

## رؤية الثقوب السوداء<sup>1</sup>

بقلم: آلان باشلوت<sup>2</sup> Alain Bachelot

ترجمة الطالبتين: سماح حمزاوي

فاطمة الزهراء بولنوار



كيف ترى ثقبا أسود؟

توضح نظرية النسبية العامة كيفية انحراف الأشعة الضوئية بفعل الأجسام الضخمة. الثقوب السوداء<sup>3</sup> تظهر كحلول خاصة لمعادلات أينشتاين Einstein، التي سلط عليها روي كير Roy Ker<sup>4</sup> الضوء منذ خمسين عاما فقط. يعتمد فهم الثقوب السوداء وتطوير التقنيات لملاحظتها على دراسة هذه الحلول. اليوم، لا توجد سوى ملاحظات غير مباشرة عن الثقوب السوداء، أي أن وجود ثقب أسود هو أبسط تفسير لبعض الظواهر التي نشاهدها. لذلك، يتمثل التحدي في عرض أدلة نظرية مباشرة على وجود هذه الثقوب، بهدف التمكن من الملاحظة التجريبية في المستقبل.

<sup>1</sup> العنوان الأصلي للمقالة : VOIR LES TROUS NOIRS

موقعها الإلكتروني :

<http://www.breves-de-maths.fr/voir-les-trous-noirs/>

<sup>2</sup> صفحته المهنية : <https://www.math.u-bordeaux.fr/~abachelo/suitefeuillebachelot.html>

<sup>3</sup> أستاذ محاضر بمخبر الرياضيات جامعة بوردو - فرنسا، انظر الموقع : <https://www.math.u-bordeaux.fr/imb/spip.php> انظر الموقع :

<sup>4</sup> انظر الموقع : [http://www.breves-de-maths.fr/wp-login.php?redirect\\_to=http%3A%2F%2Fwww.breves-de-maths.fr%2Fwp-admin%2Fpost.php%3Fpost%3D7881%26action%3Dedit%26message%3D1&reauth=1](http://www.breves-de-maths.fr/wp-login.php?redirect_to=http%3A%2F%2Fwww.breves-de-maths.fr%2Fwp-admin%2Fpost.php%3Fpost%3D7881%26action%3Dedit%26message%3D1&reauth=1) انظر الموقع : [http://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Kerr\\_Roy.html](http://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Kerr_Roy.html)

**التفاعل مع الضوء:** بالقرب من ثقب أسود، يتم احتجاز الأشعة الضوئية في الدوائر الكبيرة من الكرة ذات نصف القطر  $3GM/c^2$ <sup>5</sup> : وهو ما يجعل الفوتونات تدور! في المنطقة المجاورة لكرة الفوتونات هذه، تدور أشعة ضوئية أخرى حول الثقب الأسود. تكشف هذه الأسراب المتعلقة بالجاذبية للمراقب الأجسام الموجودة خلف الثقب الأسود وتضاعف صورها أضعافاً مضاعفة. إنها ظاهرة مشابهة للهالة<sup>6</sup> التي يلاحظها متسلقو الجبال والطيّارون.

يسمح الحساب النظري والعددي للمسارات التي يتبعها الضوء بإمكانية إنشاء صور واقعية<sup>7</sup> لمشهد محيط الثقب الأسود. نستطيع أيضاً دراسة حيود الضوء بواسطة ثقب أسود كما نصف نشر طائرة لموجة رادارية. اليوم، صار التحليل الرياضي لهذا الانتشار مفهوماً بشكل جيد. والأبحاث الحالية تركز على المسألة العكسية<sup>8</sup> المتمثلة في وصف ثقب أسود انطلاقاً من الملاحظات البعيدة.

**التفاعل مع المادة:** عندما يسقط جسم ما في ثقب أسود، تكون هناك عدة ظواهر ممكنة. إذا كان الثقب الأسود في حالة دوران فإن ما يُعرف بـ"عملية بنروز" (Penrose) تؤكد أن الجسم يمكنه العودة نحو اللانهاية بطاقة أعلى، بعد امتصاصه جزء من الطاقة الحركية لدوران الثقب الأسود. والتحليل الرياضي لهذه الظاهرة التي لا تزال في مهدها يطرح مشاكل عويصة. ذلك أن الجسم معرض لامتصاص: الثقب الأسود يبعث موجات جاذبية، بنفس الطريقة التي يصدر بها الجرس موجات صوتية عند دقّه. وترددات هذه الموجات المتعلقة بالجاذبية هي سمة من سمات الثقب الأسود، ولا ترتبط سوى بكتلته وعزمه الزاوي<sup>9</sup>. يخضع حساب هذه الترددات وتوزيعها إلى دراسات رياضية وعددية مكثفة.

**تأثير هوكينج Hawking:** عندما نزاوج بين النسبية العامة وميكانيك الكم تبرز ظاهرة أخرى مثيرة. في هذا السياق، فإن الفراغ ليس هو العدم بل يمثل وسطاً متقلباً مليئاً بأزواج من الجسيمات الافتراضية والجسيمات المضادة التي تقضي باستمرار على بعضها البعض. عند حافة الثقب الأسود، يمكن لأي عنصر من الزوج عبور الحافة، وبالتالي يصبح مجسداً وخاضعاً لعملية الامتصاص بصفة نهائية. كما يصبح العنصر الآخر من الزوج مجسداً أيضاً ومنبعثاً من الثقب الأسود. إن الثقب الأسود ليس أسوداً! بل يُشعّ مثل الفحم المحترق. لقد جاء هوكينج سنة 1973 بتخمين عبّر عن درجة حرارة الانبعاث. والآن تم البرهان الرياضي على صحة هذا التخمين. وهكذا تبين أن درجة الحرارة هذه ضئيلة في حالة الثقوب السوداء ذات الكتل النجمية بينما نجدتها مرتفعة جداً بالنسبة للثقوب السوداء من نوع الجسيمات الأولية. ومن ثمّ نستطيع التخمين بتبخّر تلك الثقوب السوداء التي ستختفي عن طريق انبعاث هذا الإشعاع.

<sup>5</sup> يرمز G لثابت يسمى ثابت نيوتن Newton، بينما يرمز M لكتلة الجرم الكروي. أما C فيشير لسرعة الضوء (المترجم).

<sup>6</sup> انظر الموقع : [https://en.m.wikipedia.org/wiki/Glory\\_\(optical\\_phenomenon\)](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Glory_(optical_phenomenon))

<sup>7</sup> انظر الموقع : [https://jila.colorado.edu/~pja/black\\_hole.html](https://jila.colorado.edu/~pja/black_hole.html)

<sup>8</sup> انظر الموقع : <http://www.breves-de-maths.fr/limagerie-medicale/>

<sup>9</sup> انظر الموقع : <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/physique-moment-cinetique-9264/>

قد تفسر هذه الرؤية سبب عدم تمكننا من ملاحظة هذه الثقوب السوداء الصغيرة، وعدم قدرتنا على تصنيعها في المسرعات الكبيرة. وحتى نطمئن تماما، يتعين علينا إجراء التحليل الرياضي لهذه الظاهرة. ذلك هو السؤال المفتوح المستعصي الآن...

### للاستزادة:

- John Archibald Wheeler, « A Journey into Gravity and Spacetime », Freeman, 1999.
- Jean-Pierre Luminet, « Les trous noirs », Le Seuil, Point Sciences, 1992.

• مقالة من نفس السلسلة تتحدث عن الثقوب السوداء

رياضيات الثقوب السوداء

LES MATHÉMATIQUES DES TROUS NOIRS

<http://www.breves-de-maths.fr/les-mathematiques-des-trous-noirs/>

مصدر الصورة: Chris Reynolds و phil Armitage