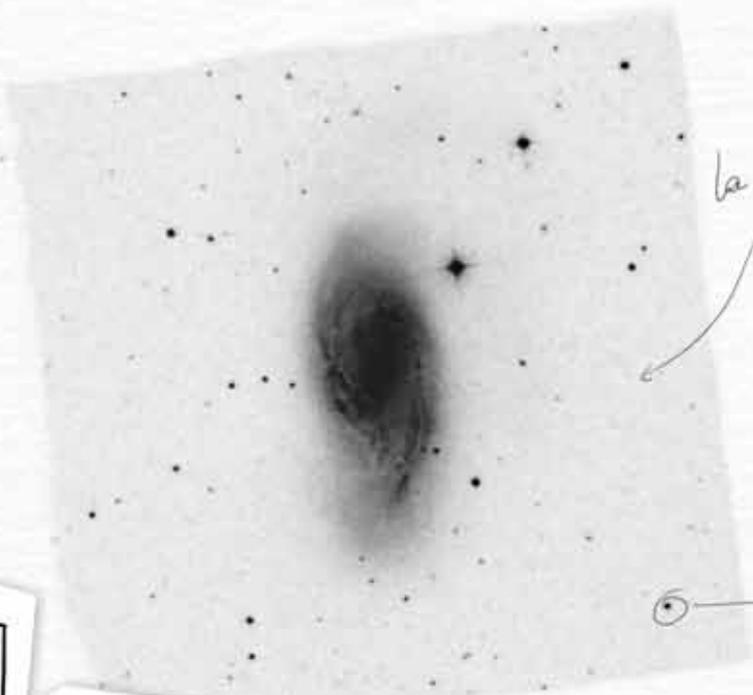
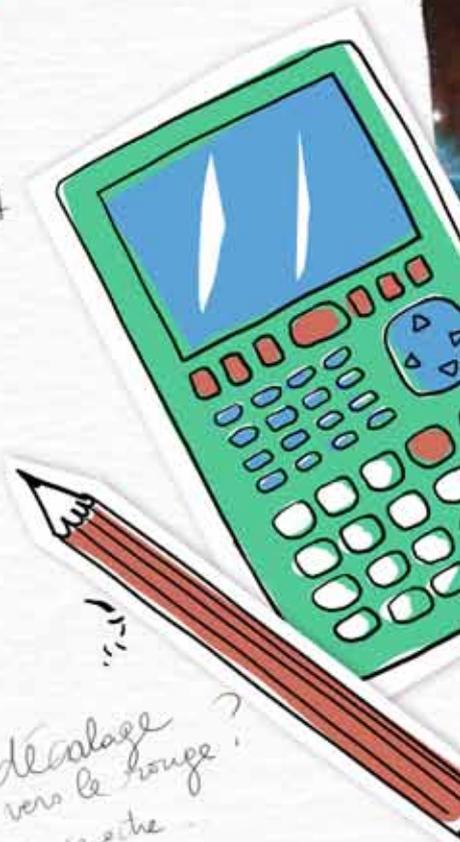


# MESURER L'ÂGE DE L'UNIVERS

**LE RÉSULTAT**



la galaxie  
NGC 3627



décalage  
vers le rouge ?  
v. proche ...





## Résultats des mesures

Table de distances et de vitesses des galaxies

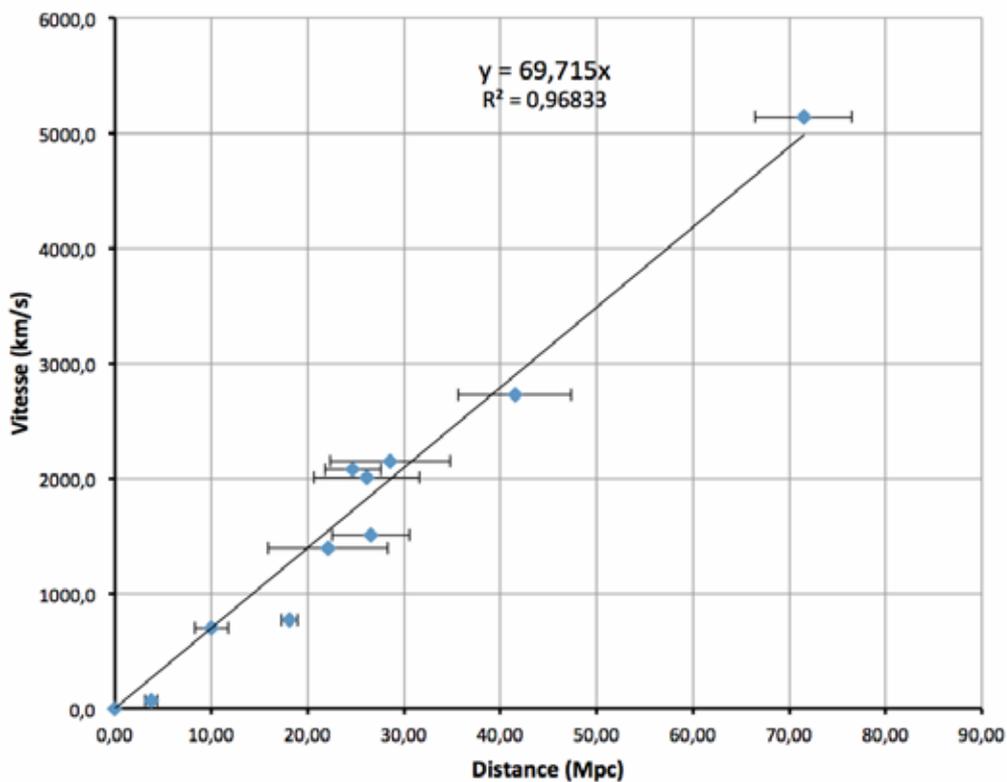
Galaxie	Distance (Mpc)	Incertitude (Mpc)	Longueur d'onde mesurée	Décalage vers le rouge	Vitesse de récession
NGC	d/Mpc	Dd/Mpc	l/Å	z	v/km.s <sup>-1</sup>
NGC 1357	24,70	2,90	6608,2	0,0069178	2075,3
NGC 1832	26,15	5,45	6606,7	0,0066892	2006,8
NGC 3034	3,77	0,66	6564,3	0,0002286	68,6
NGC 3147	41,50	5,88	6622,4	0,0090815	2724,4
NGC 3310	18,10	0,85	6579,6	0,0025599	768,0
NGC 3471	28,60	6,22	6609,8	0,0071616	2148,5
NGC 3627	10,01	1,74	6578,0	0,0023161	694,8
NGC 4775	26,60	4,00	6595,7	0,0050131	1503,9
NGC 5548	71,50	5,00	6675,3	0,0171421	5142,6
NGC 6643	22,09	6,22	6593,3	0,0046474	1394,2

Origine

0

0

$$H_0 = 69,71 \text{ (km/s)/Mpc,}$$



La meilleure droite passant par l'origine est :  $y = 69,715 x$ .

**Réponse 1** – Toutes les longueurs d’onde mesurées sont supérieures à la longueur d’onde de référence. Le décalage est donc toujours « vers le rouge » correspondant à une vitesse d’éloignement, preuve de l’expansion de l’Univers.

**Réponse 2** – Cette droite doit passer par le point (0,0) du graphique car les données sont déterminées à partir du Système solaire dont la vitesse d’éloignement est considérée, par convention, comme nulle.

**Réponse 3** – Le coefficient directeur (ou pente) de la droite est  $H_0$  en  $\text{km/s/Mpc}$ .  
On trouve  $H_0 = 69,71 \text{ km/s/Mpc}$ .

**Réponse 4** –  $[d]=L$  ;  $[v]=L.T^{-1}$  ;  $[d]/[v]=1/[H_0]=1/T^{-1}=T$  donc  $1/H_0$  a la dimension d’un temps.

## Calcul de l’âge de l’Univers

Avec les unités astronomiques utilisées, pour calculer l’âge de l’Univers, il est nécessaire d’uniformiser les unités de longueur différentes employées pour les distances (Mpc) et les vitesses (km/s).

Comme  $1 \text{ Mpc} = 1 \text{ Megaparsec} = 10^6 \text{ pc} = 3,086 \times 10^{19} \text{ km}$ , il faut diviser la valeur de  $H_0$  (km/s/Mpc) par  $3,086 \times 10^{19}$  pour obtenir  $H_0$  (en km/s/km) d’où  $1/H_0$  (en secondes).

On peut convertir en utilisant :

$$\begin{aligned} 1 \text{ km/s/Mpc} &= 1/(3,086 \times 10^{19}) \text{ s}^{-1} = 3,240 \times 10^{-20} \text{ s}^{-1} \\ 1/H_0 &= 1/(69,715 \times 3,240 \times 10^{-20}) = 4,43 \times 10^{17} \text{ s} \\ &= \mathbf{14,04 \text{ milliards d’années}} \end{aligned}$$

Pour évaluer les incertitudes, on peut recommencer une série de mesures et constater les écarts.

Une incertitude de seulement  $5 \text{ km/s/Mpc}$  sur  $H_0$  fait varier l’âge de l’Univers d’environ 1 milliard d’années.

**Réponse 5** – Sur son échelle de vitesses, Hubble a mis la vitesse (*velocity*) en km et non en  $\text{km.s}^{-1}$ .

## Calcul de la valeur de Hubble (1929)

Le coefficient directeur de la droite de Hubble peut être estimée approximativement avec :

$$V = 1000 \text{ km/s pour } d=2 \text{ Mpc soit :}$$

$$y/x = (1000/2) = 500$$

$$H_0 \text{ (Hubble)} = 500 \text{ km/s/Mpc}$$

$$\begin{aligned} 1/H_0 &= 1/(500 \times 3,240 \times 10^{-20}) = 5,84 \times 10^{16} \text{ s} \\ &= \mathbf{1,96 \text{ milliards d’années}} \end{aligned}$$

**Réponse 6** – Les données utilisées par Hubble étaient inexactes en raison d’une sous-estimation systématique de la distance des galaxies. Du même coup, l’âge de l’Univers calculé par Hubble en 1929 est de 1,96 milliards d’années tandis qu’à cette époque on savait déjà que l’âge de la Terre était d’environ 4 milliards d’années.

Cette contradiction rendait impossible l’hypothèse du Big Bang, qui suppose que l’Univers est né d’une phase dense et chaude et dont l’âge est déterminé par la durée de l’expansion. Ce résultat initial a été une des raisons pour lesquelles l’hypothèse d’une expansion de l’Univers n’a pas été considérée comme valable jusqu’au milieu du  $xx^e$  siècle.

### Astro Exos

Responsables éditoriaux

Roland Lehoucq et Jean-Marc Bonnet-Bidaud

Contributeur

Jean-Marc Bonnet-Bidaud

Conception graphique

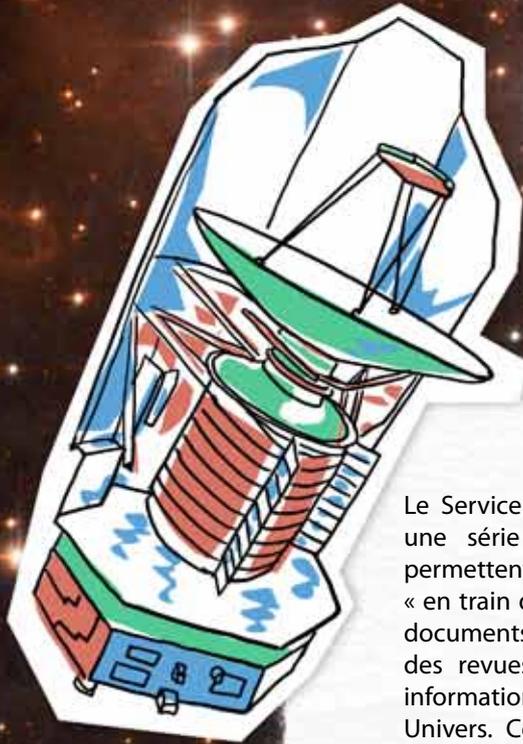
Aurélié Bordenave, [aureliebordenave.fr](http://aureliebordenave.fr)

Photo de couverture :

Image de la galaxie NGC 3267 - Palomar Observatory Sky Survey (NASA-STSI)

Cet Astro Exo est librement inspiré de la page « *Hubble’s law: an introductory astronomy lab* » de l’Université de Washington (USA).





Le Service d'Astrophysique du CEA propose une série d'exercices d'astrophysique qui permettent de se plonger dans la recherche « en train de se faire ». Il s'agit d'analyser des documents extraits d'articles publiés dans des revues scientifiques pour en tirer des informations sur les objets qui peuplent notre Univers. Cette activité peut être menée en classe ou en petit groupe d'élèves et permet d'illustrer différents points des programmes de physique-chimie de Première et de Terminale Scientifiques.

Cet exercice propose de déterminer l'âge de l'Univers à partir de la mesure de la vitesse des galaxies. À partir d'un échantillon réel de galaxies, la méthode utilise l'effet Doppler pour évaluer la vitesse apparente d'éloignement des galaxies et calculer le taux d'expansion de l'Univers (constante de Hubble).

