**Questionnaire « Visualization of sound waves using regularly spaced soap films »**

**A lire:**

Article “ Visualization of sound waves using regularly spaced soap films”.

Video “experience de Bragg”:

<http://www.canal-u.tv/canalu/producteurs/science_en_cours/dossier_programmes/ordre_et_desordre/pour_l_enseignement/modele_de_bulles_pour_un_metal_vers_1947>

Video « surfaces minimales »

http://www.palais-decouverte.fr/index.php?id=1887

**Vocabulaire :**

Buoyancy : force résultat à la fois du poids et de la poussée d’Archimède (gravité effective)

Boundary conditions : conditions aux limites

Soap : savon

# Epaisseur et couleur des films de savon (un étudiant\*\*\*)

1) Interférences à travers un film de savon

1. Expliquer qualitativement pourquoi la lumière interfère à travers les films de savon
2. Calculer la différence de marche ** entre deux rayons lumineux dont le premier se réfléchi sur la première interface du film de savon et le second sur la dernière interface. On prendra un angle d’incidence ** nul, un indice optique **, et une épaisseur de film de savon *t*. Vérifiez que votre résultat est compatible avec l’équation (1 droite) de l’article.
3. On appelle E1 l’éclairement dû au rayon lumineux réfléchi une fois et E2 l’éclairement dû au rayon réfléchi deux fois. On écrira et . On rappelle que l’intensité lumineuse obtenue par la combinaison de deux ondes d’éclairement E1 et E2 s’écrit : I=2<(E1+E2)²>, où <> désigne la moyenne temporelle.
	1. Calculer I en fonction de E01 et E02. On utilisera la formule trigonométrique : .
	2. Donnez I1=2<E1²> et I2=2<E2²> en fonction de des coefficients de transmission *T* et de reflexion *R* et de l'amplitude E0 de l'onde incidente. Justifiez qu’on peut prendre I1I2.
	3. Ecrire le déphasage entre les deux ondes en fonction de la différence de marche **.
	4. Montrez que dans ces conditions on retrouve la formule (1 gauche) de l’article.

2) Couleurs d’un film de savon

 a) Définir ce qu’est le spectre en longueur d’onde de la lumière. Quelle est le spectre de la lumière blanche ? Comment la couleur et le spectre sont-ils reliés ?

 b) Sur la figure ci-dessous, on donne les courbes correspondant à l’équation (1) pour plusieurs épaisseurs du film. Discutez ces courbes. Expliquez comment les couleurs des films de savon sont reliés à leur épaisseur.

Figure 1 : Spectres d’intensité réfléchie par un film de savon en fonction de son épaisseur

c) Expliquez comment est-ce que l’épaisseur des films de savon change avec la pression dans le tube.

d) Les auteurs expliquent au paragraphe 2.2 que tous les films d'épaisseur plus faible que 30 nm sont des films noirs (transparents). Pourquoi? Pensez-vous que l'on peut tout de même mesurer l'épaisseur de ces films?

# Installation d’une onde stationnaire dans un tube (un étudiant\*\*)

1. Rechercher ce qu’est un tube de Kundt
2. Les conditions aux limites, imposées en x=0 et en x=L, le sont sur la vitesse de l’air : et . On écrira . Vérifiez que cette écriture est compatible avec les conditions aux limites à condition de bien choisir l’amplitude *A* de la vitesse. Pour quelles valeurs de *L* observe-t-on une résonnance (divergence de l’amplitude) ? Donnez cette condition sur le nombre d’onde *k* puis sur la longueur d’onde **et sur la fréquence *f*. Vérifiez que l’on obtient bien les modes attendus (paragraphe 2.3 de l’article). L'amplitude *A* diverge-t-elle réellement expérimentalement? Pourquoi? 

Figure  : Schéma du tube dans lequel on installe l’onde stationnaire.

1. On rappelle la relation d’Euler entre la vitesse du gaz et sa pression : et sa masse volumique **. En déduire la répartition de pression dans le tube. Dessiner la vitesse et la pression pour les modes 1 et 2 en fonction de *x* (remarquez que v0 est très petit devant l’amplitude maximale). Combien de nœuds et de ventres observe-t-on dans chaque cas ? En déduire l'influence de l'onde de pression sur l'épaisseur et la couleur des films de savon.

# Dispositif expérimental (un étudiant\*)

1. Les bulles de savon sont souvent utilisées pour des raisons pédagogiques. Retrouvez comment on les utilise pour illustrer :
	1. Le concept de surface minimale (voir site du palais de la découverte)
	2. Les défauts dans un cristal (voir video expérience de Bragg)
2. Expliquez comment sont générées les bulles de savon
3. Expliquez comment est excitée l’onde sonore dans le tube.
4. Comment les auteurs mesurent-ils la longueur d’onde de l’onde stationnaire ? Comment la comparent-ils à la théorie ? Commentez la figure correspondante.
5. Comment les auteurs comptent ils les modes ? Comment comparent-ils le résultat à la théorie ? Commentez la figure correspondante.

# Pour aller plus loin...

1. Couleurs des films de savon. Discutez l’échelle des couleurs de Newton (voir page suivante). Faites le lien avec l’image de film de savon qui est donnée. Commentez.
2. Taille d’une bulle à la sortie d’une seringue. Calculez l’ordre de grandeur de la taille d’une bulle en fonction du diamètre de la seringue qui la génère. Dans le cas de la figure 3 évaluez la gravité effective permettant l’obtention de telles tailles de bulles.
3. Acoustique dans les mousses : pourquoi est-ce important de comprendre l’acoustique dans les mousses ? A la lumière de l’article, quelles sont, d’après vous les difficultés qui en font un thème de recherche actif ?

Echelle des teintes de Newton

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  (en nm) | couleur pour un retardde (ou P et A croisés) | couleur pour un retardde  /2(ou P et A parallèles) |
| Premier ordre0 |   noir |   blanc |
| 40 |  gris de fer |  blanc |
| 97 |  gris lavande |  blanc jaunâtre |
| 158 |  bleu gris |  blanc brunâtre |
| 218 |  gris plus clair |  brun jaune |
| 234 |  blanc verdâtre |  brun |
| 259 |  blanc |  rouge clair |
| 267 |  blanc jaunâtre |  rouge carmin |
| 275 |  jaune paille pâle |  brun rouge sombre teinte |
| 281 |  jaune paille |  violet sombre sensible |
| 306 |  jaune clair |  indigo |
| 332 |  jaune vif |  bleu |
| 430 |  jaune brun |  bleu gris |
| 505 |  orangé rougeâtre |  vert bleuâtre |
| 536 |  rouge chaud |  vert pâle |
| 551 |  rouge plus foncé |  vert jaunâtre |
|  | teinte |  |
| Deuxième ordre |  sensible |  |
| 565 |  pourpre |  vert plus clair |
| 575 |  violet |  jaune verdâtre |
| 589 |  indigo |  jaune d'or |
| 664 |  bleu de ciel |  orangé |
| 728 |  bleu verdâtre |  orangé brunâtre |
| 747 |  vert |  rouge carmin clair |
| 826 |  vert plus clair |  pourpre teinte |
| 843 |  vert jaunâtre |  pourpre violacé sensible |
| 866 | jaune verdâtre |  violet |
| 910 | jaune pur |  indigo |
| 948 | orangé |  bleu sombre |
| 998 | orangé rougeâtre vif |  bleu verdâtre |
| 1101 | rouge violacé foncé  |  vert |
|  |   |  |
| Troisième ordre1128 |  sensibleviolet bleuâtre clair |   vert jaunâtre |
| 1151 | indigo |  jaune sale |
|  1258 | bleu (teinte verdâtre) |  couleur chair |
|  1334 | vert de mer |  Rouge brun |
| 1376 | vert brillant |  Violet  |
| 1426 | jaune verdâtre |  bleu violacé grisâtre sensible |



Figure 3 : Photo d’un film de savon pendant le drainage