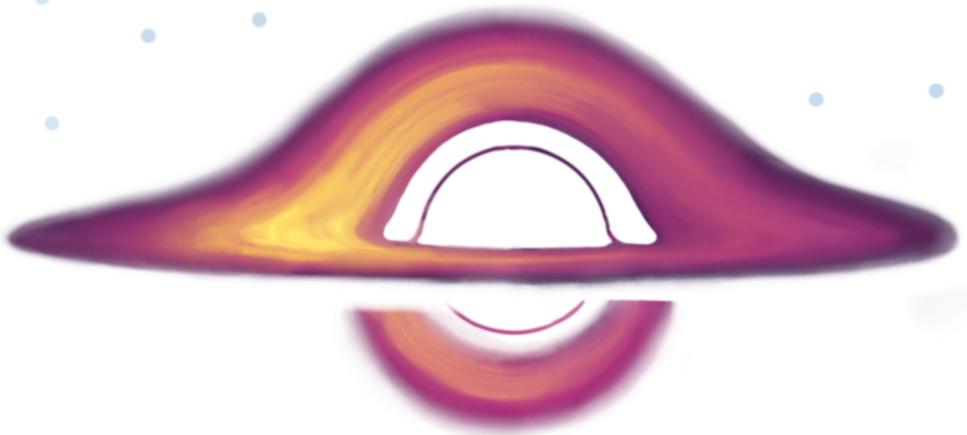


Comment les  
scientifiques  
savent



# QUE LES TROUS NOIRS EXISTENT ?





LES TROUS NOIRS, CES OBJETS DE FANTASMES DEPUIS DES GÉNÉRATIONS SONT DES ASTRES EXTRAORDINAIRES, COMMENT LES A-T-ON DÉCOUVERT ?

AU 17<sup>e</sup> SIÈCLE, ISAAC NEWTON PUBLIE SA THÉORIE DE LA GRAVITATION UNIVERSELLE :

LES OBJETS S'ATTIRENT, ET PLUS ILS SONT MASSIFS ET PROCHEs, PLUS CETTE ATTRACTION EST FORTE !



LA GRAVITATION AGIT AINSI SUR CE QUE L'ON LANCE. MAIS POURQUOI SI VOUS LANCEZ UNE PIERRE, ELLE RETOMBE ALORS QUE SI ON LANCE UNE FUSÉE, ELLE QUITTE LA TERRE ?

POUR S'ÉCHAPPER DE LA GRAVITÉ TERRESTRE, IL FAUT DÉPASSER UNE CERTAINE VITESSE, QU'ON APPELLE LA VITESSE D'ÉCHAPPEMENT.

LA THÉORIE DE LA GRAVITATION MONTRE QUE CETTE VITESSE DÉPEND DE LA MASSE DE L'OBJET CONSIDÉRÉ, ET DE LA DISTANCE AU CENTRE DE L'OBJET.

PLUS UN CORPS CÉLESTE EST MASSIF ET PETIT, PLUS IL EST DIFFICILE DE S'EN ÉCHAPPER.

Vitesses qu'il faut atteindre pour échapper à l'attraction :

du Soleil	de la Terre	de la Lune
 617,5 km/s	 11,2 km/s	 2,4 km/s

EN 1784, L'ASTRONOME ANGLAIS JOHN MICHELL PROPOSE QUE SI UN OBJET ASTRONOMIQUE EST TRÈS DENSE, SA VITESSE DÉCHAPPEMENT POURRAIT DEVENIR PLUS GRANDE QUE CELLE DE LA LUMIÈRE...

... CE QUI VEUT DIRE QUE TOUT CE QUI Y RENTRE NE POURRAIT S'EN ÉCHAPPER !

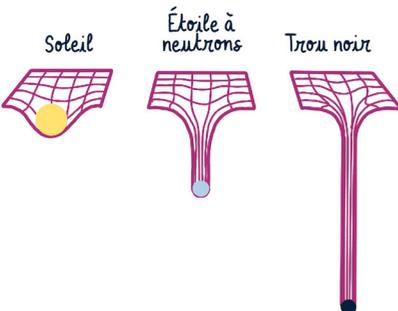
A priori personne n'est plus rapide que moi !

C'EST LE CONCEPT CLASSIQUE DU TROU NOIR : UN OBJET TELLEMENT DENSE QU'IL FAUDRAIT ALLER PLUS VITE QUE LA LUMIÈRE POUR EN SORTIR.

EN 1915, LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE D'EINSTEIN PROPOSE QUE L'ATTRACTION LIÉE À LA GRAVITATION ENTRE DEUX MASSES EST PROVOQUÉE PAR UNE DISTORSION DE L'ESPACE ET DU TEMPS PAR CES MASSES QUI S'EXPLIQUE PAR L'ÉQUATION SUIVANTE :

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

EINSTEIN NE TROUVE PAS DE SOLUTION À SON ÉQUATION ET C'EST DEPUIS LES TRANCHÉES EN 1916, QUE L'ALLEMAND KARL SCHWARZSCHILD LA TROUVE.



IL MONTRÉ QUE L'ESPACE ET LE TEMPS SONT DÉFORMÉS AUTOUR D'UN OBJET SPHÉRIQUE, (comme une planète ou une étoile).

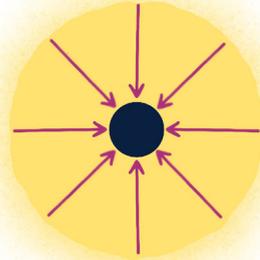
LE TROU NOIR COURBE L'ESPACE TEMPS SI FORTEMENT QUE LA LUMIÈRE NE PEUT PAS EN SORTIR !

ILS RESTENT LONGTEMPS UNE **CURIOSITÉ MATHÉMATIQUE** PLUTÔT QU'UNE RÉALITÉ PHYSIQUE :  
D'OÙ VIENNENT CES TROUS NOIRS, COMMENT SE SONT-ILS FORMÉS ?

DE **NOMBREUSES ÉTUDES THÉORIQUES** DE CES OBJETS SONT ALORS **RÉALISÉES...**

EN 1939, ROBERT OPPENHEIMER ET SES  
COLLÈGUES PROPOSENT QUE L'EFFONDREMENT  
D'UNE ÉTOILE POURRAIT ÊTRE LA SOLUTION.

TOUTE LA MATIÈRE D'UNE ÉTOILE,  
CONCENTRÉE DANS UN TOUT PETIT VOLUME :  
C'EST DENSE ET COMPACT.



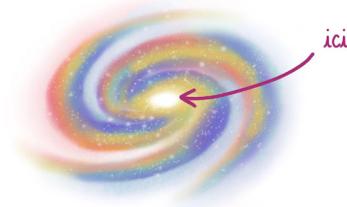
DANS LES **ANNÉES 1960**, ON DÉCOUVRE **PLUSIEURS SOURCES BRILLANTES** DANS LE CIEL RADIO,  
RESSEMBLANT À DES ÉTOILES ET **QU'ON APPELLE DES QUASARS** (*quasi stellar radio source*).



LORSQUE **MAARTIN SCHMIDT** ÉTUDIE UN DE  
CES OBJETS, ILS SE REND COMPTE QU'IL EST  
**EXTRÊMEMENT ÉLOIGNÉ ET TRÈS TRÈS TRÈS**  
**BRILLANT :**

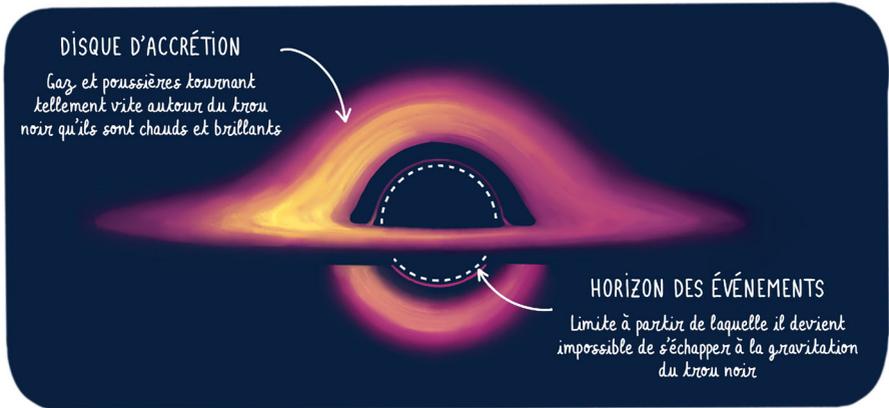
L'ÉQUIVALENT DE **5 MILLIONS DE MILLIONS**  
**DE SOLEILS**, RIEN QUE ÇA !

ON SAÏT MAINTENANT QUE LES **QUASARS**  
SONT DES **NOYAUX ACTIFS DE GALAXIES...**  
AVEC EN LEUR CENTRE DES **TROUS NOIRS**  
PRÈS DE CENTAINES DE MILLIONS DE FOIS  
PLUS BRILLANT QUE LE SOLEIL !



MAIS, SI LES **TROUS NOIRS ABSORBENT LA LUMIÈRE**, COMMENT PEUVENT-ILS ÊTRE  
**AUSSI BRILLANTS ?** POUR COMPRENDRE CELA, REGARDONS LA **STRUCTURE**  
**D'UN TROU NOIR DE PLUS PRÈS :**

MAIS, SI LES TROUS NOIRS ABSORBENT LA LUMIÈRE, COMMENT PEUVENT-ILS ÊTRE AUSSI BRILLANTS ? POUR COMPRENDRE CELA, REGARDONS LA STRUCTURE D'UN TROU NOIR DE PLUS PRÈS :



LES TROUS NOIRS SONT DES SOURCES DE FANTASME...  
EN RÉALITÉ CE NE SONT PAS DES ASPIRATEURS !



SI ON REMPLAÇAIT PAR EXEMPLE LE SOLEIL  
PAR UN TROU NOIR DE SA MASSE...  
L'ORBITE DE LA TERRE NE CHANGERAÏT PAS.

IL NOUS RESTE ENCORE BEAUCOUP À APPRENDRE SUR LES TROUS NOIRS,  
MAIS LES CHERCHEURS AVANCENT :

ILS ONT PAR EXEMPLE PU VALIDER LA THÉORIE QU'EINSTEIN AVAIT ÉMISE EN 1915 EN  
OBSERVANT LES ÉTOILES TOURNER AUTOUR DE SGR A\*, LE TROU NOIR SUPERMASSIF AU  
CENTRE DE NOTRE GALAXIE, DONT ILS ONT OBTENU L'IMAGE EN 2022.



Comment les  
scientifiques  
savent



Textes : Éric LAGADEC (Observatoire de la Côte d'Azur)  
Mise en image : Claire MARC (Méduse Communication)  
Sous la direction d'Anne Brès (CNRS - INSU)



Méduse  
COMMUNICATION