L'âge de l'univers

<u>Red shift or blue shift, that is the question</u>.

a) Quand une source d'onde se rapproche d'un observateur immobile, la longueur d'onde λ perçue par l'observateur est-elle plus grande ou plus petite que λo si la source était immobile. Peut-on parler de décalage vers le rouge (red shift) ou de décalage vers le bleu (blue shift) ?

<u>Document2 : décalage Doppler.</u>

- z = décalage Doppler
- λ : longueur d'onde mesurée (corps en mouvement)
- λo : longueur d'onde mesurée (corps immobile)
- v = vitesse du corps (v>0 si éloignement ; v<0 si rapprochement)
- c = vitesse de la lumière (300 000 km/s)
- (cette formule n'est exacte que si la vitesse 'v' est très petite devant la vitesse de la lumière 'c')

$$\boxed{z = \frac{\lambda - \lambda o}{\lambda o} = \frac{v}{c}}$$

Si la source se rapproche alors v<0

$$z = \frac{\lambda - \lambda o}{\lambda o} = \frac{v}{c}$$

Donc λ- λo <0 ⇒ λ< λo

La longueur d'onde perçue est donc plus petite que si la source était immobile

Diminution donc **décalage vers le bleu** (blue shift)

b) Même question si la source s'éloigne.

Si la source s'éloigne alors v>0

$$z = \frac{\lambda - \lambda o}{\lambda o} = \frac{v}{c}$$

Donc $\lambda - \lambda o > 0$ ⇒ $\lambda > \lambda o$

La longueur d'onde perçue est donc plus grande que si la source était immobile

augmentation donc **décalage vers le rouge** (red shift)

c) Vérification (document 2) : Trouver l'expression de v en fonction de λ, λo et c. En déduire le signe de v pour un décalage vers le rouge puis pour un décalage vers le bleu.

$$z = \frac{\lambda - \lambda o}{\lambda o} = \frac{v}{c} \Rightarrow V = C \times \frac{\lambda - \lambda o}{\lambda o}$$

décalage vers le rouge $\lambda - \lambda o > 0$ ⇒ $V > 0$

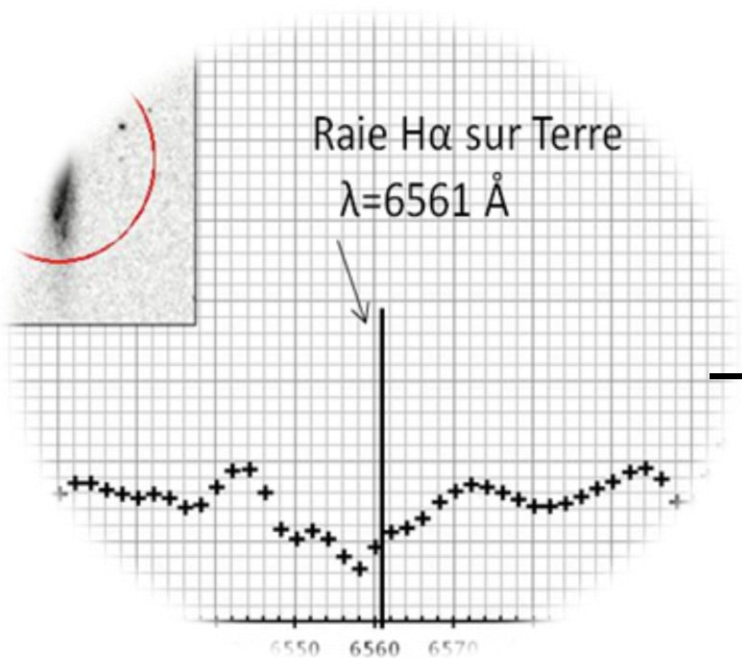
décalage vers le bleu $\lambda - \lambda o < 0$ ⇒ $V < 0$

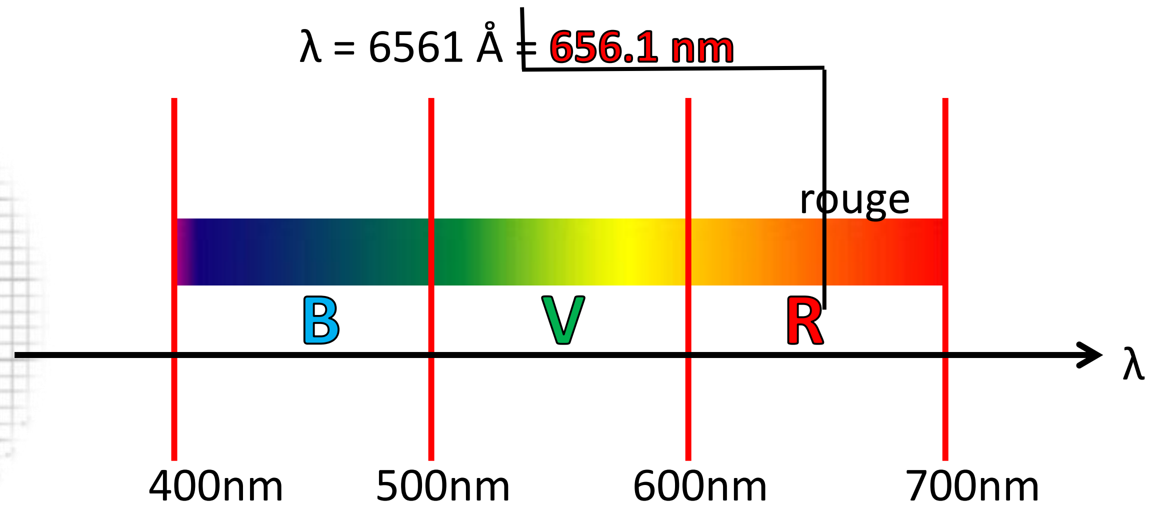
2-Mesures sur la galaxie NGC 3147

a) NGC 3147 est une galaxie spirale se trouvant dans la constellation du dragon à 135 millions d'années lumière d'ici. Les astrophysiciens utilisent plus volontiers le parsec (pc) comme unité de distance. Sachant qu'1pc = 3.26 al, trouver la distance de cette galaxie en Mpc (mégaparsec).

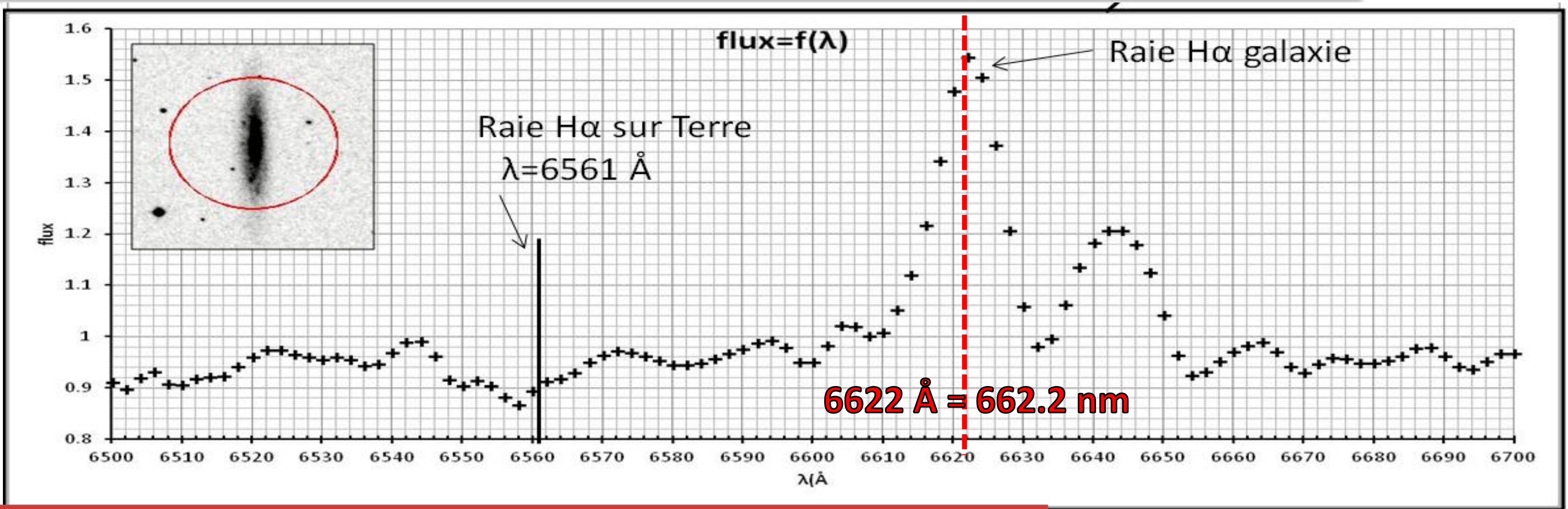
D= 135 x 10^6 al= 135 x 10^6 /3.26= 4.14 x 10^7 pc = 41.4 x 10^6 pc = **41.4 Mpc**

b) Le spectre du document 3 montre le spectre d'émission de la galaxie entre 3700 et 7000Å (370 et 700 nm). Quelle est la longueur d'onde en nm de la raie Hα sur Terre en nm ? De quelle couleur apparaitrait cette raie si on avait une photographie ?





c) Par une mesure trouver la longueur d'onde de la raie Hα provenant de la galaxie.



d) Compléter ensuite la ligne concernant NGC 3147 sur l'annexe.

Numéro NGC galaxie	Distance (Mpc)	(λ mesurée) (Å)	Décalage(z)	Vitesse (km/sec)
1357	**24.7**	6608.2	6.900E-03	**2075.3**
1832	**26.15**	6605.1		**2016.5**
3034	**3.77**	6565	6.097E-04	**182.9**
3147	**41.5**	6622	9.297×10^{-3}	2789.2
3310	**18.1**	6578	2.316E-03	**694.8**

$$Z = \frac{\lambda - \lambda_o}{\lambda_o}$$

$$Z = \frac{6622 - 6561}{6561}$$

$$= 9.297 \times 10^{-3}$$

$$V = C \times \frac{\lambda - \lambda_o}{\lambda_o} = c \times z = 300\,000 \times 9.297 \times 10^{-3} = 2789.2 \text{ km/s}$$

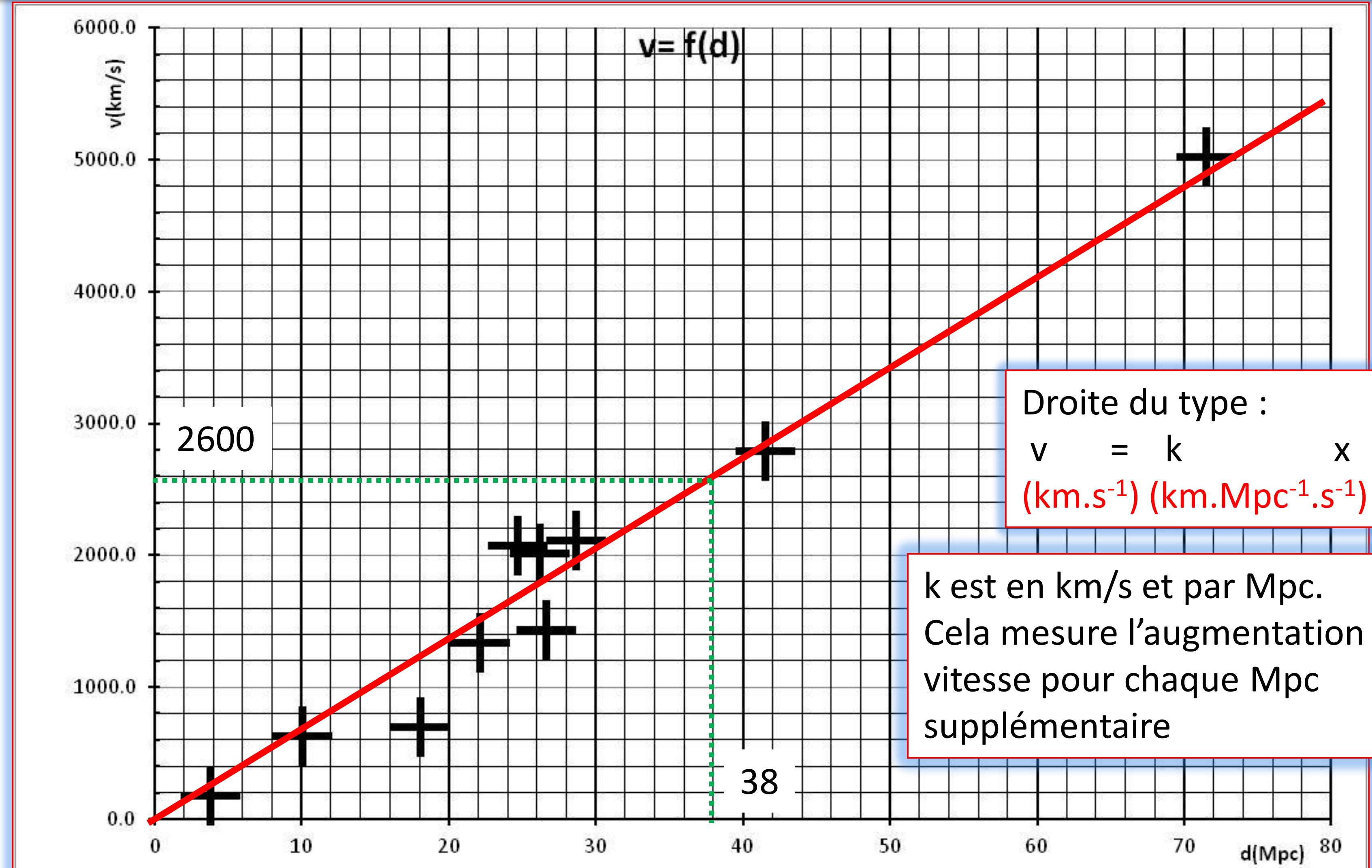
e) Compléter les autres cellules vides de ce tableau pour les galaxies NGC 1832 et NGC 4775.

Numéro NGC galaxie	Distance (Mpc)	(λ mesurée) (Å)	Décalage(z)	Vitesse (km/sec)
1357	**24.7**	6608.2	6.900E-03	**2075.3**
1832	**26.15**	6605.1	6.72×10^{-3}	**2016.5**
3034	**3.77**	6565	6.097E-04	**182.9**
3147	**41.5**	6622	9.297×10^{-3}	2789.2
3310	**18.1**	6578	2.316E-03	**694.8**
3471	**28.6**	6609	7.040E-03	**2111.9**
3627	**10.01**	6576.5	2.088E-03	**626.3**
4775	**26.6**	6594.3	4.800E-03	1440
5548	**71.5**	6672.6	1.673E-02	**5019.2**
6643	**22.09**	6592	4.449E-03	**1334.8**

NGC 4775 : $V = c \times z = 300\,000 \times 4.800 \times 10^{-3} =$ **1440 km/s**

NGC 1832 : $z = v/c = 2016.5/300000 =$ **6.72×10^{-3}**

f) Tracer sur le graphe de l’annexe v(km/s) = f(d (Mpc)) pour ces 10 galaxies



Droite du type :

v = k x d

(km.s^{-1}) (km.Mpc^{-1}.s^{-1}) (Mpc)

k est en km/s et par Mpc.
Cela mesure l’augmentation de vitesse pour chaque Mpc supplémentaire

g) Tracer la droite moyenne et trouver le coefficient directeur de cette droite.

K= 2600 / 38 = 68.4 km.s^{-1}.Mpc^{-1}

La loi de Hubble et l’expansion de l’univers

a) Le résultat de la question précédente est-il compatible avec la loi de Hubble : V = Ho x d ou Ho est la constante de Hubble ? Quelle est l’unité et la valeur de Ho déterminé question 2-g)?

Nous avons trouvé une droite d’équation v = k x d

Loi de Hubble : v = Ho xd

Donc k = Ho = **68.4 km.s^{-1}.Mpc^{-1}**

b) Ces résultats sont-ils compatibles avec ce que disait Edwin Hubble (document 1) ?

« Edwin Hubble découvrit en 1929 que plus une galaxie est loin, plus sa vitesse d’éloignement est élevée. Il constate qu’en reportant la vitesse des galaxies en fonction de leur distance, les points se répartissent approximativement le long d’une droite.»

Nous avons obtenu une droite également

Ho = **68.4 km.s^{-1}.Mpc^{-1}**

Ce qui signifie que la vitesse augmente de 68.4 km/s pour chaque Mpc d’éloignement

Donc plus une galaxie est loin plus elle s’éloigne vite

c) Si on fait l'hypothèse que la valeur de Ho est constante depuis le début de l'expansion de l'univers , alors la durée de l'expansion peut être calculée en divisant la distance d par la vitesse v : $d/v = 1/Ho$. Trouver l'âge de l'univers (en milliard d'années) (donnée 1 Mpc = 3.09×10^{19} km)

$$\underset{(s)}{\text{Age de l'univers } T} = \frac{d \ (km)}{v \ (km/s)}$$

T est en s si d est en km et v en km/s

$$\underset{(s)}{T} = \frac{1}{Ho_{(s^{-1})}}$$

Avec Ho = **68.4 km.s^{-1}.Mpc^{-1}**

$$Ho = \frac{\mathbf{68.4\ km.s^{-1}}}{1\ Mpc} = \frac{\mathbf{68.4\ km.s^{-1}}}{3.09 \times 10^{19}\ km} = 2.21 \times 10^{-18}\ s^{-1}$$

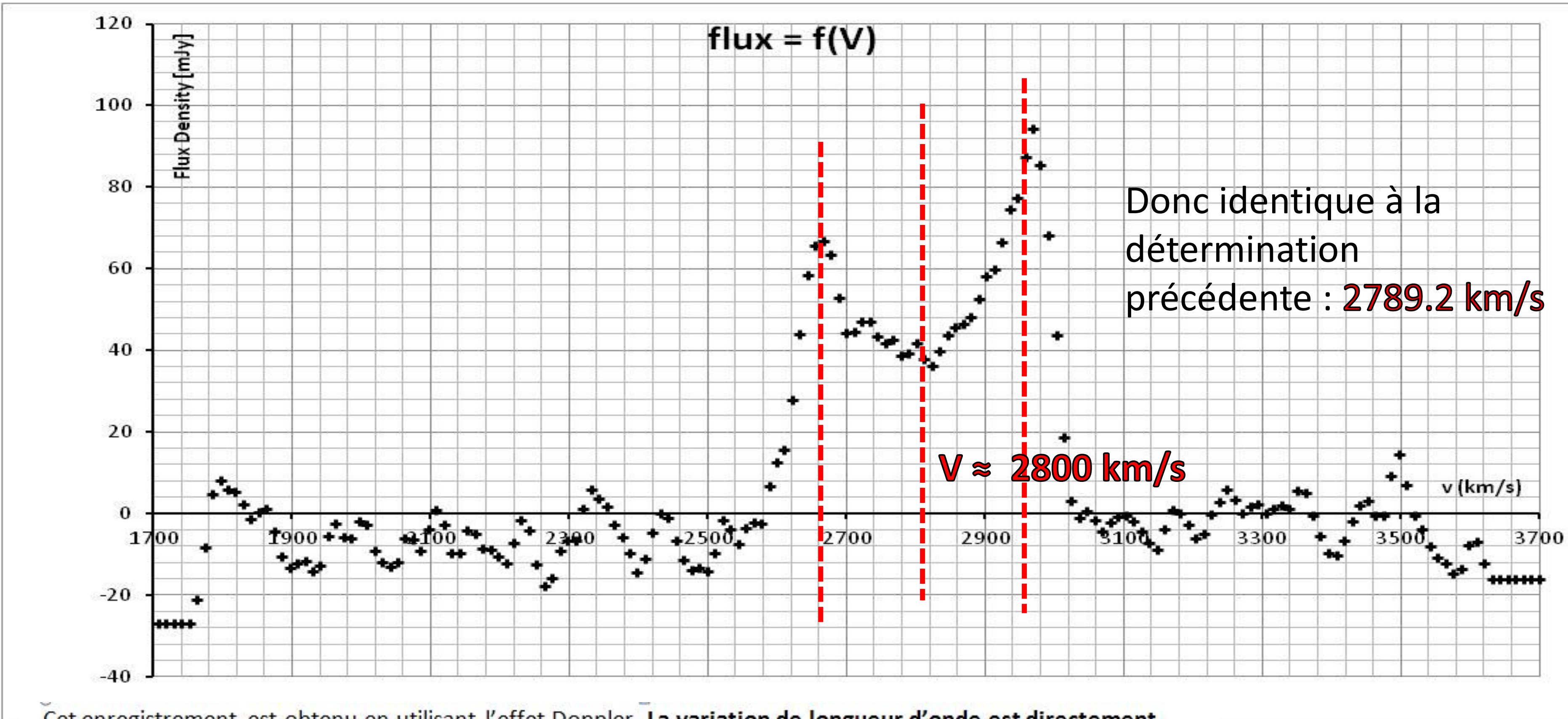
$$\underset{(s)}{T} = \frac{1}{Ho_{(s^{-1})}} = \frac{1}{2.21 \times 10^{-18}} = 4.52 \times 10^{17}\ s$$

$$1an = 365.25 \times 24 \times 60 \times 3600 = 3.16 \times 10^{7}\ s$$

$$T = \frac{4.52 \times 10^{17}}{3.16 \times 10^{7}}\quad 1.43 \times 10^{10}\ ans = 14.3\ 10^{9}\ ans = \textbf{14.3 milliards d'années}$$

4- Vitesse de rotation de NGC 3147

a) A l'aide du document 4, retrouver la vitesse de fuite de la galaxie NGC 3147.

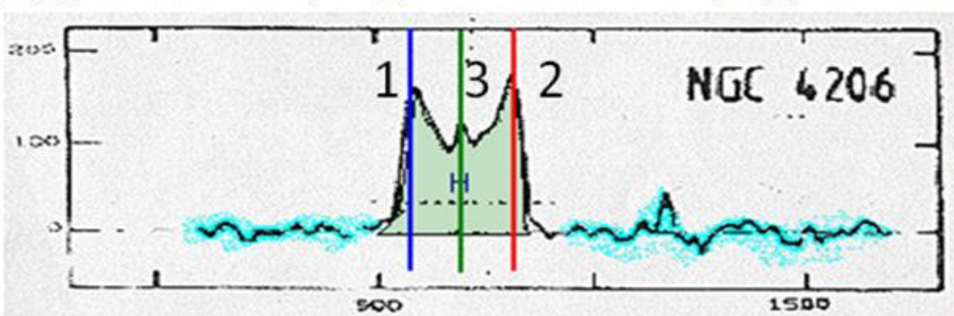


Cet enregistrement est obtenu en utilisant l'effet Doppler. **La variation de longueur d'onde est directement transformée en vitesse radiale héliocentrique.**

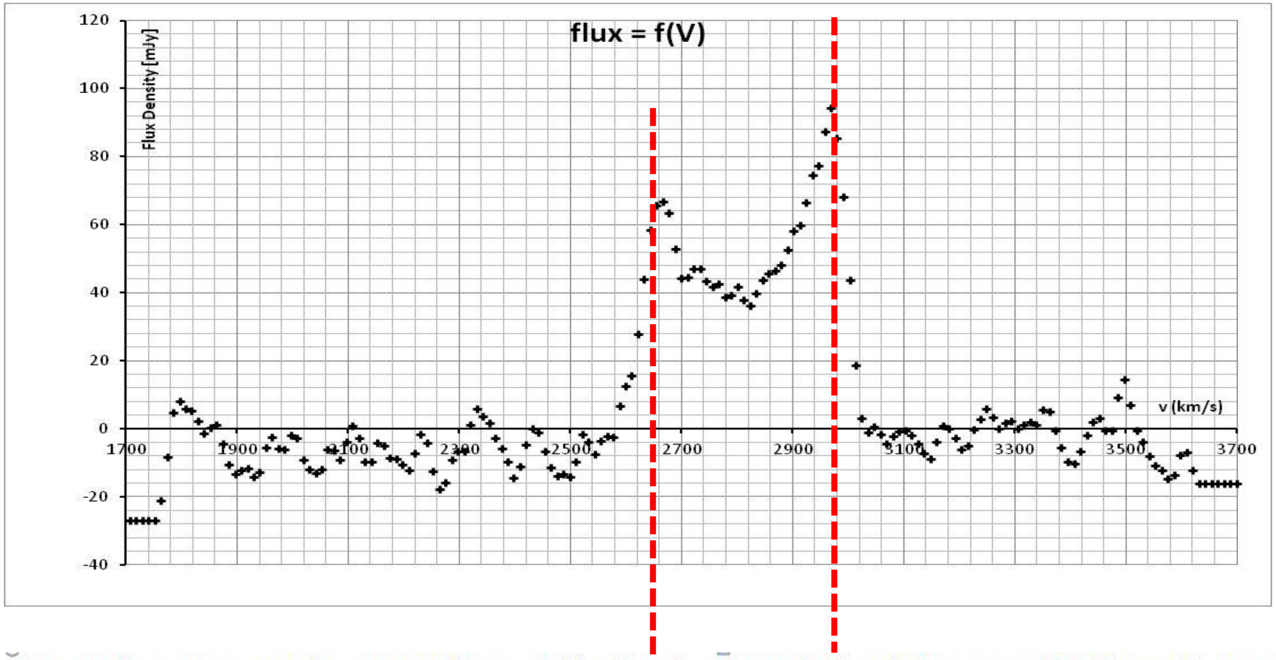
Pic central (3) : vitesse globale de fuite de la galaxie Vg

Pic (1) : vitesse minimum par rapport au Soleil v1

Pic (2) : vitesse maximum par rapport au Soleil v2



b) Comment peut-on déduire de ce graphe que cette galaxie est en rotation sur elle-même ?

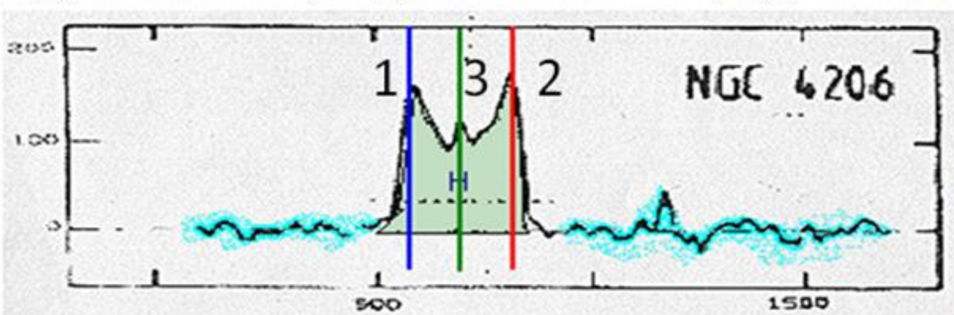


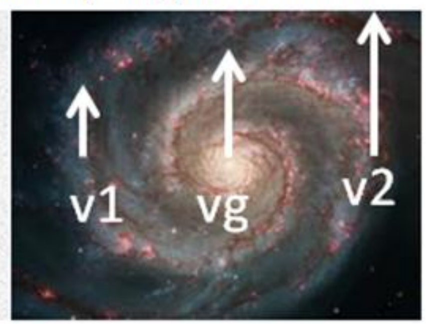
La vitesse de déplacement n’est pas constante.

Elle est comprise entre 2680 km/s et 2960 km/s pour chaque extrémité de cette galaxie. Elle est donc en rotation sur elle-même.

Cet enregistrement est obtenu en utilisant l’effet Doppler. **La variation de longueur d’onde est directement transformée en vitesse radiale héliocentrique.** Pic central (3) : vitesse globale de fuite de la galaxie Vg

Pic (1) : vitesse minimum par rapport au Soleil v1 Pic (2) : vitesse maximum par rapport au Soleil v2

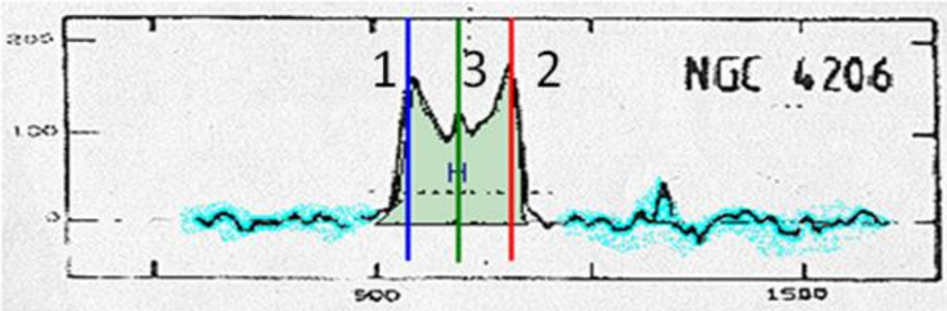


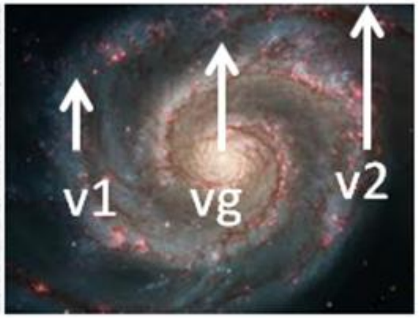


c) Trouver la vitesse de rotation d'un point externe de cette galaxie par rapport à son centre.

Cet enregistrement est obtenu en utilisant l'effet Doppler. **La variation de longueur d'onde est directement transformée en vitesse radiale héliocentrique.** Pic central (3) : vitesse globale de fuite de la galaxie Vg

Pic (1) : vitesse minimum par rapport au Soleil v1 Pic (2) : vitesse maximum par rapport au Soleil v2





La vitesse de rotation d'un point extérieur est donc vg – v1 ou v2- vg

V (rotation) = 2800 – 2680 = 120 km/s

ou

V (rotation) = 2960 – 2800 = 160 km/s

La vitesse de rotation doit être comprise entre 120 et 160 km/s

Galaxie immobile