

Mise en évidence et caractéristiques d'un trou noir :

Sgr A* situé au centre de la Voie Lactée



D'après Suzanne et Michel FAYE, professeurs de Physique, F-HOU, Paris, France

Qu'est-ce qu'un trou noir ?

Dès 1796, l'idée de « trou noir » a été avancée par John Michell et Pierre-Simon de Laplace.

Ce dernier écrit dans son *Exposition du Système du Monde* :

« Un astre lumineux, de la même densité que la Terre, et dont le diamètre serait 250 fois plus grand que le Soleil, ne permettrait, en vertu de son attraction, à aucun de ses rayons de parvenir jusqu'à nous. Il est dès lors possible que les plus grands corps lumineux de l'univers puissent, par cette cause, être invisibles. »

Trou noir = corps massif dont ne peuvent s'échapper ni matière, ni lumière.

Horizon du trou noir = Rayon du trou noir



Où trouve-t-on des trous noirs ?

Trou noir stellaire

Fin de vie d'une étoile de
masse $M_{\text{étoile}} > 8 M_{\text{Soleil}}$
et de résidu de masse

$$M_{\text{résidu}} > 3 M_{\text{Soleil}}$$

Trou noir supermassif

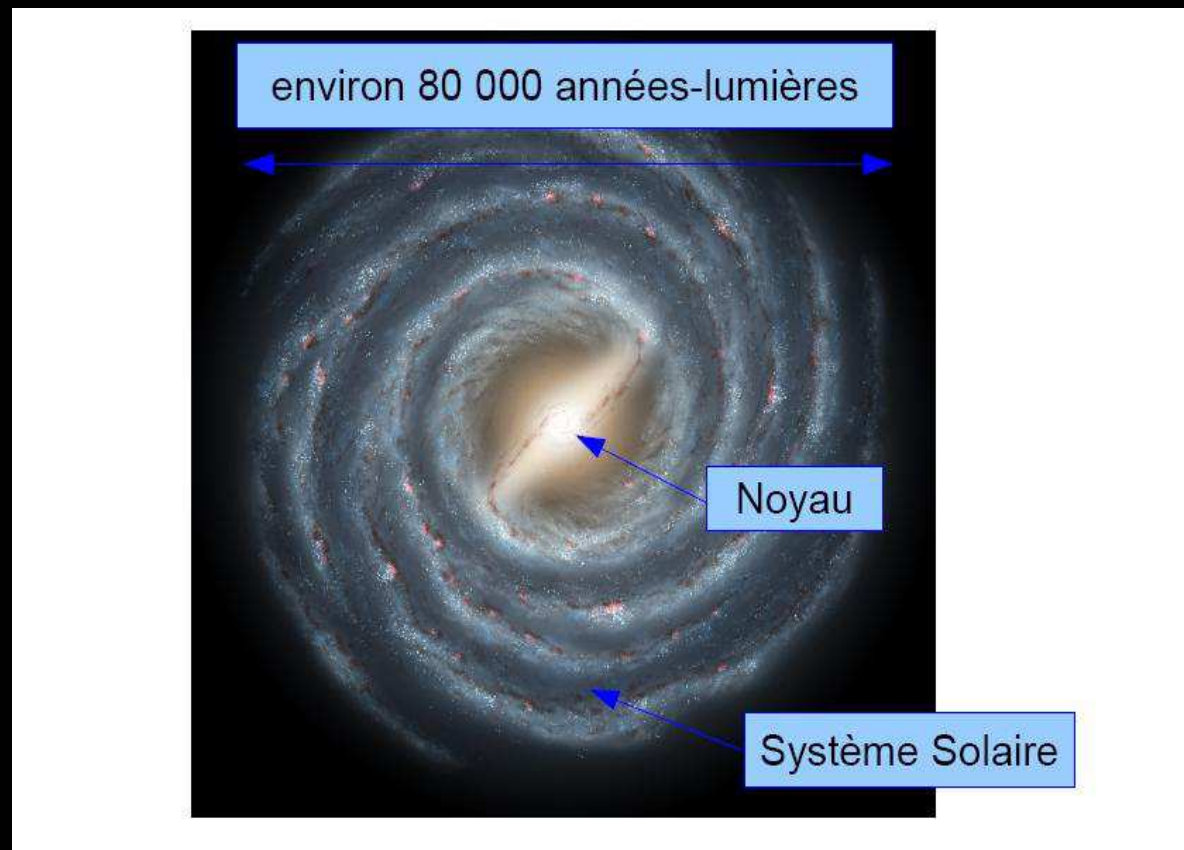
Cœur des galaxies (résidu
du Big Bang), leur masse
atteint quelques $10^6 M_{\text{Soleil}}$

Constitution de notre galaxie

La Voie Lactée, bande blanchâtre que l'on peut voir les nuits de ciel étoilé, est notre galaxie.

Elle est constituée d'environ 100 milliards d'étoiles et de nombreux nuages de gaz.

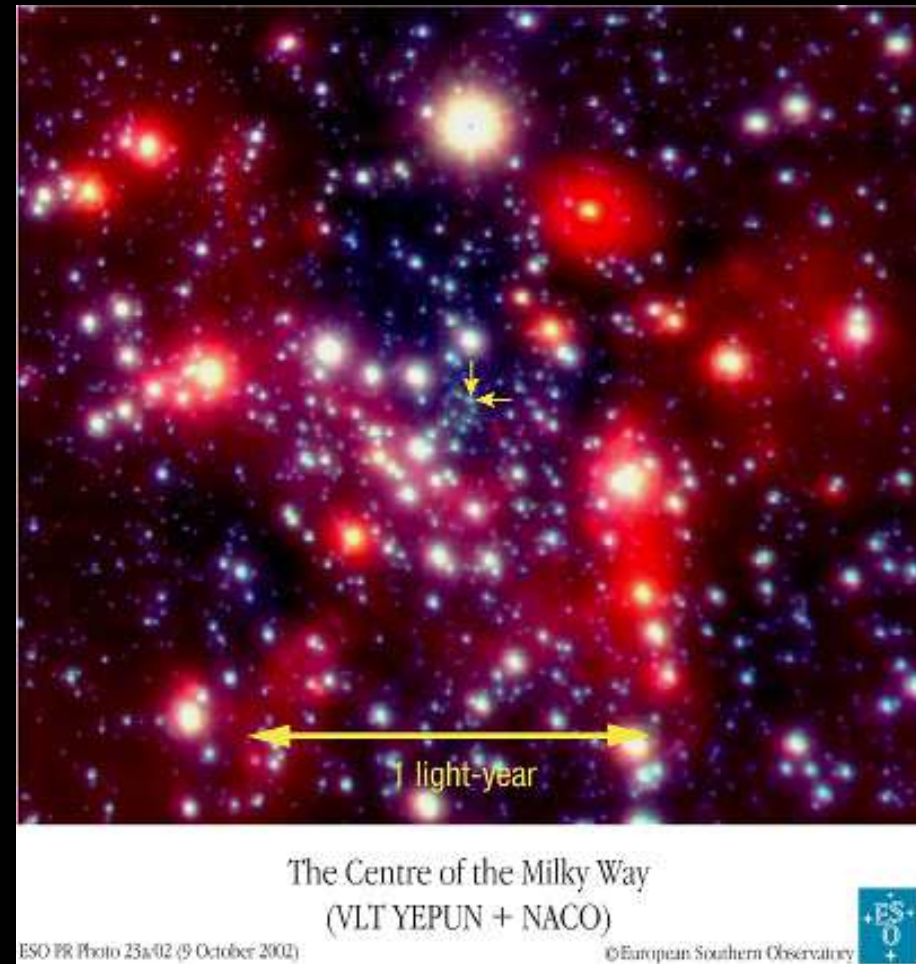
Sa forme est un disque d'environ 80000 années-lumière de diamètre comportant un bulbe central, le noyau de la galaxie.



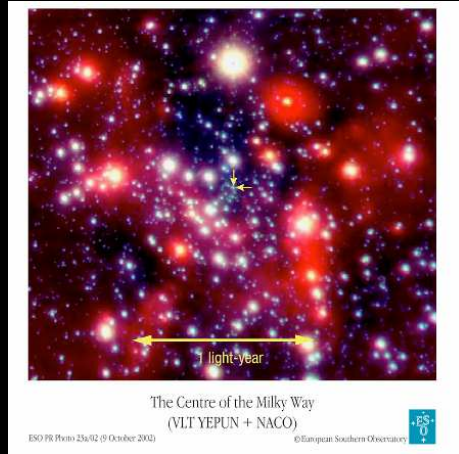
Le Système Solaire gravite en périphérie de la galaxie autour du noyau.

De nombreux nuages de gaz et de poussières compris entre nous et le noyau ont pendant longtemps empêché son observation directe.

Récemment, grâce à des caméras infrarouges de très haute résolution, on a pu observer directement le mouvement des étoiles proches du centre galactique, comme on peut le voir sur la photo ci-contre.

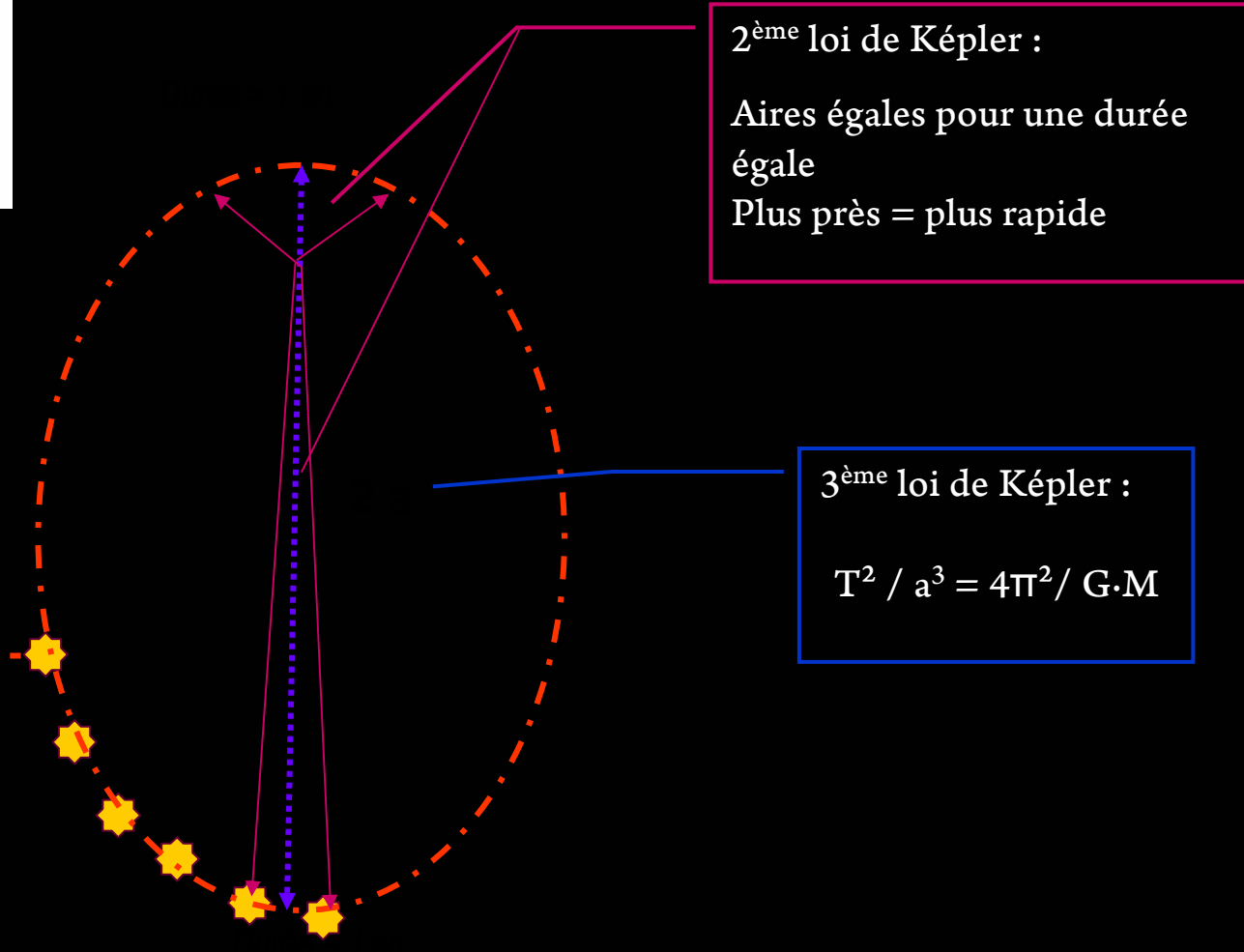


Les 3 lois de Képler



1^{ère} loi de Képler :

L'étoile décrit une ellipse autour du trou noir central



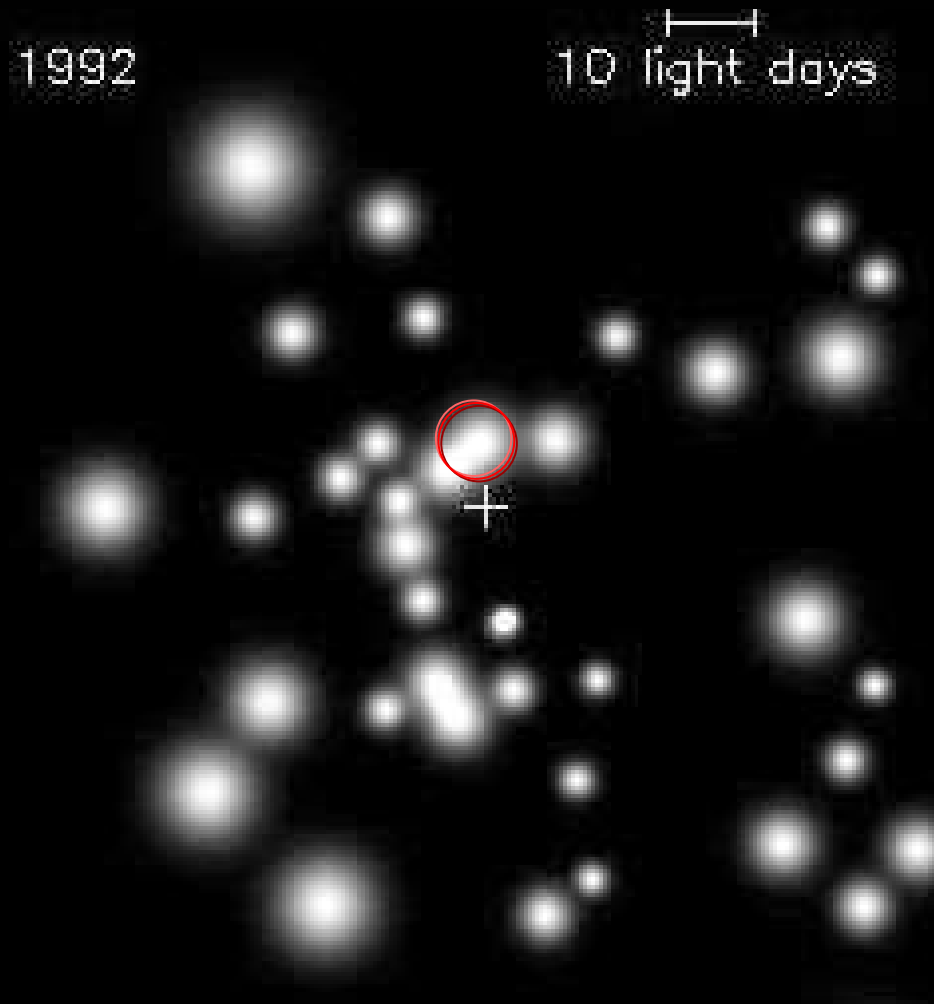
2^{ème} loi de Képler :

Aires égales pour une durée égale
Plus près = plus rapide

3^{ème} loi de Képler :

$$T^2 / a^3 = 4\pi^2 / G \cdot M$$

1. Pointage des positions de l'étoile intéressante



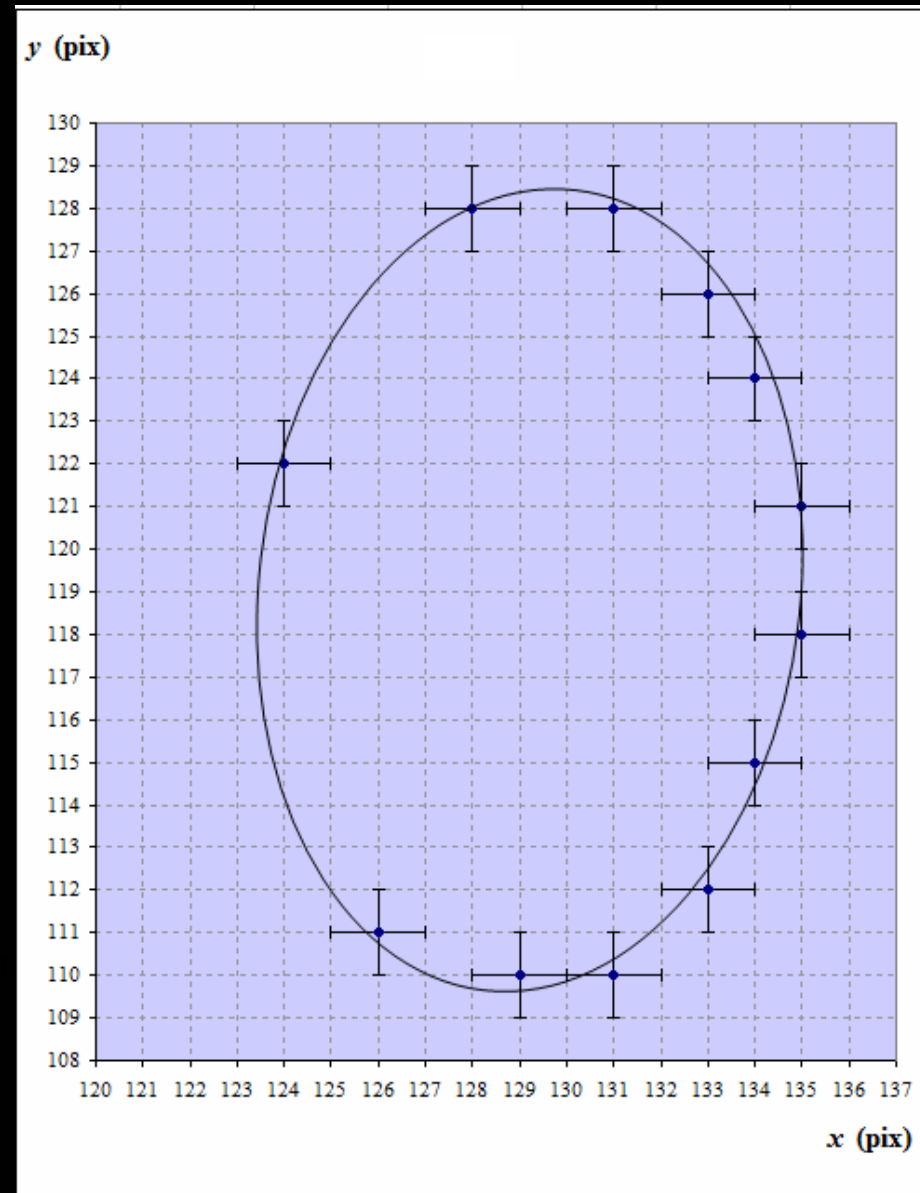
1. Pointage des positions de l'étoile intéressante

- Ouvrir les 12 images avec le logiciel *Paint.net*
- Pour chacune des images, noter la position de l'étoile intéressante (en pixels)
- Noter les coordonnées de l'étoile ainsi que la date de l'image correspondante dans un fichier Excel

	A	B	C
1	Date	Abs	Ord
2	1992	100	111
3	1993	100	100
4	1995	100	100
5	1997	100	100
6	1997,6	100	100
7	2000	100	100
8	2000,6	100	100
9	2001	100	100
10	2001,5	100	100
11	2002	100	100
12	2002,2	100	100
13	2002,9	100	100

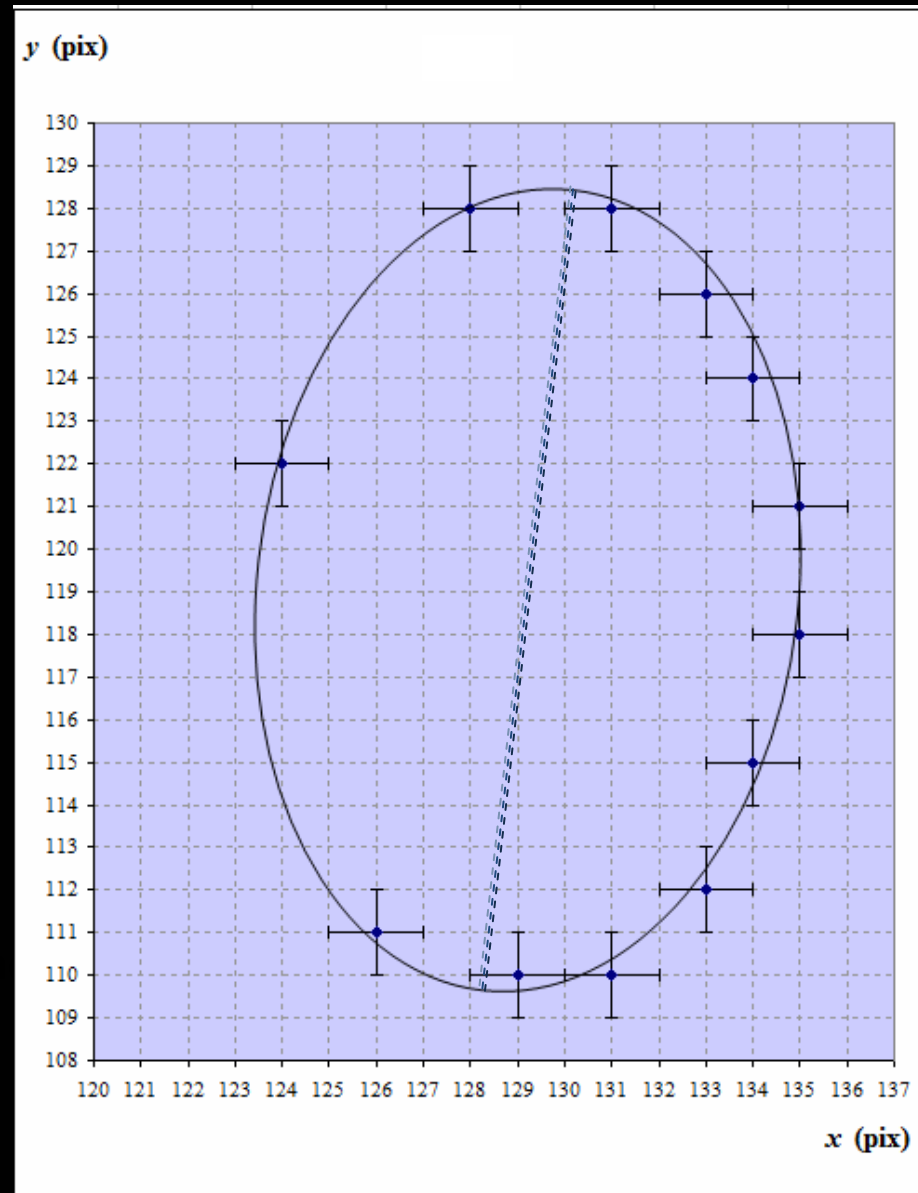
2. Tracé de la trajectoire de l'étoile

- Afficher le graphique montrant la trajectoire de l'étoile.
- Étirer le graphique pour qu'il soit orthonomé (à vue d'œil).
- Avec l'outil dessin tracer l'ellipse qui passe au plus près de tous les points.
- Si certains points paraissent très en dehors de l'ellipse, vérifier votre pointage.



3. Exploitation (1)

- Où se trouve le trou noir sur les photos ?
- Estimer la longueur du grand axe de l'ellipse en pixels.



3. Exploitation

👉 Toute cette partie ne doit se faire qu'avec le tableur !

Suivre l'exemple ci-contre : les grandeurs sont à entrer manuellement dans les cases bleues. Les cases jaunes doivent contenir une formule permettant leur calcul, dans les unités indiquées

- En vous servant de l'échelle des photos, calculer la longueur du demi grand axe.
- En déduire une estimation de la masse du trou noir grâce à la 3^{ème} loi de Kepler.
- La comparer à la masse du Soleil ($2 \cdot 10^{30}$ kg)

axe ellipse		pix	
a		m	
T		ans	
		s	
G	6,67E-11	SI	
M trou noir		kg	
M soleil	1,99E+30	kg	
M trou noir		$\times 10^6$ M soleil	

A. Eckart and R. Genzel

Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik, Giessenbachstraße, D-8046, Garching bei München, Germany

Accepted 1996 September 9. Received 1996 September 6; in original form 1996 August 6

ABSTRACT

We report the first results of a programme to measure proper motions of stars in the innermost core of the Galaxy. From high-resolution near-infrared imaging over the last four years we have determined proper motions for 39 stars between 0.03 and 0.3 pc from the compact radio source Sgr A*. For 19 of these the derived motions are more significant than 4σ in at least one coordinate. Proper motion and radial velocity dispersions are in very good agreement, indicating that the stellar velocity field on average is close to isotropic. Taking radial and proper motion data together the dynamic evidence is now strong that there is a $2.45 (\pm 0.4) \times 10^6 M_\odot$ central dark mass located within ≤ 0.015 pc of Sgr A*. Its mass density is at least $6.5 \times 10^9 M_\odot \text{pc}^{-3}$, excluding the fact that the central mass concentration is in form of a compact white dwarf or neutron star cluster. In addition, we have detected significant changes in the structure of the innermost complex of stars in the immediate vicinity of Sgr A*, implying in at least one case stellar motions of $\geq 1500 \text{ km s}^{-1}$ within ~ 0.01 pc of the compact radio source. Including this preliminary evidence, the inferred density of the central dark mass would then have to be in excess of $10^{12} M_\odot \text{pc}^{-3}$, implying that the central mass concentration is probably a single massive black hole.

Key words: astrometry – stars: fundamental parameters – stars: imaging – Galaxy: centre – infrared: general.