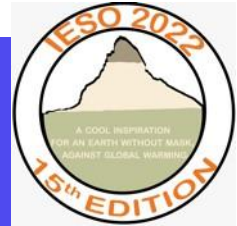


IESO 2022



15th EDITION ITALY-AOSTA HOST COUNTRY

TEST DE TRAITEMENT DE DONNÉES N.3

CODE ÉTUDIANT

LES ASTÉROÏDES : DES ROCHES DE L'ESPACE QUI ORBITENT AUTOUR DU SOLEIL

Pour des informations sur les astéroïdes, nous vous suggérons la lecture du paragraphe "Background" de l'article "Creating Asteroids" de l'astroEDU (astroedu.info/en/activities/1642/creating-asteroids/). L'astroEDU est une plateforme en accès libre qui publie des activités d'éducation scientifique évaluées par des pairs et est soutenue par l'Office of Astronomy for Education of the International Astronomical Union, avec la participation de l'EduINAF.

- 1. Parmi les centaines de milliers d'astéroïdes connus à ce jour (et en se fiant aux modèles qui indiquent qu'il en reste des millions à découvrir), quels sont les astéroïdes majoritaires ?**
 - a. Ceux de dimensions supérieures à 100 km
 - b. Ceux de dimensions entre 10 et 100 km
 - c. Ceux de dimensions entre 1 et 10 km
 - d. Ceux de dimensions inférieures à 1 km
- 2. Avec les astéroïdes, les comètes font partie de ce qu'on appelle les « petits corps ». Parmi les propositions suivantes, laquelle pointe la différence majeure entre une comète et un astéroïde ?**
 - a. Il n'y a aucune différence : les deux mots font référence au même objet, mais les astronomes de l'époque ne l'ont pas compris car leurs télescopes n'étaient pas assez puissants. Pour cette raison, ils les ont classés sous deux noms différents et nous utilisons toujours ces noms car ils sont entrés dans le langage commun, même pour les non-

spécialistes.

- b. La luminosité : les astéroïdes sont sombres et nous pouvons les voir car ils réfléchissent la lumière du Soleil, tandis que les comètes émettent leur propre lumière, exactement comme les étoiles (les comètes sont plus petites).
- c. L'orbite : les comètes orbitent autour du Soleil selon une trajectoire très allongée, parfois très proches et parfois très éloignées de notre étoile, tandis que les astéroïdes peuvent être proches ou loin du Soleil mais voyagent selon une trajectoire elliptique plus ovale voire presque circulaire.
- d. L'état physique : les comètes sont faites entièrement de gaz incandescent, et les astéroïdes sont solides et faits de roche, glace et métaux dans des proportions différentes selon le type d'astéroïde.

3. Les astéroïdes sont retrouvés dans certaines régions spécifiques du Système Solaire. Où ?

- a. La ceinture principale
- b. Le nuage d'Oort
- c. En orbite géostationnaire
- d. Dans les ceintures de Van Allen

Jusqu'ici, tout se passe bien. Nous allons maintenant nous intéresser à un astéroïde particulier appelé (8558) Hack. Pourquoi ? Car il porte le nom de la célèbre astronome italienne Margherita Hack (1922-2013), dont le 100^{ème} anniversaire aurait été célébré cette année. Elle est la première femme à avoir dirigé un observatoire astronomique en Italie, à Trieste, et a fait d'importantes découvertes dans le domaine de l'étude spectroscopique des étoiles de la Voie Lactée. Elle est connue en Italie en tant que vulgarisatrice en astronomie. En l'honneur de sa carrière scientifique, l'International Astronomical Union lui a dédié un astéroïde.

Nous vous proposons quelques calculs simples concernant l'astéroïde (8558) Hack. Pour répondre aux questions, nous vous invitons à consulter le site In-The-Sky.org. Il s'agit d'un guide interactif en ligne qui permet de comprendre ce qui est observable dans le ciel et de récupérer les informations de différentes banques de données scientifiques, le tout avec une interface simple à utiliser même par les non-experts. Ce site est développé et géré par l'astronome Dominic Ford, chercheur à l'Institut d'Astronomie de l'Université de Cambridge, au Royaume-Uni.

Cliquez sur « Search site... » dans le coin supérieur droit de la page d'accueil. Sélectionnez la catégorie appropriée (est-ce une constellation, un objet céleste, un vaisseau spatial ?). Entrez le nom de l'astéroïde, pressez le bouton bleu « Search », et cliquez sur le résultat. Et voilà !

Sur la page dédiée à l'astéroïde (8558) Hack vous pouvez trouver des données sur ses propriétés astronomiques et physiques telles que sa position, sa période orbitale, etc. Vous trouverez également des liens vers la carte du ciel avec la localisation de l'astéroïde dans le ciel depuis une localisation précise, à un moment précis (*finder-chart*) ; vers le schéma interactif de l'orbite de l'astéroïde autour du Soleil (*orbit diagram*) ; et vers les coordonnées célestes pour observer l'astéroïde depuis un endroit et à un moment précis (*ephemeris*). Vous êtes maintenant prêt à répondre aux questions.

4. Souvenez-vous de la question 3 et du paragraphe sur l'astroEDU. Où pensez-vous que l'astéroïde (8558) Hack soit situé dans le Système Solaire ?
- La ceinture principale
 - Le nuage d'Oort
 - En orbite géostationnaire
 - Dans les ceintures de Van Allen
5. Les astéroïdes orbitent autour du Soleil grâce à la gravité de notre étoile. Mais lorsqu'ils se déplacent dans l'espace, ils sont également affectés par la gravité d'autres corps du Système Solaire, tels que les planètes. En vous basant sur votre réponse à la question précédente, quelle est la planète géante qui a la plus grande influence gravitationnelle sur le mouvement de l'astéroïde (8558) Hack ?
- Jupiter
 - Saturne
 - Uranus
 - Neptune
6. L'astronome français François Félix Tisserand, qui a vécu au 19^{ème} siècle, a développé une formule qui permet de décrire l'influence de l'attraction gravitationnelle d'une planète donnée sur l'orbite d'un astéroïde. Devinez quoi, elle porte de nom de... paramètre de Tisserand ! Voici sa formule :

$$T_P = \frac{a_P}{a} + 2 \cos i \sqrt{\frac{a}{a_P} (1 - e^2)}$$

avec a le demi-grand axe de l'orbite de l'astéroïde autour du Soleil ; a_p le demi-grand axe de l'orbite autour de Soleil de la planète à laquelle on s'intéresse ; e l'excentricité de l'orbite de l'astéroïde (i.e. à quel point elle s'éloigne d'un cercle) ; et i l'inclinaison de l'orbite de l'astéroïde par rapport au plan de l'écliptique (i.e. le plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil).

Calculons le paramètre de Tisserand pour l'astéroïde (8558) Hack ! Trouvez sur le site In-The-Sky.org les valeurs a et e pour l'astéroïde, et a_p pour la planète. Quelle planète ? Celle que vous avez trouvée en question 5. Le cosinus est une fonction trigonométrique. Vous n'avez pas besoin de la connaître, car ici nous considérerons que $\cos i = 1$. Facile ! En utilisant votre calculatrice, calculez le paramètre de Tisserand et écrivez votre réponse ci-dessous.

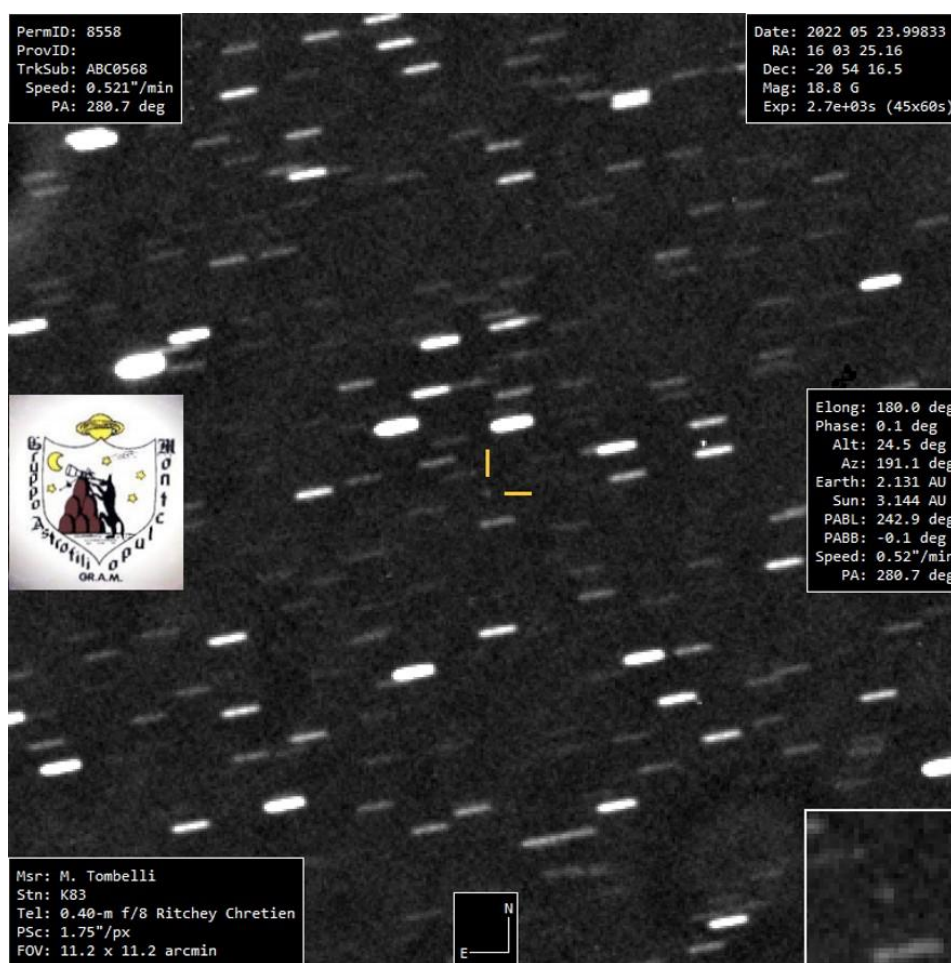
.....

En 2022, l'astéroïde (8558) Hack a été visible depuis la Terre au printemps, qui se trouve par une heureuse coïncidence être juste avant la date anniversaire de la naissance de Margherita Hack (le 12 juin). À cette occasion, l'EduINAF, l'OAVdA, l'Unione Astrofili Italiani et l'AstroTeam Le Pleiadi ont créé un concours, invitant les astronomes professionnels et amateurs à prendre des photos de l'astéroïde. Bien que (8558) Hack soit environ de la taille du Mont Blanc et du Cervin réunis (deux

des plus hautes montagnes de la Vallée d'Aoste, Alpes... et d'Europe), il est tellement éloigné que même avec de puissants télescopes il apparaît sous la forme d'un petit point. Cependant, plusieurs images ont été acquises, et nous allons en analyser certaines.

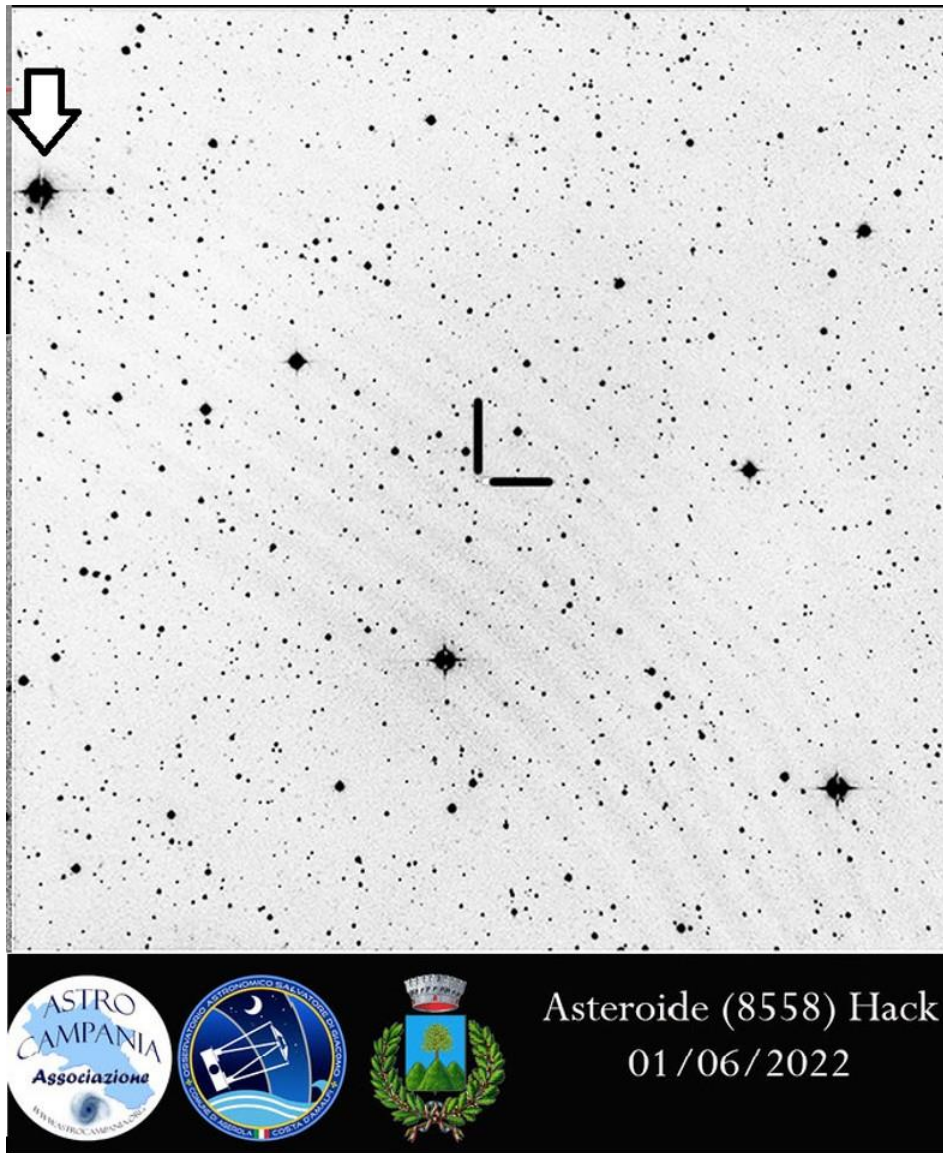
7. La première photo a été prise par le Gruppo Astrofili Montepulciano, en Toscane, Italie centrale, dans la nuit du 23 au 24 mai. L'astéroïde est au centre de l'image, indiqué par les deux lignes jaunes. Les lignes blanches sont des étoiles ! Elles n'apparaissent pas sous forme de points car...

- a. La mise au point n'a pas été faite ; ce n'est pas facile de prendre ce genre de photo.
- b. La caméra est centrée sur l'astéroïde, qui bouge par rapport aux étoiles dans le fond, ce qui les rend allongées.
- c. La photo a été prise pendant une pluie d'étoiles filantes, faites un vœu !
- d. Toutes les étoiles émettent du gaz et perdent de la masse dans l'espace : le phénomène n'est pas visible à l'œil nu mais est clairement visible sur l'image.



8. La seconde photo a été prise par l'équipe de recherche de l'AstroCampania Association (sud de l'Italie). La photo est en négatif, i.e. en couleurs inversées : la nuit apparaît claire, et les corps célestes apparaissent foncés. L'astéroïde correspond toujours au point indiqué par les deux lignes au centre de l'image. Quel est le nom de l'étoile en haut à gauche, indiquée par la flèche ? Découvrons-le en utilisant la *finder-chart* de (8558) Hack sur le site In-The-Sky.org.

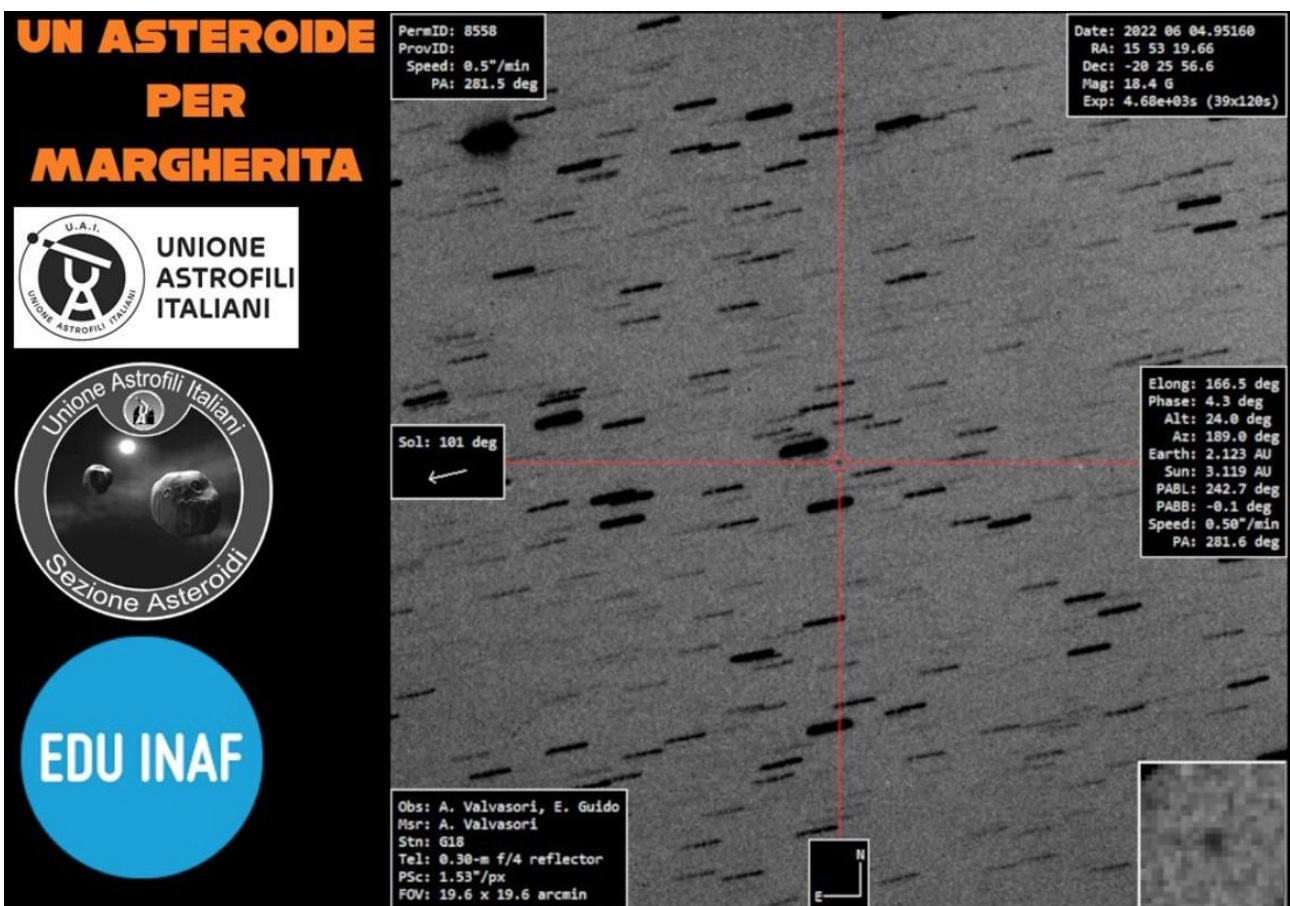
La photo a été prise près de Naples le 1^{er} juin 2022, juste avant minuit. Pour commencer, sélectionnez la localisation. Produisez les « chartes interactives » (pas les « downloadable charts ») et vérifiez le mouvement de l'astéroïde sur une semaine. Zoomez au maximum via la barre « Field of view ». Observez ensuite la photo ci-dessous et identifiez les étoiles les plus lumineuses : ce sont celles pour lesquelles de petits pics sont visibles (ils n'existent pas dans la réalité : ils sont produits par le système de capture d'image de l'appareil photo). Cherchez maintenant la même organisation d'étoiles sur la carte interactive, où elles sont représentées par des cercles (plus le cercle est grand, plus l'étoile est brillante). Cliquez sur l'étoile que vous pensez correspondre à la photo pour afficher son nom.



.....

9. La troisième photo a été prise depuis l'Observatoire ALMO près de Bologne (Italie centrale), dans la nuit du 4 au 5 juin 2022. L'astéroïde est à nouveau au centre de l'image. Dans le coin supérieur droit, vous pouvez lire ses coordonnées célestes au moment de la photo : son ascension droite (right ascension, RA) et sa déclinaison (declination, DEC). La première indique la position le long de l'équateur céleste, et la seconde la hauteur entre l'équateur céleste et les pôles (positive vers le pôle nord, négative vers le pôle sud).

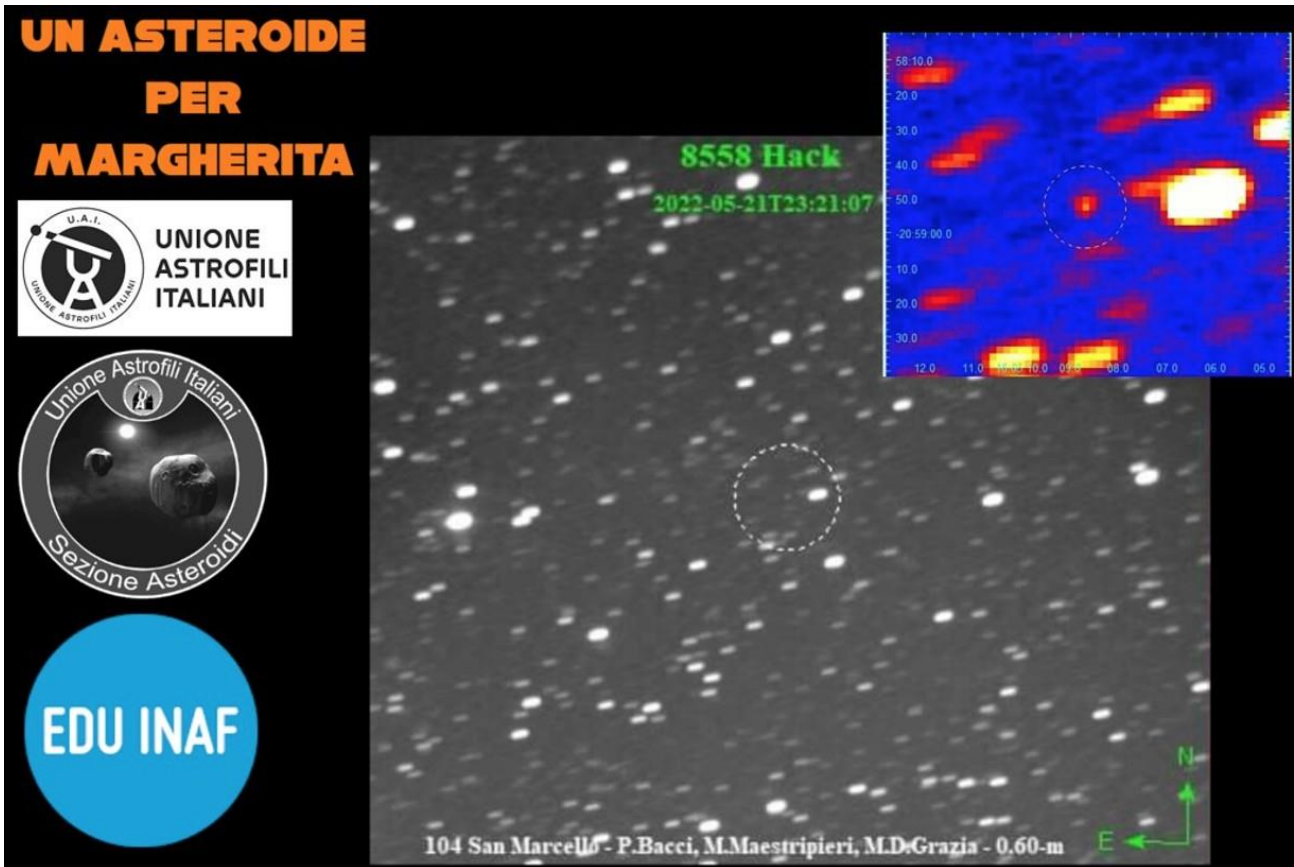
Utilisez l'interface du site In-The-Sky.org pour calculer les éphémérides de l'astéroïde (8558) Hack et en déduire son ascension droite et sa déclinaison à 00:00 UTC (pas à notre heure locale !) aujourd'hui, le 26 août 2022. **Par rapport à la valeur sur la photo ci-dessous, de combien l'astéroïde a bougé ? Vous exprimerez l'ascension droite en heures, minutes et secondes et la déclinaison en degrés sexagésimaux, minutes, secondes.**



10. La quatrième photo a été prise par le Gruppo Astrofili della Montagna Pistoiese, près de Pistoia, Toscane (Italie centrale), dans la nuit du 21 au 22 mai 2022. L'astéroïde (8558) Hack correspond au petit point au centre du cercle. L'astéroïde n'a pas de lumière propre : nous le voyons parce qu'il est illuminé par le Soleil. La vitesse de la lumière dans le vide est d'environ un milliard de km/h. C'est une valeur énorme, mais elle n'est pas infinie ! Ainsi, la lumière met du temps à voyager dans l'espace. **Combien de temps a mis un rayon de lumière du Soleil pour atteindre l'astéroïde, être réfléchi à sa surface, et atteindre la Terre pour être pris en photo ? Est-ce de l'ordre du jour, de l'heure, de la minute ?**

Utilisez l'interface « Ephemerides » du site In-The-Sky.org pour obtenir cette information, en fixant la localisation à Pistoia et l'heure à 00:00 UTC le 21 mai. On considérera que la vitesse de la lumière est de $c = 299\,792\,458$ m/s et la valeur d'une unité astronomique de $1\text{ AU} = 149\,597\,870\,700$ m. On suppose que les trois corps considérés (le Soleil, l'astéroïde, la Terre) sont stationnaires pendant le voyage de la lumière. On attend une réponse arrondie à deux chiffres après la virgule (deux décimales).

.....
 Voir aussi le site <https://www.convertunits.com/from/au/to/light+minute>.



11. Retournez maintenant à la page contenant les informations astronomiques sur l'astéroïde. Sélectionnez la date d'aujourd'hui, le 26 août 2022. **Vers quelle constellation devra-t-on tourner le télescope pour observer (8558) Hack ce soir ?** Remarque : l'astéroïde est dans le Système Solaire, mais les étoiles formant les constellations sont beaucoup plus lointaines, c'est seulement une affaire de perspective !

.....

12. Notez maintenant dans quelles constellations l'astéroïde semble localisé le 26 de chaque mois de cette année (plusieurs réponses correctes).

.....

13. Qu'ont en commun toutes ces constellations astronomiques ?

- a. Elles appartiennent uniquement à l'hémisphère sud de la sphère céleste.
- b. Elles appartiennent uniquement à l'hémisphère nord de la sphère céleste.
- c. Elles portent le nom de bêtes, à la fois réelles et fantastiques.
- d. Ce sont des constellations du zodiac, c'est-à-dire des constellations par lesquelles passe le plan de l'écliptique.

14. Quel paramètre listé dans la table des éléments orbitaux de (8558) Hack, que vous pouvez consulter sur le site In-The-Sky.org, vous permet d'affirmer que depuis la Terre nous ne pourrions JAMAIS voir l'astéroïde devant les constellations de la Grand Ourse et de la Croix du Sud ?

.....

Pour conclure ce test, voici quelques questions concernant les propriétés physiques de (8558) Hack.

15. Aucun vaisseau spatial n'a jamais visité l'astéroïde de près. Cependant, sa forme est probablement...

- a. ... longue et étroite comme un cigare
- b. ... ronde et pleine comme une balle
- c. ... irrégulière comme une pierre
- d. ... ronde avec un trou au centre comme un donut

16. Expliquez votre réponse à la question 15. La forme est probablement...

- a. ... ronde et pleine car les collisions avec d'autres astéroïdes pendant des milliards d'années ont poli ses angles
- b. ... irrégulière car sa masse n'est pas suffisante pour acquérir une forme ronde due à la gravité
- c. ... ronde avec un trou au centre car les collisions avec d'autres astéroïdes pendant des milliards d'années ont creusé des cratères de plus en plus profonds, formant le trou central
- d. ... longue et étroite car elle est sculptée par le vent solaire, comme la queue des comètes

La dernière question est un peu effrayante. Dans de nombreux films, la trajectoire des astéroïdes croise celle de la Terre, résultant en une collision. C'est en réalité improbable, mais pas impossible. Les astéroïdes potentiellement menaçants pour notre planète sont appelés des astéroïdes géocroiseurs (Near-Earth Asteroids, NEAs). On classe les NEAs en trois catégories majeures :

- les astéroïdes Aton, dont le demi-grand axe est de moins de 1 AU et dont aphélie (la distance maximale au Soleil atteinte par l'astéroïde) est supérieure à 0,983 AU (le périhélie de la Terre) ;
- les astéroïdes Apollon, dont le demi-grand axe est supérieur à 1 AU et dont le périhélie (la distance minimale au Soleil atteinte par l'astéroïde) est inférieure à 1,017 AU (l'aphélie de la Terre) ;

- les astéroïdes Amor, dont le demi-grand axe est supérieur à 1 AU et dont le périhélie est entre 1,017 AU et 1,3 AU (i.e. légèrement dans l'orbite de Mars).

Les trois groupes ensemble sont appelés les AAAs.

17. À quelle catégorie de NEAs appartient (8558) Hack ? Si vous n'êtes pas sûr, vérifiez les données de son orbite sur la page dédiée de In-The-Sky.org.

- a. Aton
- b. Apollon
- c. Amor
- d. Aucun, ce n'est pas un NEA

Merci d'être arrivé jusqu'ici avec nous, et d'avoir voyagé à travers l'espace avec l'astéroïde (8558) Hack ! Pour en savoir plus sur l'astronome italienne Margherita Hack, vous pouvez visiter sa page Wikipedia : https://en.wikipedia.org/wiki/Margherita_Hack

Le test d'astronomie de l'épreuve Traitement de données pour les IESO 2022 a été développé par des chercheurs en collaboration entre l'Astronomical Observatory de la Vallée d'Aoste (OAVdA), sous la supervision de Fondazione Clément Fillietroz-ONLUS, et en particulier Dr. Andrea Bernagozzi, et le National Institute of Astrophysics (INAF), en particulier Dr. Marco Castellani et Dr. Davide Perna de l'INAF-Astronomical Observatory de Rome. Marco Castellani est également membre du comité éditorial d'EduINAF, le magazine en ligne de vulgarisation et d'éducation de l'INAF.