



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



contact@aafc.fr

www.aafc.fr

Lettre Astro n°88 Septembre – Octobre 2023

Prochaines soirées publiques gratuites d'observations :
Mardis 5 septembre et 3 octobre à 20 h 30.

Nos activités sont indiquées régulièrement sur notre site www.aafc.fr

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

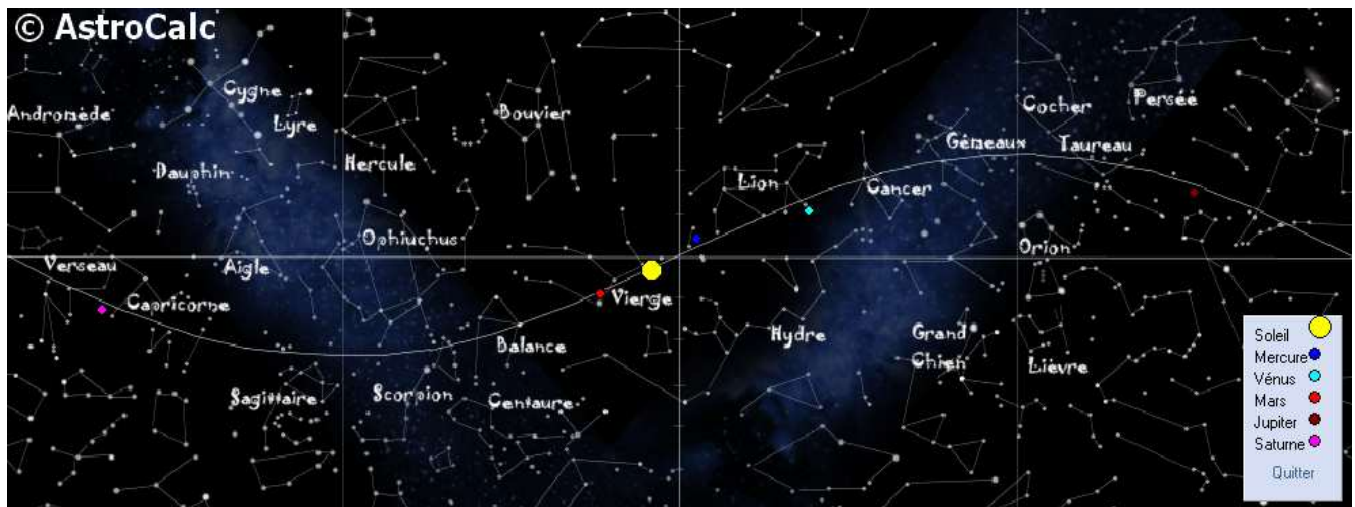
LES PLANÈTES EN SEPTEMBRE - OCTOBRE :

- **MERCURE** : Passant en conjonction inférieure le 06 septembre alors qu'elle occupe une partie haute de l'Écliptique, elle débute à partir du 15 de ce mois une belle période de visibilité dans notre ciel du matin sur l'horizon **EST-NORD-EST**. Elle disparaît dans la seconde moitié du mois d'octobre lors de son passage en conjonction supérieure le 20.
- **VÉNUS** : Se levant plusieurs heures avant le Soleil (2h le 01/09 et 4h le 31/10) et avec une élongation allant en augmentant, elle constitue un beau spectacle pendant toute la période avec une magnitude $-4,5$.
- **MARS** : Trop proche de la direction du Soleil elle est inobservable pendant toute la période.
- **JUPITER** : Entamant son mouvement de rétrogradation le 04/09 dans la constellation du Bélier elle se lève un peu après le crépuscule et brille avec une magnitude proche de -3 durant une bonne partie de la nuit à une hauteur dépassant 60° .
- **SATURNE** : Visible dès le coucher du Soleil dans la constellation du Verseau, elle le reste pendant plusieurs heures mais sa magnitude diminuant progressivement son repérage n'est pas immédiat.

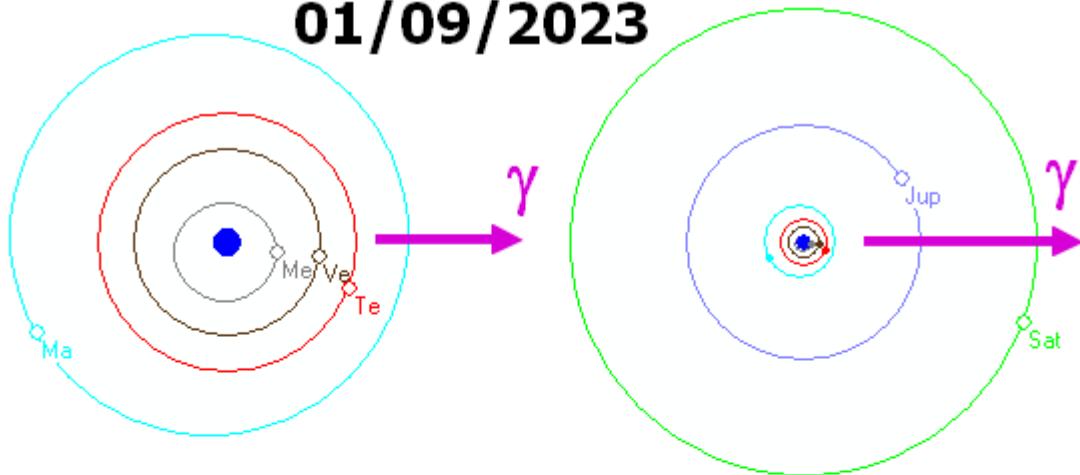
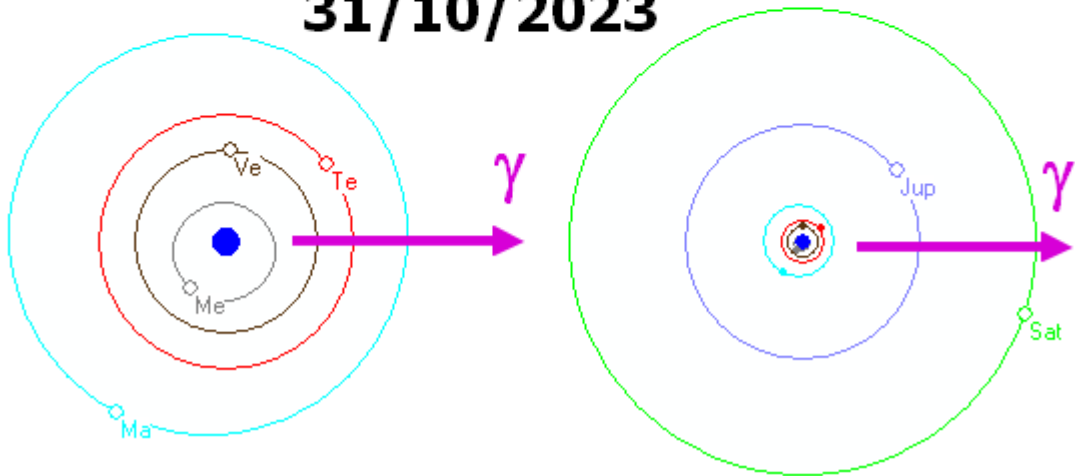
Le tableau ci-dessous donne les heures de lever et de coucher en temps civil et à Besançon des différents objets présentés. Les heures indiquées en rouge correspondent à un événement de la veille (lever) ou du lendemain (coucher).

Date	Évènement	Soleil	Mercure	Vénus	Mars	Jupiter	Saturne
01-02/09	Lever	06h 53min	08h 01min	04h 59min	09h 05min	22h 34min	20h 06min
	Coucher	20h 45min	20h 10min	18h 32min	21h 06min	13h 01min	06h 31min
15-16/09	Lever	07h 11min	06h 01min	04h 08min	08h 59min	21h 39min	19h 09min
	Coucher	19h 48min	19h 41min	17h 53min	20h 28min	12h 05min	05h 30min
01-02/10	Lever	07h 33min	06h 12min	03h 46min	08h 59min	20h 34min	18h 04min
	Coucher	19h 18min	18h 56min	17h 27min	19h 46min	10h 57min	04h 22min
15-16/10	Lever	07h 52min	07h 30min	03h 48min	08h 50min	19h 36min	17h 08min
	Coucher	18h 48min	18h 46min	17h 08min	19h 10min	09h 54min	03h 24min
30-31/10	Lever	07h 15min	07h 55min	03h 06min	07h 47min	17h 28min	15h 08min
	Coucher	17h 20min	17h 39min	15h 46min	17h 32min	07h 40min	01h 19min

Sur la figure ci-dessous a été représentée la position des planètes au milieu du bimestre (01 octobre) dans notre ciel local. Nous constatons que certaines d'entre elles, comme Jupiter et Mercure, occupent un emplacement de l'Écliptique situé au dessus de l'Équateur céleste, ce qui explique le fait que, d'un point de vue géocentrique et en un lieu de l'hémisphère Nord, elles restent assez hautes sur l'horizon. Par contre Saturne, qui occupe une position sur l'Écliptique au-dessous de l'Équateur, passent au méridien à une faible hauteur.



Le schéma ci dessous indique, dans un repère héliocentrique vu du pôle Nord de l'Écliptique, les positions des différentes planètes observables en début et en fin de période. La direction repérée par le signe γ est celle du point vernal (intersection des lignes de l'équateur et de l'Écliptique où passe le Soleil, en repère géocentrique, à l'équinoxe de printemps et appelé nœud ascendant de l'Écliptique sur l'équateur) qui se trouve actuellement dans la constellation des Poissons.

01/09/2023**31/10/2023**

Nous pouvons faire sur cette représentation plusieurs constatations. Nous constatons en particulier que :

- Sur la période considérée la planète Jupiter est, par rapport à la Terre, dans une direction qui s'éloigne de celle du Soleil. En se rapprochant de la date de son opposition (08 novembre) elle devient visible pratiquement toute la nuit.
- La Terre continue de s'éloigner régulièrement de Mars dans sa révolution autour du Soleil. De ce fait, depuis la Terre, notre voisine poursuit sa perte d'éclat et sa direction se rapprochant de celle du Soleil elle est pratiquement invisible durant cette période.
- Sachant que le mouvement de révolution des planètes et de rotation de la Terre sont dans le sens anti-horaire (vus du pôle Nord de l'Écliptique) nous pouvons en déduire si telle planète sera visible le matin où le soir : en effet si, sur la figure, la planète concernée **vue depuis la Terre** est à « droite » du Soleil elle ne sera visible que le matin (cas de Mercure et Vénus) sinon, si elle est à « gauche », ce sera le soir (cas de Saturne).

Nous pouvons ainsi, avec cette représentation, retrouver de nombreux phénomènes observables depuis la Terre (repère géocentrique) en raisonnant sur le schéma héliocentrique.

LE CARNET DES RENDEZ-VOUS ASTRONOMIQUES (temps civil)

L'agenda développé ci-dessous a été conçu en s'appuyant sur :

- Logiciel Stellarium (version 0.22.0)
- Guide du ciel 2023-2024 – Guillaume Cannat – Édition AMDS
- Éphémérides Astronomiques 2023 – HS de la revue L'ASTRONOMIE (SAF)
- L'ALMANACH du ciel 2023 - HS de la revue Ciel et Espace

- **01 septembre** : L'équation du temps¹ est nulle.
- **01 septembre** : Maximum d'activité de l'essaim des α Aurigides de juillet (Pégase), avec environ 6 « étoiles filantes » à l'heure avec des traces lumineuses très rapides. En 2023 nous sommes proches de la PL et les observations seront gênées.
- **04 septembre** : Conjonction entre la Lune (2 jours avant le DQ) et Jupiter sur l'horizon **Est-Nord-Est** visible quelques heures après le coucher du Soleil, vers 23 h (distance angulaire $3,1^\circ$).
- **09 - 10 septembre** : Maximum d'activité de l'essaim des ϵ Perséides de septembre (Persée), avec environ 5 « étoiles filantes » à l'heure.
- **10 septembre** : Conjonction entre la Lune et Pollux (α des Gémeaux) en milieu de nuit sur l'horizon **Est-Nord-Est** vers 3h du matin (distance angulaire de 2°).
- **13 septembre** : Conjonction entre la Lune et Régulus (α du Lion) sur l'horizon **Est-Sud-Est** un peu avant le lever du Soleil (distance angulaire $3,5^\circ$). Vénus brille dans la même direction, environ 5° au dessus de l'horizon.



- **21 septembre** : Conjonction entre la Lune et Antarès (α du Scorpion) sur l'horizon **Sud-Sud-Ouest** un peu après le coucher du Soleil (distance angulaire 5°).

¹ Voir dans les n° 58 et 59 de la LA les explications à propos de l'équation du temps.

- **22 septembre** : Maximum d'activité de l'essaim des Piscides (constellation des Poissons), avec environ 5 « étoiles filantes » à l'heure.
- **23 septembre** : À 08 h 49 min c'est l'Équinoxe d'automne : le Soleil, dans son mouvement apparent géocentrique, franchit l'équateur céleste vers les déclinaisons négatives et jour après jour sa hauteur de passage au méridien diminue jusqu'au solstice d'hiver.
- **27 septembre** : Conjonction entre la Lune et Saturne dès leur lever et visible toute la nuit sur l'horizon **Sud** puis **Sud-Ouest** (séparation angulaire de 5°).
- **30 septembre** : Les quatre satellites galiléens Europe, Io, Ganymède et Callisto sont regroupés à l'**Ouest** de Jupiter. Le spectacle visible à partir de 23h 30min peut être observé avec une paire de jumelles.

-
- **01 - 02 octobre** : Belle conjonction entre la Lune et Jupiter quelques heures après le coucher du Soleil sur l'horizon **Est** (séparation angulaire de 3°).
 - **03 octobre** : Conjonction entre la Lune et les Pléiades (constellation du Taureau) sur l'horizon **Est** visible en milieu de nuit (distance angulaire 3,8°). Jupiter brille à l'**Ouest** de cet ensemble.
 - **09 octobre** : Maximum d'activité de l'essaim des Draconides (Dragon) et début de celui des Taurides (Taureau). Le taux horaire des premières peut varier de zéro à plus d'une centaine à l'heure. Quelques aînés se souviennent du lundi 9 octobre 1933 à partir de 18 h 30 min² où les observateurs ont pu compter jusqu'à plus de 10 000 étoiles filantes par heure !



² Vous pourrez lire à propos de cet événement l'étude parue dans la revue « Ciel et Terre » en suivant le lien <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1933C%26T...49..170C/0000170.000.html>

- **10 octobre** : Conjonction entre la Lune (4 jours avant la NL) et Vénus sur l'horizon **Est-Sud-Est** (distance angulaire de 8°) observable peu avant le lever du Soleil.
 - **14 octobre** : Éclipse centrale annulaire de Soleil observable en Amérique du Nord, Centrale et du Sud.
 - **13 octobre** : Les quatre satellites galiléens Io, Europe, Ganymède et Callisto, sont regroupés à l'**Ouest** de Jupiter vers 23 h sur l'horizon **Sud**. Le spectacle peut être observé avec une paire de jumelles.
 - **18 octobre** : Conjonction entre la Lune et Antarès (α Scorpion) sur l'horizon **Sud-Sud-Ouest** (distance angulaire $1,5^\circ$) peu après le coucher du Soleil.
 - **21 octobre** : Maximum d'activité de l'essaim des Orionides (Orion), avec environ une trentaine d'« étoiles filantes » à l'heure. Cette activité correspond au second passage de la Terre au travers du tore de poussières attaché à la comète de Halley et que la Terre traverse une première fois au printemps à l'occasion des η Aquarides. Cette année la date est proche de celle du PQ et l'observation ne devrait pas être gênée.
 - **23 - 24 octobre** : Conjonction entre la Lune et Saturne dès le coucher du Soleil sur l'horizon **Sud-Sud-Est** (séparation angulaire de 6°).
 - **28 octobre** : Éclipse partielle de Lune visible sur l'horizon **Est-Sud-Est**. La partie Sud de notre satellite passe dans l'ombre de notre planète entre 21h 35min et 22h 52min. Nous pouvons observer Jupiter à proximité.
 - **29 octobre** : Nous passons dans la nuit de l'heure d'été (TL = TU + 2) à l'heure d'hiver (TL = TU + 1) : à 03 h, dans la nuit de samedi à dimanche, nous « remontons » à 02 h.
 - **29 octobre** : Conjonction entre la Lune et Jupiter sur l'horizon **Ouest** en fin de nuit (distance angulaire 3°)
-



DOSSIER DU BIMESTRE : Les travaux en astrophysique de J. Robert Oppenheimer

Le film récent « Oppenheimer » de Christopher Nolan nous donne l'occasion de redécouvrir un scientifique de premier plan. Bien avant qu'il ne commence à diriger le projet Manhattan pour le développement de la bombe « atomique », J. Robert Oppenheimer était un scientifique théoricien américain de renom, spécialiste de mécanique quantique et travaillant, entre autres, sur l'évolution en fin de vie des étoiles. Ses réflexions sur le sujet l'amènèrent à envisager l'existence de ce que nous appelons maintenant les trous noirs. Voyons cela de plus près.

Au début du XX^e siècle un des problèmes majeurs de l'astronomie stellaire était de comprendre l'origine de l'énergie produite au cœur des étoiles ; aucune des solutions proposées jusque là ne pouvait convenir car elles ne permettaient pas de se maintenir sur des échelles de temps de plusieurs centaines de millions d'années³. Heureusement les progrès de la physique fournirent alors les outils pour construire une nouvelle réponse à cette question. Plusieurs progrès se conjuguèrent pour obtenir la clé recherchée : tout d'abord une amélioration importante dans la connaissance de la structure de la matière et ensuite l'obtention d'une conséquence surprenante de la relativité restreinte avec la fameuse formule d'équivalence $E = mc^2$ exprimant la possibilité de convertir une perte de masse en production d'énergie au cours d'une évolution quelconque (chimique, mécanique, atomique ...etc.). C'est ainsi que dès 1920 **Arthur Eddington** (1885 / 1944) proposa que l'énergie produite au centre des étoiles l'est en respectant la loi d'équivalence lors de la transformation de quatre noyaux d'hydrogène en un noyau d'hélium au cours d'une réaction de fusion. Cette énergie considérable diffusée sous forme de photons fournit une pression suffisante pour contrebalancer les forces de gravitation. Puis en 1924 **Cecilia Payne** (1900 / 1979) montrait que l'hydrogène et l'hélium forment l'essentiel de la masse des étoiles. Dans le même temps les physiciens construisaient dans un laps de temps remarquablement court la théorie de la mécanique quantique qui s'applique aux atomes et à leurs noyaux.



C'est à ce moment que nous pouvons faire « entrer en scène » **J. Robert Oppenheimer** (1904 / 1967). Après des études brillantes à Harvard il les poursuit en Europe, d'abord à Cambridge en Angleterre puis à Göttingen en Allemagne. Il y rencontrera les plus grands scientifiques européens et, à leur contact, deviendra rapidement un spécialiste de la physique quantique grâce ses capacités intellectuelles hors norme. Après son retour aux USA il fonda la première unité de physiciens théoriciens américains à l'université de Berkeley en Californie. C'est à ce moment là qu'il commença à s'intéresser à la mise en œuvre des récents progrès de la physique théorique dans l'étude des états à haute densité des régions

³ Au début du XX^e siècle les géologues donnaient à la Terre un âge de plusieurs centaines de millions d'années alors que les astronomes ne pouvaient pas proposer une source d'énergie pour le Soleil de plus de quelques dizaines de millions d'années.

centrales des étoiles.

Plusieurs progrès se manifestèrent à ce moment là dont le plus important fut réaliser, en 1935, par un astronome indien travaillant en Angleterre, **Subrahmanyan Chandrasekhar** (1910 / 1995). Ce dernier proposa, en s'appuyant sur les théories de la relativité restreinte et de la mécanique quantique, un modèle permettant de comprendre la formation des naines blanches. Sans entrer dans trop de détail son explication est la suivante : en fin de vie une étoile n'a plus de combustible pour continuer à générer de l'énergie au cours de réaction de fusion et la gravitation prend alors le dessus. De ce fait le cœur de l'étoile commence à se contracter. Tout système physique qui se comprime rapidement dans un temps suffisamment bref pour que la chaleur ne soit pas évacuée vers l'extérieur voit sa température augmenter. Il y a cependant une limite à cette contraction qui est fixée non pas par la pression de rayonnement thermique ici inexistante, mais par un effet purement quantique : la pression de dégénérescence électronique⁴ des électrons se déplaçant dans un océan de noyaux atomiques. Le rayon de l'objet final est de quelques milliers de kilomètres et sa masse volumique de l'ordre d'une tonne par cm^3 : nous avons alors une naine blanche. Mais Chandrasekhar va aller plus loin : en s'appuyant sur les théories récentes il va déterminer une masse maximum - appelée limite de Chandrasekhar - pour qu'une étoile devienne une naine blanche et reste stable. Cette limite vaut 1,4 fois la masse solaire.

Dans le même temps, à partir de 1930, les progrès expérimentaux relatifs à la physique du noyau se multiplièrent avec, en particulier, la découverte en 1932 du neutron par l'anglais **James Chadwick** (1891 / 1974). A la suite de cette découverte le physicien soviétique **Lev Landau** (1908 / 1968) émit alors l'hypothèse qu'il devait exister des astres presque entièrement composés de neutrons. Le processus considéré est le suivant : si la gravitation est suffisamment puissante, les protons absorbent les électrons, se transformant alors en neutrons. A leur tour, ces derniers vont créer une pression de nature quantique - comme déjà évoqué pour les électrons mais ici pour les neutrons - et qui va s'opposer à un effondrement total de l'objet formé. L'année suivante, **Walter Baade** (1893 / 1960) et **Fritz Zwicky** (1898 / 1974) suggérèrent que de telles étoiles à neutrons pourraient être créées à la suite de l'effondrement d'une étoile massive.

En 1939 Oppenheimer va s'emparer de cette question en l'attaquant sous un angle un peu différent de ses prédécesseurs : il considère une étoile à neutrons - aussi massive que désiré - et imagine qu'elle est comprimée par n'importe quel moyen. Il imagine qu'on augmente sa masse : à un moment donné, elle doit atteindre le même type de limite que Chandrasekhar avait déterminé pour les naines blanches, mais pour les étoiles à neutrons. S'appuyant sur des travaux antérieurs de **Richard Tolman** (1881 / 1948) et travaillant en collaboration avec **George Volkoff** (1914 / 2000), il estime que le même effet physique devait entrer en jeu. Qu'il s'agisse d'un groupe de neutrons, de protons ou d'électrons n'a pas d'importance car ils appartiennent tous à la même famille de particules (les fermions) et sont donc capables de créer une pression de dégénérescence qui empêche

⁴ Les lois de la mécanique quantique interdisent aux électrons voisins d'occuper des états d'énergie identiques. Dans un milieu hyper dense ils vont donc être amenés à augmenter considérablement leur énergie, ce qui va être à l'origine d'une pression dite de dégénérescence s'opposant à leur rapprochement.

l'effondrement de l'objet stellaire. Cependant, que ce soit une naine blanche ou une étoile à neutrons, cette résistance n'existe que jusqu'à une certaine valeur critique pour leur masse. Dans le cas d'une étoile à neutrons, formée de particules 2000 fois plus lourde que l'électron, les caractéristiques de l'objet sont d'un tout autre ordre de grandeur que celles d'une naine blanche : son rayon n'est plus que de quelques dizaines de km et sa masse volumique d'un milliard de tonnes par cm^3 !

L'équation régissant la valeur de cette masse maximale pour le modèle le plus simple d'une étoile à neutrons a tout d'abord été élaborée par Oppenheimer et Volkoff et est aujourd'hui connue sous le nom de limite Tolman – Oppenheimer - Volkoff ou seulement limite **TOV**. Ils l'ont estimée comprise entre 1,5 et 3 masses solaires. Les mêmes équations et approches qu'Oppenheimer et Volkoff ont utilisées en 1939 sont encore valables aujourd'hui. Lorsque le modèle standard actuel est prise en compte, y compris le fait que les neutrons sont des particules composites constituées de quarks et de gluons et sont régis par la force nucléaire forte, la limite TOV est aujourd'hui comprise entre 2,2 à 2,7 fois la masse solaire.



Mais le travail d'Oppenheimer ne va pas s'arrêter là ; il va rechercher ce qui se passe pour l'objet qui dépasse cette limite TOV en appliquant, pour la première fois en astronomie, la théorie de la relativité générale. La conclusion de l'article fait apparaître l'existence incontournable des trous noirs⁵, au sens actuel du terme. A l'époque les vérifications expérimentales des prévisions d'Oppenheimer et de ses collègues n'étaient pas possibles. Mais aujourd'hui, si nous les comparons aux observations modernes, l'accord est remarquable même s'il est difficile de trouver l'étoile à neutrons de masse la plus élevée et le trou noir de masse la plus faible. On a cependant quelques observations actuelles montrant la pertinence de l'étude de 1939 :

- L'étoile à neutrons la plus massive dont nous connaissons avec précision la masse est le pulsar⁶ PSR J0952 + 0607, qui a une masse très bien connue de 2,35 fois la masse

⁵ Un trou noir est une région de l'espace-temps refermée sur elle-même et qui n'est pas faite de matière. Sa masse ne correspond donc pas à une quantité de matière mais est définie conventionnellement à partir du champ gravitationnel vu de l'extérieur. C'est donc un « objet » purement relativiste.

⁶ Un pulsar est une étoile à neutrons émettant un signal électromagnétique périodique très régulier.

solaire, avec une incertitude d'environ 3%, ce qui est juste un peu en dessous de la limite TOV.

- En 2017, la collaboration LIGO -Virgo a observé GW170817, un évènement générant des ondes gravitationnelles. Il s'agit de la première fusion jamais détectée de deux étoiles à neutrons. La masse combinée des étoiles à neutrons initiales était d'environ 2,74 fois la masse solaire. Elles semblent avoir brièvement formé une étoile à neutrons pendant moins d'une seconde avant de s'effondrer sous forme de trou noir.
- En 2019, la même collaboration LIGO -Virgo a observé GW190425, une autre fusion de deux étoiles à neutrons⁷ mais avec une masse combinée plus élevée comprise entre 3,3 et 3,7 fois la masse solaire. Cette fois, l'objet final était un trou noir sans aucun intermédiaire d'étoile à neutrons.

Nous avons malheureusement un peu oublié cette contribution exceptionnelle qui aurait pu valoir un prix Nobel de physique⁸ à Oppenheimer s'il avait vécu jusqu'à la fin des années 1970 alors que l'existence des étoiles à neutrons était avérée après la découverte⁹ des pulsars et que la recherche des trous noirs était lancée. Cependant la postérité lui rend aujourd'hui justice et reconnaît sans l'ombre d'un doute, qu'en physique, il était un grand parmi les grands.

Bibliographie : "Robert Oppenheimer" de Michel Rival – Éditions du Seuil – Collection "Point Science" (2002)

CONFÉRENCES DE L'OBSERVATOIRE

Actuellement les conférences de l'observatoire de Besançon sont suspendues. Nous vous donnerons dans la prochaine LA les propositions éventuelles pour la saison 2023 - 2024.



⁷ La possibilité que l'une ou les deux composantes du système binaire soit un trou noir ne peut pas être exclue à partir des données sur les ondes gravitationnelles reçues.

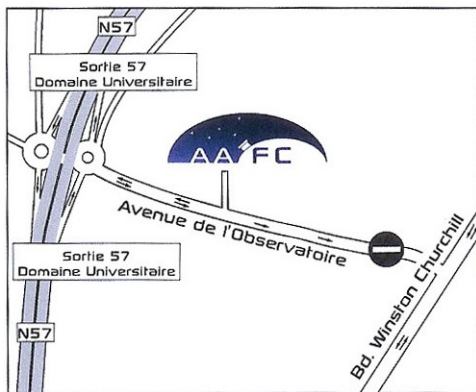
⁸ Subrahmanyan Chandrasekhar a reçu ce prix en 1983 pour ses travaux sur la structure interne des étoiles.

⁹ Le premier pulsar fut observé par Jocelyn Bell en Angleterre en 1967, année de la mort d'un cancer de la gorge d'Oppenheimer !



ASSOCIATION ASTRONOMIQUE DE FRANCHE-COMTE (AAFC)

L'association astronomique accueille ses adhérents tous les mardis soir de l'année, à 20 h 30 sauf en juillet et août. N'hésitez pas à venir nous rencontrer et à nous poser les questions qui vous intriguent.



Accès par la rocade, sortie «domaine universitaire», puis, avenue de l'observatoire, enfin, prendre à gauche au sommet de la côte

Les rencontres ont lieu au **siège de l'AAFC qui est l'Observatoire Jean-Marc Becker, 34 Avenue de l'Observatoire à Besançon**. Notre bâtiment est au bout de l'allée.

Les activités des mardis soir sont variées : observations astronomiques si le ciel est dégagé, exposés de vulgarisation, formation à l'utilisation d'un instrument ou à l'astrophotographie.

Pour connaître le planning de nos activités, consultez notre site : www.aafc.fr

Séances publiques et gratuites d'observations du ciel tous les premiers mardis de chaque mois de septembre à juin

Pour nous écrire ou recevoir par Internet notre lettre d'information qui paraît environ tous les deux mois, écrivez-nous sur contact@aafc.fr ou inscrivez-vous sur notre site. Désinscription sur simple demande.

Venez participer aux activités : observer et poser des questions, c'est GRATUIT ! Vous payerez la cotisation plus tard si vous êtes satisfait ! 40 € pour les adultes et 25 € pour les scolaires et les étudiants.

L'Astronomie, la mère de toutes les sciences, intéresse un très large public : jeunes, adultes, retraités, de l'écolier à l'ingénieur. L'**AAFC** offre les possibilités de répondre aux besoins de ces différents publics, car ses membres sont tous passionnés du ciel et heureux de faire partager leur expérience.

À BIENTÔT, sur TERRE !