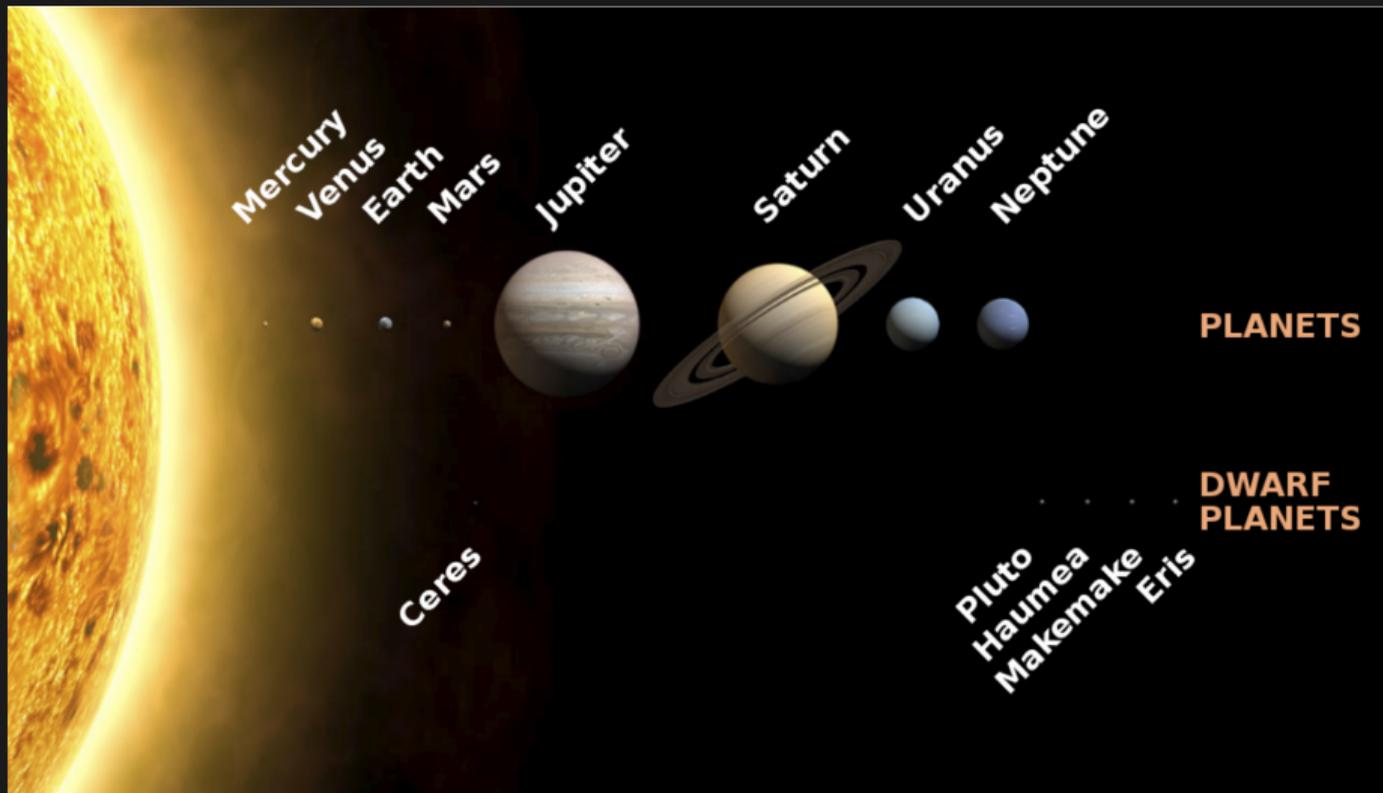


MEDITES: photométrie et exoplanètes

franz.martinache@oca.eu

22 mars 2018

Le système Solaire



(crédit: Wikipedia)

Les planètes étalons

Modèle de planète rocheuse:



Masse	$1 M_E$
Distance	1 UA

- $1 \text{ UA} = 150 \times 10^6 \text{ km}$
- $1 M_E = 6 \times 10^{24} \text{ kg}$

Modèle de planète gazeuse:



Masse	$1 M_J = 318 M_E$
Distance	5.2 UA

- $1 M_J = 1.9 \times 10^{27} \text{ kg}$

La Gravitation



(crédit: Georges Lucas)

Une Force mystique...

... qui "maintient la Galaxie en un tout unique". Cette force, c'est la Gravitation, évidemment!

La gravitation c'est une force exercée par toute chose sur tout ce qui l'entoure, et ne dépend que d'une seule propriété: **la masse.**

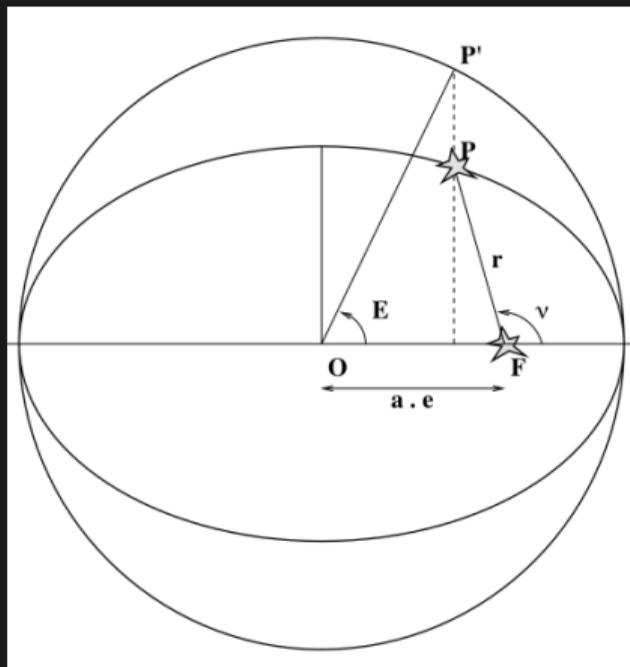
Les corps en chute libre?



(crédit: ESA)

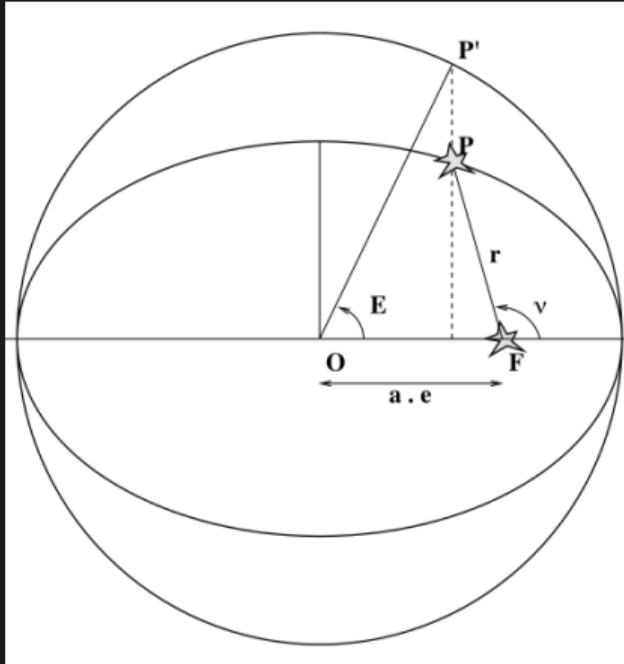
Pourquoi la Lune ne nous tombe t-elle pas dessus?

Les lois de Képler

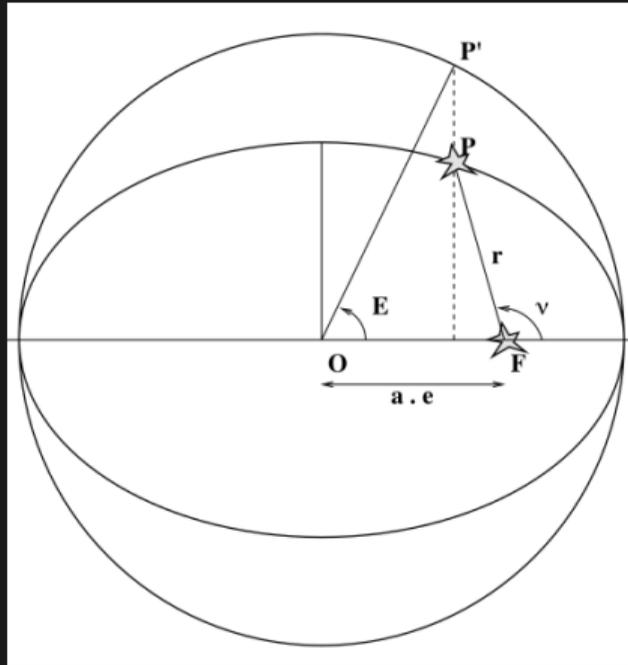


Les lois de Képler

- 1 Les planètes décrivent des trajectoires elliptiques, dont le Soleil occupe un des foyers.

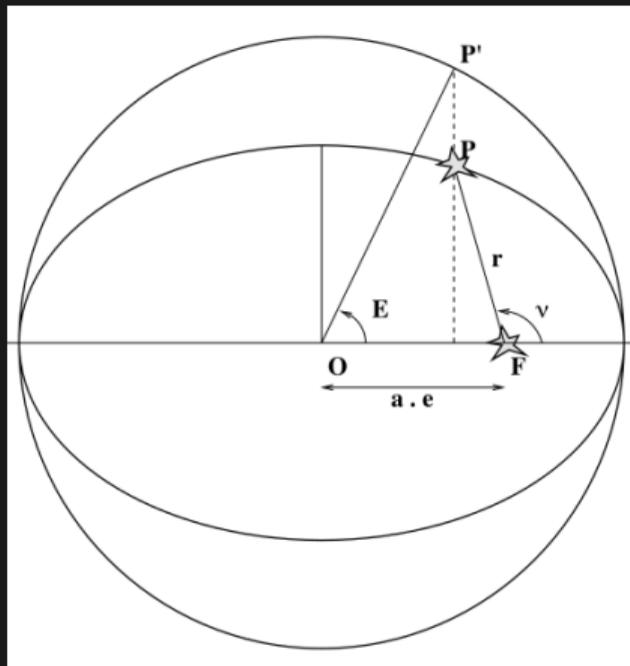


Les lois de Képler



- 1 Les planètes décrivent des trajectoires elliptiques, dont le Soleil occupe un des foyers.
- 2 Des aires égales sont balayées dans des temps égaux. (compliqué: on oublie)

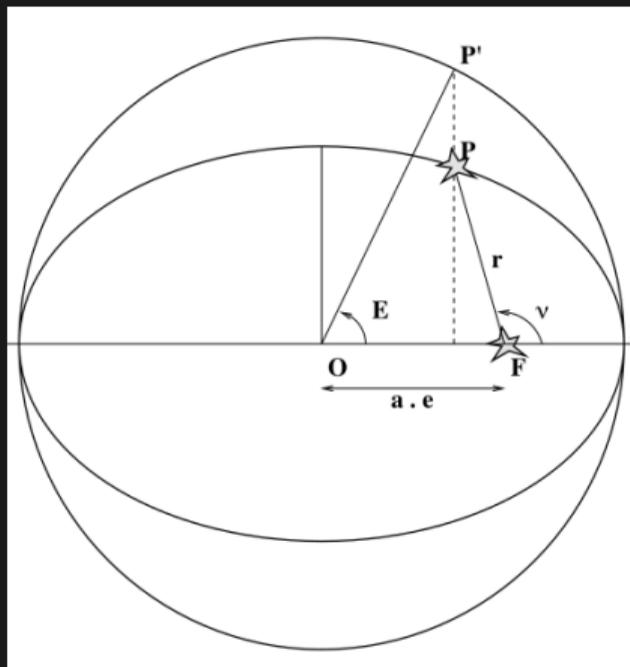
Les lois de Képler



- 1 Les planètes décrivent des trajectoires elliptiques, dont le Soleil occupe un des foyers.
- 2 Des aires égales sont balayées dans des temps égaux. (compliqué: on oublie)
- 3 Loi des périodes:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M + m)}$$

Les lois de Képler



- 1 Les planètes décrivent des trajectoires elliptiques, dont le Soleil occupe un des foyers.
- 2 Des aires égales sont balayées dans des temps égaux. (compliqué: on oublie)
- 3 Loi des périodes:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M + m)}$$

Quelle horreur: une formule!

On a vu tout à l'heure: les planètes lointaines tournent moins vite. On peut tester la loi de Képler!

Propriétés des étoiles



Dans l'Antiquité



Hipparque (2 siècles avant
notre ère)

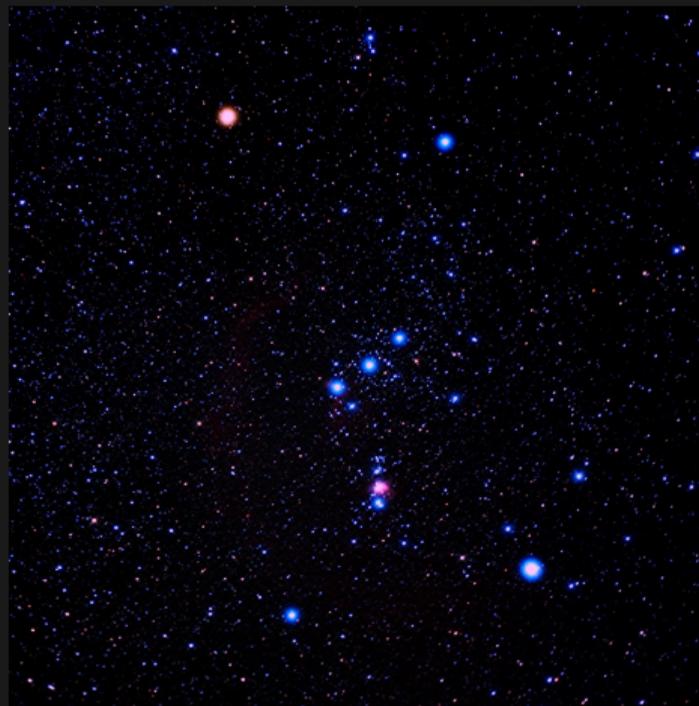
1^{er} catalogue d'étoiles

- étoiles visibles à l'oeil nu
- organisé par ordre de "grandeur"
- six ordres de grandeur
- les + brillantes: 1^{ere} grandeur
- les - brillantes: 6^{eme} grandeur

Maintenant, on parle de **magnitude**

Quelques objets brillants

Objet	Magnitude
Sirius (Canis Major)	-1.47
Véga (Lyra)	+0.03
Rigel (Orion)	+0.05
Bételgeuse (Orion)	+0.05
Altair (Aquila)	+0.77
Antarès (Scorpio)	+1.1
Vénus	-4.7
Jupiter	-2.9
Neptune	7.8
Pleine Lune	-12.6 !
Soleil	-26.7 !!!



Quelques objets brillants

Objet	Magnitude
Sirius (Canis Major)	-1.47
Véga (Lyra)	+0.03
Rigel (Orion)	+0.05
Bételgeuse (Orion)	+0.05
Altair (Aquila)	+0.77
Antarès (Scorpio)	+1.1
Vénus	-4.7
Jupiter	-2.9
Neptune	7.8
Pleine Lune	-12.6 !
Soleil	-26.7 !!!



A l'oeil nu: on s'arrête à la magnitude 6. **Trouvez l'intru**

Quelques objets brillants

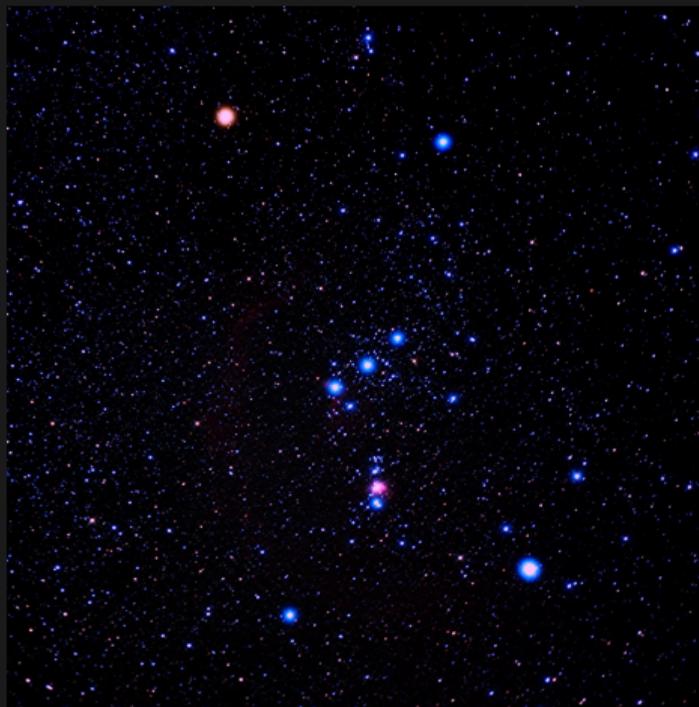
Objet	Magnitude
Sirius (Canis Major)	-1.47
Véga (Lyra)	+0.03
Rigel (Orion)	+0.05
Bételgeuse (Orion)	+0.05
Altaïr (Aquila)	+0.77
Antarès (Scorpio)	+1.1
Vénus	-4.7
Jupiter	-2.9
Neptune	7.8
Pleine Lune	-12.6 !
Soleil	-26.7 !!!



A l'oeil nu: on s'arrête à la magnitude 6. **Trouvez l'intru**
Avec des jumelles on atteint la magnitude 10.

Quelques objets brillants

Objet	Magnitude
Sirius (Canis Major)	-1.47
Véga (Lyra)	+0.03
Rigel (Orion)	+0.05
Bételgeuse (Orion)	+0.05
Altaïr (Aquila)	+0.77
Antarès (Scorpio)	+1.1
Vénus	-4.7
Jupiter	-2.9
Neptune	7.8
Pleine Lune	-12.6 !
Soleil	-26.7 !!!

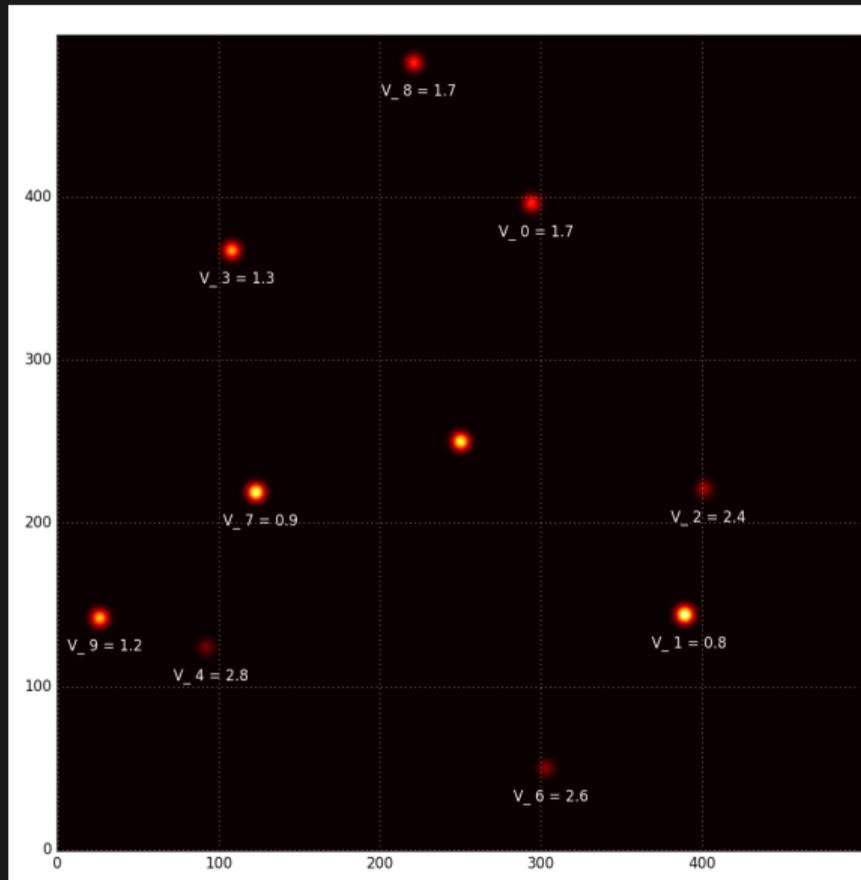


A l'oeil nu: on s'arrête à la magnitude 6. **Trouvez l'intru**

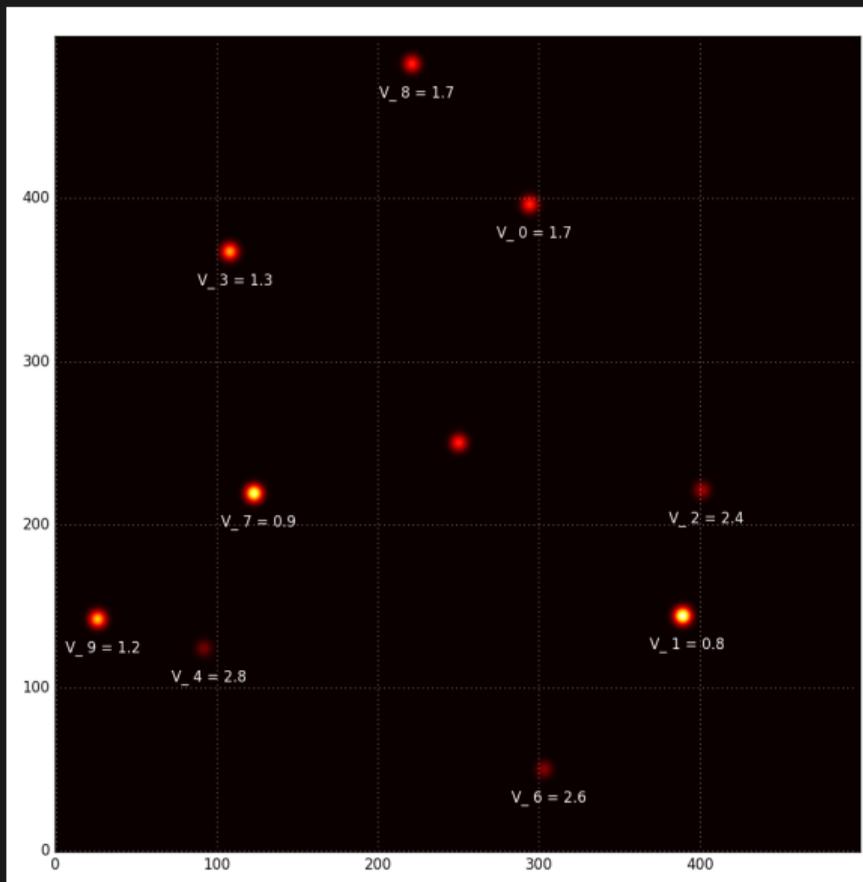
Avec des jumelles on atteint la magnitude 10.

Avec **Gaia**, on atteint la magnitude 20: **1 milliard d'étoiles!!**

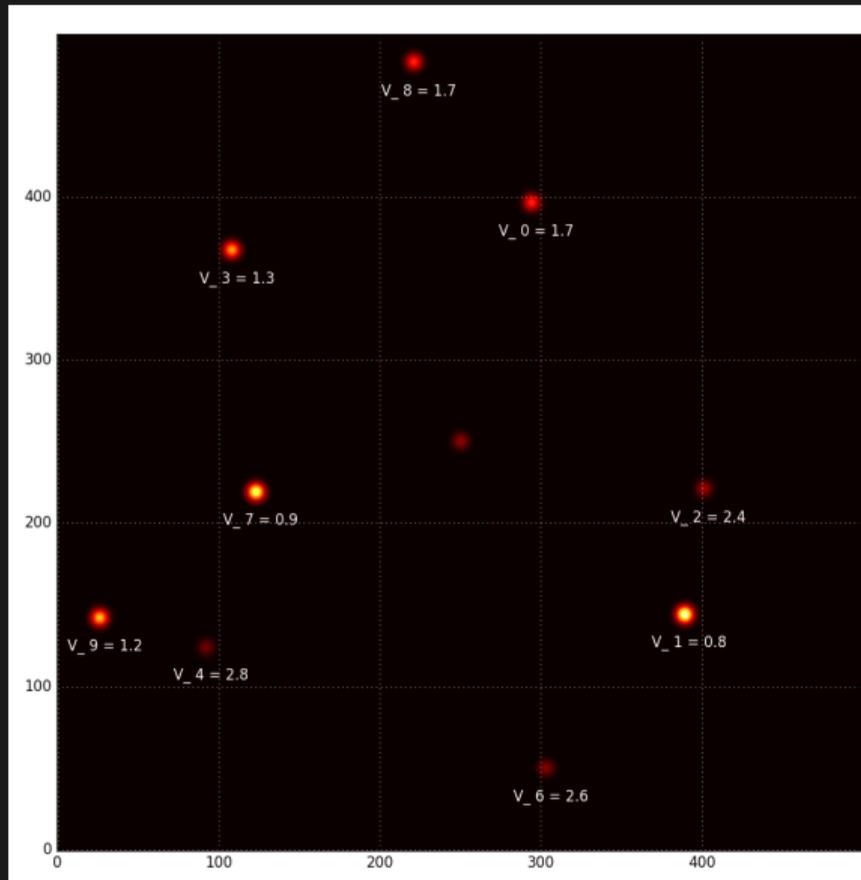
Challenge: estimer la magnitude



Challenge: estimer la magnitude



Challenge: estimer la magnitude



Exoplanète?



(crédit: Georges Lucas)

Exoplanète?



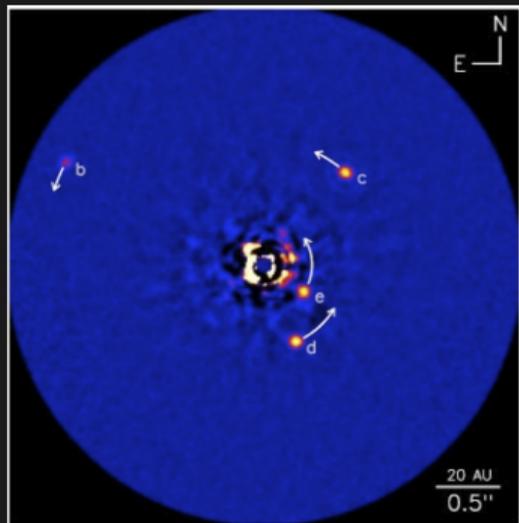
(crédit: Georges Lucas)

- une exoplanète, c'est une planète en dehors de notre système Solaire
- Tatooine: est une exoplanète fictive
- Vous en connaissez des vraies?

Comment chercher les planètes?

Comment chercher les planètes?

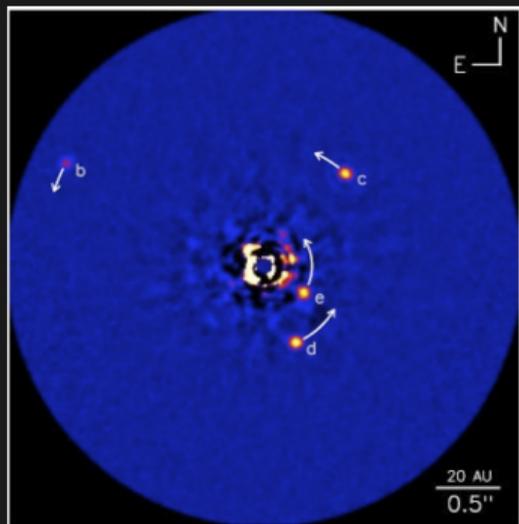
Imagerie!



ex: HR 8799
Très difficile!

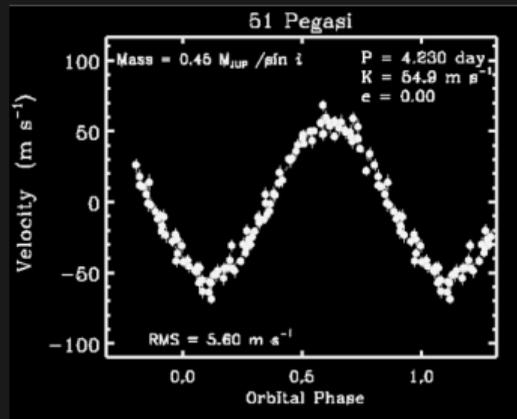
Comment chercher les planètes?

Imagerie!



ex: HR 8799
Très difficile!

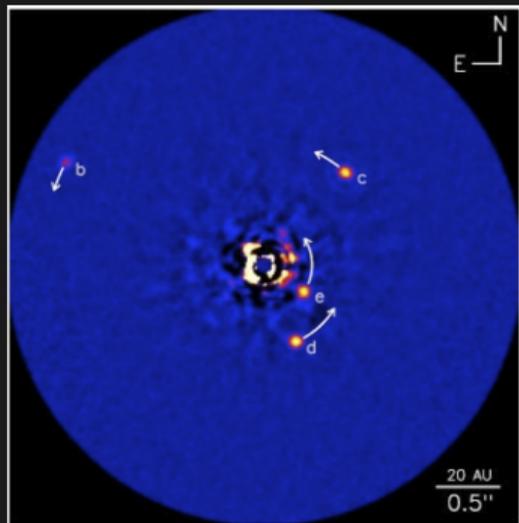
Vitesse radiale



ex: 51 Pegasi
Effet dynamique

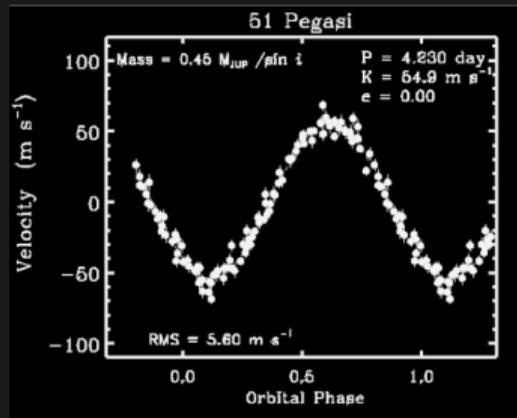
Comment chercher les planètes?

Imagerie!



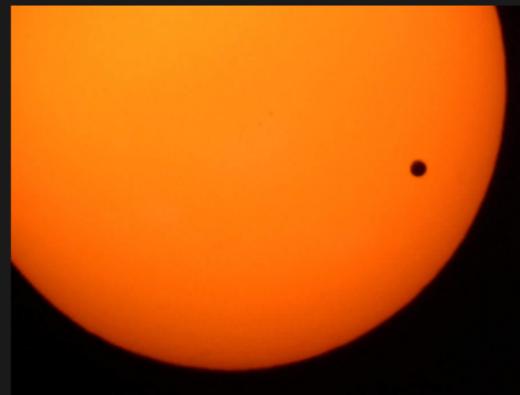
ex: HR 8799
Très difficile!

Vitesse radiale



ex: 51 Pegasi
Effet dynamique

Photométrie



(crédit: Olivier Batteux)

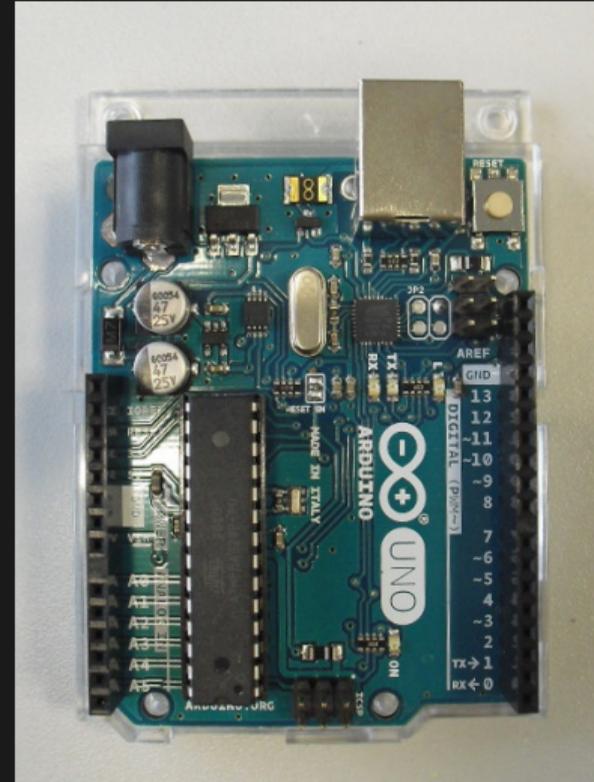
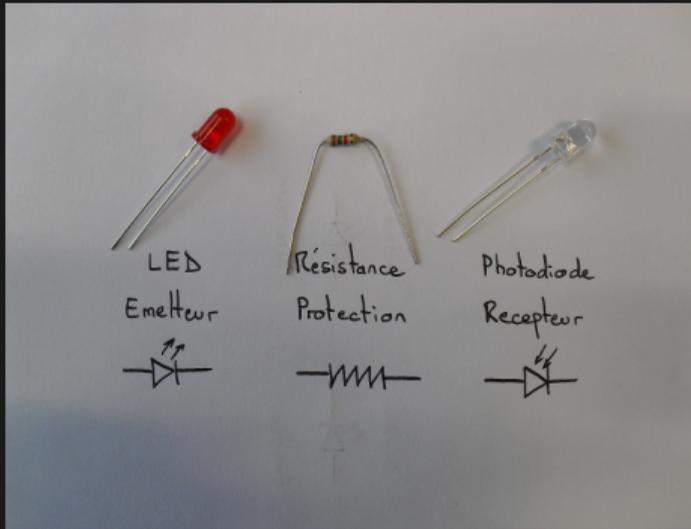
ex: HD 209458
Ombre de la planète.
Facile!

Observer un transit photométrique

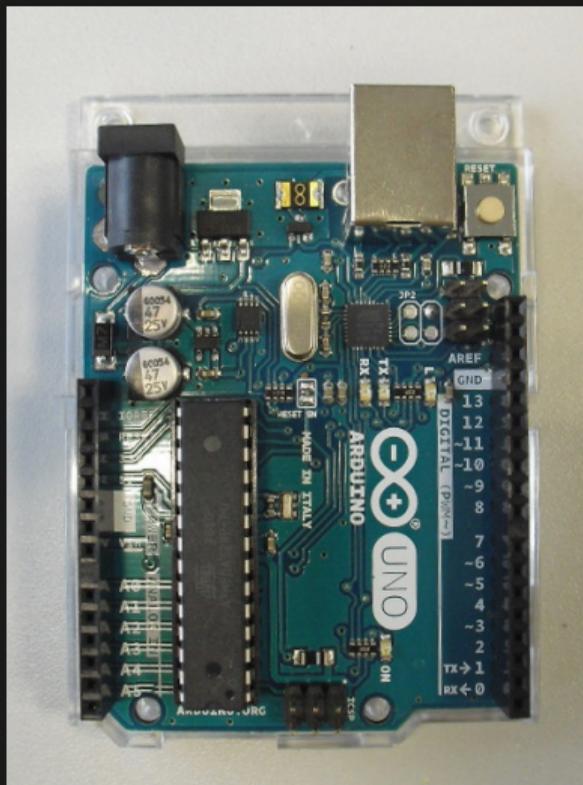
- Simuler un système étoile - planète
- Remplacer l'oeil par un capteur
- Connecter à une carte d'acquisition
- Echanger les données avec un ordinateur



Les éléments



Carte programmable Arduino



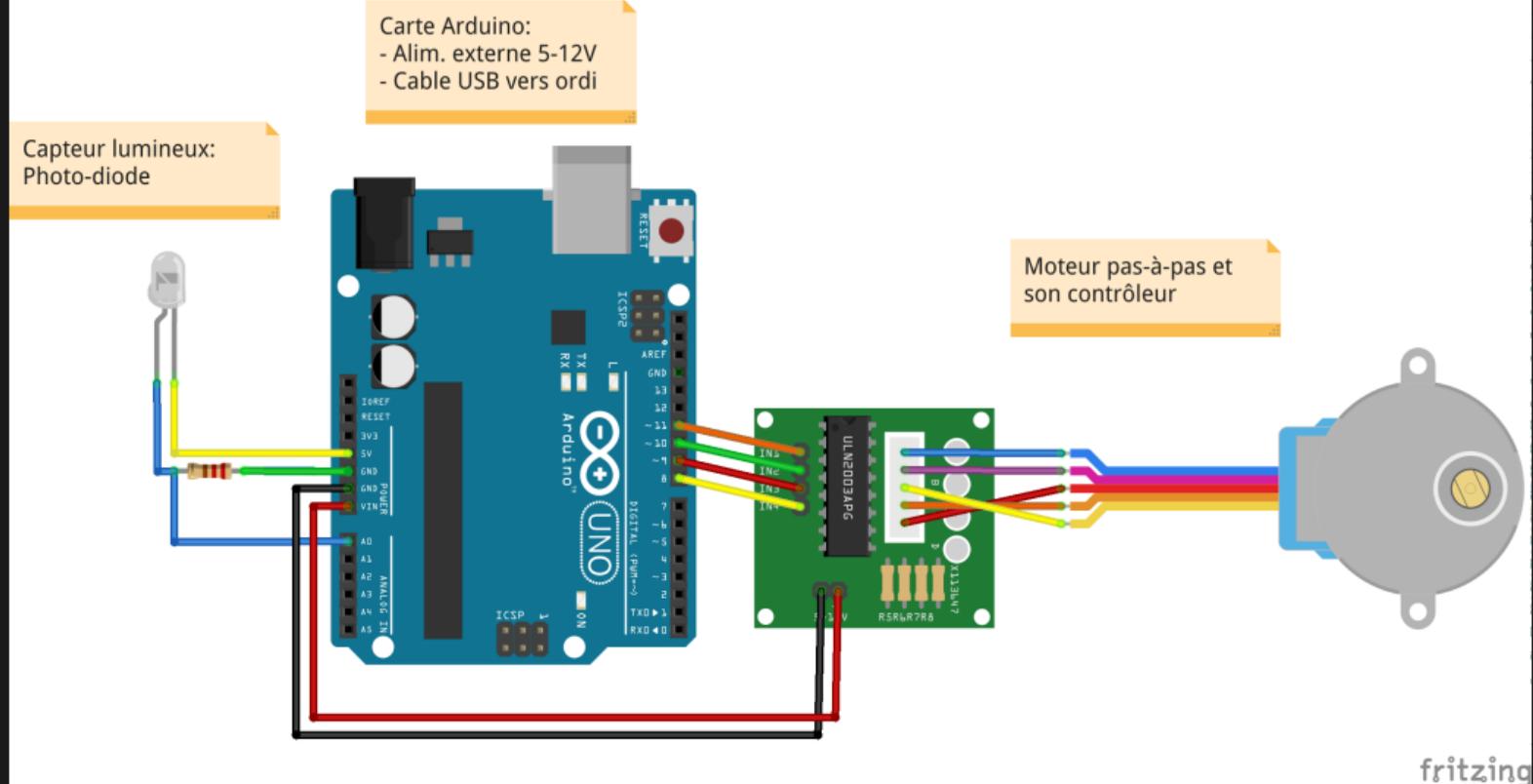
```
sketch_jan26a | Arduino 1.8.1
File Edit Sketch Tools Help
sketch_jan26a §
/*
 * Exemple de programme pour la carte Arduino!
 */

void setup() {
  // programme d'initialisation: exécuté une seule fois
}

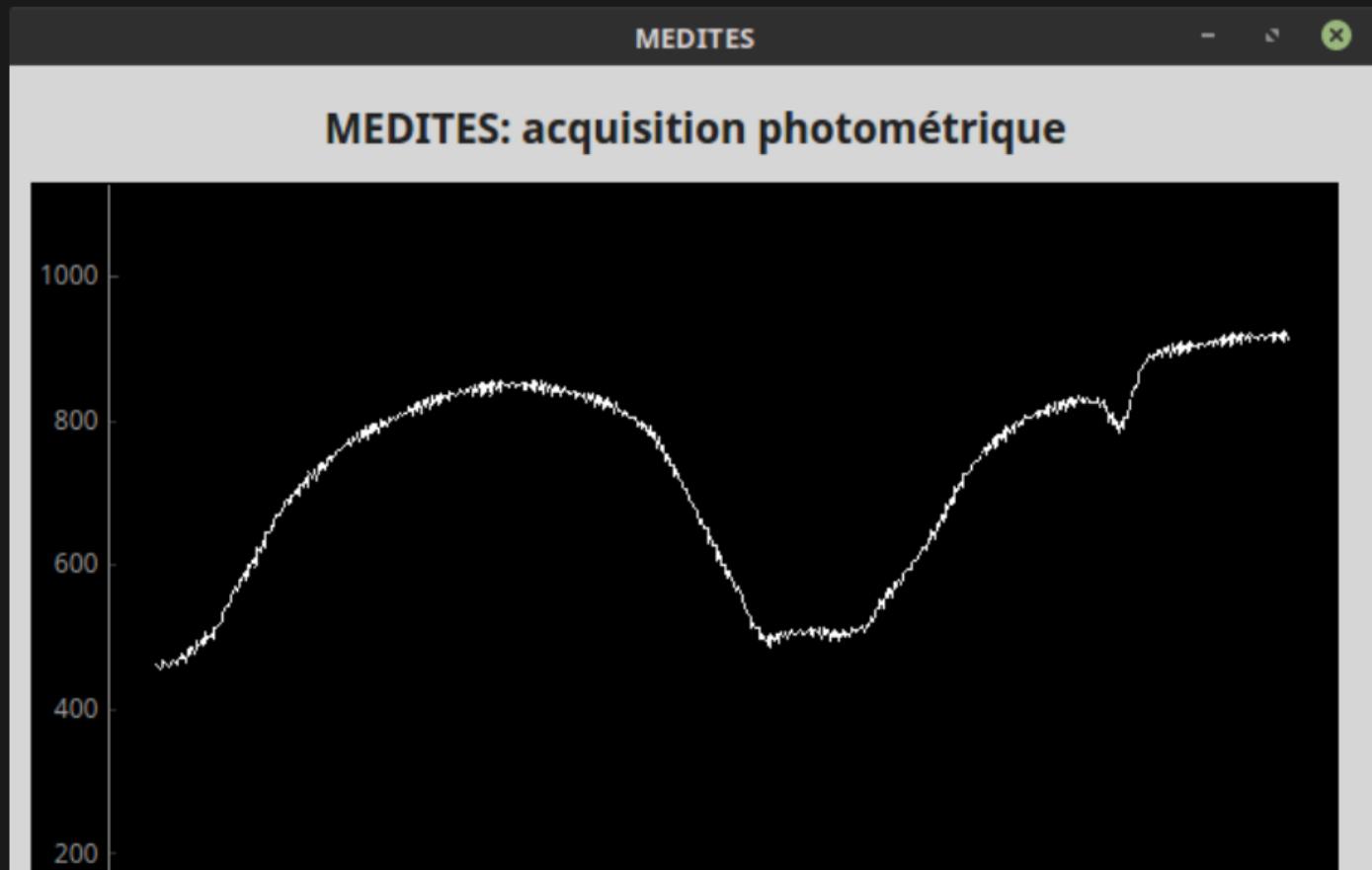
void loop() {
  // programme principal: tourne en boucle!
}
```

2 Arduino/Genuino Uno on /dev/ttyACM0

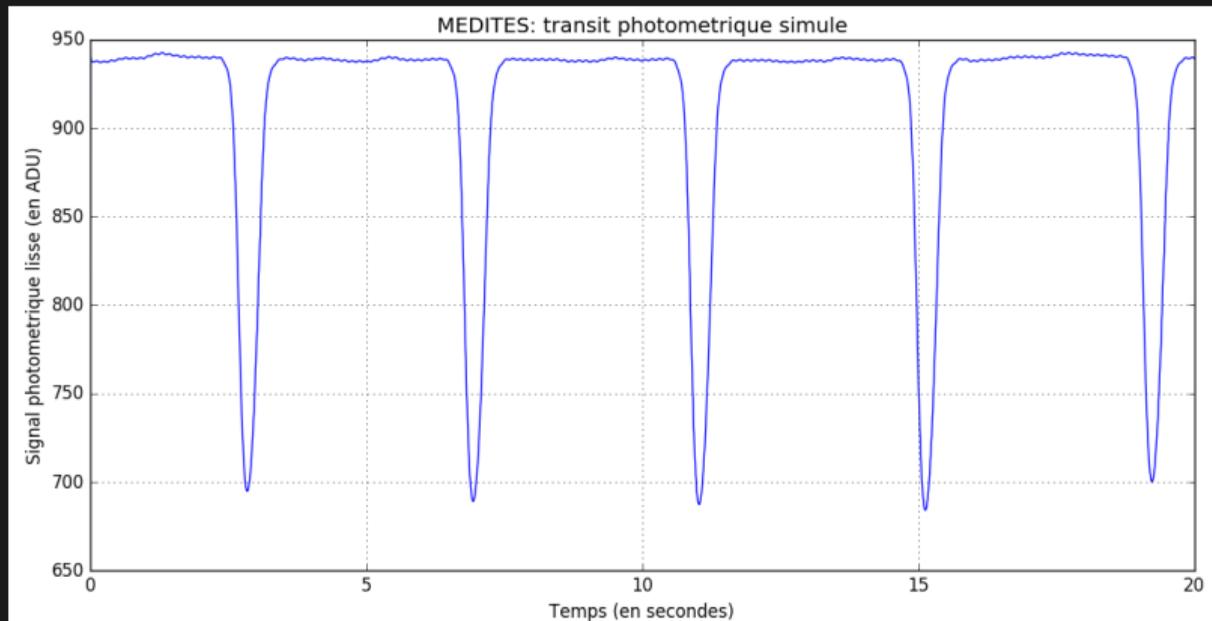
Montage électronique



Faire l'acquisition



Interpréter les données



```
from scipy.ndimage.filters import gaussian_filter as gf
data = np.loadtxt("enregistrement.log")
plt.plot(data[:,0]-data[0,0], gf(data[:,1], 11))
```

Pour aller plus loin

