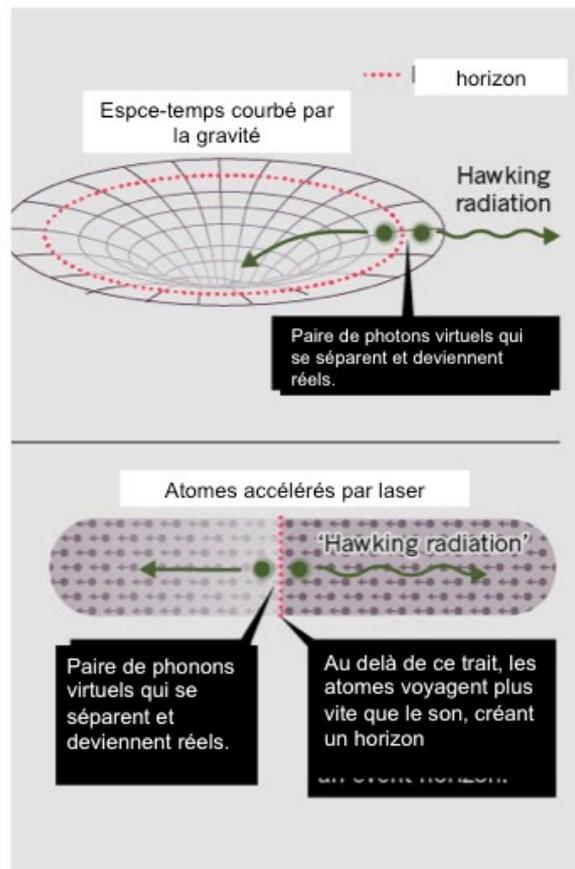


Schéma de la comparaison d'un trou noir réel avec l'expérience de Steinhauer.

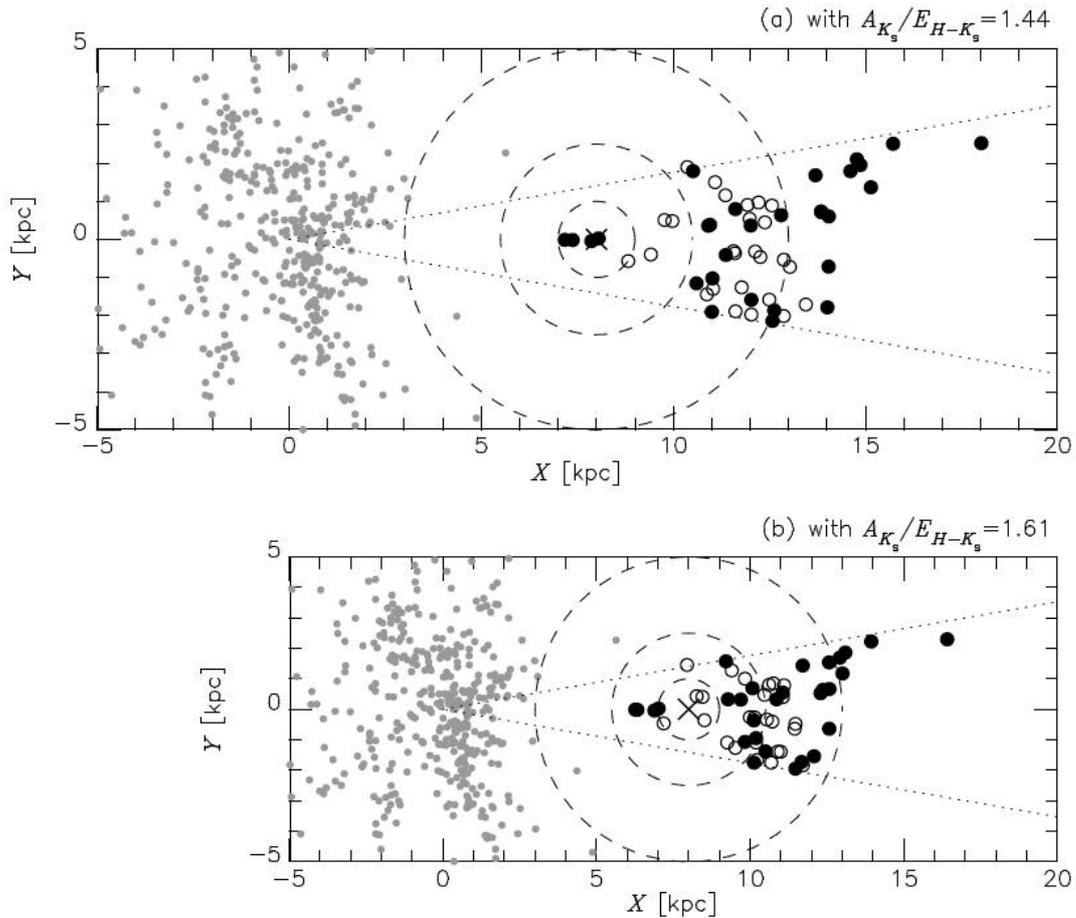
Pas de Céphéides près de l'équateur galactique dans les régions internes de la Voie Lactée

La structure et la population stellaire des régions internes de la Voie Lactée ne sont pas bien connues, à cause de l'absorption dans le domaine optique par les poussières interstellaires et de la grande densité de vieilles étoiles du bulbe. Les récents sondages dans l'infrarouge – où l'absorption est plus faible – ont permis de faire des progrès dans cette direction. On sait par exemple que le centre galactique contient à l'intérieur d'un rayon de quelques centaines d'années-lumière un énorme réservoir de matière interstellaire et des amas d'étoiles très jeunes de quelques millions d'années. Mais la distribution des étoiles jeunes plus éloignées du centre et situées près du plan galactique n'est toujours pas bien connue.

Les Céphéides sont de bons traceurs d'étoiles jeunes, car elles sont très lumineuses et leur variabilité périodique permet de déterminer leur distance grâce à la relation période-luminosité³: un paramètre toujours difficile à mesurer pour les étoiles.

Une équipe internationale conduite par un chercheur japonais (Noriyuki Matsunaga et al., arXiv:1606.07943v, à paraître dans les Monthly Notices of the Royal Astronomical Society) vient de publier une étude de la distribution des Céphéides dans les régions internes de la Galaxie. Elle a été effectuée avec le télescope japonais IRSF (InfraRed Survey Facility) en Afrique du Sud travaillant dans l'infrarouge proche. Leur champ couvre la région entre -10 et + 10 degrés de latitude et a été observé à 30 époques différentes entre 2007 et 2012. Utilisant différentes lois d'extinction, les chercheurs ont montré qu'à part quatre Céphéides situées dans la région très centrale, il n'y en a pratiquement aucune à l'intérieur d'un rayon de 8000 années-lumière (rappelons que le rayon de la Galaxie est d'environ 50000 années-lumière). Ils en déduisent qu'il n'y a eu aucune formation de nouvelles étoiles dans cette région depuis des centaines de millions d'années. Les observations radio des régions d'hydrogène ionisé (régions HII) liées à la présence d'étoiles jeunes avaient déjà montré qu'elles sont également absentes dans cette partie de la Galaxie. Quelle en est la raison ? Pour le moment elle n'est pas connue, et on espère qu'on en saura plus lorsque les résultats de la mission GAIA permettront de mieux connaître sur la distribution des étoiles dans la Galaxie.

³ C'est cette relation, découverte au début du vingtième siècle par Henrietta Leavitt, qui a servi à Edwin Hubble à déterminer les distances des galaxies proches.



Distribution des Céphéides dans une vue de face de la Galaxie, celles de l'article cité ici et celles d'autres observateurs (Dekany et al., 2015) représentées respectivement par des cercles pleins et ouverts. Deux lois de rougissement différentes ont été utilisées en a) et b). Les points gris montrent la distribution des Céphéides connue précédemment. Le Soleil est situé à l'origine et le Centre Galactique est indiqué par une croix.

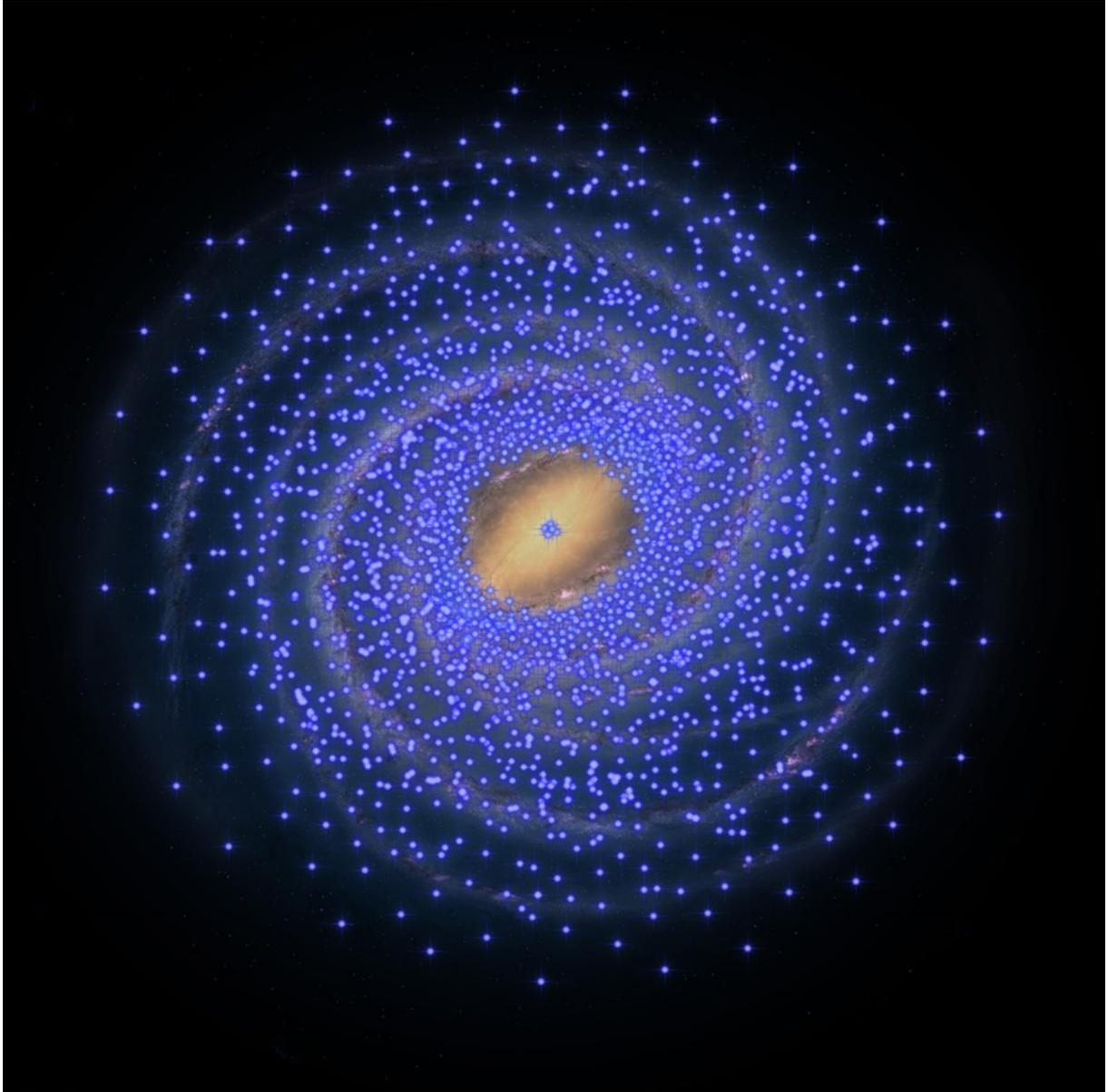


Figure vide-cepheides.jpg : Image d'artiste montrant la distribution des Céphéides dans la Galaxie. Crédit, Université de Tokyo

Un couple d'étoiles au comportement étrange

AR Scorpii (appelé AR Sco), est une étoile située dans la constellation du Scorpion à 380 années-lumière de distance et présentant une périodicité de 3,6 heures. Elle avait été observée au début des années 1970, et classée comme une étoile variable intrinsèque à cause de ses variations régulières. Mais la véritable source des variations d'intensité a été caractérisée grâce aux efforts combinés d'astronomes amateurs et professionnels.

Une équipe internationale conduite par un astronome britannique (T. Marsh et al., arXiv:1607.08265v1, paru dans Nature 28 juillet 2016) et contenant des astronomes amateurs, a étudié AR Scorpii et découvert qu'il s'agit en fait d'un système de deux étoiles orbitant l'une autour de l'autre, composé d'une naine blanche, c'est à dire une étoile de faible masse en fin de vie de la taille de la Terre, et d'une étoile compagnon, une naine rouge froide d'une masse voisine du tiers de la masse du Soleil et d'une taille comparable. Mais ce qui est extraordinaire, c'est que l'équipe a découvert que la luminosité varie aussi avec une période de 1,97 minutes, et par une très grande quantité, puisqu'elle peut atteindre un facteur 30!

Ces pulsations lumineuses sont notamment composées d'ondes radio, qui n'avaient été jamais été détectées dans un système abritant une naine blanche. Des comportements semblables sont observés couramment chez les étoiles à neutrons, mais il s'agit ici d'une naine blanche, un milliard de fois moins dense qu'une étoile à neutrons et mille fois plus grande !

Quel mécanisme peut expliquer ces propriétés ? La naine blanche est caractérisée par un puissant champ magnétique et une rotation rapide. Il est donc possible qu'elle accélère des électrons au point de leur conférer une vitesse proche de celle de la lumière. Ils émettent alors du rayonnement synchrotron⁴. En ce sens, la naine blanche ressemble à un pulsar – c'est à dire une étoile à neutrons qui tourne rapidement en nous envoyant un rayonnement traversant périodiquement notre ligne de visée à l'instar d'un phare cosmique. Mais au lieu de nous illuminer périodiquement, le rayonnement de la naine blanche vient frapper chaque 1,97 minute la surface de la naine rouge froide qui se met à rayonner à son tour.

Bien entendu, ce modèle demande encore beaucoup de travail pour être confirmé. Mais il n'en reste pas moins que la découverte d'un tel système est très excitante, et constitue un formidable exemple de collaboration entre astronomes amateurs et professionnels.

⁴ Le rayonnement produit par des particules chargées ayant une vitesse proche de celle de la lumière, placées dans un champ magnétique.



Image d'artiste représentant le système AR Sco avec le faisceau issu de la naine blanche illuminant la naine rouge.