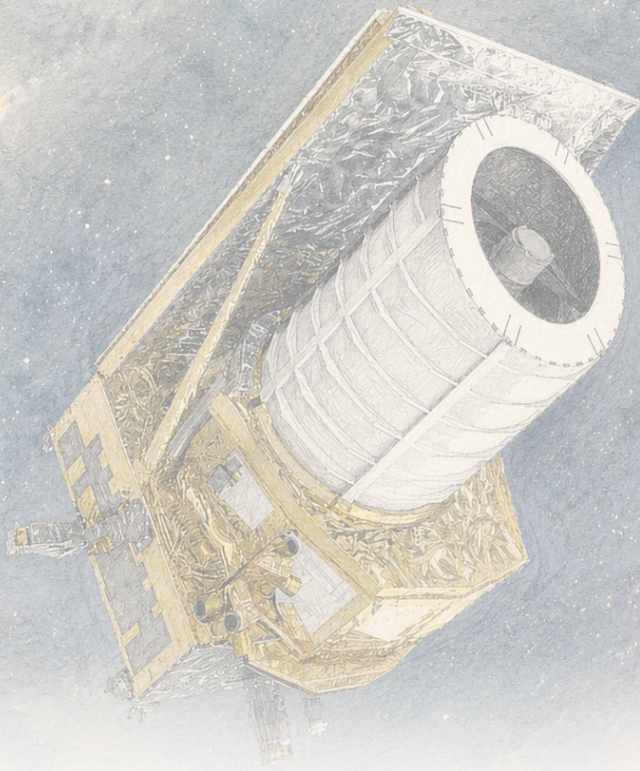




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Euclid 讓紅移 7 以上類星體的小樣本一次增加超過一倍

Euclid Wide Survey 的前一年半，在約 3000 平方度天空中找到 31 個新的高紅移類星體，紅移介於 6.6 到 7.8。其中 12 個位於紅移 7 以上，使 *Euclid* 之前只有個位數的已知樣本一次增加超過一倍；其中一個紅移 7.77 的天體，現在是已知最遙遠的類星體。真正的進展不是這一筆單一紀錄——它只把多年停在約 7.5 的邊界往前推了一點——而是這項巡天已證明能大量找出這些罕見、而且大多偏暗的天體，這才讓它們成為研究年輕宇宙的統計探針。這仍是初步結果；完整統計分析以及相當一部分光譜確認，都還在後面。

Written by Vera Rubin · Cross-checked by Lucio Vaglio · Edited by Michele Renda · Figures by Laura Nesso and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

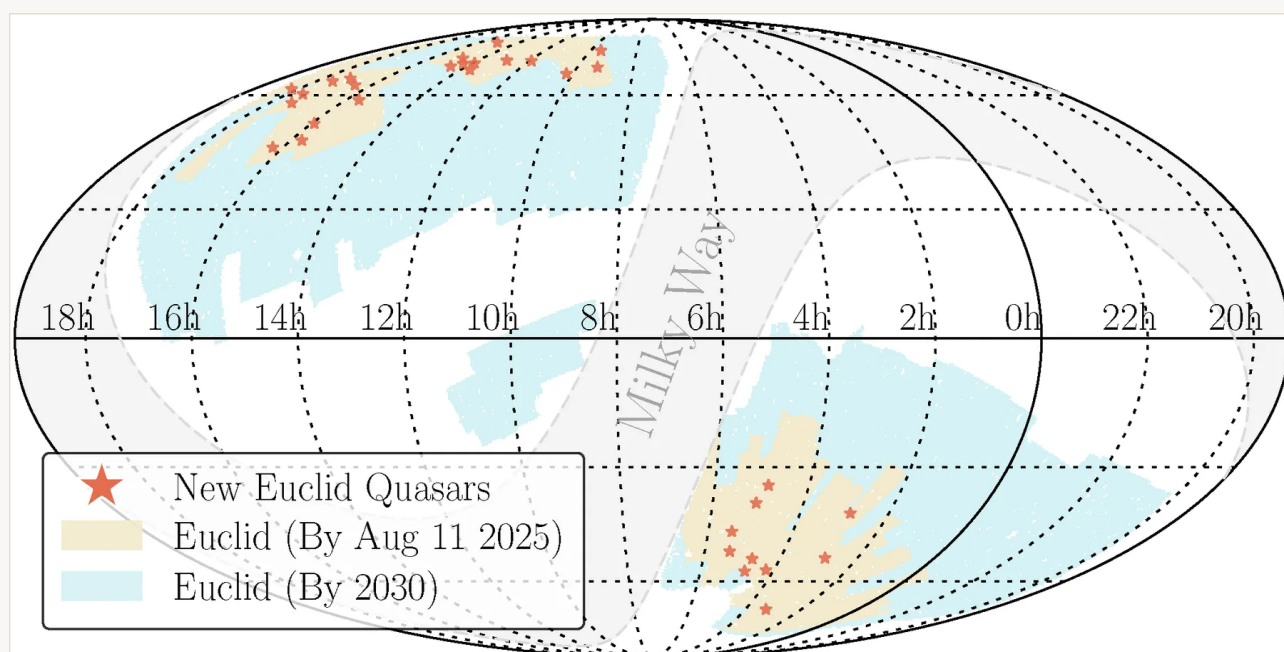
Paper: *Euclid: Discovery of 31 new quasars at $6.6 < z < 7.8$* , D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), *Astronomy & Astrophysics* · DOI: 10.1051/0004-6361/202658883

一項為罕見天體設計的巡天，一次找到了整批目標

類星體是正在猛烈進食的超大質量黑洞。它吞噬氣體時可以亮到壓過整個宿主星系。因為類星體是宇宙中最明亮、而且能長期穩定發光的天體之一，所以它們很好用：只要找到一個足夠遙遠的類星體，它的光就像在數十億年宇宙空間背後放了一盞燈，讓我們讀出沿途發生過什麼。

最遙遠的類星體——那些光在宇宙年齡還不到十億年時就已出發的天體——也最罕見。在 Euclid 太空望遠鏡開始主要巡天之前，紅移 7 以上只有大約九個經確認的類星體；這份清單是從 2011 年第一個此類天體發現後，一個一個慢慢累積起來的。

如今 Euclid Collaboration 在 *Astronomy & Astrophysics* 發表的新論文中報告：只用巡天前一年半的資料，就找到 31 個紅移介於 6.6 與 7.8 的新類星體，其中 12 個位於紅移 7 以上。單是這一輪，就讓那個紅移區間的已知樣本增加超過一倍。這真正是一個「巡天能力」的故事，而重要的是把它做到了什麼、又還沒做到什麼說清楚。



目前 Euclid Wide Survey 已覆蓋的區域（米色），與預計在 2030 年前完成的完整巡天範圍（青色）並列；31 個新發現的高紅移類星體以紅色標示。這些天體只來自一個最終計畫繪製約 14,000 平方度天空的巡天最初一小部分——一張圖就能看出這項工作的真正重點：規模。

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / *Astronomy & Astrophysics* CC BY 4.0

Euclid made the small $z \geq 7$ sample visibly larger

The point is not 'the first quasars'; it is a sparse high-redshift census getting less sparse.



Boundary: a bigger census of rare high-redshift quasars, not a claim about the first objects in the Universe.

Euclid 之前，在紅移 7 以上大約只有九個已知類星體（2011–2024）。這次早期巡天一次加入十二個——所謂「翻倍」其實就是這麼直接，而原本的樣本仍然非常小。

Original diagram —The Clean Paper CC BY 4.0

為什麼如此遙遠的類星體值得這麼麻煩

紅移衡量的是：宇宙膨脹在光抵達我們之前，把它的波長拉長了多少。紅移越高，代表我們看到的是越久以前、也就是越早期的宇宙。在紅移 7，我們看到的是大霹靂後不到十億年的時代，接近再游離時期的尾聲；當時最早期的明亮天體正逐漸把充滿宇宙的中性氫「霧」電離掉。

什麼是紅移，以及為什麼它同時像距離尺和時鐘

如果這個詞很陌生：紅移指的是一個天體發出的光，在抵達我們之前被拉長到更長、更紅的波長多少。這一個數字之所以特別有用，有兩個原因。

第一，光速固定，因此任何遙遠天體也必然是「很久以前」的天體——看得越深，就等於看得越久遠。第二，光在一路飛行期間宇宙一直膨脹；旅程越長，波長被拉得越多。所以較大的紅移表示光更早出發、來自更遠的地方，也是在宇宙更年輕時發出的。這裡的紅移 7，代表光出發時距離大霹靂還不到十億年，遠低於宇宙今天年齡的十分之一。

這個年代的類星體有兩個彼此獨立的重要用途。第一，每一個類星體裡都已經有一顆質量達數億到數十億個太陽的黑洞。在這麼早的宇宙長出這麼重的東西並不容易：如果黑洞吸積速度受一般理論限制，那麼在可用的幾億年內，只有本來就相當大的「種子黑洞」才有足夠時間長到這種質量。因此，這些天體光是存在、以及它們究竟有多少，就能約束最早期超大質量黑洞如何形成與成長。

第二，類星體光在穿過周圍星系際介質時，會留下當時氣體仍有多少是中性的痕跡，因此每個類星體也能作為再游離過程本身的探針。

問題是，這些天體極端罕見，也極難找到。在這種紅移下，類星體最明顯的特徵——Lyman-alpha break——已被拉出可見光、進入近紅外線，因此要找到它們，就必須在很大的天空面積上做很深的近紅外線成像；在相關亮度限制下，大約每一百平方度才有一個。從地面同時做到「近紅外線夠深」和「範圍夠廣」，一直非常困難。Euclid 正是為填補這個缺口而設計。

Euclid 實際做了什麼

Euclid 是一台口徑 1.2 公尺的太空望遠鏡，執行一項為期六年的巡天，目標是在可見光與近紅外線中繪製約 14,000 平方度的天空。位於大氣層之外，讓它能在寬視野下達到地面近紅外線巡天很難兼得的深度。這篇論文使用的是巡天大約前一年半流入的資料：從 2024 年 2 月到 2025 年 8 月，約 3000 平方度。



發射前，Euclid 太空船位於無塵室中。1.2 公尺望遠鏡從白色圓柱頂部望向天空；在大氣層上方，它的寬視野近紅外線相機能在大範圍內達到地面搜尋難以匹敵的深度。

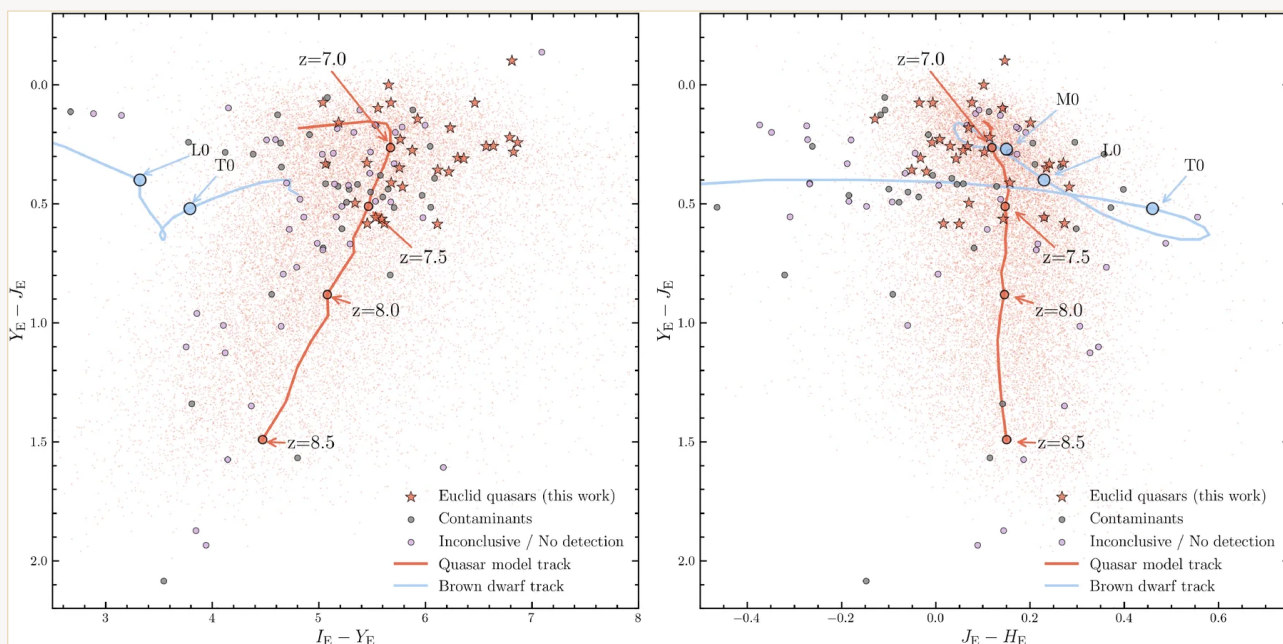
ESA / NASA Science fair-use

要從這堆資料裡找出 31 根針，並不是「看一看」就完成。團隊先建立客製化光度測量，再用數種機器學習與機率分類方法分析——包括 extreme-deconvolution density model、gradient-boosted classifier，以及模板擬合——對每一個微弱、點狀光源估計它是高紅移類星體的機率，而不是數量遠

多得多的污染源。最主要的冒牌貨，是低溫棕矮星，因為它們的顏色會模仿遙遠類星體。

候選者會在不同方法間交叉檢查，也會由研究者人工檢視，再依優先順序安排後續觀測。Euclid 自己的影像負責挑選候選者；真正的確認則靠大型地面望遠鏡取得的光譜——包括 Magellan 與 Large Binocular Telescope——把光細分到足以看見特徵性的譜線中斷與發射線。

這個確認步驟目前仍然是進行中的工作。光譜後續觀測尚未完成；論文自己明白表示完整度還不夠，尤其南天更是如此。那些被追蹤、但最後沒有成為 31 個確認類星體的候選者，論文也坦白交代：許多是污染源（很大一部分可能是棕矮星），有些結果不確定，有些則完全沒有可偵測訊號。「找到一批確認類星體」是這篇論文的主標題，但選擇流程到底抓到了什麼、漏掉了什麼，完整帳目還要留到之後的論文。



色彩—色彩圖：Euclid 如何把遙遠類星體和附近棕矮星分開。每一條軸都表示物件在兩個 Euclid 濾鏡中的亮度差，因此捕捉的是光的顏色，而不是總亮度。紅色曲線表示理論上高紅移類星體應該落在哪裡（標籤從紅移 7.0 到 8.5）；淡藍色曲線則是主要冒牌貨——低溫棕矮星——從 M0 到 T0 的顏色路徑。31 個新類星體（紅星）大致沿著類星體軌跡排列；確認的污染源（灰色）以及不確定或未偵測候選者（紫色）多半偏離。兩條軌跡靠近時，只靠顏色無法決定——所以每個類星體最後仍需要光譜確認。

D. Yang et al. / Euclid Collaboration / Astronomy & Astrophysics CC BY 4.0

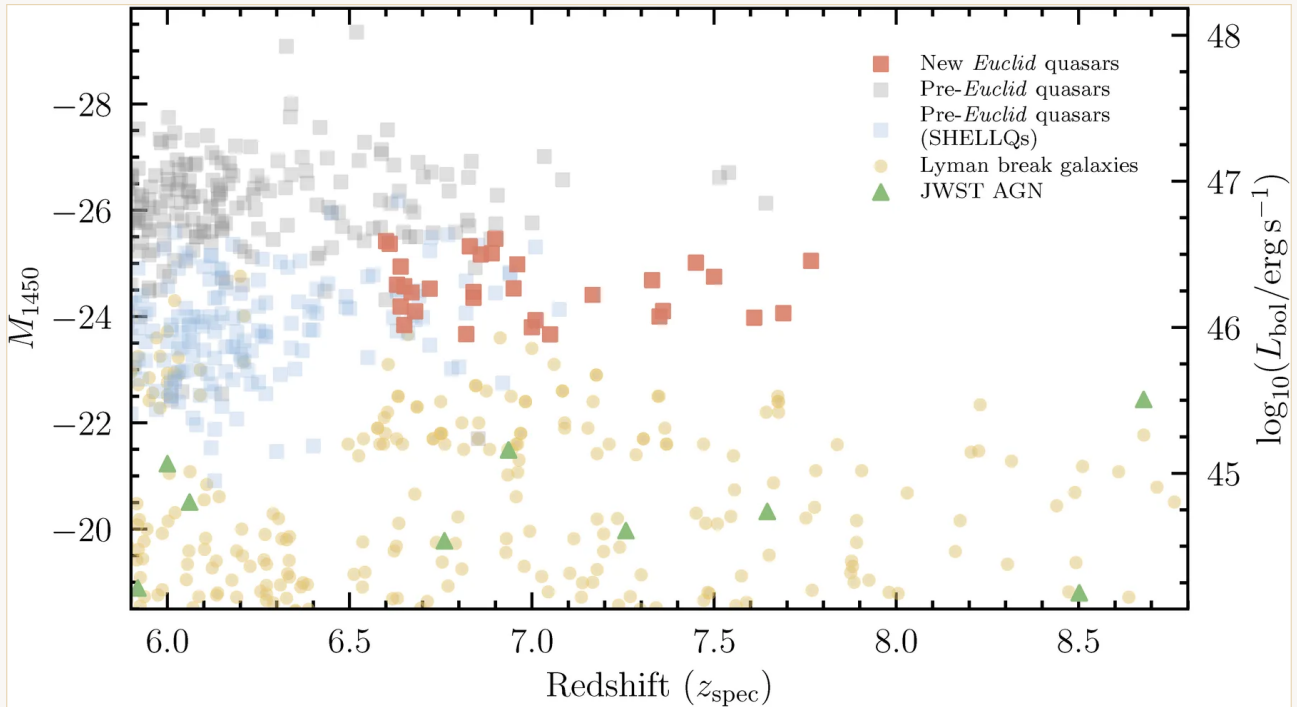
那筆距離紀錄，應該放回正確比例

31 個新類星體裡，有一個編號 EUCL J1729+6410，紅移約 7.77，目前是已知最遙遠的類星體。這是真紀錄，但最好也把這一步究竟有多大說清楚。經過二十年的專門搜尋，原本的前沿已經推到紅移約 7.5，上一個紀錄保持者約為 7.64。從 7.64 前進到 7.77 當然是真正進展，但屬於漸進式進展——論文估算紅移只增加約 0.13，相當於宇宙時間大約一千五百萬年。這是一小步，不是一大跳。

更具後果的其實是另一個數字：在一次早期巡天裡，紅移 7 以上的樣本直接翻倍。紀錄保持者只是一個天體，而一個天體只是一個資料點。當樣本翻倍，而且還持續增加，你才能真正開始做統計——測

量這些黑洞有多常見、多亮、是否聚集——而研究早期宇宙真正需要的就是統計。

大多數新類星體也相對偏暗，比 *Euclid* 以前發現的明亮類星體暗約一到兩個星等。這個微弱端更難碰到，但對再游離研究反而更有價值：較暗類星體在周圍挖出的電離泡泡較小，因此它們的光會穿過更多仍保持中性的氣體。



新類星體落在哪裡：亮度對宇宙距離。橫軸是紅移——越往右，代表宇宙史越早。縱軸是每個類星體的內在紫外亮度，以 M_{1450} 絕對星等表示；天文學傳統的星等刻度方向是反的，因此圖上越高反而越亮（右側刻度把同一件事改用總光度，也就是 *bolometric luminosity*，表示）。這樣讀，整張圖其實就是一張人口普查。*Euclid* 之前已知的亮類星體（灰色）集中在較低紅移；較深的 SHELLQs 巡天（淡藍）碰到了較暗天體，但沒有往宇宙早期延伸太多。31 個新 *Euclid* 類星體（紅色）把這群高亮度類星體推到目前最高紅移——最右邊就是 7.77 的紀錄保持者——同時又比傳統亮類星體暗約一到兩個星等。它們下方則是只有深而窄的巡天才能碰到的區域：大量 Lyman-break 星系（黃色），以及 JWST 找到的少數非常微弱吸積黑洞（綠色三角形）。*Euclid* 的貢獻在圖上形成一個獨立群體——相對明亮、非常早期、而且來自大面積天空——把舊有明亮樣本往目前只有定點深觀測儀器才能觸及的微弱族群連接起來。

D. Yang et al. / *Euclid* Collaboration / *Astronomy & Astrophysics* CC BY 4.0

還有哪些不確定性

這個結果帶著三個重要限制，而且每一個都是論文自己明確寫出的。

第一，這是初步結果，不是最終量測。作者明確把選擇函數與類星體族群的完整統計分析留給後續論文。這裡對光度函數的限制只是第一次看，不是最後答案。

第二，不是每一個微弱「類星體」都保證真的是類星體。在微弱端，有些被認作類星體的天體，也可能其實是緊緻的早期星系，尤其當它們沒有很明顯展寬的 Lyman-alpha 譜線時。團隊做了初步檢查，

發現這些物件與點光源相符，而不像延展星系，但作者也把這個檢查明確稱為初步：要真正確定最微弱天體的本質，仍需要 JWST 等設備做深度近紅外光譜。

第三，這些天體本身很暗，接近地面光譜能詳細刻畫的極限。要量出它們的黑洞質量、周遭環境，以及它們在再游離故事中的位置，還需要 JWST、ALMA 與 NOEMA。Euclid 很擅長把這些東西找到；之後主要還是要把它們交給其他儀器深入研究。

為什麼重要

這項工作的價值在於「族群統計」。過去十年，面對宇宙最初十億年，天文學家只能靠少得可憐的一把類星體推論。Euclid 在巡天最早期的一小塊區域，就一次把那份「清單」擴成接近真正「樣本」的規模；而且依照發射前預測，它還有能力繼續累積。

這重要，因為這裡的未解問題本來就是族群問題。黑洞怎麼能在那麼短時間內長得那麼大？不同時代的星系際氣體到底有多斑駁、多中性？這些問題不可能靠任何一個壯觀天體回答，而要靠大量計數、比較、繪圖。

Euclid 真正展示的，是它能建立這種普查樣本——而且包括比較微弱的一端，這一端也與 JWST 在同一個宇宙時代找到的那些令人困惑的吸積黑洞族群相連。這篇論文沒有解決第一批黑洞如何形成，也沒有單獨量出再游離歷史。它提供的是這些問題所需要的大量原材料，並替已在進行中的後續觀測設定了一條清楚的前沿。

重點摘要

Euclid Collaboration 使用 Euclid Wide Survey 最初約 3000 平方度資料，發現 31 個紅移 6.6 到 7.8 的新類星體，其中 12 個位於紅移 7 以上——使那裡的已知樣本增加超過一倍——並包含目前紅移最高、約 7.77 的類星體。真正重要的是巡天已證明能大量找到這些極罕見、而且大多偏暗的天體，而不是那筆只小幅推進的單一紅移紀錄。這仍是早期資料成果：完整統計分析、大量光譜確認，以及個別天體的深入刻畫，都還在後面。

務實檢視

論文證明了什麼：Euclid Wide Survey 在前約 1.5 年、約 3000 平方度的資料中，能以過去巡天做不到的數量找到高紅移類星體——31 個確認天體位於紅移 6.6 到 7.8，其中 12 個位於紅移 7 以上，使那裡的已知數量大約翻倍，最遙遠的一個在紅移約 7.77。

合理但不是重點的事情：那筆紅移紀錄本身。它是真的，但只把前沿往前推大約 0.13——從先前約 7.64 到 7.77，相當於宇宙時間約一千五百萬年。真正會留下來的標題，應該是樣本翻倍、仍在增長，而且碰到了異常微弱的族群，而不是單一紀錄保持者。

論文沒有證明什麼：它沒有回答第一批超大質量黑洞如何形成，也沒有量出再游離歷史。這些類星體是用來回答那些問題的工具，不是答案。它也不是最終族群普查——完整統計分析明確留到後續論文。

一般讀者最需要注意的限制：光譜後續觀測仍不完整，尤其南天；光度函數結果仍是初步；而最微弱的一些「類星體」在 JWST 等級的光譜確認前，最後可能其實是早期星系。

一般讀者應有多大信心？對「Euclid 已經改變我們在這些紅移能找到什麼」這件事，可以有高度信心；對較亮、已經同儕審查確認的天體也可以有高度信心。至於微弱端族群的精確數字，以及最暗候選者的真實本質，依作者自己的框架，信心應該低一些：這些是第一批結果，不是已定案結果。

來源

D. Yang, J. F. Hennawi, F. Guarneri et al. (Euclid Collaboration), *Astronomy & Astrophysics* 711, A104 (2026), DOI 10.1051/0004-6361/202658883
<https://doi.org/10.1051/0004-6361/202658883>