A person in silhouette is walking away from the viewer in a dark space. The walls, floor, and ceiling are defined by glowing white lines that form a three-dimensional rectangular prism. The lighting is dramatic, with the person and the lines being the primary light sources against a black background.

# Le mouvement, révélateur du Cosmos

**Jérôme Perez**


Laboratoire de Mathématiques Appliquées  
Ensta ParisTech

L'univers

Les galaxies

Le système solaire

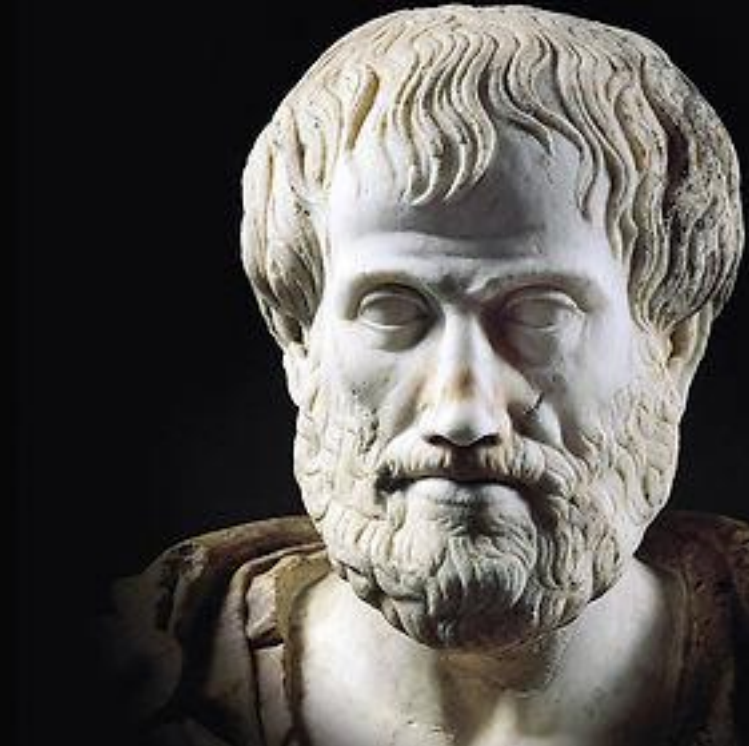
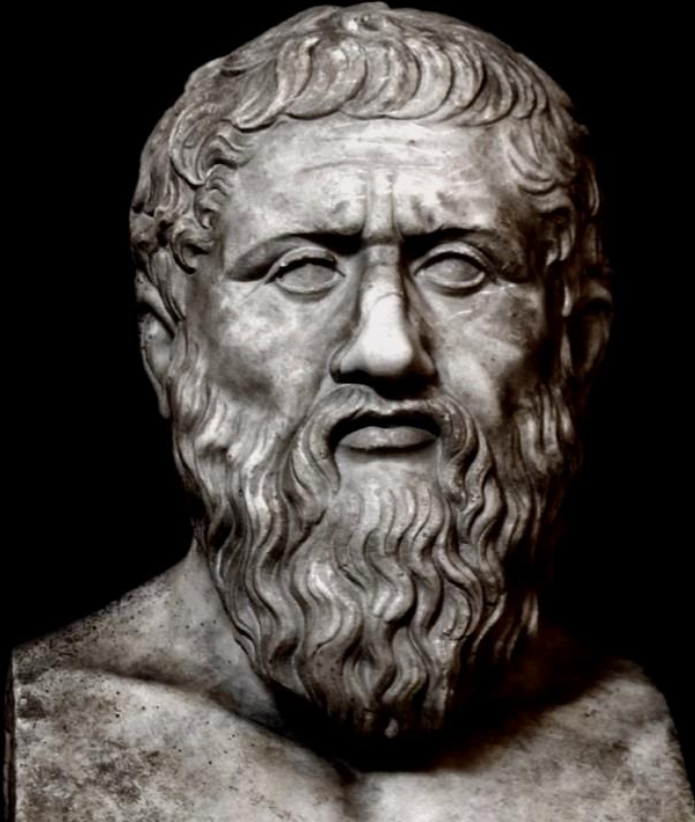




**Le mouvement,  
révélateur du système solaire !**



**Le mouvement des planètes est naturel !**

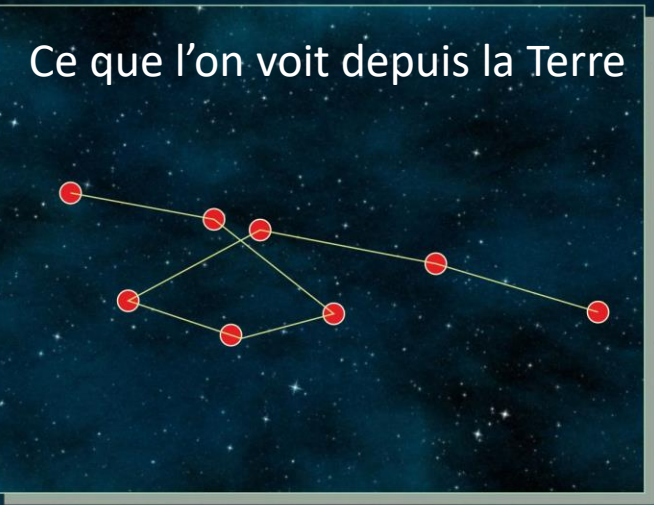
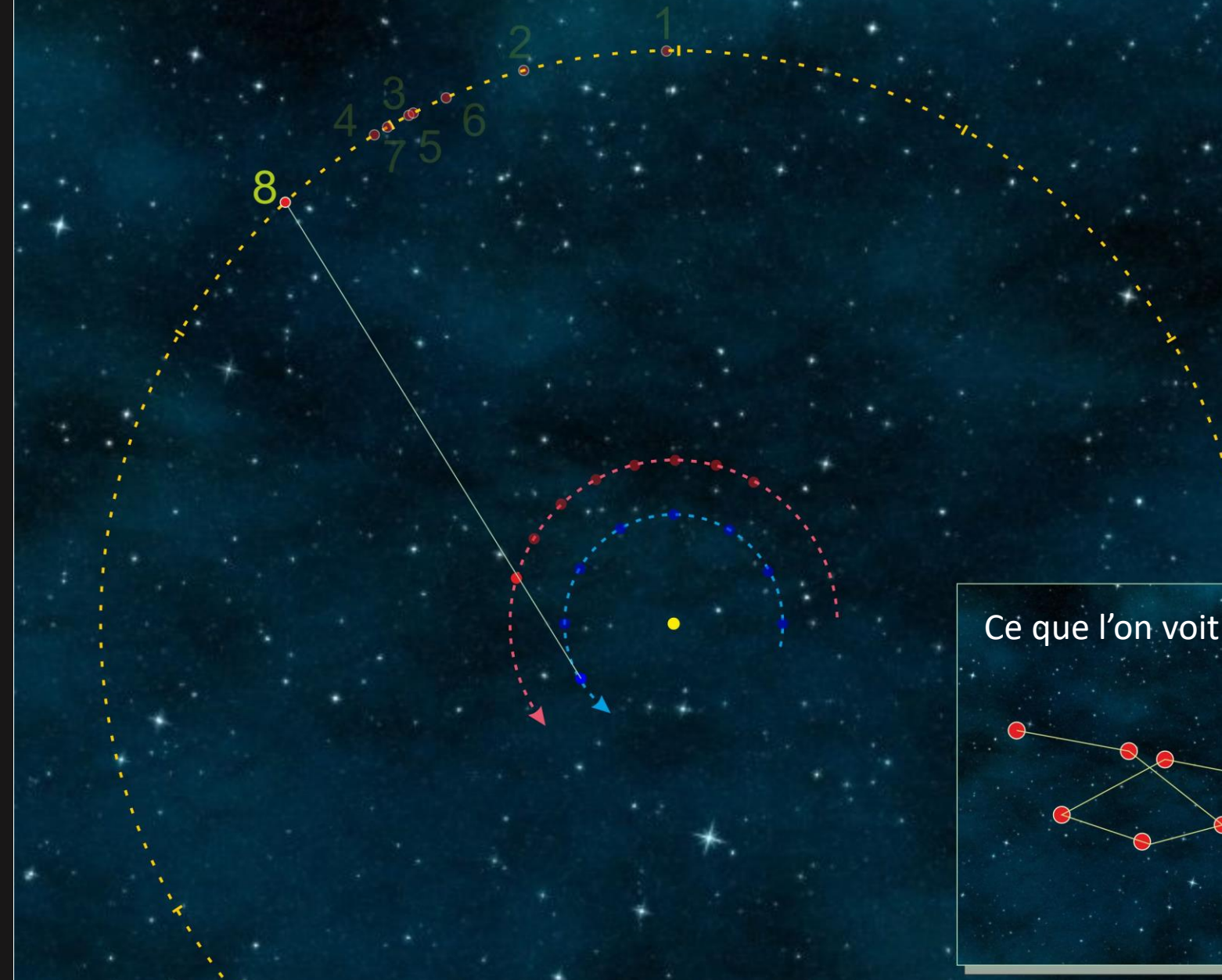


**Il est circulaire et géocentré.**

**12 constellations  
du zodiaque**

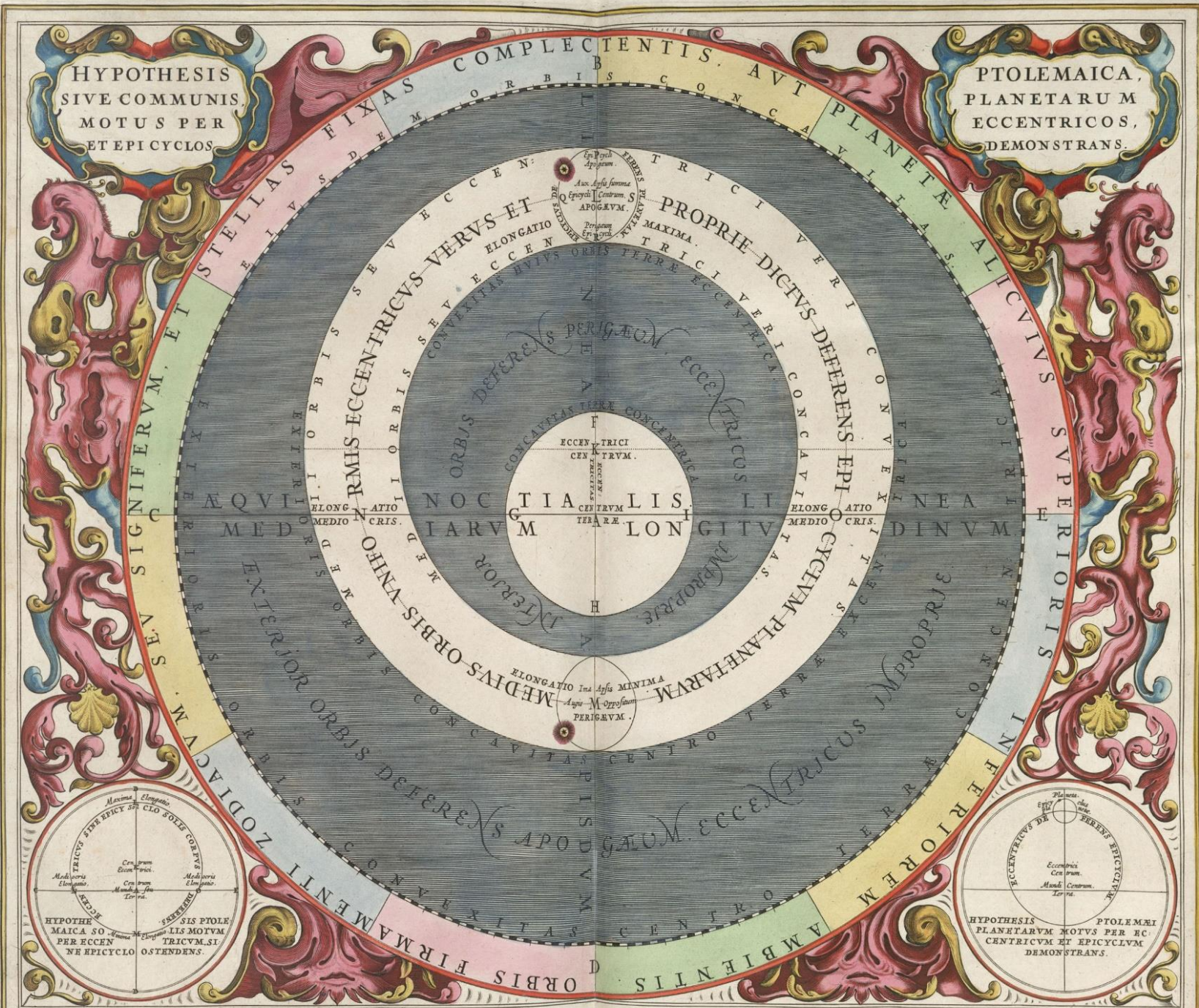
**Terre 1 tour en 1 an**

**Mars 1 tour 1,88 an**



Ce que l'on voit depuis le haut du système solaire









**En fait c'est un simple mouvement gravitationnel héliocentré**

Berlin, le 23 Sept. 1846

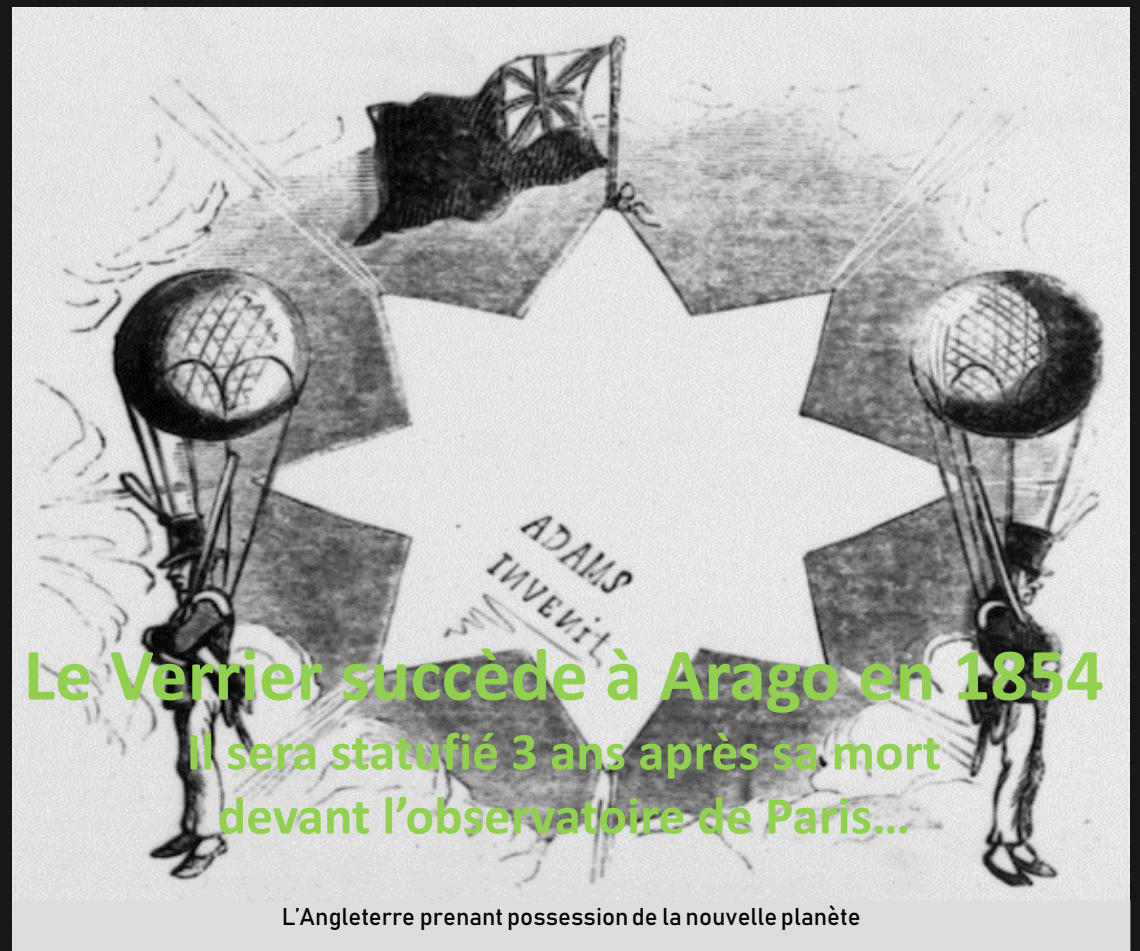
Monsieur,

La planète, dont vous avez signalé la position, réellement existe.  
Le même jour, où j'ai reçu votre lettre, je trouvais une étoile de 8<sup>me</sup> grandeur,  
qui n'était pas inscrite dans l'excellente carte Bora XXI (dessinée par M.  
le Dr Bremiker) de la collection de cartes célestes publiée par l'Académie  
Roy. de Berlin. L'observateur du jour suivant décida que c'était la planète cherchée.  
Nous l'avons comparée, M<sup>r</sup> Encke en moi, par la grande lunette de Fraunhofer  
avec une étoile de 9<sup>me</sup> grandeur (a) Bessel Zone 119.  $21^{\text{h}} 50^{\text{m}} 31^{\text{s}} 00 - 13^{\circ} 30' 7'' 9$   
et nous avons trouvé :

Temps moy. de Berlin  
Sept. 23.  $12^{\text{h}} 0^{\text{m}} 14^{\text{s}} 6$

Plan. = (a) +  $21' 21'' 5$  en R  
= (a) + 1.36, 8 en Déclin.





**Le Verrier succède à Arago en 1854**  
Il sera statufié 3 ans après sa mort  
devant l'observatoire de Paris...

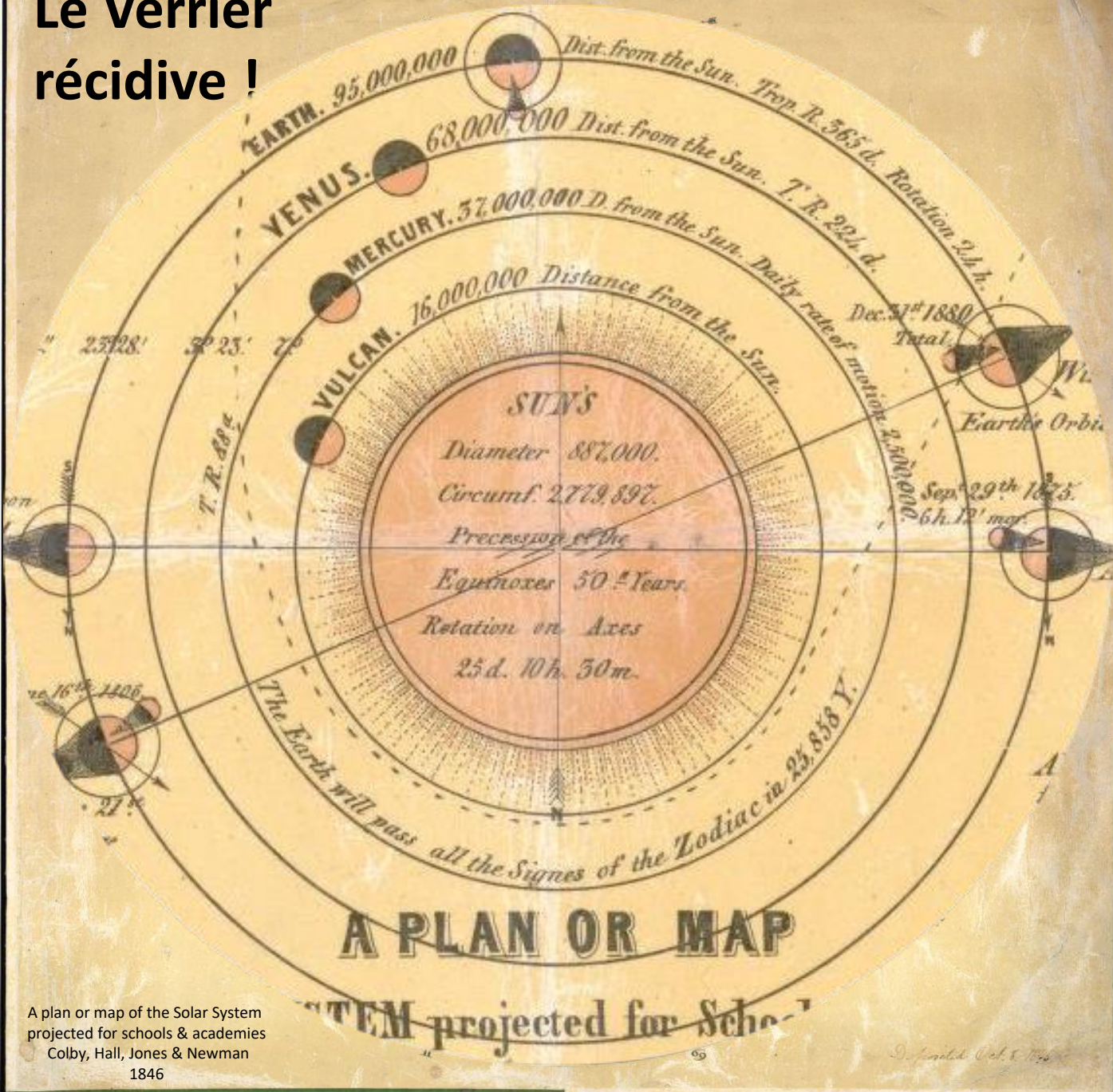
L'Angleterre prenant possession de la nouvelle planète

**Controverse avec les anglais**

Caricatures par Cham,  
« L'illustration »,  
n°193, vol.8, p.156,  
samedi 7 novembre 1846



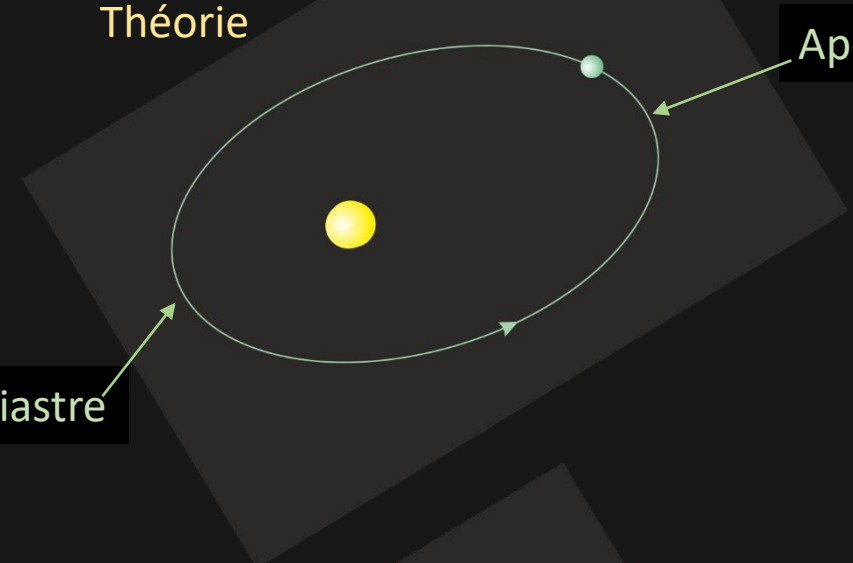
# Le Verrier récidive !



Théorie

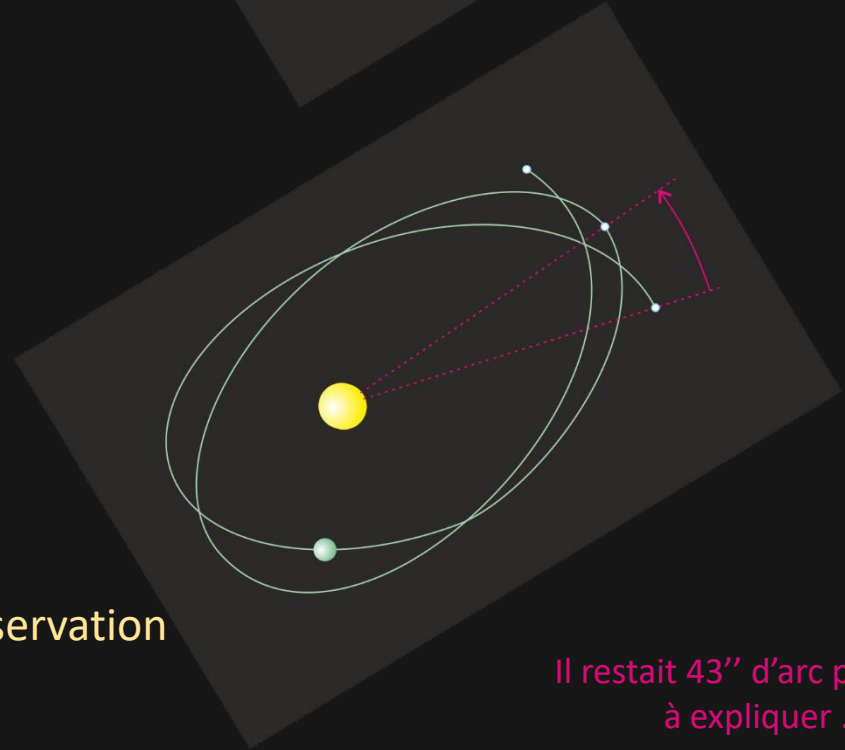
Apoastre

Périastre



Observation

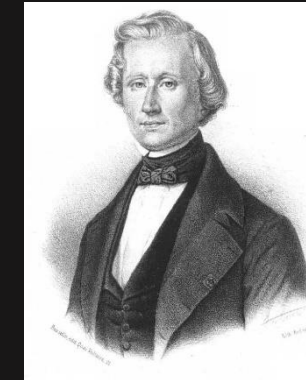
Il restait 43'' d'arc par siècle à expliquer ...





# Le mouvement de Mercure

## L'hypothèse Vulcain



Le 18 juillet 1860 Leverrier se rend en Espagne pour observer une éclipse totale de Soleil, accompagné de Léon Foucault, muni d'un sauf-conduit et d'une quantité considérable de matériel.

Ils n'observent rien mis à part l'éclipse !

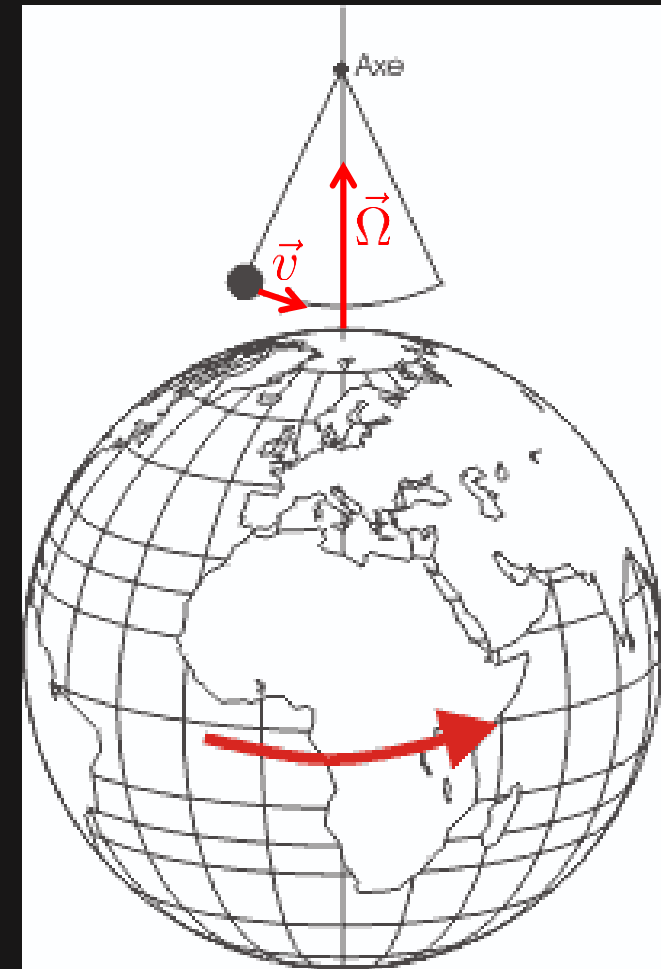


Nous sénateur grand référendaire du sénat prions les officiers civils et militaires chargés de maintenir l'ordre dans l'intérieur de la France et dans tous les pays amis de l'Empire français de laisser librement passer Monsieur Leverrier sénateur, Directeur de l'observatoire impérial de Paris Voyageant avec sa suite et se rendant en Espagne et de leur donner aide et protection en cas de besoin

L'expérience de 1851 au Panthéon



# Le mouvement de la Terre révélé par le pendule de Foucault



Force d'inertie de Coriolis (1835)

$$\vec{F}_{i,c} = -2m\vec{\Omega} \wedge \vec{v}$$

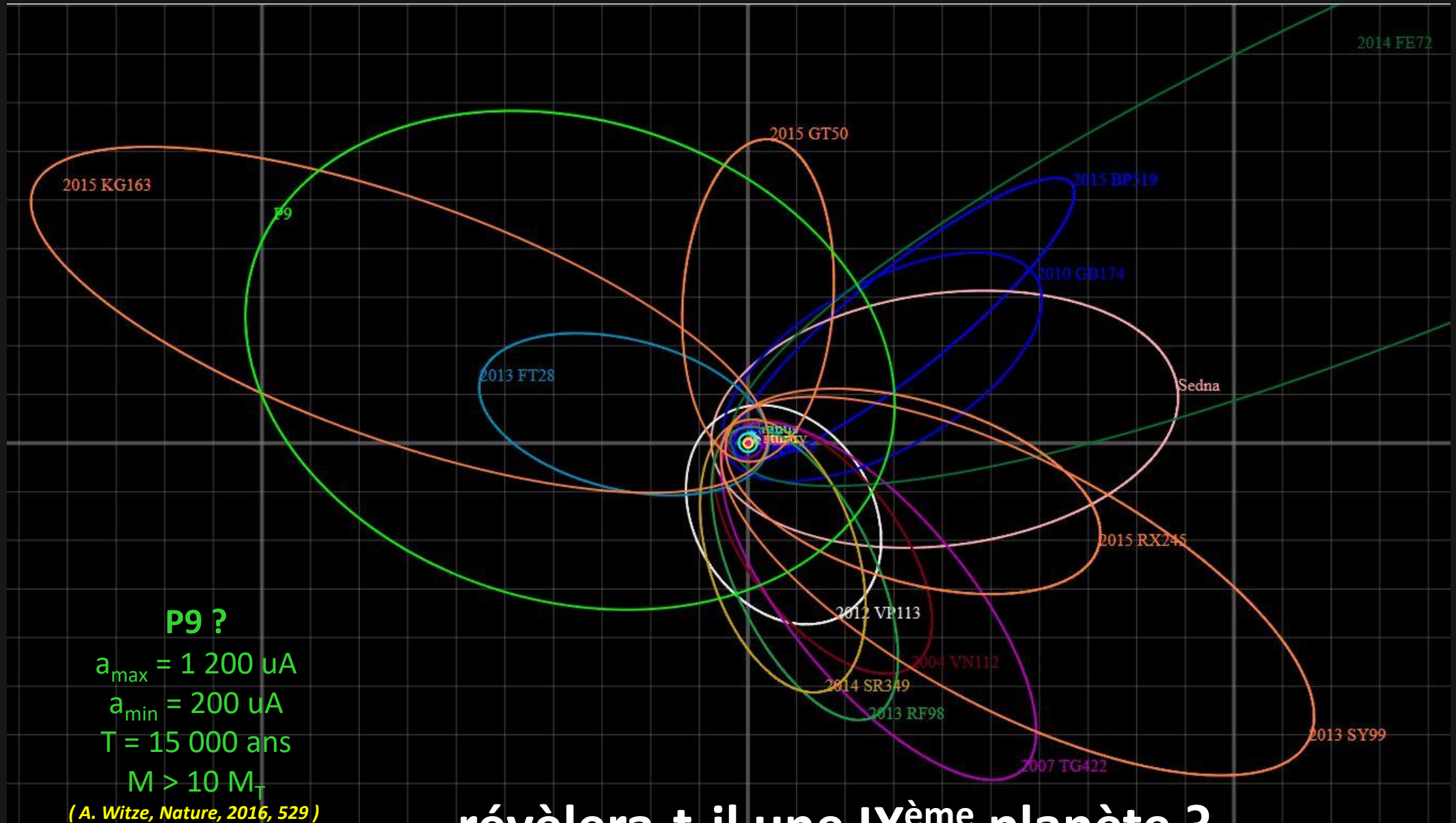


# On peut voir le mouvement de la Terre en regardant le ciel



[www.eso.org](http://www.eso.org)

# Le mouvement des transeptuniens ...



... révélera-t-il une IX<sup>ème</sup> planète ?



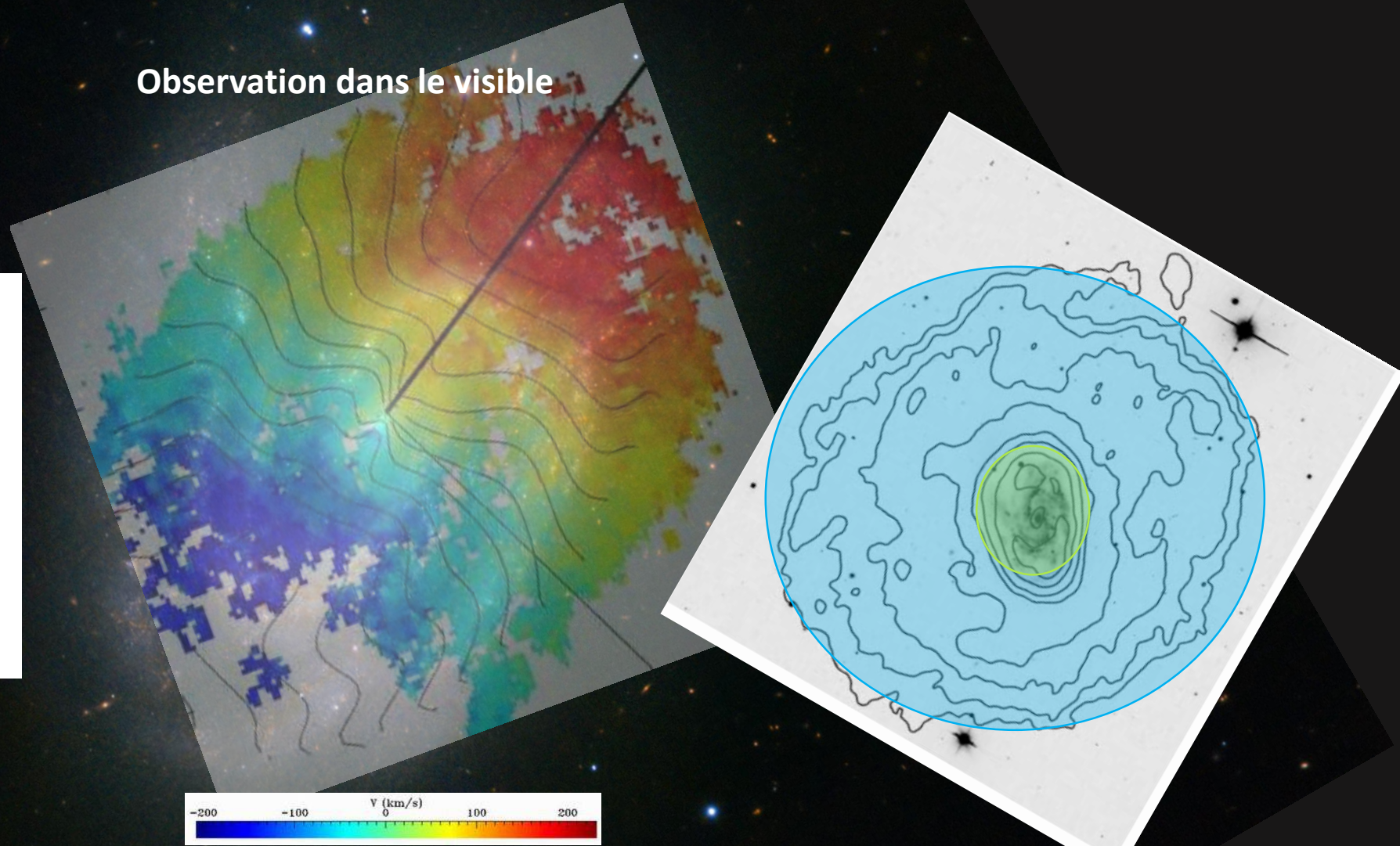
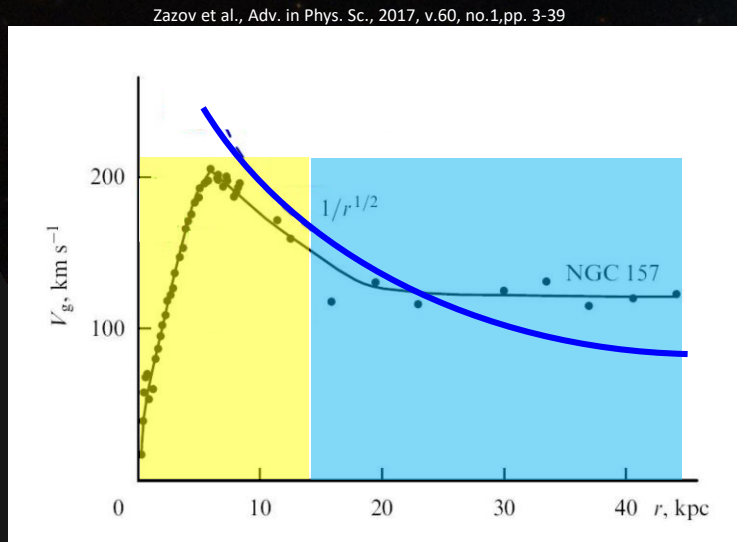
# Mouvements galactiques ...





# Le mouvement de rotation des galaxies...

Observation dans le visible



NGC 157 découverte par Herschel  
Constellation de la baleine  
 $d = 60 \text{ Mal}$  -  $\varnothing = 90 \text{ kal}$

Observation en radio-fréquences

... révèle la présence de matière noire !

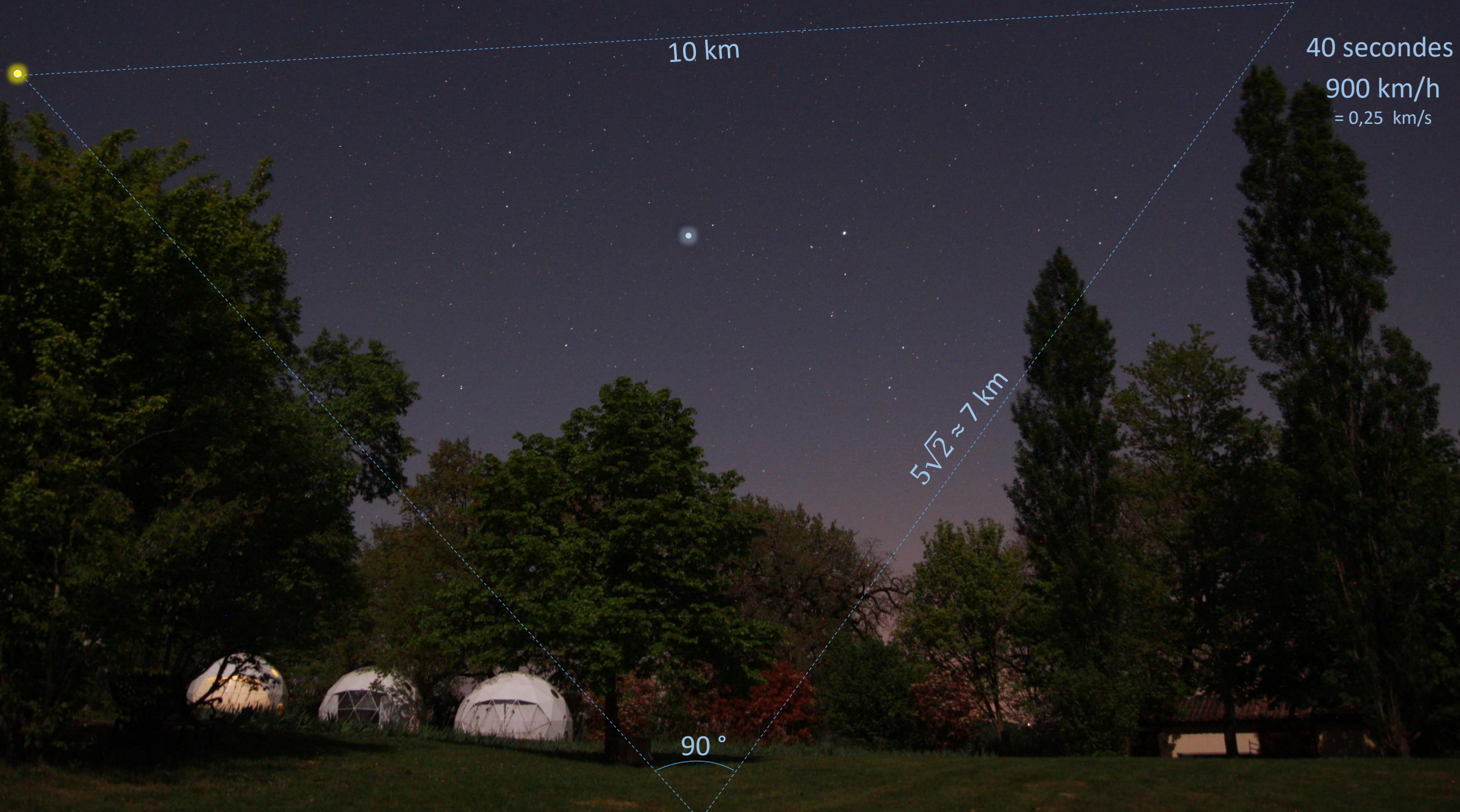


**Peut-on voir le mouvement des étoiles ?**





# Le mouvement d'un avion au dessus de la ferme des étoiles





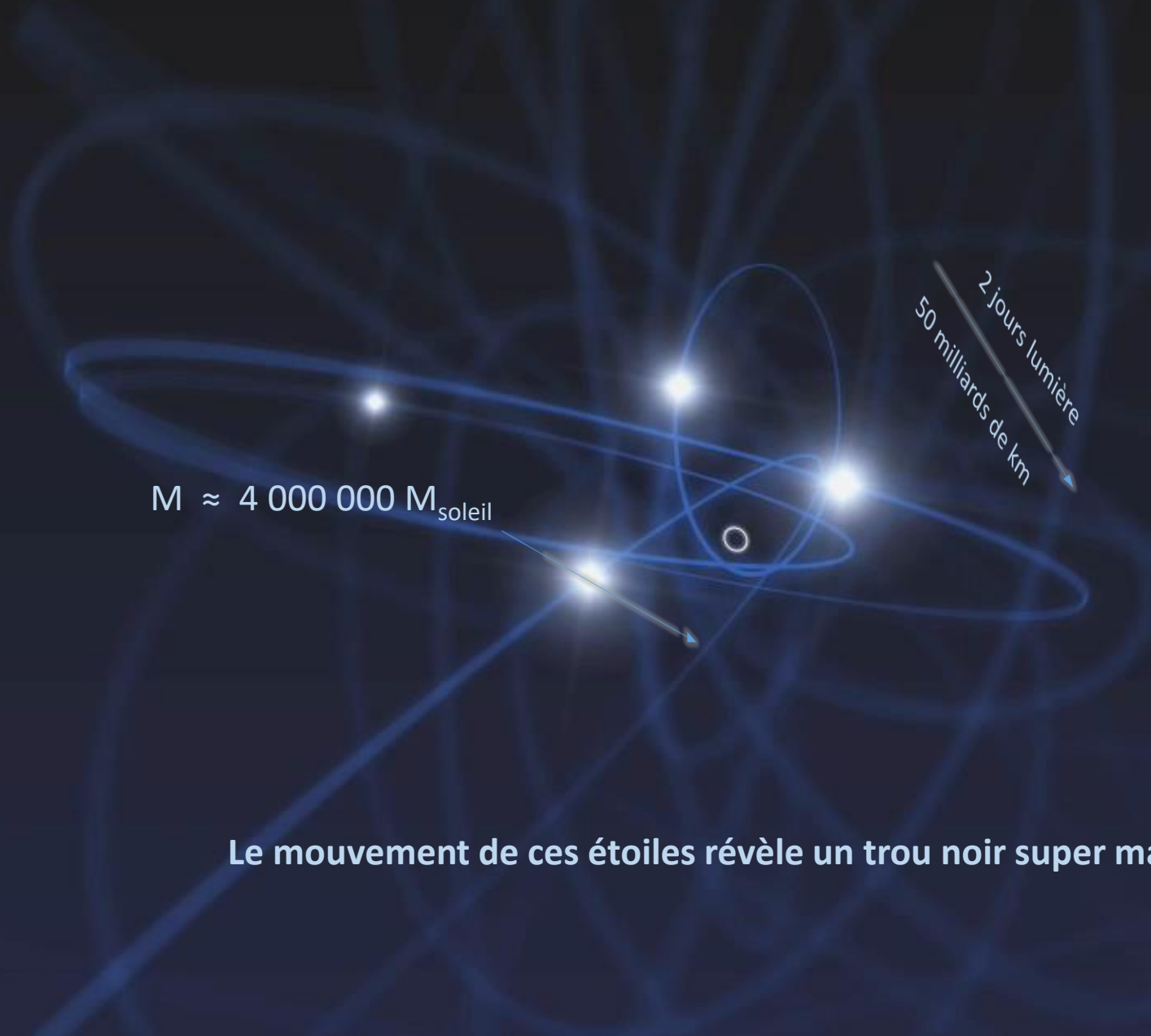
# Voir le mouvement des étoiles



Voir le vrai mouvement des étoiles







$T = 15,8 \pm 0,11 \text{ ans}$   
 $d = 27\,169 \text{ Al}$

$v_{\text{max}} \approx 5000 \text{ km/s}$

$M \approx 4\,000\,000 M_{\text{soleil}}$

2 jours lumière  
50 milliards de km

**Le mouvement de ces étoiles révèle un trou noir super massif !**

# L'expansion, un mouvement à l'échelle de l'Univers !

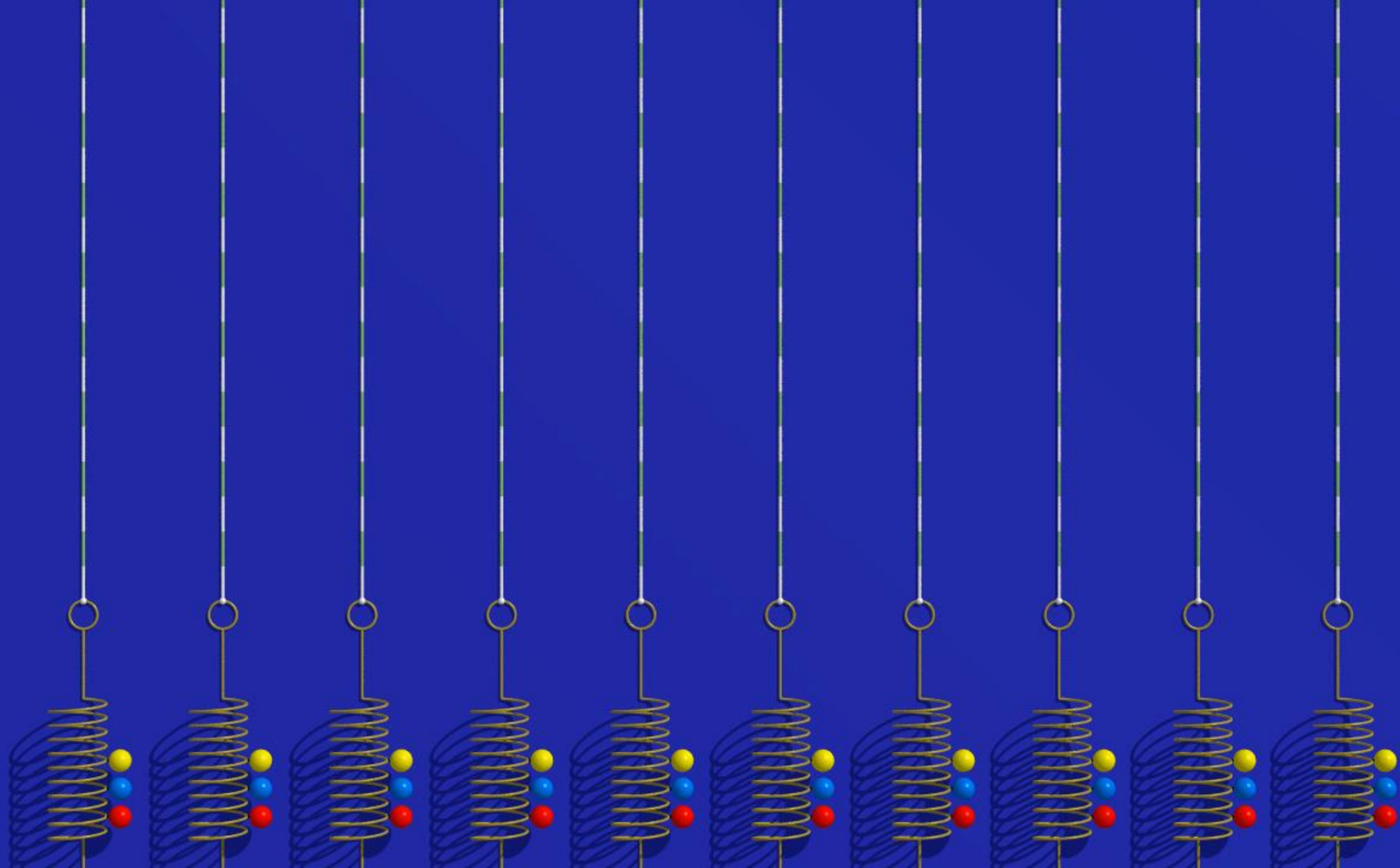


Friedmann - 1922

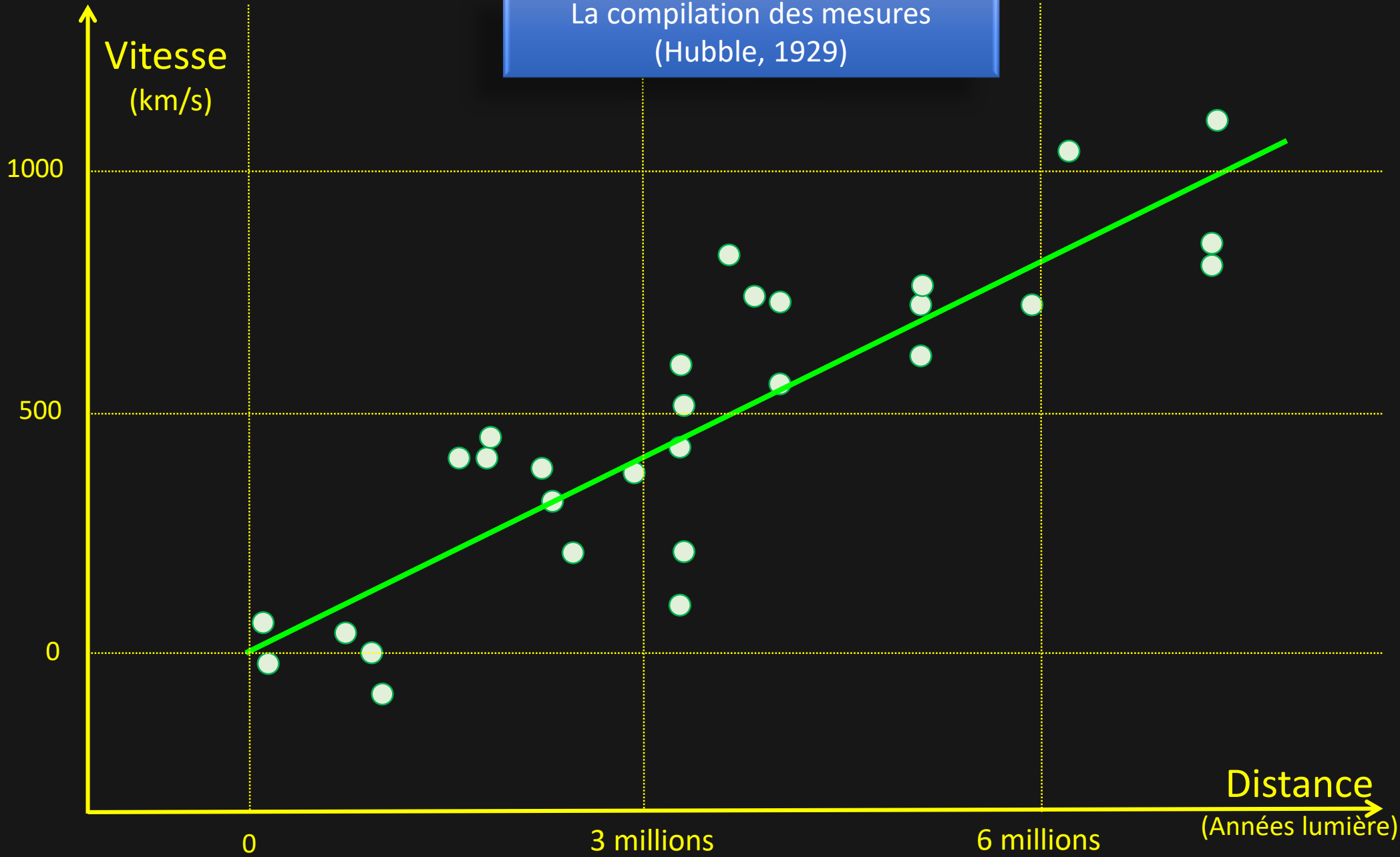


Lemaitre - 1927





La compilation des mesures  
(Hubble, 1929)

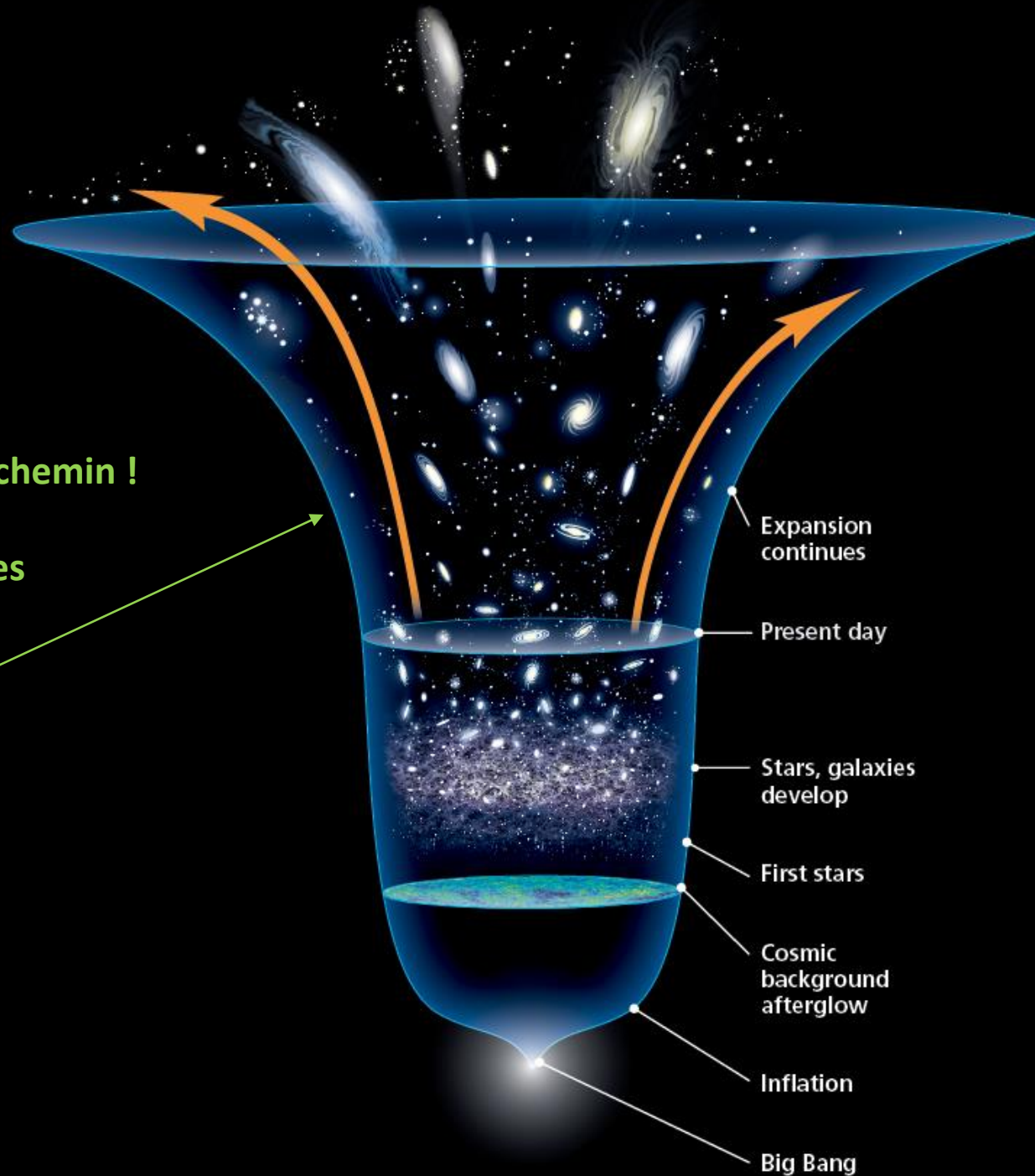





Depuis presque un siècle on a fait du chemin !

Mais il reste beaucoup de choses  
à comprendre...

... notamment ceci



A person in a dark suit is walking away from the camera in a dark room. The room is defined by glowing white lines that form a three-dimensional rectangular prism. The person is positioned in the lower-left quadrant of the frame. The text "Merci pour votre attention" is centered in the right half of the image.

**Merci pour  
votre attention**