

Les trous noirs

Modave, Pâques 2008

Table des matières

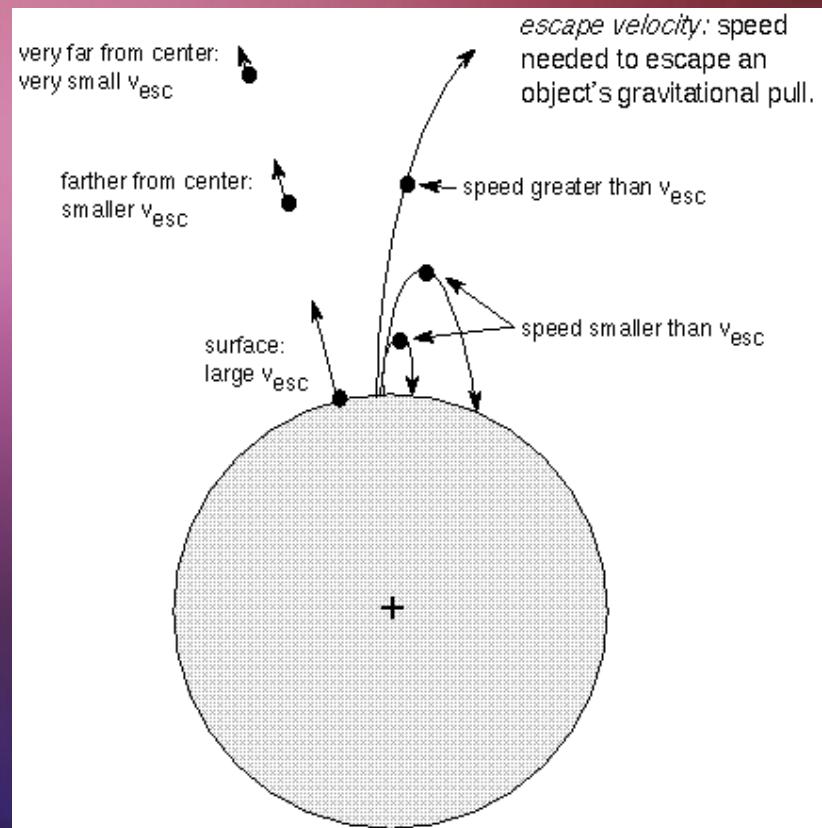
- 1) Introduction : Vitesse de libération
- 2) Comment « naît » un trou noir ?
- 3) Structure d'un trou noir stellaire
- 4) Les trous noirs supermassifs
- 5) Trou noir et relativité
- 6) Un peu de science-fiction...

1)

Introduction

Vitesse de libération

- ◆ C'est la vitesse nécessaire à un corps pour s'échapper du champ gravitationnel d'une étoile ou d'une planète.



1)

Introduction

Vitesse de libération

- ◆ Elle vaut $\sqrt{2GM/R}$.
- ◆ Petit exercice :)
 - ◆ Calculez la vitesse de libération de n'importe quel objet sur Terre.
 - ◆ Réponse : $v_{lib} = 11,2 \text{ km/s}$
 - ◆ Et pour le Soleil ?
 - ◆ Réponse : $v_{lib} = 618 \text{ km/s}$
- ◆ Plus la masse de la planète ou de l'étoile est grande, et plus son rayon est petit, plus v_{lib} sera grande.
- ◆ Donc, au plus un corps est dense, au plus il devient difficile de s'en échapper !

1)

Introduction

Vitesse de libération

- ◆ Et si $v_{\text{lib}} > c$?
- ◆ Un trou noir est donc un objet tellement dense que même la lumière ne peut s'en échapper !
- ◆ Exemple :
 - ◆ Calculons le rayon maximum que prendrait la Terre si elle devenait un trou noir...
 - ◆ Réponse : 8,89 m !

2) Comment « naît » un trou noir ?

- ◆ Il existe 2 types de trous noirs connus :
 - ◆ Les trous noirs stellaires
 - ◆ Les trous noirs supermassifs
- ◆ Intéressons-nous d'abord aux trous noirs stellaires !
- ◆ Rappel : mort d'une étoile de plus de 8 masses solaires (supernova)
- ◆ De là, le cadavre stellaire peut devenir une étoile à neutrons (corps constitué d'un « empilement » de neutrons)
- ◆ ...ou un trou noir, si l'étoile pèse plus de 25 masses solaires.

3) Structure d'un trou noir stellaire

♦ Rayon de Schwarzschild

- ♦ Tout ce qui se trouve l'intérieur de celui-ci se fait capturer par le trou noir.
- ♦ Par contre, à l'extérieur de celui-ci, n'importe quel objet peut tourner autour (comme la Terre tourne autour du Soleil) sans être « pris au piège ».
- ♦ Un trou noir n'est donc pas « Super Aspirator » !

3) Structure d'un trou noir stellaire

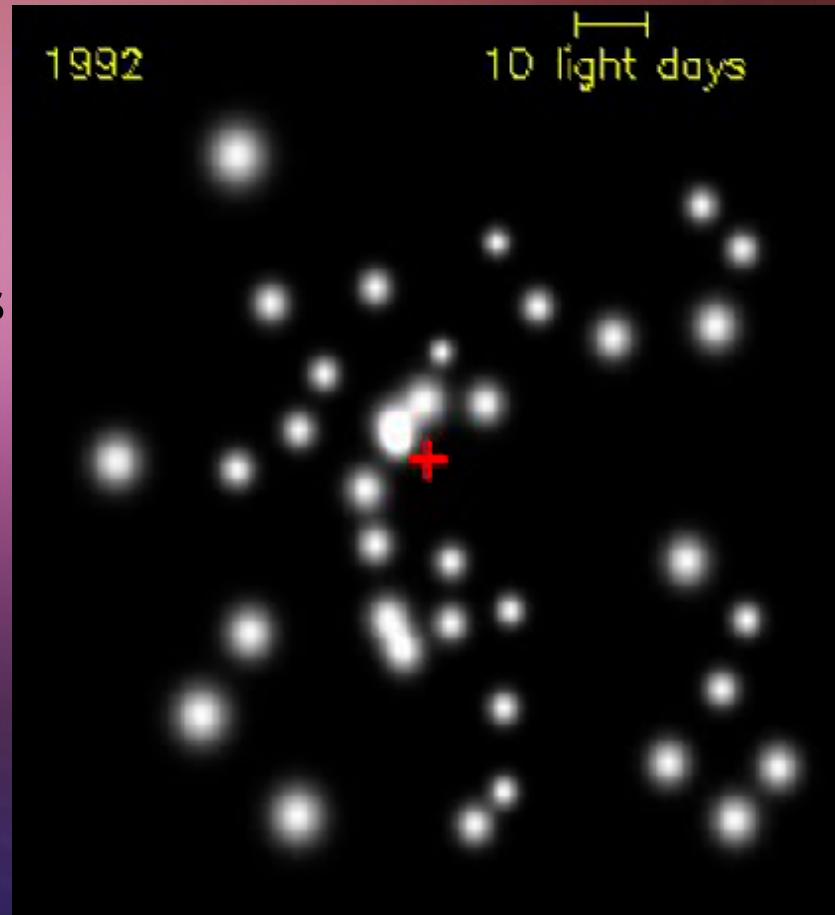


3) Structure d'un trou noir stellaire

- ◆ Singularité
 - ◆ En théorie, tout ce qui se trouve à l'intérieur du rayon de Schwarzschild doit continuer à se comprimer à l'infini.
 - ◆ Donc au centre du trou noir, on devrait avoir un point où la densité serait infinie ?!
 - ◆ Cela reste encore assez mystérieux...
- ◆ Pourquoi « trou noir » ?
 - ◆ A l'intérieur du rayon de Schwarzschild, rien ne peut s'échapper, pas même la lumière.
 - ◆ Donc ce corps n'émet aucune lumière, puisque aucun rayon lumineux ne peut en sortir.

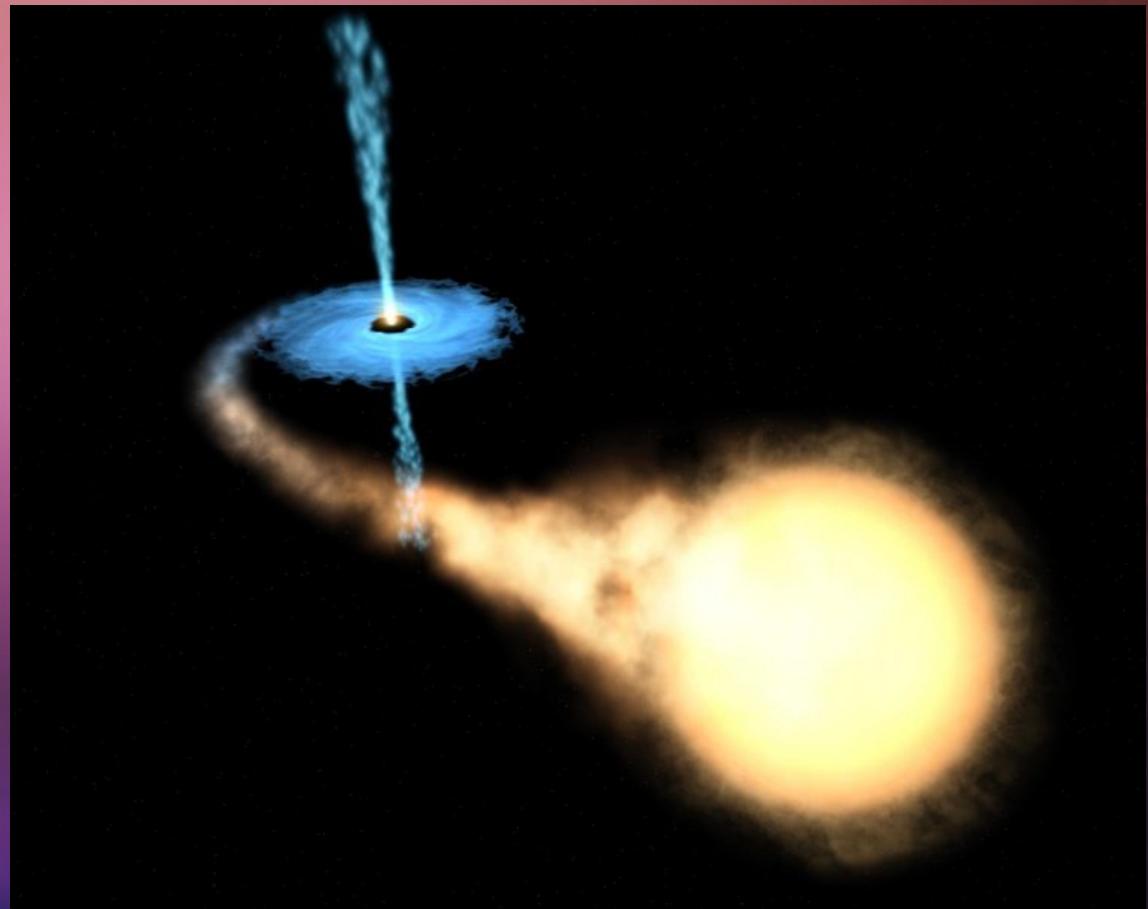
3) Structure d'un trou noir stellaire

- ◆ Mais alors comment les détecter ?
 - ◆ Nous n'avons aucune preuve ultime de leur existence !
 - ◆ Mais quelques indices sont très convaincants.
 - ◆ Exemple : Des étoiles à proximité peuvent être perturbées, voire entrer en orbite autour d'un trou noir.



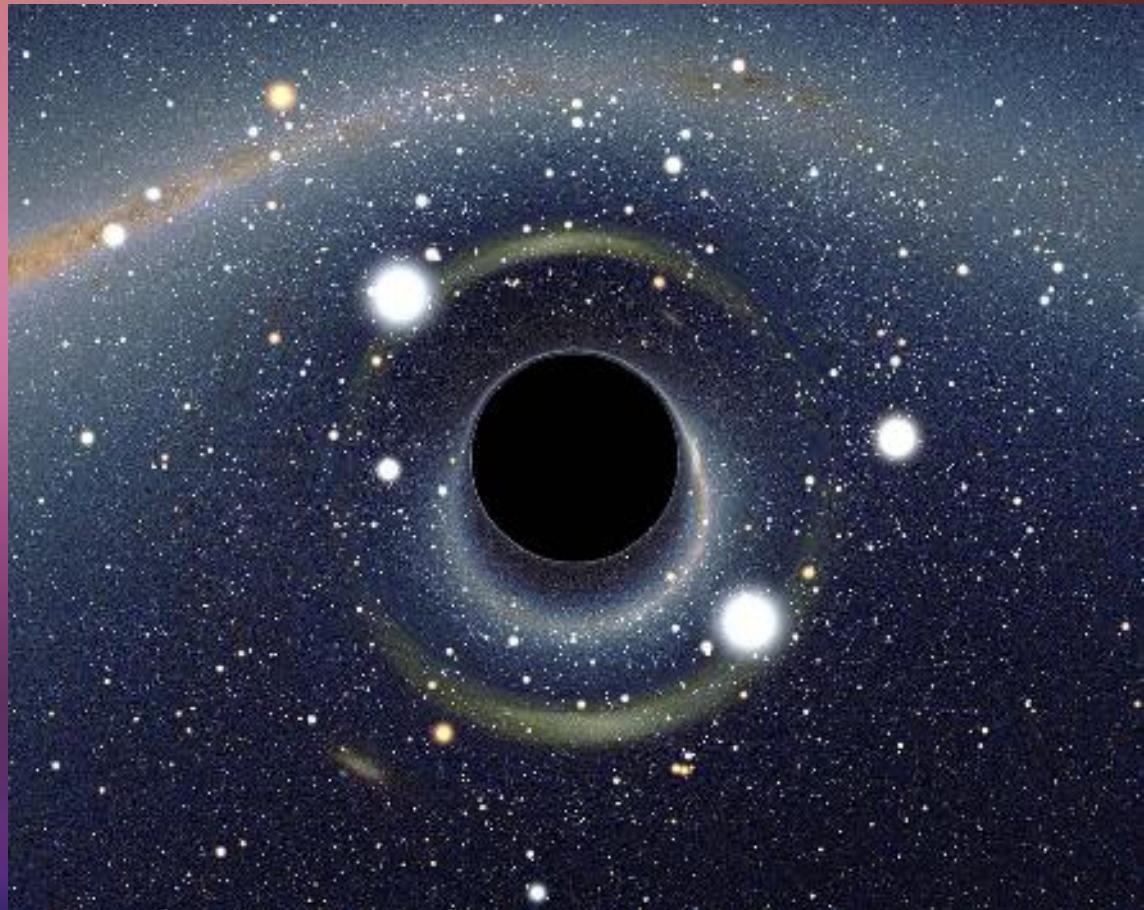
3) Structure d'un trou noir stellaire

- ◆ Mais alors comment les détecter ?
 - ◆ Il se peut que de la matière tombant dans un trou noir émette des rayons X !



3) Structure d'un trou noir stellaire

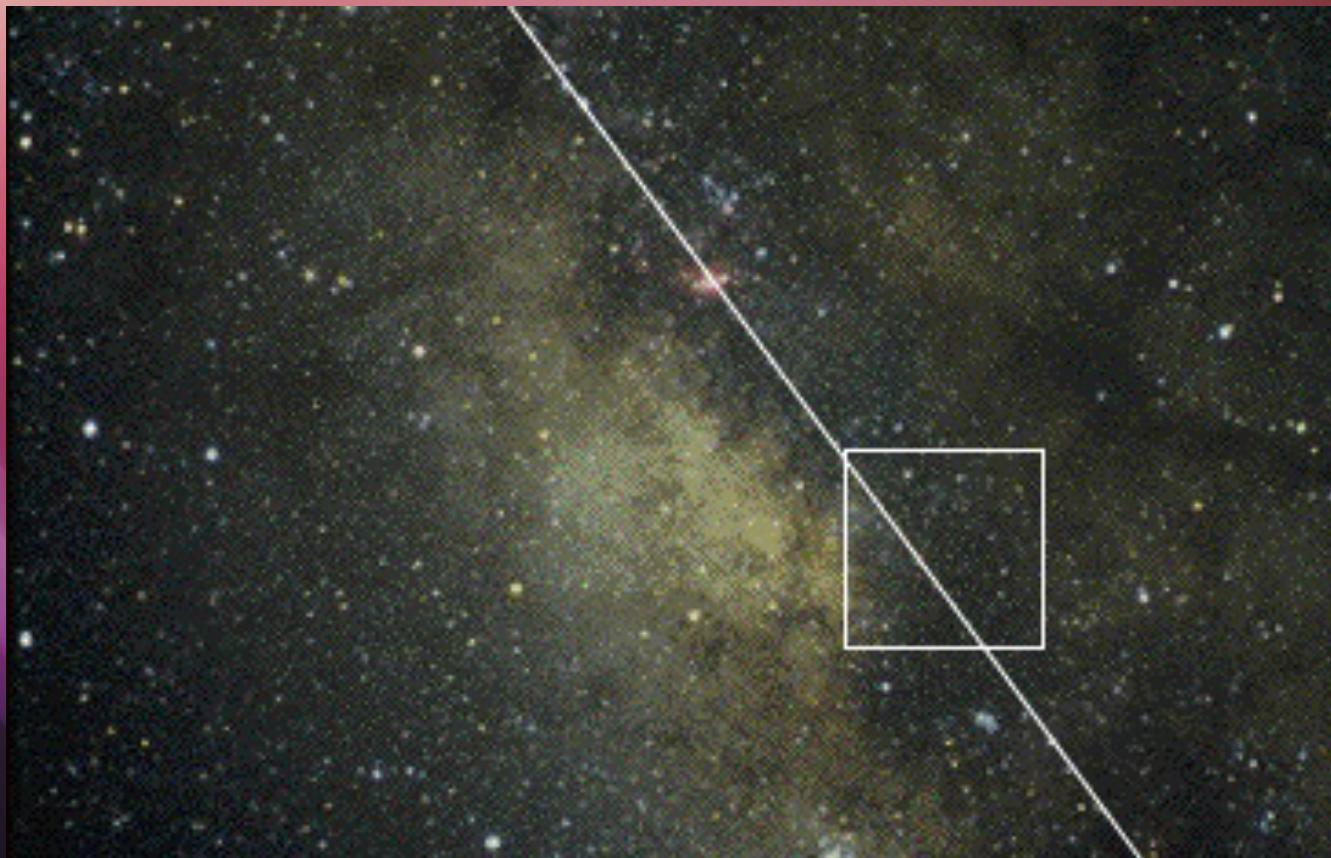
- ◆ Mais alors comment les détecter ?
 - ◆ Les trous noirs jouent facilement le rôle de lentille gravitationnelle.



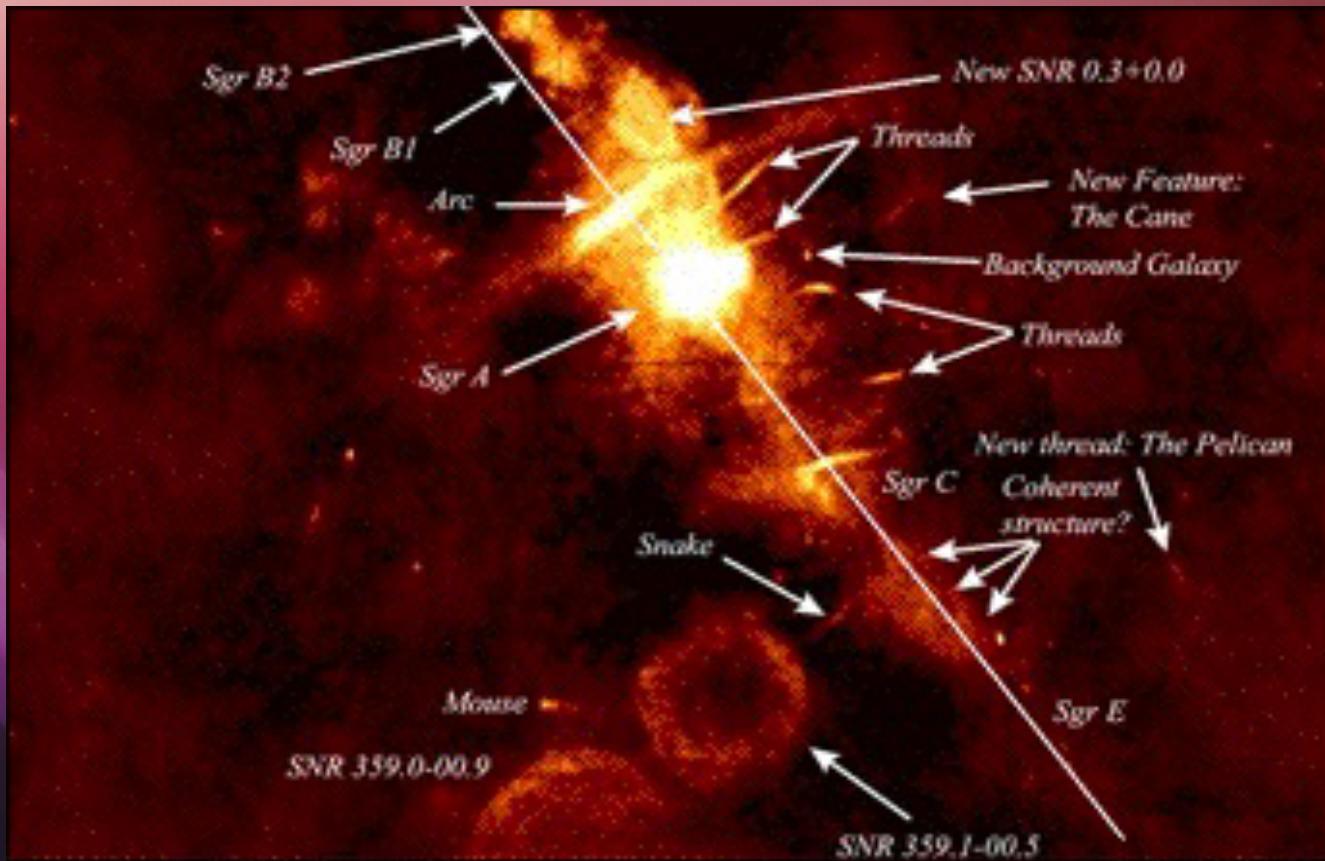
4) Les trous noirs supermassifs

- ♦ Le centre de la Voie Lactée
 - ♦ On a découvert une forte émission de rayonnement infrarouge en direction de celui-ci.

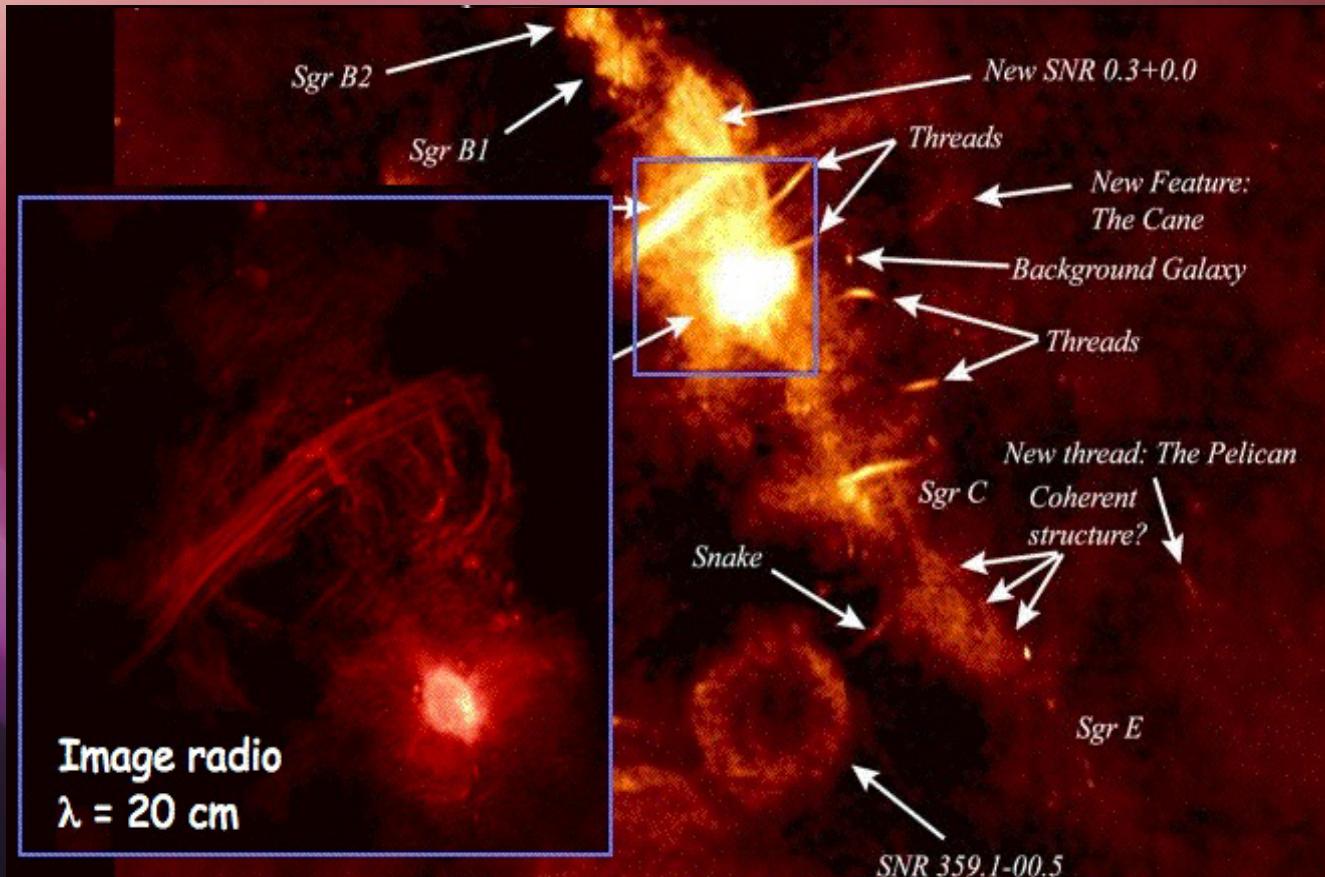
4) Les trous noirs supermassifs



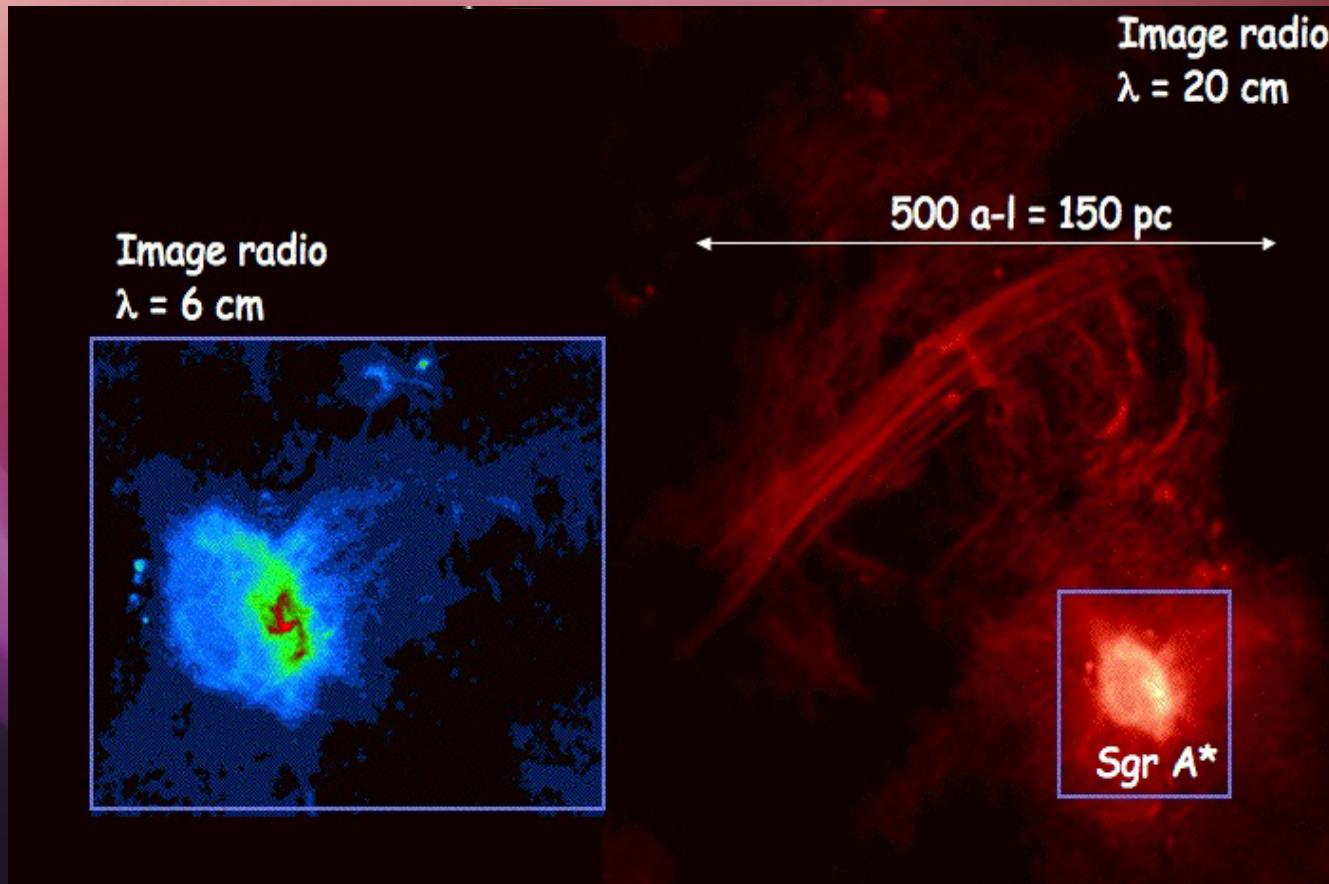
4) Les trous noirs supermassifs



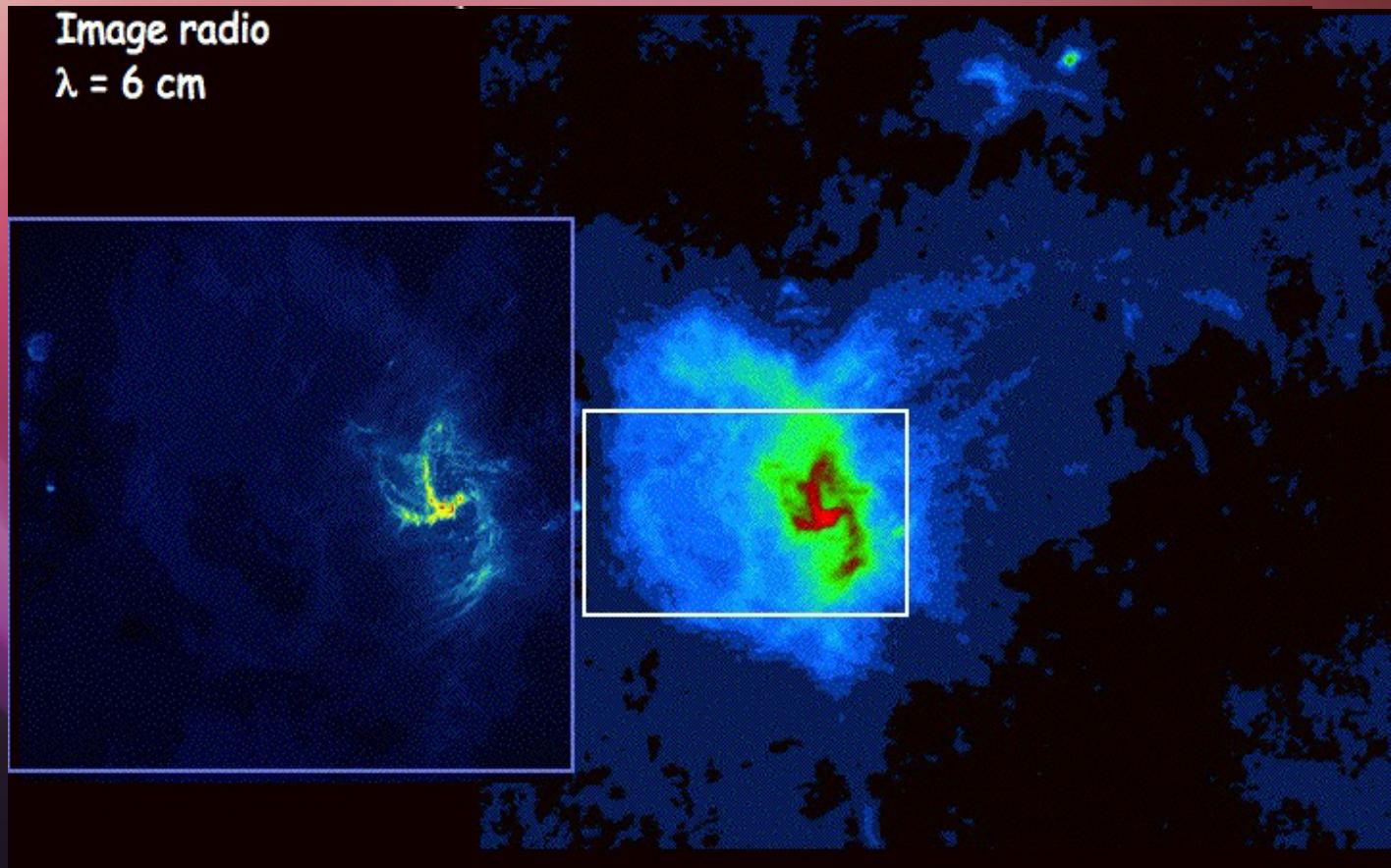
4) Les trous noirs supermassifs



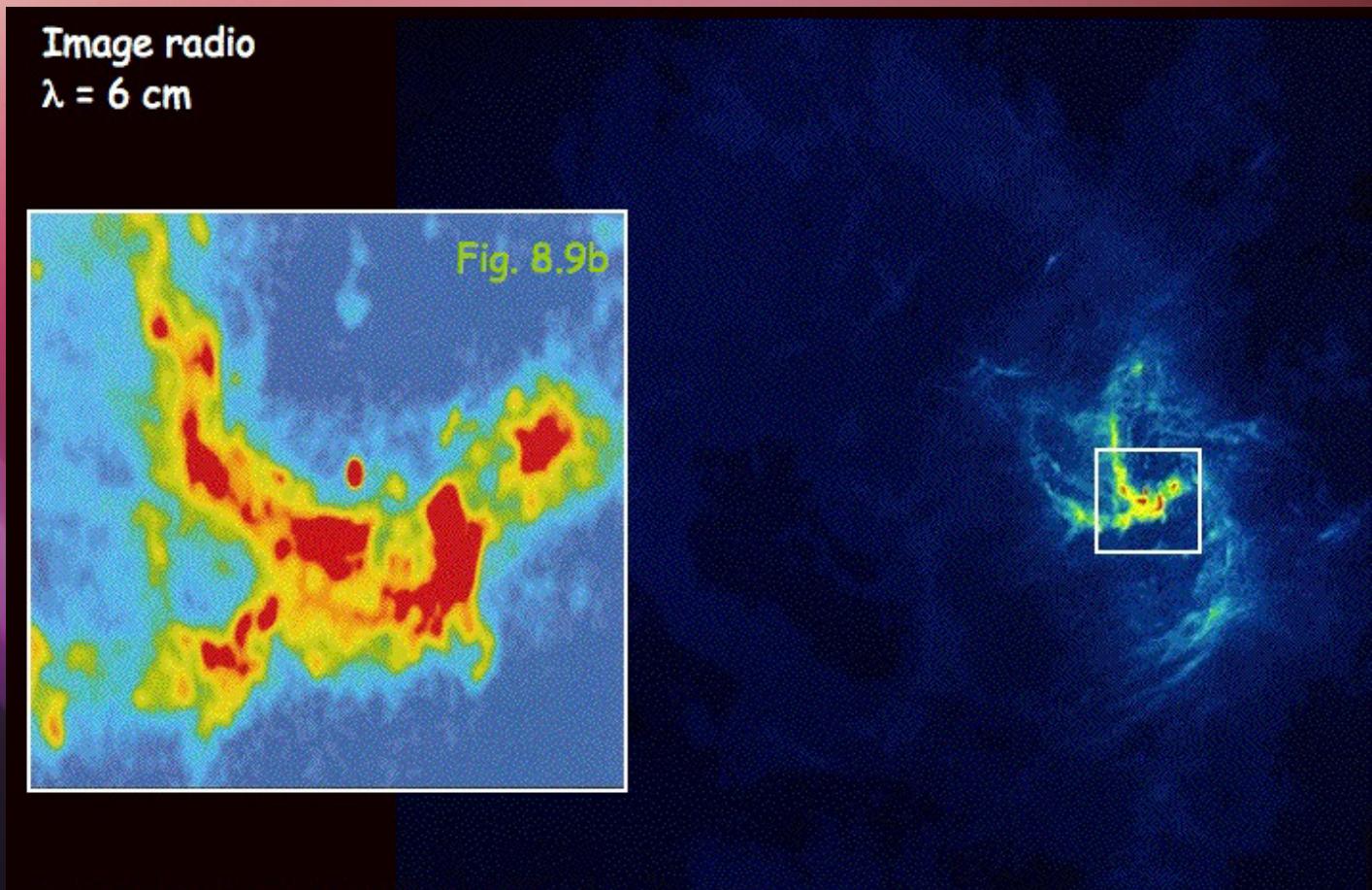
4) Les trous noirs supermassifs



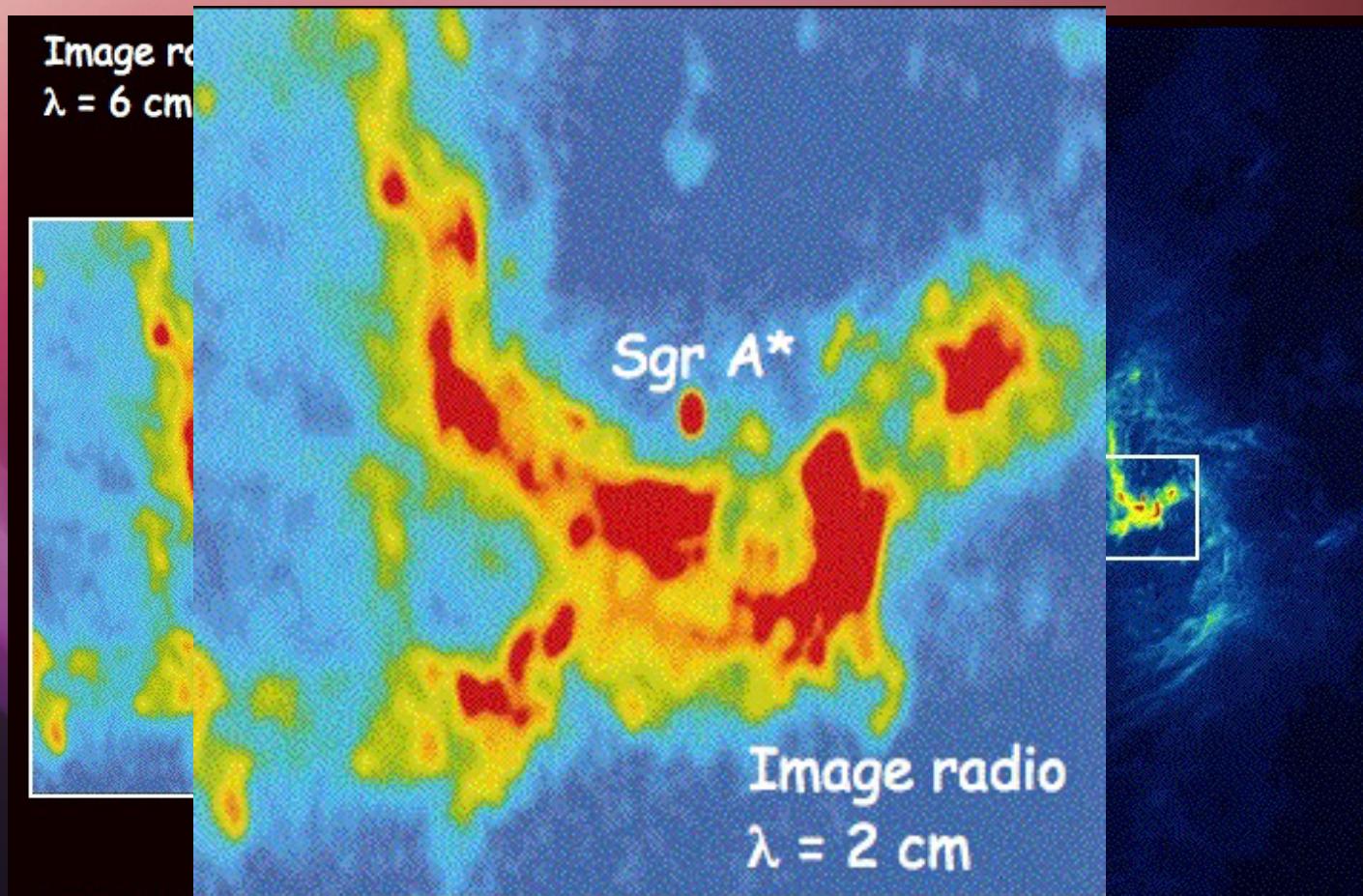
4) Les trous noirs supermassifs



4) Les trous noirs supermassifs

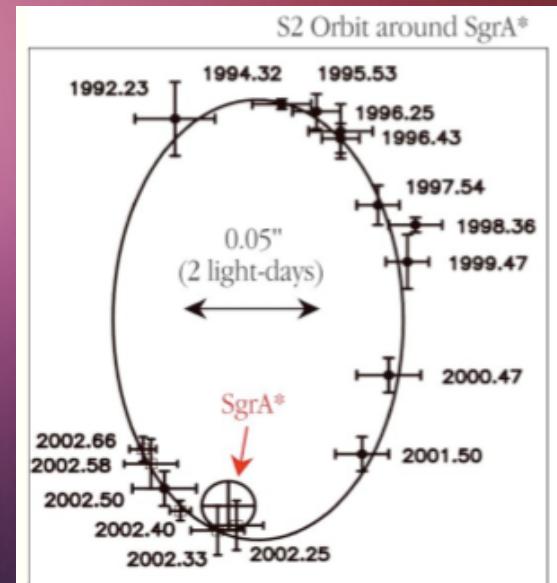


4) Les trous noirs supermassifs



4) Les trous noirs supermassifs

- ♦ Le centre de la Voie Lactée
 - ♦ On a découvert une forte émission de rayonnement infrarouge en direction de celui-ci.
 - ♦ On a calculé que ce centre galactique doit avoir une masse énorme dans un volume limité.
 - ♦ On aurait donc bien affaire à un trou noir gigantesque !

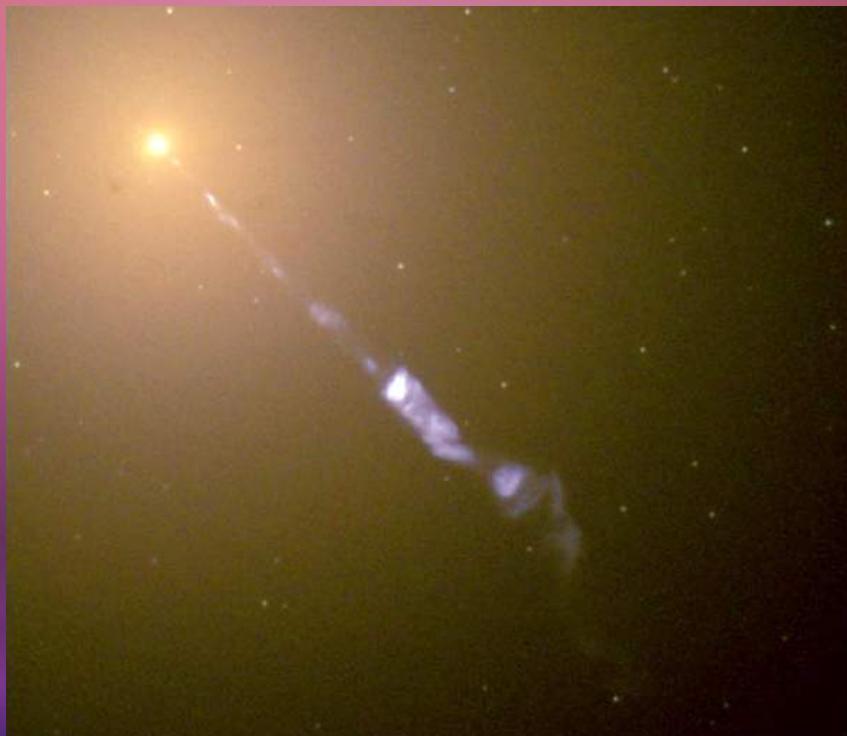


4) Les trous noirs supermassifs

- ◆ Et dans les autres galaxies ?
 - ◆ On a découvert que la plupart des autres galaxies possèdent aussi un trou noir supermassif en leur centre !
 - ◆ L'origine de ces trous noirs (qui ne proviennent pas de la mort d'une étoile) est encore mal comprise par les astronomes.
- ◆ Quelques mots sur les galaxies actives
 - ◆ Une galaxie active est une galaxie qui émet d'importants rayonnements depuis son centre.
 - ◆ Quelques exemples...

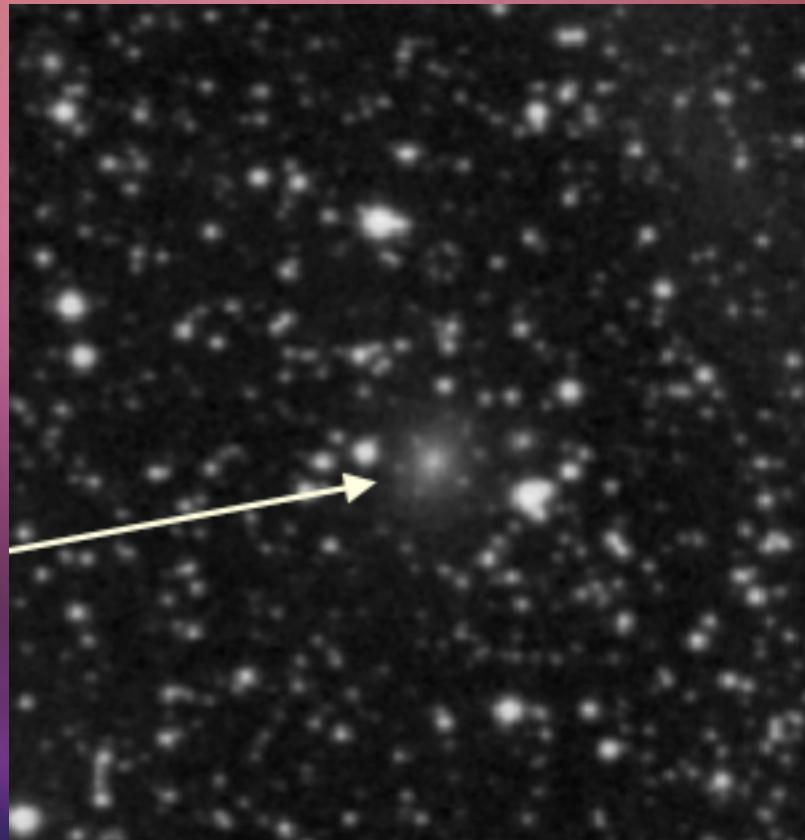
4) Les trous noirs supermassifs

◆ M87



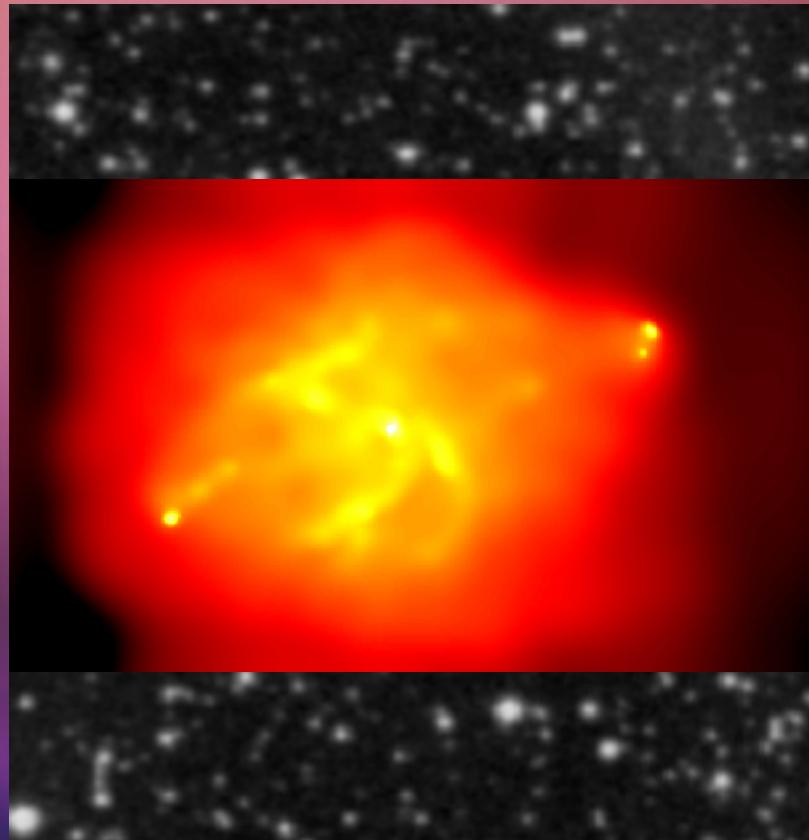
4) Les trous noirs supermassifs

- ◆ Cygnus A



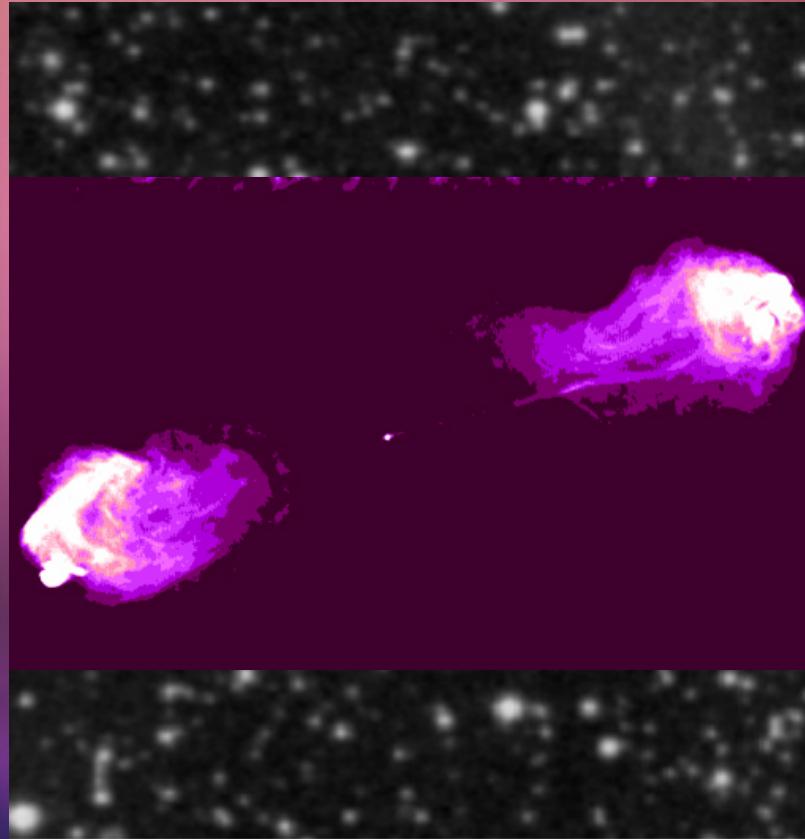
4) Les trous noirs supermassifs

- ◆ Cygnus A



4) Les trous noirs supermassifs

- ◆ Cygnus A



4) Les trous noirs supermassifs

- ◆ Centaurus A



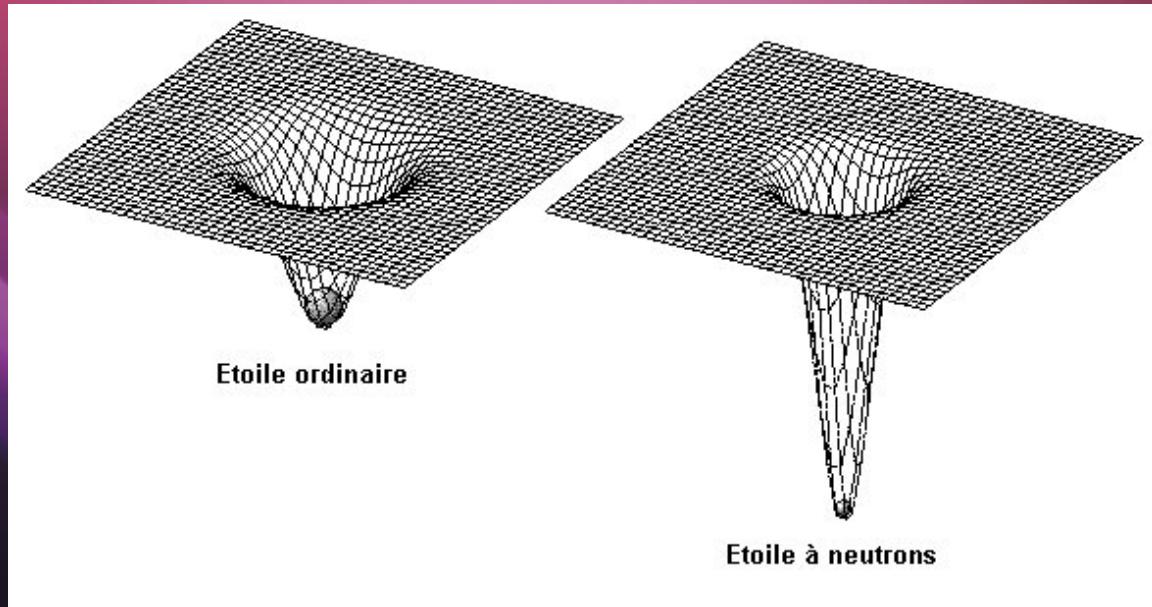
4) Les trous noirs supermassifs

- ◆ Centaurus A



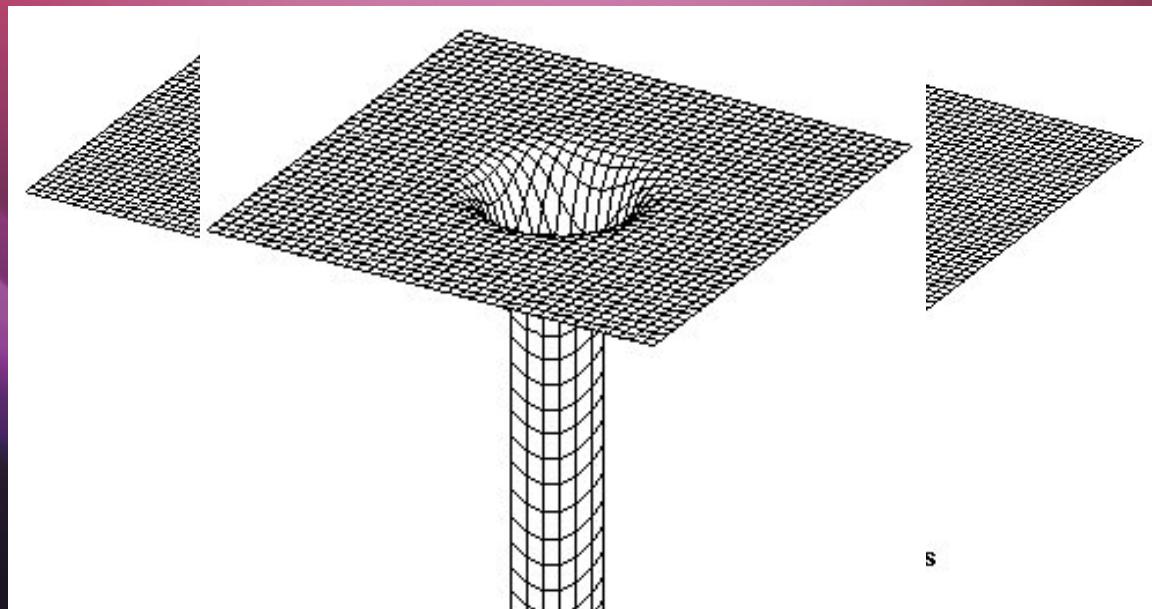
5) Trou noir et relativité

- ◆ Selon Newton, tous les objets s'attirent entre eux du fait de leur masse (forces gravitationnelles)
- ◆ Einstein va plus loin et voit la gravitation comme une distorsion de l'espace-temps.



5) Trou noir et relativité

- ◆ Selon Newton, tous les objets s'attirent entre eux du fait de leur masse (forces gravitationnelles)
- ◆ Einstein va plus loin et voit la gravitation comme une distorsion de l'espace-temps.



5) Trou noir et relativité

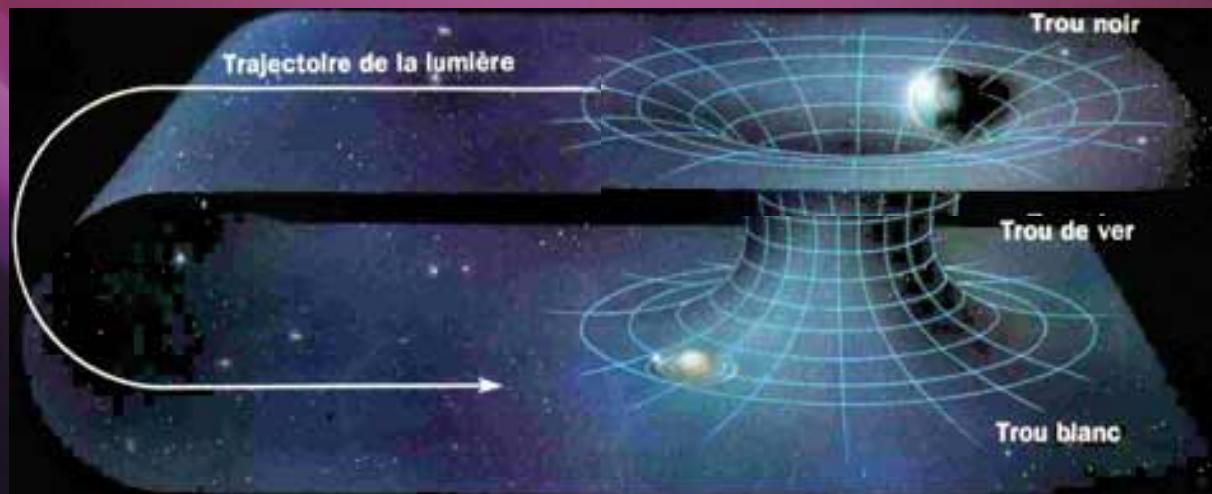
- ◆ Que se passerait-il si une fusée imprudente venait à tomber dans un trou noir ?
 - ◆ Si l'on observe cette fusée depuis la Terre, on la verrait ralentir à l'approche du trou noir, et l'atteindre en un temps infini.
 - ◆ Si l'on est dans la fusée, en théorie on devrait accélérer jusqu'à tomber sur la singularité.
 - ◆ Mais les forces de marée auraient déjà disloqué la fusée !
 - ◆ Remarque : si l'on était dans la fusée, rien de particulier ne se passerait lors du passage à l'intérieur de rayon de Schwarzschild.

5) Trou noir et relativité

- ♦ Un trou noir déforme donc l'espace, mais aussi le temps !
 - ♦ Imaginons 2 fusées, A et B, qui passent à proximité d'un trou noir (sans s'y faire capturer).
 - ♦ Si la fusée B passe plus près du trou noir que la fusée A, à l'arrivée les passagers de la fusée B auront moins vieilli que ceux de la fusée A !

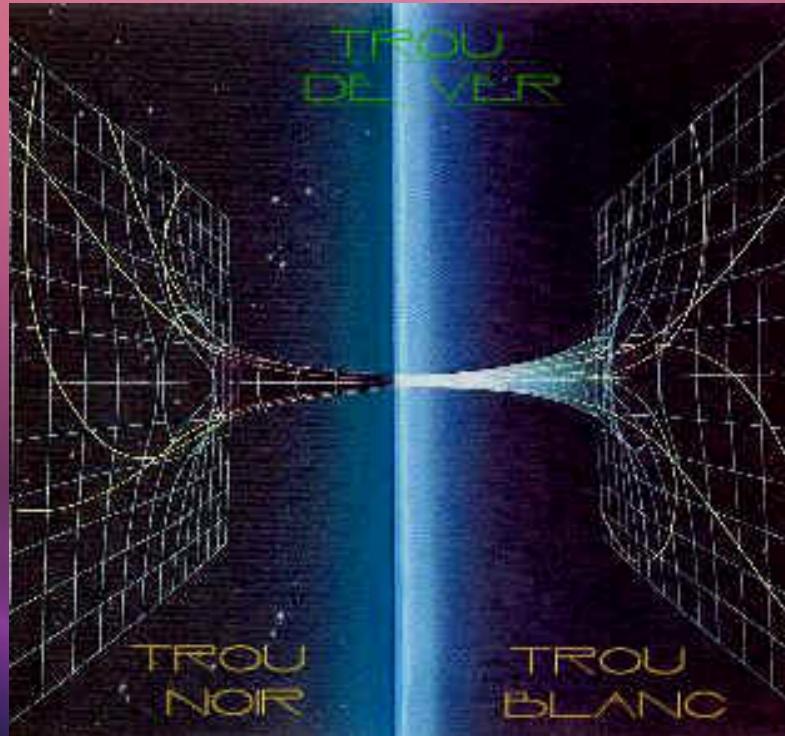
6) Un peu de science-fiction...

- ◆ Attention ! Tout ce qui va être dit ici ne sont que des hypothèses !
- ◆ Nous avons vu qu'un trou noir créait un « trou » dans l'espace-temps.
- ◆ Se pourrait-il que ce « trou » se referme dans une autre région de l'univers ?



6) Un peu de science-fiction...

- ◆ ... Ou bien qu'il aboutisse dans un autre univers ?



6) Un peu de science-fiction...

- ◆ En théorie c'est possible !
- ◆ Problème : personne n'a encore découvert un « trou blanc ».
- ◆ Troisième hypothèse : c'est un autre univers qui remplace la région centrale du trou noir.
- ◆ Et si notre univers était lui-même le centre d'un trou noir ??

Sources

- ◆ Marc Séguin et Benoît Villeneuve, *Astronomie et Astrophysique*, De Boeck, 2002
- ◆ Alain Jorissen, *La structure de l'univers*
- ◆ *Science & Vie* n° 1085 (février 2008)
- ◆ *Voyage à travers l'univers : les étoiles*, Time-Life, 1989