



EXERCICE I : LANIAKEA (7points)

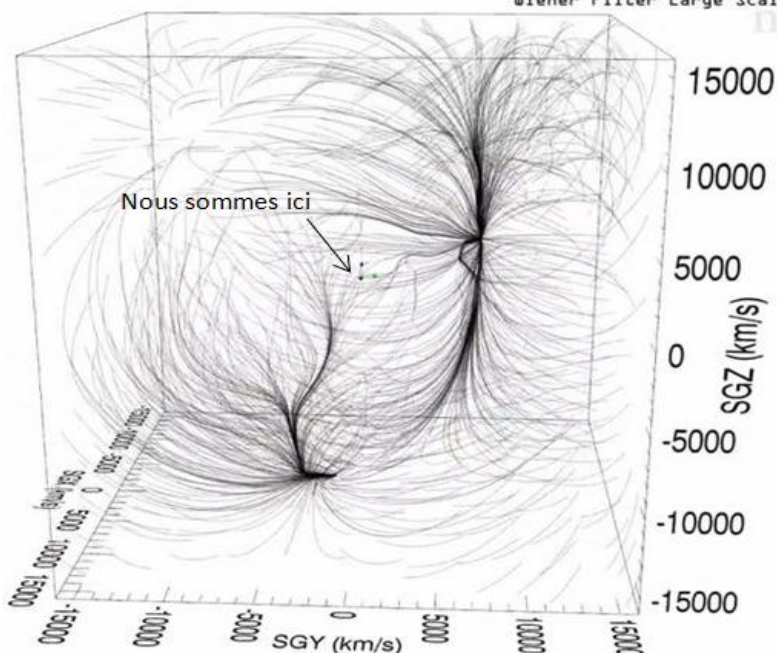
Laniakea: Our home supercluster

Perseus-Pisces

Grand attracteur

Laniakea

Wiener Filter Large Scale



Le flux des galaxies de notre gigantesque **superamas de galaxies** nommé **LANIAKEA** (horizon céleste immense en hawaïen) et du superamas voisin Perseus - Pisces

c'est cette dynamique cosmique qu'une équipe internationale d'astronomes, R. Brent Tully, Hélène Courtois, Yehuda Hoffman et Daniel Pomarède, a révélé avec une précision jamais atteinte jusqu'alors (septembre 2014). Ces millions de galaxies de **LANIAKEA** s'écoulent vers le **Grand Attracteur**

Paradoxe cosmologique : d'un côté, la force de gravitation, qui tend à rapprocher les astres. De l'autre, l'expansion universelle, qui les éloigne. C'est dans cet entre-deux des forces antagonistes que se joue l'évolution de l'Univers.

Cube d'univers contenant LANIAKEA

SGX, SGY, SGZ sont les coordonnées cartésiennes supergalactiques dont l'origine est notre propre galaxie au centre de ce cube.

Les astrophysiciens utilisent les km/s (unité de vitesse) comme unité de distance. Le but de cet exercice est de comprendre pourquoi.

Données : unités de distance

1 année-lumière (al) = 9.46×10^{12} km

1 parsec (pc) = 3.26 al

1 Å (angström) = 0.1 nm

Document 1 : données sur l'effet DOPPLER

z = décalage Doppler

λ : longueur d'onde mesurée (corps en mouvement)

λ_0 : longueur d'onde mesurée (corps immobile)

v = vitesse du corps ($v > 0$ si éloignement ; $v < 0$ si rapprochement)

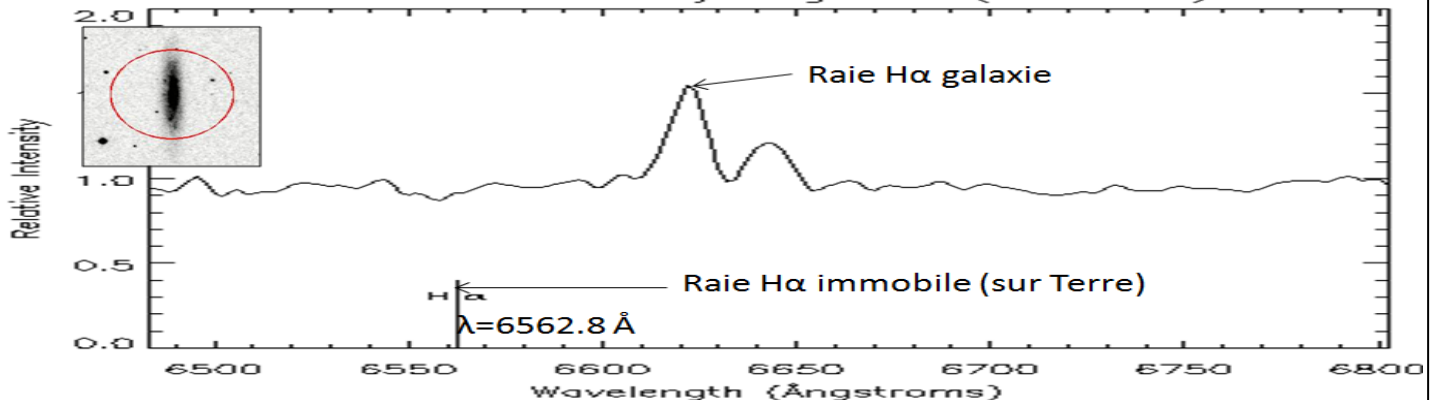
c = vitesse de la lumière (300 000 km/s)

(cette formule n'est exacte que si la vitesse ' v ' est très petite devant la vitesse de la lumière ' c ')

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

Document 2 : Spectre de la galaxie NGC 3147

NGC 3147 — Hydrogen α (6562.8Å)



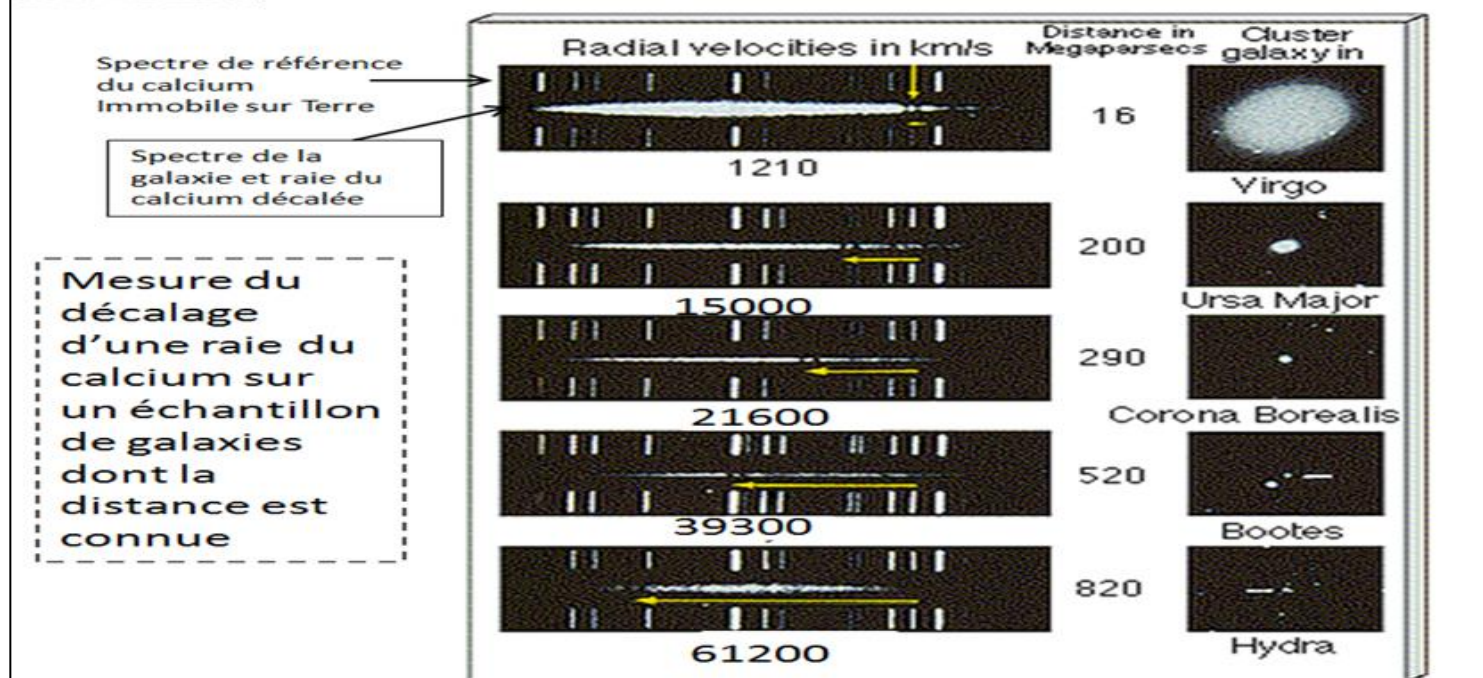
Document 3 : mesures d'EDWIN HUBBLE



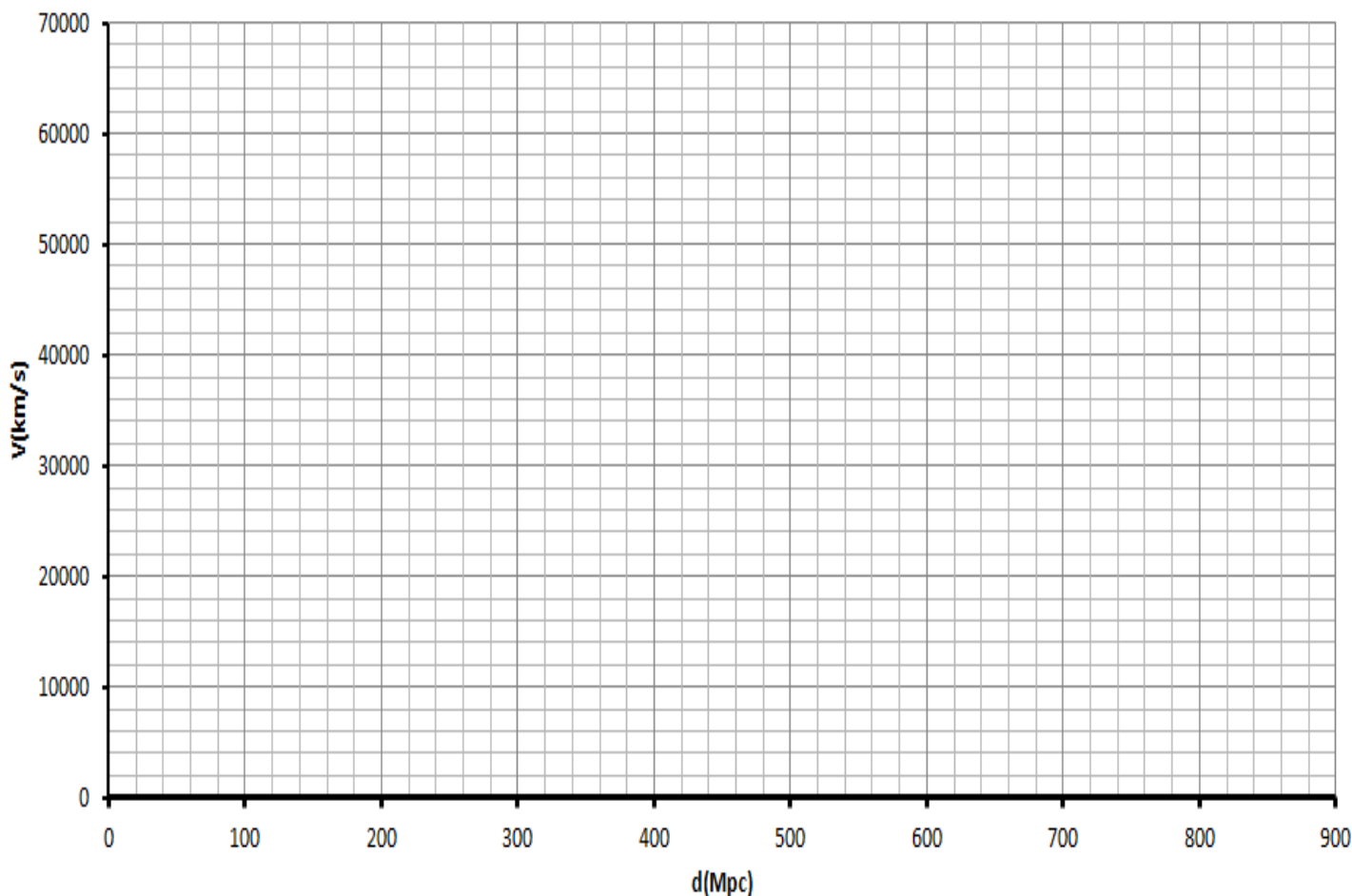
Edwin Hubble découvrit et observa un grand nombre de galaxies. En collaboration avec Milton Humason il établit en 1929, grâce à la spectroscopie, que **plus une galaxie était lointaine plus elle s'éloignait vite de la notre**. Il établit une relation entre la distance des galaxies et leur vitesse d'éloignement connue sous le nom de **loi de Hubble** et permettant de mettre en évidence l'expansion de l'univers.

Mesures de HUBBLE :

Vitesse radiales déduites des décalage spectraux en fonction de la distance en Mpc (mégaparsec)



Document 4 : Graphe à compléter : vitesses radiales de galaxies (km/s) en fonction de leur distance (Mpc)



1- Préliminaire : EFFET DOPPLER et redshift (document 1)

- 1-1. Dans le document 1, la vitesse v indiquée est en fait la vitesse RADIALE de l'objet en mouvement par rapport à l'observateur. Que signifie ce terme et quel est la différence entre la vitesse radiale et la vitesse de l'objet par rapport à l'observateur ?
- 1-2. D'après la formule indiquée, quelle est la condition entre λ et λ_0 pour que l'on ait un redshift (décalage vers le rouge) ou un blueshift (décalage vers le bleu).

2- Loi de HUBBLE (document 3)

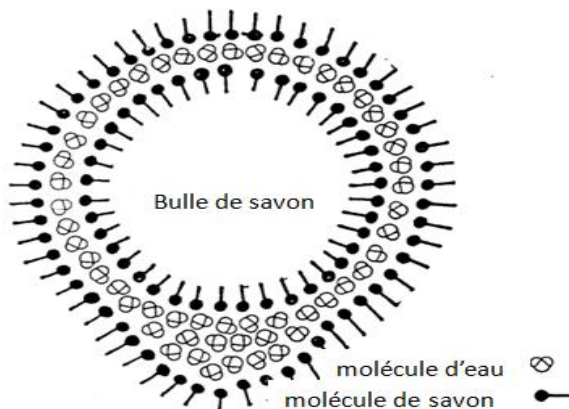
- 2-1. En observant les galaxies lointaines Edwin Hubble a-t-il observé des Redshift ou des blueshift pour des galaxies lointaines ? Pourquoi peut-on déduire de ces mesures que l'univers est en expansion ?
- 2-2. Tracer le graphique (sur le document 4) de la vitesse radiale des galaxies choisies par Hubble par rapport à leur distance. Montrer que ce graphe est compatible avec la loi qu'il a déduite : $V = H_0 \times d$ et trouver la valeur de H_0 ainsi que son unité.
- 2-3. En août 2006, une équipe de la NASA, utilisant les données du télescope spatial Chandra, a évalué la constante de Hubble à **77** (dans la même unité que celle du graphe), avec une incertitude de 15 %. La valeur trouvée par le graphe est-elle dans l'intervalle défini par les mesures de Chandra ?
- 2-4. Le temps de HUBBLE $t_h = 1/H_0$ donne une estimation en seconde de l'âge de l'univers (à condition que H_0 soit en s^{-1}). Trouver l'âge de l'univers en milliards d'années.
- 2-5. A l'aide du document 2 et du graphique trouver une estimation de la distance en Mpc de la galaxie NGC3147.

3- La taille de LANIAKEA

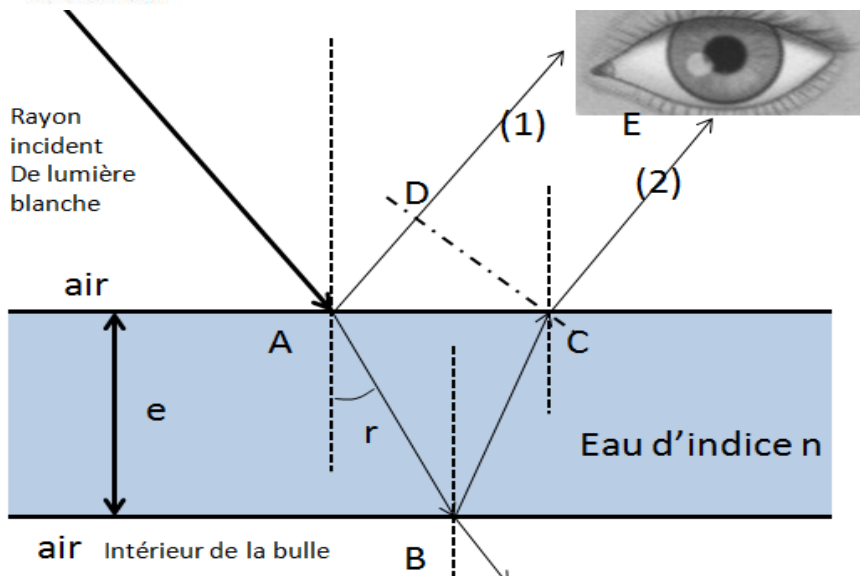
- 3-1. Pourquoi est-il logique que les astrophysiciens indiquent la taille du cube d'univers contenant notre superamas LANIAKEA en km/s plutôt qu'en km, parsec ou année-lumière ?
- 3-2. Quelles sont les dimensions de ce cube en Mpc et en al ? Trouver son ordre de grandeur en mètre.
- 3-3. Notre galaxie, la voie lactée a un diamètre de 100000 al, quelle serait sa taille sur ce schéma du cube d'univers de LANIAKEA si on pouvait la représenter.

EXERCICE II : BULLE (4points)

La paroi d'une bulle de savon est constituée de deux couches de phospholipides amphiphiles de par leurs « têtes » hydrophiles et leurs « queues » hydrophobes. Une étroite couche d'eau est retenue entre les deux.



Lorsque nous observons une bulle de savon en plein jour, nous pouvons voir des irisations rappelant les couleurs de l'arc-en-ciel.



Les 2 rayons (1) et (2) issu du cheminement du rayon incident par la surface de la bulle se superposent sur la rétine de l'observateur (point E). Pour un angle de réfraction donné r , la **différence de marche**, notée δ , des rayons dépend de l'épaisseur de la paroi de la bulle et de l'indice de réfraction n de l'eau et du savon.

$$\delta = 2 \times n \times e \times \cos(r) + \frac{\lambda}{2}$$

L'indice n dépend également de la longueur d'onde λ de la radiation

- 1- Expliquez rapidement comment le savon emprisonne une fine couche d'eau pour former une bulle.
- 2- Quel(s) phénomène(s) physique peut-on observer au point A ? au point B ? au point C ? au point E ? parmi les phénomènes suivants : diffraction, réflexion, réfraction, dispersion, interférence.
- 3- Exprimer la différence de marche δ des 2 parties du rayon incident se séparant en 2 morceaux au point A en fonction de segments exprimés avec les points A, B, C et D.
- 4- Que se passe-t-il au point E si la différence de marche entre les rayons (1) et (2) est $\delta = k \times \lambda$ (k : nombre entier, λ : longueur d'onde de la radiation) ? Même question si $\delta = (2k + 1) \times \lambda / 2$.
- 5- Parmi toutes les radiations du spectre solaire, on s'intéresse à celles de longueur d'onde $\lambda_{\text{(Rouge)}} = 700 \text{ nm}$ et $\lambda_{\text{(violet)}} = 350 \text{ nm}$. L'épaisseur de la bulle est $e = 0.15 \mu\text{m}$, l'angle de réfraction $r = 29^\circ$. Indice de réfraction : $n_{\text{(Rouge)}} = 1.33$ et $n_{\text{(violet)}} = 1.34$. Ces deux couleurs seront-elles perçues par l'observateur au point E ?

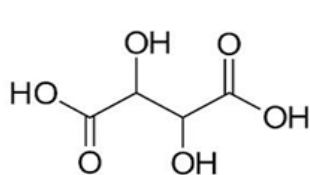
EXERCICE III : VIN (9points)



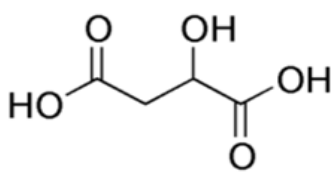
La composition chimique du vin est d'une grande complexité : plusieurs centaines de corps chimiques y participent. Ils proviennent directement du raisin ou sont produits au cours de la fermentation alcoolique et des transformations bactériennes. On y trouve de l'eau, de l'éthanol, des acides organiques, du dioxyde de soufre, des sucres, des substances minérales etc...



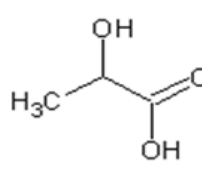
Document 1 : Quelques acides organiques contenus dans le vin à un stade ou un autre de la vinification



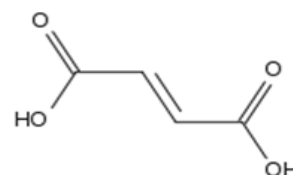
Acide tartrique



Acide malique

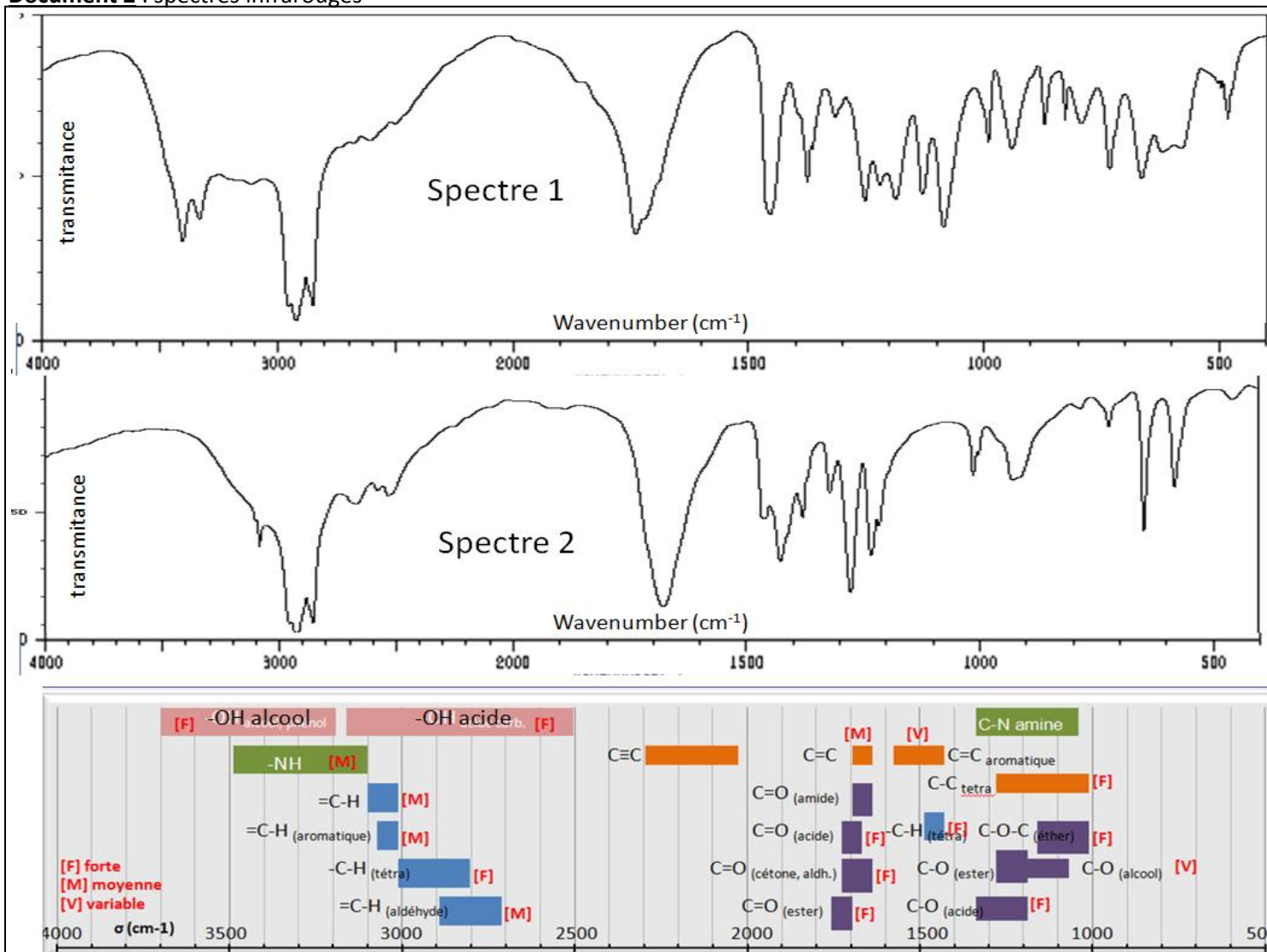


Acide lactique

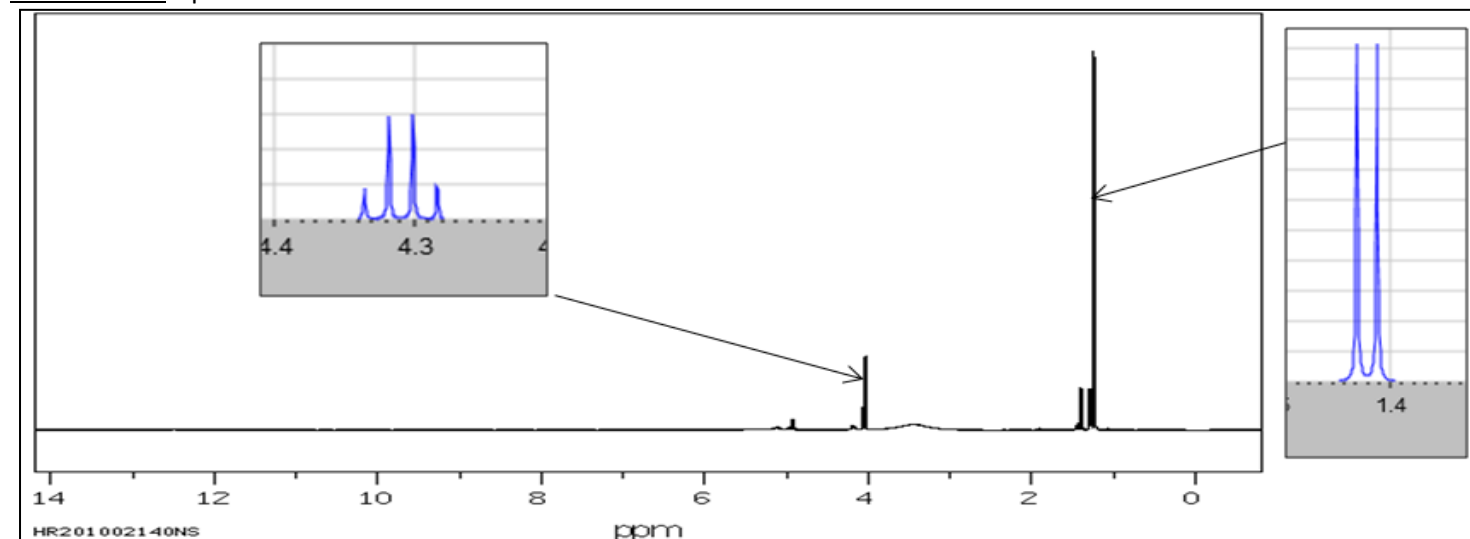


Acide fumarique

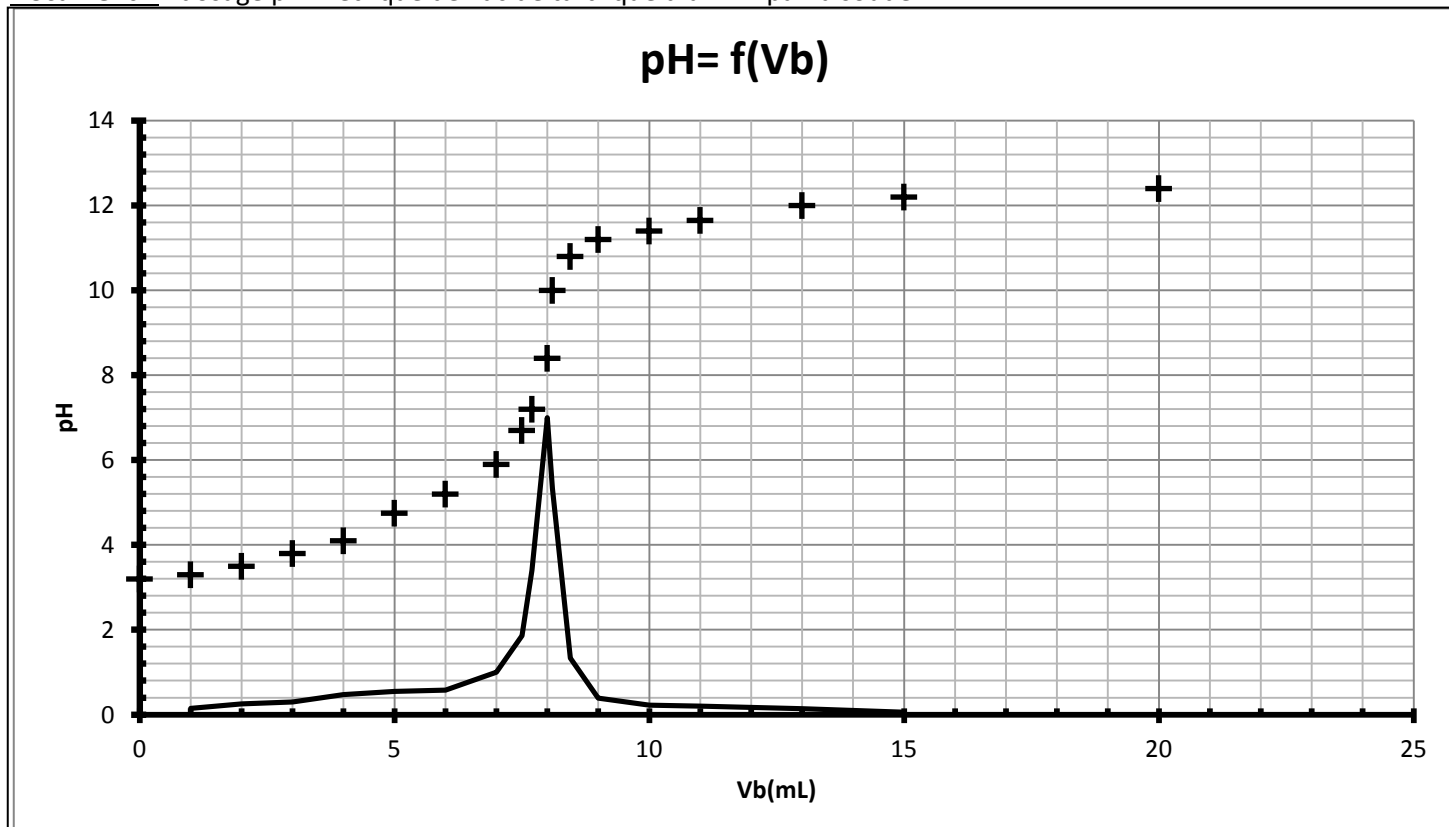
Document 2 : spectres infrarouges



Document 3 : spectre H-RMN



Document 4 : dosage pH-métrique de l'acide tartrique d'un vin par la soude



PARTIE A : Les acides carboxyliques du vin.

- Dessiner les formules semi-développées des acides carboxyliques du document 1 en indiquant et nommant les groupes fonctionnels présents sur chacun d'eux.
- Faire correspondre les 2 noms suivants à 2 des acides présentés document 1. Trouver le nom des deux autres.
a : acide (E)-but-2-ène-1,4-dioïque ; b : acide 2-hydroxybutane-1,4-dioïque.
- Identifier parmi les deux spectres IR du document 2, le spectre de l'acide tartrique et celui de l'acide fumarique.
Justifier la réponse.
- L'axe horizontal de ces spectres IR est marqué (Wavenumber cm^{-1}) et gradué entre 500 et 4000 cm^{-1} . Trouver les limites en longueur d'onde de cet axe. D'après le tableau ci-contre identifier le domaine infrarouge concerné.
- Faire correspondre à un des 4 acides le spectre H-RMN présenté au document 3. Argumenter la réponse.

| Désignation | Abréviation | Longueur d'onde |
|---------------------|-------------|------------------------|
| Infrarouge proche | PIR | 0,78 – 3 μm |
| Infrarouge moyen | MIR | 3 – 50 μm |
| Infrarouge lointain | LIR | 50 μm – 5mm |

PARTIE B : L'acidité d'un VIN.

L'acidité d'un vin est due à la présence d'acides organiques, de dioxyde de carbone et de dioxyde de soufre (pour les vins blancs)

1- Dosage du dioxyde de soufre dans un vin blanc

Un laboratoire départemental d'analyse doit déterminer la concentration de dioxyde de soufre $\text{SO}_2(\text{aq})$ dans un vin blanc. Un technicien dose ce dernier à l'aide d'une solution aqueuse de diiode $\text{I}_2(\text{aq})$.

Pour cela, il introduit dans un erlenmeyer, un volume $V_1 = (20,00 \pm 0,05) \text{ mL}$ de vin blanc limpide très peu coloré en vert pâle, 4 mL d'acide sulfurique incolore et 1 mL d'empois d'amidon également incolore.

La solution titrante, de concentration en diiode $C_2 = (1,00 \pm 0,01) \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ est ensuite ajoutée jusqu'à l'équivalence repérée par le changement de couleur du milieu réactionnel.

L'équivalence est obtenue après avoir versé un volume $V_E = (6,28 \pm 0,05) \text{ mL}$ de solution de diiode.

L'équation support du dosage est : $\text{I}_2(\text{aq}) + \text{SO}_2(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{I}^-(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq}) + 4\text{H}^+(\text{aq})$

(En présence d'empois d'amidon, le diiode donne à une solution aqueuse une teinte violet foncé.

Les ions iodure I^- , les ions sulfate SO_4^{2-} et le dioxyde de soufre en solution sont incolores.)

- 1-1. Préciser, en justifiant, le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence. Ce dosage est-il un dosage d'oxydoréduction ou un dosage acide base ?
- 1-2. Déterminer la concentration molaire C_1 en dioxyde de soufre de ce vin et en déduire que sa concentration massique C_{mexp} en dioxyde de soufre est égale à $0,201 \text{ g.L}^{-1}$. ($M_{\text{SO}_2} = 64,1 \text{ g/mol}$).
- 1-3. Déterminer l'incertitude relative $\frac{\Delta C_{\text{mexp}}}{C_{\text{mexp}}}$ dont on admet que, dans les conditions de l'expérience, elle satisfait à :

$$\left(\frac{\Delta C_{\text{mexp}}}{C_{\text{mexp}}} \right)^2 = \left(\frac{\Delta V_E}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C_2}{C_2} \right)^2. \text{ En déduire un encadrement de la concentration massique } C_{\text{mexp}} \text{ obtenue.}$$

- 1-4. Cette concentration est-elle conforme à la réglementation européenne ? Justifier.

Réglementation européenne :

... « La concentration massique en dioxyde de soufre ne doit pas dépasser 210 mg.L^{-1} dans un vin blanc » ...

2- Acidité totale d'un vin

- 2-1. Soit les pK_a de plusieurs couples acide base :

Couples du dioxyde de carbone : $pK_a(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}/\text{HCO}_3^-) = 6,4$; $pK_a(\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}) = 10,3$

Couples de l'acide tartrique, noté H_2A : $pK_a(\text{H}_2\text{A}/\text{HA}^-) = 3,0$; $pK_a(\text{HA}^-/\text{A}^{2-}) = 4,4$

- 2-1-1. Indiquer les zones de prédominance de chaque espèce chimique sur un axe de pH.
- 2-1-2. Donner la définition d'un acide selon Brønsted et montrer que H_2A est bien un acide.
- 2-2. On porte à ébullition **20 mL** de vin afin d'éliminer le dioxyde de soufre, puis on élimine le dioxyde de carbone par agitation du vin. On dose ensuite ces 20 mL de vin par de la soude ($\text{Na}^+ + \text{OH}^-$) de concentration **$c_b = 0,050 \text{ mol/L}$** . Le dosage est suivi par pHmétrie, on obtient le graphe du document 4.
- 2-2-1. Montrer que l'équation-bilan du dosage est $\text{AH}_2 + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{A}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$. Définir l'équivalence pour un dosage. Faire un tableau d'avancement pour cette réaction (sans valeur numériques).
- 2-2-2. Donner l'autre nom de la soude utilisée pour ce dosage. Si l'on mettait un pHmètre dans la solution de soude utilisée, quelle valeur de pH obtiendrait-on ?
- 2-2-3. Pour quelle raison a-t-on dégazé et chauffé avant de faire ce dosage ?
- 2-2-4. A l'aide du graphique du document 4, trouver la valeur du pH à l'équivalence. Quelle est alors l'espèce prédominante parmi les espèces des couples de l'acide tartrique ?
- 2-2-5. En réalité pour déterminer l'acidité totale d'un vin, on ajoute de la soude **jusqu'à ce que le pH soit égal à 7**. Calculer « **l'acidité totale** » du vin étudié.

Acidité totale d'un vin.

L'acidité du vin se mesure en g/L équivalent d'acide tartrique. Sa détermination se fait en amenant le pH du vin à 7,0 par addition de soude $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ sur un échantillon de vin dont on a extrait le gaz carbonique. Le volume de solution d'hydroxyde de sodium ajouté permettrait de faire réagir une masse d'acide tartrique qui correspond à l'acidité totale du vin.

$M(\text{acide tartrique}) = 150 \text{ g/mol}$