

N° 128

JUIN
2021

LE CIEL DE RHUYS



La Bretagne une place forte du spatial

Plusieurs entreprises bretonnes ont embarqué à bord de l'ISS avec Thomas Pesquet. Au-delà de ce projet sur l'exploration spatiale, on a vraiment un écosystème qui est fortement présent sur toute la chaîne de valeur du spatial. Ça va des lanceurs, à la partie conception de parties de satellites, jusqu'aux segments sol, c'est à dire les infrastructures de réception des données satellitaires. Également tout ce qui est de la partie aval, c'est à dire le développement des services et applications ; tout ce que l'on peut faire à partir des données satellitaires, comme la gestion des risques, la santé, l'agriculture....On a aussi énormément d'activités autour du maritime.

On estime que sur le territoire breton, 200 à 300 entreprises ont une activité en lien avec le spatial. Ce qui correspond à environ 3000 emplois pour le territoire.

Le développement s'est fait plutôt du côté civil que militaire. Au départ, ça s'est fortement structuré autour des applications civiles maritimes. Il y a aussi des activités duales comme la surveillance maritime, le contrôle des pêches, les détections des pollutions marines, la protection de la biodiversité. Côté terrestre, on a aussi de l'activité qui, à l'avenir, va forcément évoluer parce que les systèmes satellitaires sont de plus en plus compétitifs et complémentaires des infrastructures au sol.

Le retour de Thomas Pesquet dans l'ISS est favorable à entretenir ce dynamisme.

Extrait de l'interview de Nicolas Bellec dans le télégramme



Nicolas Bellec est chargé de mettre sur pied l'Institut régional de l'innovation spatiale à son poste de l'IMT Atlantique (Le Télégramme/Jean Le Borgne)

Le ciel du mois de juin

Sommaire:

- Le ciel du mois
- Essaims, étoiles filantes,

comètes

- Planètes
- La Lune
- Carte du ciel
- Les exoplanètes et la

Matière noire

- Dossier : Des univers

parallèles ; les branes...

- A la recherche de preuve
- Une personnalité

scientifique

- Bibliographie

- La constellation du mois :

Le Bouvier

- Le saviez-vous ?
- Enigmes
- Des livres à lire

2021 06 10 13:08 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2021 06 11 03:13 CONJONCTION INFÉRIEURE de Mercure avec le Soleil (dist. géoc. centre à centre = $3,1^\circ$)
2021 06 12 04:38 Transits simultanés sur Jupiter : un satellite et deux ombres de satellites.
2021 06 12 07:24 Rapprochement entre la Lune et Vénus (dist. topocentrique centre à centre = $0,7^\circ$)
2021 06 12 20:00 Vénus à son périhélie (distance au Soleil = 0,71842 UA)
2021 06 13 09:57 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2021 06 14 00:08 Rapprochement entre la Lune et Mars (dist. topocentrique centre à centre = $2,0^\circ$)
2021 06 14 14:31 Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle
2021 06 15 16:48 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
2021 06 16 06:21 Minimum de l'étoile variable bêta de la Lyre
2021 06 16 06:46 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2021 06 18 05:54 PREMIER QUARTIER DE LA LUNE
2021 06 19 03:34 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2021 06 20 11:07 Maximum de l'étoile variable zêta des Gémeaux
2021 06 21 01:35 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
2021 06 21 05:32 SOLSTICE D'ÉTÉ
2021 06 21 18:45 Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle
2021 06 21 23:35 Rapprochement entre Vénus et Pollux (dist. topocentrique centre à centre = $5,2^\circ$)
2021 06 22 00:23 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2021 06 22 11:53 Opposition de l'astéroïde 419 Aurelia avec le Soleil (dist. au Soleil = 1,947 UA; magn. = 10,0)
2021 06 23 11:58 Lune au périgée (distance géoc. = 359956 km)
2021 06 23 17:58 Rapprochement entre Mars et M 44 (dist. topocentrique centre à centre = $0,3^\circ$)
2021 06 24 01:10 Début de l'occultation de 42-thêta Oph (magn. = 3,27)
2021 06 24 02:17 Fin de l'occultation de 42-thêta Oph (magn. = 3,27)
2021 06 24 20:40 PLEINE LUNE
2021 06 24 21:12 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2021 06 25 05:59 Rapprochement entre la Lune et M 22 (dist. topocentrique centre à centre = $2,6^\circ$)
2021 06 26 10:22 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
2021 06 26 10:58 Rapprochement entre la Lune et Pluton (dist. topocentrique centre à centre = $2,7^\circ$)
2021 06 27 06:36 Pluie d'étoiles filantes : Bootides de juin (durée = 11,0 jours)
2021 06 27 14:07 Rapprochement entre la Lune et Saturne (dist. topocentrique centre à centre = $4,3^\circ$)
2021 06 27 18:01 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2021 06 28 21:55 Rapprochement entre la Lune et Jupiter (dist. topocentrique centre à centre = $4,9^\circ$)
2021 06 28 22:59 Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle

2021 06 29 04:55 Minimum de l'étoile variable bêta de la Lyre
2021 06 30 14:43 Maximum de l'étoile variable zêta des Gémeaux
2021 06 30 14:49 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
2021 06 30 15:38 Rapprochement entre la Lune et Neptune (dist. topocentrique centre à centre = $4,3^\circ$)

Etoiles filantes, essaims et comètes.

L'essaim des Bootides de Juin (JBO)

L'essaim des Bootides de Juin (JBO) provient des débris de la comète 7P/Pons-Winnecke. Cette comète a été découverte depuis Marseille, France, le 12 Juin 1819 par le célèbre chasseur de comètes Jean Louis Pons, et redécouverte le 09 Mars 1858 par F.A. Winnecke, de Bonn en Allemagne. Les deux noms des découvreurs ont été adoptés pour cette comète.

Le radiant de cet essaim, au moment du maximum d'activité, est situé à environ 8 degrés au nord de l'étoile *beta Bootis* (Nekkar).

Les météores sont très lents, mais assez brillants, avec une vitesse d'environ 18 km par seconde. Le taux horaire moyen (ZHR) est variable. Des observateurs russes auraient noté des taux horaires d'environ 500 météores par heure le 27 Juin 1928, et de forts taux ont été vus par un observateur japonais vers le 03-05 Juillet 1921. Plus près de nous, en 1998, un sursaut d'activité s'est produit, avec un ZHR allant de 50 à plus de 100 météores par heure visible sur plus d'une demi-journée. Un autre regain d'activité, avec un taux horaire d'environ 20 à 50, s'est produit le 23 Juin 2004.

Période d'activité : du 22 Juin au 02 Juillet

Maximum : 27 Juin

Longitude solaire (λ) : 095.7°

position du radiant au moment du maximum

ascension droite (α) : 224°

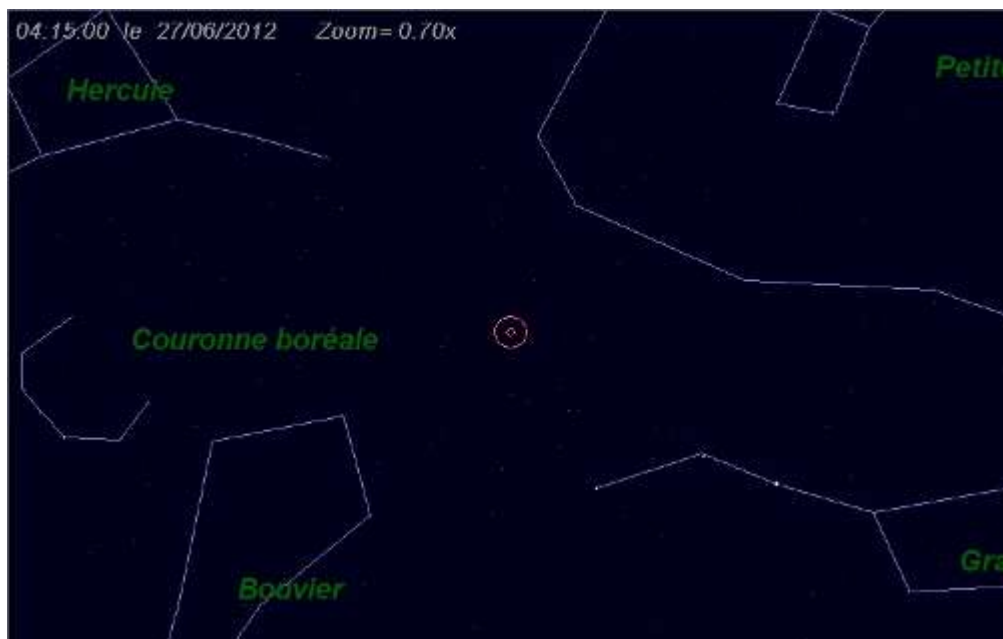
déclinaison (δ) : +48°

Vitesse (en km/s) : 18

r : 2.2

ZHR : variable, de 0 à 100+

Comète associée : [7P/Pons-Winnecke](#) (période de 6.38 ans)



Visibilité des planètes

Mercure : son éclat diminuant n'est observable à l'oeil nu que durant les 10 premiers jours du mois (Poissons, Bélier)

Vénus : bien visible en fin de mois (Poisson, Bélier)

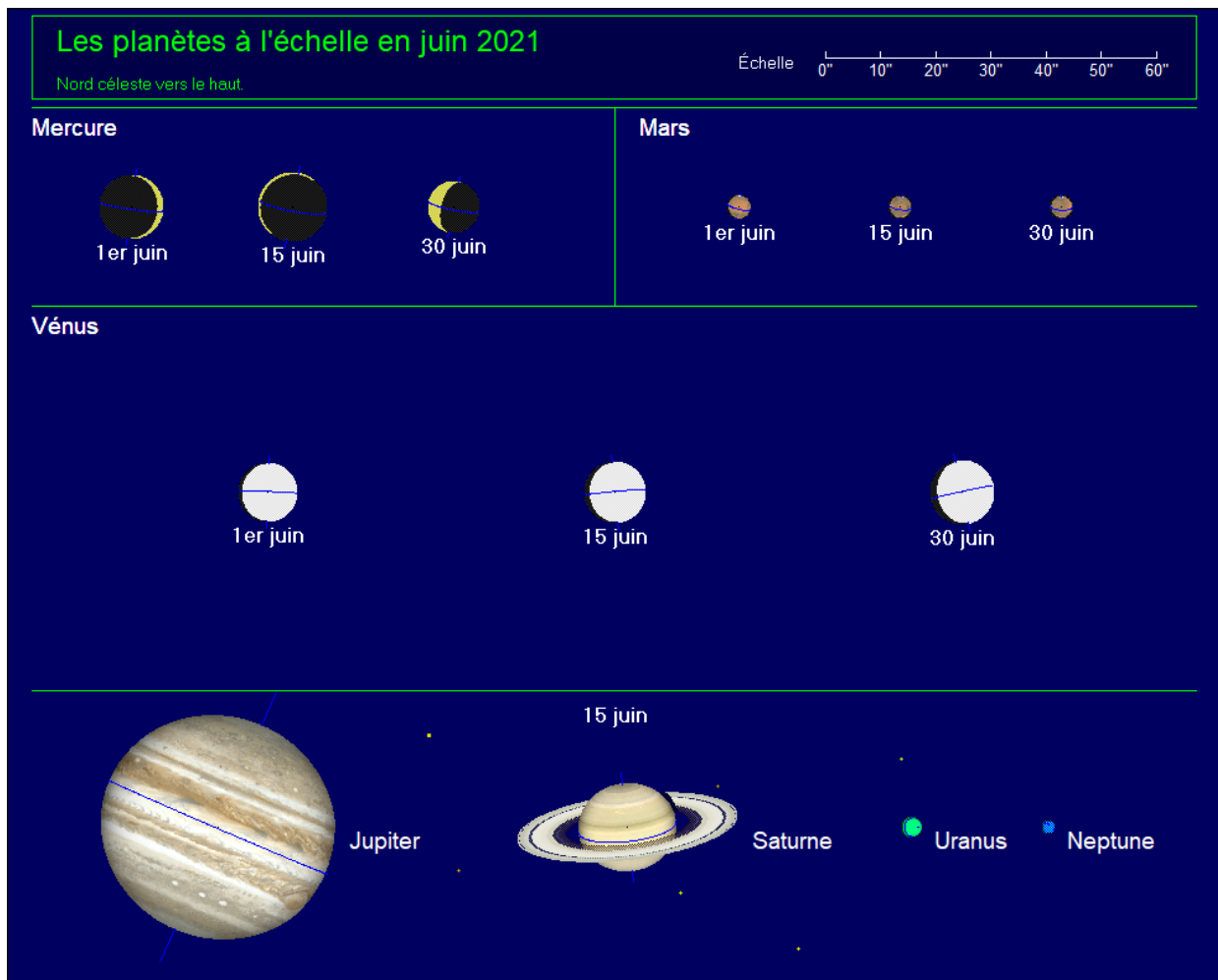
Mars : bien visible le soir, (Taureau, Gémeaux)

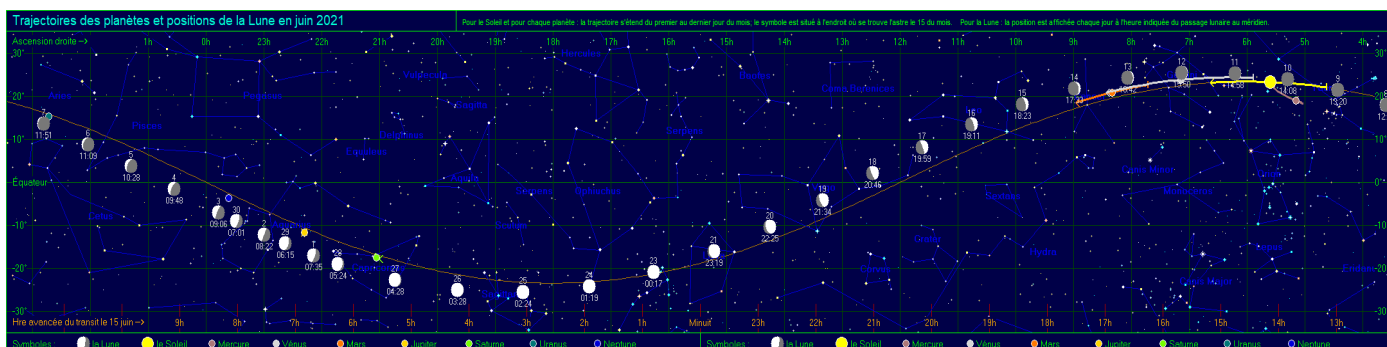
Jupiter : de plus en plus visible en fin de nuit (Verseau)

Saturne : visible à l'aube (Capricorne)

Uranus : trop proche du Soleil (Bélier)

Neptune : inobservable (Verseau)



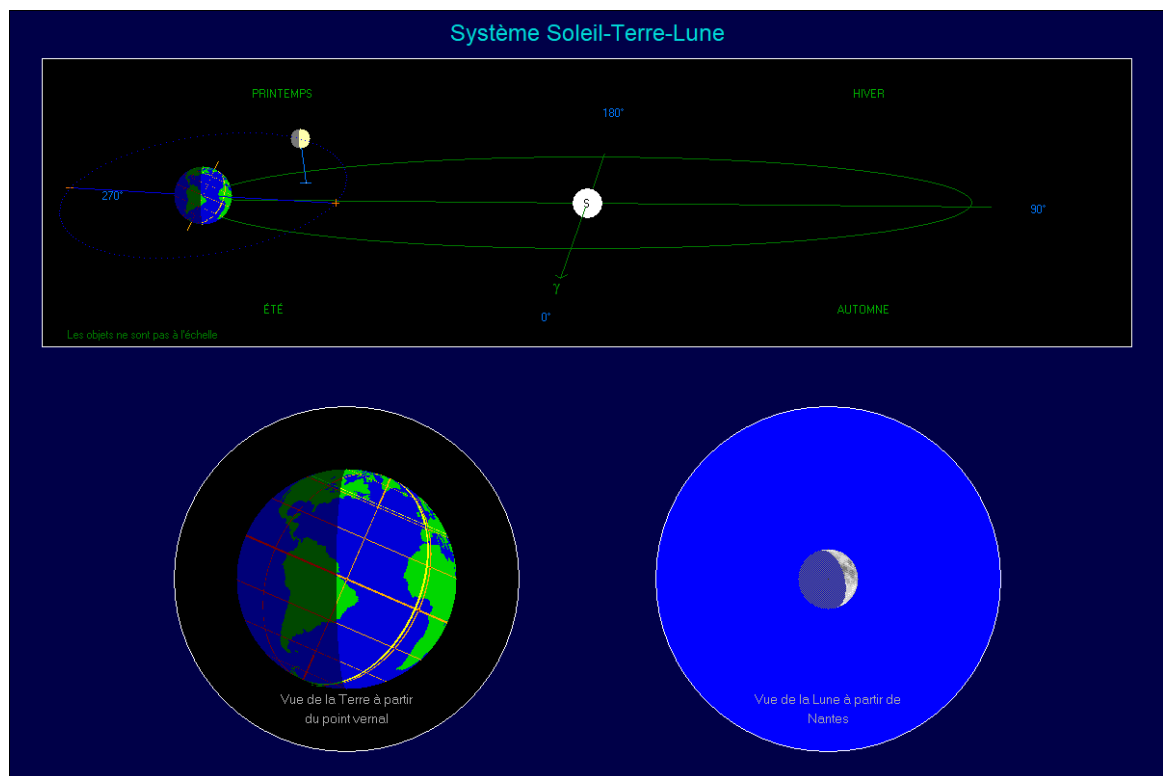
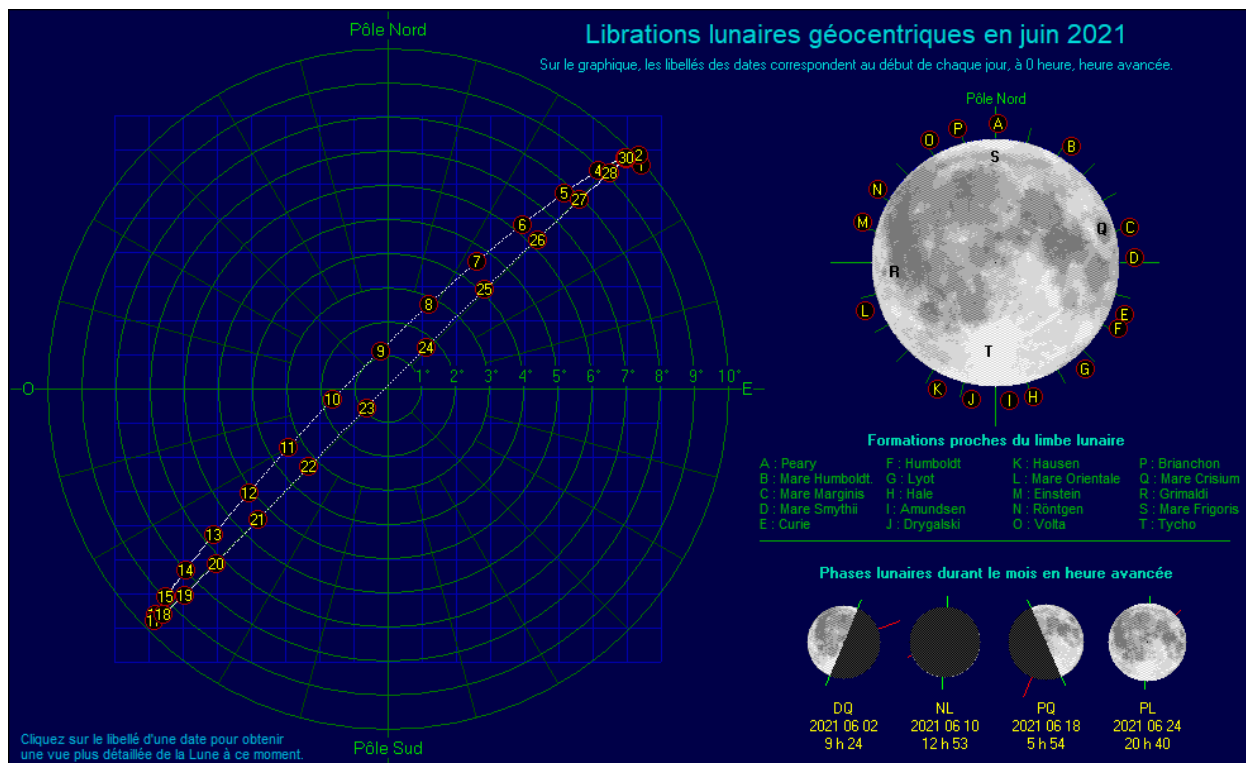


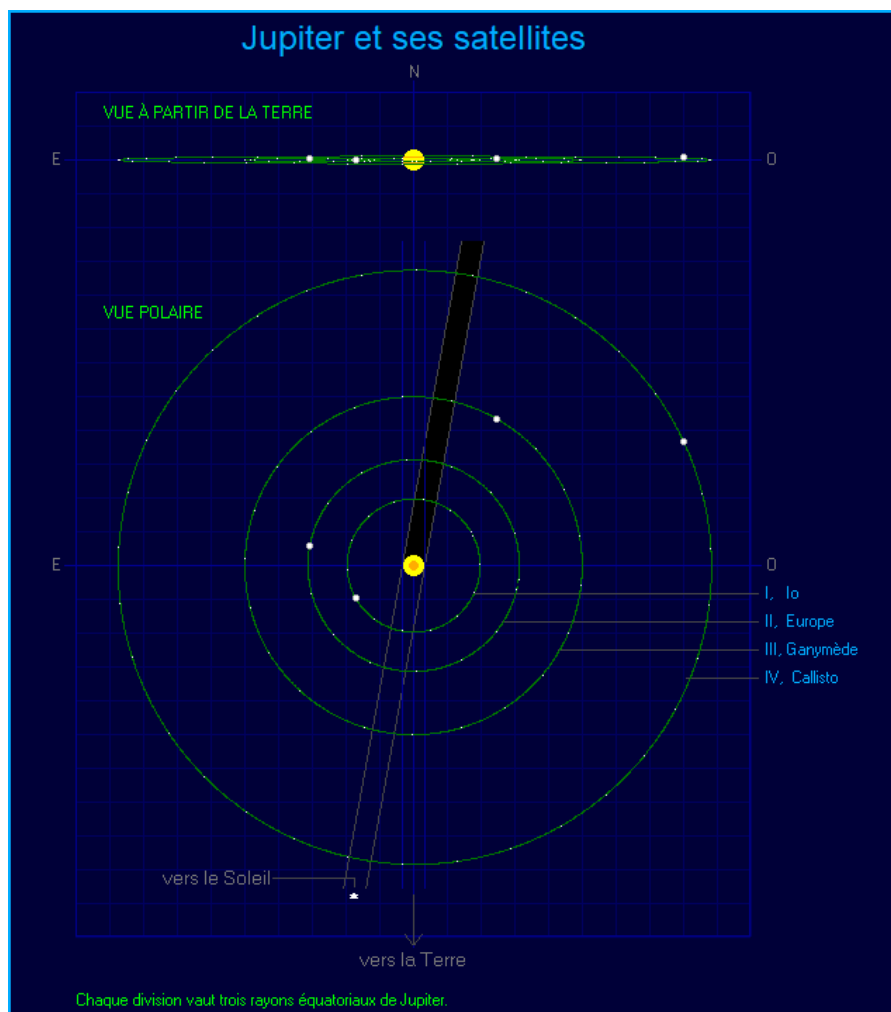
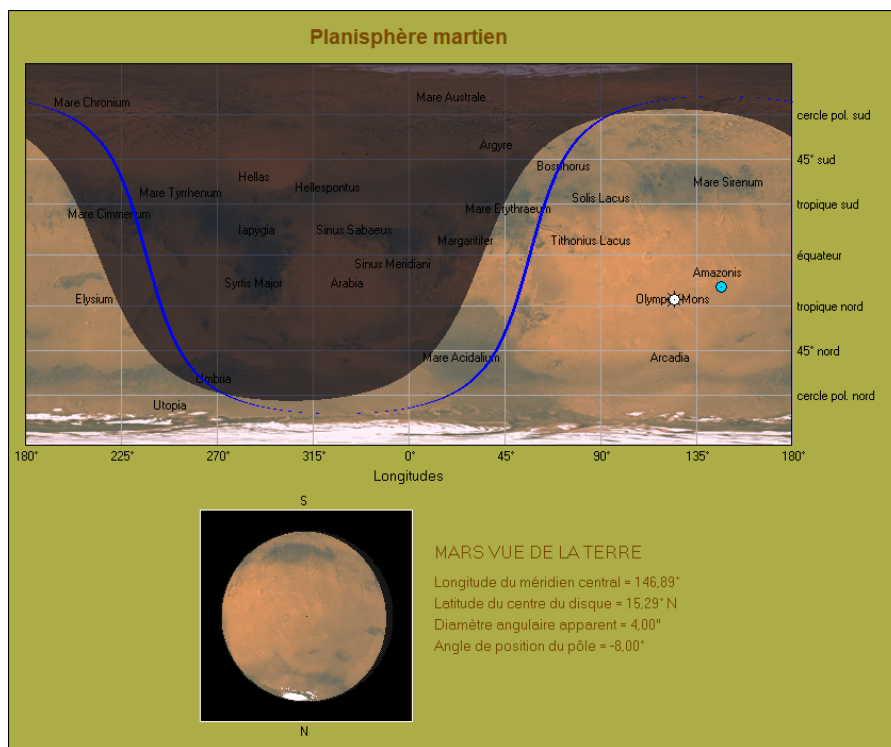
Phases lunaires pour juin 2021

Les phases sont affichées pour 0 h, heure avancée de Nantes. Les traits jaunes indiquent l'orientation des pôles lunaires.

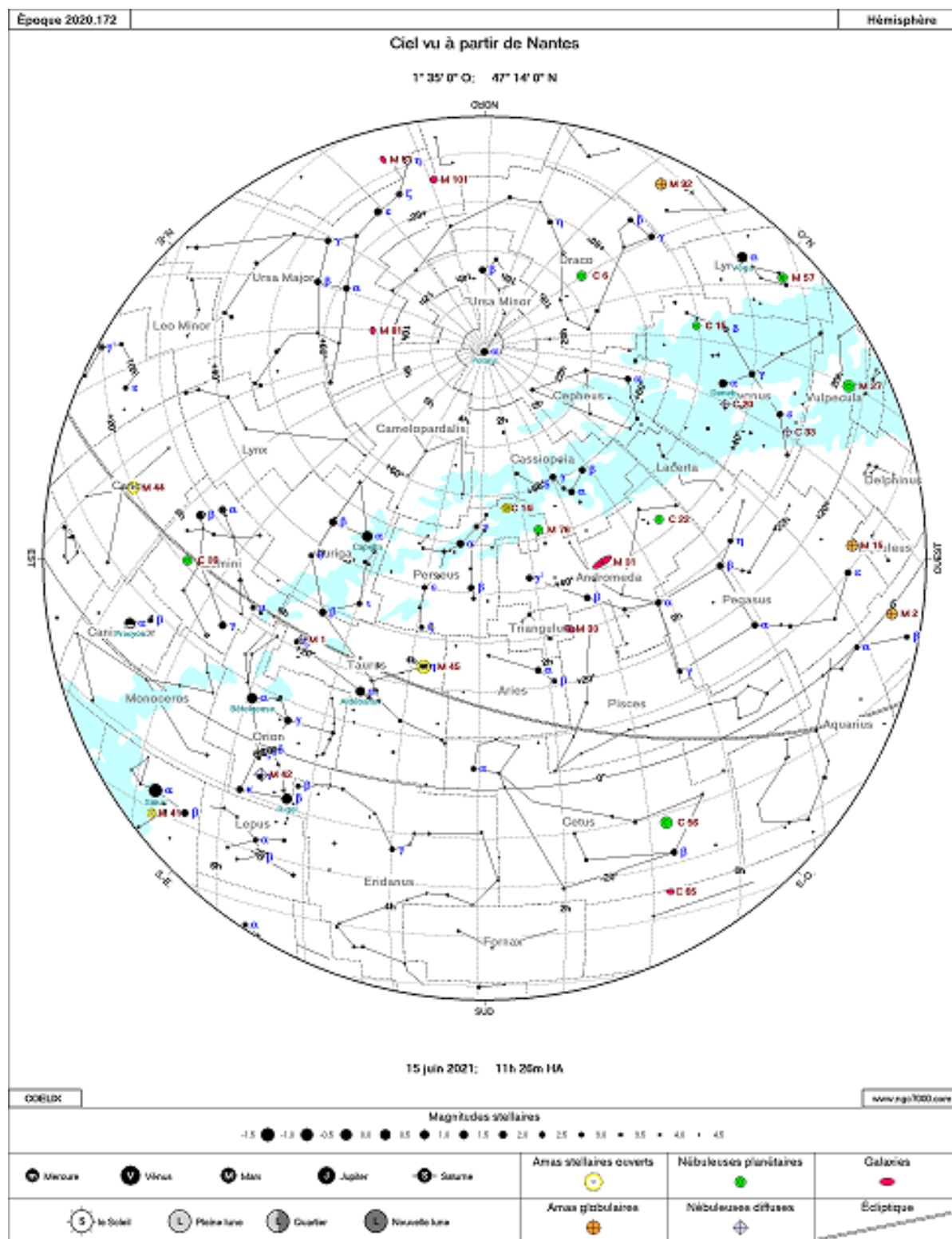
Le trait rouge montre la direction de la libration. Sa longueur est proportionnelle à l'intensité de la libration. Le Nord lunaire est vers le haut.

Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
		1	2	3	4	5
			 DQ à 09:24 HA			
6	7	8	9	10	11	12
				 NL à 12:53 HA		
13	14	15	16	17	18	19
					 PQ à 05:54 HA	
20	21	22	23	24	25	26
				 PL à 20:40 HA		
27	28	29	30			





CARTE DU CIEL



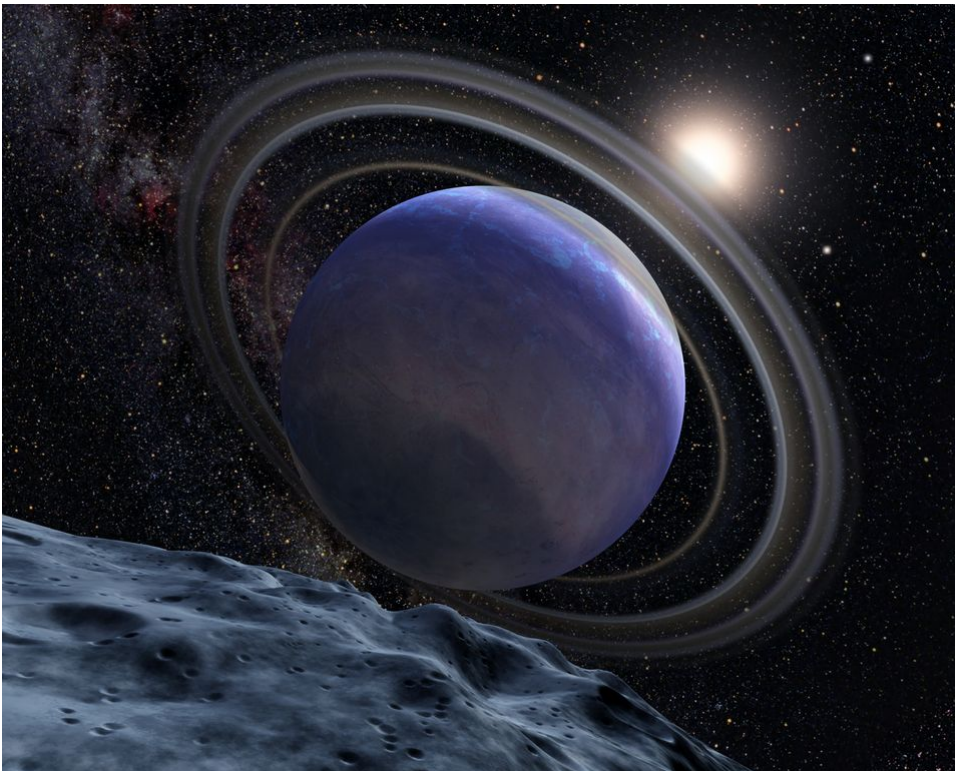
Comment utiliser la carte du ciel

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.

Et si les exoplanètes permettaient de détecter la matière noire ?

PAR ROMAIN FOUCHARD



Vue d'artiste de la planète HR8799b, découverte en 2007 par l'observatoire Gemini North

La quête de la matière noire va-t-elle aboutir ? Avec l'aide du futur télescope spatial JWST de la NASA, deux astrophysiciens comptent bien y parvenir. Leurs cibles ? Les exoplanètes, et plus particulièrement l'effet de la matière noire sur leur température interne...

Utiliser les exoplanètes comme détecteurs de matière noire. C'est l'idée originale avancée par deux astrophysiciens : Juri Smirnov et Rebecca Leane. Cette fameuse matière, représentant pas moins de 80 % de la masse de l'univers, reste à ce jour inconnue. Et pourquoi pas la chercher avec l'aide des exoplanètes ? « *La Voie Lactée contient près de 250 milliards d'étoiles, et sans doute bien plus d'exoplanètes* », souligne Gabriel Chardin, chercheur au Laboratoire Astroparticule & Cosmologie (Université de Paris et CNRS), directeur de recherche au CNRS. Pour le moment, plus de 4300 observations de ces planètes extrasolaires ont été confirmées, et la file d'attente ne cesse de s'allonger... Bonne nouvelle : un nouveau venu se propose de les étudier d'un peu plus près. Il s'agit du JWST (James Webb Space Telescope) de la NASA, successeur dans l'infrarouge du célèbre Hubble. Si son agenda se maintient, il devrait quitter la surface de la Terre d'ici la fin octobre 2021, et commencer une période de guet d'au moins 5 ans.

De la matière noire « légère » au centre de la Voie Lactée ?

Le type de matière noire imaginé par les deux astrophysiciens est un peu particulier. Ils l'imaginent ainsi avec une masse comprise entre celles de l'électron et du proton – soit de quelques MeV à quelques centaines de MeV. Mais attention, pas question pour autant d'impliquer électron et proton dans l'affaire ! Ces particules interagissent avec la matière ordinaire par leur charges, ce que la matière noire est incapable de faire, ses effets étant uniquement gravitationnels. Peu massive donc, ce type de matière noire est qualifié de « légère ». Mais qui dit faible masse, dit faible énergie, et donc une production relativement aisée. Or, cela ne correspond pas au standard de la matière noire. « *Ils sont contraints d'imposer un mécanisme limitant l'efficacité de production* », explique Gabriel Chardin. Ainsi, les deux chercheurs ont instauré une section efficace de diffusion – qui détermine la probabilité d'interaction d'une particule – minuscule : 10^{-37} cm^2 ! Prochaine étape : détecter cette matière...

Une hypothèse préexistante stipule qu'une accumulation de matière noire au cœur de certaines étoiles les réchaufferait assez pour modifier leur position dans la séquence principale, en raison de leur annihilation. L'étude actuelle s'intéresse au cas des exoplanètes. Quand la gravité de l'une d'elles capture de la matière noire environnante, cette dernière voyage au sein de la planète jusqu'à atteindre son cœur... et s'annihiler. « *Les particules produisent alors de la matière ordinaire à haute température* », décrit Gabriel Chardin. Résultat : l'intérieur de l'exoplanète se réchauffe ! Un chauffage d'autant plus important que la densité de matière noire est importante. Et où peut-on espérer des densités supérieures ? Vers le centre de la galaxie. D'une part, il compte bien plus d'étoiles et de gaz que les autres zones. D'autre part, il abrite Sagittarius A*, un trou noir supermassif proche des 4,5 millions de masses solaires ! Ce monstre cosmique attire à lui pléthore d'objets astrophysiques, avant de les absorber sans autre forme de procès.

Le JWST à la chasse aux exoplanètes

En relevant le chauffage de la planète extrasolaire et sa position dans la galaxie, les deux astrophysiciens espèrent remonter à la densité précise de matière noire concernée. Reste toutefois à sélectionner les exoplanètes candidates... À privilégier : des astres peu éclairés – ce qui pourrait sinon brouiller la mesure – et sans fusion nucléaire – la « chaleur résiduelle » risquant de fausser les résultats. Gabriel Chardin précise : « *c'est une compétition entre un objet de faible masse, à l'accumulation de matière noire limitée, et un objet de plus grande masse, mais avec une chaleur interne plus importante* ». Trois catégories semblent finalement convenir à cette description : les planètes errantes (sans étoiles), les géantes gazeuses et les naines brunes (des étoiles légères semi-éteintes). Observer des températures plus élevées qu'attendues pour de nombreuses exoplanètes en direction du centre de la Voie Lactée reviendrait donc à valider une augmentation de densité de matière noire, et la présence de matière noire par la même occasion ! Mais avec quel outil effectuer ces mesures ?

« C'est l'astronome américaine Vera Rubin, décédée en 2016, qui avait mis en évidence la matière noire, l'un des grands mystères de l'Univers. Cette théorie avait été présentée par l'astrophysicien suisse Fritz Zwicky en 1933 mais c'est la chercheuse américaine qui en a confirmé l'existence.

C'est en 1970, en étudiant les astres en rotation dans la galaxie d'Andromède, que Vera Rubin, avec son collègue Kent Ford, fait sa grande découverte : les étoiles situées à la périphérie tournent aussi vite que celles du centre. Or selon la théorie d'Einstein, elles devraient être expulsées par la force centrifuge. L'astronome fait donc une proposition : une matière invisible permet de retenir les étoiles. Invisible car n'interagissant pas avec la matière normale, ne produisant donc aucune lumière. Elle relance donc l'idée émise par le suisse F. Zwicky. Ce constat est confirmé dans d'autres galaxies, puis à l'échelle supérieure des amas de galaxies.

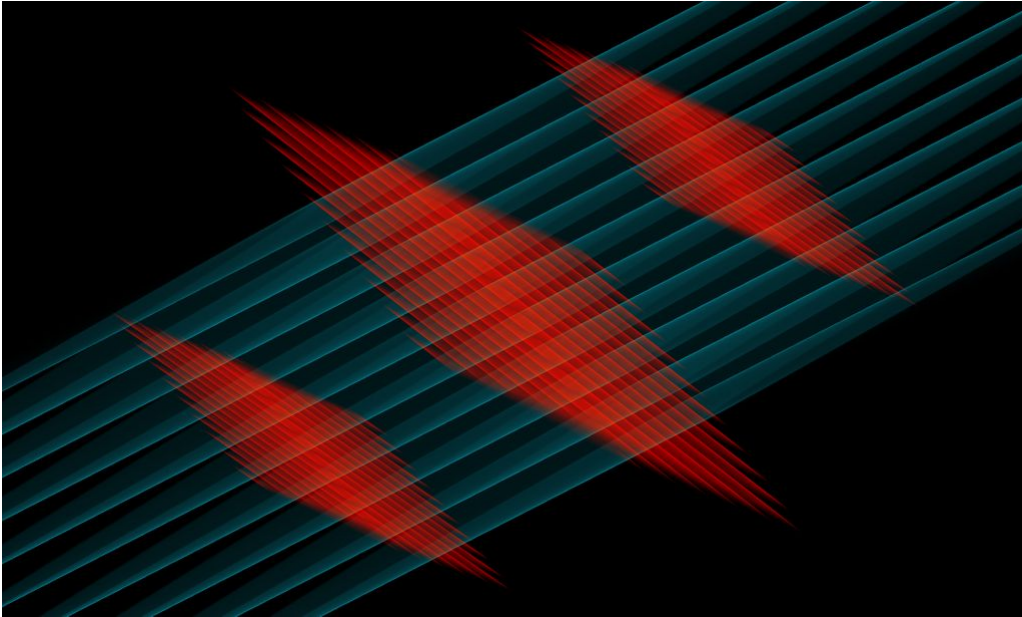
Encore aujourd'hui, personne n'est encore parvenu à « capturer » cette matière noire.

Le télescope spatial nouvelle génération JWST y parviendra-t-il ?

Le centre galactique est encombré de signaux, et seule une petite fenêtre se dessine dans l'infrarouge... parfaite pour le JWST. *« Il va révolutionner le domaine de la détection ! Ses capacités seront bien supérieures à celles des instruments actuels »*, s'enthousiasme Gabriel Chardin. Ses dimensions parlent d'elles-mêmes : un miroir primaire de 6,5 mètres pliable composé de 18 segments hexagonaux, le télescope en entier mesurant 22 mètres de long pour 14 mètres de large. Imposant certes, mais pas lourd pour autant ! Le miroir est fabriqué à partir de béryllium, extrêmement résistant aux déformations et ultra-léger. Au total, le JWST pèse 6200 kg, soit seulement 55 % de la masse de Hubble. Le lancement est prévu pour le 31 octobre 2021, depuis Kourou en Guyane. Calé dans une fusée Ariane 5 EC, le télescope se déploiera ensuite dans l'espace, sous les regards anxieux des ingénieurs... Gabriel Chardin préfère ne pas s'emballer : *« même si le phénomène attendu est suffisamment observé, il faudra rester prudent quant aux conclusions à en tirer. Par exemple, il ne me semble pas que les incertitudes sur la quantité de chaleur due à la radioactivité interne, que l'on connaît sur la Terre, aient été prises en compte »*. Faudra-t-il donc encore patienter pour voir l'énigme de la matière noire être résolue ?

DOSSIER : Des univers parallèles au-delà du système standard !

PAR SIMON DEVOS



Oui, il se pourrait bien qu'existent d'autres mondes à côté du nôtre, sans que nous en ayons conscience. Oui, notre Univers et d'autres pourraient, théoriquement, entrer en contact, par le biais d'une nouvelle dimension, encore non détectée mais scientifiquement viable. Les scénaristes ne font pas injure à la réalité : l'existence d'univers parallèles est une hypothèse parfaitement crédible, qui se base sur des notions de physique tout à fait sérieuses...

Au moment où la balle va l'atteindre en plein cœur, le héros disparaît, pour réapparaître subitement quelques mètres plus loin. Maîtriser le saut d'un univers à un autre peut sauver la vie. Ou glacer le sang... quand les protagonistes d'une histoire se trouvent soudain plongés dans un monde parallèle sombre et glacial, sans savoir comment s'en échapper.

Univers parallèles et autres dimensions cachées font un terreau fertile pour l'imaginaire, de *Stranger Things* à *Avengers : Endgame*, en passant par *Dragon Ball Z*. Et, bien souvent, dans la trame désormais classique de telles histoires, il se trouve un personnage pour incarner la voix de la science, et donner crédit à la fiction : oui, il se pourrait bien qu'existent d'autres mondes à côté du nôtre, sans que nous en ayons conscience. Oui, notre Univers et d'autres pourraient, théoriquement, entrer en contact, par le biais d'une nouvelle dimension, encore non détectée mais scientifiquement viable. Les scénaristes ne font pas injure à la réalité : l'existence d'univers parallèles est une hypothèse parfaitement crédible, qui se base sur des notions de physique tout à fait sérieuses.

>> L'Univers serait une sphère...

Quant à mettre en contact ces univers qui s'ignorent... Là, les créatifs font feu de tout bois : dieux antiques, extraterrestres, machines secrètes, pouvoirs spéciaux, etc. Autant d'expédients qui n'ont, cette fois, plus rien de scientifique. Du moins était-ce le cas, jusqu'à ce que des chercheurs aussi audacieux qu'obstinés se mettent en tête, ici-bas, de faire se rencontrer les univers.

L'Univers observable serait confiné à l'intérieur d'un objet appelé "brane", possédant trois dimensions spatiales, et une temporelle.

Depuis quelques années, une équipe de spécialistes triés sur le volet s'attelle à créer les conditions de la plus formidable rencontre dont puissent rêver les fans de science-fiction autant que les physiciens. Car, bien sûr, pour se lancer dans la traversée des mondes, il faut d'abord faire siennes les plus excitantes théories de la physique contemporaine. Celles qui ambitionnent d'expliquer l'Univers dans sa totalité. Ou plutôt : les univers.

DES UNIVERS PARALLÈLES AU-DELÀ DU MODÈLE STANDARD

Notre Univers : une brane* parmi d'autres

Doté de trois dimensions spatiales, plus une temporelle, l'Univers observable au sein duquel nous nous trouvons ne serait qu'une brane parmi une multitude.

Pour faire simple : *Brane : dans la théorie des cordes la brane est un modèle cosmologique dont l'idée principale est que notre univers serait emprisonné dans cette structure, laquelle serait incluse dans un « super univers » doté de dimensions supplémentaires et qui pourrait abriter d'autres branes, et donc d'autres univers. Source Wikipédia.

Le "bulk" : le tout à plusieurs dimensions

Le volume d'espace-temps qui contiendrait toutes les branes s'appelle le bulk.

Il posséderait bien plus que trois dimensions, parmi lesquelles des grandes et des petites.

Des dimensions cachées reliant les branes entre elles

Certaines dimensions du bulk pourraient être des voies de communication entre deux branes.

Des particules comme le graviton pourraient voyager d'une brane à l'autre via ces dimensions.

HIÉRARCHIE DES FORCES : LA GRAVITÉ DILUÉE DANS LE BULK ?

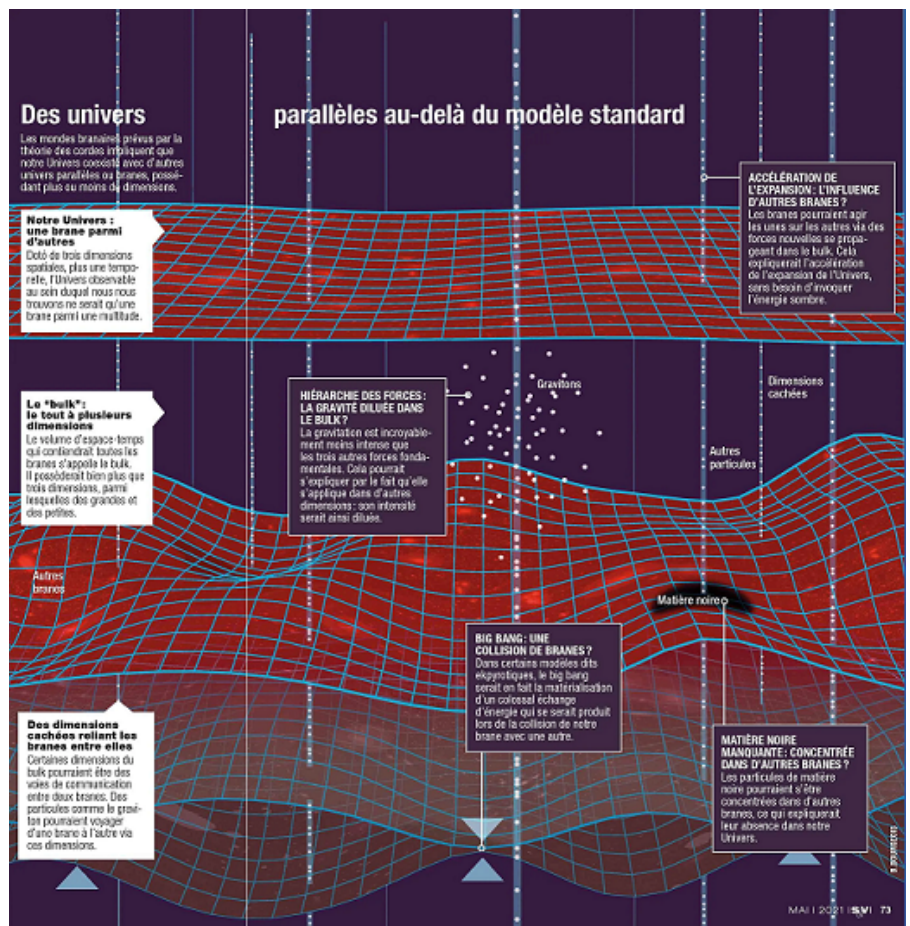
La gravitation est incroyablement moins intense que les trois autres forces fondamentales. Cela pourrait s'expliquer par le fait qu'elle s'applique dans d'autres dimensions : son intensité serait ainsi diluée.

BIG BANG : UNE COLLISION DE BRANES ?

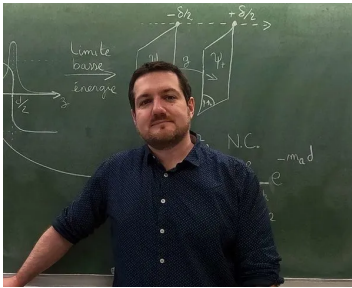
Dans certains modèles dits ekpyrotiques, le big bang serait en fait la matérialisation d'un colossal échange d'énergie qui se serait produit lors de la collision de notre brane avec une autre.

ACCÉLÉRATION DE L'EXPANSION : L'INFLUENCE D'AUTRES BRANES ? Les branes pourraient agir les unes sur les autres via des forces nouvelles se propageant dans le bulk. Cela expliquerait l'accélération de l'expansion de l'Univers, sans besoin d'invoquer l'énergie sombre.

MATIÈRE NOIRE MANQUANTE : CONCENTRÉE DANS D'AUTRES BRANES ?



Les particules de matière noire pourraient s'être concentrées dans d'autres branes, ce qui expliquerait leur absence dans notre Univers.



L'effet tunnel peut permettre à une particule de notre Univers de passer dans une autre brane -

MICHAËL SARRAZIN Institut Utinam, université de Bourgogne-Franche-Comté et université de Namur (Belgique)



Nous avons pu confirmer la limite fixée quant à la probabilité des particules à passer d'un monde à l'autre -

CORALINE STASSER Physicienne à l'université de Namur (Belgique)

BRANES ET MONDES BRANAIRES

Parmi ces dernières, figure la théorie des cordes. Et au gré des différentes interprétations de celle-ci se trouve le socle sur lequel les audacieux chercheurs passeurs de mondes prennent appui : l'existence de dimensions supplémentaires à notre Univers.

L'Univers observable serait confiné à l'intérieur d'un objet appelé "brane", possédant trois dimensions spatiales, plus celle du temps : on parle alors de 3-brane. Cette brane évoluerait elle-même au sein d'un espace-temps plus vaste baptisé "bulk", qui pourrait abriter bien d'autres mondes branaires, à la manière d'une feuille de papier en deux dimensions qui se trouve en réalité dans un espace à trois dimensions contenant d'autres feuilles de papier.

Et il existerait des dimensions supplémentaires à notre Univers, susceptibles de relier différentes "3-branes" entre elles (*voir infographie*).

Osé ? Oui, mais pour la bonne cause... celle d'une physique enfin fidèle à la réalité ! Car, une fois les "mondes branaires" dans leur boîte à outils théoriques, les physiciens peuvent élaborer toute une nouvelle cascade de modèles physiques et cosmologiques. De quoi rendre compte de certaines des lacunes qui minent le modèle standard de la physique des particules, qui, malgré ses défauts, fixe le cadre de toute recherche en physique. D'autres branes pourraient par exemple agir gravitationnellement sur notre Univers, et fournir ainsi une explication à l'un des plus grands mystères actuels de la physique : celui de la matière noire. D'autres scénarios théoriques, dits "ekpyrotiques", suggèrent que ce que nous appelons big bang ou origine de l'Univers découle, en fait, d'une violente collision entre notre brane et une autre.

Ces interprétations vertigineuses de notre monde et de ceux qui peut-être l'entourent ont cependant une grande faiblesse : elles découlent directement de la théorie des cordes. Et à ce titre, elles restent hypothétiques, en l'absence de preuve expérimentale que celle-ci décrive bel et bien la réalité... dans toutes ses dimensions.

Ce n'est pas faute d'avoir interrogé la nature : plusieurs groupes de recherche ont bien tenté de démontrer la consistance de cette théorie. Au début des années 2010, de nombreux espoirs reposaient sur le fameux LHC, le grand accélérateur de particules européen, que les physiciens pensaient capable de découvrir une famille de particules dites supersymétriques, prévue par la théorie des cordes. Mais dix ans plus tard, aucun signal positif en faveur d'une telle détection n'a été trouvé, malgré de nombreuses tentatives et les niveaux d'énergie exceptionnels atteints dans l'accélérateur. D'autres expériences de haut vol ont tenté de révéler directement l'existence de petites dimensions cachées. *"La théorie des cordes prédit également qu'en présence d'autres dimensions, le graviton, particule qui porterait la force de gravitation, se désintègre en deux photons très énergétiques"*, dévoile Fairouz Malek, de l'université de Grenoble. La chercheuse a travaillé pendant plus de dix ans sur une expérience du LHC, qui avait pour but de détecter de telles paires de photons de haute énergie. Sans succès. N'en déplaise aux auteurs de science-fiction comme aux théoriciens chevronnés, l'existence de dimensions et de branes supplémentaires ne relève aujourd'hui encore que de la supposition. Cependant, les échecs successifs des expériences XXL menées dans les grands accélérateurs de particules ont poussé certains chercheurs à se mettre en quête d'une voie alternative. Et une esquisse très prometteuse est récemment sortie du lot, qui a l'immense mérite de montrer que les univers parallèles pourraient fort bien être à portée de détection. Mieux : apporter la preuve de l'existence de dimensions cachées pourrait se faire sans construire de nouveaux et coûteux accélérateurs géants. Cette voie alternative, c'est celle qu'empruntent avec ferveur les chercheurs à l'origine d'une expérience baptisée Murmur, dont l'objectif affiché est de mettre en évidence l'existence d'une autre brane en dehors de la nôtre.

À LA RECHERCHE D'UNE PREUVE

Cette expérience progresse, discrètement, d'étape et étape, depuis quinze ans. Et, ces derniers mois, suscite l'engouement des physiciens. *"Si une telle expérience atteignait son objectif, cela ne validerait pas nécessairement la théorie des cordes,* prévient Patrick Peter, directeur de recherche au CNRS et astrophysicien à l'Institut d'astrophysique de Paris. *Mais les conséquences pour la physique n'en seraient pas moins titanesques."* Ces recherches d'un nouveau genre, ces chemins de traverse menant aux autres univers, c'est le physicien Michaël Sarrazin, chercheur associé à l'institut Utinam de l'université de Bourgogne-Franche-Comté à Besançon et à l'université de Namur en Belgique, qui en est le principal instigateur et coordinateur. Sa particularité ? Un cheminement de pensée escarpé, qui sait aller chercher les experts les plus à même de résoudre chaque défi nouveau ouvert par la quête de la cinquième dimension. Tout a commencé, pour Michaël Sarrazin, par un exercice indispensable : identifier précisément ce qui pourrait enfin constituer une preuve solide et acceptée. *"Tout est parti de réflexions que nous avons eues à partir de 2005 avec mon collègue Fabrice Petit, du Belgian Ceramic Research Centre de Mons,* se souvient le chercheur. *Nous avons méthodiquement épluché les théories qui aboutissent à l'hypothèse d'univers parallèles, afin de déterminer si un échange de matière était possible entre notre monde et un autre, par le biais d'une dimension supplémentaire."* Un objectif pour le moins ambitieux. Comme le rappelle Patrick Peter, *"en théorie, deux branes sont parfaitement hermétiques l'une par rapport à l'autre : rien ne peut y entrer ou en sortir. Mais c'est sans compter la physique quantique et l'une de ses propriétés phares, l'effet tunnel !"* Ce dernier autorise, dans certaines conditions, une particule à franchir ce que les physiciens appellent une barrière de potentiel. Pour faire simple, la particule peut en quelque sorte passer à travers un mur. Un événement tout à fait inimaginable en mécanique classique, mais qui décrit bien l'étrange réalité du monde quantique.

ITINÉRAIRE BIS

"Or, en 2010, Fabrice Petit et moi-même avons fait la démonstration que l'effet tunnel pouvait permettre à une particule de notre Univers de passer dans une autre 3-brane, par le biais d'une quatrième dimension spatiale qui serait une sorte de tunnel connectant les deux mondes, relate Michaël Sarrazin. Et forcément, plus les deux branes seraient proches l'une de l'autre, plus la probabilité qu'un tel échange de matière survienne serait grande." Le premier pavé de l'itinéraire bis menant aux dimensions cachées de l'Univers est posé.

La deuxième étape consiste à imaginer un protocole expérimental capable de capturer le phénomène recherché. Et, d'abord, à trouver la particule prête à effectuer le voyage entre les mondes. Il faut pouvoir la produire, éviter qu'elle soit perturbée par son environnement, l'envoyer vers une autre brane...et la récupérer.

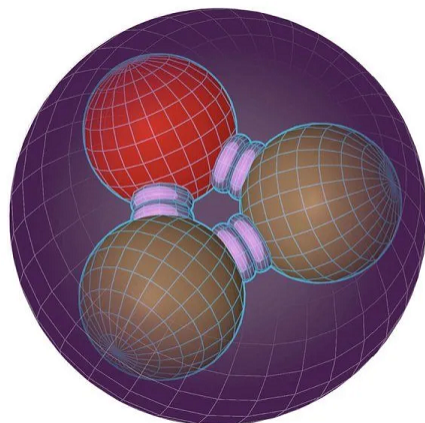
Pour déceler le passage d'une particule d'une brane à l'autre, il faut, une fois le mur passé, faire réapparaître les neutrons dans notre Univers

En 2011, Michaël Sarrazin rencontre l'expérimentateur Guillaume Pignol du Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie à l'université Grenoble-Alpes. Spécialiste de la physique du neutron, il suggère que sa particule fétiche pourrait bien être le candidat idéal pour mettre en évidence un éventuel échange de matière entre deux branes. *"D'autres particules pourraient en théorie faire l'affaire, mais le neutron possède tout de même pas mal d'avantages, révèle Guillaume Pignol. Déjà, comme son nom l'indique, c'est une particule neutre, qui n'interagit pas via la force électromagnétique, ce qui nous enlève une belle épine du pied. Qui plus est, nous avons les moyens d'en produire facilement en grande quantité, et nous avons une assez bonne connaissance de la physique du neutron."* Au fil des discussions, les deux chercheurs ébauchent un concept d'expérience qui permettrait de tester l'échange de matière entre notre brane et une autre.

L'idée de base est d'envoyer un flux de neutrons en direction d'une barrière absolument infranchissable pour eux. Mais avant d'arriver sur ce mur, les neutrons devraient traverser un matériau dit modérateur, qui forcerait une infime partie d'entre eux à disparaître dans une autre brane - si celle-ci existe. *"À chaque collision avec un noyau d'atome, un neutron aurait en effet une probabilité extrêmement faible de se retrouver projeté dans cet univers situé à côté du nôtre"*, clarifie Guillaume Pignol. Ces particules "fantômes" deviendraient alors momentanément capables de franchir l'obstacle auquel elles font face en le contournant via cet univers caché, un peu comme si elles pouvaient passer sous une porte. Mais l'expérience ne s'arrête pas là. En effet, la simple disparition de quelques particules au sein de l'immense foule de neutrons présents dans le flux passerait inaperçue et serait complètement indétectable. Aussi, pour être certains de déceler le passage d'une particule d'une brane à l'autre, les chercheurs sont formels : il est nécessaire, une fois le mur passé, de faire réapparaître les neutrons dans notre Univers. Cela est possible, car selon la théorie, après être passés par le milieu modérateur, les neutrons cachés doivent se retrouver dans deux états superposés : à la fois dans notre brane et dans une autre. Cette interprétation qui va à l'encontre de notre sens commun et des lois de la mécanique classique est néanmoins tout à fait naturelle pour les physiciens habitués à travailler dans le monde quantique. Aussi, il est en théorie possible de refaire basculer ces neutrons dans notre brane, en maximisant leurs chances d'interagir à nouveau avec de la matière au sein d'un autre matériau, cette fois-ci baptisé régénérant. *"Un détecteur attendra en bout d'expérience les éventuels rescapés de cet aller-retour entre les deux branes, conclut Michaël Sarrazin. Le succès dépendra alors de la quantité de neutrons dits 'passe-muraille' mis en évidence par ce dernier dispositif."* Dans les années qui suivent, les physiciens vont passer à la troisième phase de leurs travaux : la conception concrète d'un dispositif permettant une mesure assez sensible pour être exploitable... et crédible. Avant toute chose, il leur faut trouver un équipement scientifique capable de produire une grande quantité de neutrons.

LE NEUTRON, PIONNIER DU VOYAGE VERS L'AU-DELÀ

Parmi la kyrielle de particules que connaissent les physiciens, il fallait sélectionner celle qui serait la plus à même de réchapper indemne à cet aller-retour vers un autre univers. Le choix s'est finalement porté sur le neutron, une particule présente au sein du noyau des atomes, et qui est non-élémentaire puisque composée de trois quarks (deux "up" et un "down"). Comme son nom l'indique, le neutron est électriquement neutre, ce qui implique qu'il ne subit pas les effets de l'interaction électromagnétique et facilite donc la tâche des expérimentateurs. De plus, sa physique est bien connue, et il est facile à produire en grande quantité au sein d'un réacteur de fission nucléaire.



L'EAU LOURDE COMME MODÉRATEUR

Assez rapidement, ils réalisent que l'idéal serait de mener l'expérience au sein d'un réacteur nucléaire de recherche. En effet, le phénomène de fission qui se produit au sein d'un réacteur, consistant à scinder un atome lourd en deux plus petits pour libérer de l'énergie, s'accompagne de l'émission de neutrons, à raison de deux ou trois générés à chaque réaction. Il est alors possible de récupérer, au sein de tels dispositifs, un flux régulier et contrôlé de ces particules neutres, qui s'accorderait parfaitement avec les exigences de l'expérience.

L'Institut Laue-Langevin de Grenoble, un organisme de recherche spécialisé dans la physique du neutron au sein duquel Guillaume Pignol avait déjà travaillé dans le cadre d'autres expériences, s'est alors imposé comme le candidat rêvé pour leur dispositif. *"Nous avons dû composer avec cet équipement de pointe et les dispositifs qui y étaient déjà en place, décrit Michaël Sarrazin. Aussi, dès la sortie du cœur du réacteur, les neutrons devraient passer par une couche d'eau lourde. C'est une eau dont les molécules H_2O ont leurs atomes d'hydrogène substitués par leur isotope lourd, le deutérium, dont le noyau possède un neutron supplémentaire."* Qualifié de modérateur, ce matériau permet, dans un réacteur nucléaire, de ralentir les particules sans les absorber - les multiples collisions entre les neutrons et les molécules d'eau lourde contribuent à l'efficacité de la réaction en chaîne.

Mais il s'avère que dans le cadre de l'expérience, les neutrons possèdent aussi une chance de passer vers une brane cachée à chaque collision avec un autre atome. En clair : la présence de ce modérateur est une véritable aubaine pour les chercheurs. Tout autour se trouveraient une vaste piscine d'eau légère puis un épais mur de béton, qui joueraient ensemble le rôle de blindage pour les neutrons. En théorie, aucun neutron ne peut passer à travers cette double muraille. Enfin, le détecteur de neutrons serait placé après cette barrière infranchissable.

Celui-ci serait rempli d'hélium-3 gazeux, un composé régulièrement utilisé pour déceler la présence de neutrons et qui ferait, de surcroît, un régénérant correct des neutrons momentanément passés dans la brane cachée, provoquant leur retour dans notre Univers.

À ce stade, les chercheurs sentent néanmoins qu'ils vont avoir besoin d'aide. Le protocole qu'ils ont imaginé implique une expertise de haut vol concernant la détection de particules dans des quantités ridiculement faibles, qu'on appelle également les mesures bas bruit.

Deux autres chercheurs viendront alors renforcer l'équipe : Jacob Lamblin, spécialiste des expériences de physique des neutrinos et de détection de la matière noire à l'université Grenoble-Alpes, et Guy Terwagne, de l'université de Namur, fin connaisseur des mesures bas bruit en physique nucléaire. *"Dans ce type d'expérience, il est impératif de s'affranchir de la détection de neutrons parasites, qui seraient arrivés dans le détecteur par d'autres biais - interaction avec des rayons cosmiques, radioactivité naturelle, etc. -, révèle Guy Terwagne. Il fallait donc d'abord mettre en place un deuxième blindage, cette fois autour du détecteur, qui permettrait d'éviter au maximum les risques de contamination de ce dernier."*

NEUTRONS PASSE-MURAILLE

Le chercheur propose alors d'entourer le détecteur d'un blindage en deux couches - polyéthylène et carbure de bore - permettant d'absorber la majorité des neutrons provenant de l'extérieur. Toutefois, et malgré toutes ces précautions, la probabilité d'une contamination n'est toujours pas nulle. *"Si nous arrivions à détecter des neutrons, il fallait être certain de bien distinguer un signal effectif du simple bruit restant, poursuit Jacob Lamblin. Nous avons donc déterminé la signature caractéristique que devraient laisser les neutrons issus de la brane cachée, et qui serait radicalement différente de celle des autres neutrons."*

Nous sommes alors en 2015. La minutieuse phase de préparatifs est achevée, l'équipe est fin prête pour le baptême du feu. Les neutrons feront-ils un détour par une brane voisine de la nôtre ? L'excitation est à son comble. Pendant une semaine complète à l'Institut Laue-Langevin, un petit groupe de physiciens téméraires tente l'impossible : la détection du passage de particules dans un autre univers que le nôtre. *"Les résultats sont vite tombés, et nous n'avons détecté aucun excès significatif de neutrons, rapporte d'emblée Jacob Lamblin. Fin de l'histoire ? Au contraire ! "Cela n'invalidait en aucun cas le scénario des mondes branaires. Cette première expérience n'était qu'une ébauche, qui nous a permis de fixer une borne supérieure à la probabilité qu'un neutron passe d'une brane à l'autre."* Si les chercheurs n'ont pas débusqué les neutrons attendus dans leur détecteur, cela signifie simplement que ces particules ont moins de chances que prévu de basculer d'un monde à l'autre. Or, ce chiffre est directement lié à la distance qui sépare les deux branes - plus elles seraient proches, plus un neutron aurait de chances d'y faire un aller-retour. Les physiciens ont donc pu montrer qu'a priori, les deux branes seraient écartées d'au-moins $1,4 \times 10^{33}$ m, soit 87 fois la longueur de Planck - en deçà de laquelle la gravitation pourrait commencer à produire des effets quantiques. *"Nous n'avons en revanche pas de borne supérieure, et si les branes devaient être très éloignées, il y a peu de chances que nous puissions assister à des disparitions et réapparitions de neutrons, admet Michaël Sarrazin. Toutefois, le succès de ce premier test expérimental nous a vraiment motivés à poursuivre dans cette voie. Nous avons démontré qu'il était possible de tester de tels scénarios avec un dispositif relativement simple par rapport aux immenses accélérateurs de particules !"*

Survient alors la quatrième phase du travail des chercheurs : la recherche d'améliorations possibles. Une étape difficile, mais commune à la science expérimentale... et surtout, la plus audacieuse. L'équipe s'arme de courage, d'humilité et de patience pour se replonger dans les détails de l'expérience, et trouver un moyen d'affiner les mesures. Entre 2016 et 2020, les inlassables chercheurs se retrouvent régulièrement pour réfléchir à la mise en place d'une nouvelle expérience de neutrons passe-muraille, plus sensible encore. C'est cette version de leur quête qu'ils baptisent Murmur. L'équipe s'installe cette fois au sein du Centre d'étude de l'énergie nucléaire de Mol, en Belgique. L'amélioration du dispositif expérimental fait l'objet d'une thèse, par une étudiante à l'université de Namur, Coraline Stasser. *"Mon objectif était d'aider à la conception d'un tout nouveau protocole expérimental à partir de l'expérience précédente, qui serait à la fois plus précis et adapté au réacteur de Mol, indique la physicienne. J'ai notamment travaillé sur l'amélioration du matériau permettant de régénérer les neutrons cachés dans notre brane."* C'était en effet l'un des points faibles de la tentative précédente : certains neutrons ont pu rater le retour dans notre brane par manque d'efficacité du régénérant.

DÉTECTER DES NEUTRONS PASSÉS PAR UNE BRANE CACHÉE

1. UN RÉACTEUR PRODUIT UN FLUX DE NEUTRONS

Au sein du réacteur nucléaire, la fission qui scinde un atome lourd en deux plus petits s'accompagne de l'émission de neutrons, à raison de deux ou trois particules neutres générées à chaque réaction.

2. L'EAU LOURDE ENVOIE UNE PARTIE DANS UNE AUTRE BRANE

Les collisions avec les noyaux d'atomes de l'eau lourde* placent une partie infime des neutrons en superposition quantique : ceux-ci sont à la fois dans notre brane et dans une brane cachée, parallèle.

3. EAU LÉGÈRE ET BÉTON ARRÊTENT LES NEUTRONS RESTÉS DANS NOTRE BRANE

En théorie, aucun neutron ne peut passer à travers cette double muraille. Mais les particules "fantômes" passées dans l'autre brane franchiraient l'obstacle en le contournant via cet univers caché.

4. LE DÉTECTEUR RÉGÈNE ET COMPTE LES NEUTRONS PASSÉS PAR L'AUTRE BRANE

Une matrice de plomb fait rebasculer dans notre brane les neutrons cachés, détectables grâce à l'hélium-3 gazeux. Un épais blindage en polyéthylène et en carbure de bore permet d'éviter toute perturbation par des neutrons venus de l'extérieur.

*Les molécules d'eau lourde ont leurs atomes d'hydrogène substitués par leur isotope lourd, le deutérium, dont le noyau possède un neutron supplémentaire.

RETOUR VERS NOTRE MONDE

Dans l'expérience Murmur, les physiciens enferment donc leur détecteur à hélium-3 dans une épaisse couche de plomb. Des arguments théoriques leur ont en effet permis d'estimer que ce matériau agit à la manière d'une antenne, guidant vers notre monde les neutrons passés dans une autre brane. D'autres améliorations significatives sont réalisées, notamment la soustraction du bruit de fond liée à l'interaction avec des neutrons extérieurs à l'expérience. Les résultats de l'expérience Murmur tombent à la fin de l'année 2020. Las... Malgré leurs nombreuses améliorations, cette nouvelle expérience n'a pas non plus détecté d'excès de neutrons. *"Nous avons finalement réalisé que le réacteur de Mol était moins à même de faire passer les neutrons d'une brane à l'autre que le précédent, analyse Michaël Sarrazin. En effet, la couche de matériau modérateur espérée pour entraîner les neutrons vers la brane cachée n'était pas suffisamment épaisse. Néanmoins, nos améliorations n'ont pas été vaines puisqu'elles ont permis de compenser ce problème : nous obtenons à peu près le même résultat sur la distance minimale entre les deux branes*

avec un flux de neutrons largement moins bon."

La quête de la cinquième dimension est donc loin de s'achever ici ! Dans les prochaines années, la petite équipe de physiciens espère pouvoir reconduire leur expérience améliorée dans un autre réacteur, afin d'en exploiter tout le potentiel. *"Même si ces résultats peuvent sembler décevants à première vue, l'expérience a de nouveau permis de poser des contraintes sur certains modèles théoriques existants, relativise Coraline Stasser. Nous avons pu confirmer la limite fixée sur la probabilité des particules à passer d'un monde à l'autre, et sur la distance minimale entre ces deux branes, ce qui est un pas déjà important dans la compréhension de cette physique au-delà du modèle standard."*

Et ce n'est pas tout. Les chercheurs ont aussi compris qu'il leur était possible de poursuivre leur quête par le biais d'autres expériences que la leur ! Ils se sont aperçus, à force de décortiquer leurs résultats, qu'ils pouvaient rechercher des signes de disparitions et réapparitions spontanées de neutrons dans des résultats d'autres expériences déjà réalisées, et dont la base de données est accessible.

LES NEUTRINOS À LA RESCOUSSE

"En particulier, nous travaillons déjà avec les résultats de l'expérience Stereo, installée depuis fin 2016 à l'Institut Laue-Langevin, dont le but était d'étudier des particules appelées neutrinos, pour tenter de mettre en évidence certaines de leurs propriétés exotiques, relate Jacob Lamblin. En effet, il s'avère qu'un détecteur de neutrinos est aussi efficace pour trouver des neutrons. L'expérience étant dans son concept assez proche de la nôtre, elle a pu capter, sans que les instigateurs s'en rendent compte, les disparitions et apparitions spontanées de neutrons que nous nous attendions à voir ! Nous sommes donc en pleine recherche de tels événements parmi les données de cette expérience aujourd'hui achevée."

Peut-être d'autres chercheurs aux visées moins échevelées ont-ils déjà été témoins, sans le savoir, d'allées et venues de particules entre deux mondes. Leurs résultats détiendraient alors de manière fortuite la preuve de l'existence d'univers parallèles. À moins que l'expérience Murmur n'inspire d'autres savants tout aussi déterminés. Ceux-ci pourraient bien lancer à leur tour quelques neutrons dans les arcanes d'un réacteur expérimental et tenter d'y déceler des traces d'un autre monde...

Edoardo Amaldi : un grand homme de science

Edoardo Amaldi fut l'une des grandes figures scientifiques italiennes du XX^e, en particulier dans le domaine de la physique expérimentale fondamentale. Il apporte sa contribution à la physique nucléaire dans les années 30 et 40 et à la physique des rayons cosmiques et des particules dans les années d'après-guerre, et devint dans les années 70 un pionnier de la recherche expérimentale sur les ondes gravitationnelles. C'est en grande partie sous son impulsion que la recherche italienne en physique met renaître de ses cendres après la seconde guerre mondiale. Il contribua par ailleurs pour beaucoup aux efforts déployés pour concrétiser de grands projets scientifiques transnationaux européens, essentiellement et avant tout au CERN.



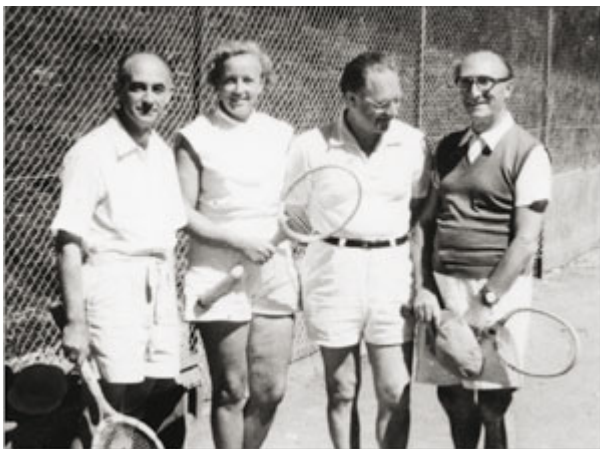
[Edoardo Amaldi s'est consacré à la promotion de la paix et de la science.](#)

À Rome avec Fermi

Amaldi est né à Carpaneto Piacentino, dans le nord de l'Italie, le 5 septembre 1908. Il était le fils d'Ugo, un éminent mathématicien et professeur d'université. La carrière universitaire d'Ugo le conduisit de Modène à Padoue et enfin à l'Université de Rome en 1924, où il rejoignit les remarquables mathématiciens italiens Vito Volterra, Tullio Levi-Civita, Guido Castelnuovo et Federico Enriques. Edoardo s'inscrivit à l'Université de Rome en tant qu'étudiant en génie en 1925. Deux ans plus tard, il passa à la physique, attiré par la présence d'Enrico Fermi, tout comme quelques autres brillants étudiants, dont Emilio Segrè et Ettore Majorana. Amaldi a obtenu son

diplôme en physique en juillet 1929, avec une thèse sur le spectre Raman de la molécule de benzène. Son directeur de thèse était Franco Rasetti, qui avait quitté Florence pour rejoindre Fermi à Rome.

Sous la direction de Fermi, il est devenu courant d'envoyer des jeunes à l'étranger séjourner pendant de longues périodes dans des centres de recherche de premier plan. En 1931, Amaldi a passé 10 mois dans le laboratoire de Peter Debye à Leipzig pour apprendre les techniques de diffraction des rayons X dans les liquides. Il a ensuite passé de courtes périodes au Cavendish Laboratory à Cambridge, à l'Université de Columbia et à la Carnegie Institution.



[Edoardo Amaldi \(deuxième à droite\) avec Enrico Fermi \(à gauche\), Ginestra Amaldi et Enrico Persico.](#)

[Crédit d'image: Archives Amaldi, Dipartimento di Fisica, Università 'la Sapienza' Rome, AIP Emilio Segrè Visual Archives.](#)

Suite à la découverte par Frédéric Joliot et Irène Curie de l'activité radio induite par les particules alpha, Fermi et ses collaborateurs entament une recherche méthodique en mars 1934, bombardant des échantillons de différents éléments avec des neutrons émis par une source de radon-béryllium. Leurs expériences culminèrent en octobre 1934 avec la découverte de l'efficacité des neutrons lents dans l'activation de la fission nucléaire. Les articles publiés portaient les signatures de tous les membres de l'équipe (Fermi, Rasetti, Amaldi, Segrè, le chimiste Oscar D'Agostino et, plus tard, le jeune Bruno Pontecorvo). Fermi était clairement le leader intellectuel et la force motrice, et pour ces résultats, il recevait le prix Nobel de physique en 1938. Entre-temps, Fermi et Amaldi ont fait la plupart du travail pour les années suivantes après la découverte; Rasetti et Pontecorvo étaient pour la plupart hors de Rome et Segrè avait rejoint un poste de professeur à Palerme. Amaldi acquiert ainsi une compétence en physique nucléaire, notamment en matière de propriétés neutroniques, qui en fait une autorité de premier plan dans le domaine.

En 1937, Amaldi a remporté une chaire de professeur à l'Université de Cagliari, mais il a été immédiatement appelé à la chaire de physique expérimentale à Rome, qui avait été laissée vacante par la mort soudaine d'Orso Mario Corbino. Amaldi a conservé ce poste jusqu'à la retraite. Il a continué à travailler sur la physique des neutrons avec Fermi et Rasetti. Ils ont conçu et construit un accélérateur Cockcroft – Walton, qui a été achevé en 1939 à l'Istituto Superiore di Sanità. À la fin des années 30, cependant, la situation générale en Italie se détériorait rapidement. Le manque de soutien nécessaire pour maintenir la compétitivité de la recherche, l'alignement du fascisme sur l'Allemagne hitlérienne et les lois raciales promulguées en 1938 ont conduit directement à l'émigration forcée ou volontaire de nombreux physiciens italiens. Au début de la Seconde Guerre mondiale,

Les années de guerre

Resté seul à Rome avec un petit groupe de jeunes chercheurs, Amaldi a concentré ses efforts de recherche sur la fission nucléaire, travaillant avec des physiciens de l'institut de physique et de l'Istituto di Sanità, tandis que Gian Carlo Wick a remplacé Fermi du côté de la théorie. Ces travaux sont interrompus lorsque Amaldi est envoyé pour quelques mois sur le front africain en 1940. A son retour à Rome, les recherches sur la fission se poursuivent. Cependant, en 1941, on soupçonna que le travail sur la fission exposait le groupe au risque d'être recruté pour des recherches liées à la guerre. En conséquence, les travaux expérimentaux se sont concentrés sur le problème de la diffusion proton-neutron, tandis que certains des jeunes diplômés ont commencé des recherches sur les rayons cosmiques.

[De gauche à droite: Amaldi, Franco Rasetti et Emilio Segrè, réunis à nouveau plusieurs années après leur première rencontre dans le groupe de Fermi à Rome. Crédit d'image: AIP Emilio Segrè Visual Archives, Segrè Collection.](#)



Bien que les conditions de recherche aient été difficiles pendant la guerre, Rome était toujours dans une meilleure situation que les installations de recherche dans le nord de l'Italie, en particulier après la libération en juin 1944. À la fin de la

guerre, la plupart de ce qui restait de recherche active en Italie, en termes à la fois l'expertise et les gens, était concentrée à Rome. En collaboration avec Wick et Gilberto Bernardini de Florence, Amaldi s'est résolument engagé à reconstruire la physique italienne, à partir du point de vue offert par son emplacement dans la capitale. La première étape, achevée avec succès en octobre 1945, fut d'obtenir du Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) reconstitué la création d'un centre de recherche en physique nucléaire et élémentaire des particules à l'institut de physique de Rome.

Les années de reconstruction

Lors d'un voyage aux États-Unis en 1946, Amaldi s'est vu offrir une chaire à l'Université de Chicago par nul autre que Fermi, mais il a refusé parce qu'il se sentait le devoir de s'occuper du développement scientifique dans son pays natal. Au cours de la visite, Amaldi a été confronté aux restrictions imposées sur les résultats et les sujets de «sa» physique en raison d'un intérêt militaire réel ou supposé. Il s'est rendu compte qu'au-delà d'une certaine limite, il lui était impossible de parler librement, même avec Fermi, des problèmes de physique nucléaire. Amaldi a trouvé cela inquiétant pour des raisons éthiques et préjudiciable au progrès scientifique. L'expérience a renforcé sa conviction acquise pendant les années de guerre qu'une véritable collaboration scientifique est planifiée sans contrôle militaire - une politique générale à laquelle il adhère strictement les années suivantes.

L'ampleur du prestige acquis par la physique nucléaire et la physique des particules aux États-Unis après la guerre a convaincu Amaldi que le meilleur plan d'action pour la physique italienne serait de se concentrer sur les secteurs de recherche où de bons résultats pourraient être obtenus avec les modestes moyens disponibles. En conséquence, l'accent a été mis sur le domaine de recherche relativement peu coûteux des rayons cosmiques, où les physiciens italiens pouvaient s'appuyer sur la solide tradition initiée par Bruno Rossi. La première étape, en 1947, fut de construire un laboratoire de haute altitude dans les Alpes italiennes. De nouveaux centres de recherche ont suivi: Padoue en 1948, Turin en 1951 et Milan en 1952. Pendant ce temps, Amaldi a encouragé le développement de la recherche nucléaire appliquée, la formation de jeunes ingénieurs et physiciens, et le soutien des hommes politiques - un programme qui a conduit à la construction du premier réacteur nucléaire.

Amaldi, Gustavo Colonnetti et Bernardini, s'appuyant sur la force de ce réseau actif et sur le soutien du président du CNR, ont pu atteindre un objectif important: la création en 1951 de l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN). Bernardini a été son premier président et Amaldi a pris la direction entre mars 1960 et janvier 1966.

La première activité importante des physiciens de l'INFN fut leur participation à trois collaborations internationales qui, entre 1952 et 1954, lancèrent des ballons à haute altitude transportant des émulsions photographiques pour l'étude des rayons cosmiques. Le groupe d'Amaldi à Rome a participé aux première et deuxième collaborations. Peu de temps après, un programme INFN plus ambitieux a été lancé pour la construction d'un accélérateur compétitif pour la physique des hautes énergies. Le projet est devenu réalité en moins de cinq ans: le synchrotron à électrons du Laboratori Nazionali à Frascati a commencé à fonctionner en février 1959. Le rôle actif d'Amaldi dans la communauté des physiciens et auprès des politiciens et des administrateurs à Rome a été décisif pour remporter un site proche de Rome pour le nouveau laboratoire.

Construire la science européenne

Peu de temps après la guerre, les physiciens de toute l'Europe se sont rendu compte que seul un effort de collaboration entre plusieurs pays pouvait donner à l'Europe un rôle compétitif dans la recherche fondamentale. La proposition d'un grand accélérateur de particules européen a été avancée par Isidor Rabi en 1950, et Amaldi a été l'un des plus fervents défenseurs depuis le début. Il a profité de sa qualité de vice-président de l'Union internationale de physique pure et appliquée pour soutenir l'idée. Le plan ambitieux a rapidement pris forme grâce au soutien institutionnel de l'UNESCO. Amaldi et le physicien français Pierre Auger, directeur de la section scientifique de l'UNESCO, ont été les moteurs d'un projet attractif pour les jeunes générations de physiciens européens, mais qui a dû surmonter les difficultés et les oppositions aux niveaux scientifique et gouvernemental.

En mai 1951, une équipe d'experts sélectionnés de huit pays approuva un plan détaillé et, au

début de 1952, une conférence intergouvernementale créa une organisation provisoire, qui prit le nom de Conseil européen pour la recherche nucléaire (CERN). Amaldi a été élu secrétaire général du CERN provisoire et il a supervisé toutes les phases cruciales des débuts de la nouvelle institution, y compris les premières étapes des travaux sur le site du laboratoire, sur des terrains attribués par la ville de Genève. Il quitta son poste lorsque le CERN entra officiellement en activité en septembre 1954, conduit - entre autres raisons - par le désir de revenir à des travaux de recherche plus actifs en physique. Parallèlement au développement du laboratoire de Frascati, le grand synchrotron à protons du CERN a été achevé avec succès en 1959, atteignant une énergie record de 28 GeV.



[De gauche à droite: Pierre Auger, Amaldi et Lew Kowarski en février 1952, pères fondateurs du CERN provisoire.](#)

Amaldi a toujours gardé des liens étroits avec le CERN, en maintenant une place dans les instances scientifiques qui ont contribué à façonner sa politique. En 1963, il a créé le Comité européen pour les futurs accélérateurs, qui était un organisme indépendant chargé de la planification de nouvelles machines à construire en Europe (au CERN et ailleurs), et il a été président jusqu'en 1969. Il a dirigé le groupe particulier qui a planifié le nouveau synchrotron à protons de 300 GeV pour le CERN à la fin des années 1960 - un projet approuvé par les États membres en 1971, avec Amaldi en charge en tant que président du Conseil du CERN. Occupant simultanément des postes importants tant à l'INFN qu'au CERN, Amaldi a parfois dû faire des choix délicats, équilibrant les ressources entre les développements nationaux et la coopération internationale. Cela était évident lorsqu'il fallait prendre une décision entre le lancement d'un grand effort pour un nouveau synchrotron à pro-

tons italien ou le soutien de l'Italie au projet de la machine 300 GeV à Genève. Dans ce cas, il est fortement en faveur du projet du CERN, convaincu que la priorité dans la grande science doit être accordée à l'Europe.

Au début des années 1960, alors que le projet d'un effort européen conjoint dans l'espace était discuté, un réseau de scientifiques et d'hommes politiques similaire à celui qui avait contribué au succès du CERN a été formé, qui comprenait le physicien français Hubert Curien. Amaldi a joué un rôle important en lançant l'idée et en la faisant passer dans les cercles scientifiques et politiques. En conséquence, en 1964, l'Organisation européenne de recherche spatiale a été créée, qui a ensuite donné naissance à l'Agence spatiale européenne.

Recherche en rayons cosmiques et physique des particules

Dans le temps laissé par ses tâches académiques et administratives, tout en agissant en tant qu'organisateur et planificateur de la science, Amaldi est resté dans la recherche active, dirigeant des groupes de jeunes collaborateurs et orientant son intérêt vers la physique des rayons cosmiques. Un point culminant est survenu au milieu des années 1950 avec les travaux sur l'une des émulsions exposées au rayonnement cosmique lors de la collaboration de 1953 sur les ballons à haute altitude. Le groupe a trouvé une piste qui pourrait être interprétée comme la preuve de l'annihilation d'un antiproton - une particule dont l'existence était considérée comme acquise sur une base théorique mais qui n'avait pas encore été observée. Pour mieux étayer les preuves apportées par la voie unique, Amaldi s'est tourné vers Segrè à Berkeley, proposant un programme de recherche conjoint visant à la détection d'événements similaires dans les émulsions exposées au faisceau de protons du Bevatron. À l'époque, c'était l'accélérateur le plus puissant au monde et le seul qui pouvait atteindre une énergie au-dessus du seuil nécessaire pour produire une paire proton-antiproton. La collaboration Rome-Berkeley a duré quelques années, donnant des résultats importants sur les antiprotons et leurs propriétés d'annihilation. Cependant, la première confirmation d'un tel processus - clairement visible dans les pistes d'émulsion - est venue quelques semaines après que Segrè et son groupe aient indépendamment détecté l'antiproton par une expérience différente qui reposait sur des compteurs au lieu d'émulsions. Pour cette découverte, Segrè et Chamberlain ont reçu le prix Nobel de physique en 1959. La collaboration Rome-Berkeley a duré quelques années, donnant

des résultats importants sur les antiprotons et leurs propriétés d'annihilation. Cependant, la première confirmation d'un tel processus - clairement visible dans les pistes d'émulsion - est venue quelques semaines après que Segrè et son groupe aient indépendamment détecté l'antiproton par une expérience différente qui reposait sur des compteurs au lieu d'émulsions. Pour cette découverte, Segrè et Chamberlain ont reçu le prix Nobel de physique en 1959. La collaboration Rome-Berkeley a duré quelques années, donnant des résultats importants sur les antiprotons et leurs propriétés d'annihilation. Cependant, la première confirmation d'un tel processus - clairement visible dans les pistes d'émulsion - est venue quelques semaines après que Segrè et son groupe aient indépendamment détecté l'antiproton par une expérience différente qui reposait sur des compteurs au lieu d'émulsions. Pour cette découverte, Segrè et Chamberlain ont reçu le prix Nobel de physique en 1959.

L'intérêt d'Amaldi pour la détection expérimentale des ondes gravitationnelles a commencé par un cours sur les antennes à ondes gravitationnelles donné par Joe Weber, le pionnier de cette instrumentation, à Varenna en 1962. En 1970, sous la direction d'Amaldi, un groupe formé à Rome dans le but de conception et construction de détecteurs cryogéniques pour ondes gravitationnelles. Au départ, des antennes à petite échelle ont été planifiées et mises en service; puis des détecteurs plus grands ont été construits successivement à Rome, Frascati et au CERN - où l'antenne cryogénique Explorer a été installée dans les années 1980, atteignant en 1989 la sensibilité la plus élevée atteinte depuis de nombreuses années. Tout en laissant la responsabilité directe à d'autres, Amaldi a joué un rôle actif tout au long de cette période à la fois dans la planification et l'exécution des expériences, ainsi que dans le recrutement de jeunes étudiants sur le terrain. La détection des ondes gravitationnelles est toujours un problème ouvert près de 20 ans après le décès d'Amaldi. D'immenses installations ont été construites à cet effet dans le cadre de grandes collaborations internationales, impliquant de nombreux physiciens italiens - l'héritage d'une tradition issue de la prévoyance initiale d'Amaldi.

Au cours de ses années de maturité, Amaldi consacra de plus en plus une partie de son temps à rassembler ses mémoires et à mettre sur papier ces moments de l'histoire de la physique dont il avait été témoin. Il a commencé par des commémorations d'amis et de collègues, puis a travaillé sur des souvenirs d'événements importants. Les reconstructions d'Amaldi ont évolué

vers des écrits avec une compréhension croissante du contexte historique plus général, avec un souci des sources et de la documentation que l'on ne trouve généralement pas dans des travaux similaires de scientifiques. Il a été aidé par une habitude développée à ses débuts de conserver toute la documentation pertinente liée à son travail et aux institutions avec lesquelles il était impliqué. Ses archives personnelles l'ont aidé à produire des œuvres qui allaient bien au-delà du souvenir du scientifique traditionnel, ressemblant davantage à la portée de la recherche scientifique d'un historien indépendant.

Œuvrer pour la paix et la maîtrise des armements

Le souci d'Amaldi pour la paix et son fort sentiment du rôle responsable que la communauté scientifique devrait jouer à cet égard ont toujours été un complément naturel à sa croyance inébranlable en la nature ouverte de la science et la nécessité d'une coopération internationale. En restant en Italie pendant la guerre, on lui a épargné la difficile décision de participer à des projets liés à l'utilisation militaire de la science. Il a admis plus tard que, si tel avait été le cas, il aurait finalement mis sa compétence au service de ce qui lui semblait, sans aucun doute, le bon côté sur lequel se battre.



[Amaldi \(à droite\) lors de l'inauguration du SPS en 1977, avec Chris Llewellyn Smith. Amaldi a fortement soutenu l'implantation d'une machine de 300 GeV au CERN.](#)

Après la guerre, il suivit avec intérêt les premières tentatives des physiciens américains d'établir une sorte d'organisation visant à contrôler la course aux armements. À la suite de l'appel Einstein-Russell de 1955, Amaldi a été impliqué dans le mouvement Pugwash dès sa création en 1957 et est devenu membre du comité exécutif lors de la deuxième réunion de Pugwash en

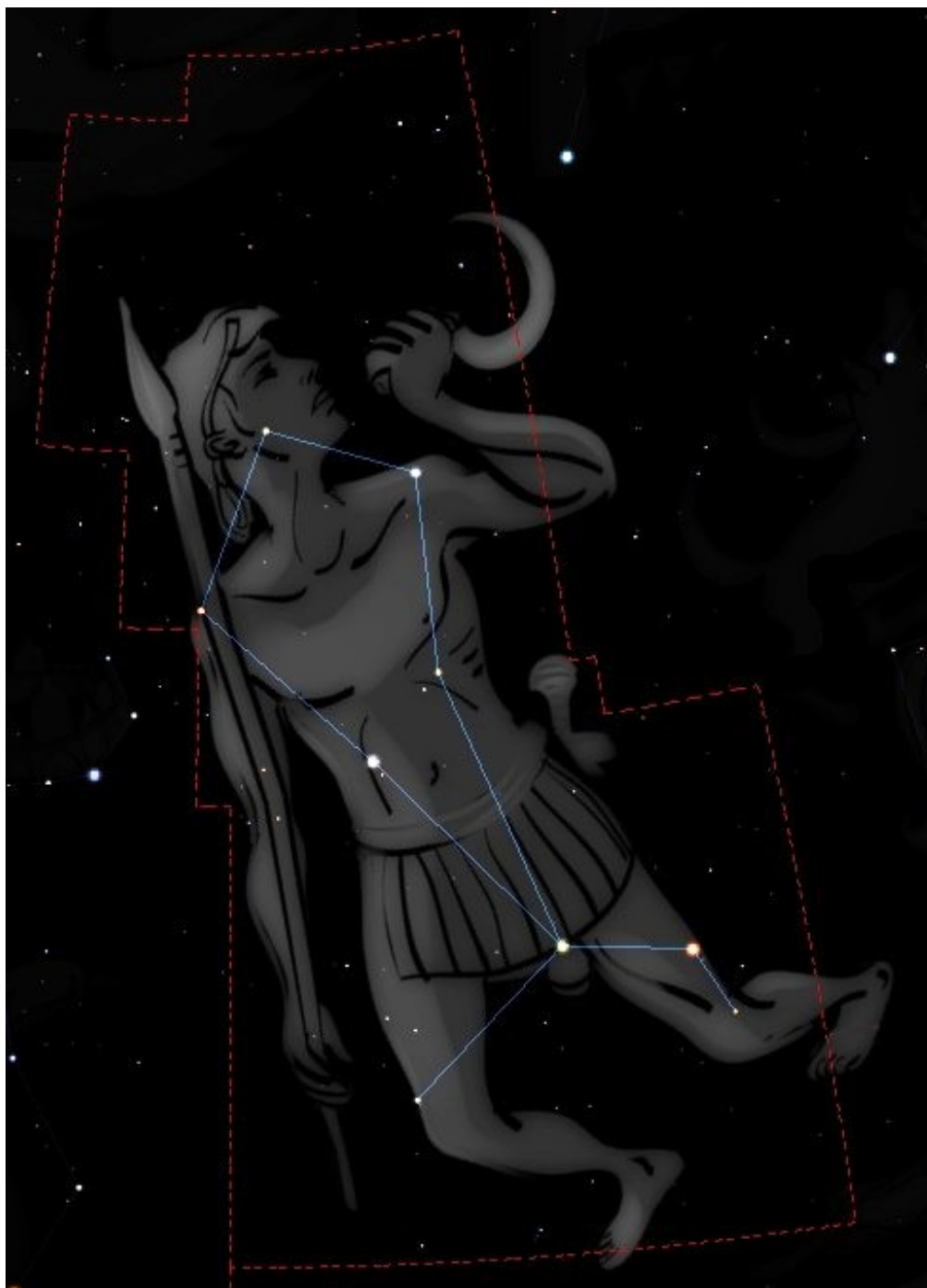
1958, poste qu'il a occupé jusqu'en 1973. En 1966, avec son collègue physicien Carlo Schaerf, il a fondé l'École internationale sur le désarmement et la recherche sur les conflits, qu'il a présidée jusqu'à sa mort.

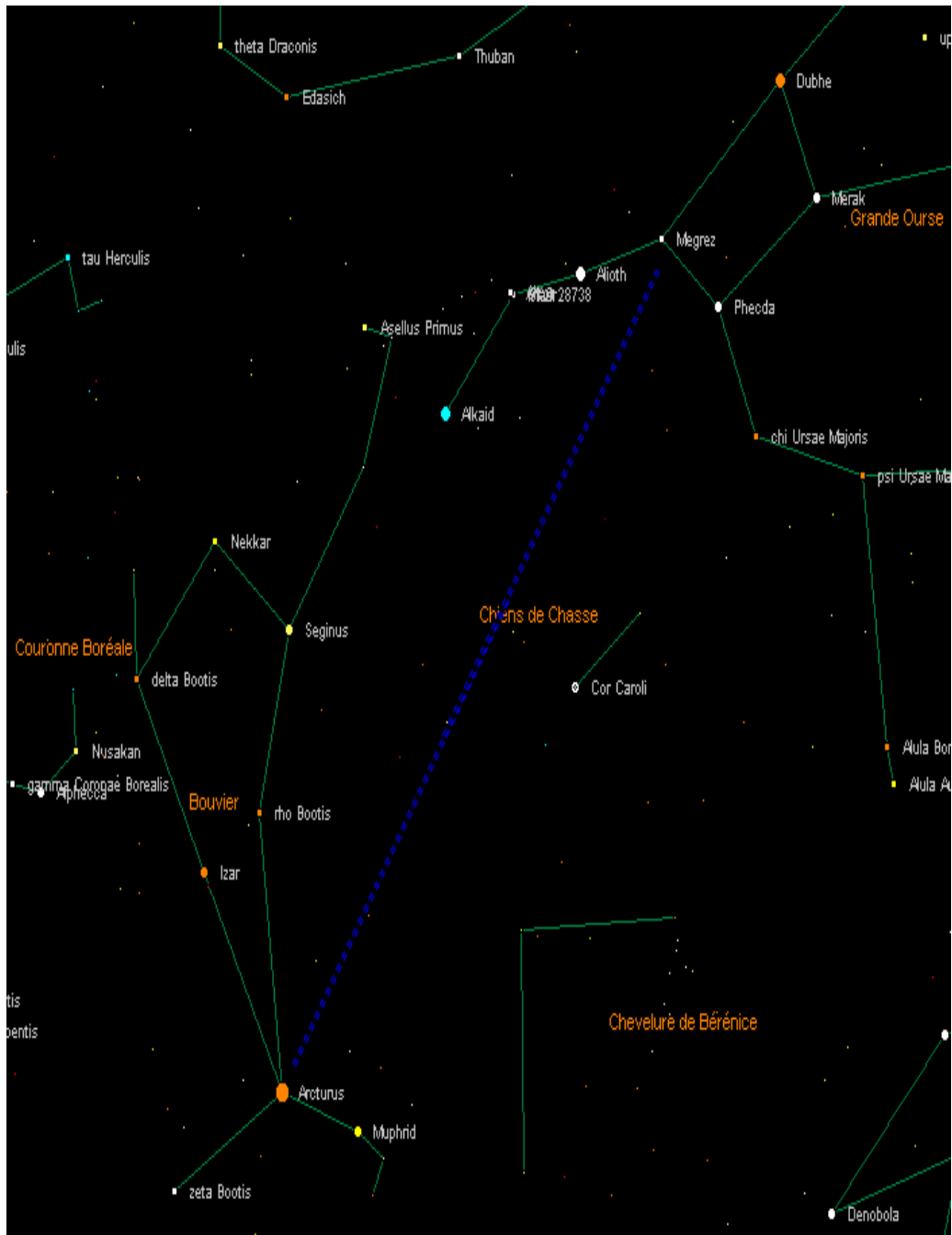
En 1982, Amaldi a conduit une délégation de physiciens italiens auprès du président de la République italienne, présentant une résolution préoccupée par la course aux armements en cours et le danger pour l'Europe créé par le déploiement de missiles de croisière. Dans le prolongement de ce document, l'Unione Scienziati Per Il Disarmo a été fondée - un groupe actif qui a depuis lors maintenu vivant le débat sur les questions de désarmement en Italie. L'un des derniers discours officiels publics d'Amaldi remonte à 1987, lorsqu'il a conduit une délégation de scientifiques italiens au forum international de Moscou organisé par le dirigeant soviétique Mikhail Gorbatchev à un moment où un nouveau climat de libération s'ouvrait.

Amaldi était marié à Ginestra Giovane, l'une des rares femmes parmi les étudiants en physique à Rome dans les années 1930. Ils ont eu trois enfants: Ugo, Francesco et Daniela. Ugo a suivi les traces de son père en tant que physicien des hautes énergies, menant à une carrière au CERN. Edoardo Amaldi a été membre de plusieurs académies et sociétés savantes et a été président de l'Accademia dei Lincei, l'académie nationale italienne, entre 1988 et 1989. C'était à la fin d'une journée de travail dans son bureau du Lincei, toujours avec toutes ses capacités, qu'une crise cardiaque l'a tué en 1989, à l'âge de 81 ans.

La Constellation du mois de Juin

Le Bouvier





A) Sa situation céleste :

Le Bouvier, un cerf-volant au Zénith, est une des constellations principales de l'hémisphère nord, bien visible tout au long de l'été et à partir de Mai. On repère son étoile principale **Arcturus** en suivant l'arc de la queue de la Grande Ourse vers le bas et vers la gauche.

En poursuivant tout droit vers le bas on atteint l'étoile **Spica (l'épi)**, étoile la plus brillante de la constellation de la **Vierge**.

A l'est, Les Chiens de Chasse ; au sud-est, La Chevelure de Bérénice et à l'ouest La Couronne Boréale.

B) Les principaux objets de la constellation :

Les étoiles :

Arcturus α BOO (Haris el sema) : Magnitude -0.05 ; distance 36.7 Années/Lumière. Etoile rouge, 20 fois plus grosse que le soleil.

Ascension droite 14h15'39.67207s. Déclinaison :19°10m39.67207 ". C'est l'étoile la plus lumineuse du ciel boréal et la 3ème après Sirius et Canopus. Elle est la seule de l'hémisphère nord à avoir une magnitude négative et est sans doute la plus vieille étoile visible à l'œil nu. Elle se rapproche du système solaire et est de fait de plus en plus lumineuse au fil des milliers d'années. Elle se dirige vers la constellation de la Vierge. Ce comportement singulier est dû au fait qu'Arcturus est une étoile du halo de la Galaxie et qu'elle voyage loin de son plan équatorial. Son mouvement propre est donc important : 2,2 secondes d'arc par an, soit le diamètre de la lune en 800 ans.

Mirak ϵ BOO (Izar, Mizar)ou encore Pulcherrima !!étoile double facile à séparer et de couleur bleu-vert et rouge-orangé. Mag 2.46/5.10 ; distance 209.6 AL.
AD 14h44mn59.21746s / D 27°04'27.2099"

Beta Bootis

Beta Boötis (Nekkar): Cette étoile est aussi appelée "Meress" et est un géant jaune de type G. Beta Bootis est également une "étoile de fusée éclairante", ce qui signifie qu'elle affichera des étincelles de luminosité vive pendant de courts intervalles de temps

Gamma Bootis (Seginus): cette étoile est considérée comme l'une des étoiles variables de la classe Delta Scuti, car elle possède des degrés de luminosité dus à des pulsations sur la surface radiale et non radial

Mu Bootis (Alkalurops): Il s'agit d'un système à trois étoiles composé d'un subgiant jaune vif de type F et d'un système d'étoile binaire moins brillant. L'étoile a sa nomenclature (kalauops) de la langue grecque qui peut littéralement être traduite par "le personnel du berger".

38 Boötis

Merga (38 Boötis): Cette étoile se trouve à environ 153 années-lumière de la terre et tire son nom de la phrase arabe que l'on peut littéralement traduire par "la femme enchaînée". Merga fait partie des étoiles cataloguées comme spectrales F71 type.

Psi Bootis

Psi Boötis (Nadlat): Psi Bootis est un géant orange de type K que l'on trouve à environ 250 années-lumière de la planète Terre.

Tau

Tau Boötis est un système à deux étoiles dans la nature. Il se couple aussi comme un géant rouge léger et une naine blanche jaune. L'étoile principale de ce système a été découverte en 1996 et il a été constaté que ce système d'étoiles possède une planète extrasolaire en orbite.

NGC 5466 est un amas globulaire peu concentré. C'est le seul objet non stellaire de la constellation. Mag 8.95, distance 51510 AL.

AD : 14h05m27.29s / D 28°32'04.0s.

C) Mythologie : Son nom signifierait « le gardien des ours » en raison de sa proximité avec La Grande et la Petite Ourses. L'appartenance à la constellation du Bouvier(Bootes) illustre le mélange entre les mythologies grecque : les ours et leur gardien, et romaine : la Grande ourse représente une charue tirée par des bœufs, d'où la présence d'un bouvier.

Voici une des versions : par OSR.org (online star register)

Conformément à la mythologie grecque, la constellation de Bootes était symbolisée par un puissant berger avec deux chiens en laisse dans la main gauche et

une lance dans la main droite (Chara et Asterion représentés par la constellation de Canes Venatici).

On croyait autrefois à la constellation de Bootes que le berger représenté dans cette constellation semble poursuivre la constellation de la Grande Ourse au sujet du pôle; avec ses boeufs attachés à l'axe polaire qui fonctionne pour garder les étoiles dans un mouvement constant. Parce qu'elle suit la Grande Ourse autour du pôle Nord, elle s'appelle "Le conducteur de l'ours". Son étoile phare Alpha Bootis (Arctures), peut facilement être suivie de la ligne courbe que la poignée de la Grande Ourse forme vers la première étoile brillante. Alpha Bootis ou Arctures était en effet l'une des premières étoiles à être catégorisées et nommées. Cette étoile est également l'une des rares étoiles en plus des Pléiades à être mentionnée dans la Bible, où elle est mentionnée dans le livre de Job, portant ainsi le nom de "star du travail".

Le mythe plus célèbre attaché à la constellation Bootis; implique le dieu grec Zeus et son fils Arcas. Arcas, son fils, a été élevé par l'Arcadian King Lycaon, son grand-père. Un jour fatal, le roi Lycaon décida de tester Zeus en assassinant Arcas, son fils, et en le servant à manger. Zeus a été grandement irrité par cet acte et a transformé son père le roi en loup, et a ensuite assassiné tous ses enfants avec des éclairs.

Zeus a ressuscité son fils Arcas. Et selon le mythe, son fils Arcas était le fruit d'une liaison entre Zeus et la fille de Callisto King Lycaon. Lorsque l'épouse de Zeus a entendu parler de l'enfant victime de l'affaire illicite entre Zeus et Callisto, elle a transformé Callisto en ours. Callisto se promenait dans la forêt jusqu'à ce que quelques années plus tard, elle rencontre son fils Arcas, qui était maintenant un homme mûr. Arcas ne pouvait appeler à la mémoire de sa mère et l'a immédiatement poursuivie pour éventuellement la blesser. Callisto, sa mère, est allée au temple et s'y est cachée pour ne pas pouvoir tuer. Afin d'éviter des ennuis supplémentaires, le dieu Zeus les garda tous deux dans le ciel; Callisto correspondant Ursa Major et Arcas correspondants Bootes.

À partir d'un autre mythe, Boötes symbolise un viticulteur Icarius, qui invite parfois Dionysus à venir dans ses vignes. Bootes était stupéfait et, par conséquent,

il a donné à Icarius la connaissance cachée de la fabrication du vin. Icarius a suivi et a apprécié le vin. Il a donc décidé d'appeler tous ses amis pour goûter le vin. Ses amis ont supposé à tort qu'Icarius avait essayé de les empoisonner à mort alors ils ont décidé de l'assassiner pendant qu'il dormait. Bootes fut affligé par la mort soudaine de son ami et en l'honneur de son ami, il décida de se placer dans le ciel.

Elisabeth K

LE SAVIEZ-VOUS?

1) Le 6 juin

Le 6 juin 1761 Vénus passe devant le Soleil. L'évènement est rarissime. Il y en a 2 par siècle environ, espacé de 8 ans. Il donne lieu à une grande campagne d'observation internationale. Objectif : déterminer la distance Terre Soleil ou unité astronomique, selon une méthode proposée par Halley. L'opération est répétée en 1769. Le résultat obtenu fut 153 millions de km (la valeur actuelle est de 149,6 millions de km). Ce passage de Vénus de 1761 permet également au Russe Mikhaïl Lomonossov de découvrir que Vénus possède une atmosphère.

3) Le 20 juin

Jupiter est stationnaire. On dit cela d'une planète lorsqu'elle est immobile par rapport aux étoiles. Il s'agit simplement d'un effet de perspective lié aux mouvements combinés de la Terre et de cette planète autour du Soleil. Dans le cas présent Jupiter cesse son déplacement habituel vers l'est le long de l'écliptique car elle se fait rattraper à la corde par la Terre. Dans les prochaines semaines, la planète géante ira alors vers l'ouest par rapport aux étoiles dans un mouvement rétrograde qui ne cessera qu'à la fin de l'été.

4) Le 28 juin

Après Charon, Nix et Hydra, un quatrième satellite est découvert autour de Pluton le 28 juin 2011 sur un cliché du télescope spatial Hubble. L'astre boucle son orbite en 31 jours autour de la planète naine. Il s'intercale donc entre Nix (24 jours) et Hydra (38 jours). Il sera baptisé Kerberos (Cerbère), respectant ainsi la convention de l'UAI d'utiliser des noms liés au dieu grec des enfers Hadès (Pluton chez les Romains).

Ciel et Espace

ENIGME

A quoi vous fait penser le nom : KERBEROS ?

Envoyez vos solutions à :

andrebourdet@gmail.com

Solution de l'énigme précédente

Qui ont été les premiers à observer la courbure de la Terre ?

Le 27 mai 1931, Auguste Piccard et Paul Kipfer s'enferment dans une capsule sphérique emportée par un ballon d'oxygène. Ils atteignent l'altitude de 15780m. A travers les hublots ils sont ainsi les premiers à contempler la courbure de la Terre.

J'ai reçu Cinq bonnes réponses.

Lire, voir, sortir



Savez-vous que l'Univers pourrait bien être en pétard ou au moins chiffonné ? Que la Grande-Bretagne aurait subi une pluie infestée d'aliens ? Connaissez-vous le lien entre Newton et les pirates ? L'astrophysicienne Yaël Nazé dévoile la face la plus folle de l'astronomie. Ne vous étonnez pas de croiser des hommes et des femmes singuliers aux destins étonnants, des objets célestes étranges et des hallucinations collectives ! Vous reviendrez de ce voyage inédit dans les étoiles, riche d'anecdotes cosmiques, et avec une certitude : l'univers n'a pas fini de nous étonner...

•

La caméra FRIPON



http://www.fripon.org/IMG/jpg/stations/RT_FRBR04.jpg



Château d'eau De Kersauz

Rue Guillemette le Barbier
56730 Saint Gildas de Rhuys

Renseignements:

Téléphone: 00 00 00 00 00

Télécopie: 00 00 00 00 00

Messagerie: xyz@example.com

Messagerie

clubastrorhuys@gmail.com

web: <http://astro-rhuys.blogspot.fr/>

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

Il se réunit les jeudis de 18h à 20h