



Le ciel de décembre 2015

Les phénomènes du mois :

Les temps sont donnés en heure normale pour Nantes

jj hh:mm

- 01 21:25 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 03 08:40 DERNIER QUARTIER DE LA LUNE
- 03 20:47 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 04 04:41 Rapprochement entre la Lune et Jupiter (dist. topocentrique centre à centre = $2,2^\circ$)
- 05 15:56 Lune à l'apogée (distance géoc. = 404800 km)
- 06 17:36 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 07 06:13 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 09 13:01 Pluie d'étoiles filantes : Monocérotides (2 météores/heure au zénith; durée = 19,0 jours)
- 10 06:38 Opposition de l'astéroïde 16 Psyche avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,683 UA; magn. = 9,6)
- 10 20:11 Maximum de l'étoile variable zêta des Gémeaux
- 10 21:02 Rapprochement entre Mercure et M 8 (dist. topocentrique centre à centre = $1,3^\circ$)
- 11 06:38 Opposition de l'astéroïde 230 Athamantis avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,299 UA; magn. = 10,2)
- 11 11:29 NOUVELLE LUNE
- 12 11:49 Pluie d'étoiles filantes : Sigma Hydrides (3 météores/heure au zénith; durée = 11,0 jours)
- 12 19:52 Opposition de l'astéroïde 747 Winchester avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,062 UA; magn. = 10,3)
- 14 15:54 Pluie d'étoiles filantes : Géminides (120 météores/heure au zénith; durée = 12,0 jours)
- 15 08:04 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 15 17:34 Rapprochement entre Mercure et M 22 (dist. topocentrique centre à centre = $1,5^\circ$)

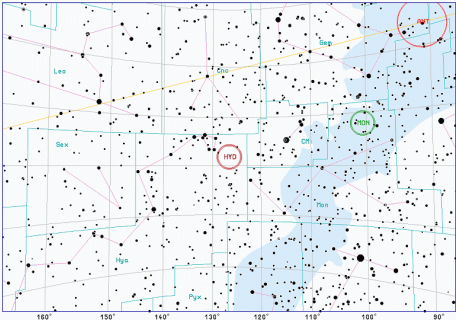
Sommaire:

- Le ciel du mois
- essaims étoiles filantes comètes
- Planètes,
- Carte du ciel
- La Lune
- L'Univers-Expansion
- Einstein:100 ans de Relativité Générale
- Des livres à lire

jj hh:mm

- 16 10:12 Pluie d'étoiles filantes : Coma Bérénicides (3 météores/heure au zénith; durée = 11,0 jours)
- 17 23:48 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 18 04:53 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 18 16:14 PREMIER QUARTIER DE LA LUNE
- 19 21:47 Rapprochement entre Mercure et Pluton (dist. topocentrique centre à centre = $3,8^\circ$)
- 20 08:31 Pluie d'étoiles filantes : Leo Minorides de déc. (5 météores/heure au zénith; durée = 61,0 jours)
- 20 23:48 Maximum de l'étoile variable zêta des Gémeaux
- 21 01:42 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 21 09:53 Lune au périgée (distance géoc. = 368417 km)
- 22 05:48 SOLSTICE D'HIVER
- 23 00:11 Pluie d'étoiles filantes : Ursides (10 météores/heure au zénith; durée = 9,0 jours)
- 23 08:36 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 23 19:02 Début de l'occultation de 87-alpha Tau, Aldébaran, (magn. = 0,87)
- 23 19:33 Rapprochement entre la Lune et Aldébaran (dist. topocentrique centre à centre = $0,0^\circ$)
- 23 20:05 Fin de l'occultation de 87-alpha Tau, Aldébaran, (magn. = 0,87)
- 23 22:31 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 24 00:18 Rapprochement entre Mars et Spica (dist. topocentrique centre à centre = $3,5^\circ$)
- 25 01:38 Début de l'occultation de 130 Tau (magn. = 5,47)
- 25 02:33 Fin de l'occultation de 130 Tau (magn. = 5,47)
- 25 12:11 PLEINE LUNE
- 25 23:20 Début de l'occultation de 26 Gem (magn. = 5,20)
- 25 23:29 Opposition de l'astéroïde 27 Euterpe avec le Soleil (dist. au Soleil = 1,940 UA; magn. = 8,9)
- 26 00:31 Fin de l'occultation de 26 Gem (magn. = 5,20)
- 26 19:21 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
- 28 17:24 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
- 29 03:17 Début de l'occultation de 5-xi Leo (magn. = 4,99)
- 29 04:29 Fin de l'occultation de 5-xi Leo (magn. = 4,99)
- 29 06:00 PLUS GRANDE ÉLONGATION EST de Mercure ($19,7^\circ$)
- 31 03:24 Maximum de l'étoile variable zêta des Gémeaux

Etoiles filantes essaims et Comètes



Les météores des sigia-Hydrides (HYD) sont très rapides, avec une vitesse de 58 km par seconde. Le taux horaire moyen est faible, avec environ 3 météores par heure au moment du maximum.

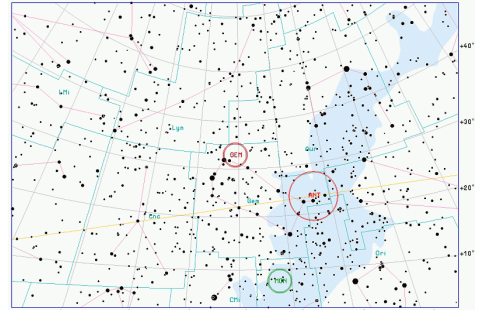
La découverte de cet essaim pourrait être attribuée à Richard E. McCrosky et Annette Posen. En 1961, ils ont édité une liste de 2529 orbites photographiques de météore qui avaient été calculées à partir des photographies de deux stations obtenues pendant le Harvard Meteor Project de 1952-1954. Ils ont identifié 7 de ces orbites comme indiquant un essaim produisant un radiant proche de *sigma Hydri*. Plus tard cette année-là, Luigi G. Jacchia and Fred L. Whipple ont édité une analyse de 413 orbites photographiques précises également obtenues pendant la période 1952-1954 et ont identifié 3 météores comme appartenant à cet essaim. La confirmation d'un essaim en Décembre de ce radiant a été faite par des observateurs à Waltair, Inde, au cours d'une étude d'essaims météoritiques mineurs dirigée par M. Srirama Rao, P. V. S. Rama Rao et P. Ramesh au cours de la période 1961-1967.

Une recherche à travers les précédents décomptes édités énumérant les radiants visuels révèle des indications occasionnelles de la présence de cet essaim dans la dernière moitié du 19ème siècle et même au 20ème siècle. Mais les séries d'observations les plus saisissantes extraites à partir de ces enregistrements plus anciens, sont les observations en 1937 faites par Cuno Hoffmeister dans le sud-ouest de l'Afrique de cinq météores appartenant aux sigma-Hydrides.

Période d'activité : du 03 au 15 Décembre Maximum : 11 Décembre Longitude solaire (lambda) : 260°
position du radiant au moment du maximum ascension droite (alpha) : 127° déclinaison (delta) : +02° Vitesse (en km/s) : 58
r : 3.0 ZHR : 3

Le radiant des Géminides (GEM) est situé au nord-ouest de l'étoile Castor (*Alpha Geminorum*) de magnitude visuelle 1.8. L'emplacement du radiant des Géminides, situé à quelques degrés de l'écliptique, a pour conséquence que l'essaim est également observable dans une grande partie de l'hémisphère sud. Les météores ont une vitesse moyenne d'environ 35 km par seconde.

Les premières indications de l'essaim météoritique des Géminides ont été publiées par le belge Adolphe Quetelet (1841-1861) qui mentionna une haute activité météoritique les 12-13 Décembre 1830 à Heiligenstadt (Allemagne), d'où 40 bolides avaient été signalés. En 1862, les observateurs ont pu voir environ 15 étoiles filantes par heure. Pendant plus d'un siècle, les astronomes ont cherché en vain la comète à l'origine de l'essaim.

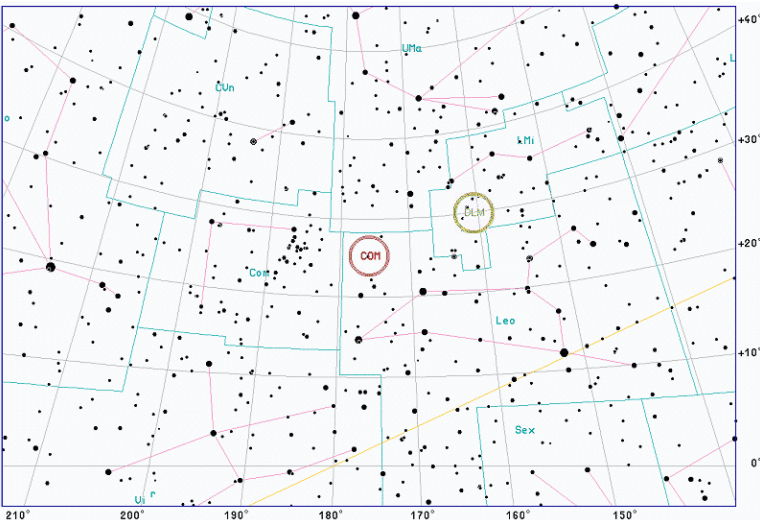


Finalement, c'est le 11 Octobre 1983 que le satellite IRAS découvre un astéroïde, répertorié 1983 TB et par la suite dénommé 3200 Phaeton, se déplaçant pratiquement sur la même orbite que l'essai. L'identification de l'astéroïde 3200 Phaeton comme étant probablement à l'origine de l'essai météoritique des Géminides a été faite en premier par Whipple (en 1983), confirmée par Gustavson (en 1989), Williams et Wu (en 1993). Au lieu de résoudre le problème de l'origine de l'essai, la découverte provoqua la surprise chez les astronomes et amplifia le mystère.

3200 Phaeton, un astéroïde de type Apollo, est catalogué comme potentiellement dangereux puisqu'il peut s'approcher de la Terre à une distance de seulement 8 fois la distance Terre-Lune. Mais s'agit-il réellement d'un astéroïde ? Il est en effet très rare qu'un astéroïde laisse des débris dans l'espace. Il est probable que 3200 Phaeton soit en fait une comète éteinte ou inactive, usée par ses passages répétés dans la banlieue du Soleil. Depuis sa découverte, 3200 Phaeton n'a toujours pas montré d'activité... et l'énigme reste entière.

Période d'activité : 04 au 17 Décembre Maximum : 13 Décembre Longitude solaire (lambda) : 262.2° position du radiant au moment du maximum ascension droite (alpha) : 112° déclinaison (delta) : +33° Vitesse (en km/s) : 35 r : 2.6 ZHR : 120
Comète associée : 3200 Phaeton (astéroïde).

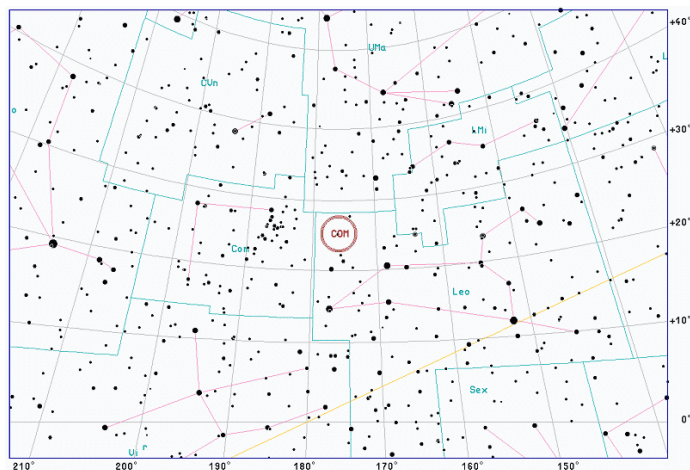
Les Léo-Minorides (LMI) sont très rapides, avec une vitesse d'environ 62 km par seconde. Le taux horaire moyen (ZHR) est d'environ 2 météores par heure au moment du maximum..



Les December Leonis Minorids (DLM) sont actives d'un radiant situé à l'est de Leo Minor, à dix degrés au nord-est de l'étoile Zeta Leonis. Le maximum d'activité se produit vers le 20 Décembre, avec des taux actuels d'environ un météore par heure depuis l'hémisphère nord et moins d'un par heure depuis l'hémisphère sud. Avec une vitesse de 64km/s, l'essaim produit essentiellement des météores rapides.

Les récentes données par vidéo obtenues sur plusieurs années ont permis de bien faire la distinction entre l'essaim des Coma Bérénicides (COM) et celui des December Leonis Minorids (DLM).

Période d'activité : du 05 Décembre au 04 Février
Maximum : 19 Décembre
Longitude solaire (lambda) : 268°
position du radiant au moment du maximum
ascension droite (alpha) : 161°
déclinaison (delta) : +30°
Vitesse (en km/s) : 64
r : 3.0
ZHR : 5
Comète associée : C/1798 X1 (Bourvard) ?



Le radiant de l'essaim des Coma Bérénicides (COM) est situé à environ 10 degrés au nord de la brillante étoile Denebola (*beta Leonis*) de la constellation du Lion. Le taux horaire moyen (ZHR) au moment du maximum est d'environ 3 météores par heure. Avec une vitesse d'environ 65 km par seconde, les météores sont très rapides.

La découverte de cet essaim météoritique vient du résultat des recherches d'essaims parmi les météores détectés par photographie durant le Harvard Meteor Project de 1952-1954. La première mention de l'existence de cet essaim a été faite par R. E. McCrosky et A. Posen en 1959. En 1973, A. F. Cook, B.-A. Lindblad, B. G. Marsden, McCrosky, et A. Posen isolèrent sept photographies de météores de la même collection de météores par Harvard, qui indiquaient un autre essaim que les Leo Minorides de Décembre. Ils notèrent que les orbites présentaient une forte ressemblance avec celles des Coma Berenicides de Janvier. En effet, les orbites des deux essaims sont si semblables que leur existence mutuelle ne peut être le fruit du hasard.

Ce qui rend cet essaim météoritique mineur spécialement intéressant est la similarité de son orbite avec l'orbite d'une comète non confirmée qui a été rapportée en 1912-1913. La comète a été officiellement désignée 1913 I et a été découverte dans les premières heures du 30 Décembre 1912, par B. Lowe, un astronome amateur dans le Sud de l'Australie. Lowe a réussi à poursuivre les observations le 02, 04, 05 et 09 Janvier, avant que la comète disparaisse dans les lueurs matinales. Toutefois, une malheureuse erreur de position dans l'annonce de Lowe par télégramme, lequel a été envoyé à l'Observatoire d'Adélaïde le 07 Janvier, a eu pour conséquence que les recherches entreprises les 08 et 11 Janvier n'ont rien révélé. Avec quatre positions qui pouvaient être déduites des observations approximatives de Lowe, A. C. D. Crommelin et M. Viljev ont pu calculer indépendamment des orbites presque identiques, excepté une variation de 40 degrés dans l'inclination de l'orbite.

La première mention de cette curieuse relation a été faite en 1954 par Fred L. Whipple. Dans un article présentant 144 orbites de météores photographiés obtenues de 1936 à 1951, par les appareils-photo du Harvard College Observatory, Whipple a identifié un météore avec une orbite semblable à celle de 1913 I, assez pour faire une association comète-météore "assez probable à part une incertitude dans l'inclination de l'orbite de la comète." Whipple a ajouté que "si les futures observations de météores confirment l'association, nous pouvons apprendre plus sur l'orbite de la comète Lowe par les études de météores que par ce que nous pouvons glaner de l'observation directe." La suggestion que les Coma Berenicides seraient associés à la comète Lowe a été également suggérée par McCrosky et Posen en 1959.

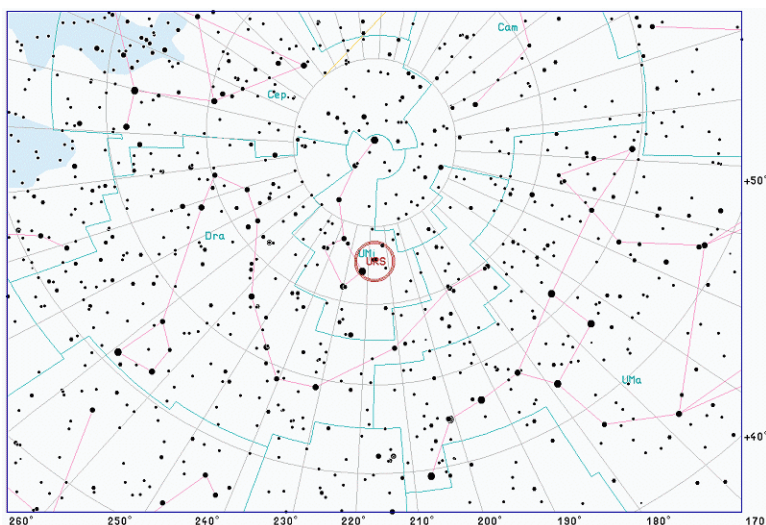
Période d'activité : du 12 au 23 Décembre Maximum : 15 Décembre Longitude solaire (λ) : 264° position du radiant au moment du maximum ascension droite (α) : 175° déclinaison (δ) : $+18^\circ$ Vitesse (en km/s) : 65 r : 3.0 ZHR : 3

Le radiant des Ursides (URS) est situé près de l'étoile Kochab de la Petite Ourse (*Ursa Minor*). Les météores ont une vitesse d'environ 33 km par seconde. Le taux horaire moyen (ZHR) est de 10 météores par heure au moment du maximum, mais occasionnellement, le ZHR peut atteindre 50 météores par heure. Plusieurs sursauts majeurs d'activité se sont produits dans les soixante dernières années, notamment en 1945 et 1986, et certaines années avec des taux moindres, comme en 1988, 1994 et 2000.

Les Ursides sont associés à la comète Méchain, désormais nommée 8P/Tuttle. Découverte par Pierre Méchain en 1790, cette comète a été redécouverte par Horace Parnell Tuttle en 1858 qui note une forte ressemblance avec la comète de 1790 après calcul des éléments orbitaux. Karl Christian Bruhns découvre également la comète quelques jours après Tuttle. Découverte à nouveau en 1871 par Alphonse Louis Nicolas Borrelly, par Friedrich August Theodor Winnecke, puis par Tuttle. la comète a été revue à chacun de ses retours, excepté en 1953.

Période d'activité : du 17 au 26 Décembre Maximum : 22 Décembre Longitude solaire (λ) : 270.7° position du radiant au moment du maximum ascension droite (α) : 217° déclinaison (δ) : $+76^\circ$ Vitesse (en km/s) : 33 r : 3.0 ZHR : 10

Comète associée : [8P/Tuttle](#) (période de 13.5 ans)



Visibilité des planètes

Mercure Difficile à voir au crépuscule mais gagne en hauteur le 29 dec idéal pour observer (Sagittaire)

Vénus : toujours bien visible en fin de nuit et à l'aube (Balance)

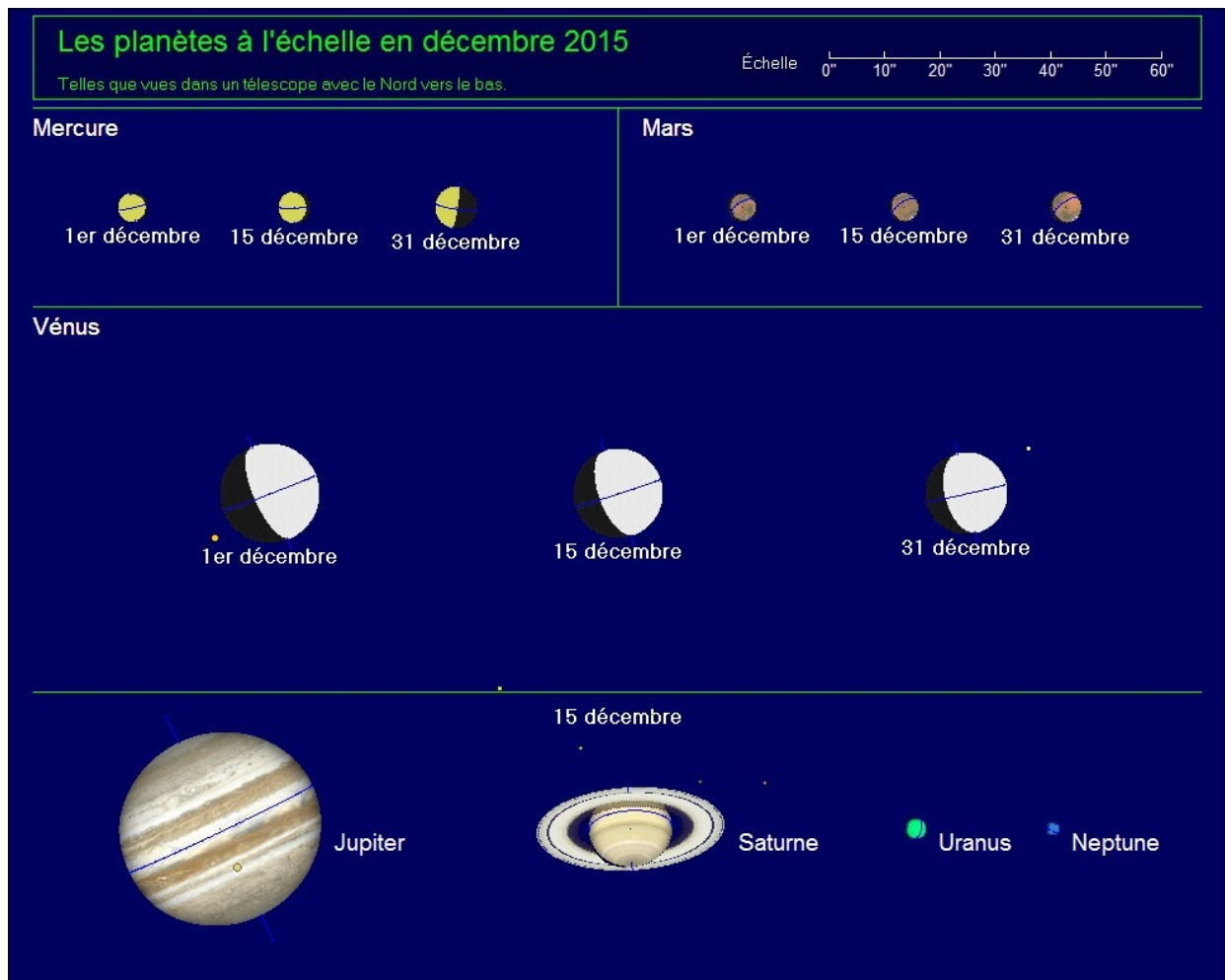
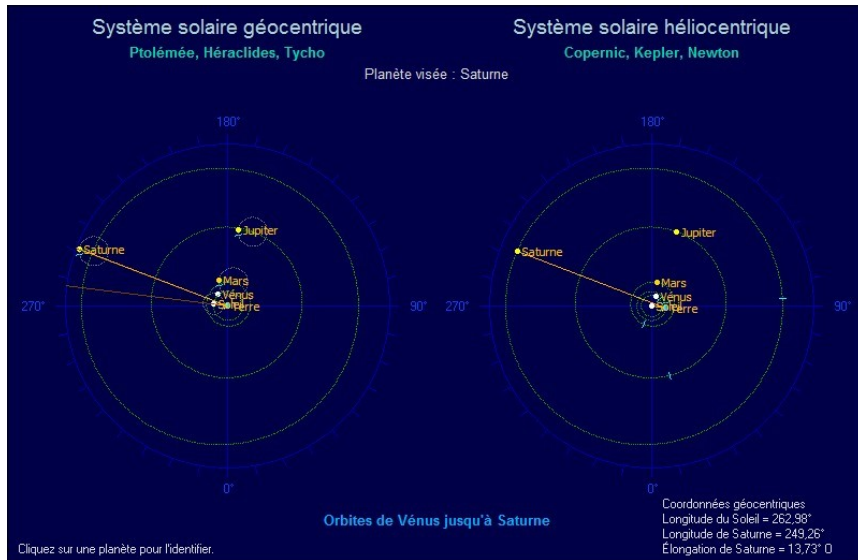
Mars taille apparente augmente mais toujours difficile à observer (Vierge)

Jupiter culmine en fin de nuit, sa taille apparente progresse commence à être bien situé (Lion)

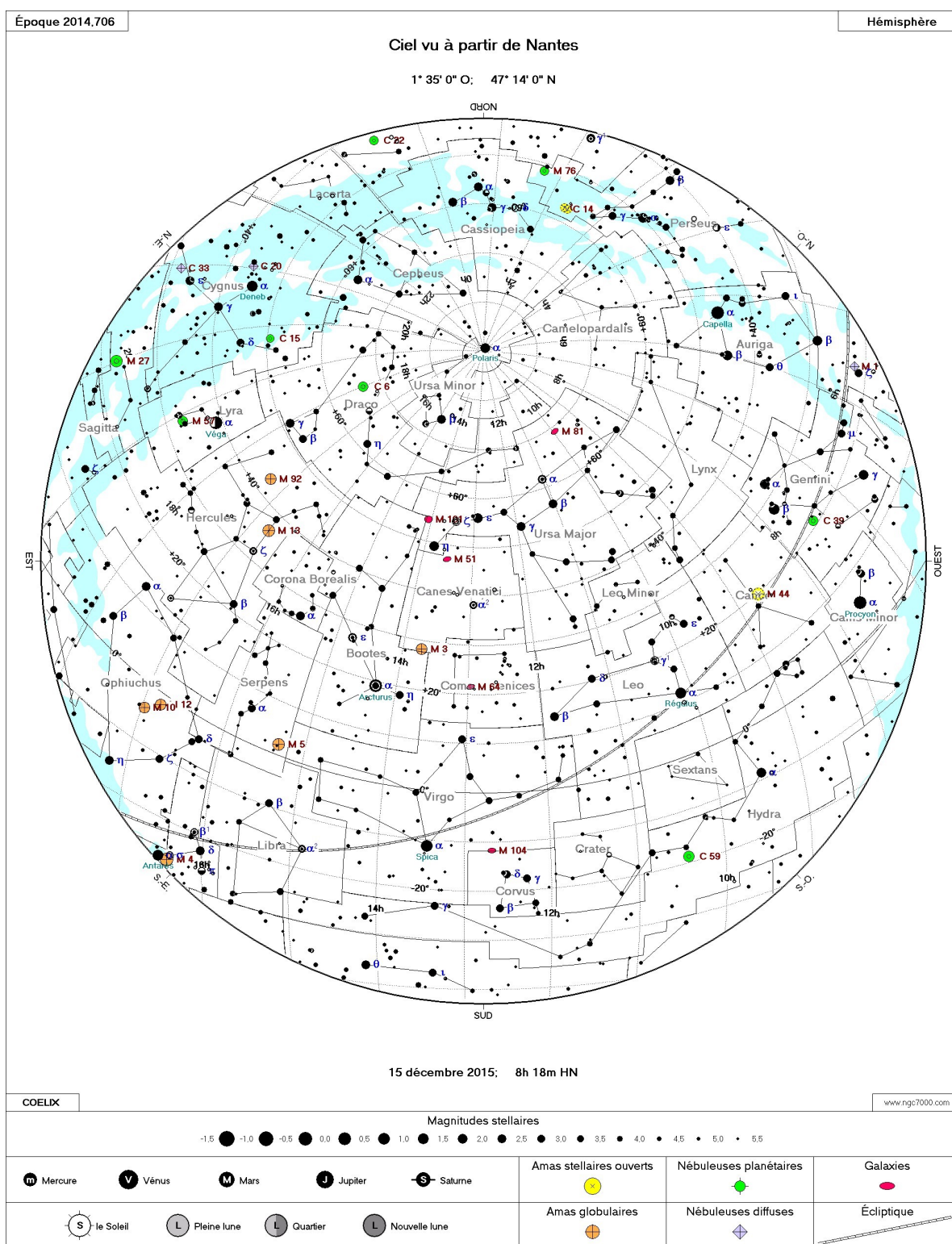
Saturne revient à l'aube mais trop basse (Ophiuchus)

Uranus : culmine en début de nuit (Poissons)

Neptune décline rapidement en début de nuit . (Verseau)



CARTE DU CIEL

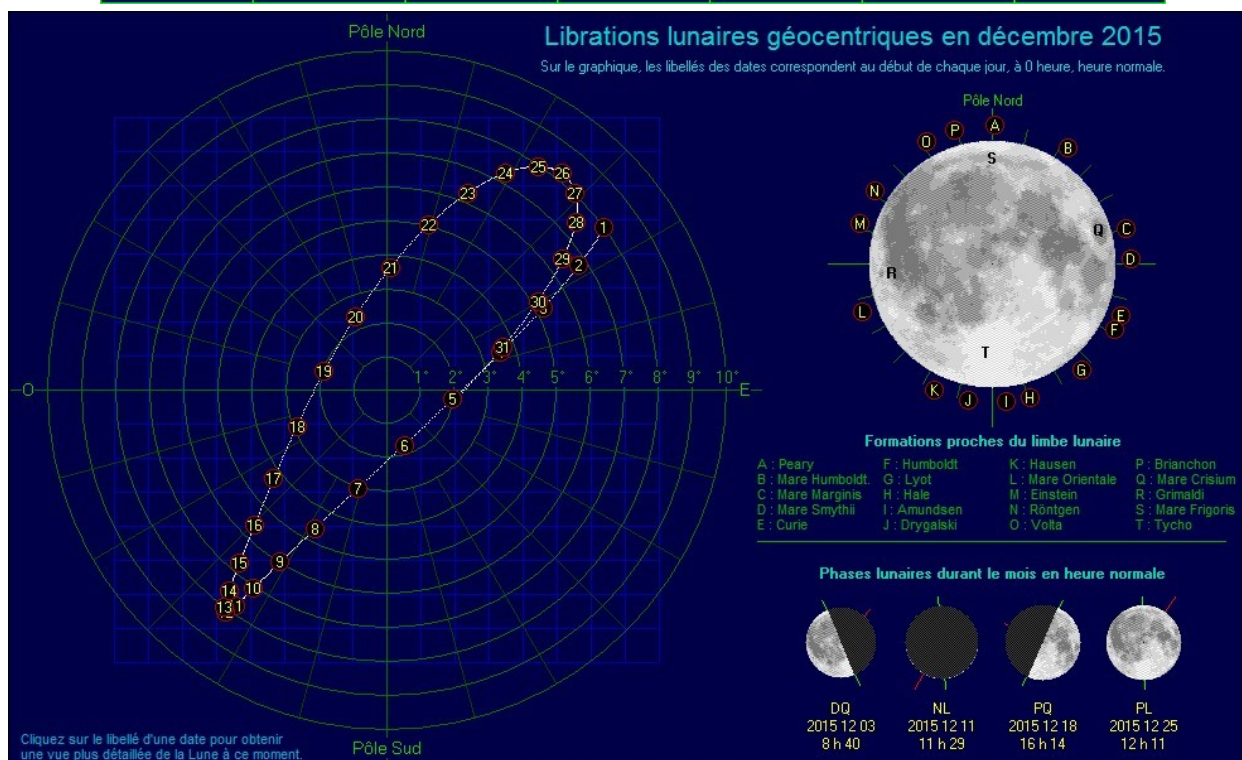
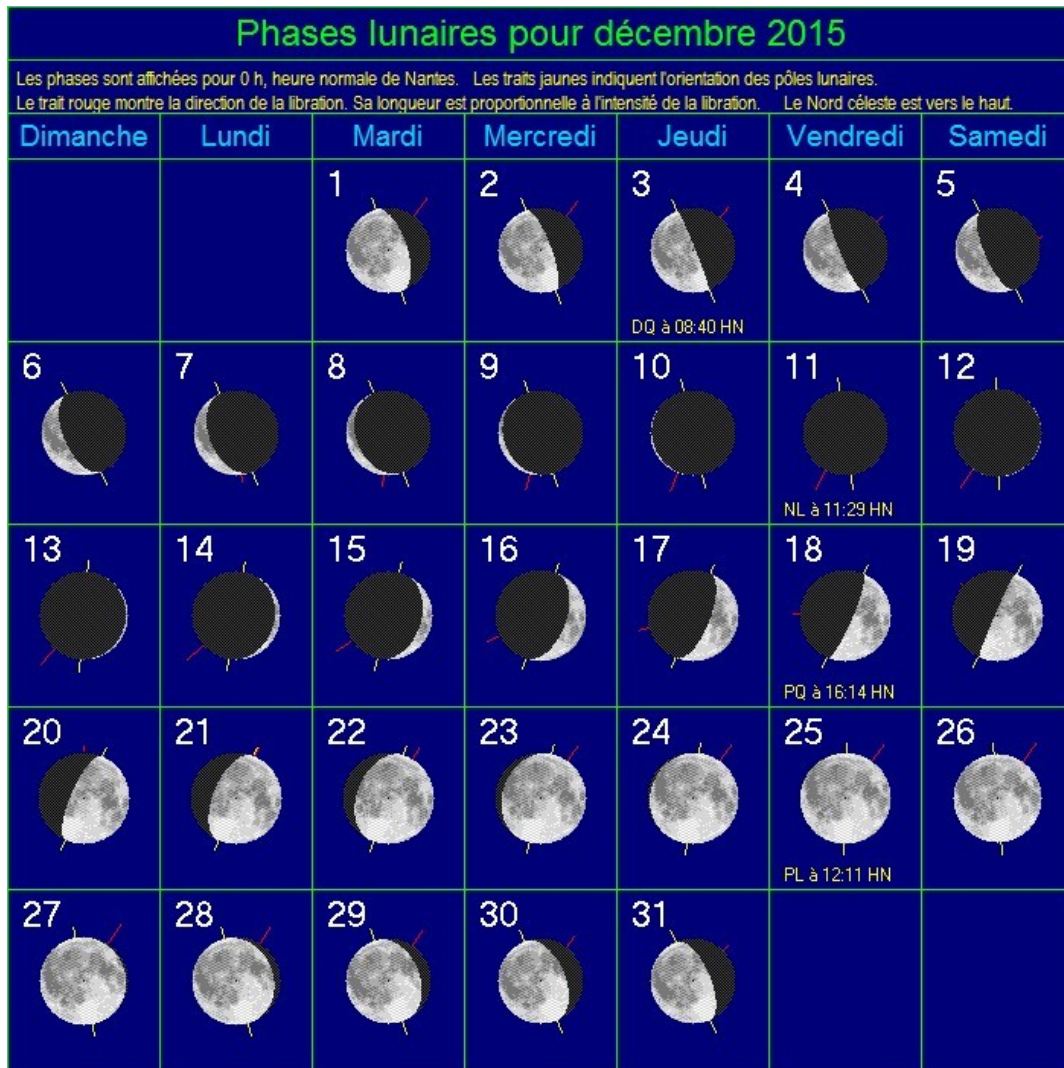


Comment utiliser la carte du ciel

Si par exemple vous observez vers l'ouest, tenez la carte devant vous en plaçant le mot ouest vers le bas. Les constellations dessinées au-dessus de l'horizon Ouest vous font face sur le ciel. Le centre de la carte correspond au zénith, le point situé au-dessus de votre tête.

Une constellation représentée à mi-distance du centre et du bord de la carte est donc à égale distance de l'horizon et du zénith.

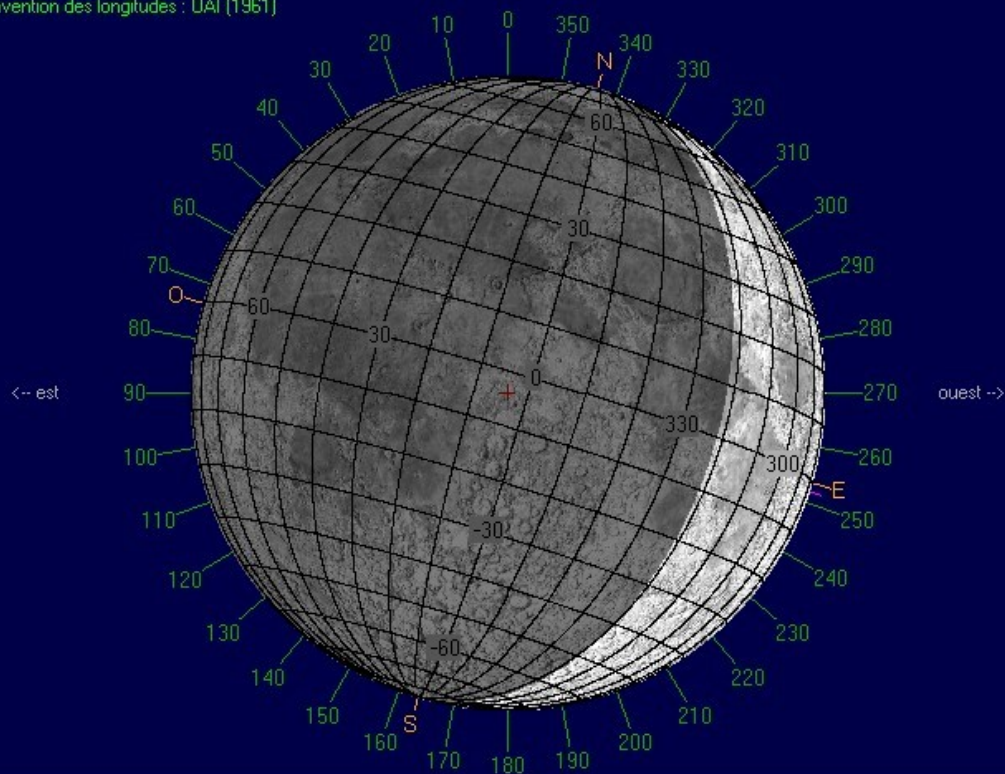
LA LUNE



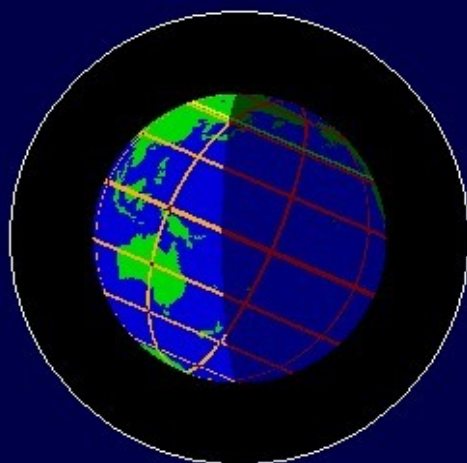
Carte de la Lune (vue topocentrique)

Angle de position du pôle Nord = $343,53^\circ$
 Angle de position du limbe éclairé = $251,80^\circ$
 Pourcentage d'illumination = 16,50%
 Convention des longitudes : UAI (1961)

Longitude sélénographique du centre du disque = $3,82^\circ$
 Latitude sélénographique du centre du disque = $-4,00^\circ$
 Longitude du terminateur du soleil levant = $321,74^\circ$



Système Soleil-Terre-Lune



Vue de la Terre à partir
du point vernal



Vue de la Lune
à partir de Nantes

Éphémérides topocentriques de la Lune

Les temps sont donnés en heure normale pour Nantes (1° 35' 0" O, 47° 14' 0" N, zone A).

Date	Heure	A. D. (2000.0)	Décl. (2000.0)	Const.	Dist. T.	Âge	Magn.	Diam.	Illum.	Élong.	Sépar.	Hauteur	Lever	Passage	Coucher
2015 12 01	00:00	8h 54m 49,3s	+13° 7' 26"	Cnc	389854	19j 5h 13m	-11,74	1839	71,8	115,8° O	115,7°	55,8°	23:19	05:32	12:39
2015 12 02	00:00	9h 44m 23,0s	+10° 9' 13"	Leo	395772	20j 5h 13m	-11,50	1812	62,4	104,3° O	104,3°	52,8°	06:19	13:10	
2015 12 03	00:00	10h 31m 43,4s	+6° 47' 57"	Leo	400738	21j 5h 13m	-11,24	1789	52,9	93,2° O	93,1°	49,4°	00:20	07:03	13:37
2015 12 04	00:00	11h 17m 28,4s	+3° 12' 44"	Leo	404508	22j 5h 13m	-10,96	1772	43,4	82,3° O	82,3°	45,8°	01:20	07:46	14:03
2015 12 05	00:00	12h 2m 19,8s	-0° 28' 39"	Vir	406954	23j 5h 13m	-10,67	1762	34,3	71,5° O	71,5°	42,1°	02:19	08:28	14:29
2015 12 06	00:00	12h 46m 59,5s	-4° 9' 10"	Vir	408052	24j 5h 13m	-10,35	1757	25,7	60,8° O	60,8°	38,4°	03:19	09:10	14:54
2015 12 07	00:00	13h 32m 7,5s	-7° 41' 56"	Vir	407874	25j 5h 13m	-10,00	1758	18,0	50,1° O	50,1°	34,8°	04:18	09:54	15:22
2015 12 08	00:00	14h 18m 19,3s	-10° 59' 34"	Vir	406561	26j 5h 13m	-9,62	1763	11,4	39,3° O	39,4°	31,5°	05:19	10:38	15:52
2015 12 09	00:00	15h 6m 3,7s	-13° 53' 58"	Lib	404309	27j 5h 13m	-9,19	1773	6,1	28,3° O	28,5°	28,6°	06:19	11:25	16:26
2015 12 10	00:00	15h 55m 39,2s	-16° 16' 16"	Lib	401339	28j 5h 13m	-8,72	1786	2,3	17,1° O	17,6°	26,2°	07:19	12:14	17:05
2015 12 11	00:00	16h 47m 9,6s	-17° 57' 22"	Oph	397875	29j 5h 13m	-8,23	1802	0,4	5,7° O	7,2°	24,4°	08:17	13:04	17:50
2015 12 12	00:00	17h 40m 22,1s	-18° 48' 57"	Oph	394117	0j 12h 31m	-8,27	1819	0,4	6,0° E	7,5°	23,5°	09:12	13:57	18:42
2015 12 13	00:00	18h 34m 48,3s	-18° 44' 51"	Sgr	390232	1j 12h 31m	-8,83	1837	2,6	17,9° E	18,4°	23,5°	10:02	14:50	19:40
2015 12 14	00:00	19h 29m 50,2s	-17° 42' 20"	Sgr	386336	2j 12h 31m	-9,37	1856	6,8	30,0° E	30,3°	24,5°	10:48	15:44	20:44
2015 12 15	00:00	20h 24m 51,2s	-15° 42' 48"	Cap	382508	3j 12h 31m	-9,87	1874	13,2	42,3° E	42,4°	26,5°	11:28	16:36	21:52
2015 12 16	00:00	21h 19m 25,8s	-12° 51' 45"	Aqr	378796	4j 12h 31m	-10,32	1893	21,3	54,8° E	54,9°	29,2°	12:04	17:29	23:01
2015 12 17	00:00	22h 13m 26,1s	-9° 17' 59"	Aqr	375248	5j 12h 31m	-10,73	1911	31,0	67,5° E	67,5°	32,7°	12:37	18:20	
2015 12 18	00:00	23h 7m 2,5s	-5° 12' 44"	Aqr	371931	6j 12h 31m	-11,09	1928	41,7	80,3° E	80,3°	36,7°	13:09	19:11	00:12
2015 12 19	00:00	0h 0m 39,4s	-0° 49' 1"	Psc	368959	7j 12h 31m	-11,42	1943	53,0	93,3° E	93,3°	40,9°	13:40	20:03	01:24
2015 12 20	00:00	0h 54m 49,0s	+3° 38' 49"	Psc	366497	8j 12h 31m	-11,70	1956	64,3	106,5° E	106,5°	45,2°	14:12	20:56	02:37
2015 12 21	00:00	1h 50m 3,4s	+7° 55' 5"	Psc	364757	9j 12h 31m	-11,95	1966	75,0	119,9° E	119,8°	49,2°	14:47	21:50	03:50
2015 12 22	00:00	2h 46m 44,9s	+11° 43' 20"	Ari	363968	10j 12h 31m	-12,18	1970	84,3	133,3° E	133,2°	52,6°	15:26	22:45	05:03
2015 12 23	00:00	3h 44m 56,5s	+14° 47' 29"	Tau	364333	11j 12h 31m	-12,37	1968	91,7	146,8° E	146,5°	55,4°	16:10	23:42	06:14
2015 12 24	00:00	4h 44m 14,5s	+16° 53' 47"	Tau	365977	12j 12h 31m	-12,54	1959	96,9	160,3° E	159,6°	59,7°	16:59	07:20	
2015 12 25	00:00	5h 43m 49,0s	+17° 53' 27"	Tau	368911	13j 12h 31m	-12,68	1943	99,5	173,5° E	171,5°	60,7°	17:55	00:40	08:21
2015 12 26	00:00	6h 42m 35,3s	+17° 44' 27"	Gem	373006	14j 12h 31m	-12,67	1922	99,5	173,4° O	171,6°	60,5°	18:56	01:36	09:13
2015 12 27	00:00	7h 39m 32,5s	+16° 31' 40"	Gem	378002	15j 12h 31m	-12,49	1897	97,0	160,7° O	160,2°	59,2°	19:58	02:30	09:58
2015 12 28	00:00	8h 34m 0,2s	+14° 25' 6"	Cnc	383538	16j 12h 31m	-12,30	1869	92,5	148,4° O	148,2°	57,1°	21:02	03:22	10:37
2015 12 29	00:00	9h 25m 45,3s	+11° 37' 10"	Leo	389195	17j 12h 31m	-12,10	1842	86,3	136,6° O	136,5°	54,3°	22:04	04:10	11:10
2015 12 30	00:00	10h 14m 59,0s	+8° 20' 19"	Leo	394552	18j 12h 31m	-11,89	1817	78,8	125,0° O	125,0°	51,0°	23:06	04:56	11:39
2015 12 31	00:00	11h 2m 9,6s	+4° 45' 39"	Leo	399220	19j 12h 31m	-11,67	1796	70,3	113,8° O	113,8°	47,4°	05:41	12:06	

Découvrir l'Univers : Univers - Expansion

La récession des galaxies

En 1912, l'astronome américain Vesto Slipher commença à l'observatoire Lowell une étude du spectre des galaxies les plus brillantes. Ceci n'était pas une mince affaire car même les galaxies les plus lumineuses ont une luminosité totale très faible et le fait de décomposer la lumière en ses différentes longueurs d'onde n'arrangeait rien. Il fallait ainsi plusieurs nuits d'observation à l'époque pour obtenir le spectre d'une seule galaxie.

En analysant ses résultats, Vesto Slipher constata que les quelques raies présentes dans les spectres se trouvaient déplacées par rapport à leur position théorique, ce qu'il interpréta comme un effet de la vitesse des galaxies. En effet les raies spectrales d'un objet changent légèrement de longueur d'onde lorsque le corps est en mouvement. D'après le décalage, Slipher pouvait donc déterminer la vitesse relative de ces galaxies par rapport à la nôtre. Il trouva ainsi par exemple que la galaxie d'Andromède se rapprochait de nous à une vitesse de l'ordre de 300 kilomètres par seconde.

Mais son résultat final était plus étonnant : il obtenait 11 décalages vers le rouge et quatre vers le bleu, soit beaucoup plus de galaxies s'éloignant de nous que de galaxies se rapprochant de nous. Ce résultat était très étrange. En effet, si les mouvements des galaxies se faisaient de façon aléatoire et sans direction privilégiée, il y aurait dû y avoir autant de décalages vers le bleu que vers le rouge. Les observations de Slipher avaient donc une signification profonde et devaient nous apprendre quelque chose de fondamental sur la dynamique de l'Univers. La révélation n'eut cependant pas lieu à ce moment car l'échantillon de galaxies n'était pas suffisamment grand pour être vraiment significatif.

La loi de Hubble

En 1917 s'acheva la construction du télescope de 2,50 mètres du mont Wilson. Ceci permit à un autre américain, Milton Humason, de se mettre au travail sur le même sujet avec plus d'efficacité et une vitesse accrue. En effet, le pouvoir collecteur, c'est-à-dire la quantité de lumière collectée par un instrument, augmente avec la surface de l'ouverture du télescope, si bien que l'on obtient beaucoup plus rapidement un bon spectre avec un grand télescope qu'avec un petit.

A la même époque, Edwin Hubble, dans le même observatoire, continuait ses travaux sur les distances aux galaxies proches en utilisant la relation entre période et luminosité des céphéides. C'est en comparant ses résultats sur les distances et ceux de Milton Humason sur les vitesses, qu'il fit la découverte qui allait révolutionner l'astronomie.

Il constata qu'en ne tenant pas compte des galaxies les plus proches, qui se déplaçaient de manière plus ou moins aléatoire, il apparaissait que toutes les galaxies s'éloignaient de nous. De plus, ceci se faisait en suivant une règle très précise : la vitesse de récession d'une galaxie était proportionnelle à sa distance à la Voie Lactée. Ainsi, une galaxie deux fois plus éloignée qu'une autre, s'éloignait deux fois plus vite, une propriété maintenant connue sous le nom de loi de Hubble.

Edwin Powell Hubble : Marshfield, 1889 - San Marino, 1953



L'expansion de l'Univers

La découverte de Hubble fut l'un des grands moments de l'histoire de l'astronomie. La loi de proportionnalité entre distance et vitesse prouvait que la récession des galaxies ne correspondait pas à un mouvement par rapport à un espace statique, mais au contraire à une expansion de l'Univers lui-même. Le décalage vers le rouge était lié à la dilatation de l'espace, pas à un déplacement véritable des galaxies.

Pour mieux le visualiser, nous pouvons faire appel à une analogie à une dimension : un simple élastique. Pour représenter les galaxies, marquons quatre points équidistants A, B, C et D. L'expansion de l'Univers se simule alors simplement en étirant l'élastique. Les points s'éloignent les uns des autres sans pour autant se déplacer par rapport à l'élastique. De la même façon, les galaxies ne se déplacent pas par rapport à l'espace, mais sont entraînées par le mouvement d'expansion de l'Univers.

Pour visualiser la loi de Hubble, plaçons nous maintenant au point A et observons le mouvement apparent des autres points. Ceux-ci ne s'éloignent pas tous à la même vitesse : C a l'air de fuir deux fois plus vite que B et D trois fois plus vite que B. La vitesse de récession est donc proportionnelle à la distance et nous retrouvons bien la loi de Hubble.

Une conclusion erronée que l'on risque de tirer sur l'expansion est l'existence d'un centre. En effet, il semble à première vue que toutes les galaxies s'éloignent de nous, ce qui peut laisser supposer que la Voie Lactée est un lieu privilégié, une sorte de centre de l'Univers. Cette conclusion est totalement fausse. Revenons à notre élastique et tirons de nouveau dessus. Plaçons-nous cette fois-ci au point B : A et C semblent s'éloigner dans des directions opposées, à la même vitesse, alors que D s'éloigne au double de cette vitesse. Ainsi, B a l'impression d'être au centre de l'expansion. Plaçons-nous alors au point C : les points B et D fuient dans des directions opposées à la même vitesse, et A au double de celle-ci.

La situation est donc exactement la même, quelle que soit notre position. L'explication est simple : en fait, il n'y a pas de centre. Le fait que l'un des points voie tous les autres s'éloigner ne signifie pas qu'il se trouve au centre de l'expansion. De même, l'expansion de l'Univers ne possède pas de centre. La Voie Lactée n'est pas un lieu privilégié et toutes les galaxies occupent des positions équivalentes.

Un Univers non éternel

Comme Edwin Hubble l'a découvert au début du siècle dernier, les galaxies s'éloignent les unes des autres et l'Univers est en expansion. Imaginons qu'il soit possible d'inverser le cours des choses et de remonter dans le temps. Au lieu de s'éloigner, les galaxies se rapprocheraient les unes des autres et l'Univers semblerait être en contraction. La distance moyenne entre les galaxies diminuerait fortement et, si nous pouvions remonter loin dans le temps, il arriverait un moment où toutes les galaxies se confondraient.

Cette description est évidemment un peu naïve car elle suppose que les galaxies et leur environnement ne sont pas affectés par la contraction, mais elle met en évidence le fait qu'il n'est pas possible de remonter de façon arbitraire dans le passé sans heurter une limite. L'Univers dans lequel nous vivons n'a pas toujours existé. Cet instant où toutes les galaxies se confondent correspond à la naissance de l'Univers, communément qualifiée de Big Bang. Contrairement à ce que les plus grands physiciens, de Newton à Einstein, pensaient, l'Univers n'est pas invariable dans le temps et n'a pas toujours existé. Au contraire, il possède une histoire que l'on pourrait qualifier de relativement courte, puisqu'elle ne dure que depuis environ 13,7 milliards d'années.

Le paradoxe d'Olbers expliqué

Le fait que l'Univers ait un âge fini apporte un éclairage nouveau sur un problème relativement ancien d'abord posé par Kepler et repris en termes plus précis par Heinrich Olbers en 1826. Ce problème est connu sous le nom de paradoxe d'Olbers et s'énonce ainsi : pourquoi le ciel est-il noir la nuit ? A première vue, la réponse à cette question est évidente, mais c'est en analysant le problème plus en détail qu'apparaît le paradoxe.

Imaginez que vous vous trouviez au centre d'une forêt, entouré d'une multitude d'arbres. Entre les troncs relativement proches, vous pouvez apercevoir des arbres plus éloignés. Entre les interstices laissés par ces derniers, vous pouvez distinguer quelques arbres encore plus lointains, et ainsi de suite. Mais vous ne pouvez guère continuer très longtemps. Quelle que soit sa direction, votre regard finit toujours par rencontrer un arbre et vous ne pourrez donc observer ni les limites de la forêt, ni ce qu'il y a au-delà.

Jusqu'au début du XXe siècle, les astronomes considéraient que la situation était équivalente si l'on considérait les étoiles dans l'Univers. A cette époque, l'Univers était considéré comme statique, éternel, homogène et infini. Avec ces propriétés, les étoiles de l'Univers devaient se comporter comme les arbres de la forêt. Notre regard, peu importe sa direction, finissait toujours par aboutir à une étoile. Tous les points de la voûte céleste devaient donc briller et, par conséquent, le ciel nocturne aurait dû présenter une forte luminosité plus ou moins uniforme. Ceci n'était évidemment pas le cas, d'où le paradoxe.

Olbers proposa l'explication suivante au paradoxe en 1826 : le ciel nocturne était noir parce que la matière interstellaire absorbait le rayonnement des étoiles et affaiblissait donc la lumière des corps les plus lointains. Malheureusement, comme le stipule la thermodynamique, l'énergie doit toujours se conserver. Ainsi, le rayonnement absorbé par le milieu interstellaire devait être réémis sous une forme ou une autre et l'explication d'Olbers ne tenait pas. Une autre explication consista à dire que les étoiles n'étaient pas réparties uniformément puisqu'elles se regroupaient dans des galaxies. Mais cette solution n'était pas non plus satisfaisante car le raisonnement menant au paradoxe pouvait très bien s'appliquer aux galaxies elles-mêmes.

C'est en fait dans l'âge fini de l'Univers qu'il faut chercher la solution au paradoxe d'Olbers. En effet, comme l'Univers n'est âgé que d'environ 13,7 milliards d'années, la lumière n'a pu parcourir depuis sa naissance qu'une distance finie, à peu près 13,7 milliards d'années-lumière, et il nous est impossible d'observer des objets plus éloignés que cette valeur maximale. L'explication du paradoxe devient alors très simple : les galaxies qui sont au-delà de 13,7 milliards d'années-lumière nous sont inaccessibles et ne contribuent à la brillance du ciel. Il reste donc des directions de la voûte étoilée dans lesquelles notre regard ne rencontre absolument rien. Le raisonnement d'Olbers ne tient plus et le paradoxe est levé : le ciel est noir pendant la nuit car il reste un grand nombre d'intervalles sombres dans la distribution des galaxies.

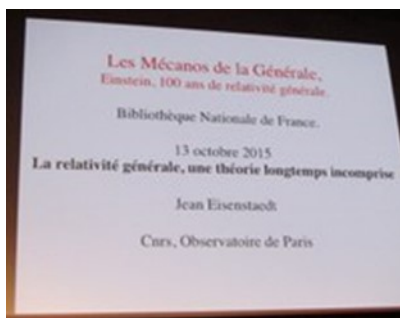
Remarquons encore qu'une deuxième explication vient se greffer à la précédente. Du fait de l'expansion de l'Univers, le rayonnement provenant des galaxies lointaines est affaibli par le décalage vers le rouge. Cela signifie que plus une galaxie est éloignée, plus sa contribution à l'éclat du ciel est faible. Ainsi, même en très grand nombre, les galaxies lointaines sont incapables d'augmenter de façon significative la luminosité du ciel nocturne.

A SUIVRE

Auteur : Olivier Esslinger

La Relativité Générale, une théorie longtemps comprise

Pour le centenaire de la publication de la relativité générale, la Bnf organise un cycle de conférences "Les Mécanos de la Générale, cent ans après la Théorie de la Gravitation d'Einstein" . Vous trouverez ici un résumé de la conférence donnée par Jean Eisenstaedt (CNRS Observatoire de Paris) le 13 octobre 2015 **"La Relativité Générale, une théorie longtemps comprise"**



Jean Eisenstaedt (J.E.) est un historien de la RG et en tant que tel il construit son intervention sur de nombreuses citations de contemporains d'Einstein. Ces citations font l'objet de projections vidéo qu'il commente.

Le Colloque de Berne 1955 commémore les cinquante ans de la RR ; mais c'est la RG qui est à l'honneur. Einstein vient de mourir.

J.E. fait observer que la RG « *marche du tonnerre* » pour expliquer l'anomalie du périhélie de Mercure, qui correspond à une valeur extrêmement petite (moins d'une minute par siècle), exactement 43 secondes d'arc.

Max Born raconte qu'en 1913, pendant sa lune de miel et au grand dam de son épouse, il lisait pendant des heures des tirés à part des articles d'Einstein. « *Ces papiers me semblaient fascinant, mais difficiles et presque effrayants. Les fondations de la relativité générale m'apparaissaient alors, et encore aujourd'hui, comme le plus grand exploit de la pensée humaine quant à la Nature, la plus stupéfiante association de pénétration philosophique, d'intuition physique et d'habileté mathématique. Mais ses liens à l'expérience étaient ténus. Cela me séduisait comme une grande œuvre d'art que l'on doit apprécier et admirer à distance.* »

De Newton à Einstein

Au début du XX^e siècle, avec la théorie universelle de la gravitation, tout allait bien, à part la toute petite anomalie du périhélie de Mercure. On supposait que cette anomalie serait bientôt résolue, par exemple en découvrant une petite planète perturbatrice.

Mais pour Einstein il est insupportable d'utiliser deux cinématiques différentes pour combiner des vitesses celle de Galilée d'une part et celle de la théorie électrodynamique de Maxwell dans laquelle la vitesse de la lumière dans le vide est indépendante du référentiel.

La Relativité Générale, épistémologie et mathématiques

Max Laue écrit en 1959 au sujet de la RG : « *Lentement, mais sûrement, un monde nouveau s'ouvrait devant moi. Je dus y consacrer bien des efforts [...]. Tout spécialement des difficultés d'ordre épistémologique me mettaient fort dans l'embarras. J'estime n'en être venu à bout qu'à partir de 1950, à peu près* »

Albert Einstein lorsqu'il était étudiant au Polytechnicum de Zürich était considéré par Minkowski, son professeur de mathématique, comme plutôt « *fainéant* » cependant le 15 octobre 1907 il lui écrit : « *j'ai été heureux d'entendre de différents milieux le grand intérêt qui s'exprimait quant à vos succès scientifiques* ». Lui-même se préoccupe de la structure de l'espace-temps et du temps propre.

Mais Einstein a du mal à suivre et il écrit à Sommerfeld : « *Depuis que les mathématiciens ont envahi la théorie de la relativité, je n'y comprends moi-même plus rien* » Heureusement qu'un de ses amis d'étude au polytechnicum de Zürich, Marcel Grossman, spécialiste de la géométrie riemannienne, lui apportera une aide précieuse.

Relativité Générale, articulant un principe et des mesures ultra précises

Elle repose sur le principe d'équivalence. L'expérience montre que tous les corps tombent de la même manière. Par conséquent dans un ascenseur qui tombe en chute libre il n'y a plus de gravitation. La force d'accélération est identique à la force de gravitation, il y a équivalence totale entre les deux. Einstein suppose que tous les repères accélérés ou non sont équivalents et pas seulement les systèmes inertiels.

Max Planck pour sa part considère qu'Einstein perd un peu son temps, il lui écrit en 1907 : « *Tout est maintenant si bien ficelé, pourquoi vous inquiétez-vous de ces problèmes ?* ». « *Je préfère vous mettre en garde en tant que vieil ami expérimenté. Pour commencer, vous n'y arriverez pas. Et même si vous y arrivez, personne ne vous croira !* »

A l'époque Einstein pense déjà aux trois tests devenus classiques :

- L'avance du périhélie de Mercure
- La prédiction de la déviation de la lumière par un astre
- Le décalage des raies spectrales par la gravitation

C'est la prédiction de l'avance du périhélie de Mercure qui constitue la « pierre de touche » de la RG. Le 9 décembre 1915 il écrit à Sommerfeld : « *Le résultat du mouvement du périhélie de Mercure me donne une grande satisfaction. Comme nous est utile la précision pédantesque de l'astronomie dont je me suis souvent moqué dans mon for intérieur !* »

Il détermine la déviation de la lumière en théorie newtonienne ; puis il montre que cette déviation doit avoir une valeur double dans le cadre de la RG.

Lors de l'éclipse de 1919 la déviation de la lumière au bord du Soleil est mesurée à Sobral au Brésil et en Afrique. Et c'est la gloire !

Le CR de l'expédition à la Royal Society fut dithyrambique : « *L'atmosphère d'intense émotion fut précisément celle du drame grec. Nous formions le chœur qui commente les décrets du destin, tels qu'ils sont révélés par le cours de l'événement suprême. Il y avait un élément dramatique dans le très scénique, très traditionnel cérémonial avec, en arrière-plan, le portrait de Newton pour nous rappeler que la plus grande des généralisations de la science venait maintenant, après plus de deux siècles, de recevoir sa première modification. Nul intérêt personnel ne se trouvait en jeu : une grande aventure de la pensée venait enfin d'aborder heureusement au rivage.* » (Whitehead 1926)

Une théorie controversée

Par la suite, on trouvera pourtant que ces observations ne sont pas très convaincantes et seule l'explication de l'anomalie du périhélie de Mercure résistera aux critiques. Ce qui explique la longue traversée du désert de la RG entre 1920 et 1970 comme l'atteste le relevé chronologique du nombre total de publications sur le sujet présenté par le conférencier.

D'une poignée d'irréductibles à une reconnaissance générale

« Vous n'aviez qu'à savoir ce que faisaient **vos six meilleurs amis** et vous saviez tout ce qui se passait en relativité générale » (Bermann)

« Nous, qui travaillions dans ce domaine, étions plutôt mal vus par les autres physiciens. Einstein lui-même me faisait souvent remarquer « dans Princeton, ils me considèrent **comme un vieux fou** »

« La théorie de la relativité n'étais pas très estimée à l'Ouest et mal vue à l'Est » (Infeld 1964)

Mais en 1959, une nouvelle preuve expérimentale, l'expérience de Pound et Rebka change la donne.

Il s'agit de l'expérience permettant de vérifier le décalage spectral gravitationnel.

"Voici des jours excitants ! La théorie de la gravitation d'Einstein, sa théorie générale de la relativité de 1915, est passée du royaume des mathématiques à celui de la physique. Après quarante ans de vérifications astronomiques pauvrement clairessemées, de nouvelles expériences terrestres sont possibles ». (Schild 1960)

Cécile de Witt: "L'histoire de la transformation prodigieuse de la Relativité Générale pendant ces dix dernières années est chose connue ; d'un bras mort où quelques théoriciens poursuivaient leurs recherches, elle est passée aux avant-postes, en pleine effervescence, qui attire un nombre croissant de jeunes talents, ainsi que de crédits importants destinés aux recherches expérimentales" (De Witt 1973).

Bernard Schutz 2012 : " Mon analyse c'est que la relativité générale n'a pas été une théorie physique achevée avant les années 70." (Bernard Schutz 2012).

Il reste pourtant des réticences

"De tous les physiciens, le relativiste est le moins engagé socialement. Il est le grand spécialiste en théorie de la gravitation et la gravitation est socialement signifiante, mais il n'est pas consulté pour la construction d'une tour, d'un pont, d'un bateau, ou d'un avion et même les astronautes peuvent se débrouiller sans lui jusqu'à ce qu'ils se demandent dans quel éther voyagent leurs signaux [...]

Couper les cheveux en quatre dans une tour d'ivoire n'est pas du goût de tout le monde, et sans aucun doute plus d'un relativiste attend le jour où le gouvernement lui demandera son opinion sur les questions importantes. Mais que signifie « important » ? La science a une double visée, comprendre la nature et la conquérir, mais pour ce qui concerne la vie intellectuelle de l'homme c'est sûrement la compréhension qui est la chose la plus importante. Alors laissons le relativiste rejoindre sa tour d'ivoire où il a la paix pour chercher à comprendre la théorie d'Einstein aussi longtemps que ce monde mouvementé se satisfera de faire ses affaires sans lui" (Synge 1960).

Le cycle de conférence à la **Bibliothèque nationale de France François Mitterrand**

par Christian Larcher

Cycle de conférences

Les mécanos de la Générale : Einstein, 100 ans de relativité générale

Novembre 1915. Einstein publie sa théorie de la relativité générale. La révolution qu'elle implique se fera attendre un demi-siècle. Basée sur une mathématique complexe, obscure pour beaucoup, elle prend la place de la théorie de la gravitation de Newton dont elle remet en cause la plupart des concepts. Intégrant la relativité restreinte, et donc la lumière, elle rend enfin compte du mouvement de Mercure et prédit la déviation gravitationnelle de la lumière observée en 1919. Longtemps ce sera une théorie mal aimée, boudée, peu utile. La cosmologie relativiste qu'Einstein met en place dès 1917 permettra de mieux la comprendre, de la « travailler ». Il faudra néanmoins attendre les années 60-70 pour qu'elle trouve, bien au-delà de la banlieue solaire, son champ d'application, l'univers, l'astrophysique relativiste avec ses objets étranges, quasars, pulsars étoiles à neutron, et les trous noirs... Mais ce n'est qu'une halte vers une théorie unitaire des interactions physiques.

La naissance de la théorie de la gravitation d'Einstein

Jürgen Renn, Institut Max-Planck d'histoire des sciences, Berlin Jürgen Renn analysera les origines de la relativité générale dans le contexte de la physique contemporaine de l'époque et le rôle d'Einstein, en particulier à travers ses cahiers de recherche et sa correspondance. La genèse de la théorie de la gravitation d'Einstein apparaît ici comme une transformation du savoir de la physique classique.

La relativité générale, une théorie longtemps incomprise

Jean Eisenstaedt, CNRS/Observatoire de Paris La relativité générale, ce fut pour beaucoup un choc. Basée sur une mathématique très technique, cette nouvelle théorie de la gravitation remettait en cause l'ensemble des concepts newtoniens mais sans proposer de résultats physiques essentiels. Les réactions furent nombreuses, diverses et parfois peu amènes... Une longue traversée du désert jusqu'à son renouveau dans les années soixante.

Georges Lemaître et la cosmologie relativiste

Dominique Lambert, Université de Namur (Belgique) Membre de l'Académie royale des sciences de Belgique, Dominique Lambert retracera l'histoire des modèles cosmologiques de Georges Lemaître. Il montrera comment toute l'œuvre scientifique du « père du Big Bang » prend sa source et trouve son unité dans son modèle d'univers et comment ces considérations cosmologiques ont permis de mieux comprendre la relativité générale.

La relativité générale et l'expérience : du système solaire aux trous noirs

Par Clifford Will, Université de Floride (États-Unis) Membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis, Clifford Will passera en revue les succès observationnels et expérimentaux de la théorie de la relativité générale, de la trajectoire de Mercure au GPS, en passant par la déflexion de la lumière, le décalage des raies.... Il décrira ensuite les programmes de recherche qui visent à vérifier deux prédictions essentielles de la théorie, à savoir la détection des ondes gravitationnelles ainsi que celle des trous noirs.

La cosmologie relativiste aujourd'hui

Jean-Philippe Uzan, CNRS/Institut d'Astrophysique de Paris La cosmologie a établi un modèle « standard » très efficace, en accord avec l'ensemble des données observationnelles. Directeur de recherche au CNRS, spécialiste de cosmologie théorique, Jean-Philippe Uzan parcourra les grandes étapes de la construction de ce modèle cosmologique et montrera comment les concepts de matière noire et d'énergie sombre se sont imposés. Ce tour d'horizon lui permettra de dessiner les évolutions possibles de la discipline et de notre représentation de l'univers.

La relativité générale aujourd'hui, demain et après-demain

Thibault Damour, Institut des Hautes Études Scientifiques Physicien théoricien, membre de l'Académie des sciences, Thibault Damour se livrera à une revue de la situation actuelle et du rôle de la relativité générale dans la physique et l'astrophysique d'aujourd'hui, de ses perspectives de développement à court terme mais aussi de son rôle à long terme au sein de la physique et de l'astrophysique.

Cycle Einstein, 100 ans
de relativité générale
Petit auditorium
Quai François Mauriac
Paris 13e

PARTICIPEZ AU JURY DU PRIX CIEL & ESPACE DU LIVRE D'ASTRONOMIE

Vous aimez l'astronomie, la lecture, et vous êtes abonné à Ciel & Espace ? Devenez juré du Prix Ciel & Espace du livre d'astronomie !

Sous la présidence de l'astrophysicien et auteur scientifique **Roland Lehoucq**, le jury qui se réunira à Paris au printemps décernera cette année un **"grand prix"** et un **"prix jeunesse"**, choisis parmi les meilleures parutions de l'année 2015.

Ces prix seront remis aux lauréats entre le 6 et le 12 août 2016 à l'occasion du **festival d'astronomie de Fleurance** (Gers), organisé par le Groupe Ferme des étoiles, partenaire fondateur du prix Ciel & Espace.

Trois autres partenaires nous rejoignent cette année. Le **Centre national d'études spatiales** (Cnes), qui développe notamment depuis de nombreuses années des actions de sensibilisation à l'espace auprès des jeunes. La **Société française d'astronomie et d'astrophysique** (SF2A), association qui regroupe l'ensemble des astronomes professionnels et dont l'un des rôles majeurs est de contribuer au rayonnement de l'astronomie en France et à l'étranger. L'**Ipsa**, école d'ingénieurs créée il y a plus de 50 ans, qui forme à Paris et à Toulouse des spécialistes en ingénierie des systèmes aéronautiques et spatiaux.



Si vous souhaitez devenir juré, **adrezsez votre candidature** avec lettre de motivation avant le 15 janvier 2016, à l'adresse ci-dessous. Il faut être prêt à lire une bonne vingtaine d'ouvrages en trois mois. Une fois lus, ils sont à vous !

Renseignements :

Abonne@cieletespace.fr

Le règlement du prix est disponible sur www.cieletespace.fr/node/19677



Château d'eau

De Kersauz

rue Guillemette le Barbier
56730 Saint Gildas de Rhuys

Renseignements:

Téléphone : 06 14 59 98 96

ou 06 07 80 84 86

Messagerie

clubastrorhuys@gmail.com

Le club est ouvert à tous (adultes et enfants).

Il se réunit les jeudis de 18h à 20h

Site Web : <http://astro-rhuys.blogspot.fr/>