



**Observatoire Jean-Marc Becker.
34 Avenue de l'Observatoire
Parc de l'Observatoire
25000 Besançon**

contact@aafc.fr

www.aafc.fr

Lettre Astro n°53

Novembre - Décembre 2017

Prochaines soirées publiques gratuites d'observation :

Mardis 7 novembre et 5 décembre - 20 h30

Vous pouvez faire suivre cette lettre à vos amis, curieux d'astronomie ...

LES PLANÈTES EN NOVEMBRE - DÉCEMBRE (temps civil) :

- **MERCURE :** Présente en début de période dans les lueurs du crépuscule, elle est difficile à observer car très basse sur l'horizon Sud-Ouest. En décembre elle passe en conjonction inférieure le 13 et redevient repérable avec une paire de jumelles le matin vers la fin décembre, un peu plus d'une heure avant le lever du Soleil, sur l'horizon Est-Sud-Est.
- **VÉNUS :** Visible le matin sur l'horizon Est-Sud-Est, elle se lève, début novembre, une heure et demie avant le Soleil mais reste basse. Son éclat important – magnitude de -4 – en fait cependant l'astre le plus lumineux de notre ciel matinal. En décembre l'écart entre son heure de levée et celle du Soleil diminuant, elle devient très difficile – et dangereuse¹ si on a des jumelles – à observer.
- **MARS :** Présente dans la constellation de la Vierge, elle se lève plusieurs heures avant le Soleil, sur l'horizon Est-Sud-Est en novembre puis Sud-Est en décembre, avec une hauteur d'une vingtaine de degrés. Son faible diamètre apparent ne permet pas d'y observer des détails, même avec un instrument puissant.
- **JUPITER :** Étant passée en conjonction le 26 octobre, elle redevient visible dans notre ciel du matin sur l'horizon Est-Sud-Est, se rapprochant progressivement de Vénus. La plus grande proximité se produit le 13 novembre, une heure avant le lever du Soleil. Se levant de plus en plus tôt, elle devient un objet de plus en plus brillant dans notre ciel matinal.

¹ Rappelons qu'il est très dangereux pour les yeux d'observer le Soleil avec un instrument, quel qu'il soit, sans filtre adapté.

- **SATURNE** : Se couchant quelques heures après le Soleil, la planète n'est qu'un petit point lumineux sur notre horizon Ouest-Sud-Ouest. Cet écart dans les heures de coucher diminuant progressivement pendant toute cette période – Saturne passe en conjonction avec l'astre du jour le 21 décembre – il faudra attendre mi janvier pour la retrouver dans le ciel du matin.

LE CARNET DES RENDEZ-VOUS ASTRONOMIQUES

- **03 novembre** : Conjonction entre Vénus et Spica (α de la Vierge) une heure avant le lever du Soleil sur l'horizon Est-Sud-Est (distance angulaire $3,5^\circ$).
- **06 novembre** : Conjonction entre la Lune et Aldébaran (α du Taureau) avant le lever du Soleil sur l'horizon Est-Nord-Est (distance angulaire $0,8^\circ$).
- **10/11 novembre** : Conjonction entre la Lune et Régulus (α du Lion) sur l'horizon Est-Nord-Est en seconde partie de nuit (distance angulaire $0,4^\circ$).
- **12 novembre** : Maximum d'activité de l'essaim des Taurides Nord (radiant² dans les Pléiades) avec, en moyenne, 5 « étoiles filantes » à l'heure.
- **13 novembre** : Conjonction entre Vénus et Jupiter, le matin moins d'une heure avant le lever du Soleil, sur l'horizon Est-Nord-Est (distance angulaire $0,3^\circ$).
- **15 novembre** : Conjonction entre la Lune et Mars avant le lever du Soleil sur l'horizon Est-Nord-Est. Spica (α de la Vierge) est juste en-dessous de ce rapprochement.
- **17 novembre** : Conjonction entre la Lune et Jupiter un peu avant le lever du Soleil sur l'horizon Est-Nord-Est.
- **17 novembre** : Maximum d'activité de l'essaim des Léonides (constellation du Lion) avec, en moyenne, 15 « étoiles filantes » à l'heure mais ce taux peut monter exceptionnellement à 100. Se produisant à proximité de la nouvelle Lune, l'observation de ce maximum sera intéressant à suivre.
- **20 novembre** : Conjonction entre la Lune et Saturne en début de soirée sur l'horizon Sud Ouest (distance angulaire 3°). Mercure, quelques degrés au dessus de l'horizon, peut éventuellement être repérée avec une paire de jumelles.

² Le radiant d'un essaim de météorites est la région de la voûte céleste où semblent converger le prolongement des traces lumineuses laissées par les poussières se consumant dans l'atmosphère terrestre.

- **21 novembre** : Maximum d'activité de l'essaim des α Monocérotides (constellation de la Licorne) avec un taux horaire qui, certaines années, a atteint plusieurs centaines d'« étoiles filantes » à l'heure.
 - **27/29 novembre** : Conjonction entre Mars et Spica (α de la Vierge) une heure et demie avant le lever du Soleil sur l'horizon Est-Sud-Est (distance angulaire $3,1^\circ$).
 - **28 novembre** : Maximum d'activité de l'essaim des Orionides (constellation d'Orion) de novembre avec un taux horaire moyen de 3 « étoiles filantes » à l'heure.
-
- **02 décembre** : Maximum d'activité de l'essaim des Phœnicides (constellation d'Eridan), avec un taux horaire très variable. Malheureusement l'observation des étoiles filantes sera difficile en 2017 du fait que l'on est à proximité de la pleine Lune.
 - **02 décembre** : Conjonction entre la Lune et les Pléiades (constellation du Taureau) en début de soirée sur l'horizon Est-Sud-Est (distance angulaire 9°). Proche de la pleine Lune, ce rapprochement ne sera pas spectaculaire.
 - **03 décembre** : Conjonction entre la Lune et Aldébaran (α du Taureau) en début de soirée sur l'horizon Est-Nord-Est (distance angulaire 2°).
 - **06 décembre** : Début d'une période sans Lune, souvent gênante, pour observer la lumière zodiacale³ au dessus de l'horizon Sud-Ouest. Pour cela il faut disposer d'un lieu d'observation sans pollution lumineuse. Une nouvelle période d'observation se retrouvera pendant toute la deuxième moitié du mois de décembre.
 - **7/12 décembre** : Période des couchers les plus précoces du Soleil (16h 46min à Besançon).
 - **08/09 décembre** : Conjonction entre la Lune et Régulus (α du Lion) avec occultation de la seconde par notre satellite. Seule la sortie sera visible dans l'Est de la France aux alentours de 00h 00min sur l'horizon Est-Nord-Est.
 - **09 décembre** : Maximum d'activité de l'essaim des Monocérotides (constellation de la Licorne), correspondant aux résidus laissés sur sa trajectoire par la comète⁴

³ D'innombrables petits grains de poussière sont distribués dans le Système solaire selon le plan de l'écliptique. Ils diffusent la lumière du Soleil dans toutes les directions. Si l'on regarde à l'opposé du Soleil à une période où le plan de l'écliptique est haut sur l'horizon et en un lieu où règne une forte obscurité on observe une faible lueur correspond à cette rétro-diffusion.

⁴ La dénomination définitive des comètes est constituée de plusieurs éléments. D'abord, un préfixe : C/ pour les comètes de période supérieure à 200 ans ; P/ pour les comètes à courte période (moins de 200 ans ou dont on a observé plusieurs retours de façon sûre) ; plus rarement X/ pour les comètes pour lesquelles une orbite n'a pu être déterminée ; D/ pour les comètes *disparues*. Ensuite, une désignation séquentielle suivant l'ordre des découvertes : l'année, puis une lettre

C/1917 F1 Mellish. Le taux horaire moyen est faible et, en 2017, la Lune constituera une gêne non négligeable pour les observations.

- **12 décembre** : Maximum d'activité des σ Hybrides (constellation de l'Hydre), correspondant aux résidus laissés sur sa trajectoire par la comète C/1943 W1 Van Gent-Peltier-Daimaca. Le taux horaire moyen est faible.
- **13/14 décembre** : Conjonction entre la Lune et Spica (α de la Vierge) une heure et demie avant le lever du Soleil sur l'horizon Sud Est (distance angulaire $6,8^\circ$). Dans le même voisinage on pourra observer les planètes Mars et Jupiter.



- **14 décembre** : Maximum d'activité des Géménides (constellation des Gémeaux), correspondant à l'astéroïde 3200 Phaéon. Le taux horaire peut atteindre plus d'une centaine les meilleures années. En 2017 la Lune sera proche de la NL et ne gênera pas les observations.
- **16 décembre** : Maximum d'activité des Comae Bérénicides (constellations de la chevelure de Bérénice). Le taux horaire moyen est de quelques unités. Là encore, la Lune sera proche de la NL et ne gênera pas les observations.
- **21 décembre** : Solstice d'hiver à 17h 28min. La déclinaison du Soleil atteint sa plus forte valeur négative ($-23^\circ 27'$) et la durée du jour est, dans notre hémisphère, la plus courte.
- **22 décembre** : Maximum d'activité des Ursides (constellation de la Petite Ourse) correspondant aux poussières laissées sur sa trajectoire par la comète 8P Tuttle. Le

majuscule identifiant le demi-mois de la découverte, puis un nombre indiquant l'ordre de la découverte dans ce demi-mois. Enfin, le nom du ou des découvreur(s) est quelquefois ajouté. Ainsi, cette comète à longue période a été découverte dans la deuxième moitié du mois de mars 1917, par un astronome dénommé Mellish.

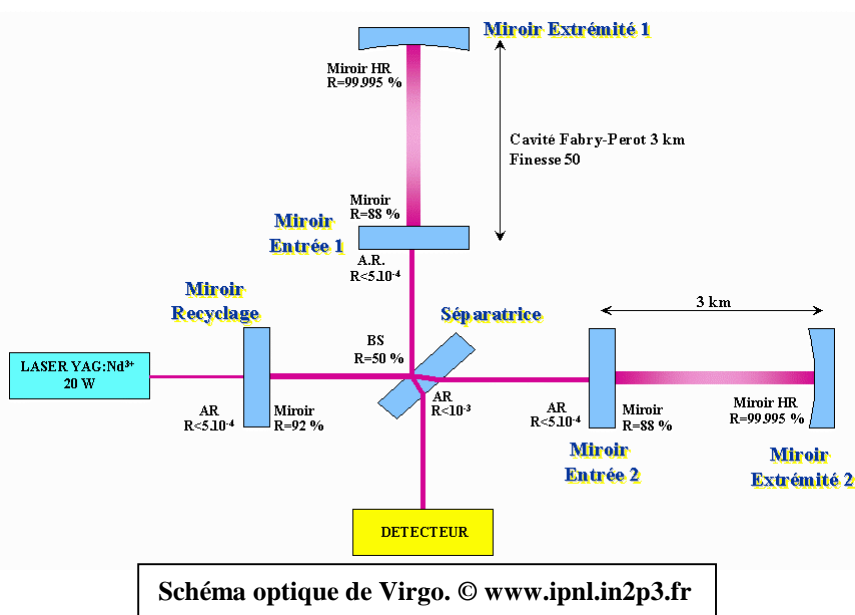
taux horaire moyen est de 10 à 50. Étant en début de lunaison, l'éclat lunaire ne sera pas une gêne.

- **31 décembre** : Conjonction rasante entre la Lune et Aldébaran (α du Taureau) en milieu de nuit, entre 2 et 3h, sur l'horizon Sud-Est.

AUTRES CURIOSITÉS

DU NOUVEAU AVEC LES ONDES GRAVITATIONNELLES : Dans la **Lettre Astro n°43** du bimestre mars/avril 2016, je vous entretenais de la récente mise en évidence expérimentale des ondes gravitationnelles. Un siècle après leur prévision par Albert Einstein comme conséquence de sa théorie de la relativité générale, deux installations américaines du projet LIGO tenaient enfin un premier frémissement de l'espace-temps à l'origine de cet événement. Cette découverte a d'ailleurs été récompensée par le comité Nobel qui vient d'attribuer il y a quelques jours le prix 2017 de physique à trois américains à l'origine de ces travaux⁵.

Rappelons simplement le principe des deux détecteurs de LIGO. Chaque dispositif est formé de deux bras perpendiculaires, en L, longs chacun de 4 kilomètres. À l'angle du L se trouve une lame séparatrice sur laquelle on projette un faisceau de lumière laser.



Le faisceau est divisé en deux, et chacun des deux demi-faisceaux de lumière parcourt l'un des bras de 4 kilomètres, avant d'être réfléchi et de revenir à la séparatrice. Là, après une centaine d'aller-retour pour allonger le trajet parcouru, les deux demi-faisceaux lumineux se recombinent et, s'ils ont parcouru exactement la même distance, s'annulent. Mais

s'il y a une différence dans la longueur du parcours, même très petite, le décalage entre les deux demi-faisceaux produit un signal que l'on peut mesurer. Or, lorsqu'une onde gravitationnelle se propage, elle dilate ou comprime l'espace sur son passage. Si elle rencontre le détecteur, la déformation qu'elle produit va rendre pendant un instant l'un des bras plus court que l'autre. Lors de l'événement cataclysmique détecté qui s'est produit il y a plus d'un milliard d'années, une onde gravitationnelle a été générée. Elle a fini par atteindre les deux détecteurs de LIGO et par produire, pendant une petite fraction de seconde, une infime différence entre la longueur des

⁵ Indiquons ici qu'Alain Brillet et Thibault Damour ont reçu cette année la médaille d'or du CNRS pour leurs travaux – expérimentaux pour le premier et théoriques pour le second – en rapport avec les ondes gravitationnelles et leur détection.

deux bras, normalement identiques, des détecteurs. Tel est le principe simplifié mais le plus difficile a été la réalisation pratique des installations commencée en 1994 : l'appareil devait être des milliers de fois plus sensible que tous les dispositifs connus. De plus il devait être capable de différencier les ondes gravitationnelles d'un simple parasite provoqué par le bruit ambiant généré par de multiples sources à la surface de notre planète.

L'événement détecté le 14 septembre 2015 correspondait à la fusion de deux trous noirs en rotation rapprochée l'un autour de l'autre et ayant chacun une masse de quelques dizaines de fois celle du Soleil. Par la suite la collaboration LIGO a ressenti deux autres ébranlements suffisamment puissants pour être détectables : le 26 décembre 2015 puis le 04 janvier 2017 LIGO observait deux autres fusions de trous noirs.

Cependant, LIGO n'est constitué que de deux interféromètres, distants de près de 3500 km, ce qui ne permet pas de repérer précisément sur la voûte céleste la région d'où provient l'onde gravitationnelle détectée. En revanche, avec une troisième machine observant simultanément, il devient possible de combiner les enregistrements effectués pour obtenir une localisation suffisamment précise, et donc, éventuellement, d'attribuer une contrepartie lumineuse au signal que peuvent détecter les trois installations.

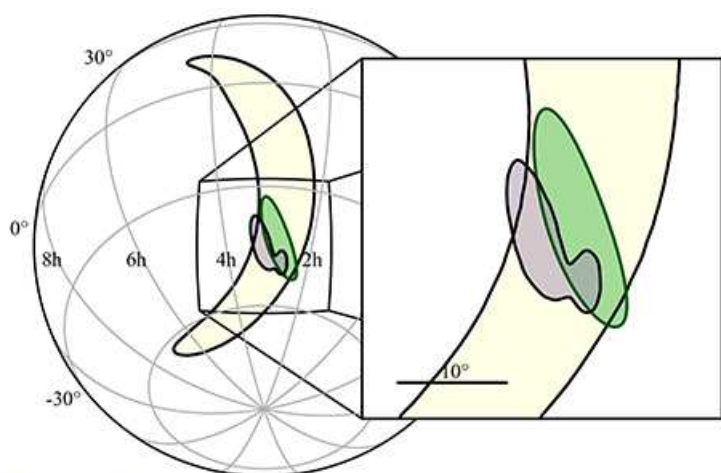
Or, justement, il existe en Europe, à proximité de Pise en Italie, une installation, désignée par l'acronyme VIRGO, similaire aux deux dispositifs américains. Arrêtée en 2011, VIRGO a reçu pendant plusieurs années de nombreuses améliorations et a été remise en route le premier août dernier, date à laquelle la collaboration VIRGO a fait savoir que le détecteur européen avait rejoint les deux installations américaines de la collaboration LIGO pour une campagne d'observation commune. Il n'a pas fallu longtemps pour que la pêche soit fructueuse mais cette fois-ci ce sont les trois instruments qui en ont été témoins permettant une bien meilleure localisation dans le ciel.



**Intérieur de l'interféromètre Virgo (Italie, Pise)
© : Cyril Fresillon / Virgo/ CNRS Photothèque**

Tout d'abord le 14 août un nouvel évènement de même nature que les précédents a été enregistré, confirmant que les couples de trous noirs sont relativement abondants, ce qui va contribuer à leur étude. Les deux trous noirs, qui avaient des masses égales à 25 et 31 fois celle du Soleil, ont fusionné en un trou noir de 53 masses solaires, l'équivalent de 3 masses solaires ayant été converti en énergie sous forme d'ondes gravitationnelles : pendant une fraction de seconde une quantité d'énergie monstrueuse, dix fois supérieure à celle produite dans le même temps par l'ensemble des étoiles de notre Univers, a été émise ! Cet évènement s'est produit à environ 1,8 milliard d'années-lumière de la Terre ; autrement dit, les ondes gravitationnelles se sont propagées dans l'espace pendant 1,8 milliard d'années avant d'être détectées par le détecteur LIGO situé en Louisiane, puis 8 millièmes de seconde plus tard par celui situé dans l'État de Washington et enfin, 6 millièmes de seconde après, par VIRGO.

Comme nous le disions auparavant, l'apport du troisième instrument VIRGO permet d'améliorer considérablement la localisation de cet évènement. Remarquons que cette collaboration fructueuse VIRGO / LIGO existe depuis 2007 et les scientifiques des deux groupes analysent en commun les données et signent ensemble les découvertes. Ces évènements, extrêmement violents, peuvent dans certains cas être à l'origine d'un flash lumineux pouvant être visible par des télescopes optiques. Encore faut-il savoir où regarder. Avec seulement deux détecteurs d'ondes gravitationnelles, la zone de recherche dans le ciel s'étendait sur une surface équivalant à plusieurs milliers de fois celle de la pleine Lune. Grâce à VIRGO, cette région est environ dix fois plus



- LIGO (2 interféromètres)
- LIGO / VIRGO (première localisation)
- LIGO / VIRGO (seconde localisation)

© Collaboration LIGO / VIRGO

petite, et l'estimation de la distance à laquelle se trouve la source est aussi deux fois meilleure. Ceci améliore grandement les chances d'observer avec d'autres instruments des signaux associés. Pour cet évènement, l'analyse combinée des instants d'arrivée et des amplitudes des signaux observés a permis d'établir une zone de recherche dans le ciel qui a pu être scrutée par plusieurs groupes d'astronomes. Comme pour les précédents évènements, aucun signal optique n'a été observé.

Un autre atout du détecteur VIRGO est son orientation, différente de celle des deux instruments LIGO. Ceci permet de réaliser d'autres tests de la théorie de la relativité générale. En effet, cette dernière prédit que lors du passage d'une onde gravitationnelle, l'espace s'étire dans une direction tout en se contractant dans une autre. L'analyse des signaux observés indique que c'est effectivement le cas, conformément aux prévisions de la relativité générale. Les théories alternatives qui

prédisaient une déformation dans une seule direction ou dans toutes les directions à la fois sont donc désavouées.

Mais « l'affaire » ne s'arrête pas là : quelques jours plus tard, le 17 août à 12h 41min (TU), un nouvel événement est enregistré par les trois installations⁶. Il est cependant différent des précédents car la signature n'est pas la même : le signal détecté est bien plus long que dans le cas de la fusion de trous noirs (une centaine de secondes contre quelques dizaines de millisecondes), signe que les deux objets qui ont fusionné sont de nature différente des précédents. L'analyse détaillée des données indiquera que les masses des deux objets sont comprises entre 1,1 et 1,6 fois la masse du Soleil⁷, ce qui correspond à celles des étoiles à neutrons. Or dans ce cas il est prévu qu'on doit observer un rayonnement électromagnétique. C'est le satellite Fermi – travaillant dans le domaine des rayons γ – qui fait la première détection 1,7s après les interféromètres et dans une direction compatible⁸ avec sa première détermination. Quelques heures plus tard le télescope américain Swope au Chili annonce la découverte d'un nouveau point lumineux dans la galaxie NGC 4993, située à 130 millions d'AL de la Terre. D'autres observatoires ont ensuite confirmé ce phénomène. Les spectres relevés à cette occasion ont confirmé une prévision théorique : les éléments lourds de l'Univers – au delà du fer dans le tableau périodique, comme le plomb, l'or ou le platine - sont formés lors de tels processus⁹ hautement énergétiques. Nous aurons bien sûr l'occasion de revenir ultérieurement sur cette nouvelle fenêtre de l'Univers ouverte maintenant par l'expérience.

Les trois machines sont de nouveau arrêtées et actuellement en cours d'amélioration afin de devenir deux fois plus sensibles. Une nouvelle campagne de détections devrait commencer à la fin de l'année 2018 et pourrait permettre de détecter des événements producteurs d'ondes gravitationnelles moins titaniques que les collisions de trous noirs. En particulier, les scientifiques espèrent capter les ondes produites par des collisions d'étoiles à neutrons, lesquelles pourraient être en même temps observées à l'aide de télescopes optiques. Le réseau va encore se densifier dans un futur proche avec la construction de deux nouvelles antennes. Le Kamioka Gravitational Wave Detector (KAGRA), en construction dans la mine Kamioka au Japon, prévoit d'être

⁶ Bien que le signal capté par VIRGO ait été difficilement exploitable, il a joué un rôle clé dans l'histoire. En raison de son orientation par rapport à la source au moment de la détection, le faible enregistrement récupéré, combiné avec les caractéristiques des signaux de LIGO, a permis aux scientifiques de trianguler précisément la position dans le ciel.

⁷ La masse transformée en énergie dans les ondes gravitationnelles est estimée aux alentours de 3% de masse solaire.

⁸ Si la fusion d'étoiles à neutrons engendre des ondes gravitationnelles dans toutes les directions, le sursaut gamma qui s'ensuit n'est cependant visible que si l'observateur est à l'intérieur d'un cône de quelques degrés d'ouverture. En d'autres termes, les astronomes ont eu beaucoup de chance d'être dans la bonne direction.

⁹ Il s'agit ici de la première **kilonova** observée mais déjà prévue théoriquement. Ce phénomène suit la fusion de deux étoiles à neutrons au cours de laquelle les noyaux instables produits précédemment en grande quantité se désintègrent, d'une part, en émettant de la lumière dont le spectre passe progressivement du bleu au rouge pendant que la matière échauffée se refroidit en se diluant et se réorganisent, d'autre part, en éléments lourds.

opérationnel en 2018. IndIGO sera un troisième jumeau des interféromètres LIGO et est en construction en Inde pour être opérationnel en 2019.

Comme on peut le lire dans le **Journal du CNRS** : « *Ainsi, en quelques jours, grâce à une série d'observations sans commune mesure par l'ampleur des moyens mis en œuvre, les spécialistes du ciel ont accroché à leur tableau de chasse rien moins qu'une première en astronomie gravitationnelle, la confirmation de l'origine d'un phénomène observé depuis plus de cinquante ans, et la résolution de l'énigme des éléments lourds !* ». Une nouvelle ère de l'astronomie – dite multi-messagers - vient de s'ouvrir et devrait renouveler très rapidement notre connaissance du cosmos.

CONFERENCES DE L'OBSERVATOIRE 2015 / 2016 :

3 mars 2018 à 14h – salle de conférence de l'Observatoire

Le ciel peut-il nous tomber sur la tête ?

Philippe Rousselot – Professeur à l'Université de Franche-Comté

Il est connu que nos ancêtres les gaulois n'avaient peur de rien sauf que le ciel leur tombe sur la tête... et ils n'avaient peut-être pas complètement tort : il est maintenant bien établi que les chutes de petits corps (astéroïdes et comètes) sur notre planète ont joué un rôle important dans son histoire. La taille de ces objets peut être très variable, allant de celle d'un grain de sable qui crée une étoile filante à une dizaine de kilomètres, voire plus, dont la chute entraîne un cataclysme planétaire, heureusement beaucoup plus rare. Dans la plupart des cas il est possible de récupérer des météorites de quelques grammes ou quelques kilogrammes dont l'analyse constitue une précieuse source de renseignements pour comprendre l'histoire du Système solaire. Cette conférence essaie de dresser un panorama général de ce sujet, en présentant également les techniques modernes de détection des astéroïdes géocroiseurs qui pourraient nous menacer.

5 mai 2018 à 14h – salle de conférence de l'Observatoire

Gaia : une vision en trois dimensions de la Voie Lactée

Céline Reylé – Astronome à l'Observatoire de Besançon

Lancé en 2013, le satellite Gaia de l'ESA a l'objectif très ambitieux de cartographier plus d'un milliard d'étoiles en estimant la distance qui les sépare de la Terre ainsi que leurs mouvements dans l'espace. Si ce nombre est exceptionnellement élevé, la précision avec laquelle ils seront localisés le sera tout autant. Cette précision pourra aller jusqu'à 7 microsecondes d'arc (soit la taille d'une pièce de 20 centimes vue à la surface de la Lune). Grâce aux observations de Gaia, les astronomes tentent de lever le voile sur la formation, la structure et l'histoire de la Voie Lactée.

**À BIENTÔT SUR TERRE
L'AAFC**