

N° 102

AVRIL
2019

LE CIEL DE RHUYS

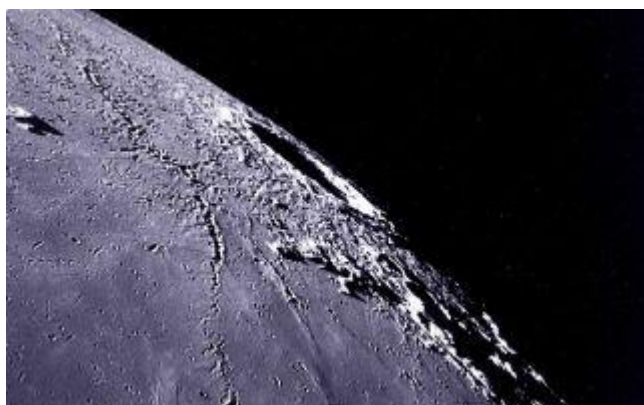


EDITORIAL

En 2014, les astronomes ont découvert que notre galaxie, la Voie Lactée faisait partie d'un gigantesque amas de galaxies qui s'étend sur 500 millions d'année-lumière. Ils ont appelé cette portion de l'univers Laniakea, ce qui signifie « horizon céleste immense » en hawaïen. Si l'on réduisait la Voie Lactée à la taille d'une ville, Laniakea serait un continent, peuplé de 100000 autres villes-de grosses galaxies comme la nôtre-et d'un million de villages, les galaxies naines. Sa région la plus dense est visible aux jumelles : c'est le fameux amas de la Vierge.

Dans ce numéro 102 vous trouverez des articles concernant l'après ISS, la bibliographie d'Anaximandre de Millet et comment construire un instrument (le bâton de Jacob) pour trouver la latitude d'un lieu ainsi que les articles habituels et une nouvelle énigme

Merci de me faire part de vos remarques et souhaits pour améliorer ce bulletin.



Le Rédacteur
André Bourdet

« La science est assez forte pour envoyer sur la lune les gens qui sont sur terre, mais comment faire pour ramener sur terre les gens qui sont dans la lune ? »

Germaine Beaumont

Le ciel d'avril 2019

Sommaire:	Date	Heure	Description du phénomène
• Le ciel du mois	aaaa mm jj	hh:mm	
• essaims étoiles filantes comètes	2019 04 01	01:14	Lune à l'apogée (distance géoc. = 405577 km)
• Planètes,	2019 04 02	11:59	Rapprochement entre Mercure et Neptune (dist. topocentrique centre à centre = $0,4^{\circ}$)
• La Lune	2019 04 03	01:22	Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
• Carte du ciel	2019 04 05	09:50	NOUVELLE LUNE
• Après l'ISS	2019 04 05	12:56	Opposition de l'astéroïde 7 Iris avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,824 UA; magn. = 9,4)
• Bibliographie Anaximandre	2019 04 05	22:35	Minimum de l'étoile variable bêta de la Lyre
• La constellation du mois	2019 04 10	01:33	Opposition de l'astéroïde 2 Pallas avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,534 UA; magn. = 7,9)
• Le saviez-vous!	2019 04 10	07:04	Rapprochement entre Vénus et Neptune (dist. topocentrique centre à centre = $0,3^{\circ}$)
• Enigmes	2019 04 10	09:00	Mercure à son aphélie (distance au Soleil = 0,46670 UA)
• la latitude du lieu	2019 04 11	05:44	Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
• Des livres à lire	2019 04 11	18:00	PLUS GRANDE ÉLONGATION OUEST de Mercure ($27,6^{\circ}$)
	2019 04 11	22:24	Maximum de l'étoile variable zêta des Gémeaux
	2019 04 12	20:06	PREMIER QUARTIER DE LA LUNE

Date Heure Description du phénomène
 aaaa mm jj hh:mm

2019 04 13 21:39 Rapprochement entre la Lune et M 44 (dist. topocentrique centre à centre = 0,7°)
 2019 04 16 03:45 Début de l'occultation de 53 Leo (magn. = 5,32)
 2019 04 16 04:38 Fin de l'occultation de 53 Leo (magn. = 5,32)
 2019 04 16 23:02 Lune au périégée (distance géoc. = 364205 km)
 2019 04 16 23:22 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
 2019 04 17 03:26 Maximum de l'étoile variable éta de l'Aigle
 2019 04 18 03:00 Vénus à son aphélie (distance au Soleil = 0,72820 UA)
 2019 04 18 21:10 Minimum de l'étoile variable bêta de la Lyre
 2019 04 19 03:44 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée
 2019 04 19 12:12 PLEINE LUNE
 2019 04 19 20:11 Minimum de l'étoile variable Algol (bêta de Persée)
 2019 04 21 00:00 JOUR DE PÂQUES
 2019 04 21 12:27 Opposition de l'astéroïde 405 Thia avec le Soleil (dist. au Soleil = 1,954 UA; magn. = 10,4)
 2019 04 22 20:28 Pluie d'étoiles filantes : Lyrides (18 météores/heure au zénith; durée = 9,0 jours)
 2019 04 23 00:07 CONJONCTION entre Uranus et le Soleil (dist. géoc. centre à centre = 0,5°)
 2019 04 24 01:59 Rapprochement entre la Lune et M 8 (dist. topocentrique centre à centre = 1,8°)
 2019 04 24 21:52 Opposition de l'astéroïde 44 Nysa avec le Soleil (dist. au Soleil = 2,427 UA; magn. = 9,7)
 2019 04 26 23:18 DERNIER QUARTIER DE LA LUNE
 2019 04 28 19:19 Lune à l'apogée (distance géoc. = 404582 km)
 2019 04 29 21:19 Maximum de l'étoile variable delta de Céphée

Etoiles filantes, essaims et comètes

Les Lyrides est le nom donné à un essaim météoritique actif chaque année entre le 16 et le 25 avril. Il s'agit de la première pluie d'étoiles filantes significative du printemps. Elle est aussi l'une des plus anciennes connue (les Lyrides sont mentionnées dans les chroniques chinoises en 687 avant notre ère).

Le 22 avril, à son maximum, le taux horaire peut atteindre 20 météores lorsque la constellation de la Lyre -- près de laquelle se situe le radiant (entre la brillante Véga et le genou d'Hercule, surnommé l'Agenouillé) -- est au plus haut dans le ciel. Dans le passé, des sursauts d'activité ont plusieurs fois surpris les observateurs : plus de 100 météores par heure furent visibles en 1803, 1862, 1922, 1945 et 1982. Pour les spécialistes, ils se produisent en moyenne tous les 60 ans. Le prochain est annoncé pour 2042.

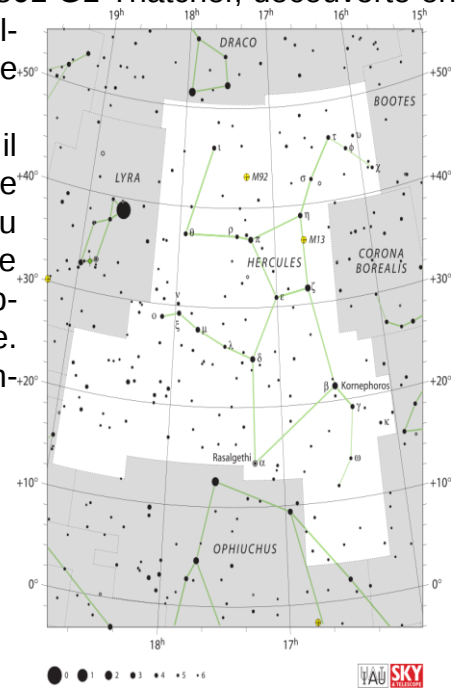
Comment bien observer la pluie d'étoiles filantes des Lyrides ?

Les micrométéorites qui composent les Lyrides pénètrent dans l'atmosphère terrestre à une vitesse moyenne de 50 km/s. Environ un quart d'entre elles laissent dans leurs sillages de belles traînées persistantes visibles plusieurs secondes.

À l'instar des autres essaims météoritiques de l'année, les Lyrides sont alimentées par les

débris laissés par une comète. Dans leurs cas, il s'agit de C/1861 G1 Thatcher, découverte en 1861 peu avant son dernier périhélie. Elle était alors à 50 millions de kilomètres de la Terre. L'astre revient visiter le Système solaire interne tous les 415 ans.

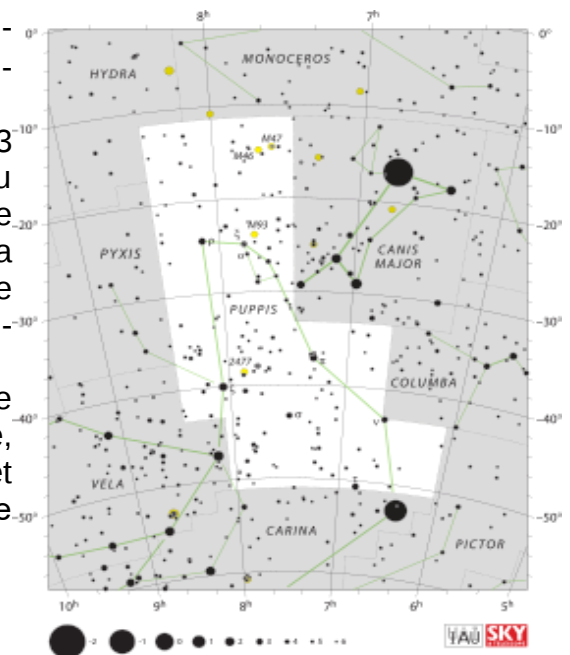
Le pic d'activité des Lyrides est généralement le 22 avril mais il est possible que les nuits précédentes et suivantes, on puisse voir entre 10 et 20 météores par heure. Le moment exact du maximum reste difficile à prédire. Pour profiter au mieux de ce spectacle céleste, il est important de privilégier des sites d'observation épargnés (le plus possible) par la pollution lumineuse. Bien entendu, la présence de la Lune -- variable selon les années -- réduit la visibilité de la salve de météores.



Les Pi puppides sont une pluie d'étoiles filantes associée à la comète périodique 26P/Grigg-Skjellerup.

La pluie de météores est visible aux environs du 23 avril mais seulement les années voisines de la date du passage au périhélie de la comète parente, la dernière étant en 2003. Cependant, comme la planète Jupiter a depuis repoussé le périhélie de la comète au-delà de l'orbite terrestre, l'intensité de la pluie peut être modifiée.

Les Pi puppides tirent leur nom du fait que leur radiant se situe dans la constellation de la Poupe, à une ascension droite d'environ 112 degrés et une déclinaison de -45 degrés. Ceci ne la rend visible qu'aux observateurs du ciel austral.



Elles furent découvertes en 1972 et ont été observées tous les 5 ans environ — à chaque passage au périhélie de la comète — mais souvent avec une faible intensité.

Visibilité des planètes

Mercure : observable sous les tropiques seulement (Poisson)

Vénus : de plus en plus difficilement visible en toute fin de nuit (Capricorne Verseau)

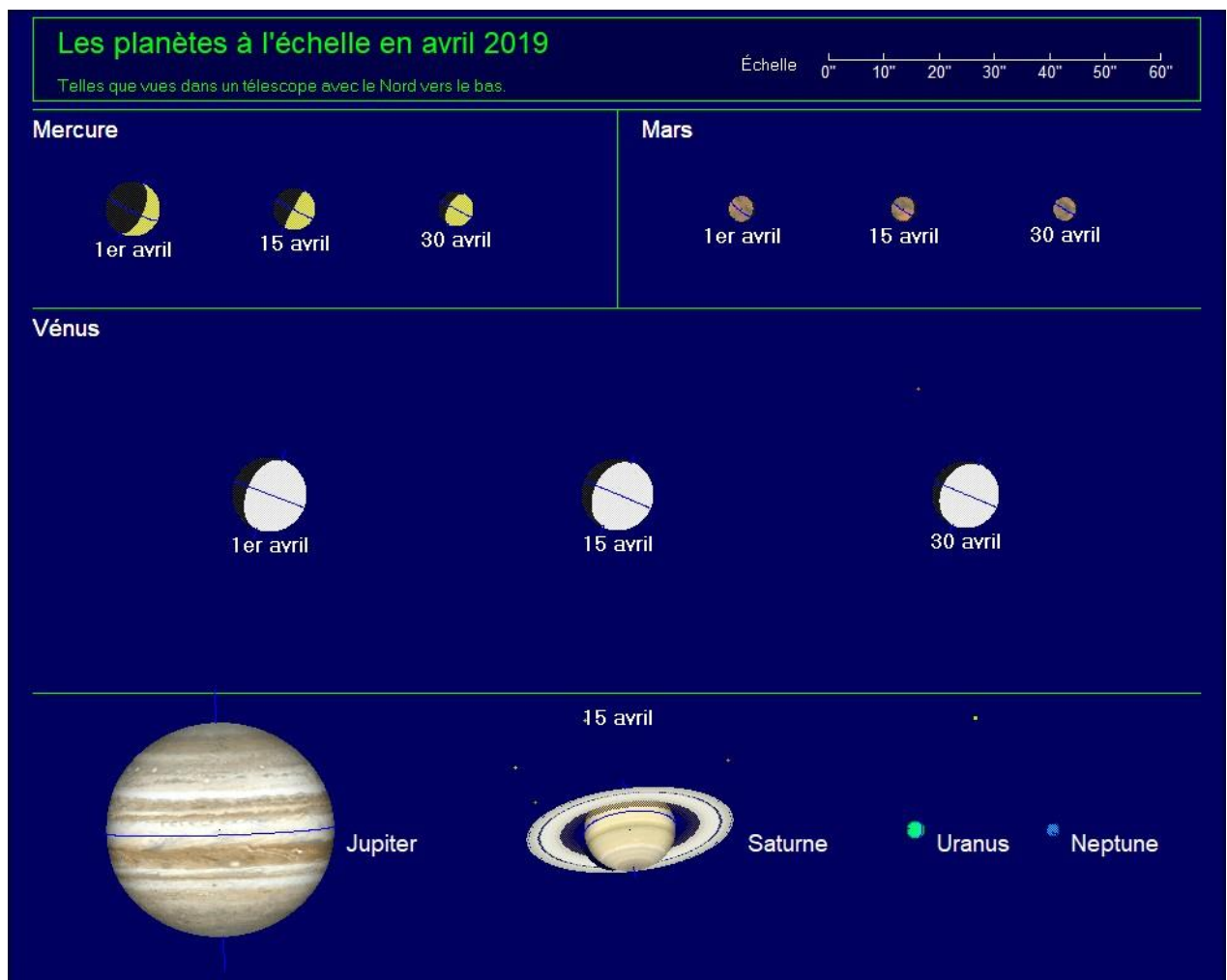
Mars : visible au sud- ouest début de nuit (Taureau Bélier)

Jupiter : visible au sud- ouest fin de nuit (Ophiuchus)

Saturne : bien visible le matin mais basse sur l'horizon (Sagittaire)

Uranus : encore visible mais rattrapée par les lueurs du crépuscule (poissons)

Neptune : inobservable (Verseau)



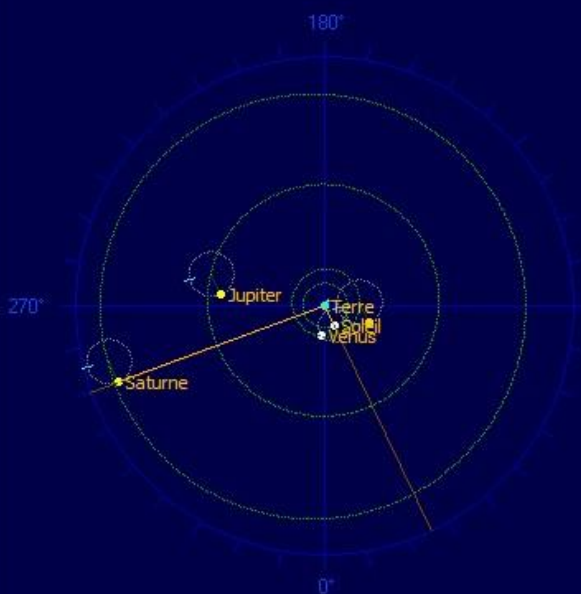
Système solaire géocentrique

Ptolémée, Héraclides, Tycho

Système solaire héliocentrique

Copernic, Kepler, Newton

Planète visée : Saturne



Orbites de Vénus jusqu'à Saturne

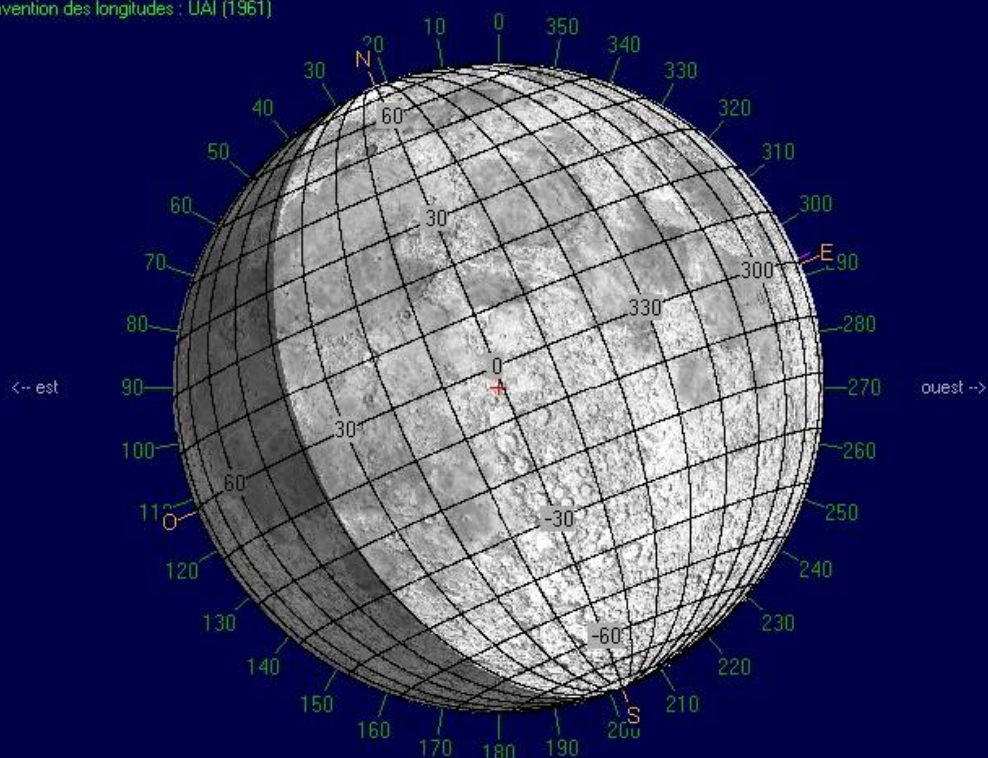
Cliquez sur une planète pour l'identifier.

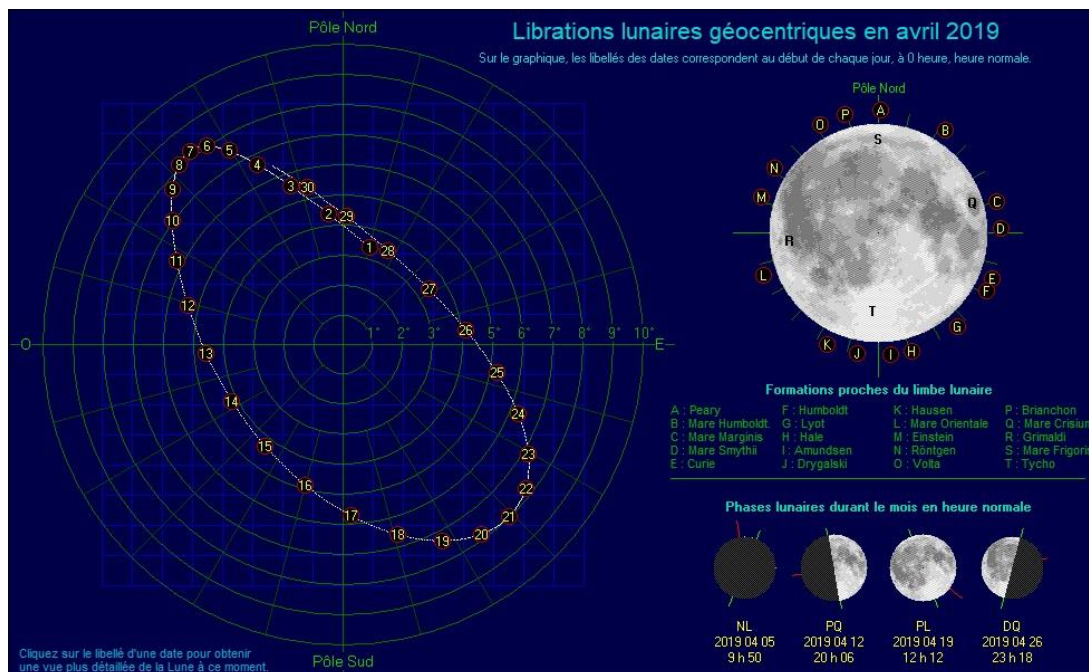
Coordonnées géocentriques
Longitude du Soleil = 25,32°
Longitude de Saturne = 290,35°
Élongation de Saturne = 94,97°

Carte de la Lune (vue topocentrique)

Angle de position du pôle Nord = 22,44°
Angle de position du limbe éclairé = 293,54°
Pourcentage d'illumination = 80,75%
Convention des longitudes : UAI (1961)

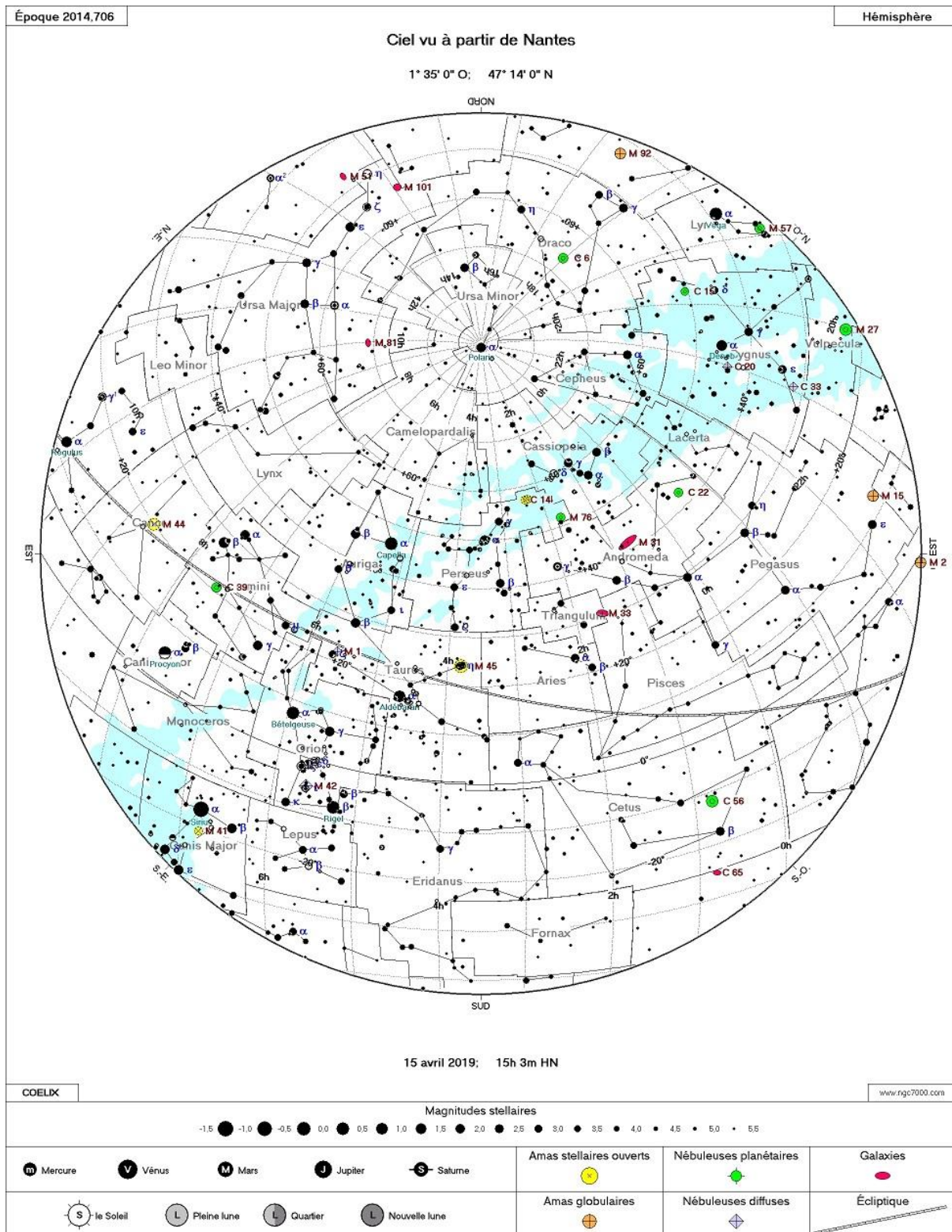
Longitude sélénographique du centre du disque = 0,87°
Latitude sélénographique du centre du disque = -3,78°
Longitude du terminateur du soleil levant = 38,81°





Phases lunaires pour avril 2019						
Les phases sont affichées pour 0 h, heure normale 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 céleste est vers le haut.						
Dimanche	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi
	1	2	3	4	5	6
					NL à 09:50 HN	
7	8	9	10	11	12	13
					PQ à 20:06 HN	
14	15	16	17	18	19	20
					PL à 12:12 HN	
21	22	23	24	25	26	27
					DQ à 23:18 HN	
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.

« La science est un projet coopératif qui se transmet entre les générations... (et entre les peuples)...une communauté d'esprits prenant racine dans l'Antiquité et se dirigeant vers les étoiles. »

Niel de Grasse Tyson (2014)

Après l'ISS, une petite station spatiale internationale près de la Lune

Article de Rémy Decourt publié le 30/04/2018

La Nasa veut reconquérir la Lune et envoyer des humains sur Mars. Le budget 2019 permet de passer les premières commandes à l'industrie dès l'an prochain avec l'objectif de lancer en 2022 le premier élément de cette station spatiale, qui sera plutôt, en fait, un poste avancé d'exploration. Quant au rôle de l'Agence spatiale européenne, Bernardo Patti, le directeur de l'exploration, nous l'explique...

Aux États-Unis, le regain d'intérêt pour la Lune se confirme. Poussée par l'administration Trump et un bon budget, la Nasa vient d'annoncer que les premiers contrats pour le futur poste avancé lunaire de l'exploration seraient signés dès 2019. Ces premiers contrats concerneront des équipements nécessaires aux futurs modules de ce poste avancé.

Cet avant-poste de l'exploration situé à proximité de la Lune, récemment rebaptisé *Lunar Orbital Platform-Gateway* (LOP-G), sera utilisé comme zone de transit pour l'exploration et l'étude de l'espace lointain. Il servira de point de départ pour les missions habitées autour de la Lune, à destination de Mars et ses lunes, ainsi que vers des astéroïdes. On notera que la Nasa n'a pas explicitement parlé d'envoyer des humains sur la Lune.

Ce poste avancé est dimensionné pour un équipage de quatre personnes -- la capacité de transport du véhicule Orion -- pour des séjours de trois mois maximum, du moins au début de l'utilisation de cette structure. Des durées plus longues sont envisagées mais elles dépendront des réponses apportées au problème des radiations et du ravitaillement en fret des équipages à bord.

Le saviez-vous ?

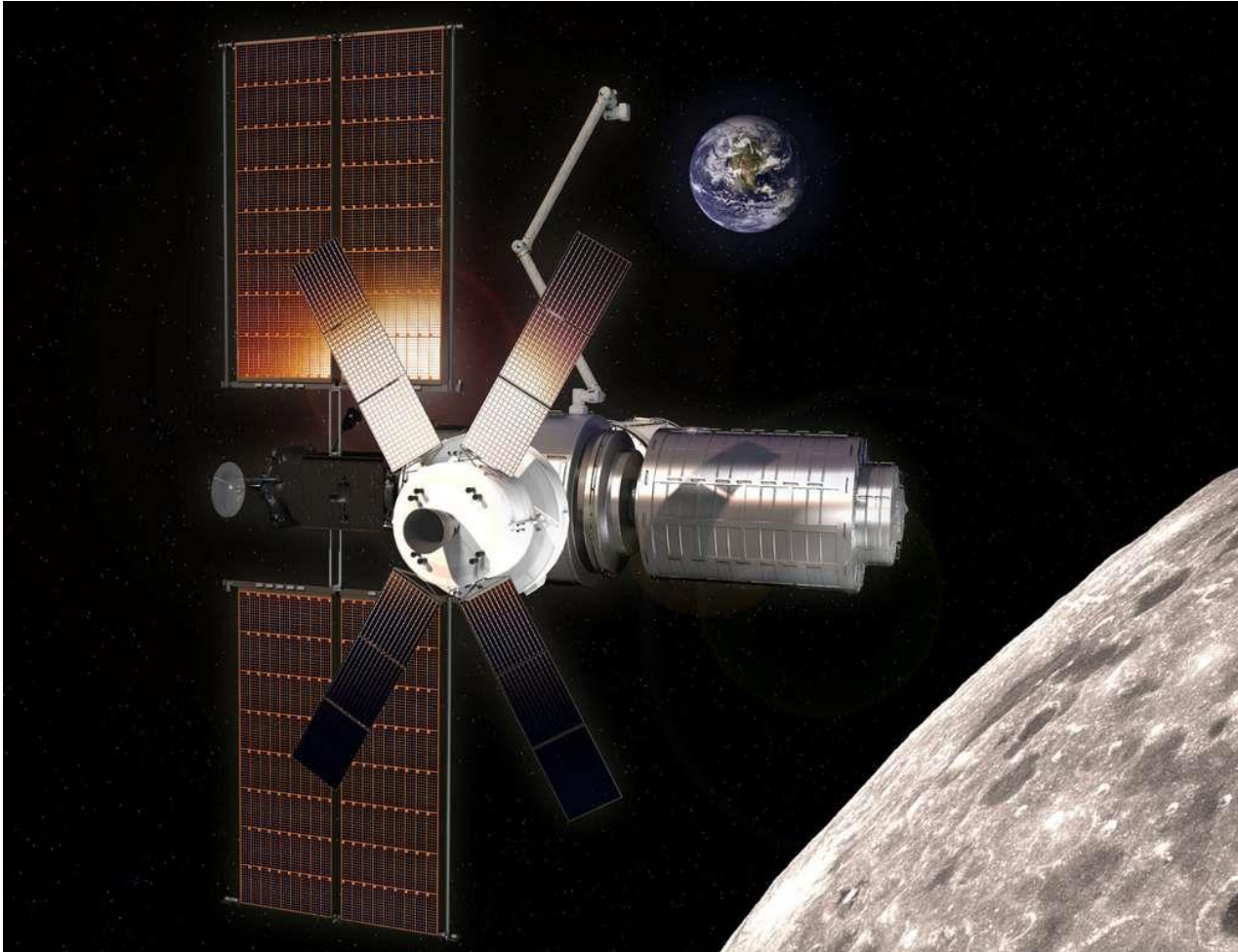
La Nasa ne désorbitera pas la Station spatiale tant que le poste avancé de l'exploration, le *Lunar Orbital Platform-Gateway*, sera en service avec un degré d'assemblage avancé. C'est un signal très fort envoyé aux partenaires du programme et utilisateurs de la Station, ce qui laisse à penser qu'elle sera utilisée au-delà de la moitié des années 2020.

La Nasa a en effet beaucoup regretté d'avoir remis les navettes spatiales sans véhicule de transport spatial de rechange. En effet, depuis le dernier vol d'*Atlantis*, en juillet 2011, la Nasa dépend de la Russie pour envoyer ses astronautes à bord de l'ISS. La situation pourrait durer une ou deux années de plus si Boeing et SpaceX ne parviennent pas à faire voler leur véhicule spatial d'ici la fin de l'année.

À proprement parler, ce ne sera pas une station spatiale, mais plutôt un vaisseau qui aura la capacité de naviguer. Cet avant-poste orbital permettra de « voir comment il peut supporter des missions lunaires robotiques et habitées et nous aidera à développer un véhicule pour explorer Mars avec des humains », nous expliquait en septembre 2017 Frank De Winne, conseiller auprès du directeur des vols habités et des opérations à l'ESA et directeur du Centre européen des astronautes.

Cet avant-poste sera installé sur une orbite NRHO (*Near Rectilinear Halo Orbit*), un type d'orbite de halo dans le système Terre-Lune, ni circulaire ni elliptique, et lié aux points de Lagrange L1 et L2. Si le delta V pour aller s'amarrer à cette station n'est pas très intéressant, une telle orbite a néanmoins plusieurs atouts. D'abord, elle est stable, toujours exposée au Soleil et visible en permanence depuis la Lune et la Terre, ce qui facilitera les communications.

À plus long terme, cette orbite pourrait aussi servir pour des télescopes spatiaux de grandes dimensions, pour transmettre, relayer des informations, etc. C'est donc un pari sur l'avenir.



La Nasa prévoit de lancer le premier élément de ce poste avancé, le module PPE (*Power Propulsion Element*), en 2022 et de terminer son assemblage dès 2025. © SSL

L'ESA sera présente sur cet avant-poste

La participation de l'Agence spatiale européenne à cet avant-poste « sera décidée fin 2019, lors de la session du Conseil de l'ESA au niveau ministériel », nous explique Bernardo Patti, le directeur des programmes d'exploration à l'ESA. L'accord trouvé avec la Nasa « sur le rôle que pourrait jouer l'ESA et sur ce qu'elle pourrait fournir sera proposé à nos États membres lors de cette session ».

Cet accord porte sur « la fourniture d'un certain nombre de modules de service pour le véhicule Orion ainsi que de deux éléments majeurs de ce poste avancé : le module d'habitation et le module Esprit ». Esprit est « un module non pressurisé qui abritera les servitudes de communication avec la Lune, la Terre et les véhicules en approche ». Il embarquera aussi les réservoirs de xénon* et d'hydrazine*. Il sera également équipé « d'un sas, mais pas pour les astronautes ». Ce passage sera seulement utilisé pour le transfert d'expériences scientifiques ou

de démonstrations technologiques de la partie pressurisée du poste avancé à la partie non pressurisée.

Xénon : gaz noble ou rare (à l'état de traces dans l'atmosphère terrestre), incolore et inodore, est utilisé en optique (lampe à décharge, laser), en médecine (anesthésie, imagerie médicale).

Hydrazine : composé chimique N_2H_4 , liquide incolore, nombreuses utilisations (airbags, polymères expansés) dont carburant pour les fusées.

Quant au module d'habitation, baptisé *International Habitation Module*, l'ESA sera « *le maître d'œuvre et l'intégrateur des différents équipements que fourniront les autres partenaires du programme* ». Le mécanisme européen d'amarrage IBDM (*International Berthing and Docking Mechanism*) « *sera proposé à la Nasa* ». Ce système d'amarrage a la particularité d'être le premier conçu selon des standards communs à toutes les agences spatiales partenaires du programme de l'ISS, de sorte de disposer d'une interface d'amarrage commune, ce qui n'est pas le cas aujourd'hui. Il équipera la version cargo et habitée du *Dream Chaser*.

La participation de l'ESA à cette station spatiale se fera selon « *un schéma différent de celui de la Station spatiale internationale* ». Aujourd'hui, le financement de l'utilisation de la Station se fait dans le cadre du « *barter agreement* », un système mis en place par les partenaires de l'ISS où chacun finance sa part de l'utilisation de la Station par la fourniture d'un service du même montant que sa contribution. Jusqu'en 2017, l'ESA s'est acquittée de ses charges avec les missions de l'ATV. Pour la période 2017-2020, l'ESA s'acquitte de son « loyer » auprès de la Nasa en finançant à hauteur de 450 millions d'euros le développement du module de service du futur véhicule d'exploration spatiale de la Nasa.

Dans le cadre du LOP-G, pas de loyer à payer : « *l'ESA devient actionnaire de la structure en quelque sorte* ». Concrètement, chaque partenaire apporte une contribution et sur la « *base de cette contribution a droit en retour à des bénéfices qui peuvent être des vols et des séjours d'astronautes, des créneaux d'amarrages ou d'utilisation des installations par exemple* ».

Le Canada participera également à la petite station spatiale près de la Lune

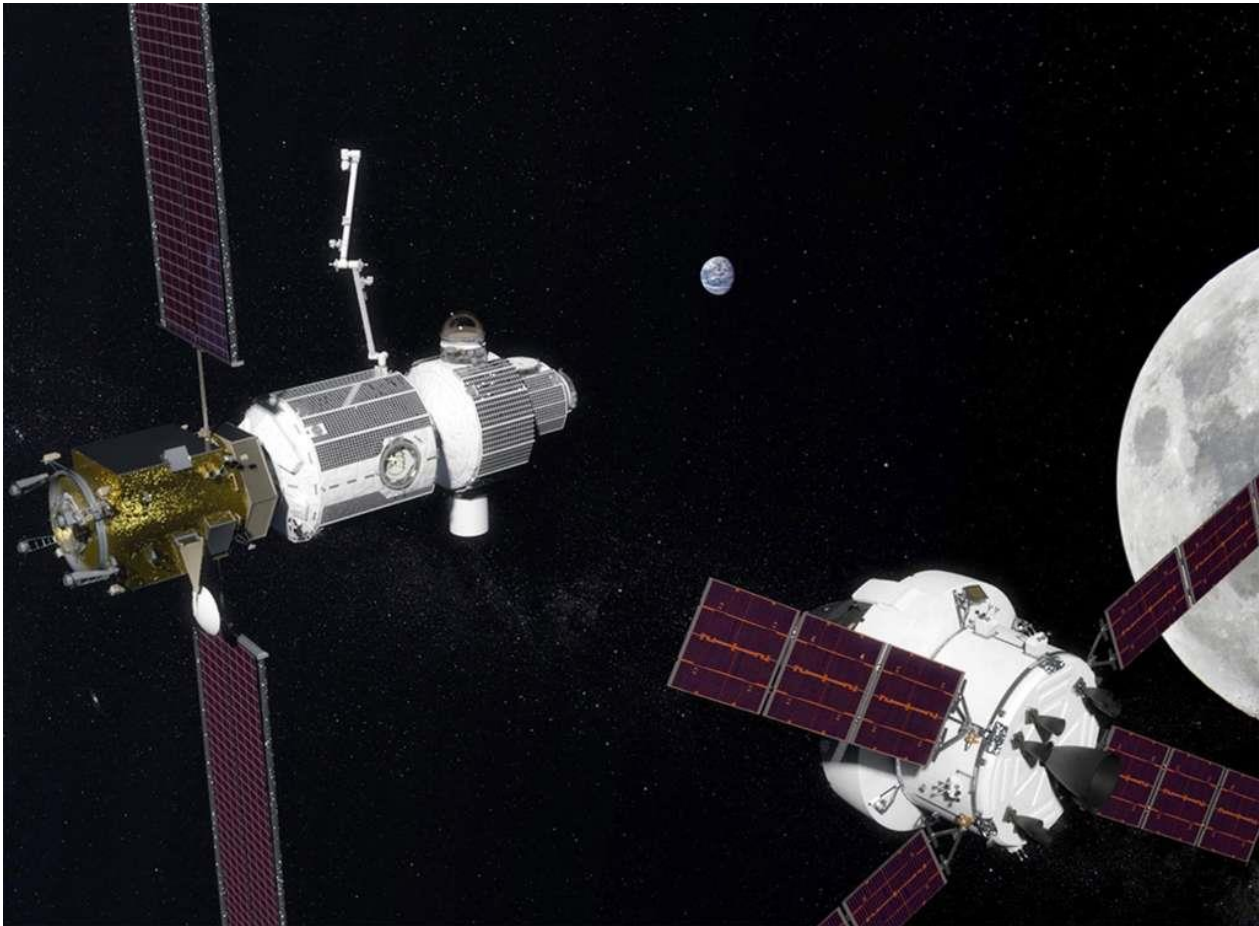
Le Canada fournira à la petite station lunaire Gateway de la Nasa, le système robotisé intelligent Canadarm3. Ce système autonome comprendra un bras robotisé de nouvelle génération, de l'équipement et des outils spécialisés. Les explications de Gilles Leclerc, le directeur général de l'Exploration spatiale à l'Agence spatiale canadienne.

Le Canada et son agence spatiale ont officialisé leur participation au projet d'avant-poste lunaire que prévoit de réaliser la Nasa à l'horizon 2025. Cette petite station spatiale sera installée à proximité de la Lune sur une orbite cislunaire. Baptisée Gateway, elle sera notamment utilisée pour préparer les étapes suivantes de l'exploration humaine du Système Solaire, de l'orbite lunaire à celle de Mars, des points de Lagrange aux astéroïdes, notamment. Elle servira aussi d'avant-poste pour des expéditions robotiques sur la Lune et plus tard, pour y transporter des astronautes.

Sans surprise, le Canada, devenu la référence en matière de bras robotiques spatiaux, fournira le système robotique de cette station. Baptisé Canadarm3, il héritera de « *près de quarante ans de savoir-faire canadien dans la robotique spatiale* », nous explique Gilles Leclerc, directeur général de l'Exploration spatiale à l'Agence spatiale canadienne. Une expérience unique au monde qui s'est construite au fil de « *milliers d'heures accumulées d'opérations en orbite, telles que l'assemblage, la réparation et le support aux sorties extravéhiculaires* ».

Ainsi, le Canada a réalisé les bras télémanipulateurs Canadarm des navettes, la perche d'inspection OBSS « *conçue après la perte de Columbia pour inspecter les navettes en orbite* » et

le Système d'entretien mobile (MSS), un des éléments essentiels de la Station spatiale internationale. Cet élément est constitué du « *Canadarm2 (SSRMS : Space Station Remote Manipulator System)*, de la *Base mobile (MBS : Mobile Base System)* et du *Manipulateur agile spécialisé (SPDM : Special Purpose Dexterous Manipulator)* », plus communément appelé *Dextre*.



Concept du *Lunar Orbital Platform-Gateway*, un avant-poste de l'exploration de la Lune et de Mars. © Nasa

Cette troisième génération de bras robotique sera « *très différente des Canadarm et Canadarm2* ». D'abord parce que la « *technologie a considérablement évolué depuis les années 80* », époque à laquelle ont été conçus ces deux bras robotiques et aussi parce qu'elle devra résister à des niveaux de radiation très importants, ce dont n'ont pas eu à se soucier Canadarm et Canadarm2 car évoluant sur des orbites basses qui « *bénéficient de la protection du champ magnétique terrestre* ». Ce futur bras sera aussi plus léger, et plus compact. L'Agence spatiale travaille sur le concept d'un bras « *d'une taille de 8,5 mètres (17 mètres pour le Canadarm2) et d'une masse d'environ 715 kilogrammes (1,5 tonne pour le Canadarm2)* ». Tout comme Canadarm2 avec Dextre, Canadarm3 sera « *accompagné d'un bras robotique plus petit (environ 1,8 mètre) pour les opérations plus fines et précises* ».

Ce futur système robotique sera aussi « *plus intelligent que la génération des bras précédents et capable de réaliser certaines tâches en parfaite autonomie* ». Des modules autonomes embarqués lui permettront de « *percevoir son environnement, de planifier lui-même ses tâches* ». Cette intelligence et cette autonomie sont une nécessité car cette station lunaire sera, dans un premier temps, « *inhabitée pendant de longues périodes* » et que « *les délais de communication seront plus longs* ».

Autre particularité, alors que le Canadarm sur la navette spatiale était opéré en orbite par les astronautes, le Canadarm2 par les équipages de la Station, les opérateurs du Centre de contrôle de Houston de la Nasa et les opérateurs du Centre de contrôle de l'Agence spatiale canadienne à Longueuil, le Canada voudra réaliser les opérations du Canadarm3 « *depuis le sol canadien* ».

Ce bras sera conçu pour :

- assurer la maintenance, la réparation et l'inspection de la station spatiale lunaire ;
- manipuler et déployer des instruments scientifiques sur le Gateway ;
- déplacer des modules ;
- aider les astronautes à effectuer des sorties dans l'espace ;
- permettre de mener des expériences scientifiques en orbite et sur la surface lunaire.

Faire progresser et renforcer le leadership du Canada dans la robotique spatiale

Dans un contexte où les projets scientifiques et commerciaux d'utilisation de l'espace, de services en orbite et d'exploration devront avoir recours à la « *robotique spatiale pour accomplir diverses missions, qu'il s'agisse de rovers jouant le rôle d'explorateurs planétaires ou de robots conçus pour réparer et ravitailler les satellites et les télescopes spatiaux* », cette décision de construire le Canadarm3 vise aussi à conserver le leadership mondial du Canada dans la robotique spatiale.

Justin Trudeau, le premier ministre canadien, a précisé que la participation du Canada au Gateway s'inscrivait dans le cadre de la nouvelle stratégie spatiale du pays, pour laquelle il a annoncé un investissement de 2,05 milliards de dollars sur 24 ans.

À partir de Canadarm3, l'idée est de dériver une variété de bras robotiques pour répondre à des besoins spécifiques comme la « *désorbitation de débris, l'assemblage et le ravitaillement en orbite par exemple* », qui sont vus comme des « *marchés prometteurs sur lesquels souhaite se positionner l'industrie spatiale canadienne* ».

CE QU'IL FAUT RETENIR

Le grand projet international qui succèdera à l'ISS sera une petite station située à proximité de la Lune.

Ce poste avancé servira à préparer l'exploration humaine de Mars. Il sera réalisé en coopération avec plusieurs agences spatiales dont l'ESA, et le Canada.

Pour cette station spatiale lunaire, le Canada fournira le système robotisé intelligent, le Canadarm3.

La Russie participera à la petite station spatiale internationale près de la Lune

Article de Rémy Decourt, publié le 02/12/2018

La Nasa, qui veut reconquérir la Lune et envoyer des humains sur Mars, est consciente qu'elle ne pourra pas le faire seule. N'en déplaie au président Trump, pour des raisons de coûts principalement, elle doit internationaliser ses programmes d'exploration habitée. L'avant-poste lunaire, qui sera à proximité de la Lune, sera donc un programme international. Si les agences spatiales du Canada et de l'Europe seront évidemment de la partie, bien qu'invitée la Russie réserve sa décision. Elle ne souhaite pas que la Nasa soit le seul maître d'œuvre et chef de file de ce programme qui succèdera à la Station spatiale internationale.

S'exprimant lors d'une conférence célébrant le vingtième anniversaire du lancement du premier module de la Station spatiale internationale (Unity, en novembre 1998), le président de Roscosmos, Dmitry Rogozin, s'est dit intéressé par le projet américain de création de la plateforme orbitale lunaire. Baptisé *Lunar Orbital Platform-Gateway* (LOP-G), cet avant-poste sera installé sur une orbite NRHO (*Near Rectilinear Halo Orbit*) à proximité de la Lune, à l'horizon 2026.

Bien qu'à ce jour seules les agences spatiales canadiennes et européennes ont rejoint ce projet de la Nasa, les Russes sont évidemment les bienvenus. D'ailleurs, lors du 68^e congrès international d'astronautique, qui s'est tenu à Adélaïde en Australie en septembre 2017, la Nasa et Roscosmos avaient signé une déclaration commune reflétant l'intention des deux agences à collaborer pour mettre en œuvre des initiatives d'exploration spatiale, dont ce fameux avant-poste lunaire.



Concept américain d'avant-poste lunaire. @ Nasa

Depuis, les relations, déjà exécrables, entre les États-Unis et la Russie, ont certes continué de se dégrader mais, étonnement, la coopération spatiale entre les deux super-puissances, bien qu'elle soit officiellement réduite au stricte minimum, ne se porte pas trop mal. La Nasa et les autres agences spatiales ont évidemment, pour des raisons géopolitiques, de coûts et de logistiques, tout intérêt à ce que la Russie participe à ce projet, dans un cadre similaire à celui qui a permis à la Station spatiale internationale de devenir le succès politique et technologique sans précédent que l'on connaît.

La Lune au programme de la Russie.

Pour l'instant, il est trop tôt pour savoir comment pourrait se matérialiser une participation russe à cet avant-poste. Il faut savoir que la Russie a un ambitieux programme d'exploration robotique et humain de la Lune avec, comme point d'orgue, l'atterrissage d'une mission habitée à l'horizon 2030 mais aussi le projet d'une station lunaire similaire en taille à l'avant-poste lunaire de la Nasa. Or, pour d'évidentes raisons de coûts, la Russie a aussi tout intérêt à internationaliser ce programme. D'ailleurs, l'ESA y participe déjà. Elle est impliquée dans trois missions robotiques russes à destination de la Lune !

Ce qui peut freiner, voire empêcher la Russie à rejoindre le projet, c'est la décision de la Nasa d'imposer les normes américaines à la réalisation de cet avant-poste. En effet, en raison de la petite taille de la structure et du faible nombre de modules prévus, il aurait été aberrant d'utiliser autant de normes de construction et d'utilisation qu'il y a de partenaires, comme c'est le cas sur l'ISS où cohabitent les normes américaines, russes et européennes.

Et c'est là que le bât pourrait blesser. Rogozin a déclaré que la Russie ne pourrait pas participer au projet à des conditions subordonnées aux seules décisions de la Nasa

Après l'ISS : l'ESA veut être présente sur la petite station spatiale internationale près de la Lune

Article de Rémy Decourt publié le 05/09/2018

L'Agence spatiale européenne a donné le coup d'envoi de sa participation à la future station spatiale à proximité de la Lune en signant, avec Thales Alenia Space, les premiers contrats portant sur l'étude de deux éléments que réalisera l'Europe pour ce poste avancé. Cette étude va permettre à l'ESA de présenter le dossier de demande de financement aux États membres, lors de la conférence ministérielle de 2019. Franco Fenoglio, le directeur des activités du transport spatial chez Thales Alenia Space et Xavier Roser, responsable des activités service en orbite, également chez Thales, nous expliquent ces deux éléments.

Pour succéder à la Station spatiale internationale et préparer les premières missions humaines à destination de Mars, la Nasa, l'ESA et les autres membres de l'ISS ont décidé d'envoyer une station spatiale sur une orbite cislunaire. Baptisé *Lunar Orbital Platform-Gateway* (LOP-G), cet avant-poste sera utilisé comme zone de transit pour l'exploration et l'étude de l'espace lointain et servira de point de départ pour les missions habitées autour de la Lune, à destination de Mars et ses lunes, ainsi que vers des astéroïdes. À la différence de la Station spatiale internationale (ISS), occupée en permanence par un équipage de six astronautes, cet avant-poste ne sera pas habité en permanence mais visité selon les besoins pour des périodes d'environ 30 à 40 jours. Il pourra abriter un équipage de quatre personnes, ce qui correspond aux capacités de transport du véhicule Orion de la Nasa.

Une station pour préparer les prochaines étapes de l'exploration

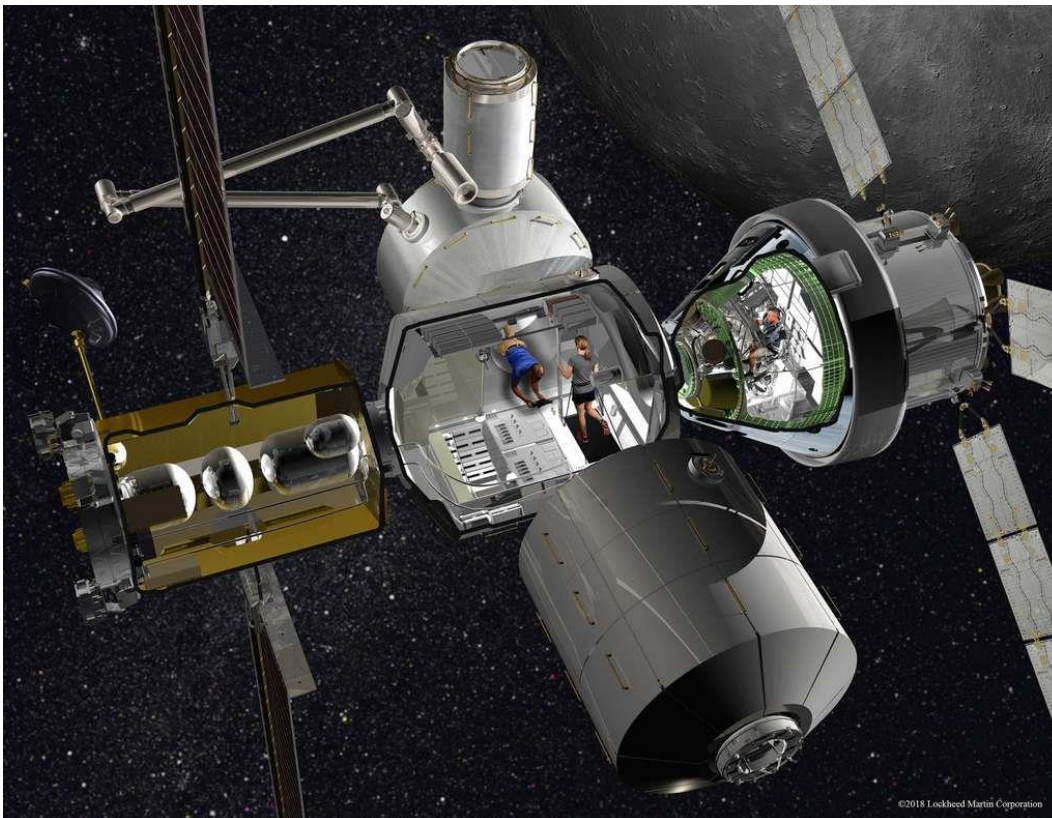
Cet avant-poste sera installé sur une orbite NRHO (*Near Rectilinear Halo Orbit*) dans le système Terre-Lune, ni circulaire ni elliptique, et liée aux points de Lagrange L1 et L2. Cette position, à proximité de la Lune, offre suffisamment d'orbites stables et proches de la Terre pour permettre une rentrée relativement rapide en cas d'urgence. Elle se situe aussi dans un environnement spatial représentatif de l'espace profond. C'est un bon compromis trouvé entre proximité de la Terre et de la Lune, banc d'essai pour les technologies d'exploration et station d'assemblage pour les futurs véhicules de transport qui feront le long trajet vers Mars, par exemple.

Le premier élément sera lancé à l'horizon 2022-2023 ; le LOP-G devrait être achevé en 2026-2027 pour une durée de vie contractuelle d'au moins 15 ans. La plupart des éléments seront lancés par le lanceur SLS (*Space Launch System*) de la Nasa, comme les vols habités de la capsule Orion. Des lancements commerciaux sont également prévus, notamment des cargos pour des services logistiques (nourriture, eau, pièces, etc.).

Bien que la participation de l'Agence spatiale européenne à cet avant-poste sera décidée fin 2019, lors de la session de son conseil au niveau ministériel, l'ESA vient de signer avec Thales Alenia Space les contrats pour les études de conception préliminaire du sas scientifique Esprit et du module I-HAB, deux éléments du programme LOP-G. Cette phase, A/B1 dans le jargon de l'ESA, est très importante. Elle va permettre à l'ESA de présenter le dossier de demande de financement aux États membres à la ministérielle de 2019.

Esprit est un petit sas scientifique. Il comprend des systèmes de stockage et de ravitaillement en propergol (Xénon et Hydrazine) de l'élément de propulsion électrique (premier élément américain du LOP-G), des systèmes de communication avec la lune, des points d'interface pour les charges utiles externes et un sas pour déployer des charges utiles scientifiques.

I-HAB est un module pressurisé de sept mètres de long avec un diamètre de 4,5 mètres. Il est doté de fonctions d'habitabilité et de maintien de la vie, offrant des capacités d'amarrage pour fournir des interfaces et des ressources aux véhicules de passage.



Concept de poste avancé lunaire, étudié par Lockheed Martin et Thales Alenia Space. © Lockheed Martin

Pour l'instant, il s'agit d'études de « *faisabilité et de définition des données techniques qui doivent aboutir à une conception préliminaire des deux éléments* », nous explique Franco Fenoglio, le directeur des activités du transport spatial habité chez Thales Alenia Space Italie. Cette phase permet de fixer les « *principales options techniques, le plan de développement et les coûts ainsi que les cahiers des charges des sous-systèmes et des équipements* ». Elle permet aussi de finaliser le choix de l'équipe industrielle. Cette phase, sanctionnée par une *Preliminary Design Review*, est prévue pour durer jusqu'à l'automne 2019, date à laquelle

l'ESA « décidera, lors de la conférence ministérielle de fin 2019, si elle finance la construction de ces deux éléments ».

« L'héritage de la Station spatiale sera très présent dans la réalisation du module d'habitation I-HAB », tient à préciser Franco Fenoglio et de rappeler que Thales Alenia Space est le « deuxième fournisseur de modules de l'ISS après Boeing ». Les développements antérieurs de Thales Alenia Space pour la Station spatiale vont donc « servir de point de départ pour la réalisation des éléments de cette station lunaire », compléter des besoins particuliers et propres au programme du LOP-G.

Un des challenges les plus importants est « la réduction de la masse ». Ces gains de masse sont « très recherchés, car il est bien plus cher de transférer 1 kg en orbite lunaire que sur l'orbite basse de l'ISS ». Mais, comme autour de la lune il n'y a pas de débris, il « est possible de jouer sur l'épaisseur des matériaux et sur les parties qui vont servir au docking qui seront plus petites donc plus légères ». La navette américaine n'étant plus en service, il sera également nécessaire de « tenir compte des performances et des aptitudes du SLS de la Nasa qui sera utilisé pour lancer les éléments du LOP-G ». La masse au lancement des éléments du LOP-G devra être aussi faible que possible, ce qui impliquera d'utiliser des « structures plus légères, tant pour les coques de pression, par exemple en réduisant leur épaisseur, que pour les structures secondaires internes qui permettront d'accueillir les équipements ».

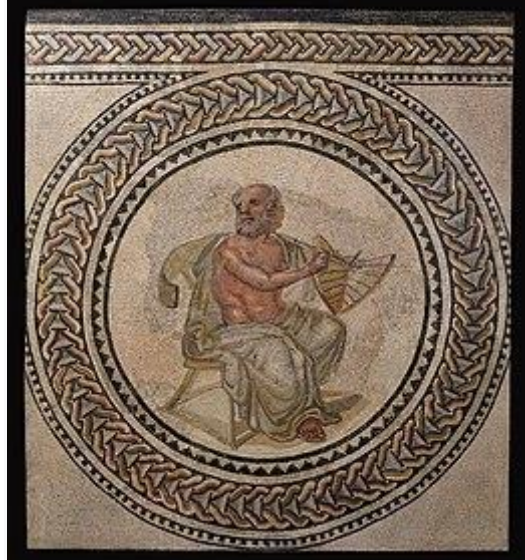
Cela explique pourquoi la masse du module d'habitation I-HAB, inspiré « pour la forme et la masse des nœuds de jonction (les nodes), et que nous avons réalisé pour l'ISS », sera inférieure à neuf tonnes maximum, contre 14 tonnes pour le module de jonction numéro 3. Autre contrainte forte, l'architecture de ce module devra être d'une très grande fonctionnalité et tenir compte de « solutions d'hébergement favorisant des intérieurs habitables plus confortables ». Si l'ISS dispose de plusieurs modules offrant la « possibilité de se déplacer, de livrer et travailler dans chacun d'eux », le LOP-G sera plus petit. Il est donc important de se concentrer sur les aspects « facteurs humains » et être en mesure de « fournir plus de pièces habitables », et de, déjà, préparer les « futurs modules qui feront ensuite partie du long voyage vers Mars » dans lesquels l'équipage restera dans le même module jusqu'à 1.000 jours. D'où la nécessité de commencer à concevoir des « modules plus confortables pour l'équipage, dans des espaces plus restreints auxquels les astronautes sont habitués ».

Quant au sas scientifique Esprit, que l'on peut pressuriser et dépressuriser, son but est de récupérer des charges utiles ou d'expériences qui arriveraient à la station par des cargos pressurisés et de les installer à l'extérieur de la station grâce au bras robotique qui sera fourni par le Canada. Il « fonctionne un peu comme un tube à torpille », nous explique Xavier Roser, responsable des activités service en orbite chez Thales Alenia Space. Ce sas combine essentiellement des fonctions qui s'appuient sur un « héritage des modules pressurisés réalisés par Thales Alenia Space pour l'ISS ».

Esprit est également équipé de « sous-systèmes de propulsion, d'avionique et de télécommunications interplanétaires pour permettre les communications entre la terre, la lune et la station » qui eux sont l'héritage de briques technologiques développées pour l'orbiter TGO de la mission ExoMars 2016, également développé par Thales Alenia Space.

Anaximandre

Anaximandre de Milet



Naissance	Vers	-610
	Milet	
Décès	Vers	-546
	Milet	
École/tradition	École milésienne	
Principaux intérêts	Astronomie, Physique, Géométrie, Géographie	
Idées remarquables	apeiron	
Œuvres principales	<i>Sur la nature</i>	
Influencé par	Thalès	
A influencé	Anaximène, Anaxagore, Pythagore, Xénophane	

Anaximandre de Milet (en grec ancien Ἀναξίμανδρος / *Anaxímandros*) (vers -610 – vers -546) est un philosophe et savant grec présocratique. On suppose qu'il succéda à Thalès comme maître de l'école milésienne, et il aurait eu Xénophane, Pythagore et Anaximène parmi ses élèves.

Anaximandre est le premier Grec connu à avoir tenté de décrire et expliquer l'origine et l'organisation de tous les aspects du monde d'un point de vue que l'on qualifie rétrospectivement de scientifique¹. Nombre de philosophes et commentateurs contemporains estiment pour cette raison que les théories d'Anaximandre représentent une étape essentielle et révolutionnaire de l'histoire des sciences².

Anaximandre passe également pour le premier philosophe à avoir consigné ses travaux par écrit, mais seules quelques phrases sont parvenues jusqu'à nous. Les témoignages antiques permettent de se faire une idée de leur nature et de leur étendue, qui couvre la philosophie, l'astronomie, la physique, la biologie, la géométrie et la géographie. □

Biographie



Détail de *l'École d'Athènes* de Raphaël. Le personnage à gauche de Pythagore est traditionnellement identifié à Boèce, mais son visage présente des similitudes avec le bas-relief d'Anaximandre (image en haut) et pourrait en être une représentation³.

Anaximandre, fils de Praxiadès, est né à Milet durant la troisième année de la 42^e olympiade (610 av. J.-C.)⁴. Selon Apollodore d'Athènes, il était âgé de soixante-quatre ans dans la seconde année de la 58^e olympiade (547-546 av. J.-C.) et il mourut peu de temps après. Il aurait ainsi connu son apogée aux environs de l'époque de Polycrate, tyran de Samos (538-522 av. J.-C.)⁵. Compatriote et élève de Thalès, il semble également qu'il fut l'un de ses parents (selon la *Souda*). La mort d'Anaximandre serait contemporaine de la naissance d'Héraclite⁶.

Dans ses *Discours*⁷, Thémistios mentionne qu'Anaximandre aurait été « le premier des Grecs connus à publier un ouvrage écrit sur la nature » et, par ce fait même, ses documents auraient été parmi les premiers textes grecs écrits en prose⁸.

Il n'existe pourtant aucune mention de ses textes avant Aristote, et, pour cette raison, l'on suppose parfois⁹ que, du temps de Platon, sa philosophie était tombée dans l'oubli ; c'est Aristote qui l'aurait redécouverte, et c'est à Aristote, à Théophraste et à quelques doxographes que l'on doit les fragments qui nous restent. Théophraste a écrit qu'Anaximandre est le premier à nommer « Monde » l'Univers¹⁰.

Les *Vies, doctrines et sentences des philosophes illustres*¹¹ de Diogène. Laërce rapportent qu'ayant appris que les enfants se moquaient de lui quand il chantait, il aurait répondu qu'il lui faudrait alors apprendre à mieux chanter, pour les enfants.

D'après Élien, les Milésiens l'auraient chargé de diriger une colonie vers Apollonie du Pont, sur la côte thrace du Pont-Euxin, ce qui laisse penser qu'il fut un citoyen d'une certaine notoriété. En effet, les *Histoires variées*¹² expliquent que les philosophes laissaient parfois le confort de leurs pensées pour s'occuper d'affaires politiques. Il est donc fort probable qu'il y fut envoyé à titre de législateur pour y apporter une constitution ou encore pour y maintenir le pouvoir par Milet.

L'Origine de toutes choses (modifier le code)0

Les premiers philosophes grecs cherchaient l'origine ou principe des choses. Anaximandre aurait été le premier philosophe à employer le terme grec ἀρχή / *arkhé* pour désigner l'objet de cette recherche¹³. Celui-ci signifiait jusqu'alors le « commencement », l'« origine » ; à partir d'Anaximandre, il ne s'agit plus seulement d'un point dans le temps, mais d'une origine perpétuelle, qui engendre continuellement ce qui est.

Ce principe des choses est pour Anaximandre l'ἄπειρον / *ápeiron* (« infini » ou « illimité »). Hippolyte de Rome (I, 5), et plus tard Simplicius attribuent à Anaximandre la paternité de l'usage de ce mot pour désigner le principe originel.

L'*apeiron*

En suivant et résumant les témoignages qui nous sont parvenus, on peut dire qu'Anaximandre plaçait l'*apeiron* comme substance ou principe originel¹⁴, source, réceptacle de tout, éternel et indestructible, la cause complète de la génération et de la destruction de tout¹⁵. Pour Anaximandre, le principe des choses n'est rien de déterminé, il n'est pas un des éléments, comme c'était le cas chez Thalès. Pas plus qu'il ne s'agit de quelque chose d'intermédiaire entre l'air et l'eau, ou l'air et le feu, plus dense que l'air et le feu et plus subtil que l'eau et la terre¹⁶.

Le raisonnement sous-jacent à cette conception d'Anaximandre du principe de toutes choses semble pouvoir être reconstitué de la manière suivante¹⁷ : **tout ce qui devient a un commencement, une fin, en bref des limites spatio-temporelles ; ce qui a un commencement et une fin ne peut être la cause éternelle de tous les êtres. Donc seul ce qui est illimité et indéterminé peut être une cause universelle, indestructible et permanente.**

Difficultés d'interprétation

Le terme *apeiron* a donné lieu à de nombreuses interprétations, depuis Aristote jusqu'à aujourd'hui. Les différentes traductions possibles du mot grec (en français par exemple : infini, indéfini, indéterminé, illimité) illustrent les incertitudes liées à cette notion. Si l'ensemble des commentateurs s'accordent sur quelques traits généraux, les discussions de détail ne permettent pas de décider de manière certaine de ce que voulait dire Anaximandre.

Pour expliquer cette impossibilité de déterminer la pensée exacte d'Anaximandre, certains commentateurs soulignent que les sources ne sont pas seulement rares : elles ne sont pas cohérentes, et un témoignage peut même se contredire lui-même, comme si les anciens lecteurs d'Anaximandre éprouvaient de la difficulté à le comprendre¹⁸. Quelques commentateurs avancent à ce sujet que c'est peut-être finalement la pensée même d'Anaximandre qui est intrinsèquement incertaine et confuse, et que cette partie métaphysique de son œuvre est loin d'avoir la même valeur que ses contributions scientifiques¹⁹.

Étymologie

L'étymologie du mot grec *apeiron* est elle-même sujette à discussions. Ces discussions sont particulièrement importantes dans la mesure où il s'agit d'une part de savoir comment le mot

était utilisé du temps d'Anaximandre, et d'autre part de comprendre l'usage spécifique qu'en fait Anaximandre.

Selon l'étymologie la plus courante, *apeiron* vient de *peiras*, la limite, auquel est joint le préfixe privatif « a- ». L'*apeiron* serait donc ce qui est privé de limites, par exemple de limites dans l'espace ou dans le temps¹⁹.



La mer est *apeiron* pour un Grec ancien : on peut parcourir son immensité, sans parvenir à en atteindre les limites.

Selon une autre étymologie, *apeiron* vient de *peraô*, traverser, parcourir, et signifierait donc « ce que l'on ne peut traverser »¹⁹. Il n'y a pas obligatoirement dans ce cas une idée d'absence de limites : est *apeiron* ce qui peut se parcourir, mais qui est par exemple trop vaste pour qu'on en puisse découvrir le terme.

L'utilisation de ce mot et de mots de la même famille chez d'autres auteurs grecs précédant Anaximandre nous éclaire sur cette seconde étymologie. Ainsi, chez Homère, la mer est-elle *apeiron* ; autrement dit, la mer est vaste, et donne l'impression d'une grandeur qu'un homme ne peut parcourir d'un bout à l'autre, ce qui est le cas également de l'immensité sans fin de la Terre. La mer et la Terre n'en sont pas moins des réalités limitées²⁰. Dans le même ordre d'idées, le mot peut qualifier des sphères et des cercles que l'on peut parcourir sans parvenir jamais à une fin.

L'*apeiron* est illimité

Conformément à la première étymologie du mot, l'*apeiron* ne possède pas de limites. Cette absence de limites peut être comprise de manière quantitative et/ou qualitative.

Selon une interprétation quantitative de la notion de limite, cela peut signifier deux choses : qu'il n'a pas de contours précis et qu'il est immense, c'est-à-dire qu'il est infini en grandeur, spatialement. Ainsi, pour Abel Rey, il s'agit d'un « flou indéfiniment plastique, et immense en même temps²¹ ». Pour Kahn, de manière semblable, c'est « une masse immense et inépuisable, qui s'étend à l'infini de tout côté. [...] L'illimité est ce que nous appelons l'espace infini²² ». Dans cette dernière interprétation, on peut noter que l'espace et la matière sont conçus conjointement.

Cette compréhension quantitative de l'*apeiron* est cependant jugée insuffisante²³, dans la mesure où elle ne tiendrait pas compte de l'illimitation qualitative de l'*apeiron*, c'est-à-dire de son indétermination déjà perceptible dans l'idée qu'il n'a pas de contours.

L'*apeiron* est indéterminé

Selon une interprétation qualitative de la notion de limite, l'*apeiron* est dépourvu de limites internes, et non pas seulement de contours c'est-à-dire de limites externes²⁴. Il n'y a pas en lui de distinctions telles que celles qui existent entre des objets de différentes natures, et il ne peut ressembler à rien de déterminé, comme les éléments. Il n'y a donc rien qui le définirait et il n'est d'aucune sorte ou genre²⁵.

L'*apeiron* est inengendré

En tant que principe de tout, l'*apeiron* ne peut provenir de rien, c'est-à-dire qu'il n'a pas lui-même de principe et qu'il est inengendré. Il n'a donc pas non plus de commencement, qui serait une limite temporelle, et il n'a pas de fin pour la même raison²⁶. Il est de ce fait qualifié d'immortel et d'impérissable, d'éternel et sans âge, ce qui souligne son caractère originel : l'*apeiron* existe de tout temps, son existence est permanente²⁷.

L'*apeiron* est cause génératrice Inengendré et éternel, l'*apeiron* est la cause permanente de toutes les autres choses, de leur naissance comme de leur destruction. Se pose alors ici la question de savoir comment Anaximandre concevait la relation entre le principe et les choses dont il est le principe, question qui soulève deux problèmes : l'*apeiron* est-il immanent au devenir ou distinct de lui ? Comment l'*apeiron* engendre-t-il les choses ?

Deux solutions très différentes ont été proposées pour résoudre le premier problème : la première solution possible, dont on trouve l'origine chez Aristote²⁸, consiste à dire que l'*apeiron* est un mélange des opposés et qu'il est donc immanent au devenir, qu'il en est la matière²⁹. Cette interprétation est soutenue au xx^e siècle par Guthrie²⁷ pour qui l'*apeiron* n'a pas de qualités propres (selon l'idée que le principe est qualitativement indéfini), mais contient en lui toutes les qualités qui se sépareront de lui par la suite et qui formeront le devenir. Cette interprétation est soutenue également par Abel Rey et Kahn, cités dans une section précédente, pour qui l'*apeiron* est une quantité de matière informe et illimitée.

Toutefois, plusieurs commentateurs³⁰ proposent une deuxième solution, en soutenant que l'*apeiron* doit se distinguer intrinsèquement de ce qu'il produit : il n'est rien de matériel, ne contient pas littéralement ce qu'il produit, car, n'étant pas qualitativement défini, il n'en est pas composé. Il n'est donc ni un mélange ni un intermédiaire entre les éléments³¹, et il ne sera pas plus l'espace infini que la matière, de même qu'il n'existera pas dans le temps, puisqu'il est l'origine de toutes ces choses. Selon cette interprétation, puisque l'*apeiron* est une cause génératrice, on ne saurait le confondre avec un quelconque substrat matériel.

Cette dernière interprétation conduit au second problème : si l'*apeiron* n'est rien de matériel, comment Anaximandre peut-il en faire une cause génératrice des choses ? En tant que tel, ce principe ne peut faire en effet l'objet d'une connaissance déterminée²⁹ ; comment dans ce cas pourrait-il être un principe d'explication de ce qui est ? C'est la description de la formation de l'univers, c'est-à-dire la cosmologie, qui va permettre de voir plus en détail ce qu'il en est de ce problème de l'engendrement des choses.

Description du monde

Cosmologie

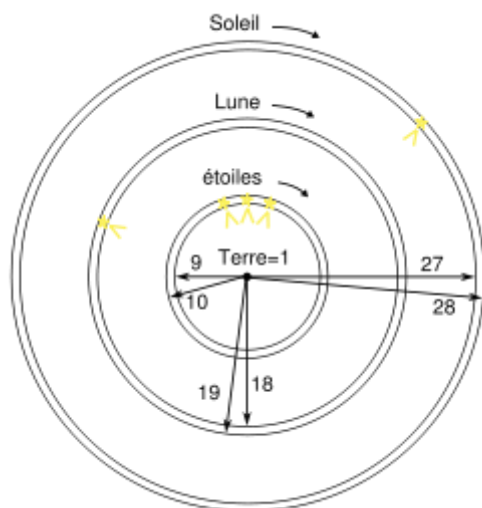


Schéma de l'univers d'Anaximandre.

« Eudème, dans ses livres *Sur l'astronomie* raconte qu'Œnopide a trouvé le premier l'obliquité du zodiaque et reconnu l'existence de la grande année : d'après lui, Thalès a fait voir que les éclipses de soleil et les retours de cet astre aux solstices n'arrivent pas toujours après le même temps ; Anaximandre prétend que la terre est suspendue dans l'espace et se meut autour du centre du monde ; Anaximène a montré que la lune reçoit la lumière du soleil et de quelle manière elle s'éclipse. D'autres ont ajouté de nouvelles découvertes à celles-là : que les étoiles se meuvent autour de l'axe immobile qui passe par les pôles, que les planètes se meuvent autour de l'axe perpendiculaire au zodiaque ; et que l'axe des étoiles et celui des planètes s'écartent l'un de l'autre, du côté du pentédécagone, et par conséquent d'un angle de 24 degrés. »³²

La construction d'une cosmologie utilisant des hypothèses explicatives non mythologiques comme l'*apeiron* distingue Anaximandre des auteurs de cosmologies antérieures. Il témoigne de la démythification de la démarche généalogique. La composition du plus ancien ouvrage en prose sur l'Univers et les origines de la vie, qui constitue la majeure contribution d'Anaximandre, lui valut d'être parfois désigné comme le père de la cosmologie ou fondateur de l'astronomie. Toutefois, le Pseudo-Plutarque³³ précise qu'il considère que « les astres sont des dieux célestes ».

Genèse du monde

À partir de l'*apeiron*, Anaximandre explique comment se forment les quatre éléments de la physique ancienne (l'air, la terre, l'eau et le feu) et, sous leurs interactions, comment se forment la Terre et les êtres qui l'habitent. Il relie en outre l'engendrement non pas à l'altération de l'élément, mais à la séparation des contraires à travers le mouvement éternel³⁴.

Selon Anaximandre, l'Univers tire son origine de la séparation des contraires de la matière primordiale. Le processus par lequel la substance originaires s'est différenciée est chez lui une sorte de tourbillon, en grec δίνη / *dinê*, semblable à ceux qu'on observe dans un cours d'eau ; ce tourbillon a opéré un processus de séparation et de triage³⁵. Ainsi, le chaud se déplaça vers le haut, se séparant du froid, et ensuite le sec se sépara de l'humide. De la dessiccation d'une matière humide, peut-être terreuse, naissent des vivants, l'Homme étant le produit final d'une évolution à partir d'animaux aquatiques. Il soutenait également que toute chose qui meurt retourne à l'élément dont elle est issue (*apeiron*). La seule citation d'Anaximandre qui nous soit parvenue porte sur ce sujet. Elle a été rapportée par Simplicius et décrit les changements équilibrés et réciproques des éléments :

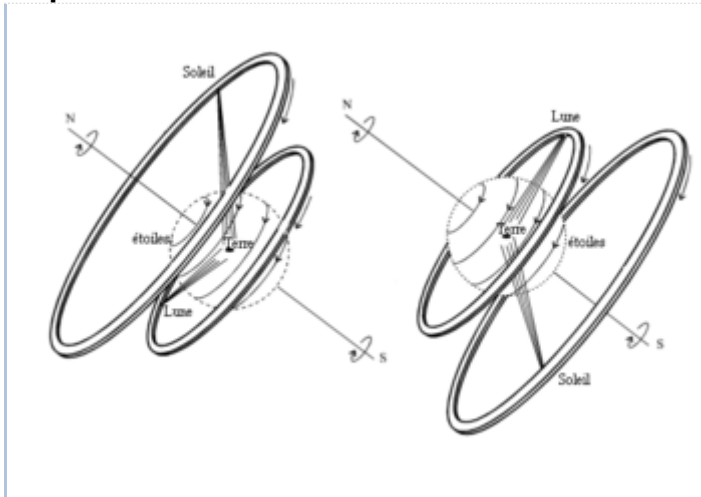
« Ce d'où il y a génération des entités, en cela aussi se produit leur destruction, selon la nécessité, car elles se rendent les unes aux autres justice et réparation de leur injustice, selon l'assignation du Temps³⁶. »

Ce fragment textuel, décrivant le grand mouvement à l'œuvre dans l'univers, curieusement n'est pas sans rappeler en partie les propos d'Héraclite³⁷. Cette similitude syntaxique lointaine semble indiquer la volonté de décrire le Monde par une prose mêlée de tours poétiques, vaguement prophétique.

La ponctuation n'existe pas en grec ancien et les citations se fondent habituellement sur le contexte. Il est donc souvent difficile d'en déterminer le début et la fin. On considère néanmoins généralement qu'il ne s'agit pas là de l'interprétation de Simplicius, mais bien, comme il l'a écrit, des « termes quelque peu poétiques » d'Anaximandre. D'après ce fragment, une part de la régularité et de l'équilibre de l'alternance présente dans la nature (été et hiver, peut-être) était attribuée à la Justice, non pas la justice de Zeus, mais une relation interne entre les puissances en lutte entre elles. Anaximandre donnait ainsi à la Δίκη, Dikê, la valeur d'une loi constitutive du cosmos.

L'idée du retour à l'élément d'origine fut souvent reprise par la suite, notamment par Aristote (*Métaphysique*, I, 3, 983 b 8-11 ; *Physique*, III, 5, 204 b 33-34) ou par Euripide (« Ce qui vient de la terre doit retourner à la terre », *Les Suppliants*, v. 532). Elle rappelle même l'expression judéo-chrétienne : « Tu es né poussière et tu retourneras à la poussière. »

Représentation de l'univers



Schémas du modèle de l'univers d'Anaximandre : à gauche, le jour en été ; à droite, la nuit en hiver.

Anaximandre fut le premier à concevoir un modèle mécanique du monde. La Terre flotte en équilibre, immobile au centre de l'infini, sans être soutenue par quoi que ce soit⁴. Elle demeure « au même endroit à cause de son indifférence » : il expliquait en effet l'immobilité de la Terre au milieu du cosmos par la symétrie de la position qu'elle y occupe qui ne lui donne aucune raison de se déplacer d'un côté plutôt que d'un autre³⁸, point de vue considéré comme étant ingénieux, mais faux par Aristote dans son *Traité du ciel* (II, 13). Sa forme curieuse est celle d'un cylindre³⁹ dont la hauteur est le tiers de son diamètre. La partie plane du dessus forme le monde habitable entouré d'une masse océanique circulaire. Un tel modèle cylindrique permettait de concevoir que les astres aient pu passer en dessous. Cette représentation est novatrice par rapport à l'explication de Thalès d'un monde qui flotte sur l'eau.

La thèse d'Anaximandre que la Terre est suspendue dans le ciel, sans aucun support, est considérée comme la première révolution cosmologique et un point de naissance de la pensée

scientifique^{40,41}. Karl Popper a appelé cette idée « l'une des idées les plus audacieuses, les plus révolutionnaires, les plus prodigieuses de toute l'histoire de la pensée humaine », car elle ouvre la voie à Aristarque et Copernic, et anticipe dans une certaine mesure Newton⁴².

À l'origine, après la séparation du chaud et du froid, se forma une boule de flamme qui entourait la Terre comme l'écorce d'un arbre. Cette boule se déchira pour former le reste de l'Univers. Celui-ci ressemblait à un système de roues creuses concentriques emplies de feu et aux parois percées d'une bouche, comme le trou d'une flûte. De la même taille que la terre, le Soleil était donc le feu que l'on voyait à travers un trou sur la roue la plus éloignée et une éclipse correspondait à la fermeture de ce trou. Le diamètre de la roue solaire égalait vingt-sept fois celui de la Terre (ou vingt-huit, selon les sources⁴³) et celui de la Lune dont le feu était moins intense, dix-huit fois (ou encore dix-neuf). Son trou avait la capacité de changer sa forme, expliquant ainsi les phases lunaires. Les étoiles et les planètes, plus rapprochées⁴⁴, étaient conçues sur le même modèle⁴⁵.

Il fut ainsi le premier astronome à considérer le Soleil comme une masse énorme et par conséquent, à réaliser à quel point celui-ci pouvait être éloigné de la Terre⁴⁶. Il était aussi le premier à présenter un système où les astres tournaient à des distances différentes. D'ailleurs selon Diogène Laërce (II, 2), il construisit une sphère céleste. Cette réalisation lui permit sans doute d'être le premier à établir l'obliquité du zodiaque comme l'affirme Pline l'Ancien dans son *Histoire naturelle* (II, 8). Il est beaucoup trop tôt pour parler ici de l'écliptique, mais les connaissances et les travaux d'Anaximandre sur l'astronomie confirment qu'il devait avoir observé l'inclinaison de la sphère céleste par rapport au plan terrestre pour expliquer les saisons. La mesure exacte de l'obliquité, d'après Aetius (II, 12, 2), reviendrait à Pythagore.

Pluralité des mondes

Selon Simplicius, Anaximandre suggérait déjà, comme Leucippe, Démocrite et plus tard Épicure, la pluralité des mondes. Ces penseurs supposaient qu'ils apparaissaient et disparaissaient pendant un temps, que certains naissaient quand périssaient d'autres. Et ils affirmaient que ce mouvement était éternel, « car sans mouvement, il ne peut y avoir ni génération ni destruction⁴⁷. »

Indépendamment de Simplicius, Hippolyte (*Réfutation*, I, 6) rapportait qu'Anaximandre disait que le principe des êtres émane de l'infini, duquel proviennent les cieux et les mondes (nombreux sont les doxographes qui ont fait état de l'usage du pluriel quand ce philosophe fait référence aux mondes en eux⁴⁸ qui sont souvent en quantité infinie). Cicéron spécifie en outre que le philosophe associe des dieux différents aux mondes innombrables qui se succèdent⁴⁹.

Cette théorie rapprocherait Anaximandre des atomistes et des épicuriens qui, plus d'un siècle plus tard, affirmèrent également qu'une infinité de mondes apparaissaient et disparaissaient. Il y eut au cours de l'histoire intellectuelle grecque des penseurs qui soutinrent l'idée d'un monde unique (Platon, Aristote, Anaxagore et Archélaos de Milet), mais d'autres concevaient plutôt l'existence d'une série continue ou non de mondes successifs (Anaximène, Héraclite, Empédocle et Diogène d'Apollonie). Sans tirer de conclusion sur la ligne de pensée d'Anaximandre que l'on connaît trop peu, on peut supposer une relation entre son concept de l'apeiron, indéfini dans le temps, et l'infinité des mondes. Déjà, il posait des hypothèses qui sont encore aujourd'hui le sujet d'innombrables spéculations.

Origine de la vie

Anaximandre s'interrogea sur la naissance de la vie et spécula sur l'origine de la vie animale. Prenant acte de l'existence des fossiles, il affirma que dans un lointain passé, les animaux naquirent de la mer. Il disait aussi que les premiers animaux naissaient entourés d'une écorce épaisse, mais qu'en avançant en âge, l'écorce séchait et se rompait⁵⁰. Par l'action du Soleil

sur l'humidité, des terres sont apparues et l'homme dut avec le temps s'y adapter. Censorin écrit :

« Anaximandre de Milet estimait que de l'eau et de la terre réchauffées étaient sortis soit des poissons, soit des animaux tout à fait semblables aux poissons. C'est au sein de ces animaux qu'ont été formés les hommes et que les embryons ont été retenus prisonniers jusqu'à l'âge de la puberté ; alors seulement, après que ces animaux eurent éclaté, en sortirent des hommes et des femmes désormais aptes à se nourrir. »

— *Sur le jour natal*, IV, 7. Traduction de J. Mangeart, Paris, 1843.



Il avança aussi l'idée selon laquelle les hommes avaient dû passer une partie de cette transition dans la bouche de gros poissons pour se protéger du climat jusqu'à ce qu'ils puissent regagner l'air libre et perdre leurs écailles⁵¹.

Ces conceptions pré-darwiniennes peuvent paraître étranges au regard des connaissances et des méthodes scientifiques modernes car elles proposent des systèmes d'explication très complets de l'univers au moyen d'hypothèses audacieuses et difficiles à vérifier. Elles témoignent toutefois de la naissance d'un phénomène que l'on a parfois appelé le « miracle grec » : certains hommes se mettent à tenter d'expliquer la nature du monde non par le recours au mythe ou à la religion, mais par des principes « matériels ». On pourrait dire qu'il s'agit déjà là du principe fondamental de la pensée scientifique, même si les méthodes de la recherche se sont considérablement transformées depuis lors.

Phénomènes météorologiques

Anaximandre expliquait des phénomènes, tels que le tonnerre et les éclairs, par l'intervention des éléments et non par des causes divines⁵². Le tonnerre serait le son produit par le choc de nuages sous l'action du vent, la force du son étant proportionnelle à celle du choc. S'il tonne sans qu'il éclaire, c'est parce que le vent est trop faible pour produire une flamme, mais assez fort pour produire un son. L'éclair, quant à lui, serait une secousse d'air qui se disperse et tombe en permettant à un feu peu actif de se dégager et la foudre, le résultat d'un courant d'air plus violent et dense⁵³.

Il considérait que la mer était ce qui restait de l'humidité originelle⁵⁴. Selon lui, la terre avait autrefois été entourée d'une masse humide dont l'évaporation d'une partie sous l'effet du soleil causa les vents et même la rotation des astres, comme si ceux-ci devaient aux vapeurs et aux exhalaisons marines leur mouvement en tentant de suivre les endroits où elles sont plus abondantes⁵⁵. Pour lui, la terre s'asséchait lentement et l'eau ne subsistait que dans les ré-

gions les plus profondes, qui elles aussi seraient un jour sèches. Si l'on se fie aux *Météorologiques* (II, 3) d'Aristote, Démocrite partageait aussi cette opinion. De manière analogue, Anaximandre expliquait la pluie comme un produit de l'humidité pompée de la terre par le soleil⁴.

Activités scientifiques

Cartographie



Reconstitution hypothétique de la carte du monde d'Anaximandre⁵⁶.

Strabon et Agathémère, deux géographes grecs très postérieurs à Anaximandre, affirment au début de leurs ouvrages sur la géographie que, selon Ératosthène, Anaximandre avait été la première personne à publier une carte du monde⁵⁷. Hécatee se serait inspiré de son dessin pour en produire une plus précise. Strabon considère Anaximandre et Hécatee comme les deux premiers géographes après Homère⁵⁸.

Il est certain qu'à cette époque, des cartes locales avaient déjà fait leur apparition, notamment en Égypte, en Lydie, au Moyen-Orient et à Babylone. Elles indiquaient des routes, des villes, des frontières ou des formations géologiques. L'innovation d'Anaximandre est d'avoir dessiné une représentation de l'ensemble de la terre habitée par les hommes, (en grec οἰκουμένη, l'*œkoumène*), distincte de la Terre comme entité cosmologique, et telle que les Grecs la connaissaient à cette époque.

Une telle réalisation paraît tout à fait cohérente dans le contexte de l'époque. On a imaginé qu'Anaximandre avait dessiné cette carte pour trois raisons⁵⁹ :

Pour la navigation et le commerce : Milet, riche cité très active vers laquelle convergeaient les informations géographiques, possédait plusieurs colonies et faisait également le commerce avec d'autres que les siennes, tant autour de la Méditerranée que de la mer Noire.

Pour les enjeux politiques : Thalès aurait sûrement eu la tâche plus aisée pour convaincre les cités-États ioniennes de se regrouper en fédération pour repousser la menace des Mèdes s'il avait disposé d'un tel outil.

Par intérêt philosophique : le seul fait de pouvoir offrir une représentation de l'*œkoumène* pour le bénéfice du savoir en justifie la démarche.

Cependant, autant que nous puissions en juger, cette carte d'Anaximandre n'était pas destinée aux voyageurs ni aux expéditions de colonisation ; et elle frappa l'imagination des géographes

ultérieurs qui insistèrent sur l'audace démiurgique de son créateur⁶⁰; surtout, Anaximandre n'était pas un géographe mais un « physicien » au sens grec du terme, c'est-à-dire un philosophe prenant pour objet de sa spéculation la φύσις / *physis*, la nature comme substance primordiale d'où toutes choses sont issues et comme processus de venue à l'être. Son projet était donc d'élaborer un modèle visuel de la Terre en liaison avec des hypothèses cosmologiques et des phénomènes météorologiques, le dessin venant en complément d'un traité *Sur la nature* qui apportait un ensemble de savoirs connexes⁶¹.

Anaximandre, étant sûrement conscient de la convexité de la mer, aurait peut-être reproduit sa carte sur une surface métallique légèrement bombée. Le centre ou « nombril » du monde (ὀμφαλός γῆς / *omphalós gēs*) aurait pu être Delphes, du moins le fut-il à une certaine époque. Mais au temps d'Anaximandre, il est fort probable que celui-ci se situe près de Milet. Dans tous les cas, la mer Égée se trouvait près de ce centre, bordée par trois continents, eux-mêmes au milieu de l'océan et isolés, tels des îles, par la mer et les cours d'eau. L'Europe était limitée au sud par la Méditerranée et séparée de l'Asie par le Pont-Euxin (la mer Noire), par le lac Mécrotide (la mer d'Azov) et plus loin à l'Est, par le Phase aujourd'hui Rioni ou le Tanais qui auraient bien pu se jeter dans l'océan. Le Nil, quant à lui, s'y jetait au sud, séparant ainsi la Libye (qui à l'époque désignait le continent africain) de l'Asie.

Le gnomon

La *Souda* relate qu'il a expliqué certaines notions fondamentales de géométrie. Elle fait mention également de son intérêt pour la mesure du temps et lui attribue l'introduction en Grèce du gnomon. Il participa à Lacédémone à la construction, ou du moins à la mise au point, de cadrans solaires pour y indiquer les solstices et les équinoxes.

Ces réalisations lui sont souvent attribuées, notamment par Diogène Laërce (II, 1) et par Eusèbe de Césarée, *Préparation évangélique* (X, 14, 11). Le seul fait qu'Anaximandre se rende dans une autre ville pour y établir des cadrans solaires laisse à supposer soit qu'ils s'y trouvaient déjà, soit qu'on en avait simplement entendu parler. La première supposition demeure dans le domaine du possible, puisque même si on y avait déjà construit les cadrans, ceux-ci nécessitent des ajustements d'une ville à l'autre à cause de l'écart de latitude.

À cette époque, le gnomon était simplement une tige verticale émergeant d'un plan horizontal. L'ombre portée servait, d'une part, à mesurer le passage des heures : dans son mouvement, le soleil dessine alors une courbe avec l'extrémité de la tige dont l'ombre est à son plus court à midi, quand elle pointe directement vers le sud ; d'autre part, la variation de la longueur de l'ombre à midi servait à marquer le passage des saisons, les solstices étant les jours où l'ombrage était le plus long (en hiver) ou le plus court (en été).

Cela dit, sa création ne revient pas à Anaximandre puisque son usage, tout comme la division des jours en douze parties, provenait des Égyptiens, principe et usage repris ensuite par les Babyloniens. C'est bien à ces derniers, selon Hérodote dans *L'Enquête* (II, 109), que les Grecs devaient l'art de mesurer le temps. Il serait surprenant qu'ils n'aient alors pas pu déterminer les solstices avant Anaximandre puisqu'aucun calcul n'est vraiment nécessaire. Ce qui n'est pas le cas des équinoxes. Ceux-ci ne se calculent pas simplement en trouvant le point médian entre les positions des ombres aux solstices, tel que le croyaient les Babyloniens. Comme la *Souda* semble le suggérer, il est probable que ce fut Anaximandre qui fut le premier Grec à les déterminer par calcul puisque ses connaissances en géométrie le permettaient.

Prédiction d'un séisme

Dans son œuvre philosophique *De la divination*⁶², Cicéron raconte qu'Anaximandre aurait pressé les habitants de Lacédémone d'abandonner leur ville et leurs maisons pour passer la nuit dans la campagne avec leurs armes parce qu'un séisme se préparait. La ville s'est effectivement effondrée alors qu'un sommet du Taygète s'est fendu comme la poupe d'un na-

vire. Pline l'Ancien fait lui aussi mention de cette anecdote⁶³ en suggérant qu'il s'agissait d'une « inspiration admirable », à la différence de Cicéron qui se gardait bien d'attribuer cette prédiction à de la divination.

Nous n'avons aucune certitude sur la véracité de cette anecdote. Pour Guthrie⁶⁴, elle n'a rien d'in vraisemblable s'il est vrai que les animaux sentent l'arrivée d'un séisme et changent de comportements : un observateur de la nature comme Anaximandre, dans une région où les tremblements de terre sont très fréquents, pourrait avoir remarqué ce phénomène.

Interprétations contemporaines

Bertrand Russell, dans *Histoire de la philosophie occidentale*, interprète la fameuse citation comme une affirmation de la nécessité d'un équilibre adéquat entre la terre, le feu et l'eau en tant qu'éléments, chacun d'eux pouvant chercher indépendamment à accroître sa proportion relativement aux autres. Anaximandre semble exprimer sa croyance en un ordre naturel maintenant l'équilibre entre ces éléments ; ainsi, là où il y avait le feu, existent maintenant les cendres (terre). Les pairs grecs d'Anaximandre partageaient cette croyance que même leurs dieux ne pouvaient s'opposer à cette contrainte naturelle.

Friedrich Nietzsche, dans *La Philosophie à l'époque de la tragédie grecque*, considère Anaximandre comme un pessimiste. Par son concept de l'apeiron, Anaximandre affirmait que l'état primordial du monde était un état indéfini. Selon ce principe, tout ce qui est défini doit éventuellement retourner à l'indéfini. En d'autres termes, Anaximandre percevait tout ce qui devait être comme une émancipation illégitime de l'état éternel, une faute pour laquelle la destruction restait la seule pénitence. Par cette façon de penser, le monde des objets individuels ne valait rien et devait périr.

Martin Heidegger fit de nombreux commentaires sur Anaximandre (de même que sur Parménide et Héraclite) et rédigea une section des *Chemins qui ne mènent nulle part* intitulée *La Parole d'Anaximandre*, dans laquelle il mène avec force un travail original d'interprétation et de réinterprétation de cette parole mystérieuse, à la lumière de tous les chemins ouverts par l'ensemble de son œuvre sur le sens de l'être, et en particulier le sens que ce mot pouvait bien avoir chez ces penseurs originaux.

« Vive la science des ignorants, elle est limpide ! »

d.de Girardin(1839)

Ouvrages

La *Souda* donne quatre titres :

Sur la nature (Περὶ φύσεως / *Perì phúseôs*) ;

Le Tour de la Terre (Γῆς περίοδος / *Gḗs períodos*) ;

Sur les corps fixes (Περὶ τῶν ἀπλανῶν / *Perì tōn aplanōn*) ;

La Sphère (Σφαῖρα / *Sphaîra*).

Thémistios fait également mention de l'œuvre *Sur la nature*. Il ne s'agit pas nécessairement de titres de livres : la *Souda* aurait bien pu ne faire référence qu'aux sujets abordés par son œuvre⁶⁵. Cette liste est d'ailleurs incomplète puisque la *Souda* termine son énumération par ἄλλα τινά, suggérant donc « d'autres œuvres ».

Bibliographie

Sources primaires

Hérodote, *Histoires* [détail des éditions] [lire en ligne [archive](#)]] (II, 109).

Aristote :

De la génération et de la corruption (lire en ligne [archive](#)]] (II, 5),

Physique (lire en ligne [archive](#)]] (III, 5, 204 b 33-34),

Traité du ciel (II, 13),

Météorologiques (lire en ligne [archive](#)]] (II, 3).

Cicéron :

De natura deorum [détail des éditions] [lire en ligne [archive](#)]] (I, 10, 25),

De divinatione [détail des éditions] [lire en ligne [archive](#)]] (I, 50, 112).

Strabon, *Géographie* [détail des éditions] [lire en ligne [archive](#)]] (I, 1).

Agathémère, *Géographie* (I, 1).

Sénèque, *Questions naturelles* (lire en ligne [archive](#)]] (II, 18).

Pline l'Ancien, *Histoire naturelle* [détail des éditions] [lire en ligne [archive](#)]] (II, 8).

Aetius, *Doctrines* (I-III ; V).

Pseudo-Plutarque, *Des opinions des philosophes* (lire en ligne [archive](#)]] (I, 3 ; I, 7 ; II, 20-28 ; III, 2-16 ; V, 19).

Élien, *Histoires variées* [lire en ligne [archive](#)]] (III, 17).

Hippolyte de Rome, *Réfutation de toutes les hérésies* (I, 5).

Diogène Laërce, *Vies, doctrines et sentences des philosophes illustres* [détail des éditions] (lire en ligne [archive](#)]] (II, 1-2).

Censorin, *Sur le jour natal* (lire en ligne [archive](#)]] (IV, 7).

Eusèbe de Césarée, *Préparation évangélique* (X, 14, 11)

Thémistios, *Discours* (36, 317).

Euripide, *Les Suppliants* [détail des éditions] [lire en ligne [archive](#)]] (532).

Simplicius, *Commentaire sur la physique d'Aristote* (24, 13-25 ; 1121, 5-9).

(en + grc) *Souda* (lire en ligne [archive](#)]], s.v. Ἀναξίμανδρος.

Recueils

Hermann Diels (Hrsg. und Übers.), *Die Fragmente der Vorsokratiker. Griechisch und deutsch*. Band 1. Herausgegeben von Walther Kranz. 4. Auflage, (Abdruck der 3. mit Nachträgen), Weidmann, Berlin 1922

Anaximandre, *Fragments et témoignages*, texte grec, traduction, introduction et commentaire par Marcel Conche, Presses universitaires de France, Paris, 1991 (ISBN 2130437850).

Giorgio Colli, *Sagesse grecque : Épiménide, Phérécyde, Thalès, Anaximandre*, tome 2, Éclat éd., 1992 (ISBN 2905372532).

Jean-Paul Dumont, *Les Présocratiques*, Gallimard, coll. « Bibliothèque de la Pléiade », 1988 (ISBN 2070111393).

Études

(en) BARNES, Jonathan, *The Presocratic Philosophers, Vol. I: Thales to Zeno*, New York: Routledge, 1982.

(en) COUPRIE, Dirk L., HAHN, Robert et NADDAF, Gerard, *Anaximander in context: new studies in the origins of Greek philosophy*, Albany: State University of New York Press, 2003 (ISBN 0791455386).

(en) GUTHRIE, W.K.C., *A History of Greek Philosophy I, The Earlier Presocratics and the Pythagoreans*, Cambridge: Cambridge University Press, 1962.

Martin Heidegger (trad. Wolfgang Brokmeier), « La Parole d'Anaximandre », dans *Chemins qui ne mènent nulle part*, Gallimard, coll. « Tel », 1986, 461 p. (ISBN 978-2-07070562-7), p. 387-449.

JEANNIÈRE, Abel *Les Présocratiques: l'Aurore de la pensée grecque*, Paris: Le Seuil, coll. « Écrivains de toujours », Paris, 1996 (ISBN 2020255138).

(en) KAHN, C.H., *Anaximander and the Origins of Greek Cosmology*, New York: Columbia University Press, 1960.

(en) KIRK, G.S. RAVEN, J.E. et Schofield M., *The Presocratic Philosophers*, Cambridge University Press, 1984 (deuxième édition).

LAHAYE, Robert, *La Philosophie ionienne. L'École de Milet*, Paris: Cèdre, 1966.

Gérard Legrand, *Les Présocratiques*, Paris: Bordas, Bordas, coll. « Pour connaître », 1987 (ISBN 2040162968).

Friedrich Nietzsche, *La philosophie à l'époque tragique des Grecs*, Paris, Gallimard, coll. « Folio Essais », 1975 (réimpr. 1990), 245 p. (ISBN 2070325229)

Carlo Rovelli, *Anaximandre de Milet, ou la Naissance de la pensée scientifique*, Paris: Dunod, 2009 (ISBN 2100529390). Analyse sur Non fiction [archive].

Bertrand Russell, *Histoire de la philosophie occidentale en relations avec les événements politiques et sociaux de l'Antiquité jusqu'à nos jours*, Paris: Gallimard, coll. « Bibliothèque des idées », 1953.

WISNIEWSKI Bohdan, « Sur la signification de l'*apeiron* d'Anaximandre » [archive], *Revue des études grecques*, tome 70, fascicule 329-330, janvier-juin 1957, p. 47-55.

Notes et références

↑ Kirk, G.S. et J.E. Raven, *The Presocratic Philosophers*, Chapitre III, Cambridge University Press, 1957.

↑ Entre autres : Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge* ; Barnes, *The Presocratic Philosophers, Vol. I: Thales to Zeno*, 1982.

↑ Voir <http://www.mlhahanas.de/Greeks/SchoolAthens2.htm> [archive] sur la question de cette identification.

↑ ^{a b et c} Hippolyte de Rome, *Réfutation de toutes les hérésies* (I, 5)

↑ Dans ses *Chroniques*, tel que rapporté par Diogène Laërce, *Vies, doctrines et sentences des philosophes illustres* [détail des éditions] (lire en ligne [archive]) (II, 2).

↑ *Histoire de la philosophie*, article « Les Présocratiques » par Clémence Ramnoux, Tome I : p. 414 (1969).

↑ 36.

↑ Pour cette thèse, on se réfère à la bibliographie donnée par Christoph Riedweg dans *Pythagoras hinterliess keine einzige Schrift - ein Irrtum? : Anmerkungen zu einer alten Streitfrage* in *Museum Helveticum* 57 (1997), p. 65-92, lien vers l'article [archive].

↑ W.K.C. Guthrie, *A History of Greek Philosophy I, The Earlier Presocratics and the Pythagoreans*, III, C, § 1, Cambridge University Press 1962.

↑ Strabon : 27, 1, 1 et Diogène Laërce (VIII, 1).

- ↑ II, 2.
- ↑ III, 17.
- ↑ W.K.C. Guthrie, *A History of Greek Philosophy I, The Earlier Presocratics and the Pythagoreans*, III, C, §2, Cambridge University Press 1962.
- ↑ D'après l'interprétation de Simplicius, *Phys.* 150.22, par W.K.C. Guthrie, *A History of Greek Philosophy I, The Earlier Presocratics and the Pythagoreans*, III, C, §2, Cambridge University Press 1962.
- ↑ Opinion réfutée par le Pseudo-Plutarque, *Des opinions des philosophes* (lire en ligne [archive]) (I, 3).
- ↑ Aristote, *De la génération et de la corruption* (lire en ligne [archive]) (II, 5).
- ↑ D'après CONCHE, p. 127. Voir également BARNES, § III pour une formulation comparable.
- ↑ WISNIEWSKI.
- ↑ ^{a b et c} BARNES, § II.
- ↑ CONCHE, 1991, p. 70-73.
- ↑ Cité dans CONCHE, 1991, p. 64.
- ↑ KAHN, 1960, p. 233.
- ↑ CONCHE, 1991, p. 64.
- ↑ CONCHE, 1991, p. 63.
- ↑ KIRK, G.S. et RAVEN, J.E., 1957.
- ↑ CONCHE, 1991, p. 84 ; GUTHRIE, 1962.
- ↑ ^{a et b} GUTHRIE, 1962.
- ↑ WATERFIELD, 2000, p. 5.
- ↑ ^{a et b} CONCHE, 1991, p. 90.
- ↑ Par exemple WATERFIELD, 2000, *Ibid.* Voir également CONCHE.
- ↑ Thèse défendue par CONCHE, 1991, p. 87 et sq.
- ↑ Dercyllidas, cité par Théon de Smyrne dans *Des connaissances mathématiques utiles pour la lecture de Platon*, L.III, XL.
- ↑ I, 7.
- ↑ Théophraste, Fragment A9 d'*Opinions des physiciens*, fragment 2.
- ↑ John Dillon, *L'Être et les régions de l'Être*, dans *Le savoir grec*, sous la direction de Jacques Brunschwig et Geoffrey E. R. Lloyd, Flammarion, 1996, p. 91-92.
- ↑ Simplicius, *Commentaire sur la physique d'Aristote* (24, 13) :
- « Ἀναξίμανδρος [...] λέγει δ' αὐτὴν μήτε ὕδωρ μήτε ἄλλο τι τῶν καλουμένων εἶναι στοιχείων, ἀλλ' ἐτέραν τινὰ φύσιν ἄπειρον, ἐξ ἧς ἅπαντας γίνεσθαι τοὺς οὐρανοὺς καὶ τοὺς ἐν αὐτοῖς κόσμους· ἐξ ὧν δὲ ἡ γένεσις ἐστὶ τοῖς οὖσι, καὶ τὴν φθορὰν εἰς ταῦτα γίνεσθαι κατὰ τὸ χρεῶν· διδόναι γὰρ αὐτὰ δίκην καὶ τίσιν ἀλλήλοις τῆς ἀδικίας κατὰ τὴν τοῦ χρόνου τάξιν, ποιητικωτέροις οὕτως ὀνόμασιν αὐτὰ λέγων. δῆλον δὲ ὅτι τὴν εἰς ἄλληλα μεταβολὴν τῶν τεττάρων στοιχείων οὗτος θεασάμενος οὐκ ἠξίωσεν ἐν τι τούτων ὑποκείμενον ποιῆσαι, ἀλλὰ τι ἄλλο παρὰ ταῦτα· οὗτος δὲ οὐκ ἀλλοιούμενου τοῦ στοιχείου τὴν γένεσιν ποιεῖ, ἀλλ' ἀποκρινομένων τῶν ἐναντίων διὰ τῆς αἰδίου κινήσεως. »
- ↑ Héraclite 80 DK : *il faut savoir que la guerre est ce qui est commun et qu'elle est éprise de justice, ainsi toutes choses sont engendrées et rendues nécessaires par la discorde*
- ↑ Anaximandre faisait ainsi une application frappante du principe de raison suffisante qui répond à la question : « Pourquoi cet objet (ou ce lieu, ou ce temps) particulier plutôt qu'un autre ? ».
- ↑ Une colonne de pierre, raconte Aetius, dans *Doctrines* (III, 7, 1), ou semblable à une pierre en forme de colonne, Pseudo-Plutarque (III, 10).
- ↑ Carlo Rovelli, *Anaximandre de Milet, ou la naissance de la pensée scientifique* (Dunod, Paris, 2009).
- ↑ Daniel W. Graham, *Explaining the Cosmos: The Ionian Tradition of Scientific Philosophy* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2006).
- ↑ Karl Popper, *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge* (New York : Routledge, 1998), pg 186.
- ↑ Dans *Réfutation*, Hippolyte affirme plutôt que le cercle du soleil était vingt-sept fois plus grand que la lune.
- ↑ Aetius, *Doctrines* (II, 15, 6).
- ↑ La majeure partie du modèle de l'univers d'Anaximandre nous provient des *Opinions des philosophes* du Pseudo-Plutarque (II, 20-28) :
- « [Le Soleil] est un cercle vingt-huit fois aussi grand comme la terre, ayant le tour semblable à celui d'une roue de chariot plein de feu, auquel en certain endroit il y a une bouche, par laquelle il montre son feu, comme par le trou d'une flûte. [...] le Soleil est égal à la terre, mais que le cercle sur lequel il a sa respiration et sur lequel il est porté, est vingt-sept fois aussi grand que toute la terre. [...] [L'éclipse] c'est quand la bouche par où sort la chaleur du feu est close. [...] [La lune] c'est un cercle dix-neuf fois aussi grand que toute la terre, tout plein de feu, comme celui du Soleil. »
- ↑ Couderc 1966, p. 48 et 49.
- ↑ Dans *Commentaire sur la physique d'Aristote* (1121, 5-9).

↑ Pseudo-Plutarque (III, 2) ; Aetius, *Opinions* (I, 3, 3 ; I, 7, 12 ; II, 1, 3 ; II, 1, 8).

↑ *De la nature des Dieux* (I, 10, 25) :

Anaximandri autem opinio est nativos esse deos longis intervallis orientis occidentisque, eosque innumerabiles esse mundos.

« Pour Anaximandre, les dieux ont eu une naissance, mais le temps est long entre leur naissance et leur mort; et les mondes sont innombrables ».

↑ Pseudo-Plutarque (V, 19).

↑ Plutarque mentionne également cette théorie d'Anaximandre selon laquelle les humains naissaient à l'intérieur des poissons, se nourrissant tels des requins, et, lorsqu'ils étaient en mesure de se défendre, étaient rejetés sur le rivage pour vivre sur la terre ferme.

↑ Pseudo-Plutarque (III, 3) :

« Anaximandre tient, que tout cela se fait par le vent, pour ce que quand il advient qu'il est enfermé dedans une nuée épaisse, alors par sa subtilité et légèreté la rupture fait le bruit : et la divulsion, à cause de la noirceur de la nuée, cause la lumière » .

↑ D'après Sénèque, *Questions naturelles* (lire en ligne [archive]) (II, 18).

↑ Pseudo-Plutarque (III, 16).

↑ Il est donc probable qu'en observant la lune et les marées, Anaximandre crut que ces dernières étaient la cause et non l'effet du mouvement de cet astre.

↑ D'après John Mansley Robinson, *An Introduction to Early Greek Philosophy*, Houghton and Mifflin, 1968 (ISBN 0395053161).

↑ "Ératosthène ajoute qu'Anaximandre publia la première Carte géographique." Strabon, *Géographie*, Liv.I, Chap. 1, 11

↑ "Pour le moment, ce qui a été dit doit suffire à établir qu'Homère a été bien réellement le père de la géographie. Quant aux successeurs qu'il a eus dans cette science, c'étaient, comme chacun sait, des hommes d'un mérite éminent et familiarisés avec les études philosophiques : les deux qu'Ératosthène nomme immédiatement après lui sont Anaximandre, qui fut le disciple et le compatriote de Thalès, et Hécatee de Milet." Strabon, *Géographie*, Liv.I, Chap. 1, 11

↑ Les informations qui suivent sont tirées de Marcel Conche, *Anaximandre. Fragments et témoignages*, introduction (p. 43-47).

↑ Même dans l'Athènes classique, en 423 av. J.C., une carte de la Terre et des instruments d'astronomie et de géométrie sont encore présentés par Aristophane, dans *Les Nuées* (vers 200 à 217), comme des gadgets abstraits, inutiles à la Cité et associés à la spéculation pure sans retombées politiques.

↑ Christian Jacob, *Géographie*, dans *Le savoir grec*, sous la direction de Jacques Brunschwig et Geoffrey E.R. Lloyd, Flammarion, 1996, p. 338-344, (ISBN 2-08-210370-6).

↑ I, 50, 112

↑ II, 81

↑ Guthrie, *A History of Greek Philosophy I, The Earlier Presocratics and the Pythagoreans*, III, C, § 1.

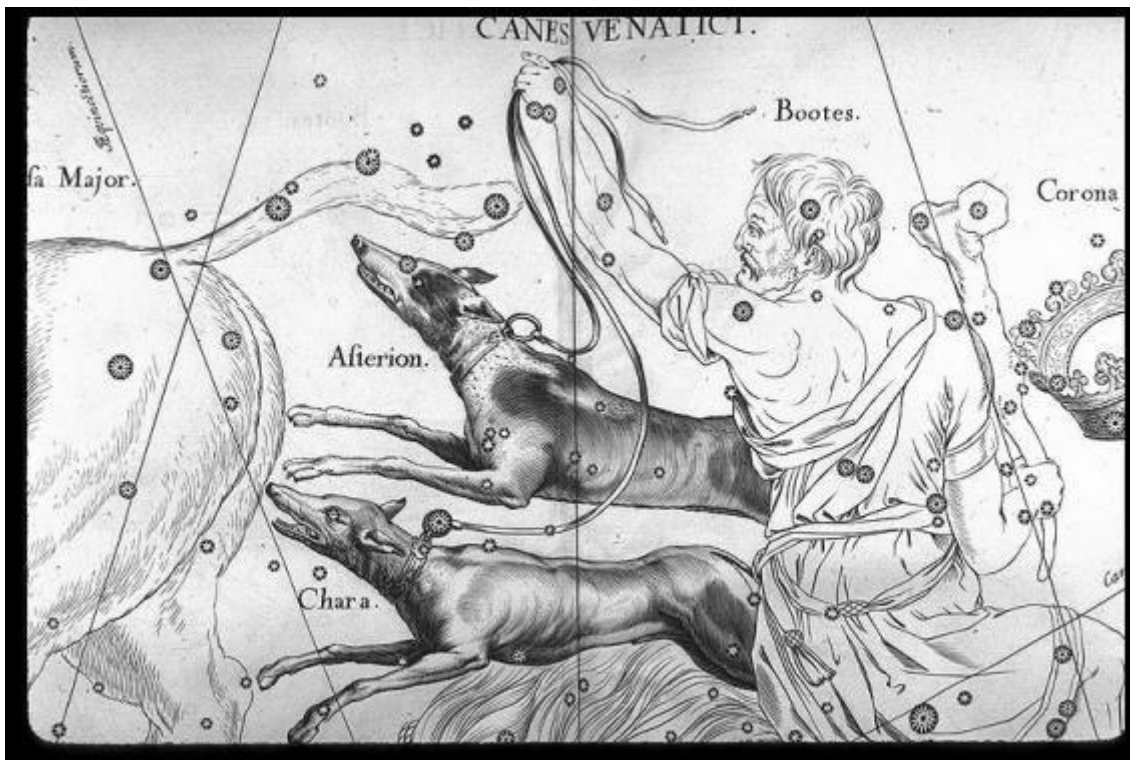
↑ W.K.C. Guthrie, *A History of Greek Philosophy I, The Earlier Presocratics and the Pythagoreans*, III, C, §1, Cambridge University Press 1962.

LA CONSTELLATION DU MOIS

LES CHIENS DE CHASSE

Calée sous la queue de la Grande Ourse, cette constellation est célèbre pour être la plus belle galaxie en interaction : le Tourbillon ou Wirpool, elle contient d'autres très beaux objets du ciel profond tel que son étoile principale "Cor Caroli", M3 ainsi qu'un grand nombre de galaxies.

Cette constellation dite "circumpolaire" a été créée par Johannes Hevelius à la fin du XVII^{ème} siècle pour combler un vide à l'Ouest de la Grande Ourse. Elle est située entre le Bouvier, la Grande Ourse et la Chevelure de Bérénice, elle représente deux chiens (Chara et Astérion) tenus en laisse par un gardien d'ours appelé Bootes (le Bouvier).



AUX JUMELLES

- Située sous la Grande Ourse, la constellation des Chiens de Chasse est difficile à repérer. Ses étoiles sont peu brillantes ; la plus lumineuse d'entre elles Cor Carolis est de magnitude 3. Cette constellation est surtout connue pour M51 la Galaxie du Tourbillon. Plus faibles les 2 galaxies spirales M63 et M94 sont néanmoins repérables aux jumelles. Facilement repérable, M3 est un bel amas globulaire situé au sud de la constellation.

• LE SAVIEZ-VOUS?

1) LE 15 avril 1879

Il y a 140 ans, la loi pour l'installation d'un «observatoire d'astronomie physique» dans le château de Meudon a été promulguée. L'astronome français Jules Janssen (1824-1907) avait lancé le projet dès 1875, puis obtint un million de francs de l'époque de subvention l'année suivante.



2) Le 22 avril 1959

Il y a 60 ans Audouin Dollfus (1924-2010) chercheur à l'observatoire de Meudon, réalisait une ascension en ballon à 14000m d'altitude pour y effectuer des mesures astronomiques. Sa capsule étanche, équipée d'un télescope de 500 mm de diamètre, était suspendue à une grappe d'une centaine de petits ballons.

Observatoire de Meudon



ENIGMES

**Chercher
l'erreur**

Envoyez vos solutions à :

andrebour-
det@gmail.com



Solution de l'énigme précédente

Photo de la Lune

Quelques étoiles se trouvent devant la partie non éclairée de la Lune. Une étoile plus proche que la Lune, cela ne s'est jamais vu...

Deux photos ont été superposées : celle du croissant de lune du soir et celle du ciel étoilé.

J'ai reçu 4 bonnes réponses



● La latitude du lieu

Objectif : Déterminer la hauteur de la polaire au-dessus de l'horizon

Matériel nécessaire : bois, matériel de bricolage (scie, lime etc...)

Durée : 2 heures

Difficulté : 

La hauteur de l'étoile polaire au-dessus de l'horizon correspond à la latitude du lieu. Nous vous proposons ici un instrument qui vous permettra de mesurer la latitude de votre site d'observation.



Le bâton de Jacob

Pour connaître la latitude, il faut soit calculer la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, soit directement celle de l'étoile polaire. Pour des raisons de simplicité, nous nous contenterons d'affecter cette mesure sur l'étoile polaire. Le bâton de Jacob, ou achalâs, fut longtemps l'instrument de mesure préféré des navigateurs. C'est un bâton à section conique sur lequel coule une tige disposée à angle droit. En visant, le navigateur déplace la tige de façon à voir l'étoile visée à son extrémité supérieure et l'horizon à l'extrémité inférieure. Il peut alors lire la hauteur sur l'échelle reportée sur le bâton.

Il vous faudra une baguette de bois d'un mètre de long et de 15 mm de section ainsi qu'un morceau de 30 cm de long et 15 mm de section. Evitez la tresse en son milieu de façon à ce qu'il puisse coulisser sur la baguette.



Construction :

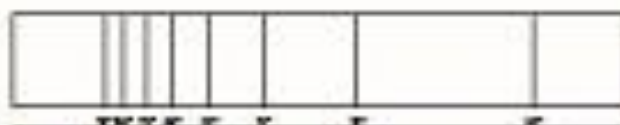
- Se munir d'une baguette de bois d'un mètre de long et de 15 mm de section ainsi qu'un morceau de 30 cm de long et 25 mm de section.
- Eviter la tresse en son milieu de façon à ce qu'il puisse coulisser sur la baguette.



Graduation :

Il est possible de graduer le bâton pour une lecture directe : Pour une distance d entre l'observateur et le sommet de hauteur h , on a alors $\theta = 2 \arctan (h/2d)$

θ	d (cm)
10°	171
20°	85
30°	56
40°	41
50°	32
60°	26
70°	21,5
80°	18
90°	15



Lire, voir, sortir



Ce guide d'astronomie présente sous une forme visuelle et synthétique tout ce qu'il faut savoir pour choisir son instrument et réussir ses premières observations. Chaque thème est traité en double page, du réglage de son télescope ou sa lunette, aux objets vers lesquels pointer son instrument. L'accent est mis sur l'insolite : observer les tempêtes à la surface de Saturne, la danse des satellites galiléens, ou la collision de deux galaxies. Des activités, des conseils pour photographier et des petits quiz sont proposés.

La camera 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