



Société Lorraine d'Astronomie

Parrainée pour ses 50 ans par M. André Brahic

L'ÉCHO D'ORION

176 - 1^{er} quadrimestre 2023



Nébuleuse IC 2177 dans la Licorne.

FS 60 ouverte à 4,2 (focale 255 mm) ; caméra ZWO ASI 1600 MM refroidie à -15° .
Filtres Optolong. Guidage : lunette 130 ED et ZWO 120 sur monture EQ6.
Poses de 300 s, gain 139, luminance 21 ; total 49 poses (SII \times 15, H α \times 28 et OIII \times 6).

(Photo Jacques Walliang.)

Sommaire 176

Premier quadrimestre 2023

- 3 Éditorial
- 4-15 L'astéroïde 2023 CX1 au bout des doigts
- 16-17 Retour sur la comète C/2022 E3 ZTF
- 18-19 Mesure de la température de surface d'une étoile
- 20 Mots croisés
- 21-25 Les astéroïdes troyens et la SLA
- 26 Mots croisés
- 27-30 Tzolkin et haab : les calendriers des Mayas
- 30-31 Photos de nos membres



Galaxie Messier 101 dans la Grande Ourse (2-3 mai 2023).

Caméra ZWO ASI 2600MC pro ; télescope Newton Sky-Watcher 200/1000.

(Photo Cédric Humbert.)

- 32 Visite d'enfants sourds de La Malgrange
- 33 Solutions des mots croisés
- 34 Nos coordonnées



Éditorial

Dans ce numéro de *L'Écho d'Orion*,
vous découvrirez un type d'astéroïdes particulier :
les troyens de Jupiter.

Découverts un siècle après les premiers astéroïdes,
ils ont la particularité de suivre l'orbite de Jupiter.

Vous comprendrez pourquoi ils se trouvent
à des positions particulières
du système Soleil-Jupiter.

Leur étude est intéressante car, selon le modèle de Nice
(un scénario de formation et d'évolution du Système solaire),
ces objets seraient des vestiges des petits corps
qui ont formé les planètes.

La première sonde spatiale qui explorera ces objets
a été envoyée en 2021.

Elle s'appelle *Lucy*,
en référence au célèbre fossile d'Australopithèque.

Dans un prochain numéro de *L'Écho d'Orion*,
nous vous raconterons l'observation d'un astéroïde troyen
que nous avons effectuée en octobre 2022
pour aider cette mission.

Il est aussi question de vieux cailloux d'origine extra-terrestre
avec le récit de Tioga et de sa recherche de météorites
dans l'ouest de la France.

Bonne lecture.

Didier Walliang

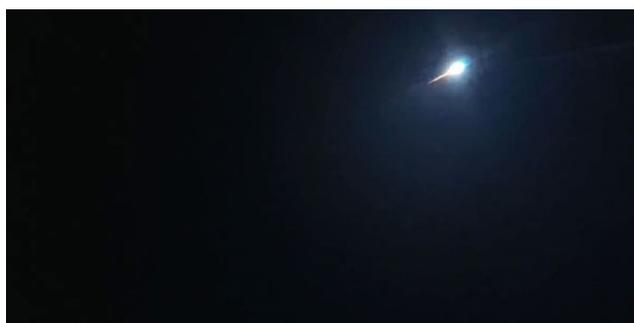
L'astéroïde 2023 CX1 au bout des doigts

Le lundi 13 février 2023 à 2 heures 59 minutes et 21 secondes, temps universel, l'astéroïde 2023 CX1 rentrait dans l'atmosphère terrestre au-dessus de la Manche. Cet événement a été le début d'une belle expédition qui m'amena quelques jours plus tard en Normandie, à tenir ce morceau de pierre céleste au bout de mes doigts.



La chute

Passionné d'astronomie, d'étoiles filantes et de météorites depuis presque 20 ans, lundi 13 février, comme chaque matin, je regarde les *news* liées à ma passion sur mes réseaux sociaux favoris. Un magnifique bolide a été filmé depuis le nord de la France la nuit dernière.



Fécamp, place
de l'Éclipse (1)

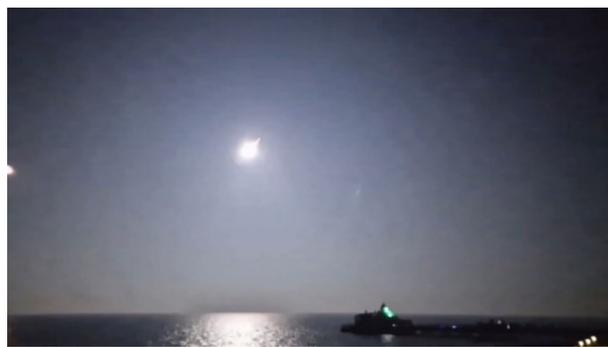


Paris, Maison
de la radio (3)

Le Havre (2)



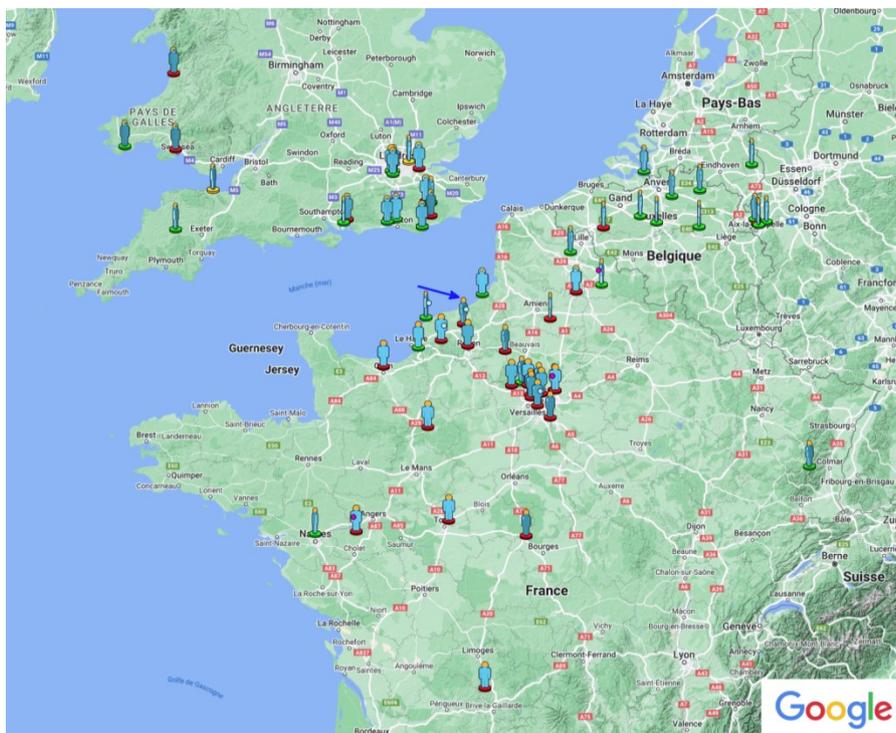
Rouen (4)



Eastbourne, UK (5)

- ¹ Video du bolide, Fécamp, Aurélien Declerck : <https://twitter.com/decaurel76/status/1624970768151977984>
https://drive.google.com/file/d/1taGNQhFKCrchzNdbRMAZb79xZto6rYqQ/view?usp=share_link
- ² Video du bolide, Le Havre, Kevin : <https://twitter.com/tymlaly76700/status/1624967637330538498>
https://drive.google.com/file/d/1j4mEQywM6ZT_9Km508EITxyFpfD5r5Pm/view?usp=share_link
- ³ Video du bolide, Paris, meteo-paris : <https://twitter.com/Meteovilles/status/1625032855603511296>
https://drive.google.com/file/d/1Fe6QsUIVJ3dCNwnDrwRZDazF_TULXV8l/view?usp=share_link
- ⁴ Video du bolide, Rouen, Thomas Petit @MegaLuigi : <https://youtu.be/6fpTDVkpdoM>
- ⁵ Video du bolide, Eastbourne, AMS : <https://youtu.be/rCYCXhxm16Q>

Lors de rentrée atmosphérique, mon premier réflexe est d'aller voir sur le site de l'International Meteor Organization l'estimation approximative de la trajectoire déduite des témoignages visuels. Ainsi, je peux savoir si une des caméras d'observation des météores que je gère ou celles d'autres observateurs amateurs français ont pu l'enregistrer. Cela me permet aussi de savoir s'il y a des témoignages sonores. En effet, le bang supersonique est un bon indice de l'importance de l'objet et des chances de météorite.

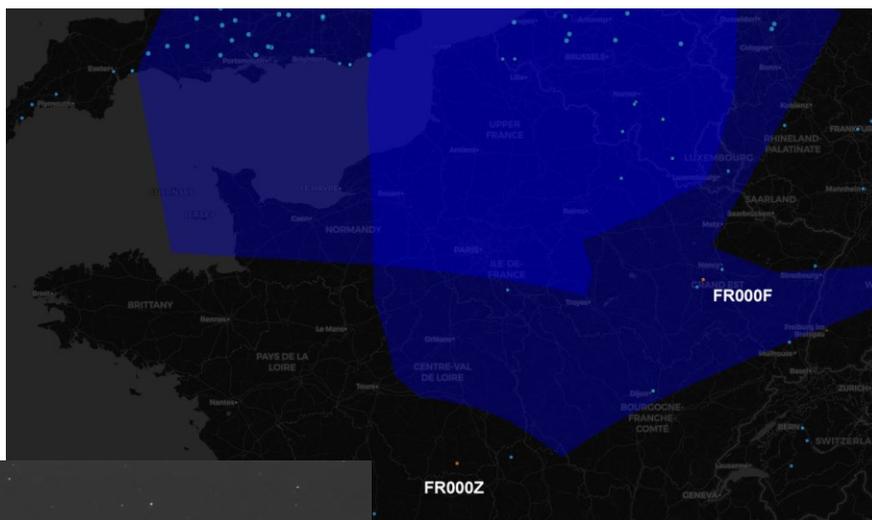


Il faut faire vite car les bolides ne sont pas forcément détectés automatiquement, il convient de sauvegarder les enregistrements manuellement. Mais peu de caméras d'observation françaises sont orientées vers les côtes normandes. Je contacte Stéphane Barré avec sa station FR000F, mais sa caméra s'est arrêtée de fonctionner à 0 h 20 TU.

Seule ma station FR000Z, située à 400 km au sud, à Le Magny dans l'Indre, a enregistré le phénomène. Trop loin, les données ne sont pas exploitables.

http://fireballs.imo.net/members/imo_view/event/2023/937

Je regarde également sur la page multi event du site de FRIPON (6) (Fireball Recovery and InterPlanetary Observation Network), réseau de Allsky camera, gérée par l'IMCCE. Sur cette page sont publiés automatiquement les événements enregistrés par plusieurs de leurs caméras ; mais, étrangement, malgré le beau temps sur la France, aucune donnée.



De toute façon, d'après les premières estimations de la trajectoire, l'événement se serait produit au-dessus de l'eau, et si météorites il y a, elles ont dû faire un beau *plouf* ! dans la Manche.

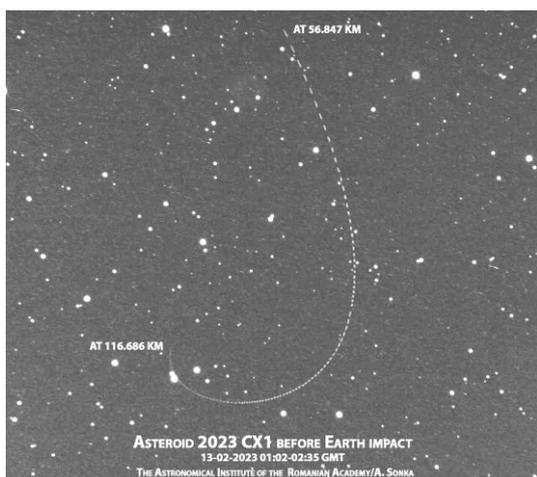
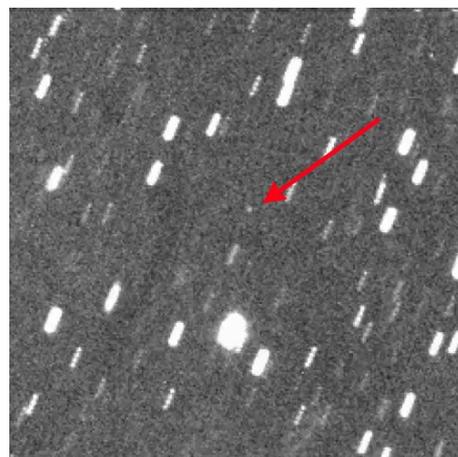
https://fireball.fripon.org/list_multiple.php

L'astéroïde

Rapidement je découvre que l'objet avait été observé dans l'espace en orbite quelques heures avant son entrée atmosphérique et qu'une alerte avait été émise sur les listes de diffusion dédiées à la surveillance des objets proches de la Terre (7) (8).

En plus d'avoir filmé le bolide depuis la France, **il est donc devenu le septième astéroïde découvert avant d'entrer en collision avec notre planète !** Ce qui est un joli palmarès.

Provisoirement dénommé SAR2667 avant d'être définitivement baptisé **2023 CX1**, le petit astéroïde, de magnitude absolue 33, soit environ 1 m de diamètre, a été découvert le 12 février, à 20 h 18 mn TU, par Krisztián Sárneczky (9) du Programme GINOP KHK (K88, à Piskéstető, Hongrie). Puis, rapidement confirmé par l'observatoire de Visnjan (L01, à Tican, Croatie), son orbite a été affinée par une vingtaine d'observatoires avant qu'il ne pénètre dans l'atmosphère terrestre (10).



Une vidéo (11) intéressante de la trajectoire de l'astéroïde est diffusée par A. Sonka de l'Astronomical Institut of Romanian Academy. On peut voir la trajectoire courbe faite par 2023 CX1 dans le ciel de 2 heures à 30 minutes avant son impact avec la Terre.

L'objet provient de la région interne de la ceinture principale d'astéroïdes, située entre Mars et Jupiter.

C'est grâce à ces prévisions que, malgré l'heure tardive de la nuit, de

nombreuses images du bolide ont été prises. Les observateurs informés ont pu se préparer à photographier et filmer en direct l'impact de 2023 CX1 avec l'atmosphère terrestre.



David Legagneux, Le Mans (13)



Josselin Desmars, Paris (12)

Gijs de Reijke, Boxtel, Pays-Bas (14)



⁷ Minor planet mailing list

https://groups.io/g/mpml/topic/sar2667_looks_interesting/96923899?p=...20.0.0.0::recentpostdate/sticky...20.2.0.96923899_previd%3D1676242688098569512_nextid%3D1675284152519907260&previd=1676242688098569512&nextid=1675284152519907260

⁸ International Meteor Organization <https://www.imo.net/imminent-asteroid-entry-over-the-channel/>

⁹ Annonce et image de 2023 CX1 par Krisztián Sárneczky <https://twitter.com/sarneczky/status/1625125629279588353>

¹⁰ https://www.minorplanetcenter.net/db_search/show_object?object_id=2023+CX1

¹¹ https://twitter.com/j_desmars/status/1624970437737304064

¹² https://twitter.com/j_desmars/status/1624979410121097217

¹³ Ciel et Espace <https://www.cieletespace.fr/actualites/a-peine-decouvert-un-asteroide-surqit-dans-le-nord-de-la-france>

¹⁴ APOD, 2023 CX1 Meteor Flash <https://apod.nasa.gov/apod/ap230217.html>

Qui a dit Plouf!?

Mardi 14 février, contre tout attente, j'apprends dans un article sur le site de Vigie-Ciel (15) qu'une météorite pourrait avoir atterri dans le sud de Dieppe !

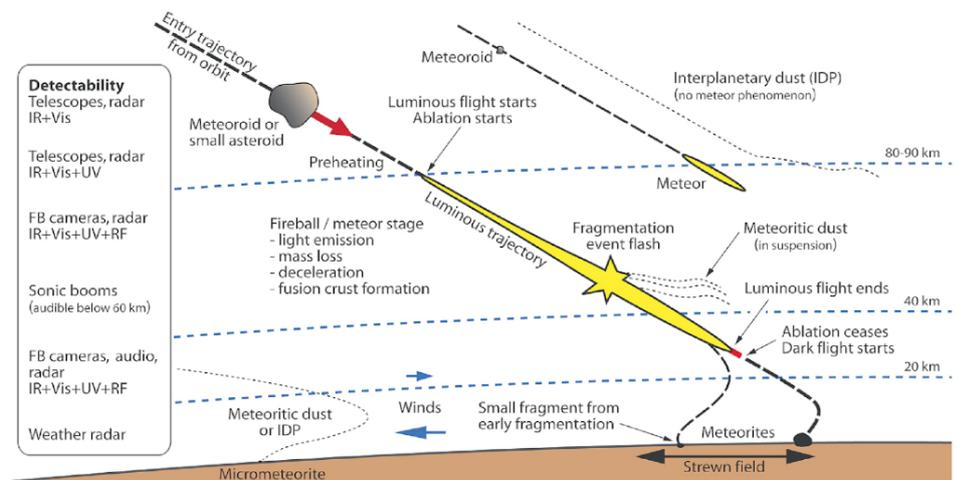


En effet, d'après la trajectoire orbitale et les données d'observation, le CNEOS (16) de la NASA et Peter Jenniskens du SETI Institute, ont déterminé que l'objet avait une vitesse d'entrée dans l'atmosphère de 14,5 km/s et qu'il s'est fragmenté à 20 km d'altitude au-dessus des terres.

Peter Jenniskens est un des meilleurs spécialistes mondiaux des météores. Il a à son actif la récolte de roches de l'astéroïde 2008 TC3 (17) au Soudan, une météorite devenue mythique connue sous le nom de *Almahata Sitta*.

Les **chances** qu'il y ait une **météorite** sont **très fortes**; reste à déterminer la zone de chute, le « **strewnfield** ». Ce qui n'est pas une mince affaire !

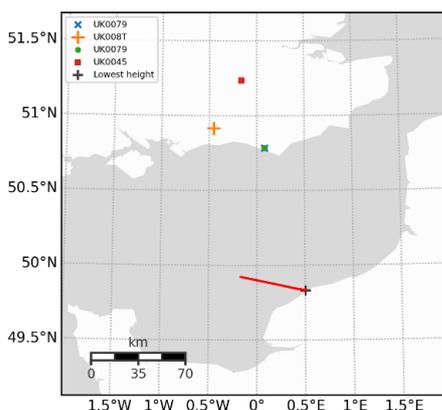
Pour cela, il faut connaître la position exacte, la vitesse, le vecteur décélération de la fin du bolide puis calculer le « **vol sombre** » en fonction des masses et de la forme des roches, de la pression de l'air, de l'intensité et de la direction des vents à haute altitude. Tout ceci est un calcul complexe que peu de personnes de par le monde savent faire.



Avec Peter Jenniskens, Denis Vidas est l'un d'eux et il gère le réseau de caméras d'observation des météores, le Global Meteor Network, dont mes caméras font partie. Ces caméras, mes caméras, sont plus sensibles que les caméras FRIPON et apportent une information importante qu'est la fin du bolide. A ce moment l'intensité du bolide baisse et seules

les caméras plus sensibles peuvent l'enregistrer.

Les caméras GMN anglaises ont enregistré l'événement, et le réseau UKMON publie leurs résultats (18).



¹⁵ Vigie-Ciel, Pluie de pierres en Normandie <https://www.vigie-ciel.org/2023/02/14/4964/>

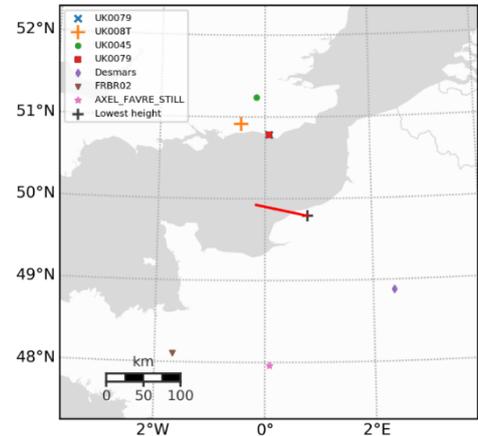
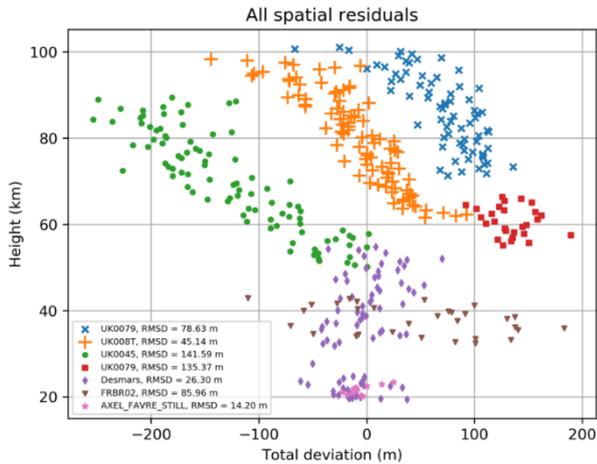
¹⁶ CNEOS Predicts Another Small Asteroid Impact, This One over Northwestern France <https://cneos.jpl.nasa.gov/news/news209.html>

¹⁷ Wikipedia, 2008 TC3 https://fr.wikipedia.org/wiki/2008_TC3

¹⁸ UKMON, Orbital Analysis for matched events on 20230213_025913.678_UK https://archive.ukmeteornetwork.co.uk/reports/2023/orbits/20230213/20230213/20230213_025913.678_UK/index.html

Le soir du 14 février, Denis Vidas annonce sur la liste de diffusion du GMN qu'il a affiné la trajectoire et que l'équipe FRIPON est sur le terrain pour une reconnaissance préliminaire. J'essaie d'en savoir plus sur la trajectoire et le lieu de recherche, mais il préfère ne pas communiquer là-dessus, laissant l'exclusivité à l'équipe FRIPON.

Quelques jours plus tard il donnera plus de détails, notamment qu'il a recoupé les observations anglaises avec les photos des astronomes amateurs de France.



Enfin ! l'après-midi du 15 février, d'autres spécialistes des calculs de trajectoires publient la zone de chute (19). Jiří Borovička et Pavel Spurný, chercheurs à l'observatoire de Ondřejov en Tchéquie, sont très connus dans le milieu car ils ont été les collègues de Zdeněk Ceplecha qui fut le premier à avoir retrouvé une météorite grâce à un réseau de caméras d'observation en 1959, la météorite de Příbram (20).

Ils ont une approche différente, un peu à l'américaine ; ils rendent publics leurs calculs pour avoir un maximum de chance que des personnes soient informées rapidement, aillent sur le terrain et retrouvent une météorite.



La météorite

Le 15 février au soir, c'est l'annonce ! L'équipe FRIPON/Vigie-Ciel a retrouvé un fragment de l'astéroïde 2023 CX1 en Seine-Maritime, à Saint-Pierre-le-Viger. Une roche de 96 g découverte par Loïs Leblanc, étudiante de 18 ans, faisant partie de l'équipe de recherche sur le terrain (21).

En plus d'être une **météorite française**, elle devient la **troisième à avoir été observée dans l'espace** avant son impact avec la Terre !

¹⁹ IMO, The atmospheric trajectory of 2023 CX1 and the possible meteorite strewn field <https://www.imo.net/the-atmospheric-trajectory-of-2023-cx1-and-the-possible-meteorite-strewn-field/>

²⁰ Météorite action!, 07-04-1959 : Příbram (République tcheque) <http://fireball.meteorite.free.fr/meteor/fr/4/1959-04-07/pribram/synthese>

²¹ Vigie-ciel.org, Une météorite normande issue de 2023 CX1 retrouvée! <https://www.vigie-ciel.org/2023/02/15/une-meteorite-normande-issue-de-2023-cx1-retrouvee/>



C'est une **chondrite ordinaire** H ou LL, 5 ou 6. Ils disent l'avoir retrouvée vers 16 h 47, près de la route, à peine 20 minutes après avoir commencé les recherches.

Sur la photo, je reconnais, entre autres, Peter Jeniskens ; je me dis que s'il a fait le voyage jusqu'en France, ce n'est certainement pas pour rien et qu'il avait une estimation précise de la zone de chute.

Le lendemain, jeudi 16 février, ils annoncent avoir trouvé un autre morceau. Plus petit cette fois-ci.

- Il y a du potentiel.
- Le week-end approche.
- Le temps est clément.
- C'est à moins de 500 km de Nancy.
- Une météorite française, astéroïde observé.

C'est décidé ! J'y vais !

L'expédition

Samedi 18 février, départ à 4 h 30 de Nancy.

La veille, fatigué de la semaine, j'hésitais encore à partir. C'est le mail de mon copain Stéphane Masson, rencontré dans les réunions de la commission météorites de la SAF, m'annonçant que malgré des problèmes importants de santé, il vient à la chasse.



Bingo ! Ça fait un bail que l'on ne s'est pas vus ! tout du moins, on passera un bon moment ensemble !

Hop, du pain de mie, des tranches de fromage, des brioches, une bouteille d'eau, un duvet et un matelas (je dormirai dans la voiture), des vêtements chauds et c'est parti !

Ah non, avant il faut que j'étudie le terrain !

J'ai de bonnes informations sur le strewnfield avec la carte des Tchèques, mais il serait intéressant d'avoir la position exacte où a été retrouvée la météorite de 96 g.

Sur la photo publiée par Vigie-Ciel, la jeune femme montre la météorite sur une surface herbeuse ; il y a une clôture avec un grillage et des poteaux gris et ils disent l'avoir retrouvée pas loin de la route.

J'écume les routes sur Google Streetview de Saint-Pierre-le-Viger et dans un plus vaste périmètre autour, mais sans succès.

Les reportages à la télévision montrent une zone de prospection avec des éoliennes.

Il y a un champ d'éoliennes juste à l'ouest et nord-ouest de Saint-Pierre-le-Viger mais qui est tout de même à 2 km plus au nord que le « strewnfield » déterminé par Spurny.

Avant de partir, je décide de commencer mes recherches plutôt à l'ouest de Saint-Pierre (cercle blanc).



La recherche sur le terrain

Samedi 18 février : de belles rencontres.

10 h 15, j'arrive enfin à Saint-Pierre-le-Viger. Je fais un peu le tour des environs en voiture pour savoir si je n'aperçois pas les fameux piquets gris quel-

que part et si déjà des chercheurs de météorites sont sur le terrain. Toujours pas de piquets en vue, ni de personnes sur la commune.



Sur les conseils de Marc, je vais dans la zone près des éoliennes où nous supposons que des pièces de petite masse, inférieures à 20 g, ont été trouvées.

C'est une zone faite de champs, la plupart sont en friche avec des restes de culture de l'année dernière. Quelques champs sont labourés d'avant la chute et constituent une terre lavée et tout de même assez tassée, et il y a quelques terrains où du blé commence à pousser, encore au stade d'herbe.

Stéphane me rejoint avec Agnès, sa compagne. Après des retrouvailles chaleureuses nous décidons de

faire le bord des chemins autour des champs pour ne pas déranger les cultures.

Un agriculteur, avec son 4 × 4, nous interpelle amicalement : « Alors, vous cherchez les petits cailloux ? ». Après quelques minutes de discussion, il nous dit que l'on peut chercher dans ses champs, que cela ne dérange pas pour les cultures. Que, même le blé, en train de pousser, est trop jeune pour que nous l'abîmions en marchant dessus. La journée commence bien !



Une petite heure après, au loin vers les bassins de rétention d'eau, nous apercevons quelqu'un qui cherche dans les champs en s'avançant à notre rencontre. Arrivé à quelques mètres de nous, Stéphane s'écrie « Steve Arnold ! Je suis fan ! » et lui serre la main chaleureusement. Stéphane me dit « Tioga, tu connais pas *Météorite Man* ? ! » Je connais en fait juste de nom, mais sans jamais avoir regardé ses émissions de TV, et à vrai dire je n'ai pas la mémoire des visages.

Car Steve Arnold est Américain et était le protagoniste, avec Geoff Notkin, d'une série documentaire (22) (23), diffusée à la télévision américaine, entre 2010 et 2012, sur la chasse aux météorites.

Après quelques échanges d'informations fort sympathiques, où il nous raconte, entre autres, qu'il est venu avec un autre chercheur de météorites, Roberto Vargas, depuis le Maroc chercher la météorite française, mais que pour l'instant ils n'ont rien trouvé. Il nous apprend également que la météorite de 96 g de Vigie-Ciel a été trouvée près du bassin de rétention d'eau. C'est intéressant, nous irons voir là-bas cet après-midi. Nous le quittons sans avoir au préalable immortalisé notre rencontre.



Le terrain est très propice à la recherche. Cette météorite a la croûte de fusion bien noire, pas de clôturation, une terre claire, des champs sans cultures ou avec simplement de jeunes pousses. Quelques artefacts de silex noir, des petits bouts de roche grise ressemblant à de l'ardoise, des crottes de lapins ou des bouts de betterave noire pourrie nous font de belles fausses joies !

La matinée se passe sans succès. 13 h, nous décidons de retourner à la voiture manger notre sandwich à l'abri du vent dans le coffre de la voiture. Car en effet, le temps est gris et le vent souffle bien, l'immense éolienne sous laquelle nous nous sommes garés s'en donne à cœur joie.



L'après-midi, nous partons donc à la recherche du lieu de la 96 g. Arrivés près du bassin d'eau près de la route nous reconnaissons enfin ces poteaux et le grillage gris de la photo avec la jeune femme ! Ça y est !

Nous sommes bien sur la bonne zone ! Waouh !

Cela veut bien dire que la zone de chute définie par les Tchèques est un peu trop au sud et que les pièces supérieures à 100 g seront plutôt à l'est du lieu et que les morceaux de quelques grammes à l'ouest, vers Angiens.

Remotivés, nous arpentons les champs autour des bassins de rétention de la sucrerie. Car oui, en fait, ces bassins appartiennent à l'usine de sucre au sud et une vaste zone est privée, clôturée et interdite d'accès.



²² Official Meteorite Men Episode Guide <https://www.meteoritemen.com/episode-guide>

²³ Chaîne youtube Meteorite Men <https://www.youtube.com/@MeteoriteMen/videos>

Dans notre périple sur les terrains autour des bassins, nous rencontrons la gendarmerie, le garde champêtre et le service de sécurité de l'usine qui patrouillent en ce moment car des personnes se sont introduites dans la zone des bassins et le sol est dangereux, une sorte de tourbe où l'on peut s'enfoncer. Quelques minutes avant, je disais à Stéphane, en regardant de l'autre côté du grillage, que ce serait bien de pouvoir prospecter là. Il m'a rapidement dissuadé de cette pensée et il avait bien raison !



17 h, la lumière baisse, un crachin commence à tomber, nous commençons à être fatigués et nous sommes toujours bredouilles. Agnès retourne à la voiture, moi et Stéphane insistons une petite heure, histoire d'optimiser au maximum notre journée.



Toujours rien. De retour à la voiture, je quitte Stéphane et Agnès qui ont loué une chambre d'hôtel à Dieppe, et moi je cherche une place où me garer pour passer la nuit dans ma voiture.

Le parking de la mairie de Saint-Pierre-le-Viger est parfait. Les réverbères sont lointains, c'est à l'abri du vent. Bon, je me change, je fais sécher tant bien que mal mon manteau, mon bonnet, mes gants à la ventilation de la voiture. Je mange un petit morceau et prépare mon lit à l'arrière du *Berlingo*. Il y a tout juste assez de longueur pour mes 1 m 72 !

Un petit coup de téléphone à Pierre et à Marc, « nos conseillers de l'ombre », qui me disent de plutôt concentrer nos recherches vers la zone où ont été trouvées les petites pièces. Cela devrait se situer plus du côté de Silleron-Angiens et ils m'envoient les photos des découvertes de la journée de l'équipe FRIPON. On verra cela demain. Il fait 10°, il pleut dehors, je me couche à 21 h 30 bien fatigué.

Dimanche 19 février : le souffle du boulet

7 h du matin, le jour commence à se lever. J'ai dormi comme un bébé dans mon duvet !



Je refais chauffer la voiture. Brioche, lait, un p'tit coup de savon, un brossage de dents ; 8 h, je prends la route vers Angiens. Je recherche, en fait, les fils et poteaux à haute tension, visibles derrière la petite fille qui tient le bout de météorite.



Arrivé à Silleron, je me dirige vers le sud, vers Angiens, et prends le chemin qui mène à une exploitation pour avoir une vue sur la plaine. Bingo ! J'aperçois, direction SSO, au loin, les mêmes doubles poteaux à haute tension. Je suis sur la bonne zone !

Je continue 500 m vers Angiens pour me rapprocher et prends un chemin qui mène vers les champs. Je suis au bon endroit, j'ai exactement la même perspective que sur la photo avec un poteau de ligne basse tension sur le devant des autres.

Je me gare. Il est tôt, 9 h. Garé plus loin, un jeune homme sort de sa voiture et me demande si je suis du coin ou si je suis venu chercher la météorite. Il est également chercheur de météorites et il en a déjà trouvé deux !

Il me les sort de son sac. Elles sont magnifiques ; une petite de 6 g toute noire de croûte de fusion, et une de 18 g, ça commence à faire un beau bout ! Sur celle-ci on voit l'intérieur blanc, typique d'une chondrite.

Il me montre du doigt le champ herbeux, à 500 m, où il les a trouvées, samedi.

C'est un minéralogiste, qui s'intéresse depuis 4 ans aux météorites. Hier, il s'est intégré à l'équipe FRIPON et a fouillé avec eux. Il dit avoir trouvé un caillou, avec un gros doute, lors de la battue qu'il a faite avec eux, et de l'avoir gardé dans sa poche et que c'est seulement le soir qu'il s'est aperçu que c'était une météorite de 6 g. La 18 g, c'était apparemment tout seul, en fin de journée, qu'il l'aurait trouvée. Sur le coup, je le crois naïvement néophyte, sincère et chanceux. Mais je m'apercevrai, au cours de la matinée, qu'il en est tout autre...

Nous sommes seuls, tous les deux, sur la zone et nous décidons de prospecter ensemble dans un champ herbeux, dans une zone potentielle des 30-40 g qu'il a repérée. Bruno est bien informé sur le strewnfield, car en plus d'avoir trouvé des morceaux de météorites, il a réussi à récupérer la carte de FRIPON.

Vers 9 h 30, un groupe d'une quinzaine de personnes arrive dans le champ d'à côté ; c'est le groupe FRIPON. Je reconnais au loin François Colas. Je n'ai pas spécialement envie de les rencontrer, ni de les déranger en cherchant au même endroit qu'eux.

Nous arpentons méthodiquement le champ et rapidement nous sommes rejoints par Vincent Jacques, un collectionneur de météorites Belge connu dans le milieu. Il nous raconte plein d'anecdotes sur la recherche de météorites, sachant qu'il a voyagé dans beaucoup de pays pour les retrouver.

Stéphane et Agnès sont encore à l'hôtel avec quelques petites alertes de santé. Ils me rejoindront plus tard dans la matinée après avoir prospecté dans une zone vers les grosses masses.

Avec Bruno et Vincent, tout le matin, nous passons de champs herbeux à des champs en friche, le long de la ligne qu'ils ont identifiée comme centrale de la zone de chute, qui va de l'église d'Angiens au bassin de rétention à côté de la 96 g. Mais nous ne trouvons rien.

Un peu avant midi, Stéphane nous rejoint sur le terrain et nous décidons rapidement de retourner aux voitures pour manger. Le long du chemin nous continuons à regarder le sol en discutant, lorsque je vois Bruno sauter aux pieds de Stéphane, prendre un caillou et hurler sa joie. Il vient de ramasser un morceau de **météorite de 28 g !** C'est sa troisième trouvaille.



Stéphane et moi sommes sous le coup, à la fois subjugués par la belle pièce et dégoûtés de ne pas l'avoir ramassée avant. Ce dégoût se transformera en colère pour Stéphane car il l'avait vue, juste à 30 cm de ses pieds. Mais le jeune loup s'est rué sur la proie, devançant la délicatesse de Stéphane. Cela signera définitivement la fin de l'entente avec Bruno et Vincent (qui continuera de l'accompagner).

L'après-midi nous cherchons, chacun de notre côté, suivant notre chance, plutôt que d'assister à celle d'un autre.

Petit à petit, la façon un peu sauvage qu'a eue Bruno de ramasser la pièce nous fait dire que sa trouvaille de 6 g lors de la battue avec l'équipe FRIPON, la veille, n'est pas tombée par ignorance dans sa poche ; il les a grugés eux aussi.

Nous ne trouverons rien cet après-midi.

A la tombée de la nuit, après 10 heures non stop de marche dans les champs et d'attention sur chaque caillou qui les parsèment, je croisais Luc Labenne, célèbre spécialiste des météorites. Il venait juste de discuter avec le propriétaire des terres. Celui-ci se demandait ce que cherchaient tous ces gens dans ses champs et n'y voyait pas d'inconvénient. Comme quoi, contrairement à ce qu'annonce l'équipe scientifique FRIPON, ils n'ont pas demandé plus que cela l'autorisation de prospecter...



Stéphane repart dans la région parisienne avec beaucoup de rancœur de s'être fait voler son rêve, trouver une météorite.

Lundi 20 février : le gros morceau

Hier j'ai décidé de rester une journée de plus. J'ai fait 500 km pour venir et je n'aurai pas d'autre occasion de faire une expédition. Surtout que maintenant j'ai une meilleure connaissance du terrain.

La nuit dans ma voiture a commencé un peu fraîchement, 4° C, mais cela s'est réchauffé pendant la nuit à la faveur de l'arrivée de nuages. Du coup, au réveil, à 7 h du matin, j'ai une nouvelle fois bien dormi et me sens reposé.



Dernier jour, je suis motivé comme jamais. Surtout qu'hier soir Pierre m'a envoyé les photos de la trouvaille de Steve Arnold ! Oui, *Météorite Man* que l'on a rencontré au début de notre périple !

Il a trouvé un morceau de 178 g ! Les photos sont étonnantes. Avec la chute et son poids, la météorite s'est enterrée de bien 5 cm dans le sol (image Facebook ci-contre). Je suis impressionné et je me dis que l'expérience de Steve n'est pas pour rien dans cette découverte. Peu de personnes chercheraient au fond d'un trou.

Ne sachant pas où il a trouvé cette nouvelle pièce, je décide ce matin de repartir vers les petites masses, dans la zone où je cherchais hier. C'est certain, il doit y en avoir encore !

En ce lundi, jour de semaine, nous ne sommes que deux sur la zone, le rush des chercheurs est passé. La météo est bonne. Je commence par faire un champ herbeux, puis je vais dans la zone près du château d'eau où FRIPON en ont trouvé plusieurs et je regarde également le long de la route.

11 h 30, je n'ai rien trouvé, je commence à en avoir plein les pattes, quand Pierre m'appelle et me conseille de ne pas rester trop longtemps sur une même zone, de reprendre ma voiture et de chercher les Américains pour savoir où ils prospectent.

Ni une, ni deux, je retourne dans ma voiture, passe par Angiens, et qui je vois sortir de l'épicerie ? Steve et Roberto ! Je me gare à côté d'eux. Ils se souviennent de notre rencontre. Et je leur dis avec une excitation et un grand sourire : « I know you have found something ». En rigolant, Roberto me sort d'un petit sac en tissu leur météorite et me la tend.



J'ai dans mes mains une météorite de la taille d'une orange aplatie avec une croûte de fusion noire craquelée : l'astéroïde 2023 CX1. Elle est magnifique !

Plus tard, l'après-midi, je prospecterai dans le même champ que Steve et Roberto ainsi que Pierre-Marie Pelé (découvreur de la masse principale de Villalbeto) et Vincent à la recherche de grosses pièces.

Je ne trouverai rien... si ! la joie de prendre en photo la météorite de 178 g des Américains.

17 h, il est l'heure de reprendre la route pour Nancy. J'en ai plein les pattes, plein les yeux.

Un peu déçu de n'avoir pas trouvé, ne serait-ce qu'un petit bout. Mais je ne regrette rien, j'aurai mis toute mon énergie pendant ces trois jours.



J'ai tout de même fait de belles rencontres sur le terrain et j'espère revoir tout ce beau monde à la Bourse aux Météorites (24) à Ensisheim au mois de juin.

Et qui sait, la prochaine fois j'aurai peut-être plus d'expérience et plus de chance !

Tioga Gulon



²⁴ <https://www.facebook.com/EnsisheimMeteoriteShow/>

Retour sur la comète C/2022 E3 ZTF

Cet article arrive avec un peu de retard, mais ce n'est pas grave car l'objet observé passe tous les 50 000 ans !

Isabelle et moi avons profité du ciel dégagé mercredi 8 février pour immortaliser le spectre de la comète C/2022 E3 ZTF, en utilisant le spectroscopie ALPY600 au foyer de l'ASA depuis la coupole (une première !), histoire d'avoir une idée de sa composition.

L'exercice consiste à placer l'image de la comète dans une fente de 23 μm de large. Mais une comète ça se déplace vite dans le ciel, il faut la suivre avec les commandes manuelles. C'est le travail réalisé par Isabelle, les yeux rivés sur l'écran de suivi.

Ci-dessous, l'image de guidage.



Dans une comète il y a des poussières qui reflètent la lumière du Soleil et des gaz ionisés par le vent solaire qui produisent leur propre lumière.

Que voit-on sur le spectre obtenu ?

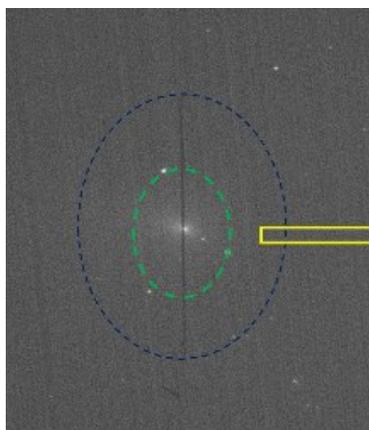
- Dans l'image (au centre), le noyau visible diffuse sur le spectre une grande raie horizontale. Probablement composé de poussières qui reflètent la lumière du Soleil. C'est ce que l'on voit visuellement à l'oculaire.

- L'ovale vert est la zone de présence de gaz qui diffusent les raies verticales vertes (au centre du spectre). C'est la magnifique couleur vert émeraude que l'on voit sur les photos.

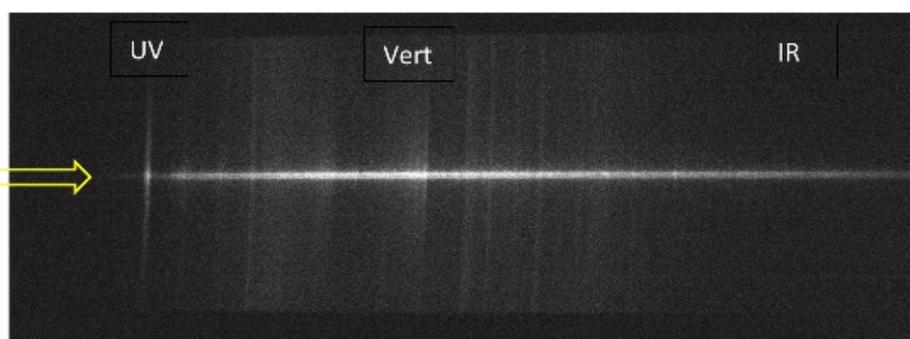
- L'ovale bleu est la zone de présence de gaz qui diffusent la grande raie verticale dans l'UV (à gauche du spectre). C'est ce que l'on ne voit pas ou très peu avec nos capteurs électroniques.

Cela montre l'espace qu'occupent ces gaz par rapport au noyau visible.

Image



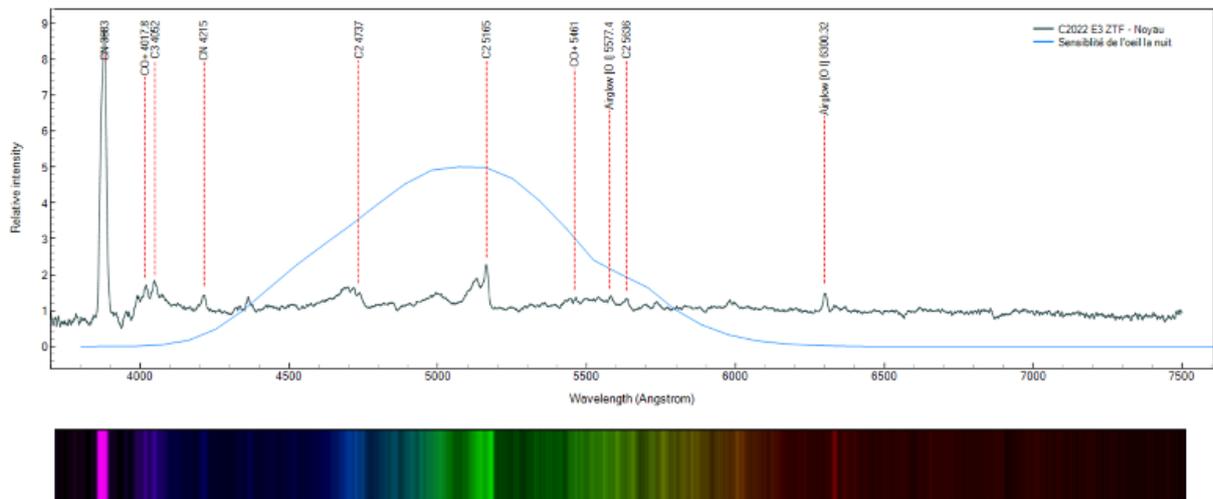
Spectre



Que nous apprend le spectre sur C/2022 E3 ZTF ?

Il y a beaucoup de carbone dans une comète sous différentes formes moléculaires. La couleur verte que l'on a sur nos capteurs électroniques est due aux molécules de di-carbone « C2 » (dans les bandes de Swan pour les connaisseurs). **Pour comparaison on retrouve ces raies moléculaires de C2 dans une flamme de butane !**

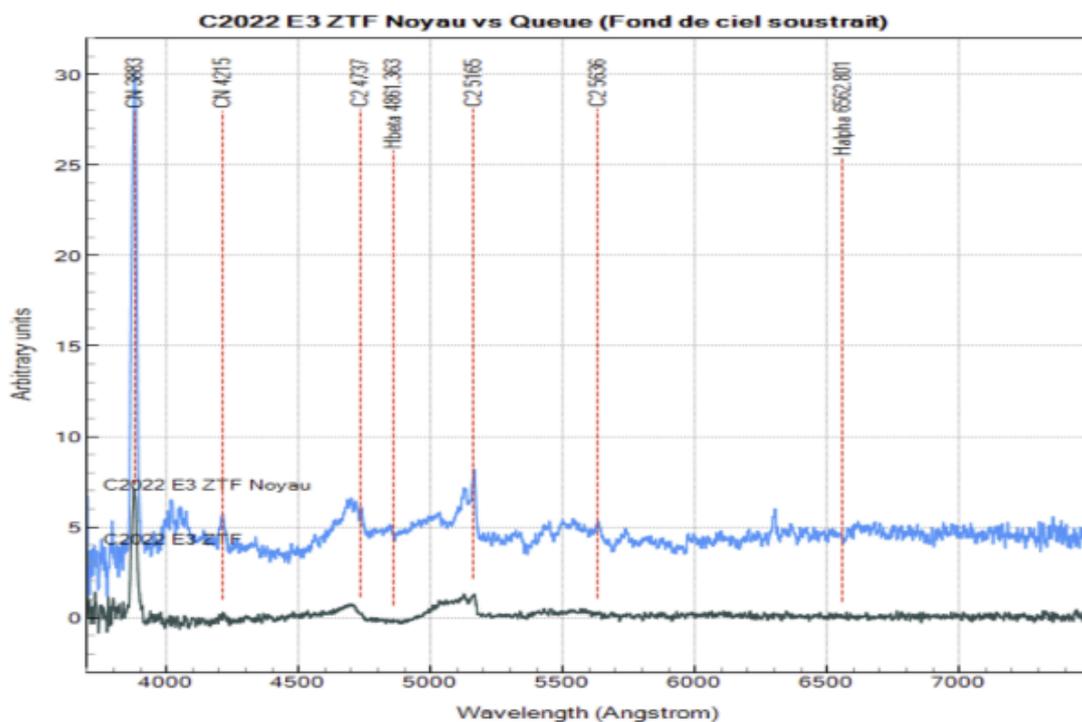
Ci-dessous : Spectre du noyau de C/2022 E3 ZTF (en noir) et de la réponse de l'œil humain la nuit (en bleu).



Si nous avions des capteurs, ou même des yeux sensibles dans l'UV proche, nous verrions la comète beaucoup plus brillante et plus grosse à cause de la molécule de cyanogène « CN » (grande raie verticale à gauche dans l'UV proche).

Pour la petite histoire, les déclarations de Flammarion en 1910 sur les spectres de la comète de Halley ont provoqué une panique dans la population à cause de la présence du gaz cyanogène, car les gens pensaient qu'il allait retomber sur Terre.

Pour comparaison, en bleu le spectre du noyau. Et en noir le spectre de la coiffe (loin du noyau) de C/2022 E3 ZTF. On voit que le cyanogène CN et le di-carbone C2 sont présents loin du noyau. Attention, les niveaux sont relatifs.



Il fallait en profiter car elle passe tous les 50 000 ans !

Isabelle Auvray et Laurent Dalbin

Mesure de la température de surface d'une étoile

Dans *L'Écho d'Orion* n° 171, dans l'article intitulé « *Le transit de l'exoplanète HD 209458 b, partie 3* », pour nos calculs nous avons pris la valeur de la température de surface de l'étoile dans la littérature (page 17). Depuis l'achat d'un spectrographe (l'Alpy 600) par la SLA, nous pouvons faire nous-mêmes la mesure. Cet article va donc décrire comment nous pouvons mesurer la température de surface d'une étoile.

Avant cela, quelques rappels de physique.

A température ambiante, un objet quelconque que l'on met dans le noir ne semble pas émettre de lumière. Mais si on l'observe dans l'infrarouge, on verra qu'il émet de la lumière. C'est ce que l'on appelle *le rayonnement du corps noir*. Si on augmente la température, comme quand on chauffe un morceau de fer, il va émettre de la lumière rouge, puis blanche.



On remarque que la lumière émise s'est décalée dans le visible, vers les longueurs d'onde les plus courtes. C'est de cette manière que l'on mesure la température à la surface des étoiles.

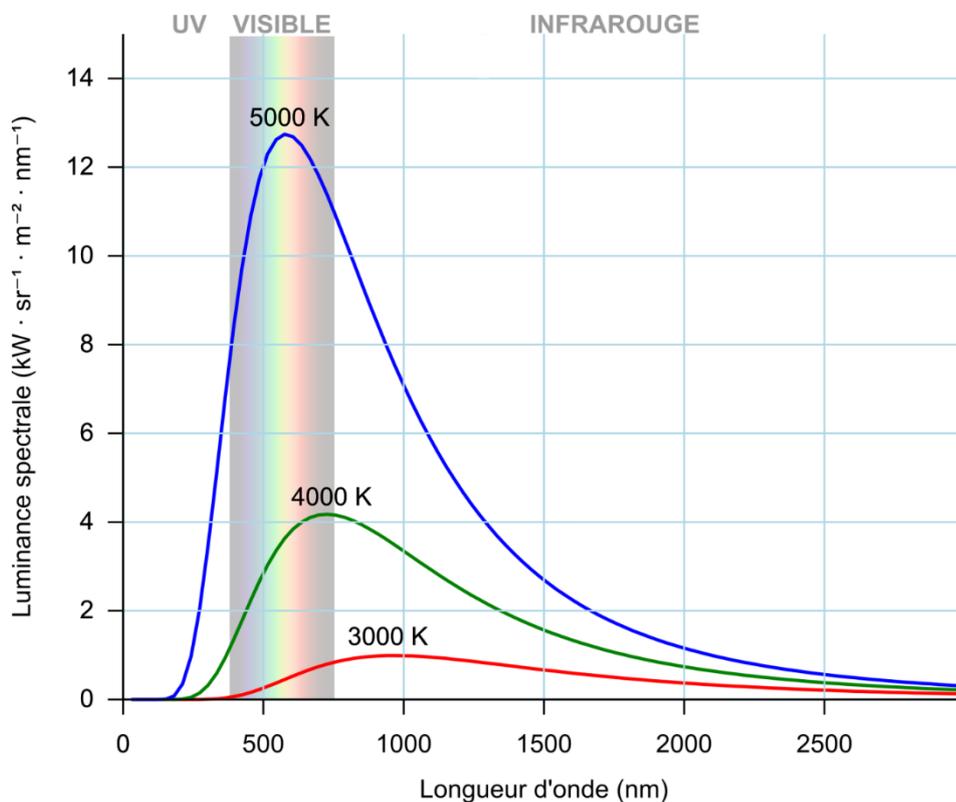
La loi de Wien donne une relation entre la température d'un corps noir et la longueur d'onde qui rayonne avec le plus d'énergie.

La loi de Wien s'exprime comme suit :

$$\lambda_{max} = \frac{2,899 \times 10^{-3}}{T}$$

Avec :

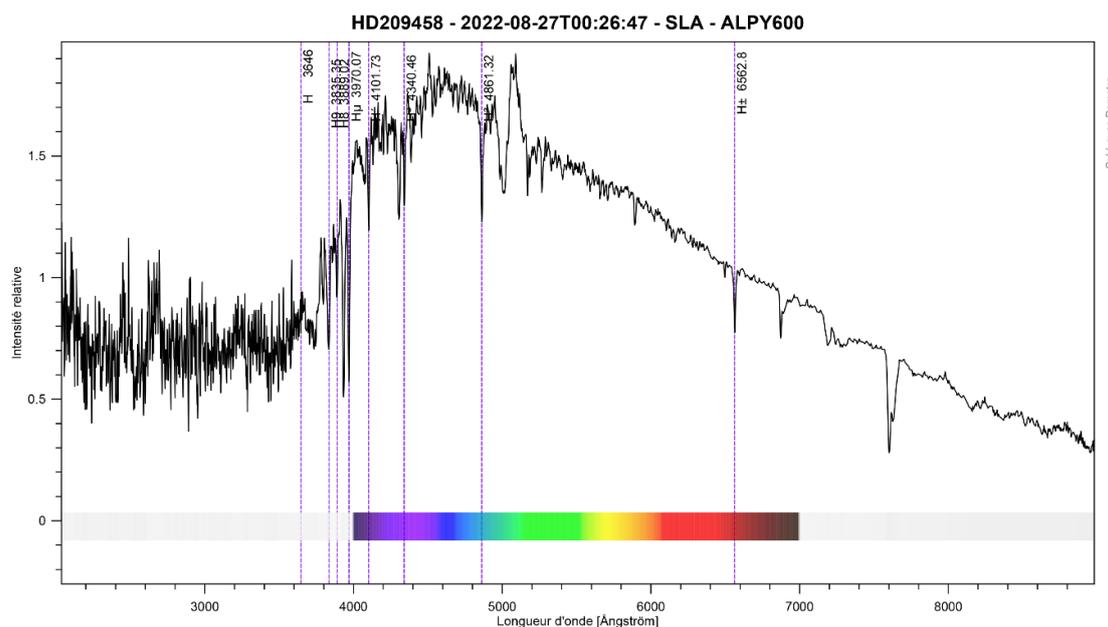
- λ_{max} : la longueur d'onde en mètre avec le rayonnement le plus énergétique
- T : la température en Kelvin



Si on connaît la longueur d'onde max et que l'on veut déduire la température, il faut retravailler un peu la formule comme ceci :

$$T = \frac{2,899 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}}$$

Sur le spectre de l'étoile HD 209458 que nous avons réalisé, nous pouvons déduire que $\lambda_{max} = 460 \text{ nm}$.



D'où l'application numérique :

$$T = \frac{2,899 \times 10^{-3}}{460 \times 10^{-9}} = 6040 \text{ K}$$

Dans l'article de *L'Écho d'Orion* n° 171, nous avons pris une valeur de 6 000 K. Cette valeur correspond approximativement à celle que nous avons déduite de notre spectre, qui est rassurant.

Conclusion : cela montre qu'en tant qu'astronome amateur, en étant un peu équipé et ayant quelques notions de physique, nous pouvons réaliser beaucoup de mesures !

Didier Walliang

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															

Mots croisés

Horizontalement.

1. On n'en trouvera pas dans les mers lunaires ! – Entre les deux portes d'une écluse. – Épouse d'Atlas. **2.** Belle de la Vierge. – Petit pour une fille. – Filet d'eau. – Réfutés. **3.** Presque 12 ans pour Jupiter. – Grand lac-réservoir dans l'Est de la France. **4.** Autorisée. – Dénigres. **5.** Coule en Espagne. – Préfixe signifiant « avec ». – C'est-à-dire, plus court. – 99 à Rome. **6.** Abréviation religieuse. – Rayonnait sur le Nil. – En bas du visage. – Comme ut. **7.** Assassinée. – Louer beaucoup. – Un pic pyrénéen. **8.** Constellation de la Machine pneumatique latinisée. – De bonne heure. – Béryllium. **9.** Avant nous. – Telles sont les éclipses ! **10.** Enlever. – Souvent arabes pour ceux des étoiles. **11.** Des quantités de siècles. – Soleil pour Khéops. – Roue de poulie. – Plutôt ambigu ce personnage ! **12.** Cabriolets d'origine anglaise avec cocher. – Colère du passé. – Saint pyrénéen. **13.** Sont d'une

très grande érudition. **14.** Parfois nucléaire. – Exagération. **15.** Notre satellite tout rond. – A été. – Téraoctet en raccourci. **16.** Élève officier de réserve. – Appris. – Se distingue dans l'Aigle. **17.** Arbre des lieux humides. – Grande voie urbaine. **18.** Largeur d'étoffe. – Animées. – Di Lammermoor pour Donizetti. **19.** Inséparable de Pollux. – Les Hyades, c'est par ici.

Verticalement.

A. Autre nom d'Ophiuchus. – Achernar y est au bout. **B.** Une arme pour Orion. – Commune de l'Ariège. – Prénom de Descartes. **C.** Cinq cents grammes. – Allongé. – Immanquable dans le Cocher. **D.** Pour se protéger du Soleil. – Gigantesques tourbillons destructeurs. **E.** Tachera. – Une feuille de propagande. – Une île. **F.** Divertit. – Étoiles changeant d'éclat. – Molybdène. **G.** Paysage pittoresque. – A moi. – Argon. – Très ancienne pièce de monnaie. – Comme le hareng parfois. **H.** Mettre au milieu. – Établit la véracité d'une chose. **I.** En bordure du golfe des Iris, Héraclides ou Laplace. – N'y attendez pas un coucher de Soleil ! **J.** On n'achète pas son croissant chez le boulanger. – Récipients de laboratoires. – Opéra de Verdi, aux trompettes célèbres. – Le temps d'une révolution. **K.** Grand couturier (Christian), mort en 1957. – Étain. – Document bancaire. – Lucien intime. **L.** Constellation voisine de l'Octant. – Naturel. – Sépare les deux hémisphères d'une planète. **M.** Celles du Capitole sont connues dans l'Histoire. – Pierre précieuse. – Coutumes. – Démonstratif. **N.** Gravite autour de Neptune. – Fabuliste grec. – Os de la jambe. **O.** Forme d'être. – Résultats de matchs. – Prénom masculin. – Or en symbole.

Chapitre 1

LES ASTÉROÏDES TROYENS ET LA SLA

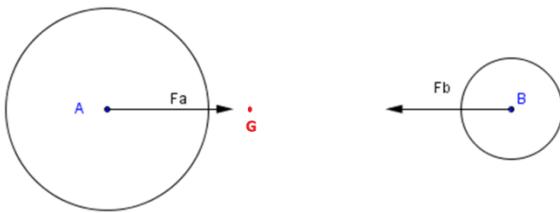
0) La méthode scientifique :

D'une part, la théorie qu'il faut sans cesse améliorer. D'autre part, les observations, de plus en plus précises.

Jean-Pierre Changeux : « Le propre de l'esprit humain est sa capacité à s'émerveiller du monde qui l'entoure. Et le goût de le comprendre. »

1) Le problème des deux corps, résolu par Newton en 1687 :

Deux corps célestes A et B, de masses m_A et m_B séparés par une distance $r = AB$, exercent l'un sur l'autre deux forces d'attraction opposées, d'intensité $F = G \frac{m_A m_B}{r^2}$, où G est la constante gravitationnelle.



A attire B, et B attire A, mais ils ne tombent pas l'un sur l'autre, car ils tournent autour de leur centre de gravité G, et la force centrifuge agit pour les éloigner l'un de l'autre.

Cette théorie permet de décrire, avec une bonne approximation, la réalité du mouvement d'une planète autour du Soleil.

Mais on a négligé les influences des planètes les unes sur les autres, et les trajectoires obtenues ne sont pas assez précises.

2) La théorie du problème des trois corps, résolu en 1772 :

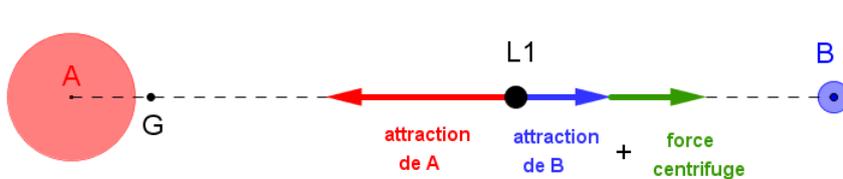
Avant de pouvoir étudier rigoureusement le mouvement d'une dizaine de corps du Système solaire, au XVIII^e siècle, l'Académie des Sciences de Paris a proposé un prix destiné au mathématicien qui résoudra le problème des trois corps !

Euler et Lagrange se partagent le prix, bien que leurs solutions se limitent à deux corps massifs et un troisième de masse négligeable. Car cela permet de dire que le centre de gravité G des trois corps se trouve entre les deux gros, et de simplifier les calculs.

Le premier, **Léonhard Euler** avait découvert, en 1750, trois positions d'équilibre, L1, L2 et L3.

Notons A l'astre le plus gros, et B le plus petit.

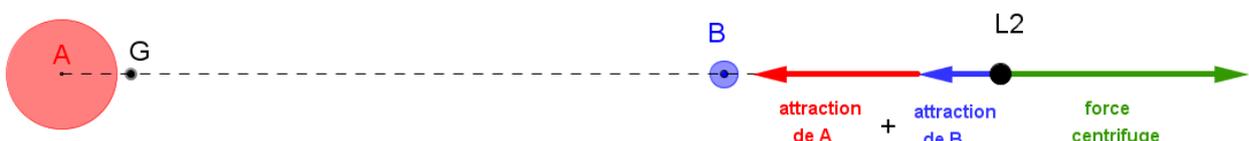
Le point L1 est situé entre A et B, au seul endroit où l'attraction de A est compensée par l'attraction de B, plus faible, de sens contraire, et par la force centrifuge qui fait éloigner de G.



Car n'oublions pas que A, B et L1 tournent autour de leur centre de gravité G.

Le point L2, lui, est sur la droite (AB), mais au-delà de B.

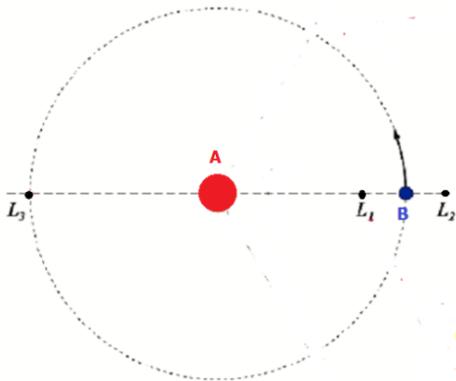
Les attractions de A et B, cette fois de même sens, s'ajoutent et sont compensées par la force centrifuge :



Le point L3 est sur la droite (AB), mais au-delà de A.

Comme pour L2, les attractions de A et B, de même sens, sont compensées par la force centrifuge.

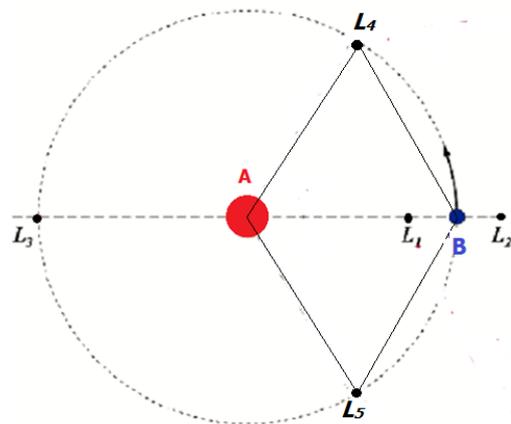
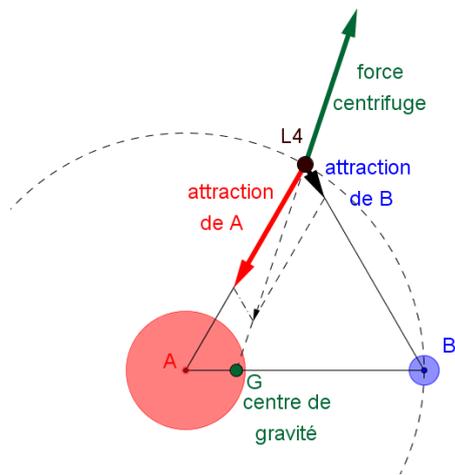
Et si A est beaucoup plus massif que B, le centre de gravité G des trois est à l'intérieur de A, et on obtient le schéma suivant :



L1, L2 et L3 sont des positions d'équilibre, mais en équilibre instable, un peu comme une balle sur un col de montagne, un écart peut la faire s'éloigner. Et leurs positions dépendent des masses de A et B.

Lagrange, lui, fait une étude complète, en trouvant deux nouveaux points, L4 et L5, en équilibre stable, dès que A est 25 fois plus lourd que B.

Car si un petit corps s'éloignait de la position de Lagrange exacte L4 ou L5, l'accélération de Coriolis (qui dépend de la vitesse de l'objet), lui ferait parcourir un chemin autour du point L, en forme de haricot.



Et, difficile à croire, les positions de L4 et L5 sont indépendantes des masses de A et B : ce sont les sommets des deux triangles équilatéraux de base [AB].

De sorte que la somme des vecteurs attraction de A + attraction de B, est opposée à la force centrifuge.

Un tel résultat géométrique est fascinant !

Un petit objet placé dans l'espace en L4 ou L5 serait donc captif ! En existe-t-il ?

Les cinq points L1, L2, L3, L4 et L5 s'appellent tous aujourd'hui **points de Lagrange**.

(Il faut dire que la démonstration d'Euler pour L1, L2 et L3 est facile, du niveau d'un élève de terminale, et que celle de Lagrange pour L4 et L5 est très difficile.)

3) La réalité, découverte plus d'un siècle après :

Né en 1863, Wolf a découvert sa première comète à 21 ans. En 1890, il déclara hardiment qu'il allait utiliser la photographie à grand champ pour découvrir de nouveaux astéroïdes. Deux ans plus tard, il en avait trouvé 18. Et le 22 février 1906, Wolf découvre un astéroïde avec une orbite inhabituelle.

Alors que Jupiter se déplaçait devant les étoiles, en tournant autour du Soleil, cet astéroïde se déplaçait de même, en restant à 60 degrés devant Jupiter. Or les angles d'un triangle équilatéral mesurent tous 60°. L'astéroïde était donc au point de Lagrange L4 du système A-B = Soleil-Jupiter !

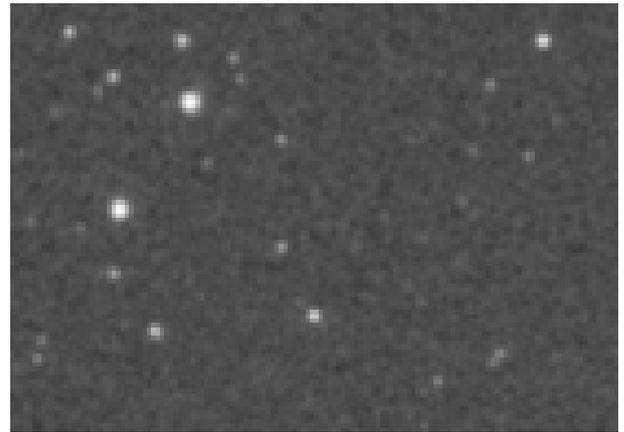
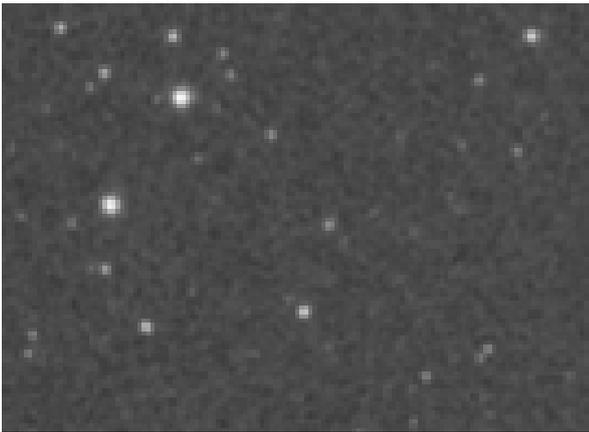
100 ans auparavant, la prédiction de Lagrange n'était qu'un magnifique exercice mathématique. Maintenant, les astronomes savaient que c'était la réalité.

Huit mois plus tard, avec son étudiant Kopff, ils découvrent un autre astéroïde en L5, puis encore un en L4... On les a nommés Achille, Patrocle, Hector, ..., et les suivants avec des noms des héros de l'*Illiade*.

Eh bien, à la SLA, nous avons voulu réaliser la méthode utilisée par Wolf pour sa découverte !

Voici donc deux photos prises à la coupole de la SLA, le 5 avril 2023, à 20 h 03 TU et à 21 h 33 TU :

Voyez-vous Hector en examinant les deux photos ci-dessous ? C'est le seul point lumineux qui a bougé d'une photo à l'autre. Je vous laisse le deviner, car à la coupole ce moment était le plus fabuleux !

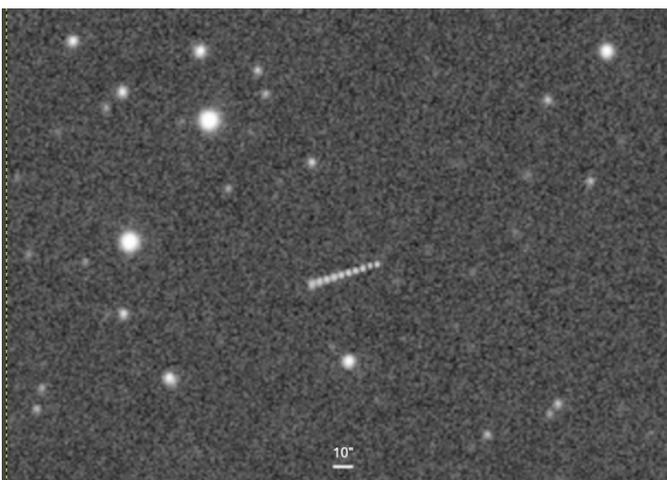


Aujourd'hui, c'est encore ainsi que des astronomes professionnels ou amateurs découvrent de nouveaux astéroïdes ou de nouvelles comètes !

Mais je vous ai aidés, avec un crop et un zoom de 500 % !

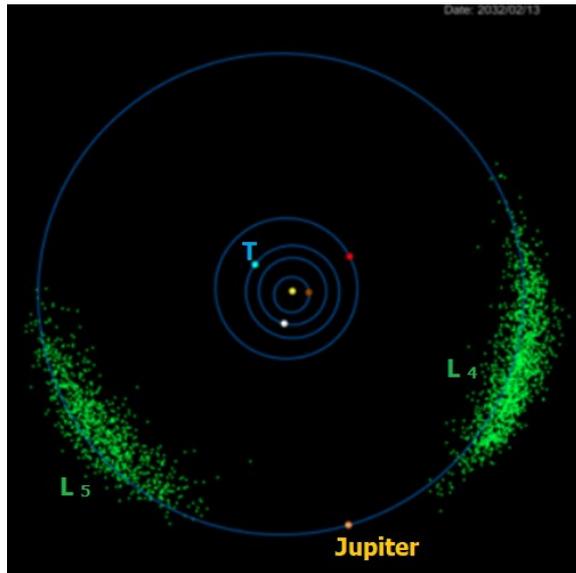
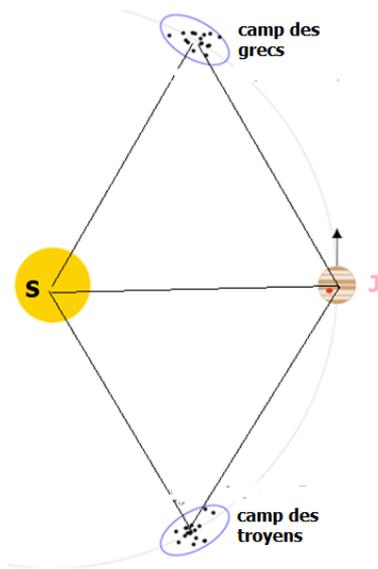
En réalité, il y a eu 10 photos de faites, à 20 h 03, 20 h 13, 20 h 23, ..., 21 h 33 et en les ajoutant, on voit bien sur la photo ci-contre le déplacement d'Hector, avec ses 10 positions. Vous les voyez ?

Et avec le zoom de 500 % et un crop, on voit la précision du déplacement sur le fond des étoiles, en arc-secondes, pendant une heure et demie.



Sur cette photo, loin à droite d'Hector, on voit le bel amas ouvert NGC 1857 du Cocher ; diamètre 10', magnitude 7, à observer !

Un peu plus tard, après la découverte de Wolf, on nomma les astéroïdes L4 du système Soleil-Jupiter avec des noms grecs, et les astéroïdes L5 avec des noms troyens. (Patrocle, héros grec, et Hector, prince des Troyens, nommés au début, font exception à la règle.)

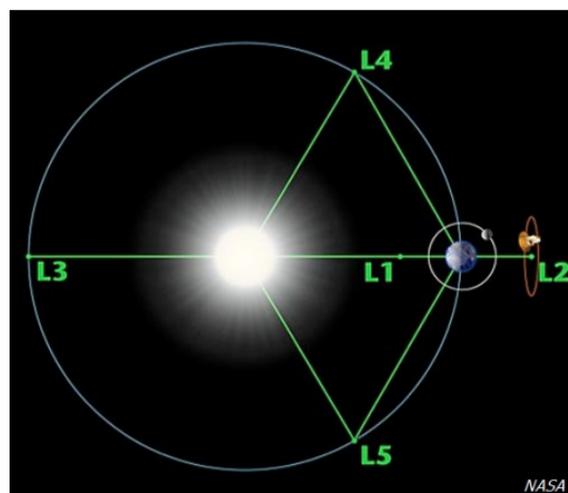


Ces astéroïdes sont donc regroupés en deux essais qui orbitent autour du Soleil à peu près à la même distance que Jupiter (ils sont aussi éloignés de Jupiter qu'ils le sont du Soleil).

Quand on les considère tous, ceux de L4 et de L5, on les appelle « **astéroïdes troyens** », car *l'Iliade* raconte la guerre de Troie.

4) Les points L1, L2, L3 du système Soleil-Terre, sont aussi très importants, utilisés déjà au siècle dernier !

Dans le cas où A est le Soleil et B la Terre, vous connaissez bien les points L1 et L2 : ils sont à environ 1,5 million de kilomètres, ou 0,01 UA de la Terre, et tournent autour du Soleil à la même vitesse que la Terre.



En effet, L1 qui est plus proche du Soleil, devrait tourner plus vite que la Terre, mais la Terre qui l'attire, le freine.

Et L2, qui est plus loin du Soleil que la Terre, devrait tourner moins vite, mais la Terre qui l'attire, l'accélère.

Que la nuit pour L2 ou que le jour pour L1, grande stabilité thermique. Visibilité permanente avec la Terre pour transmettre des données.

On a vu que L1 et L2 sont un peu instables : si un objet dévie légèrement du point exact, la gravité va lentement l'entraîner, vers la Terre ou le Soleil, sans retour possible.

Ils ne contiennent donc pas de corps naturels qui gêneraient les sondes !

Ces positions sont peu coûteuses en carburant : une sonde spatiale possède un système de propulsion qui déjoue la légère instabilité en évoluant sur une petite orbite centrée sur le point L, grâce à de très petites manœuvres deux fois par an.

Le point L1 sert à l'observation du Soleil (alerte des perturbations solaires) ou de la face éclairée de la Terre.

Soho, satellite d'observation du Soleil, est en L1. Et le satellite d'observation de la Terre *DSCOVR*.

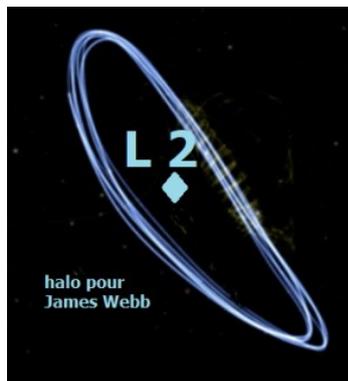
Et c'est en L1 que la sonde *LISA Pathfinder* a testé les technologies de détection d'ondes gravitationnelles.

Le point L2, protégé du Soleil par la Terre, sert à observer l'espace lointain. Toujours à la même température, pas de blindage compliqué.

Gaia (positions précises des étoiles de la Galaxie), *Planck* (pour le rayonnement fossile), *Herschel* (pour l'univers infrarouge), le télescope spatial *James Webb*, *Euclid* (pour mesurer l'accélération de l'expansion de l'univers) sont ou seront en L2.

Mais s'ils sont protégés du Soleil, comment alimenter leurs panneaux solaires ?

Eh bien, en regardant vers le Soleil depuis L2, on voit une éclipse annulaire du Soleil ; ce n'est donc pas une ombre totale, les rayonnements solaires ne sont pas complètement bloqués ! Et les satellites ne sont pas exactement en L2, ils suivent une courbe de Lissajous ou un halo autour de L2, car ce sont des orbites périodiques quasi-stables d'amplitudes 100 000 à 200 000 km !



Et le point L3 qui est pour nous caché derrière le Soleil ?

Il a provoqué beaucoup d'œuvres de science-fiction, une anti-Terre... Mais depuis la conquête spatiale, on a pu constater qu'il n'y a aucun astre en L3 !

5) Et les points de Lagrange du système Terre-Lune ?

Ils ont connu des projets d'installation d'instruments, de propergol, de minerai...

Vous pouvez rêver, et allier l'émerveillement à la rigueur...

(A suivre.)

R. H.

P.S. : les figures géométriques sur fond blanc ont été réalisées avec le logiciel gratuit *Géogébra*, que tous les lycéens apprennent à utiliser.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															

Mots croisés

Horizontalement.

1. Sélénium. – Les lettres, ils connaissent ! **2.** Montrent le ciel quand il n'est pas visible. – Attend une suite. **3.** Satellite galiléen. – Note. – Celui de la Terre penche. **4.** L'an 1801 commençait bien avec sa découverte ! – Il faut qu'un télescope le soit. **5.** Un hic. – Doué celui-là ! **6.** Quand une planète recule. **7.** Enlevé. – Cabriolet anglais avec cocher. – Beau paysage. **8.** Tête de cochon. – Ile. – Arrose Béziers. **9.** Prénom féminin. – Roi de théâtre. – Grottes en Belgique. – Première personne. **10.** Dans la nacelle d'un ballon. – Artères de villes. – Canapé. **11.** Leva le train arrière. – Constellation d'Al Rischa. **12.** Choisir. – Semblable. – Une carrière résumée. **13.** Force dans l'Univers. – Entendu quand ça fait mal. **14.** A filtres pour

l'astronome. – Symbole du radian. – Servait de pierre à briquet. **15.** Tout pour rien. – Couleur. **16.** Courberez. – Oter la vie. **17.** Le Soleil le transforme en hélium. – Dans les règles. – Pronom personnel. **18.** Grande époque. – L'eau du poète. – Distance d'astronome. – A posé des hommes sur la Lune. **19.** Ouvre-toi, pour Ali Baba. – L'étoile Proxima y est.

Verticalement.

A. Instruments pour l'étude du Soleil. **B.** Choisie. – Quelle chaleur ici ! – Pas un apprenti. – Véga, c'est par ici. **C.** Cesseras. – Étoiles filantes dans la constellation des Hyades. **D.** Patriarche biblique. – Répét dans un conflit. – Fin d'infinitif. **E.** Tissu d'ameublement. – Langue. – Canton suisse. – Jeune domestique. **F.** Symbole du tellure. – Rangera ta voiture. – Gouvernement d'un souverain. **G.** Sous sol. – Constellation d'Alchiba. – Gamma Aigle. **H.** Irrigua. – Redût. – Plus ultra ? **I.** Intéresse l'astronome. – Morceau pour deux instruments. – Résistance. **J.** Pronom personnel. – Attacha. – Rhodium. – Appris. – Début de série. **K.** Trouble. – Des bois dans un orchestre. – Manière d'être. **L.** Coutumes. – Céréale. – A nous. – Aviné. **M.** Arrose Saint-Omer. – Bête de jeu. – Distance objectif-foyer. – Compulsé. **N.** Côté la Coupe. – Changement d'année. – Des Pluies sur la Lune. **O.** Petits socles au golf. – Quart chaud. – Tout au bout.

Tzolkin et haab, les calendriers des Mayas

Les cycles et les répétitions de phénomènes naturels avaient, aux yeux des Mayas, tant d'importance qu'ils leur attribuaient une influence fondamentale sur la vie elle-même.

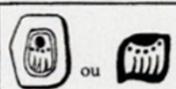
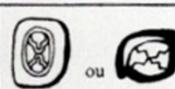
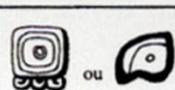
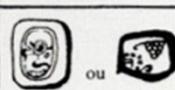
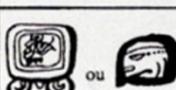
Le calendrier était donc très complexe et tenait compte, non seulement du mouvement du Soleil, mais aussi de celui de Vénus, astre très important, car expression céleste du serpent à plumes (*Quetzalcóatl*), nommé *Kukulkán* par les Mayas.

Le compte du temps faisait intervenir deux calendriers différents. Le *calendrier rituel* (tzolkin), était divisé en 13 mois de 20 jours. Les jours de cette année religieuse possédaient une signification, et certains d'entre eux avaient un caractère bénéfique ou maléfique. Chaque jour portait le nom d'un dieu auquel il était consacré et un numéro de 1 à 13 (le numéro du mois).
Exemples : 5 Eznab, 4 Oc, etc. Il fallait 260 jours (13 × 20) pour compléter la série des dieux et des nombres.

Les 260 jours
 du calendrier tzolkin
 (chaque colonne
 correspond à un mois
 de 20 jours).

Jour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Imix	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7
Ik	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8
Akbal	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9
Kan	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10
Chicchan	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11
Cimi	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12
Manik	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13
Lamat	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1
Muluc	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2
Oc	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3
Chuen	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4
Eb	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5
Ben	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6
Ix	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7
Men	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8
Cib	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9
Caban	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10
Eznab	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11
Cauac	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12
Ahau	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13

Aux 20 noms de jours du calendrier tzolkin étaient attribués des glypes à caractère symbolique, associés à des divinités, des animaux ou des objets sacrés.

			
IMIX	CIMI	CHUEN	CIB
			
IK	MANIK	EB	CABAN
			
AKBAL	LAMAT	BEN	EZNAB
			
KAN	MULUC	IX	CAUAC
			
CHICCHAN	OC	MEN	AHAU

Glyphes des 20 jours
 du calendrier maya et leur nom
 dans la langue yucatèque.

(Reproduit d'après les ouvrages de C. Gallenkamp, *Les Mayas, la découverte d'une civilisation perdue*, © 1960, Payot, Paris, fig. 9, et F.-A. Peterson, *Le Mexique précolombien*, © 1961, Payot, Paris, fig. 55.)

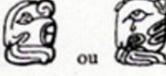
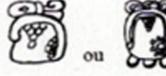
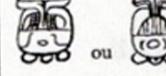
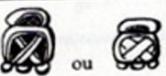
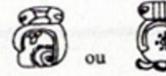
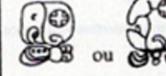
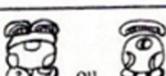
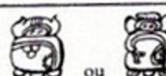
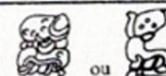
Chaque jour était donc associé à 13 numéros. Exemple : le jour *Akbal* l'était aux nombres 3, 10, 4, 11, 5, 12, 6, 13, 7, 1, 8, 2, 9, et le cycle recommençait.

Jour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Imix	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7
Ik	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8
Akbal	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9
Kan	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10
Chicchan	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11
Cimi	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12
Manik	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13
Lamat	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1
Muluc	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2
Oc	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3
Chuen	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4
Eb	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5
Ben	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6
Ix	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7
Men	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8
Cib	3	10	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9
Caban	4	11	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10
Eznab	5	12	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11
Cauac	6	13	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12
Ahau	7	1	8	2	9	3	10	4	11	5	12	6	13

Parallèlement au tzolkin, le *calendrier civil* (haab) comportait 18 mois de 20 jours, soit 360 jours plus 5 jours néfastes appelés *uayeb* (« celui qui n'a pas de nom »). Les jours de l'*haab* portaient aussi le nom d'un dieu, mais d'une autre série, et un numéro allant de 0 à 19.

Mois	Jour																			
Pop	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Uo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Zip	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Zotz	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Tzec	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Xul	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Yaxkin	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Mol	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Chen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Yax	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Zac	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ceh	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Mac	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Kankin	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Muan	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Pax	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Kayab	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cumku	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Uayeb	0	1	2	3	4															

Les 365 jours du calendrier haab (calendrier agricole pour tenir compte du rythme des saisons).

 ou  POP	 ou  XUL	 ou  ZAC	 ou  PAX
 ou  UO	 ou  YAXKIN	 ou  CEH	 ou  KAYAB
 ZIP	 ou  MOL	 ou  MAC	 ou  CUMKU
 ZOTZ	 CHEN	 KANKIN	
 ou  TZEC	 ou  YAX	 ou  MUAN	
 ou  UAYEB Signification littérale : « Celui qui n'a pas de nom » Glyphe et nom mayas de la période des cinq jours que l'on ajoutait régulièrement au dix-huitième mois de vingt jours du calendrier solaire pour former le <i>Haab</i> de 365 jours.			

**Les glyphes et les noms
des 18 mois de 20 jours
du calendrier haab.**

(Reproduit d'après les ouvrages
de C. Gallenkamp, *Les Mayas,
la découverte d'une civilisation
perdue*, © 1960, Payot, Paris, p. 80,
et F.-A. Peterson, *Le Mexique
précolombien*, © 1961, Payot, Paris,
p. 225.)

Il suffit d'imaginer que chaque jour portait deux appellations, celle du *tzolkin* et celle de l'*haab* (exemple : 2 Ik [*tzolkin*] et 0 Pop [*haab*]) pour comprendre les complications qui en découlait.

Le plus petit multiple commun de 260 et 365 étant 18 980, il fallait attendre 52 ans du calendrier civil (correspondant à 73 ans du calendrier rituel) pour retrouver un même couple de noms à une certaine date de l'année. Ce cycle de 52 ans, le « tour du calendrier », était donc une période très importante.



Le temple-pyramide de *Kukulcán* (le serpent à plumes), à Chichén Itzá, réalise la synthèse de la science astronomique maya.

Les quatre côtés de la pyramide, haute de 24 mètres, portent neuf terrasses, comme les neuf ciels des Mayas. Chaque terrasse est divisée en deux parties par l'escalier, ce qui donne $9 \times 2 = 18$, nombre des mois de l'*haab*. Sur chaque face, on trouve 52 panneaux sculptés, correspondant au nombre d'années du tour du calendrier. Les quatre escaliers comportent chacun 91 marches, lesquelles, avec la plate-forme supérieure, composent le nombre $(91 \times 4) + 1 = 365$, nombre de jours de l'*haab*.

Et la construction est orientée de telle manière qu'aux équinoxes une ombre dessine, sur un des escaliers, la silhouette du serpent à plumes, dont la tête sculptée se trouve en bas.

En s'appuyant sur des observations précises des étoiles et du lever et du coucher du Soleil, les Mayas pouvaient apporter à différentes occasions des corrections au calendrier pour le mettre en accord avec les saisons. Ces corrections, établies sur une période très prolongée, furent si précises que l'année solaire calculée par les Mayas était égale à 365,2420 jours. La valeur actuelle est de 365,2422 jours !

La même précision se retrouvait dans la période de la lunaison et dans la période synodique de Vénus (qu'ils avaient estimée à 583,92 jours). Cette durée avait pris pour eux tant d'importance qu'il leur fallut l'accorder aux autres cycles.

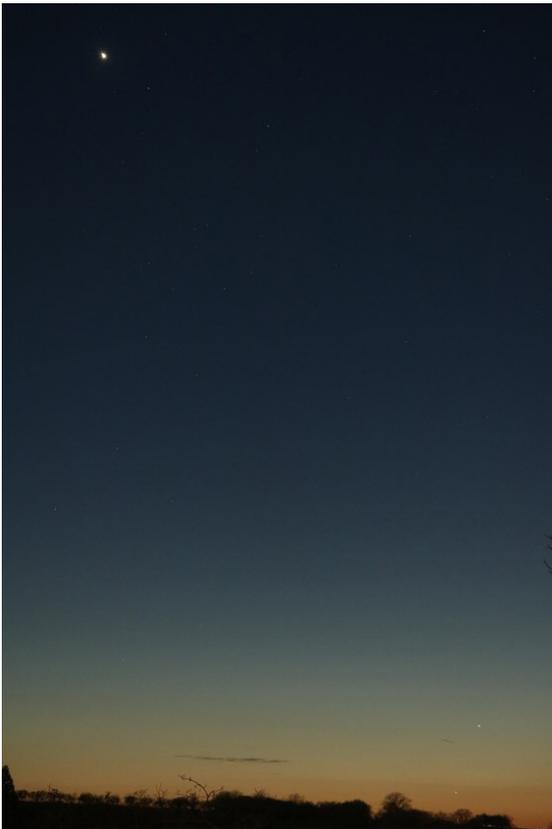
Ils s'aperçurent très vite que deux tours du calendrier (2×52 ans = 104 ans) coïncidaient avec 65 révolutions synodiques de Vénus :

$$104 \times 365 = 37\,960 \text{ jours}$$

$$65 \times 584 = 37\,960 \text{ jours}$$

Ainsi, ce cycle de 104 ans devint fondamental puisque les calendriers *tzolkin*, *haab* et celui fondé sur le cycle de Vénus coïncidaient à nouveau au bout de ce laps de temps.

Photos de nos membres



Vénus et Mercure (très basse, à droite), 4 avril 2023.

Vénus près des Pléiades, 12 avril 2023.

(Photos Michel Mathieu.)



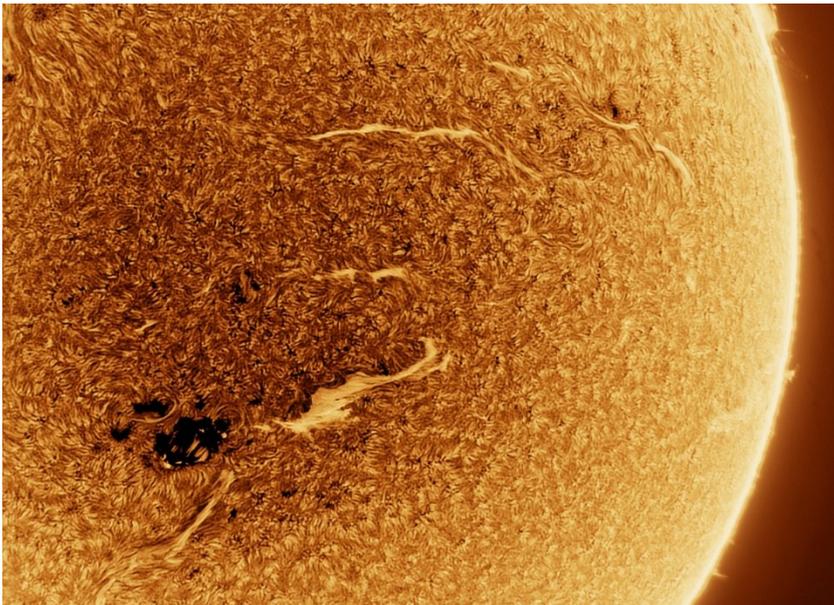


Lune et Vénus, 23 avril 2023.

(Photo Pierre Haydont.)

Lune et Vénus, 23 avril 2023.

(Photo Grégoire Chauvet.)



Activité solaire, 3 et 8 avril 2023.

(Photos Cédric Humbert.)

Lune, 5 avril 2023.

(Photo Jean-Luc Ardizio.)



Mardi 14 mars 2023

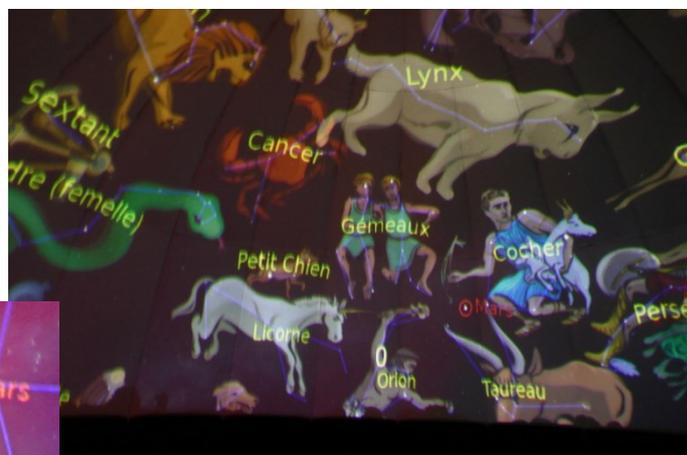
Visite d'enfants de l'Institut des jeunes sourds de La Malgrange



Un événement pas courant : accueillir des enfants sourds ou malentendants afin de leur expliquer un minimum de mécanique céleste avec des maquettes et leur montrer les principales constellations à l'aide du planétarium. C'est le défi que nous avons relevé tout au long de la matinée du 14 mars. Les trois enfants présents ont pu « avoir une idée » des mouvements des planètes et de ce qu'est le Système solaire grâce à

nos explications simples, traduites par gestes par les deux enseignantes qui les accompagnaient.

La séance de planétarium (animée par Tioga Gulon et moi-même) a également été un succès, réalisée avec un faible éclairage rouge pour que les enfants « comprennent les explications » qui leur étaient données dans ces conditions particulières.



Michel Mathieu leur a aussi proposé de découvrir notre télescope sous la coupole. Le « tour d'horizon » était complet...

Pour clôturer cette rencontre le mieux possible, il nous a semblé normal de « gâter » ces enfants en leur offrant notre fascicule *Petite Ourse*.

A n'en pas douter, cet événement hors du commun a été une réussite !

Pierre Haydont



Solutions des mots croisés

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	S	E			R		F	A	C	T	E	U	R	S	
2	P	L	A	N	E	T	A	R	I	U	M	S		E	T
3	E	U	R	O	P	E		R	E		O		A	X	E
4	C	E	R	R	E	S	C	O	L	L	I	M	A	T	E
5	T		E				O	S		I		A		A	S
6	R	E	T	R	O	G	R	A	D	A	T	I	O	N	
7	O	T	E		C	A	B		U			S	I	T	E
8	H	U	R	E		R	E		O	R	B		E		T
9	E	V	A		L	E	A	R		H	A	N		J	E
10	L	E	S	T		R	U	E	S		S	O	F	A	
11	I			R	U	A		P	O	I	S	S	O	N	S
12	O	P	T	E	R		T	E	L		O		C	V	
13	G	R	A	V	I	T	A	T	I	O	N		A	I	E
14	R	O	U	E			R	A	D		S	I	L	E	X
15	A		R		G	R	A	T	I	S		V	E	R	T
16	P	L	I	E	R	E	Z		T	U	E	R			R
17	H	Y	D	R	O	G	E	N	E		T	E		M	E
18	E	R	E		O	N	D	E		U	A		L	E	M
19	S	E	S	A	M	E		C	E	N	T	A	U	R	E

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	S	E	L		S	A	S		P	L	E	I	O	N	E
2	E	P	I		A	M	I		R	U		N	I	E	S
3	R	E	V	O	L	U	T	I	O	N		D	E	R	
4	P	E	R	M	I	S	E		M	E	D	I	S	E	S
5	E		E	B	R	E		C	O		I	E		I	C
6	N	D		R	A		M	E	N	T	O	N		D	O
7	T	U	E	E		V	A	N	T	E	R		G	E	R
8	A	N	T	L	I	A		T	O	T		B	E	E	
9	I		I	L		R	A	R	I	S	S	I	M	E	S
10	R		R	E	T	I	R	E	R		N	O	M	S	
11	E	R	E		R	A		R	E	A		E	O	N	
12		E		C	A	B	S			I	R	E		P	E
13	E	N	C	Y	C	L	O	P	E	D	I	Q	U	E	S
14	R	E	A	C	T	E	U	R		A	B	U	S		T
15	I		P	L		S		E	X			A		T	O
16	D		E	O	R		S	U		A	L	T	A	I	R
17	A	U	L	N	E		A	V	E	N	U	E		B	
18	N		L	E		M	U	E	S		L	U	C	I	A
19		C	A	S	T	O	R		T	A	U	R	E	A	U



Société Lorraine d'Astronomie

Association loi 1901

Correspondant de la Société Astronomique de France pour la Lorraine
Agréée des Associations de jeunesse et d'éducation populaire
parrainée pour ses 50 ans, en 2015, par M. André Brahic

Faculté des Sciences et Technologies – Université de Lorraine

B.P. 70239

Boulevard des Aiguillettes

54506 VANDOEUVRE LES NANCY CEDEX

Site : <https://www.astronomie54.fr>

Courriel : contact@astronomie54.fr

Liste de diffusion : astronomie54@framalistes.org



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE

Vandœuvre!

Envoi de documents pour *L'Écho d'Orion* : pierre.haydont@hotmail.fr