

DEVOIR DE SCIENCES - PHYSIQUES N°1

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

A. L'ANALYSE DES PEINTURES (/ 6)

► Document 1 : Les rayonnements au service des arts

Les images révèlent les étapes de la vie d'un tableau. Les résultats diffèrent selon le type de rayonnement utilisé :

• Les rayons X apportent des indications sur la nature du support, sur les coutures d'une toile ou sur le mode d'assemblage des planches d'un panneau peint sur bois. De plus, les radiographies donnent des indices sur la composition de la couche de préparation et des couches de pigment.



Détail d'un tableau en lumière "blanche"



Même détail avec la caméra IR (repentir de l'artiste)

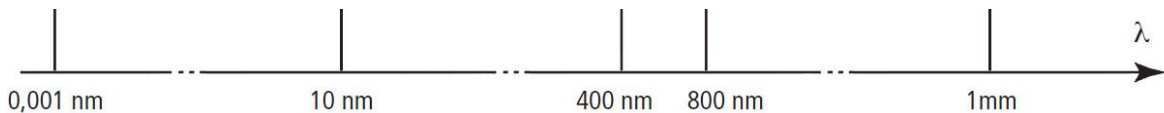
• L'examen des œuvres dans le proche infrarouge donne accès au dessin sous-jacent.

À cette longueur d'onde également, les lacunes (pertes de matière après rupture du film de peinture) et les repeints (retouches ultérieures de l'œuvre) anciens sont souvent bien mis en valeur.

• Enfin, grâce aux photographies sous rayonnement ultraviolet, le scientifique détecte les repeints les plus récents sur une œuvre. Ces derniers ont été posés sur les vernis, recouvrant le tableau d'un voile bleuâtre. Sur ce voile, les repeints apparaissent sous forme de taches sombres.

D'après P. Le Chanu, "Le vrai et le faux en peinture", Pour la Science n°264, octobre 1999

1. Citer quatre types de rayonnements utilisés pour étudier une peinture. De quels types d'ondes s'agit-il ? Compléter la figure ci-dessous en attribuant à chaque intervalle le domaine qui lui correspond.



2. Le blanc de plomb (ou carbonate de plomb) qui était employé traditionnellement au XV^e siècle pour peindre les visages, donne une image très blanche sur les radiographies.
 - Quels types de rayonnements doit-on utiliser pour vérifier la présence de blanc de plomb dans un tableau ?
 - Que tend à prouver l'absence de blanc de plomb sur les visages d'un tableau censé dater du XV^e siècle ?
3. Calculer la fréquence f d'un rayonnement infrarouge (IR) de longueur d'onde égal à $30\mu\text{m}$ ($c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$).
4. En spectroscopie infrarouge des solutions, la relation suivante est utilisée :
$$c = \frac{\log(I/I_0)}{\epsilon \cdot L}$$

Exprimer I en fonction des autres grandeurs de cette relation.

B. ONDES ULTRASONORES ET DEUX APPLICATIONS (/14)

Cet exercice a pour objectifs de déterminer quelques grandeurs caractéristiques des ultrasons puis d'étudier deux applications.

1. Quelques grandeurs caractéristiques des ultrasons

► Document 2 : Lors d'une séance de TP...

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un élève dispose du matériel suivant :

- un émetteur d'ultrasons E et son alimentation électrique,
- deux récepteurs d'ultrasons R_1 et R_2 ,
- un oscilloscope,
- et une règle graduée.

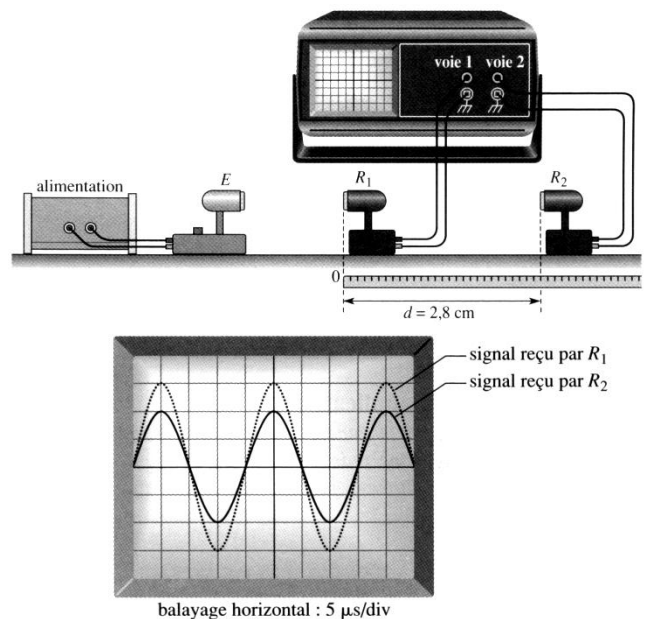
L'émetteur E génère une onde ultrasonore (de fréquence supérieure à 20kHz) progressive sinusoïdale qui se propage dans l'air jusqu'aux récepteurs R_1 et R_2 .

Le récepteur R_1 est placé au zéro de la règle graduée.

Les signaux captés par les récepteurs R_1 et R_2 sont appliqués respectivement sur les voies 1 et 2 d'un oscilloscope pour être visualisés sur l'écran de celui-ci.

Lorsque le récepteur R_2 est situé à $d = 2,8\text{cm}$ du récepteur R_1 , les signaux reçus par les deux récepteurs sont en phase.

On observe l'oscillogramme ci-contre sur l'écran ⇒



- a. Déterminer la fréquence f de l'onde émise. S'agit-il bien d'ultrasons ?

On éloigne lentement R_2 le long de la règle : on constate que le signal reçu par R_2 se décale vers la droite. On continue à éloigner R_2 jusqu'à ce que les signaux reçus par R_1 et R_2 soient à nouveau en phase. Soit R'_2 la nouvelle position occupée par R_2 . On relève la distance d' séparant désormais R_1 de R'_2 : on lit $d' = 3,5\text{cm}$.

- b. Définir en une phrase la longueur d'onde.
 c. Calculer la longueur d'onde λ à partir des mesures effectuées. En déduire la célérité des ultrasons dans l'air.
 d. On immerge, en veillant à leur étanchéité, l'émetteur et les deux récepteurs R_1 et R_2 dans l'eau contenue dans une cuve de dimensions suffisantes. Sans changer la fréquence f de l'émetteur, on constate que pour observer deux signaux successifs captés par R_2 en phase, il faut éloigner R_2 de R_1 sur une distance 4 fois plus grande que dans l'air. Déterminer la célérité des ultrasons dans l'eau.

2. Le nettoyage par ultrasons

► Document 3 : Principe du nettoyage par cavitation

Le nettoyage par ultrasons est mis en œuvre dans de très nombreux secteurs : optique, horlogerie, bijouterie...

Il repose sur le phénomène de cavitation acoustique la cavitation est produite en émettant des ultrasons de forte puissance dans un liquide.

L'émetteur est un disque constitué d'un matériau piézoélectrique sur les faces duquel sont déposées deux électrodes métallisées. Lorsqu'une tension électrique sinusoïdale est appliquée entre ces deux électrodes, le matériau se dilate et se contracte périodiquement.

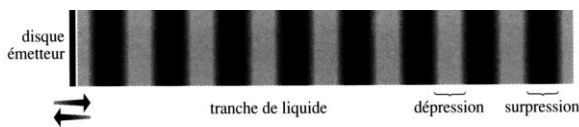
Ces déplacements périodiques du disque provoquent des successions de dépressions - surpressions du liquide qui est en son contact.

Cette perturbation se propage ensuite de proche en proche dans l'ensemble du fluide : c'est l'onde ultrasonore.

Lors du passage de l'onde dans une "tranche" de liquide, le phénomène de cavitation se produit si la puissance de l'onde est suffisante : des microbulles de vapeur dont le diamètre peut atteindre $100\mu\text{m}$ apparaissent. Les microbulles de vapeur sont transitoires. Elles implosent en moins d'une microseconde. Les ondes de choc émises par l'implosion nettoient la surface d'un solide plongé dans le liquide.

Données :

- la température d'ébullition d'un liquide diminue quand la pression diminue.
- définition d'une implosion : écrasement brutal d'un corps creux sous l'effet d'une pression extérieure supérieure à la pression intérieure.



- a. L'onde ultrasonore est une onde mécanique progressive. Définir une telle onde.
 b. S'agit-il d'une onde longitudinale ou transversale ? Justifier en rappelant la définition du terme retenu.
 c. Expliquer brièvement la formation suivie de l'implosion des microbulles dans une tranche de liquide.

3. L'échographie

► Document 4 : Échographie d'un fœtus

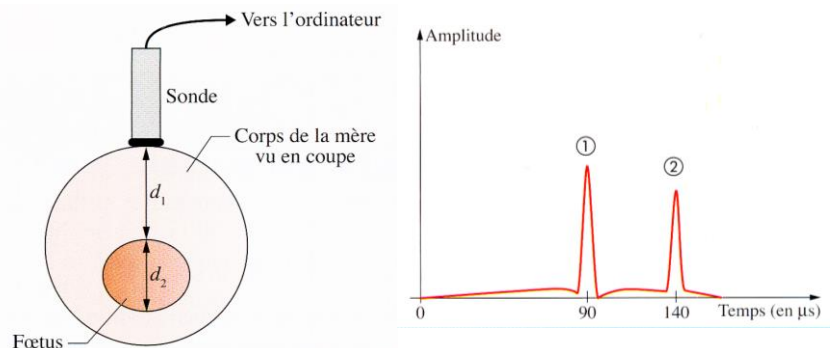
L'échographie d'un fœtus et le signal issu du capteur de la sonde sont schématisés ci-contre.

Lors de cette échographie, une salve ultrasonore est émise par l'émetteur de la sonde à la date $t = 0 \mu\text{s}$.

La sonde enregistre alors les échos provoqués par les changements de milieu :

- liquide amniotique/fœtus,
- puis fœtus/liquide amniotique).

La célérité des ondes ultrasonores dans le corps humain est égale à : $v = 1540 \text{ m/s}$.



Déterminer l'épaisseur du fœtus en cm : distance d_2 de la schématisation ci-dessus.

Justifier les étapes de votre raisonnement. Toutes les initiatives du candidat seront valorisées. La démarche suivie nécessite d'être correctement présentée.