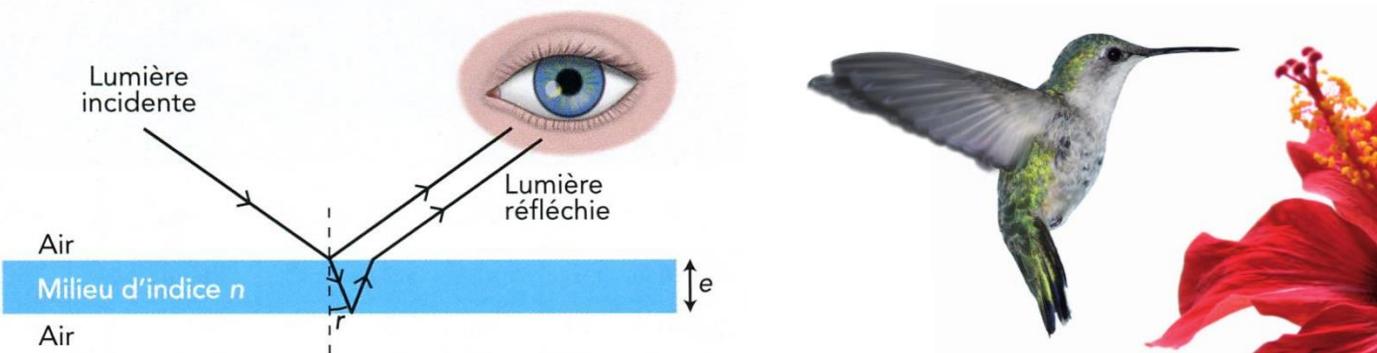


# DEVOIR DE SCIENCES - PHYSIQUES N°2

*Il sera tenu compte du soin apporté à la présentation et à la rédaction.*

## A. COULEURS INTERFÉRENTIELLES DES COLIBRIS ( /8)

Les couleurs des animaux sont pour la plupart dues à des pigments. Mais, chez certains insectes et certains oiseaux, la production de couleurs provient d'interférences lumineuses. C'est le cas du plumage des colibris. Leurs plumes sont constituées d'un empilement de petites lames transparentes qui réfléchissent la lumière. Pour comprendre le phénomène, une lame de plume sera modélisée par un parallélépipède transparent d'épaisseur  $e$ , d'indice de réfraction  $n$ , placé dans l'air. Le schéma ci-dessous représente cette lame en coupe.



Les deux rayons réfléchis par la lame à faces parallèles se superposent sur la rétine de l'observateur et y interfèrent. Pour un angle de réfraction  $r$  donné, la différence de marche notée  $\delta$  des rayons dépend de l'épaisseur  $e$  de la lame transparente et de son indice de réfraction  $n$ .

Elle est donnée par :  $\delta = 2.n.e.\cos(r) + \frac{\lambda}{2}$  Cet indice  $n$  dépend de la longueur d'onde de la radiation. On prendra :  $e = 0,150\mu\text{m}$ .

Parmi toutes les radiations de la lumière solaire, on s'intéresse à celles de longueur d'onde :

$$\lambda_R = 750\text{nm} \text{ (rouge)} \quad \text{et} \quad \lambda_V = 380\text{nm} \text{ (violet)}$$

1. Rappeler les conditions pour lesquelles le phénomène d'interférence peut être observé.
2. Quelle condition doit vérifier la différence de marche pour que les interférences soient constructives ? destructives ?
3. Pour un angle de réfraction  $r = 20,0^\circ$ , vérifier par le calcul que les interférences des deux rayons sont constructives pour le rouge ( $n_R = 1,33$ ) et destructives pour le violet ( $n_V = 1,34$ ).
4. La couleur observée correspond à une longueur d'onde pour laquelle les interférences sont constructives.  
Pour quel angle de réfraction  $r$  observe-t-on une coloration violette ?
5. La couleur observée dépend-elle de l'angle d'incidence ? Justifier la réponse.  
En déduire une méthode expérimentale pour distinguer la nature d'une couleur, pigmentaire ou interférentielle.

## B. DIFFRACTION PAR UN FIL ( /4)

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ .

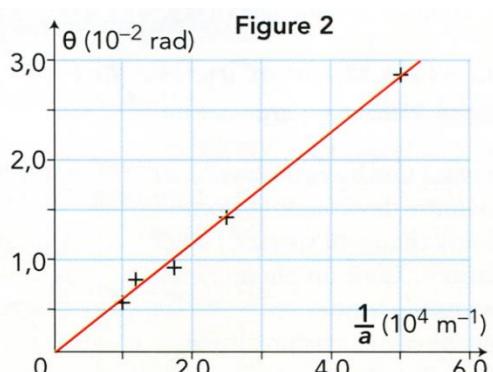
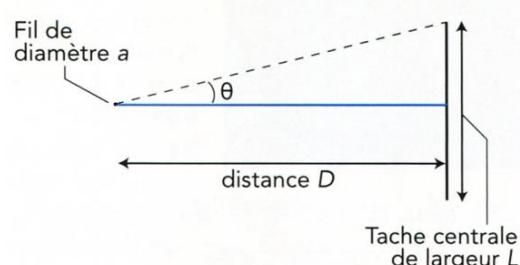
À quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres  $a$  connus. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance  $D = 1,60\text{m}$  des fils.

Pour chacun des fils, on mesure la largeur  $L$  de la tache centrale.

À partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire  $\theta$  du faisceau diffracté (voir figure 1 ci-contre).

1. L'angle  $\theta$  étant petit, on a la relation  $\tan \theta \approx \theta$ , avec  $\theta$  en radian (approximation des petits angles).  
Donner la relation entre  $L$  et  $D$  qui a permis de calculer  $\theta$  pour chacun des fils.
2. La figure de diffraction par un fil est identique à celle d'une fente de même taille  $a$ .  
Donner la relation liant  $\theta$ ,  $\lambda$ , et  $a$ . Préciser les unités.
3. On trace la courbe  $\theta = f(1/a)$  (figure 2)  
Montrer que la courbe obtenue est en accord avec l'expression de  $\theta$  donnée à la question 2.
4. Déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  du laser utilisé à partir de la courbe  $\theta = f(1/a)$ .

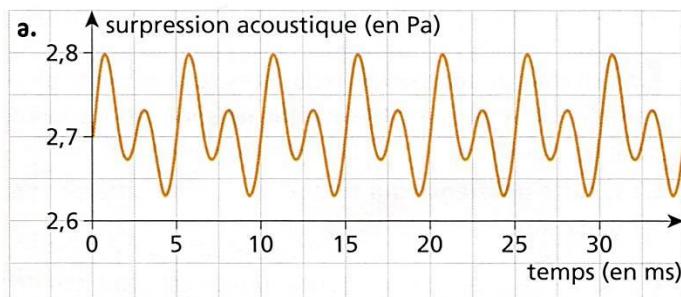
**Figure 1**  
(vue du dessus)



### C. GUITARE CLASSIQUE OU GUITARE FOLK ? ( /8)

Une guitare possède en général six cordes, pouvant être de différents types. Les guitares classiques possèdent trois cordes en nylon pur et trois autres en nylon et métal. Les cordes des guitares folk sont en métal, recouvertes de bronze, d'argent ou de nickel. Les sons émis par ces deux guitares diffèrent donc largement car un son métallique est plus riche en harmoniques qu'un son obtenu avec une corde en nylon : une même note jouée par chaque instrument seul est ressentie différemment par un être humain. Le sol<sub>2</sub> (joué par la troisième corde frappée à vide) est ici comparé pour les deux types de guitare.

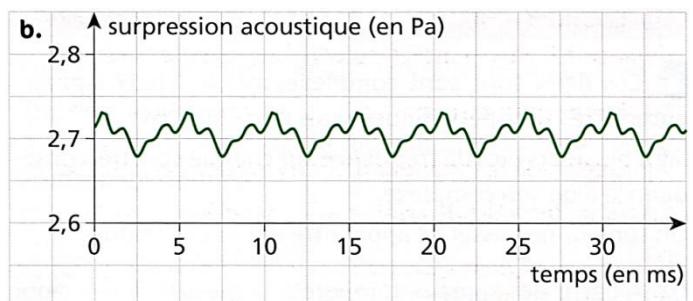
⇒ Pour chaque guitare, le son est enregistré par un microphone à l'aide d'une interface d'acquisition (fig. 1.a et 1.b) :



↑ Figure 1 :

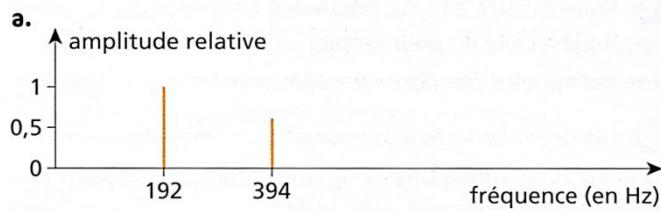
Signal temporel :

a. pour la guitare classique



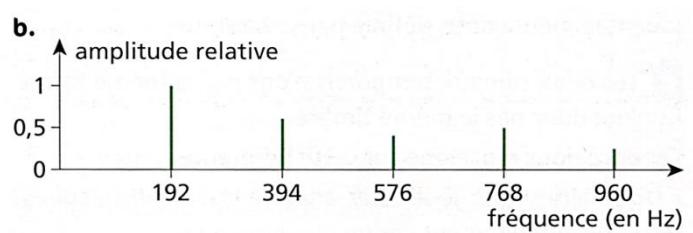
b. pour la guitare folk

⇒ Le logiciel permet également d'afficher le spectre en fréquences de chaque son (fig. 2.a et 2.b) :



↑ Figure 2 :

Spectre en fréquences : a. pour la guitare classique



b. pour la guitare folk

Par ailleurs, un sonomètre a permis de mesurer le niveau sonore des deux guitares à un mètre de celles-ci : il vaut  $L_1 = 59\text{dB}$  pour la guitare classique,  $L_2 = 52\text{dB}$  pour la guitare folk.

**Donnée :**  $L = 10 \cdot \log(I/I_0)$  avec  $I_0 = 10^{-12}\text{W.m}^{-2}$

1. En analysant les deux signaux temporels, évaluer le caractère pur ou complexe des deux sons enregistrés. Quelle est la conséquence de ce caractère sur les spectres en fréquences des deux sons ?
2. À l'aide des signaux temporels, mesurer la période  $T$  du son émis par chaque guitare. Calculer la fréquence correspondante.
3. Où apparaît cette fréquence sur le spectre en fréquences de chaque son ? Comment se nomme-t-elle ? Quelle caractéristique physiologique commune possèdent les deux sons ?
4. Qu'est-ce qui différencie les signaux temporels ? Quelle caractéristique physiologique du son cela met-il en évidence ? Comment cela se traduit-il sur le spectre en fréquence ?
5. Calculer les intensités sonores  $I_1$  et  $I_2$  correspondant respectivement aux niveaux sonores  $L_1$  et  $L_2$ .
6. Si les deux guitares avaient joué en même temps et dans les mêmes conditions que précédemment, quel aurait été le niveau sonore mesuré ?