

TERMINALE S - DEVOIR COMMUN - DURÉE 2.5 H - CALCULATRICE AUTORISÉE

Ce sujet comporte 7 pages dont une annexe.

Exercice I : Les fresques de POMPEI..... 9 points



Exercice II : L'âge de l'univers..... 11 points

28/11/2012

EXERCICE I : Les fresques de Pompéi

Document 1 : Effet de l'éruption du Vésuve sur les fresques



Pompéi a été détruite à la suite d'une éruption du Vésuve le 24 août 79. L'éruption créa une gaine protectrice sur le site qui provoqua l'oubli de la ville pendant 1 600 ans. Redécouverte par hasard au XVII^e siècle, la ville fut ainsi retrouvée dans un état de conservation inespéré avec de nombreuses fresques à l'aspect ciré.

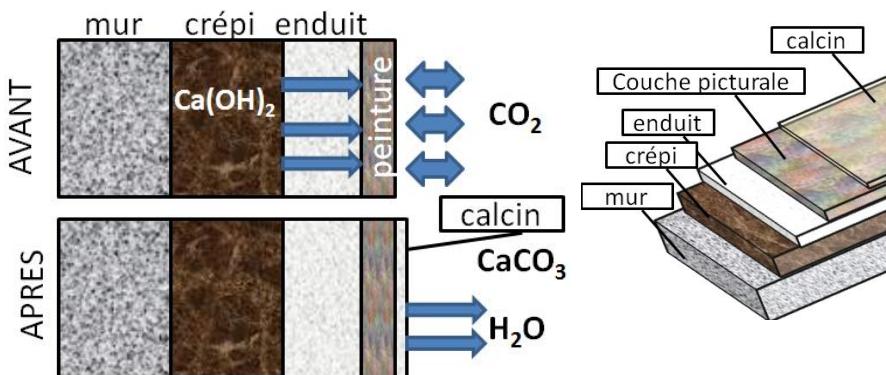


Les fresques présentes sur certains murs de la ville ont été retrouvées quasiment intactes après cette catastrophe.

On a remarqué que sur certaines peintures, l'ocre jaune a été transformée en ocre rouge. Cette transformation se produit entre 300°C et 600°C. Les fresques de Pompéi ont conservé leur aspect laqué malgré l'éruption qui a soumis la ville à une température de 500°C.

Document 2 : Technique de la fresque dite « a fresco »

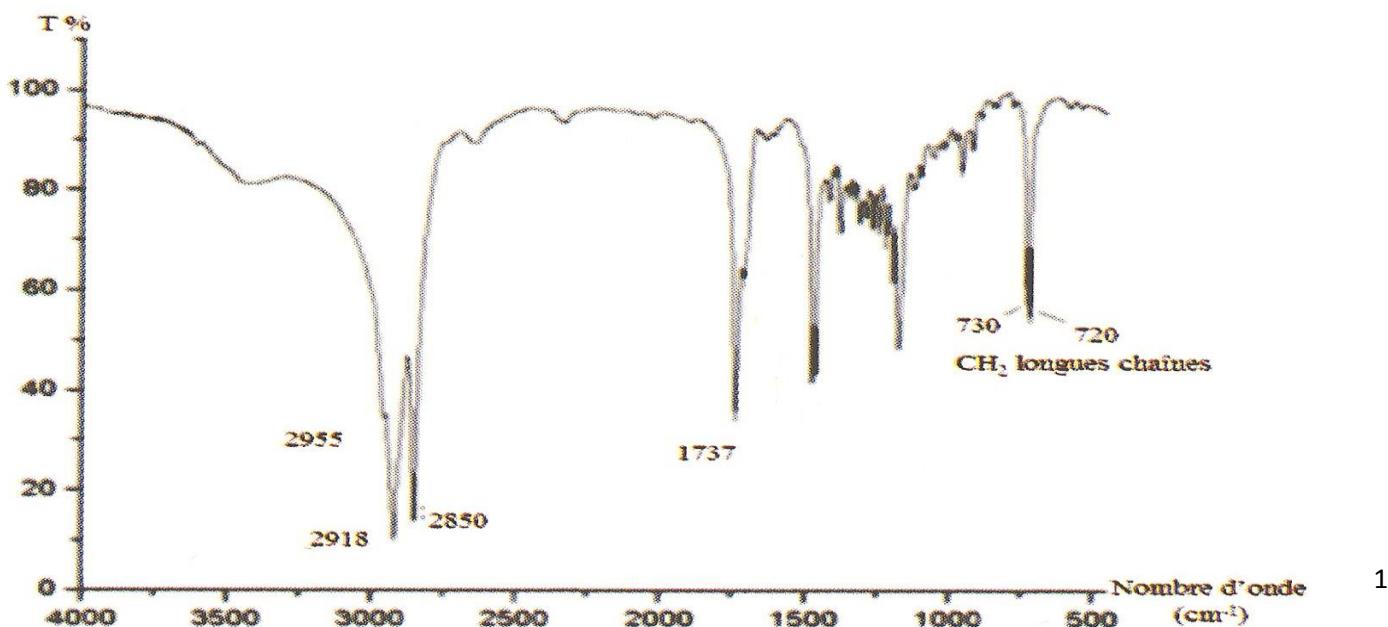
L'enduit contient de l'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Cette espèce est susceptible de diffuser à travers les couches supérieures jusqu'à la surface de la fresque. Il réagit avec le dioxyde de carbone et forme du carbonate de calcium. Cette couche donne alors un aspect brillant.



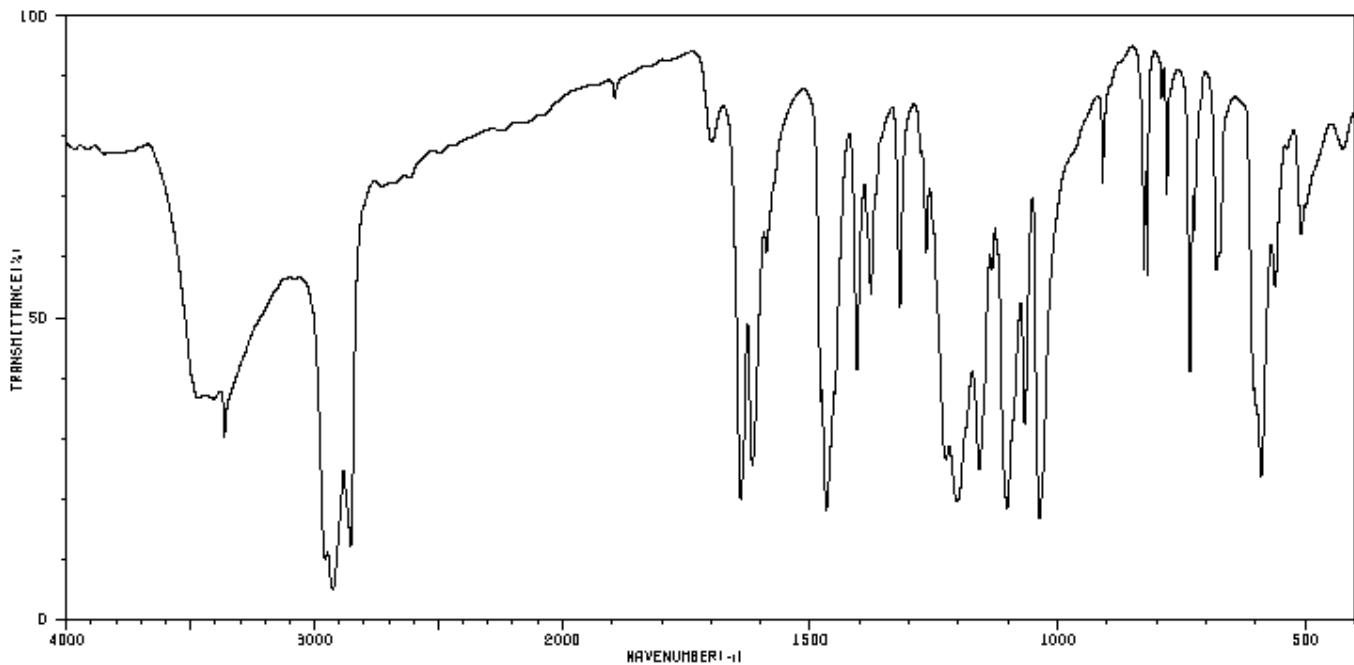
Document 3 : Caractéristiques de la cire d'abeille

La cire d'abeille contient principalement des **esters**. Sa température de fusion se situe entre 60 à 65°C. La technique de peinture à la cire est appelée encaustique.

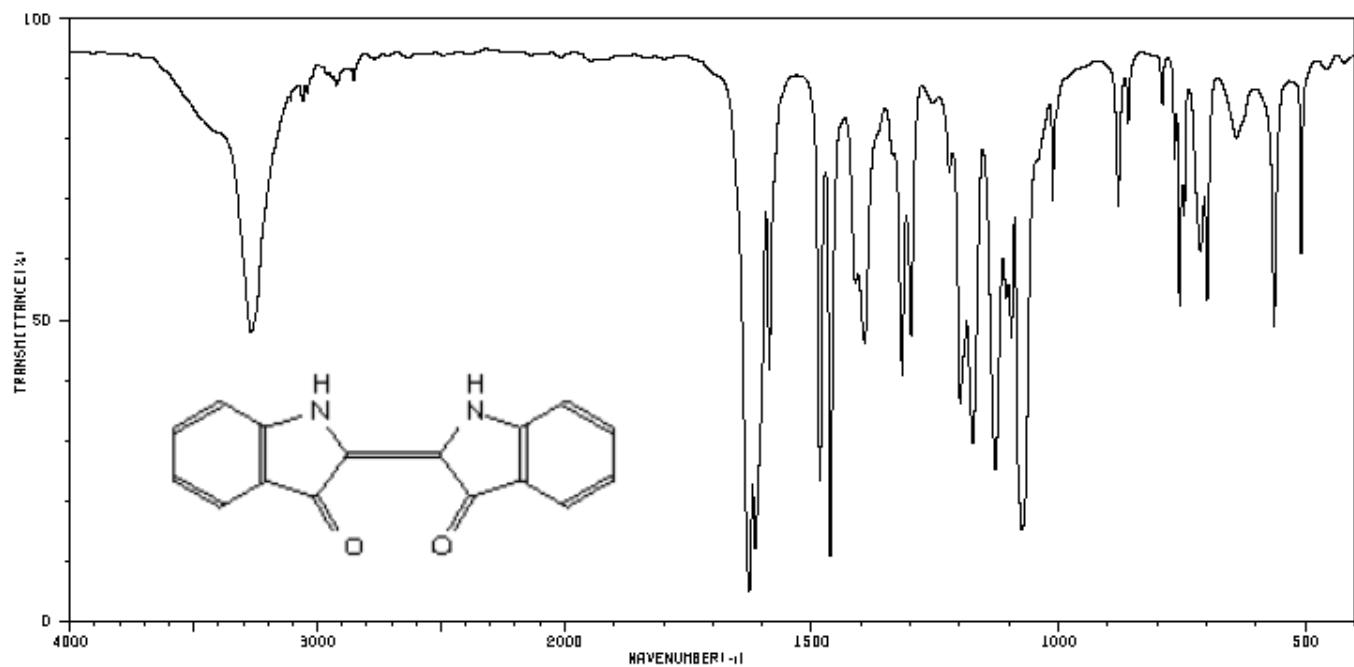
Spectre infrarouge de la cire d'abeille :



Document 4 : spectre ir d'un échantillon de fresque



Document 5 spectre ir et formule de l'indigo

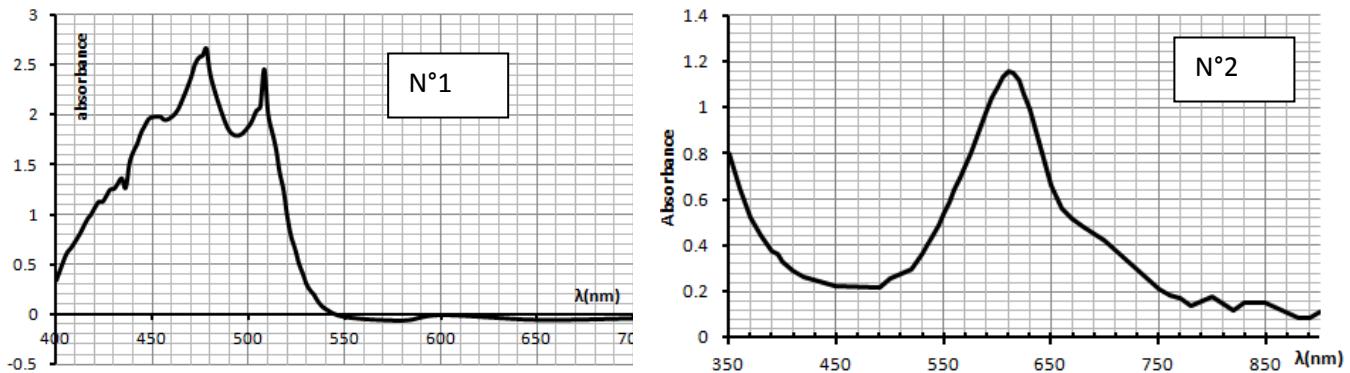


Document 6 : table de données pour la spectroscopie infrarouge

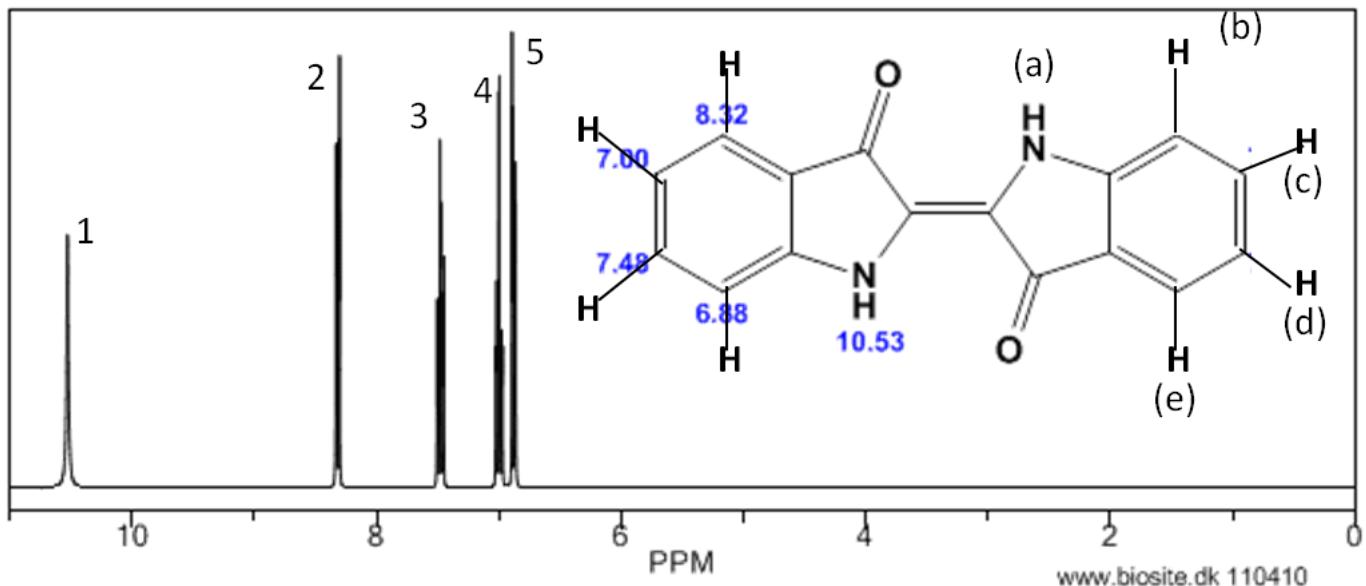
| Liaison | Nature | Nombre d'onde cm ⁻¹ | Intensité |
|--------------------------|-------------|--|-----------------|
| O-H alcool libre | élongation | 3580-3670 | F, large |
| O-H alcool lié | élongation | 3200-3400 | F, large |
| N-H amine | élongation | 3100-3500 | m |
| C-H aromatique | élongation | 3030-3080 | m |
| C-H | élongation | 2800-3000 | m |
| C-H aldéhyde | élongation | 2750-2900 | F |
| O-H acide carboxylique | élongation | 2500-3200 | M |
| C=C | élongation | 2100-2250 | |
| C=O (anhydride) | élongation | 1700-1840 | F à m; large |
| C=O (chlorure d'acyle) | élongation | 1770-1820 | F ou m |
| C=O (ester) | élongation | 1700-1740 | F ; 2 bandes |
| C=O (aldéhyde et cétone) | élongation | 1650-1730 | F |
| | | (abaissement de 20 à 30 cm ⁻¹ si conjugaison) | F |
| | | 1680-1710 | |
| | | 1625-1685 | m |
| | | 1450-1600 | |
| | | 1510-1580 et 1325-1365 | (3 ou 4 bandes) |
| | | 1560-1640 | F ; 2 bandes |
| N-H amine ou amide | déformation | | F ou m |

1. F: fort, m : moyen; f: faible ;

Document 7 Quelques spectres réalisés par un spectrophotomètre.



Document 8 : Spectre RMN de l'indigo.



QUESTIONS

- 1- L'origine de l'aspect ciré des fresques de Pompéi
 - a) Quelle est le nom et la formule chimique du calcin qui se forme à la surface des fresques ? Ecrire l'équation-bilan de la formation de cette couche à la surface des fresques .
 - b) Si les fresques de Pompéi sont faites avec cette technique « a fresco », peuvent-elle avoir un aspect ciré ?
 - c) *Longtemps, on a pensé que l'aspect « ciré » des fresques de Pompéi provenait d'une couche de cire d'abeille appliquée sur la fresque. Certains auteurs parlaient de peintures encaustiquées, ou cirées.* En comparant les températures lors de l'éruption du Vésuve à celle de fusion de la cire, pouvez-vous déjà émettre une hypothèse sur la présence ou non de la cire d'abeille dans les fresques de Pompéi
 - d) il est néanmoins nécessaire d'effectuer une analyse plus précise de ces fresques. La spectroscopie infrarouge permet afin de déterminer la présence ou l'absence de cire. A l'aide des documents 3 et 6, comment peut-on révéler la présence d'esters dans la cire d'abeille ?
 - e) Le spectre du document 4 révèle-t-il la présence de cire ? Justifier votre réponse.
- 2- Un pigment des fresques : l'indigo

Le prélèvement de l'échantillon du document 4 a été effectué sur la partie bleue de la fresque. Nous savons également que les romains importaient un pigment bleu, l'indigo, extrait de l'indigotier.

 - a) D'après la formule de l'indigo, quelles sont les deux fonctions chimiques que l'on peut observer sur cette molécule ?
 - b) Retrouve-t-on ces fonctions sur le spectre de l'indigo (document 5) ? Justifier.
 - c) Peut-on déterminer la présence de l'indigo dans l'échantillon testé (document 4) ? Justifier.
 - d) Quel est le l'intervalle de longueurs d'ondes (en μm) utilisé pour réaliser ces spectres infrarouges

- e) En pulvérisant un peu de colorant bleu trouvé dans une fresque et en le dissolvant dans l'acide sulfurique puis l'éthanol on a réalisé une analyse spectrophotométrique. Quel spectre du document 7 a-t-on pu obtenir ? Justifier.

3- **Spectre RMN de l'indigo** (document 8)

On a obtenu 4 séries de pics (1, 2, 3, 4 et 5) dont les valeurs en ppm sont indiquées sous certains atomes d'hydrogène concernés.

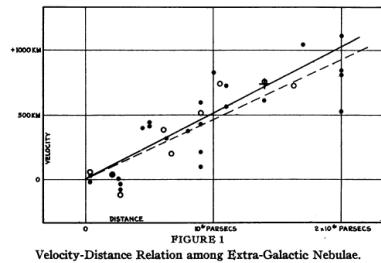
- Indiquer la valeur en ppm des hydrogènes numérotés a, b, c, d et e, en justifiant votre choix.
- Sur ce spectre on distingue mal le nombre de pics sur chaque massif 1, 2, 3, 4 et 5. Retrouver ce nombre de pics pour chaque massif par un raisonnement précis.

EXERCICE II L'âge de l'univers

Document 1 : l'expansion de l'univers

En mesurant pour la première fois tout à la fois la distance et la vitesse d'un échantillon de 24 galaxies, 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.

Cette proportion régulière entre distance est vitesse est désormais connue sous le nom de « loi de Hubble ». La constante de proportionnalité entre distance et vitesse (la pente de la droite) est la « constante de Hubble ».

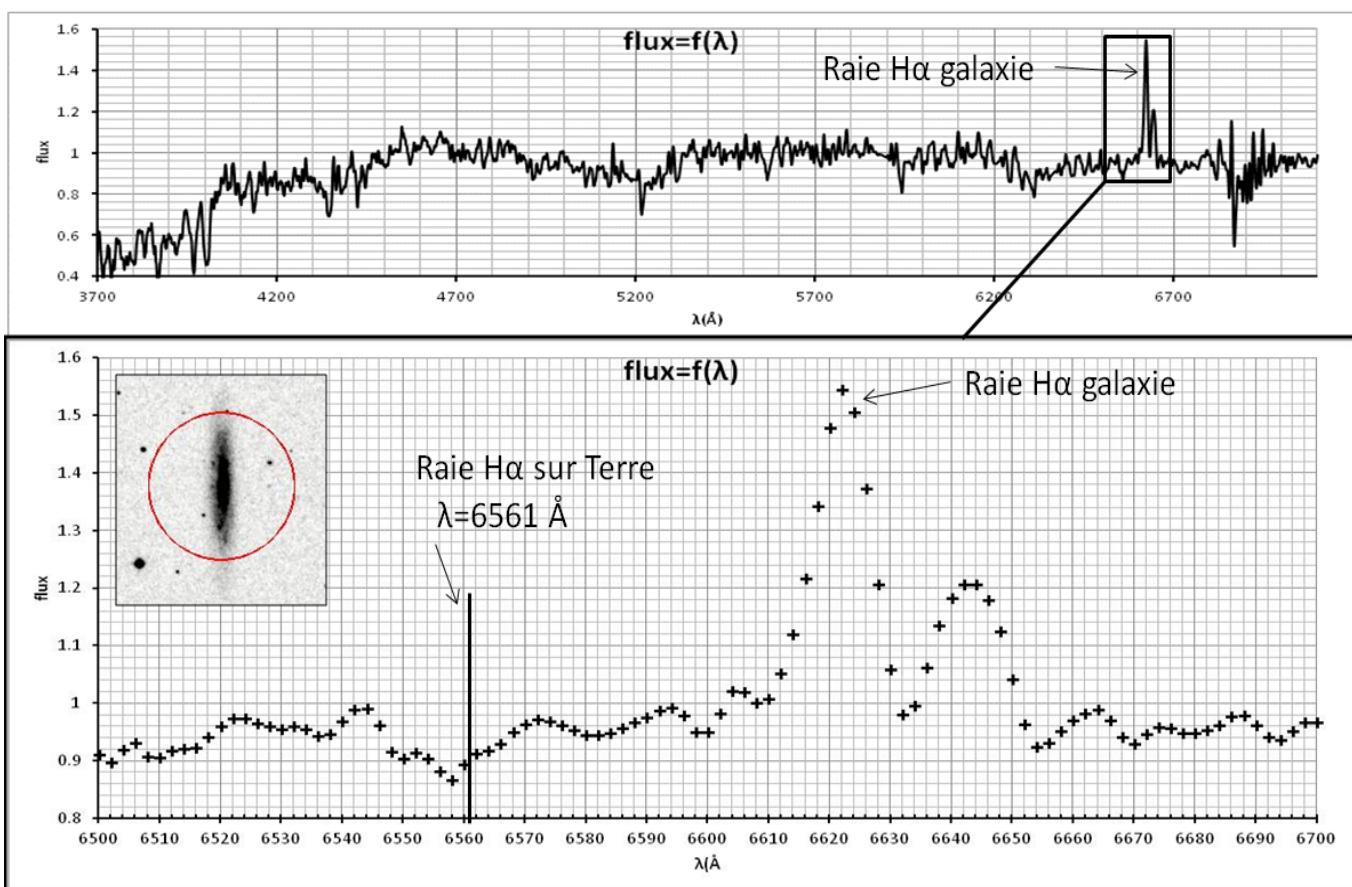


Document 2 : décalage Doppler.

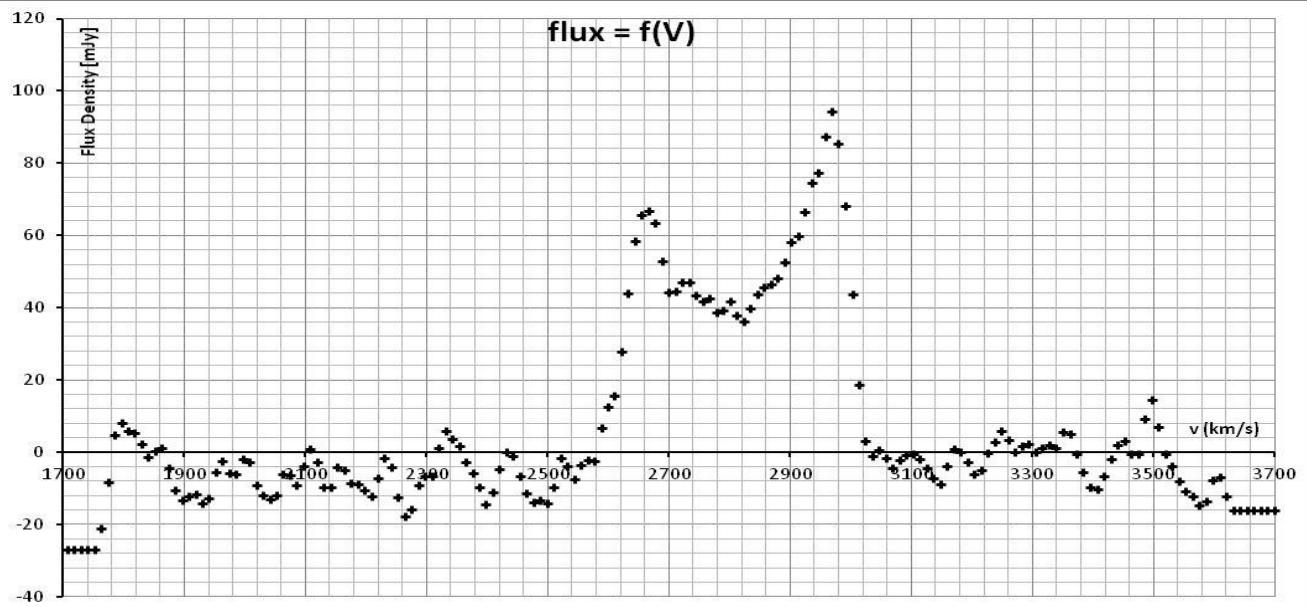
$\left. \begin{array}{l} z = \text{décalage Doppler} \\ \lambda = \text{longueur d'onde mesurée (corps en mouvement)} \\ \lambda_0 = \text{longueur d'onde mesurée (corps immobile)} \\ v = \text{vitesse du corps (}v>0\text{ si éloignement ; }v<0\text{ si rapprochement)} \\ c = \text{vitesse de la lumière (300 000 km/s)} \end{array} \right\}$
 (cette formule n'est exacte que si la vitesse 'v' est très petite devant la vitesse de la lumière 'c')

$$z = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c}$$

Document 3 : photographie et spectre de la raie H α de la galaxie NGC 3147

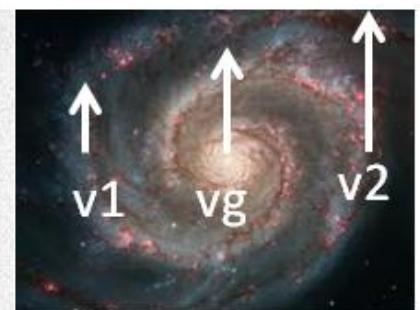
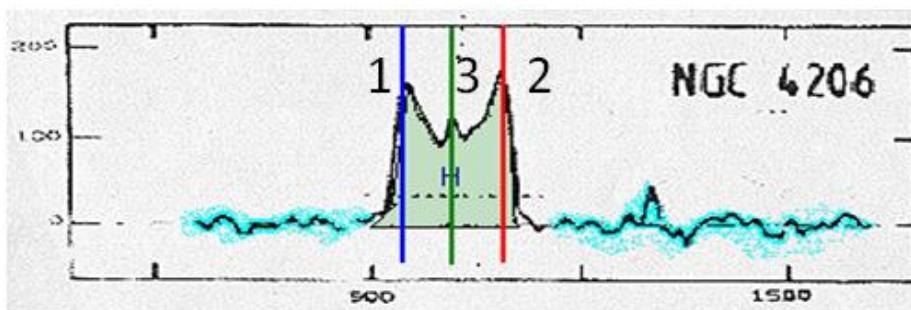


Document 4 : spectre de la raie de l'hydrogène à 21 cm pour la galaxie NGC 3147



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 v_g
Pic (1) : vitesse minimum par rapport au Soleil v_1
Pic (2) : vitesse maximum par rapport au Soleil v_2



Questions :

- Red shift or blue shift, that is the question.
 - 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 λ_0 si la source était immobile. Peut-on parler de décalage vers le rouge (red shift) ou de décalage vers le bleu (blue shift) ?
 - Même question si la source s'éloigne.
 - Vérification (document 2) : Trouver l'expression de v en fonction de λ , λ_0 et c . En déduire le signe de v pour un décalage vers le rouge puis pour un décalage vers le bleu.
- Mesures sur la galaxie NGC 3147
 - 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).
 - 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 H α sur Terre en nm ? De quelle couleur apparaît cette raie si on avait une photographie ?
 - Par une mesure trouver la longueur d'onde de la raie H α provenant de la galaxie.
 - Compléter ensuite la ligne concernant NGC 3147 sur l'annexe.
 - Compléter les autres cellules vides de ce tableau pour les galaxies NGC 1832 et NGC 4775.
 - Tracer sur le graphe de l'annexe $v(\text{km/s}) = f(d \text{ (Mpc)})$ pour ces 10 galaxies

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

3- La loi de Hubble et l'expansion de l'univers

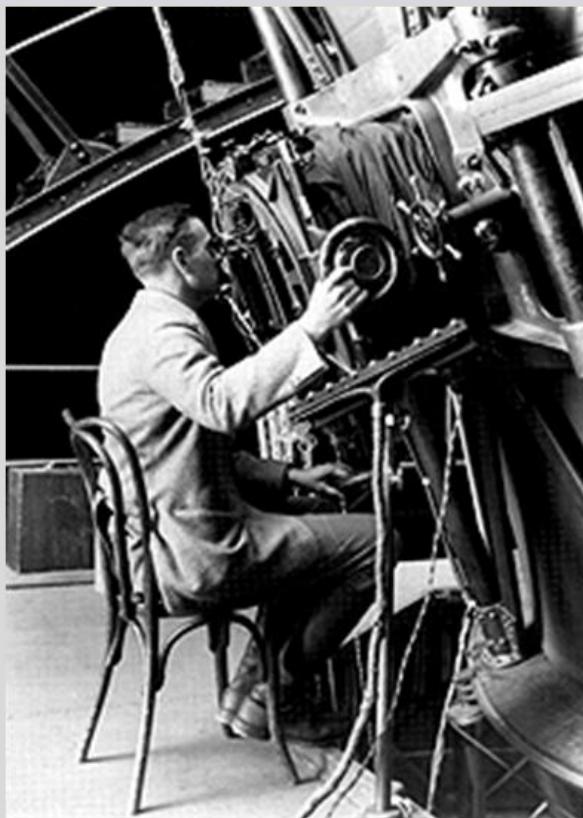
- a) Le résultat de la question précédente est-il compatible avec la loi de Hubble : $V = H_0 \times d$ où H_0 est la constante de Hubble ? Quelle est l'unité et la valeur de H_0 déterminé question 2-g)?
- b) Ces résultats sont-ils compatibles avec ce que disait Edwin Hubble (document 1) ?
- c) Si on fait l'hypothèse que la valeur de H_0 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 : $\frac{d}{v} = \frac{1}{H_0}$.

Trouver l'âge de l'univers (en milliard d'années) (donnée $1 \text{ Mpc} = 3.09 \times 10^{19} \text{ km}$)

4- Vitesse de rotation de NGC 3147

- a) A l'aide du document 4, retrouver la vitesse de fuite de la galaxie NGC 3147.
- b) Comment peut-on déduire de ce graphe que cette galaxie est en rotation sur elle-même ?
- c) Trouver la vitesse de rotation d'un point externe de cette galaxie par rapport à son centre.

EDWIN HUBBLE



ANNEXES EXERCICE II

| 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 | | | |
| 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 | |
| 5548 | 71.5 | 6672.6 | 1.673E-02 | 5019.2 |
| 6643 | 22.09 | 6592 | 4.449E-03 | 1334.8 |

Graphique $v = f(d)$

