دور الفلك التشاركي في رصد الاحتجابات النجمية من قِبل الكويكبات

جوناي بابا عيسى
باحث، مركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والفيزياء الأرضية
baba.aissa.djounai@gmail.com

يُعتبر رصد الاحتجابات النجمية من قِبل الكويكبات من التقنيات الفلكية المهمة التي تُوفّر معلومات دقيقة حول أبعاد وشكل الكويكبات، فضلًا عن إمكانية كشف أقمار صغيرة تابعة لها أو حلقات أو أغلفة جوية. تتيح هذه الظاهرة قياسات عالية الدقة، تتجاوز في دقتها تلك التي توفرها التلسكوبات الأرضية. ويساعد تحليل هذه الاحتجابات على تحسين معرفة مدارات الكويكبات وفهم تركيبتها الفيزيائية. يعتمد نجاح هذه الملاحظات الفلكية على التعاون بين المراصد الفلكية المحترفة والهواة في إطار ما يُعرف بالفلك التشاركي، حيث تساهم شبكات الرصد الوطنية أو الدولية في جمع بيانات الرصد من عدة أماكن مختلفة على طول الشريط الجغرافي الذي يمثل ظل الاحتجاب، مما يزيد من دقة النتائج.

يهدف هذا المقال إلى تسليط الضوء على أهمية هذه الأرصاد ودور الفلك التشاركي في الجزائر في تحسين فهمنا لمدارات هذه الأجرام السماوية الصغيرة وخصائصها الفيزيائية بشكل محكم، حيث يساهم الفلكيون المحترفون والهواة بشكل فعّال في هذا المجال. ونظرًا إلى أن الكويكبات تُعتبر بقايا نشأة النظام الشمسي، فإن دراستها عبر رصد الاحتجابات النجمية توفر معلومات قيّمة حول تطوره، كما تساعد في كشف أسرار تكوينها.

1. المقدمة

تُعتبر الاحتجابات النجمية الناجمة عن الكويكبات من الظواهر الفلكية التي تُوفّر فرصة استثنائية لدراسة هذه الأجرام الصغيرة بدقة كبيرة، كما تقدّم معلومات مهمة عن خصائصها، مثل قطرها وشكلها وحتى تركيبتها الداخلية. يعتمد علماء الفلك على شبكات رصد موزعة حول العالم لتسجيل هذه الاحتجابات، مما يتيح إعادة بناء التفاصيل الدقيقة للكويكبات ورسم خرائط لها. على سبيل المثال، يحدث في كل عام ما بين 3 إلى 5 احتجابات نجمية للكويكبات، يمكن رصدها بسهولة من قِبل هواة علم الفلك في الجزائر، وذلك باستخدام أجهزة رصد صغيرة (تلسكوب بقطر 115 مم أو تلسكوب 90 مم أو حتى 60 مم)، وهي متوفرة على نطاق واسع في معظم مؤسسات الشباب والجمعيات والنوادي الفلكية.

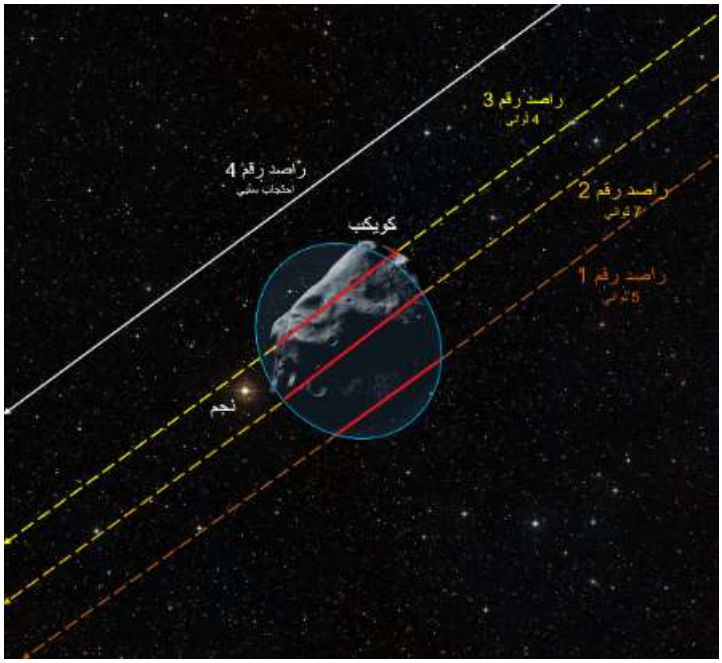
2. تعريف الاحتجاجات النجمية الناجمة عن الكويكبات

بشكل عام، تحدث ظاهرة الاحتجاب عندما يحجب جرمٌ سماويٌ جرمًا آخرًا، كما هو الحال في ظاهرة الخسوف، أو عندما يحجب القمر نجومًا أثناء حركته في القبة السماوية. أما ظاهرة الاحتجاب النجمي الناجم عن الكويكبات، فهي ظاهرة فلكية تحدث عندما يمر كويكب أمام نجم في السماء، فيحجبه لمدة وجيزة. وتوضح الصورة 1 أدناه شرح ظاهرة احتجاب الكويكب.

هذا الحدث ليس نادرًا، بل هو واسع الانتشار، فطالما أن هناك عددًا هائلًا من النجوم والكويكبات في القبة السماوية، فإن احتمال حدوث الاحتجاب يكون كبيرًا جدًا، لدرجة أنه يمكننا التحدث عن العشرات أو أكثر يوميًا. من المثير للاهتمام ملاحظة أن غالبية هذه الاحتجاجات لا يمكن رصدها إلّا باستخدام تلسكوبات كبيرة، باستثناء حالات نادرة جدًا تكون فيها النجوم شديدة اللمعان ومرئية بالعين المجردة. وهذا ما حدث بالفعل يوم الخميس 20 مارس 2014، حيث حُجب النجم اللامع نجم المليك في كوكبة الأسد من قِبل الكويكب 163 إريغون، وقد رُصد في الولايات المتحدة وكندا. كما

وقع احتجاب نادر للغاية يوم الثلاثاء 12 ديسمبر 2023، حيث حُجب النجم اللامع منكب الجوزاء في كوكبة الجبار من قِبل الكويكب 390 ليبونا، وقد رُصد في فلوريدا والبرتغال وإسبانيا وإيطاليا واليونان وتركيا وأذربيجان. تجدر الإشارة إلى أن فريقًا جزائريًا مكوّنًا من ستة أفراد توجّه لرصد هذا الحدث الفلكي الكبير في جنوب إسبانيا، حيث قاموا بتوثيقه من خلال تسجيل ستة مقاطع فيديو إيجابية.

يسمح رصد ظاهرة الاحتجاب بقياس الأبعاد الفيزيائية للكويكب من خلال رسم خطوطه العريضة. ولكن يجب أن تُأخذ القياسات من المواقع الجغرافية المختلفة التي تقع على شريط الاحتجاب لتحديد شكله. كما يمكن أن تساعد تقنية القياسات المأخوذة في تحديد مسافة النجم المحجوب أو اكتشاف نجم ثنائي أو قمر يدور حول ذلك الكويكب، أو حتى رصد حلقات محتملة تحيط به.



الصورة 1: تمثيل محاكاة ظاهرة الاحتجاب النجمي من قِبل كويكب

3. الأساليب التقنية لرصد الاحتجابات النجمية بواسطة الكويكبات

تعتمد طرق رصد الاحتجابات النجمية الناجمة عن الكويكبات على تقنيات دقيقة تشمل تلسكوبات أرضية على ارتكازات استوائية، مزودة بمحركات ومجهزة بكاميرات سريعة الاستجابة لتسجيل التغيّرات الزمنية في سطوع النجم. تُستخدم حساسات ضوئية CMOS أو CCD لالتقاط البيانات بدقة ميلي ثانية قوسية، مع الاعتماد على توقيتات GPS متزامنة لضمان دقة القياسات الزمنية. كما تُطبَّق تقنيات تحليل الضوء المنخفض لاستخراج منحنيات السطوع وتحديد خصائص الكويكب. تُنسَّق عمليات الرصد عبر شبكات الفلك التشاركي لضمان تغطية جغرافية واسعة وزيادة دقة النتائج النهائية.

4. أهمية رصد الاحتجابات النجمية

تُعدّ الاحتجابات النجمية وسيلة فعالة لدراسة الكويكبات بطرق غير متاحة عبر المراصد التقليدية. فمن خلال تحليل مدة الاحتجاب والتغيرات الطفيفة في سطوع النجم، يمكن تحديد قطر الكويكب وشكله بدقة تصل إلى مئات الأمتار. كما تُوفّر هذه الأرصاد بيانات عن طبيعة السطح والعناصر التي قد تكون مرافقة له، مثل الأقمار أو الحلقات غير المكتشفة سابقًا.

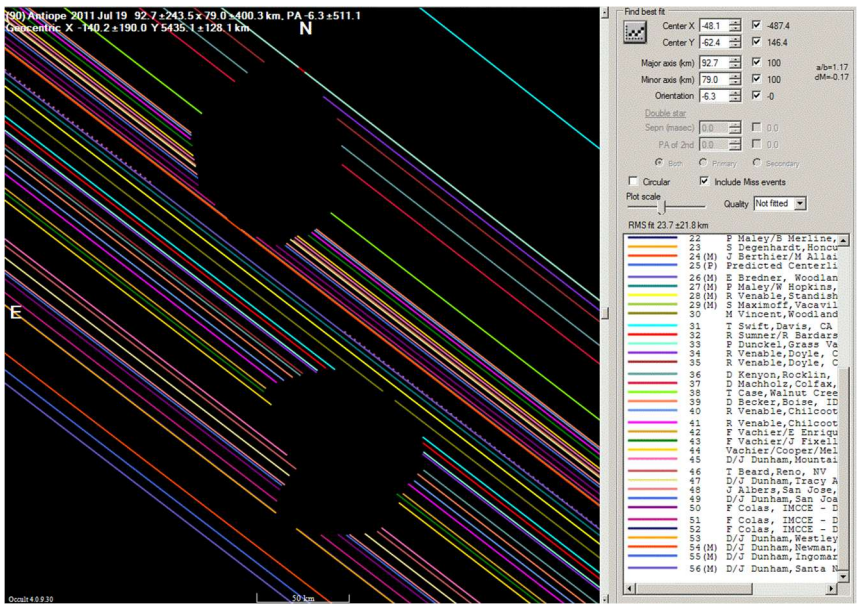
5. دور الاحتجابات في تحسين مدارات الكويكبات

تلعب الاحتجابات النجمية دورًا مهمًا في تحسين دقة مدارات الكويكبات من خلال قياس توقيت وموقع مرورها أمام النجوم البعيدة. عندما يحجب كويكبٌ ضوء نجم لفترة وجيزة، يمكن للفلكيين تحديد موقعه بدقة فائقة، مما يساعد في تصحيح وتحديث مداره بدقة أعلى من تلك التي توفرها الطرق التقليدية. تُستخدم هذه البيانات لتحسين النماذج المدارية، خاصة للكويكبات التي تعبر مدار (NEOs)، مما يُسهّل التنبؤ بمساراتها المستقبلية وتقليل هامش الخطأ في حساباتها. كما تتيح هذه التقنية دراسة تأثيرات مثل تأثير ياركوفيسكي، الذي يؤثر على حركة الكويكبات بسبب الإشعاع الحراري. وبفضل التعاون الدولي والفلك التشاركي، يتم تسجيل الاحتجابات من مواقع متعددة، مما يُعزّز دقة النتائج ويُساهم في تحسين فهمنا لحركة هذه الأجرام في الفضاء.

6. دور الاحتجابات في دراسة الأقمار الصغيرة للكويكبات

تُساهم الاحتجابات النجمية في اكتشاف ودراسة الأقمار الصغيرة التي تدور حول الكويكبات، حيث يمكن أن يؤدي وجود قمر إلى احتجاب إضافي قصير في ضوء النجم المستهدف، مما يشير إلى وجود جسم مرافق للكويكب الرئيسي. ومن خلال تحليل هذه البيانات، يمكن تحديد حجم القمر، ومداره، والمسافة الفاصلة بينه وبين الكويكب. لقد ساعدت هذه التقنية في اكتشاف عدة أقمار تابعة لكويكبات، مما يُساهم في فهم كيفية تشكل هذه الأنظمة الثنائية أو المتعددة.

على سبيل المثال، في سنة 1998، تم رصد احتجاب الكويكب 45 يوجينيا مما أدى إلى اكتشاف قمر يدور حوله، ليكون من أوائل الأقمار المكتشفة حول الكويكبات بهذه التقنية. وفي سنة 2000، تم اكتشاف القمر المرافق للكويكب 90 أنتيوب، مما ساعد في تحديد مداره وتحليل خصائصه الفيزيائية، كما يظهر في الصورة 2. بعد ذلك، وفي سنة 2001، تم دراسة القمر التابع للكويكب87 سيلفيا، حيث ساهم هذا الاكتشاف في فهم طبيعة الأنظمة الثنائية في حزام الكويكبات. وفي العام ذاته، تم تحليل القمر حول الكويكب617 باتروكلوس، حيث تبيَّن أنه يشكل نظامًا ثنائيًا مع كويكب آخر. تعكس هذه الاكتشافات الدور الحيوي للاحتجابات النجمية في دراسة الكويكبات وتحسين فهمنا لتكوين النظام الشمسي وتطوره.



الصورة 2: شكل الاحتجاب للكويكب الثنائي 90 أنتيوب كما تم رصده في 19 جويلية 2011 في الولايات المتحدة الأمريكية

7. دور الاحتجابات في دراسة حلقات الكويكبات

تُعدّ الاحتجابات النجمية من قِبل الكويكبات أداة قوية للكشف عن احتمال وجود حلقات محيطة ببعض هذه الأجسام الصغيرة، حيث يمكن أن تُظهر تغيّرات طفيفة في سطوع النجم قبل أو بعد الاحتجاب الرئيسي، مما يدل على وجود مادة محيطة بالكويكب. وقد استخدمت هذه التقنية لاكتشاف حلقات حول بعض الكويكبات الكبيرة مثل:

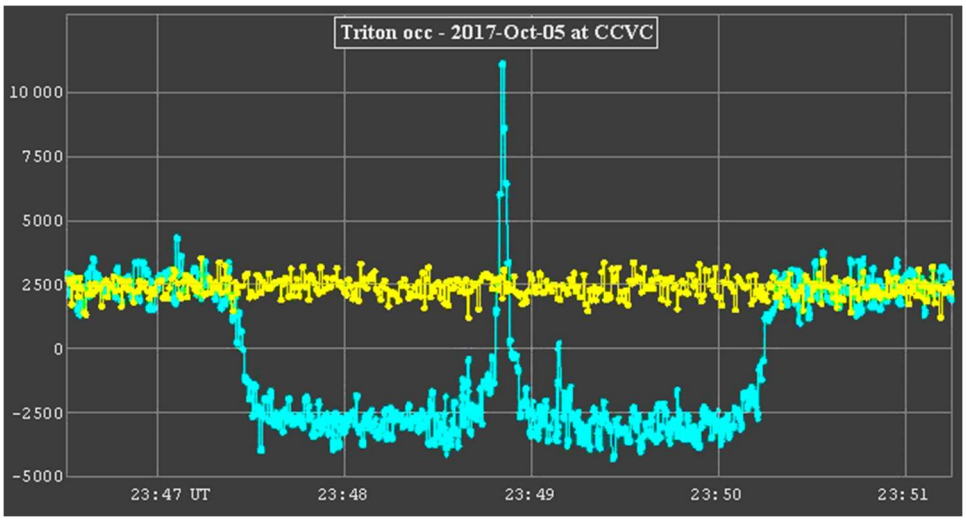
- 10199 شاريكلو سنة 2014،
- 2060 كايرون سنة 2015،
- 136108 هوميا سنة 2017،
- 50000 كواور سنة 2023.

مما يؤكد أن الحلقات ليست حصرية للكواكب العملاقة فقط. يُمكن لتحليل هذه الاحتجابات تحديد تركيب الحلقات، وعرضها، وكثافتها، مما يساعد في فهم آليات تشكّلها واستقرارها على المدى الطويل.

8. استخدام الاحتجابات لدراسة الأغلفة الجوية للكويكبات

بعض الأجرام، مثل بلوتو والقمر تيتان التابع لكوكب زحل والقمر تريتون التابع لكوكب نبتون، تمتلك أغلفة جوية يمكن دراستها عبر تحليل كيفية تغيّر ضوء النجم أثناء الاحتجاب. ومن خلال رصد هذه التغيرات، يمكن استنتاج معلومات عن كثافة وتركيب الغلاف الجوي، مما يُساهم في فهم العمليات الجيولوجية والكيميائية لهذه الأجرام.

على سبيل المثال، تُظهر الصورة 3 شكل منحنى الضوء الأزرق الذي تم الحصول عليه أثناء الاحتجاب النجمي بواسطة تريتون في 5 أكتوبر 2017، مقارنةً بمنحنى نجم آخر باللون الأصفر، مما يكشف عن أثر غلافه الجوي.



الصورة 3: منحنى الضوء للاحتجاب النجمي من طرف القمر تريتون في 5 أكتوبر 2017، مُظهرًا أثر غلافه الجوي

9. مساهمة الفلكيين الهواة في رصد الاحتجابات

يلعب الفلكيون الهواة عمومًا، والجزائريون خصوصًا، دورًا مهمًا في رصد الاحتجابات النجمية الناتجة عن مرور الكويكبات أمام النجوم، حيث ساهموا خلال السنوات الأخيرة في تسجيل العديد من الأرصاد الفلكية الإيجابية، مما ساعد في تحسين دقة القياسات العلمية.

شهدت مشاركات الفلكيين الجزائريين تزايدًا ملحوظًا في حملات الرصد الوطنية والدولية، مما مكّن من توفير بيانات دقيقة حول مدارات الكويكبات وأحجامها. وباستخدام تلسكوبات متوسطة الحجم وكاميرات متطورة، تمكّن الهواة

الجزائريون من تسجيل احتجابات نجمية نادرة ساهمت في اكتشاف خصائص جديدة لبعض الكويكبات. كما أن الانتشار الجغرافي للأرصاد في الجزائر يُوفّر تغطية مميزة لبعض الاحتجابات التي لا يمكن رصدها في مناطق أخرى.

تتعاون الجمعيات الفلكية الجزائرية مع مركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والفيزياء الأرضية (CRAAG) بالجزائر لتنسيق عمليات الرصد، مما يُعزّز الفلك التشاركي في البلاد. وبفضل هذه الجهود، أصبحت الجزائر من الدول النشطة في هذا المجال، حيث تساهم بيانات الفلكيين الهواة في تحسين النماذج المدارية للأجرام السماوية، ودراسة أغلفتها الجوية، مما يعكس الدور المتنامي للجزائر في الأبحاث الفلكية العالمية.

في ليلة 24 أكتوبر 2020، سُجّلت مشاركة قياسية بلغت 120 فلكيًا هاويًا من جميع أنحاء الجزائر، مستخدمين 54 تلسكوبًا لرصد الاحتجاب النجمي من قِبل الكويكب 1171 روستافيليا. جاء هذا الحدث ضمن فعاليات الملتقى الوطني التاسع للاحتجابات، الذي أُقيم بمدينة الأغواط في الفترة بين 22 إلى 25 أكتوبر 2020، بتنظيم مشترك بين مركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والفيزياء الأرضية، ومديرية الشباب والرياضة لولاية الأغواط، وجمعية سهيل لعلم الفلك بالأغواط، وديوان مؤسسات الشباب لولاية الأغواط، والمعهد الوطني لتكوين موظفي قطاع التربية الوطنية لولاية الأغواط، ورابطة الأنشطة العلمية والثقافية لولاية الأغواط، ومركز التميز للتكوين واللغات والاستشارات لولاية الأغواط. كانت نتائج الرصد إيجابية، حيث تم تسجيل رصدين إيجابيين مقابل 28 رصدًا سلبيًا. وتُظهر الصورة 4 المشاركين وأجهزة الرصد الفلكية المستخدمة خلال هذا الملتقى.

جدير بالذكر أنه منذ عام 2016، نظّم مركز البحث في علم الفلك والفيزياء الفلكية والفيزياء الأرضية ببوزريعة (الجزائر العاصمة)، بالتعاون مع الفلكيين الهواة، 12 ملتقى وطنيًا لرصد الاحتجابات النجمية، بالإضافة إلى ملتقى دولي واحد.

الصورة 4: صورة للمشاركين مع التلسكوبات في الملتقى الوطني التاسع حول الاحتجابات، بمدينة الأغواط

10. دور منظمة IOTA في علم الفلك التشاركي في مجال رصد الاحتجابات

تُعدّ الرابطة الدولية لتوقيت الاحتجابات (IOTA) منظمة عالمية متخصصة في رصد وتحليل الاحتجابات النجمية التي تسببها الكويكبات والأجرام السماوية الأخرى. تعمل IOTA على تنسيق جهود الفلكيين المحترفين والهواة لجمع بيانات دقيقة تُستخدم في تحسين حسابات مدارات الكويكبات، ودراسة أقطارها، وحتى اكتشاف الأقمار أو الحلقات المحيطة بها. كما تتعاون المنظمة بشكل وثيق مع مركز الكواكب الصغيرة (MPC) التابع لوكالة ناسا (NASA) والاتحاد الفلكي الدولي (IAU) لضمان دقة البيانات الفلكية. بفضل هذه الجهود، تساهم IOTA في توسيع فهمنا للنظام الشمسي وتطوير النماذج المدارية للأجرام السماوية.

انضمّت الجزائر رسميًا إلى الرابطة الدولية لتوقيت الاحتجابات (IOTA) منذ عام 2014، حيث لعبت دورًا مهمًا في مجال رصد الاحتجابات النجمية. وساهم الفلكيون الجزائريون، إلى جانب الهواة، بشكل كبير في جمع البيانات الدقيقة وتحليلها، مما عزز الأبحاث الفلكية المتعلقة بالكويكبات ومداراتها. بفضل هذه الجهود، أصبحت الجزائر واحدة من الدول الفاعلة في هذا المجال على المستوى الدولي، والأولى على المستويين العربي والإفريقي.

11. مشاركة جزائرية لرصد احتجاب النجم منكب الجوزاء بإسبانيا

في 12 ديسمبر 2023 على الساعة 01:15 بالتوقيت العالمي، وقع حدث فلكي نادر للغاية حيث حُجب النجم اللامع منكب الجوزاء في كوكبة الجبار من طرف الكويكب (319) ليونا على طول شريط ضيق يمر عبر المحيط الأطلسي، وإسبانيا والبحر الأبيض المتوسط وإيطاليا واليونان وتركيا. وكانت إسبانيا أفضل مكان لرصد هذه الظاهرة الفلكية بسبب أحوالها الجوية الملائمة للغاية مقارنة بالدول الأخرى. لقد حشد المجتمع الفلكي الدولي جهوده من أجل هذا الاحتجاب الاستثنائي. انتشرت العشرات من فرق الراصدين من جنسيات متعددة عبر شريط الاحتجاب لجمع أكبر قدر ممكن من البيانات. ولهذا الغرض، تم تشكيل فريق جزائري مكوّن من كاتب هذا المقال، ورضا لسود (من الجمعية الجزائرية للشباب هواة علم الفلك)، وهشام ريان وساسي لزهري (من الجمعية سهيل الفلكية بالأغواط)، ومحمد لمين عليق (من جمعية سيريوس لهواة الفلك ببجاية) والهادي سفر رملي (من نادي البيروني لعلم الفلك بدار الشباب المرادية - الجزائر العاصمة) حيث نزلوا بمدينة أليكانتي (إسبانيا) لرصد احتجاب هذا النجم العملاق الأحمر. وتمثل الصورة 5 الفريق الجزائري في مكان الرصد.

لا يعتبر النجم منكب الجوزاء مصدرًا نقطيًا للضوء مثل بعض النجوم بل له قطر ظاهري لأنه قريب جدًا منا (460 سنة ضوئية) حيث يبلغ قطره 800 مليون كيلومتر (أكثر من 570 مرة قطر الشمس)!

الكويكب ليونا الذي حجب هذا النجم له نفس القطر الظاهري تقريبًا (حوالي 50 ميلي ثانية قوسية)، لذلك ظهر هذا الاحتجاب على شكل كسوف حلقي بدلاً من احتجاب كلي للنجم. وأدى ذلك إلى انخفاض ملحوظ ومؤقت لضوء النجم حيث استمر بضع ثوان. ويعدّ هذا الاحتجاب فرصة فريدة لدراسة الطبقات الخارجية لهذا النجم في نهاية حياته.

استخدم الراصدون الجزائريون ست كاميرات على حوامل ثلاثية مزودة بمرشحات مكيفة للأهداف العلمية وساهموا في الحصول على 6 قياسات إيجابية مستقلة عن بعضها البعض كجزء من هذا التعاون الدولي. وسيتوج هذا العمل بمقالات علمية ستنشر لاحقا.

12. الخاتمة

يُعدّ رصد الاحتجابات النجمية من قِبل الكويكبات تقنية فلكية دقيقة وأداةً علمية قوية تتيح قياس أبعاد هذه الأجرام وشكلها ومداراتها وخصائصها الفيزيائية بدقة تصل إلى مئات الأمتار، مما يُسهم في تحسين نماذجنا المدارية وفهمنا لتطور النظام الشمسي. تعتمد هذه المنهجية على تسجيل تغيّرات سطوع النجم أثناء الاحتجاب باستخدام تقنيات متقدمة، مثل الكاميرات عالية السرعة وتوقيتات GPS المتزامنة. ومع ذلك، فإن نجاح هذه الأرصاد الفلكية يتطلب مشاركة واسعة من الفلكيين المحترفين والهواة في إطار علم الفلك التشاركي، حيث يُمكن لمساهمة المراصد الصغيرة والهواة في مواقع مختلفة تعزيز دقة البيانات وزيادة عدد الأحداث المرصودة.

في الجزائر، يلعب علم الفلك التشاركي دورًا محوريًا في تطوير هذا المجال من خلال شبكة رصد محلية التي أُرسيت منذ عشر سنوات، وتوفير المعدات التقنية، وتشجيع التعاون بين المؤسسات العلمية والهواة، مما يسهم في إدراج بلدنا ضمن الجهود الدولية لدراسة هذه الظواهر الفلكية المهمة. ومع تطور التكنولوجيا، يُتوقّع أن تصبح هذه الأرصاد الفلكية أكثر دقة، مما يُعزّز فهمنا للنظام الشمسي وأجرامه المختلفة.

الصورة 5: الفريق الجزائري بمدينة أليكانتي الذي رصد احتجاب كوكب منكب الجوزاء يوم 12 ديسمبر 2023