

## Physique - Chimie

## DEVOIR SUR TABLE N° 3

L'épreuve a été conçue pour être traitée sans calculatrice.

**L'usage des calculatrices est rigoureusement interdit.**

TOUT DOCUMENT INTERDIT.

Les résultats numériques doivent être précédés d'un **calcul littéral**.

**La présentation et la rédaction** font partie du sujet et interviennent dans la notation.

L'épreuve est **notée sur 16 points** auxquels s'ajouteront les points d'épreuve pratique sur 4 points.

**I] EXERCICE 1 :** sur 7,0 points. **ÉTHANOL ET ÉTHANAL**

On trouve dans un document publié par l'Institut suisse de prévention de l'alcoolisme (ISPA) les informations suivantes :

Quand une personne consomme de l'alcool, celui-ci commence immédiatement à passer dans le sang. Plus le passage de l'alcool dans le sang est rapide, plus le taux d'alcool dans le sang augmentera rapidement, et plus vite on sera ivre. L'alcool est éliminé en majeure partie par le foie. Dans le foie, l'alcool est éliminé en deux étapes grâce à des enzymes. Dans un premier temps, l'alcool est transformé en éthanal par l'enzyme alcool déshydrogénase (ADH). L'éthanal est une substance très toxique, qui provoque des dégâts dans l'ensemble de l'organisme. Il attaque les membranes cellulaires et cause des dommages indirects en inhibant le système des enzymes. Dans un deuxième temps, l'éthanal est métabolisé par l'enzyme acétaldéhyde déshydrogénase (ALDH).

Alcool pur : Ethanol :  $C_2H_6O$

↓ Enzyme ADH

Ethanal  $C_2H_4O$

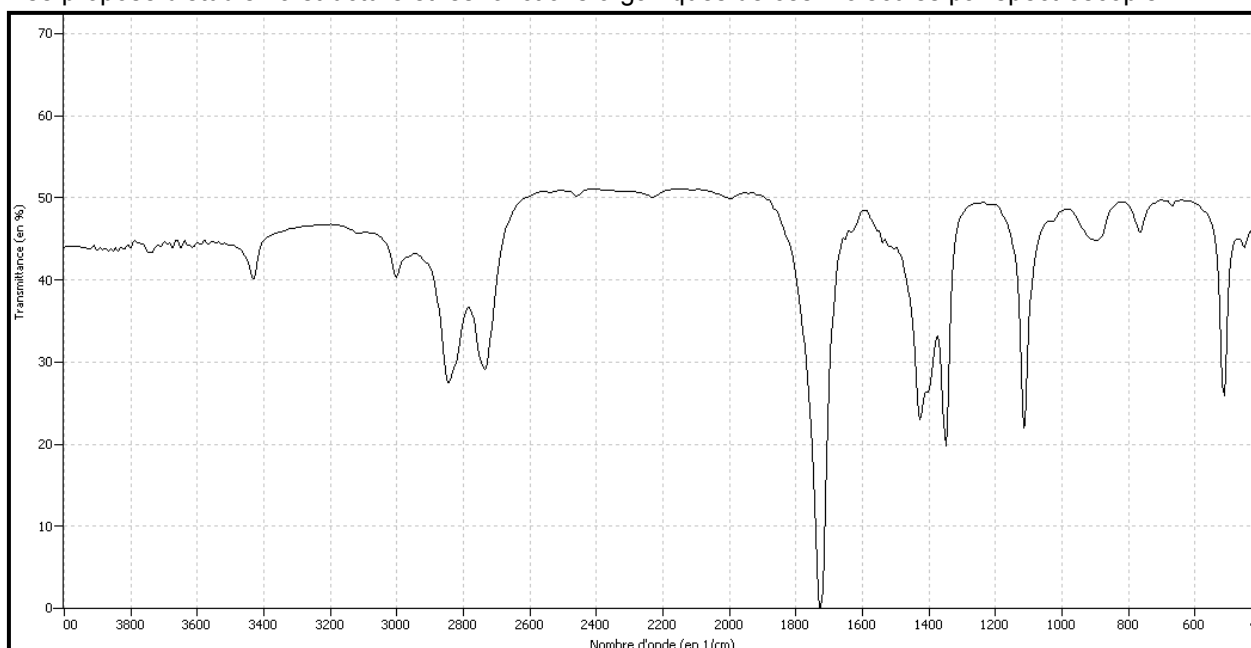
↓ Dégradation ultérieure...

Synthèse du cholestérol

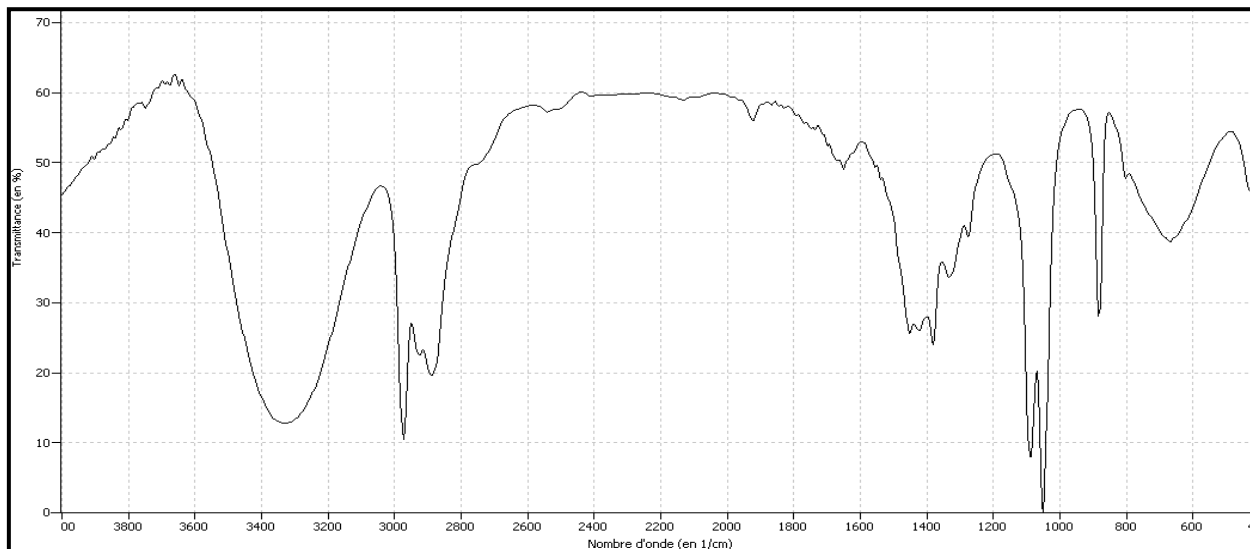
www.sfa-ispa.ch

**1. Spectroscopie.**

On se propose d'étudier la structure et les fonctions organiques de ces molécules par spectroscopie.



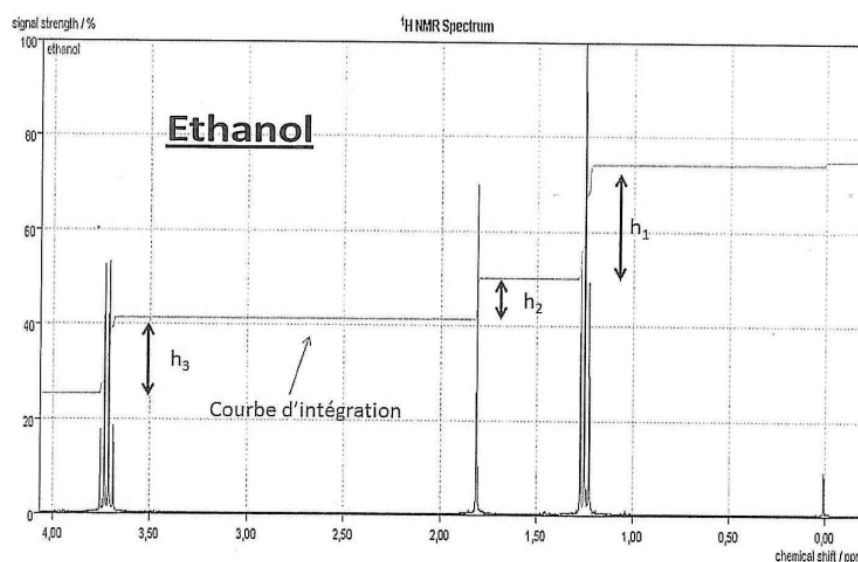
Document 2a : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR1.



**Document 2b** : Spectroscopie Infrarouge en phase liquide. Spectre IR2.

| Liaison                           | C - C     | C - O     | C = O (carbonyle) | C - H     | O - H     |
|-----------------------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|
| Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> ) | 1000-1250 | 1050-1450 | 1650-1740         | 2800-3000 | 3200-3700 |

Document 2c : Table de données pour la spectroscopie IR



Document 3 : Spectre de RMN de l'éthanol

- 1.1. Le Document 1 évoque les molécules d'éthanol et d'éthanal : représenter, en formules semi-développées, ces deux molécules et encadrer leurs groupes caractéristiques. *Nommer ces groupes.*
- 1.2. Nommer les fonctions chimiques présentes dans les molécules précédentes.
- 1.3. En utilisant les données spectroscopiques du Document 2, associer chaque spectre infrarouge (IR1 et IR2) à la molécule correspondante en justifiant la détermination.
- 1.4. Le Document 3 présente le spectre R.M.N. de l'éthanol. Associer à chacun des trois massifs du spectre sa signification. *Quelle est la signification du pic « chemical shift / ppm » correspondant à la valeur 0,00 ?*
- 1.5. Interpréter la courbe d'intégration.

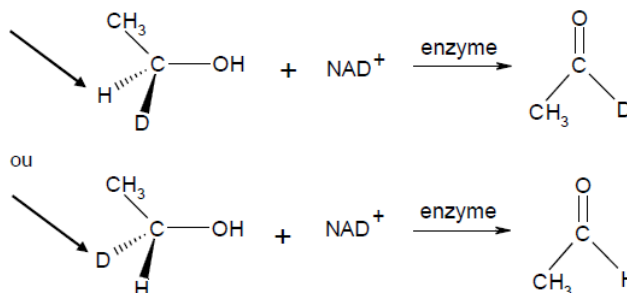
## 2. Métabolisation des alcools.

Après étude de la structure de ces molécules, nous allons étudier le mécanisme biochimique expliquant leur transformation dans l'organisme.

La métabolisation des alcools implique leur oxydation en composés carbonyles. Dans les systèmes biologiques, l'éthanol est transformé en éthanal grâce à un oxydant noté NAD<sup>+</sup>. La réaction est catalysée par une enzyme appelée alcool-déshydrogénase.

En substituant un atome d'hydrogène par un atome de deutérium **D**, on peut mettre en évidence le rôle énantiosélectif de cette enzyme, c'est-à-dire sa capacité à produire un stéréoisomère plutôt qu'un autre.

En soumettant les deux stéréoisomères du 1-deutéroéthanol à l'action de l'enzyme, on a pu établir que l'oxydation biochimique était stéréospécifique, le  $\text{NAD}^+$  arrachant uniquement l'hydrogène marqué ci-dessous par une pointe de flèche noire.



**D** désigne l'isotope 2 de l'hydrogène,  $^2_1\text{H}$ , appelé deutérium.

- 2.1. Quel est le nom de la représentation chimique utilisée dans les équations ci-dessus pour l'alcool ?
- 2.2. En vous basant sur cette représentation, développer complètement la molécule de 1-deutéroéthanol en faisant apparaître toutes les liaisons.
- 2.3. La dégradation de l'alcool dans l'organisme est une réaction catalysée. Donner la définition d'un catalyseur.
- 2.4. Qu'appelle-t-on « stéréoisomère » ? Donner un exemple.

### 3. Contrôle de qualité d'un vin : dosage par spectrophotométrie de l'éthanol.

On peut lire, depuis juin 2000, dans le « Code de la santé publique » :

« Catégorie Vins doux : vins, apéritifs à base de vin ne titrant pas plus de 18 degrés ».

On se propose de vérifier en laboratoire si un vin obéit à cette législation.

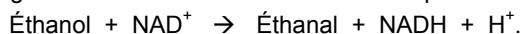
**Définition :** Le titre alcoométrique, exprimé en degré, est égal au nombre de litres d'éthanol pur contenus dans 100 litres de vin.

**Données :**  $M(\text{éthanol}) = 46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;  $\mu(\text{éthanol}) = 0,80 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

Afin de procéder au contrôle, on réalise le titrage par spectrophotométrie du vin en suivant le protocole suivant.

**Première étape :** On recueille l'éthanol du vin par distillation.

**Deuxième étape :** L'éthanol est oxydé par la  $\text{NAD}^+$  dans une réaction catalysée par une enzyme spécifique similaire à celle évoquée dans la partie 2. La réaction produit de la nicotinamide-adénine-dinucléotide réduite ( $\text{NADH}$ ) en quantité de matière égale à celle de l'éthanol dosé selon l'équation :



**Troisième étape :** La  $\text{NADH}$  absorbant dans le domaine U.V., on mesure son absorbance par spectrophotométrie. L'étalonnage du spectrophotomètre, avec différentes solutions d'éthanol, permet de vérifier la loi de Beer-Lambert :

$A = k \cdot C_m$  avec :  $k = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ L}\cdot\text{mg}^{-1}$  et  $C_m$  la concentration massique d'éthanol dans l'échantillon.

**Réalisation de la mesure.**

On distille 10 mL de vin ; le distillat est ensuite ajusté à 100 mL avec de l'eau distillée pour obtenir une solution appelée **S**. On prépare l'échantillon à doser par spectrophotométrie en introduisant dans une fiole jaugée de 100 mL : 1,0 mL de solution **S**, le catalyseur,  $\text{NAD}^+$  en excès. On complète avec de l'eau distillée.

L'absorbance mesurée pour cet échantillon vaut :  $A_e = 0,16$ .

- 3.1. Déterminer à partir de l'absorbance mesurée  $A_e$ , la concentration massique  $C_m$  en éthanol de l'échantillon étudié.
- 3.2. En tenant compte des deux dilutions successives, calculer les concentrations massiques en éthanol suivantes :
  - 3.2.1  $C_s$  dans la solution **S**.
  - 3.2.2  $C_v$  dans le vin.
- 3.3. Quelle est la valeur du titre alcoométrique, exprimé en degrés, du vin ?
- 3.4. Ce vin est-il conforme au code de la santé publique ?

## II ] EXERCICE 2 : sur 5,0 points.

### CAVE - CONCERT

Trois jeunes musiciens amateurs (un guitariste, un pianiste et un flûtiste) projettent de donner un concert devant leurs amis dans la cave d'un immeuble. Lors d'une répétition dans ce lieu, ils s'interrogent sur les améliorations à apporter pour éviter une réverbération trop importante.

#### 1. Accord des instruments.

Avant le concert, les musiciens doivent « accorder » leurs instruments. Pour cela, ils utilisent un diapason qui émet la note «  $\text{La}_3$  ». Chacun joue cette note sur son instrument, la compare à celle émise par le diapason et procède aux réglages permettant d'obtenir une note de même hauteur.

En utilisant les enregistrements des différents sons produits et leurs spectres, répondre aux questions suivantes.

- 1.1. Quelle différence existe-t-il dans l'allure des enregistrements temporels des sons émis par les trois instruments ?
- 1.2. Qu'appelle-t-on « timbre » d'un son ?
- 1.3. Qu'appelle-t-on « hauteur » d'un son ?
- 1.4. Quelle est la fréquence  $f$  de vibration du son émis par le diapason ?
- 1.5. Les trois instruments sont-ils « accordés » ? Justifier.

## 2. La cave est-elle une bonne salle de concert ?

La cave a une forme parallélépipédique, de longueur :  $L = 10$  m, de largeur :  $\ell = 5,0$  m et de hauteur :  $h = 3,0$  m.

Cette pièce, vide et sans vitrage, possède une porte en bois de surface :  $S_{\text{bois}} = 3,0$  m<sup>2</sup>.

Le sol, les murs et les plafonds sont en béton d'une surface totale :  $S_{\text{béton}} = 187$  m<sup>2</sup>.

2.1. Quels sont les phénomènes physiques qui interviennent au cours de la propagation du son dans une salle ?

*En citer au moins trois.*

2.2. Quelle est l'unité du coefficient de valeur 0,16 dans la formule de Sabine (*Document 7*) ?

2.3. En l'absence de spectateurs, calculer la valeur de  $T_R$ .

2.4. En l'absence de spectateurs, la cave est-elle une bonne salle de concert ? *Justifier.*

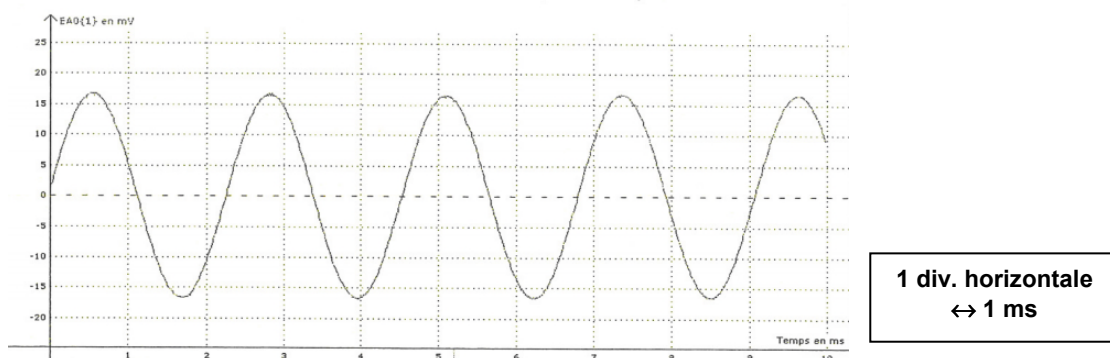
2.5. On souhaite obtenir une nouvelle durée de réverbération :  $T'_R = 2,0$  s. Pour cela, on dispose sur les murs des panneaux absorbants verticaux de coefficient d'absorption acoustique :  $\alpha_{\text{panneau}} = 0,50$ .

Donner l'expression littérale de  $T'_R$  en fonction de  $\alpha_{\text{bois}}$ ,  $\alpha_{\text{béton}}$ ,  $\alpha_{\text{panneau}}$ ,  $S_{\text{bois}}$ ,  $S_{\text{béton}}$  et  $S_{\text{panneau}}$ .

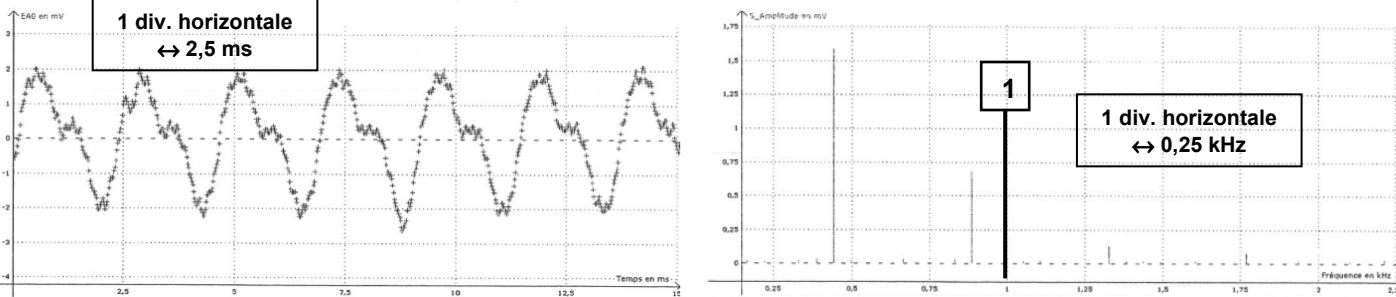
### Document 1. Correspondance entre la hauteur et la fréquence associée de quelques notes de la gamme tempérée.

| Note           | la <sub>1</sub> | la <sub>2</sub> | la <sub>3</sub> | si <sub>3</sub> | do <sub>4</sub> | ré <sub>4</sub> | mi <sub>4</sub> | fa <sub>4</sub> | sol <sub>4</sub> | la <sub>4</sub> |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| Fréquence (Hz) | 110             | 220             | <b>f</b>        | 494             | 523             | 587             | 659             | 698             | 783              | 880             |

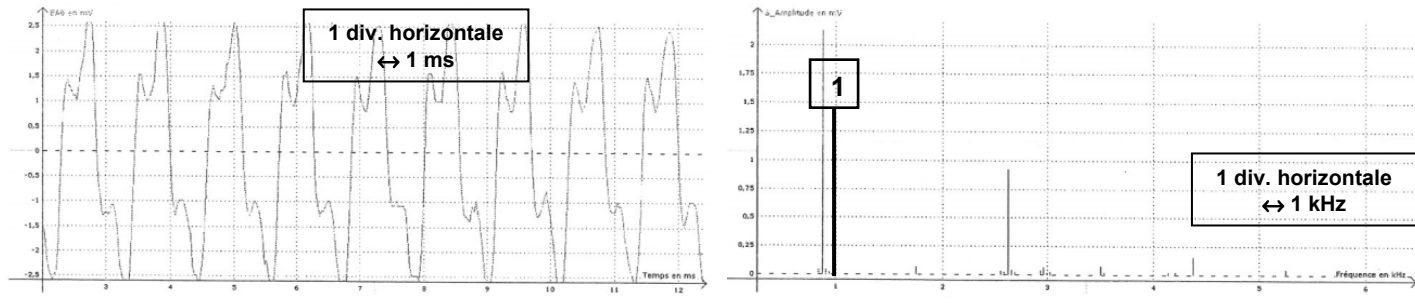
### Document 2. Enregistrement de la note « La<sub>3</sub> » émise par le diapason.



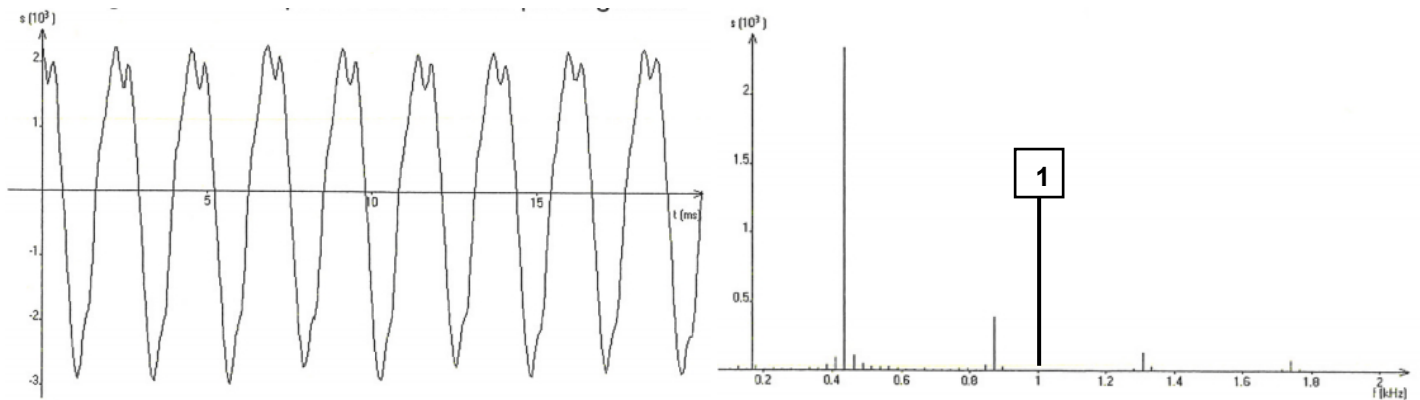
### Document 3. Enregistrement et spectre du son émis par le piano.



### Document 4. Enregistrement et spectre du son émis par la flûte.

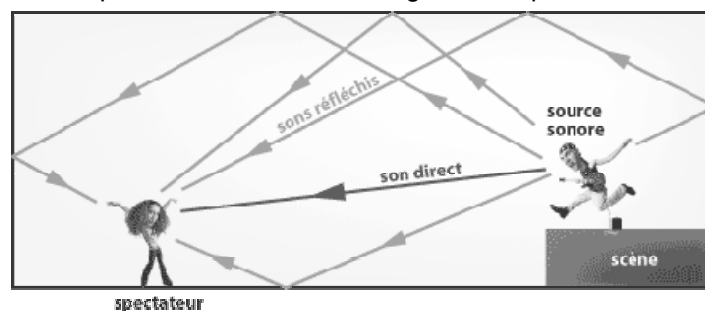


### Document 5. Enregistrement et spectre du son émis par la guitare.



### Document 6. Réverbération d'une salle.

La réverbération est le phénomène qui prolonge l'énergie sonore après un arrêt net de la source sonore. Une onde sonore émise dans une salle se propage dans toutes les directions à la vitesse de 340 m/s. Très rapidement elle rencontre le plafond, le sol et les murs. Selon la nature de ces parois, une fraction de l'énergie acoustique est absorbée et le reste est réfléchi.



En règle générale, l'absorption est plus faible pour les sons graves.

La réverbération n'est pas toujours souhaitée pour un orateur, sauf effets spéciaux.

Elle doit être courte pour une bonne compréhension du texte ; au maximum 0,8 seconde. Au-delà, les syllabes se chevauchent et l'intelligibilité diminue.

L'absence de réverbération provoque un rendu sec et dur sur la musique ; on recherche toujours une prolongation du son. Une bonne salle de musique présente une réverbération de 1,0 à 2,5 secondes. L'orgue nécessite une réverbération plus longue : c'est le cas des églises.

D'après <http://www.sonorisation-spectacle.org/reverberation.html>

### Document 7. Durée de réverbération.

La durée de réverbération  $T_R$  est le temps mis par un son pour décroître de 60 dB après la coupure de la source sonore.

Cette durée  $T_R$  se calcule à l'aide de la loi de Sabine :  $T_R = \frac{0,16 \times V}{A}$ , avec :

$V$  : volume de la salle (en  $m^3$ ).

$A$  : l'aire de la surface absorbante équivalente de la salle (en  $m^2$ ).

$T_R$  : durée de réverbération (en s).

On définit la surface équivalente  $A$  par :  $A = \sum_i (\alpha_i \times S_i)$  où  $\alpha_i$  représente le coefficient d'absorption du matériau de surface  $S_i$ . Il dépend de la nature du matériau et de la fréquence du son.

Coefficients d'absorption acoustique moyens,  $\alpha_M$ , de différents matériaux à une fréquence de 500 Hz.

| Matériau                 | Plâtre | Carrelage | Béton | Bois | Verres | Dalles acoustiques |
|--------------------------|--------|-----------|-------|------|--------|--------------------|
| $\alpha_M$ (pas d'unité) | 0,030  | 0,020     | 0,010 | 0,15 | 0,18   | 0,75               |

D'après : <http://www.acouphile.fr/materiaux.html>

### III ] EXERCICE 3 : sur 4,0 points. **UNE APPLICATION DE LA DIFFRACTION**

La production de certains catalyseurs nécessite de déposer un métal noble (Pd, Pt, Au) sur un support inerte comme de la silice ( $\text{SiO}_2$ ). La silice commerciale se présente sous forme de petits grains blancs de tailles différentes : il est nécessaire de trier ces grains à l'aide de tamis pour fabriquer des catalyseurs tous identiques.

Le but de cet exercice est de vérifier la taille des mailles d'un tamis en effectuant une expérience de diffraction par un faisceau LASER.

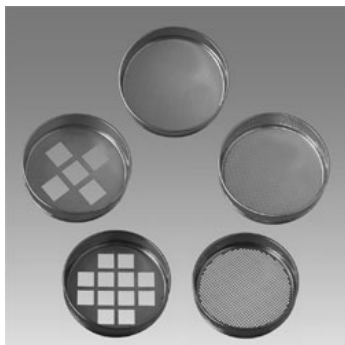
#### 1. Généralités sur les ondes.

1.1. Définir la notion d'onde.

1.2. On différencie deux types d'onde selon la direction de la propagation et celle de la perturbation. Nommer chaque type et donner un exemple pour chacun.

#### 2. Lumière LASER.

Un faisceau LASER monochromatique de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0 = 532 \text{ nm}$  et se propageant dans l'air, est dirigé vers un tamis de laboratoire (sorte de grille) à maille carrée de côté  $a$ . On observe sur un écran une figure de diffraction identique à celle représentée ci-dessous. La tache centrale est un carré de côté :  $L = 2,66 \text{ cm}$ .



2.1. Quel caractère de la lumière l'apparition d'une figure de diffraction met-elle en évidence ?

2.2. Dans quelle condition ce phénomène est-il observable ?

2.3. Une onde lumineuse est caractérisée par une périodicité spatiale et une périodicité temporelle. Nommer ces périodicités et préciser leur unité.

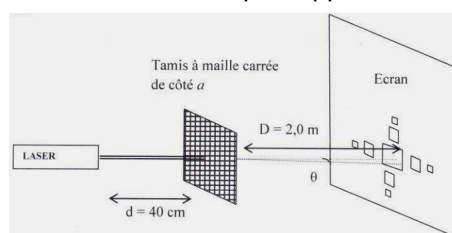
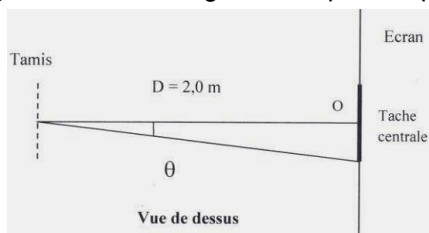
2.4. Rappeler la relation qui lie la longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0$ , la célérité de la lumière  $c$  dans le vide et la période  $T_0$ . Exprimer puis calculer la valeur de la fréquence  $\nu_0$  correspondante.

2.5. On considérera par la suite que les longueurs d'onde dans l'air et dans le vide sont identiques. Quelle propriété de l'air, vis-à-vis de la lumière, permet de faire cette approximation ? Citer un milieu qui n'a pas cette propriété.

#### 3. Dimension des mailles du tamis.

Le LASER est placé à une distance  $d = 40 \text{ cm}$  du tamis ; la distance entre le tamis et l'écran vaut :  $D = 2,0 \text{ m}$ .

Un tamis à maille carrée possède des propriétés diffractantes identiques à celles observées lors de la superposition de deux fentes allongées de même largeur et disposées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre.



Exprimer littéralement, puis calculer, la dimension  $a$  d'une maille du tamis en utilisant les données expérimentales ci-dessus.

Aides aux calculs :  $\frac{300}{532} = 0,564$  ;  $300 \times 532 = 16,0$ .