

# LEÇON 1 : CARACTERISER LES PHENOMENES ONDULATOIRES

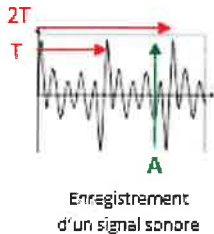
## ANALYSES PHYSIQUES D'UN SYSTEME CHIMIQUE

### PHYSIQUE

#### I. Propagation et perception des sons

##### 1) Rappels de 2nde

Le son est une onde mécanique longitudinale qui se propage en **transportant de l'énergie**.

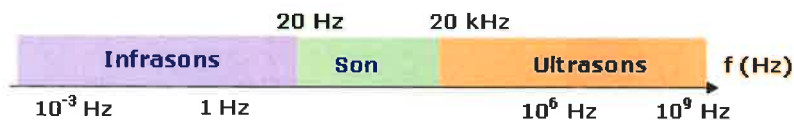


A l'aide d'un microphone, on peut capter un signal sonore et le convertir en signal électrique : on obtient alors une **représentation** du son sous la forme d'une tension qui varie en fonction du temps.

La période est alors mesurable **graphiquement**.

L'enregistrement donne également **l'amplitude A** du signal (écart entre minimum et maximum).

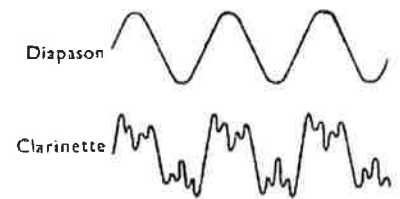
De même que le microphone, l'oreille humaine est un organe qui capte la vibration reçue et la transforme en un signal (nerveux). L'être humain peut entendre des sons dont les fréquences s'étalent de **20 Hz à 20 kHz** env.



Un son peut être caractérisé par sa hauteur et son timbre :

◆ La **hauteur** d'un son dépend de sa fréquence : les sons **graves** ont des fréquences faibles, les sons **aigus** de hautes fréquences.

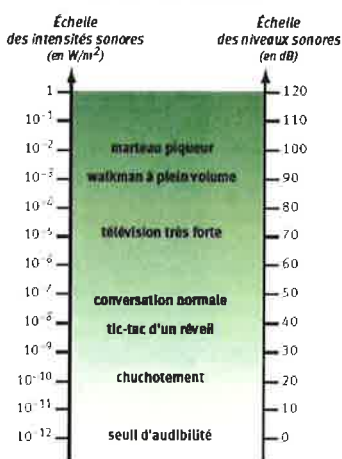
◆ Le **timbre** d'un son est lié à sa **composition**, cela se traduit par la forme du signal enregistré. En pratique, cela dépend de la source du son.



2 sons de même hauteur (fréquence) mais de timbres différents (forme du signal).

##### 2) Intensité et niveau d'intensité sonore

Correspondance entre l'échelle des niveaux sonores et l'échelle des intensités



cned, académie en ligne, ondes et matière

Le son se propage donc en **transportant de l'énergie**. On appelle **intensité sonore** la puissance reçue par unité de surface. Elle se note  $I$ , s'exprime en  $W \cdot m^{-2}$ .

$I = \frac{P}{S}$  où  $P$  est la puissance en watt (W) et  $S$  est la surface du récepteur considéré – le tympan par exemple - (en  $m^2$ ).

Le seuil d'audibilité est de l'ordre de  $I_0 = 1,0 \times 10^{-12} W/m^2$ . Le seuil de douleur est voisin de  $25 W/m^2$ .

Le **niveau d'intensité sonore** est une grandeur définie à partir de l'intensité sonore. Il se note  $L$  (de l'anglais *level*), s'exprime en **décibel (dB)** et se mesure à l'aide d'un **sonomètre**.

$$L = 10 \cdot \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \Leftrightarrow I = I_0 \cdot 10^{L/10}$$

$L$ : niveau sonore (dB)

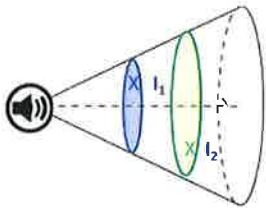
$I$ : Intensité sonore ( $W \cdot m^{-2}$ )

$I_0 = 10^{-12} W \cdot m^{-2}$

Le **niveau d'intensité sonore** est défini par rapport à la sensibilité de l'oreille humaine : les sons audibles s'étendent de 0 à 130dB env. Quand l'intensité sonore **I** double, le niveau d'intensité sonore **L** augmente de 3dB (= 10 log 2).

### 3) Atténuation

#### a) Atténuation géométrique :

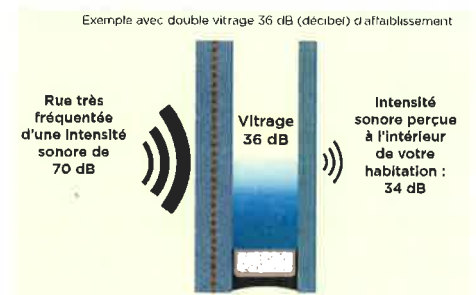


Le son est une **onde tridimensionnelle**. Comme vu précédemment, l'intensité sonore est la puissance par unité de surface. Plus l'onde se propage, plus la surface couverte est grande, donc plus l'intensité sonore diminue. On définit l'**atténuation géométrique A** comme étant la baisse du niveau d'intensité sonore **L**, en décibels (dB) :  $A = L_{\text{proche}} - L_{\text{éloigné}}$ .

#### b) Atténuation par absorption :

Les ondes sonores qui rencontrent de la matière (paroi, casque, bouchons d'oreilles,...) sont partiellement absorbées par elle. Seule une partie des ondes est transmise. L'**atténuation par absorption**, évalue l'efficacité d'un matériau à lutter contre la transmission du son.

$A = L_{\text{incident}} - L_{\text{transmis}}$  ou  $A = \alpha \cdot L_{\text{transmis}}$  où  $\alpha$  est un coefficient d'efficacité (en %).



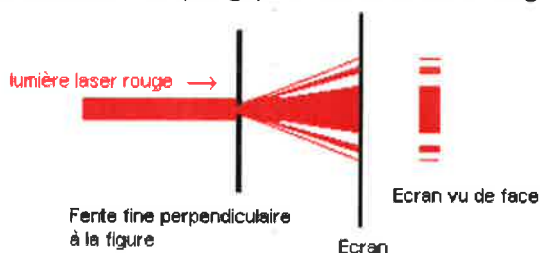
## II. Propriétés des ondes : diffraction

La **diffraction** est une **modification de la direction** de propagation d'une onde (mécanique ou électromagnétique) lors de sa rencontre avec un obstacle ou une ouverture. La diffraction est nettement observée lorsque la dimension de l'ouverture ou de l'obstacle est **du même ordre de grandeur, ou inférieure, à la longueur d'onde**.

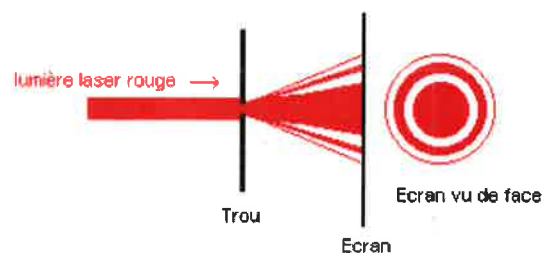
L'onde diffractée et l'onde incidente ont la **même période**, la **même célérité** et, par conséquent, la **même longueur d'onde**.

*Remarque : Dans le cas des ondes lumineuses, la diffraction s'observe avec des ouvertures ou des obstacles de dimensions d'ordre de grandeur jusqu'à 100 fois plus grandes que la longueur d'onde.*

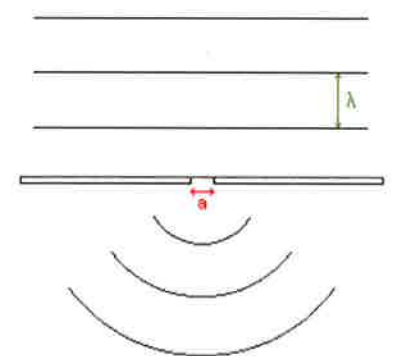
**Cas d'une lumière monochromatique :** Si on place une fente fine ou un trou sur le trajet d'un faisceau laser He-Ne (rouge), on observe des franges de diffraction.



Diffraction par une fente fine et longue

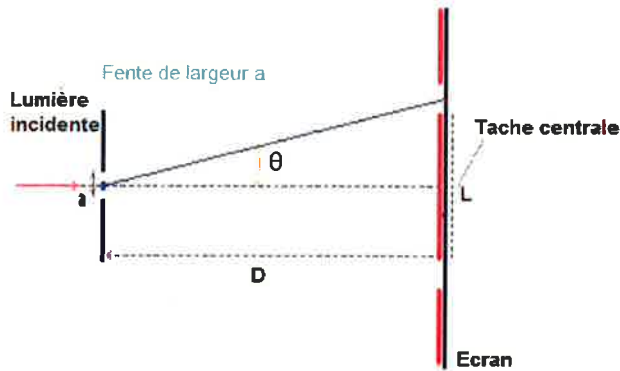


Diffraction par une ouverture circulaire étroite



Diffraction de la houle par une digue

Soit  $a$  la largeur de l'orifice (ou de l'obstacle) et  $\lambda$  la longueur d'onde. La théorie et l'expérience permettent de dire que le "demi-angle de diffraction" a pour valeur  $\theta$  (thêta) :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$



$\theta$  est l'écart angulaire en radian (rad) ;  $\lambda$  et  $a$  ont la même unité.

On remarque que  $\tan \theta = \frac{L/2}{D}$  or pour des petits angles ( $\theta \ll 1 \text{ rad}$ ), on peut faire l'approximation  $\tan \theta = \theta$ . Il vient  $\frac{\lambda}{a} = \frac{L/2}{D}$ .

**Cas de la lumière blanche :** Si on envoie un faisceau de lumière blanche sur une fente fine et longue, on observe sur l'écran des taches irisées. Chaque radiation donne sa propre figure de diffraction. La tache centrale est blanche bordée de rouge. En effet, au centre, toutes les radiations sont présentes mais la tache rouge est plus large que les autres car la longueur d'onde du rouge est la plus grande donc l'écart angulaire aussi. Les taches latérales sont également irisées.

## CHIMIE

### I. Analyses physiques

#### 1) Spectroscopie UV-Visible

L'exploitation de la loi de Beer-Lambert permet de déterminer la concentration des espèces capables d'absorber les radiations UV ou visibles à partir de la valeur d'absorbance mesurée.

$$A_\lambda = \epsilon_\lambda \cdot l \cdot c$$

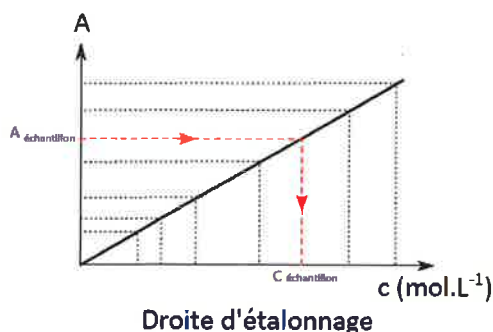
où :

- $A_\lambda$  est l'absorbance de la solution, sans unité ;
- $\epsilon_\lambda$  est le coefficient d'extinction molaire de l'espèce étudiée à la longueur d'onde étudiée en  $\text{L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$  ;
- $l$  est l'épaisseur de la cuve en  $\text{cm}$  ;
- $c$  est la concentration en quantité de matière en  $\text{mol.L}^{-1}$ .

Remarque :  $A$  n'a pas d'unité, mais elle est parfois présentée en u.a. pour unité d'absorbance ou unité arbitraire.

La loi de Beer-Lambert est valide uniquement en solution diluée. On considère de façon un peu général qu'elle s'applique si  $C \leq 1 \text{ mol/L}$ . Dans les faits, cela dépend de l'entité qui absorbe et de son paramètre  $\epsilon$ .

Le principe du dosage est le suivant :

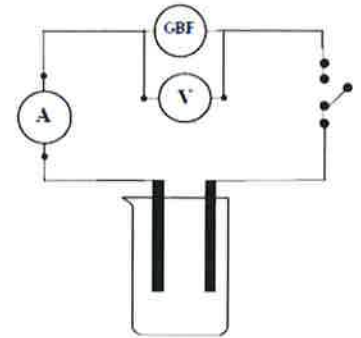


- A partir d'une solution mère de l'espèce à doser, on réalise des solutions filles de différentes concentrations connues.
- On réalise une droite d'étalonnage : cela consiste à mesurer, à l'aide d'un spectromètre, les absorbances des solutions filles. La courbe  $A = f(C)$  obtenue est alors modélisée par une droite.
- Par lecture graphique (ou par calcul), on détermine alors la concentration d'une solution à partir de son absorbance.

## 2) Conductimétrie

Les solutions ioniques (ou solutions électrolytiques) conduisent le courant électrique (voir chapitre sur les piles). On réalise un montage contenant, dans un bécher, une solution ionique à doser dans laquelle sont plongées deux électrodes identiques.

On appelle **conductance** de la portion de solution comprise entre les électrodes d'un conductimètre, **l'inverse de la résistance**. Elle se note **G** et s'exprime en **siemens (S)** :  $G = 1/R$  où R est en **ohms ( $\Omega$ )**. G dépend de la température de la solution.



On constate expérimentalement, que la conductance est proportionnelle à la surface S des électrodes et inversement proportionnelle à la distance L qui les sépare. Le coefficient de proportionnalité s'appelle **la conductivité** de la solution, elle se note  $\sigma$  (sigma) et s'exprime en  $S \cdot m^{-1}$  :  $G = \sigma \cdot \frac{S}{L}$

où S la surface des électrodes en  $m^2$  ; L la distance entre les électrodes en m.

Le rapport S/L est une **caractéristique de la cellule** de mesure, il est **constant** pour un appareil donné.

➔ Ainsi, la conductivité  $\sigma$  d'une solution est une grandeur qui représente la capacité de cette solution à conduire le courant électrique. Tout comme G,  $\sigma$  est fonction de la température.

**Loi de Kohlrausch** : La conductivité  $\sigma$  d'une solution dépend de la nature et des concentrations  $[X_i]$  des ions  $X_i$  qu'elle contient.

$$\sigma = \sum_{\text{ions}} \lambda_i \times [X_{i(aq)}] \quad \begin{cases} \lambda_i = \text{conductivité molaire ionique de l'ion } X_i, \text{ (en } S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}) \\ [X_{i(aq)}] = \text{concentration molaire de l'ion } X_i, \text{ (en } mol \cdot m^{-3}) \end{cases}$$

Nota1 : Cette relation n'est valable que pour des solutions diluées ( $c < 10^{-2} mol \cdot l^{-1}$ ).

Nota2 : les concentrations molaires sont en  $mol/m^3$ .

Ainsi pour une espèce ionique donnée, les concentrations des partenaires sont proportionnelles, il vient  $\sigma = k \cdot C$  où k est une constante qui ne dépend que la nature du soluté et de la température.

**Dosage** : Comme pour la spectrophotométrie, on procède à un étalonnage en traçant  $\sigma = f(C)$  à l'aide de solutions de concentrations connues. La droite obtenue permet d'obtenir, par lecture graphique ou par calcul, la concentration d'une solution inconnue à partir de sa conductivité.

## ANALYSE DIMENSIONNELLE

La dimension d'une grandeur est en quelque sorte sa **nature physique**. Une grandeur peut avoir la dimension d'une longueur, d'une énergie, d'une masse, ... La notion de dimension ne suppose **aucun choix particulier d'unités** : une grandeur ayant la dimension d'une longueur peut s'exprimer en mètres, en centimètres, en pouces ou en miles.

La dimension d'une grandeur G se note entre crochet : [G]

Il existe **7 grandeurs de base** du système international, choisies par les physiciens, à partir desquelles on peut former toutes les grandeurs de la physique.

Grandeur physique	Symbole dimensionnel	Unité SI
Longueur	L	Mètre (m)
Masse	M	Kilogramme (kg)
Temps	T	Seconde (s)
Intensité électrique	I	Ampère (A)
Température	$\theta$	Kelvin (K)
Quantité de matière	N	Mole (mol)
Intensité lumineuse	J	Candela (cd)

On appelle **équation aux dimensions** la relation liant la dimension  $[G]$  d'une grandeur  $G$  avec les dimensions des grandeurs de base. Cela permet de déterminer l'unité SI de  $G$  et de vérifier l'**homogénéité** d'une expression littérale :

- Les deux membres d'une égalité doivent avoir la même dimension ;
- Les deux membres d'une somme ou d'une différence doivent avoir la même dimension ;
- La dimension d'un produit (ou d'un quotient) est le produit (ou le quotient) des dimensions ;
- Une grandeur égale au quotient de 2 grandeurs de même dimension n'a pas de dimension (mais elle peut avoir une unité) ;
- Les arguments des fonctions mathématiques (comme  $\cos$ ,  $\sin$ ,  $\sqrt{\quad}$ ,  $\log$  ou  $\exp$ ) sont toujours des grandeurs sans dimension.

Une équation est dite **homogène** si ses deux membres possèdent la même dimension (de part et d'autre du signe  $=$ ).

Lors de l'établissement d'une expression, l'analyse dimensionnelle permet de vérifier son homogénéité et de la corriger si besoin : **une expression non homogène ne peut être que fausse...** mais une équation homogène n'est pas nécessairement juste.

*Remarque : Pour la vérification d'une expression, l'analyse dimensionnelle peut être réalisée à partir des unités des grandeurs à conditions d'utiliser le S.I.*

**DEVOIR 1 : PHENOMENES ONDULATOIRES : ATTENUATION, DIFFRACTION**  
**ANALYSES PHYSIQUES D'UN SYSTEME CHIMIQUE**

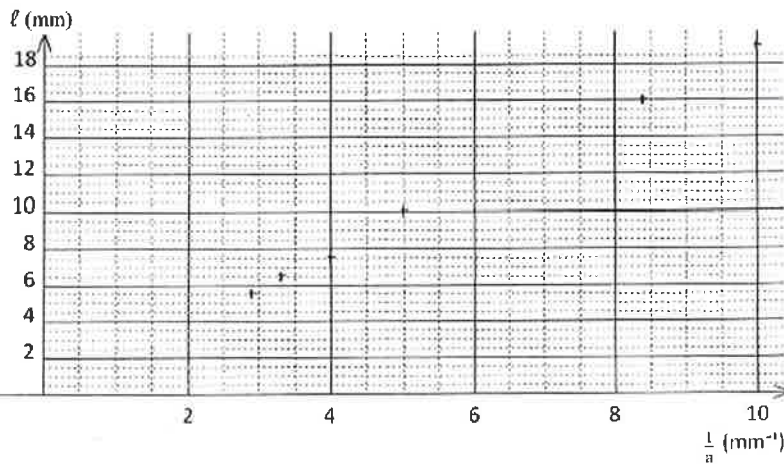
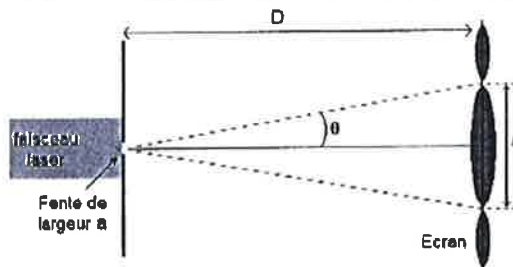
**Exercice 1 : (Exercice type bac)**

Le LASER (acronyme de l'anglais *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) est depuis 50 ans, un outil indispensable utilisé dans de nombreux domaines (transfert d'information par fibre optique, métrologie, applications médicales, militaires, nucléaires ou artistiques...). Le contrôle de la valeur de la longueur d'onde de la radiation émise est indispensable, sa précision peut même atteindre  $10^{-8}$  nm dans certains cas !!

**Document 1 : Diffraction de lumière**

Le faisceau LASER éclaire une fente de largeur  $a$  (voir le schéma ci-contre). Sur un écran placé à la distance  $D = 1,50$  m de la fente, on observe une figure de diffraction constituée de taches lumineuses.

En modifiant la largeur  $a$  de la fente, on mesure la largeur  $\ell$  de la tache centrale observée. Les résultats expérimentaux permettent de tracer la courbe  $\ell = f(1/a)$  donnée sur la figure 1 page 13.



**Document 2 : Mesure interférentielle**

A présent, le faisceau LASER éclaire 2 fentes  $S_1$  et  $S_2$  séparées d'une distance  $a = 50,0$   $\mu\text{m}$  (voir le schéma ci-contre).

Sur le même écran, placé cette fois à la distance  $D = 3,00$  m des fentes, on observe une figure d'interférence constituée d'une alternance de franges brillantes et sombres équidistantes d'une distance  $i$  appelée interfrange avec  $i = \frac{\lambda \times D}{a}$

(figure 2 page 14).

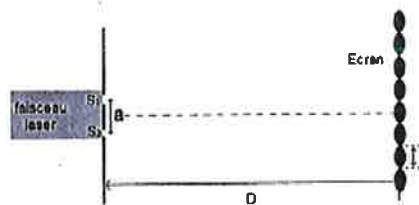


Figure 2 - Figure d'interférence à l'échelle  $\frac{1}{2}$



### Document 3 : Mesure directe à l'oscilloscope

La caractérisation d'une impulsion ultracourte peut être effectuée à l'aide d'un photodétecteur et d'un oscilloscope rapide. Le principe repose sur la mesure de l'intensité lumineuse  $I(t)$  reçue par le capteur. Un logiciel calcule ensuite l'énergie  $E$  par intégration selon :  $E = \int I(t) dt$ .

Les résultats expérimentaux permettent d'obtenir l'oscillogramme de la figure 3 page 14.  
(rappel :  $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ).

### Document 4 : Energie du rayonnement LASER

Le LASER étudié est une lumière monochromatique de couleur rouge. Cette couleur est due au néon constituant le gaz à l'intérieur de la source Laser, dont le diagramme des niveaux d'énergie est indiqué ci-contre. Une fois excité, l'atome de néon est dans l'état d'énergie  $E_2$ . Puis, par désexcitation stimulée, il passe au niveau inférieur d'énergie  $E_1$  en émettant un rayonnement d'énergie  $\Delta E = E_2 - E_1$ . Or, d'après la formule de Planck, cette énergie vaut  $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$  ( $\Delta E$  est exprimée en joules, lorsque  $\lambda$  est indiquée en mètre).

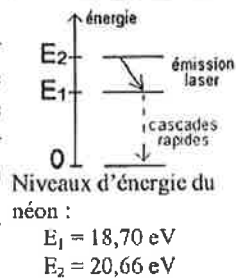
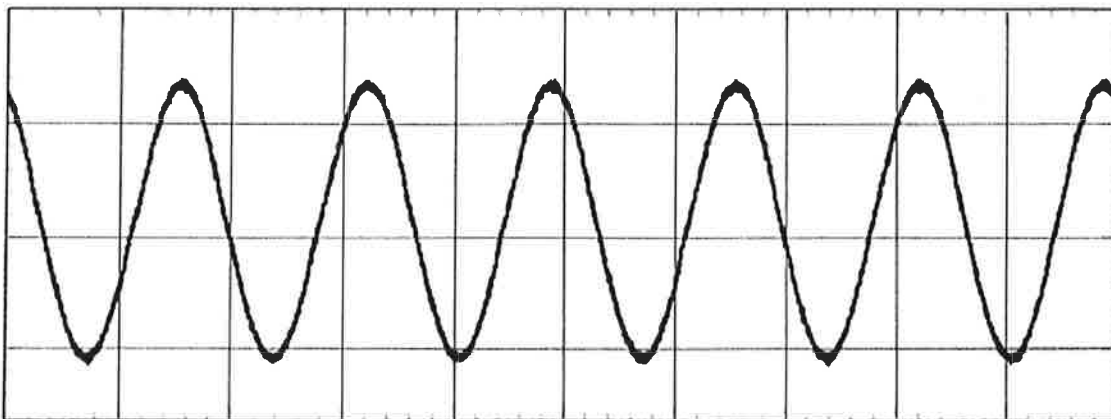


Figure 3 - Oscillogramme

*Echelles* : axe vertical : tension (1 carreau  $\leftrightarrow$  1 mV) ; axe horizontal : temps (1 carreau  $\leftrightarrow$  1,25 fs)



### 1. Etude du document 1

- 1.1. A quelle condition le phénomène de diffraction est-il observé ?
- 1.2. En supposant l'angle  $\theta$  petit, démontrer que  $\ell = (2 \times D \times \lambda) \times \frac{1}{a}$ .  
Pour les petits angles,  $\tan(\theta) \approx \theta$  (en rad).
- 1.3. A partir de la courbe  $\ell = f(1/a)$  donnée sur la figure 1 page 13, déterminer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  en m puis en nm.

### 2. Etude des documents 2, 3 et 4

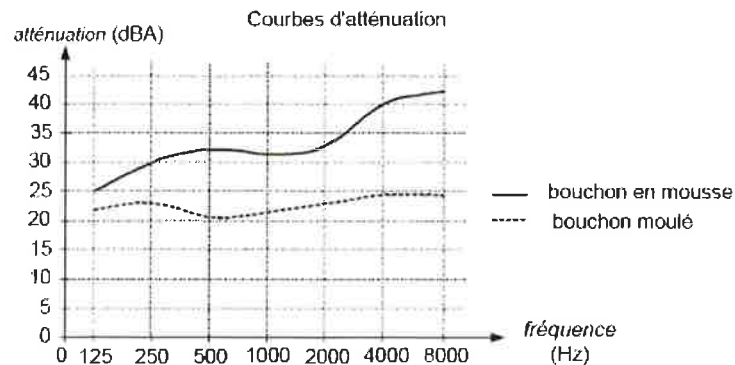
En utilisant les documents 2, 3 et 4, déterminer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  émise par un LASER de laboratoire.

Les valeurs obtenues pour la longueur d'onde sont-elles cohérentes ? Justifier.

**Données** : constante de Planck :  $h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s}$  ; célérité de la lumière :  $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  
 $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

## Exercice 2 :

Les bouchons anti-bruit sont utilisés pour limiter le niveau d'intensité sonore tout en gardant la qualité du son. Le graphique ci-dessous représente les courbes d'atténuation d'un bouchon en mousse et d'un bouchon moulé.



1. Pour quel type de bouchon la fréquence a-t-elle le plus d'influence sur l'atténuation ?
2. a. Pourquoi dit-on qu'avec des bouchons en mousse, le son perçu est plus grave que le son émis ?  
b. Cet effet est-il aussi marqué pour un bouchon moulé ?
3. Indiquer, pour les deux situations suivantes, le type de bouchon antibruit le mieux adapté.
  - a. Le son d'un avion au décollage est perçu avec un niveau d'intensité sonore de 140 dB.
  - b. Lors d'un concert, le niveau d'intensité sonore perçu est égal à 100 dB.

## Exercice 3 :

Dans un cours de fitness, le coach utilise de la musique pour créer des chorégraphies et motiver ses élèves.

1. Dans la salle de sport, le son émis par un haut-parleur a une puissance sonore de 15 W. Calculer l'intensité sonore du son perçu par l'élève se situant à 10 m du haut-parleur. Comment cette intensité est-elle modifiée s'il recule de 10 m ?
2. À quels niveaux sonores correspondent les deux intensités sonores précédentes ? Sachant que des problèmes auditifs irréversibles peuvent survenir à partir de 85 dB, ces sportifs sont-ils en sécurité ?
3. À quelle distance devrait se mettre le sportif pour n'avoir aucun risque auditif ?

## Exercice 4 :

Pour déterminer la concentration en chlorure de sodium d'un sérum physiologique, on réalise une série de solutions étalons de concentrations différentes  $C$  en chlorure de sodium puis on mesure leur conductivité :

Solution	$S_1$	$S_2$	$S_3$	$S_4$	$S_5$
$C$ (mol · L <sup>-1</sup> )	$1,0 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$
$\sigma$ (mS · cm <sup>-1</sup> )	0,125	0,305	0,645	0,932	1,145

La conductivité du sérum physiologique dilué 20 fois vaut  $\sigma_{\text{diluée}} = 0,972 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ .

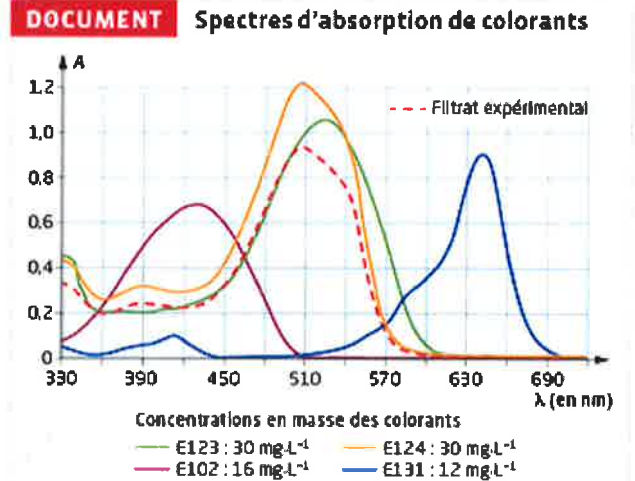
1. À partir des mesures réalisées, tracer la courbe d'étalonnage.



2. Calculer le coefficient directeur de la droite d'étalonnage en précisant son unité.
3. En déduire la relation liant la conductivité à la concentration.
4. Calculer la concentration en chlorure de sodium du sérum physiologique.

### Exercice 5 :

Un macaron de masse  $m = 15\text{g}$  est lyophilisé puis réduit en poudre dans un mortier. Après solubilisation et filtration sur un entonnoir Büchner, un filtrat de volume  $V = 25\text{mL}$  est obtenu. Il contient le colorant présent dans le macaron. Ce colorant est analysé par spectrophotométrie UV-Visible, la longueur de solution traversée par le faisceau lumineux étant la même dans tous les spectres de référence utilisés.



- 1) Identifier le colorant présent dans le macaron.
- 2) Calculer sa concentration en masse dans le filtrat.
- 3) Expliquer pourquoi le tracé du quotient  $\frac{A}{l \times C}$  en fonction de la longueur d'onde  $\lambda$  permettrait une identification d'espèce plus précise.

### Exercice 6 :

- 1) Certaines de s propositions suivantes sont fausses. Trouver lesquelles et les corriger.
  - a. Une solution verte absorbe la lumière verte.
  - b. Une solution bleue absorbe la lumière jaune.
  - c. Une solution verte absorbe la couleur magenta.
  - d. Une solution qui absorbe le vert ne peut pas être vue verte.
- 2) L'absorbance d'une solution contenant des ions cobalt est maximale à la longueur d'onde  $\lambda = 250\text{nm}$ . La solution apparait : a. verte. b. rouge. c. jaune. d. orange.
- 3) Le spectre d'absorption du carotène est représenté ci-dessous. Quelle est la couleur du carotène ? Justifier.

