

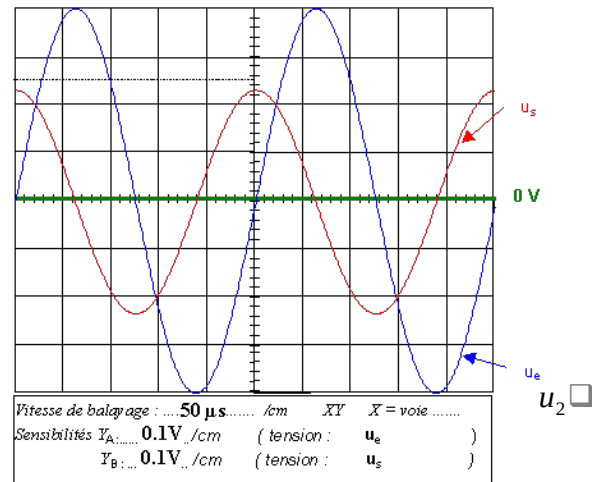
Questions de cours

1.1 Définir une onde mécanique progressive.

1.2 L'onde ultrasonore est-elle une onde longitudinale ou transversale ? Justifier la réponse.

1.3 Mesurer sur l'oscillogramme ci-contre les amplitudes des tensions u_e et u_s ainsi que le retard de u_e par rapport à u_s ; En déduire, les périodes, fréquences et pulsations, le déphasage de u_s par rapport à u_e .

Exprimer $u_e(t)$ en supposant la phase à l'origine des temps de u_e nulle ; en déduire $u_s(t)$.



EXERCICE I et II

Partie A

1. 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 ;
- une règle graduée.

Il réalise le montage suivant :

L'émetteur E génère une onde ultrasonore progressive sinusoïdale qui se propage dans l'air jusqu'aux récepteurs R_1 et R_2 . L'émetteur et les deux récepteurs sont alignés.

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 $d = 2,8$ cm du récepteur R_1 , les signaux reçus par les deux récepteurs sont en phase. On observe l'oscillogramme ci-dessous sur l'écran.

1.1. Déterminer la fréquence f des ultrasons émis.

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 $d' = 3,5$ cm.

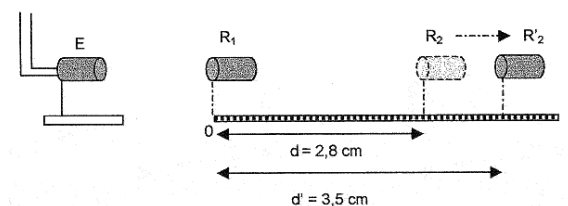
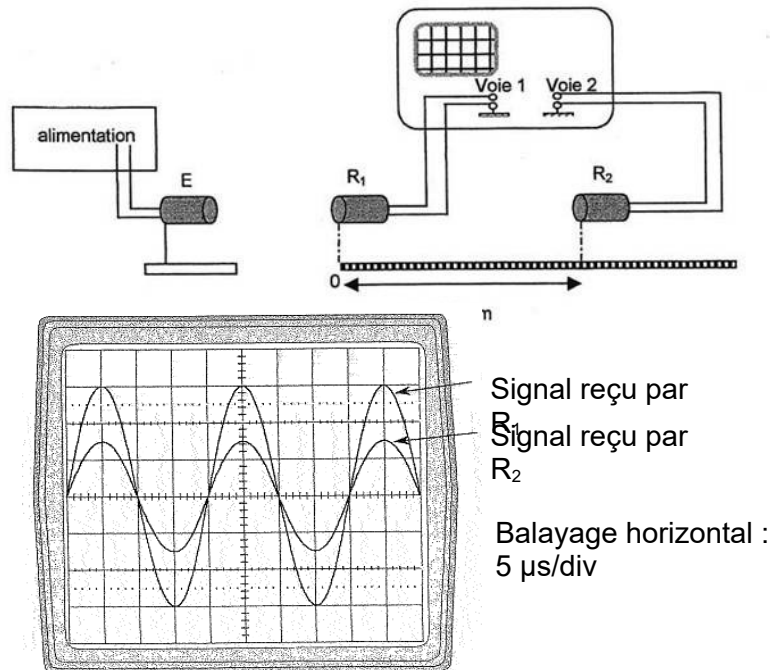
1.2. Définir en une phrase la longueur d'onde λ ; écrire la relation entre la longueur d'onde λ , la célérité v des ultrasons dans le milieu et la période T des ultrasons.

1.3. Exprimer en fonction de la période T des ultrasons le retard τ du signal reçu par R'_2 par rapport à celui reçu par R_2 . En déduire la longueur d'onde.

1.4. Calculer la célérité des ultrasons dans l'air.

1.5. 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.

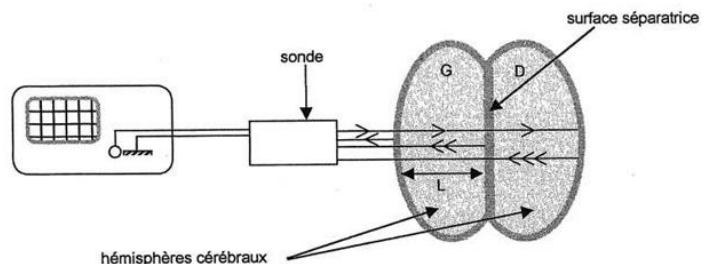


Partie B

3. L'échogramme du cerveau.

Une sonde, jouant le rôle d'émetteur et de récepteur, envoie une impulsion ultrasonore de faible durée et de faible puissance en direction du crâne d'un patient.

L'onde sonore pénètre dans le crâne, s'y propage et s'y réfléchit chaque fois qu'elle change de milieu. Les signaux réfléchis génèrent des échos qui, au retour sur la sonde, y engendrent une tension électrique très brève. Un oscilloscope relié à la sonde permet la détection à la fois de l'impulsion émettrice et des divers échos.



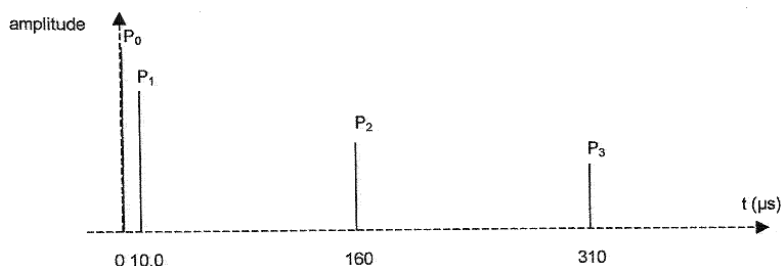
L'oscillogramme obtenu sur un patient permet de tracer l'échogramme ci-dessous : les tensions électriques étant redressées, seule la partie positive de celles-ci est envoyée sur l'oscilloscope ; la durée d'émission de l'impulsion étant très brève ainsi que celle des échos, on observe sur l'écran des pics verticaux : P_0 , P_1 , P_2 , P_3 .

P_0 correspond à l'émission à l'instant de date $t = 0$ s de l'impulsion ; P_1 à l'écho dû à la réflexion sur la surface externe de l'hémisphère gauche (G sur le schéma) ; P_2 à l'écho sur la surface de séparation des deux hémisphères ; P_3 à l'écho sur la surface interne de l'hémisphère droit (D sur le schéma).

La célérité des ultrasons dans les hémisphères est $v = 1500 \text{ m.s}^{-1}$.

3.1. Quelle est la durée Δt du parcours de l'onde ultrasonore dans l'hémisphère gauche ainsi que dans le droit ?

3.2. En déduire la largeur L de chaque hémisphère.



EXERCICE II

Détermination de la célérité des ondes ultrasonores dans l'eau.

La célérité des ultrasons dans l'air $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ est plus faible que la célérité des ultrasons dans l'eau de mer v_{eau} .

Un émetteur produit simultanément des salves d'ondes ultrasonores dans un tube rempli d'eau de mer et dans l'air (voir figure 1). À une distance d de l'émetteur d'ondes ultrasonores, sont placés deux récepteurs, l'un dans l'air et l'autre dans l'eau de mer.

Le récepteur A est relié à l'entrée A du système d'acquisition d'un ordinateur et le récepteur B à l'entrée B. L'acquisition commence lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B du système. Le but des mesures effectuées est de mesurer le retard de perception entre les deux récepteurs.

2.1 Pourquoi est-il nécessaire de déclencher l'acquisition lorsqu'un signal est reçu sur l'entrée B ?

2.2 Donner l'expression du retard Δt entre la réception des ultrasons par les deux récepteurs en fonction de t_A et t_B , durées que mettent les ultrasons pour parcourir respectivement la distance d dans l'air et dans l'eau de mer.

2.3 On détermine Δt pour différentes distances d entre l'émetteur et les récepteurs. On traite les données avec un tableur et on obtient le graphe $\Delta t = f(d)$ ci-dessous.

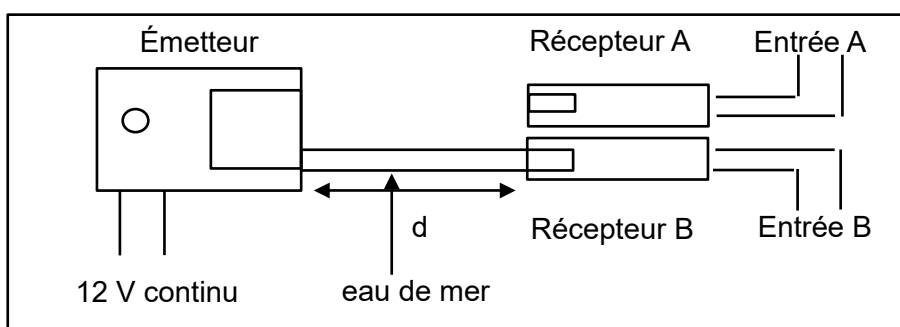
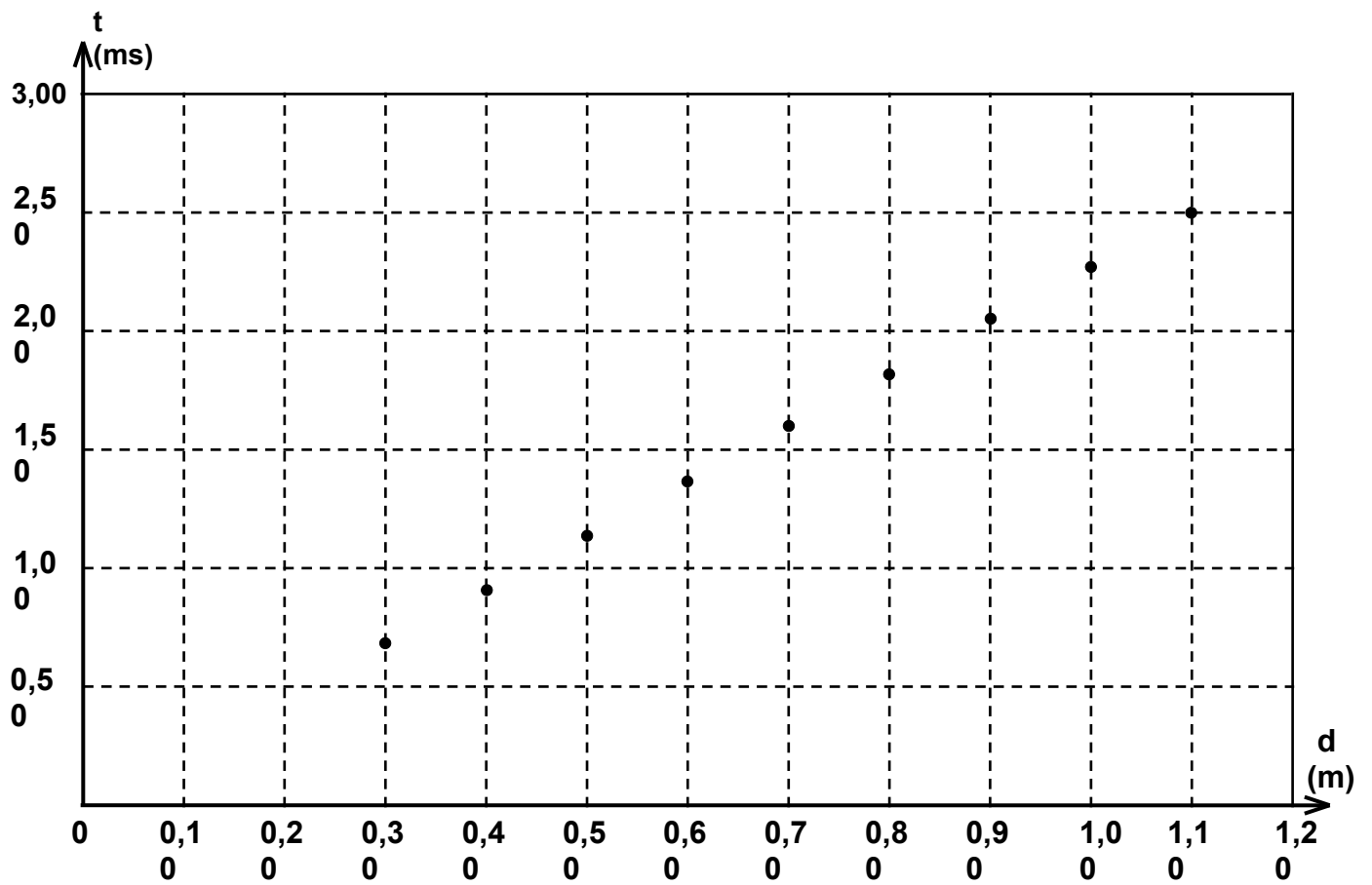


Figure 1



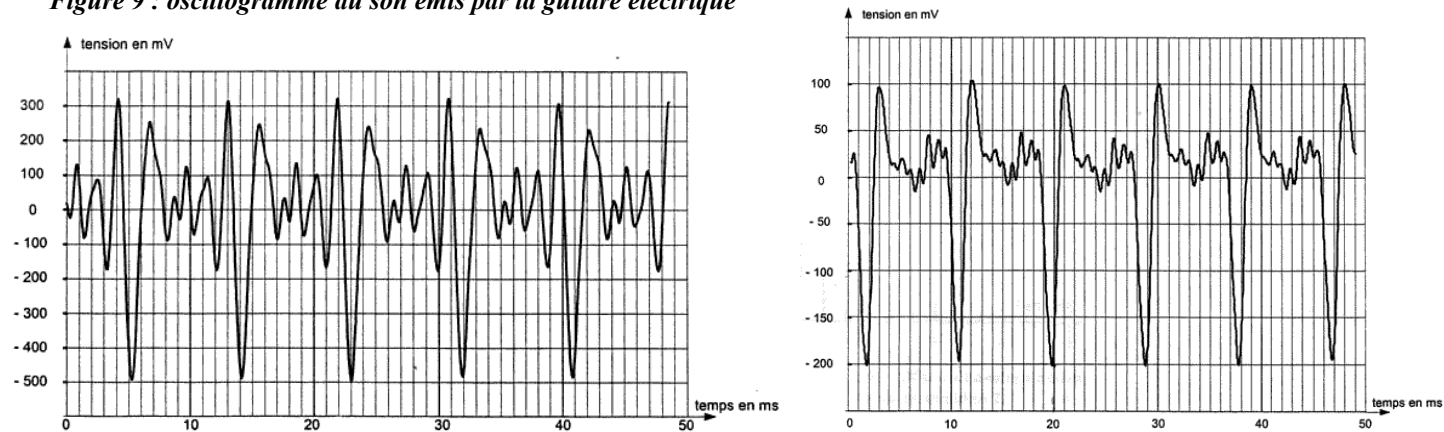
2.3.1 Donner l'expression de Δt en fonction de d , v_{air} , v_{eau} .

2.3.2 Justifier l'allure de la courbe obtenue.

2.3.3 Déterminer graphiquement le coefficient directeur de la droite $\Delta t = f(d)$. En déduire la valeur de la célérité v_{eau} des ultrasons dans l'eau de mer en prenant $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

ANNEXES :

Figure 9 : oscillogramme du son émis par la guitare électrique



Spectres en fréquence du son à vide de la corde 6

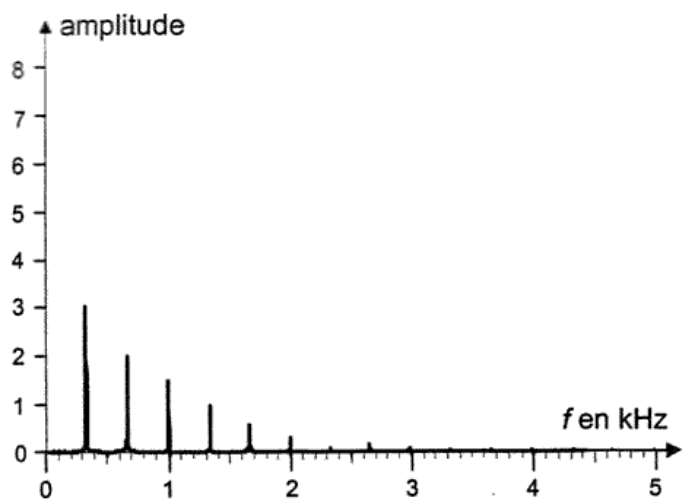


Figure 11 : sans effet « wha-wha »

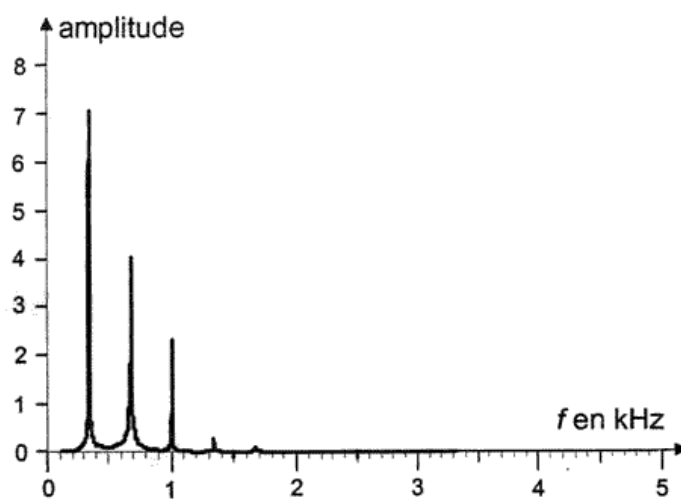


**Figure 12 : avec l'effet « wha-wha » activé
(pédale en position 1)**

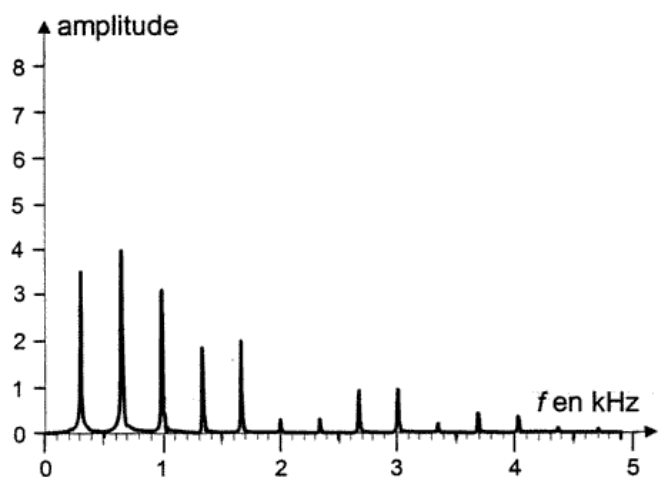


**Figure 13 : avec l'effet « wha-wha » activé
(pédale en position 2)**

EXERCICE III

Le montage de la **figure n°1** permet de faire varier la tension mécanique **F** appliquée à la corde.
Le changement de corde permet d'étudier l'influence de la masse linéique.
Une étude complète permet d'établir que les différents modes de vibration d'une

corde vérifient la relation : $f = \frac{k}{2.L} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$

k est un nombre entier

L : longueur de la corde en m

F : tension mécanique de la corde en N

μ : masse linéique de la corde en kg.m^{-1}

f : fréquence en Hz

Une guitare représentée **figure n°2**, comporte 6 cordes de masses linéiques différentes. Chaque corde est montée entre le chevalet et le sillet, elle est reliée à une clé permettant de régler sa tension (**figure n°3**). La distance **L** entre le chevalet et le sillet est **L = 65 cm**.

L'une des cordes, dite « corde n°2 », est la corde du **La₁** de fréquence 110 Hz.

1. Quel est l'intérêt de pouvoir régler la tension des cordes ?
2. Pourquoi les cordes ont-elles des masses linéiques différentes ?
3. Un musicien veut accorder la corde n°2. Avant l'accord, il pince cette corde n°2. On enregistre à l'aide d'un micro le son émis. On obtient l'enregistrement de la **courbe 1**
 - 3.1. Quelle est la fréquence de la note émise ?
 - 3.2. Un logiciel permet de faire l'analyse spectrale de l'enregistrement précédent. **Les courbes 2 et 3** présentent deux diagrammes de fréquences. Lequel correspond à l'enregistrement précédent ? Justifier la réponse.
 - 3.3. Comment le musicien doit-il agir sur la corde pour obtenir le **La₁** ?

Figure n°1 : montage

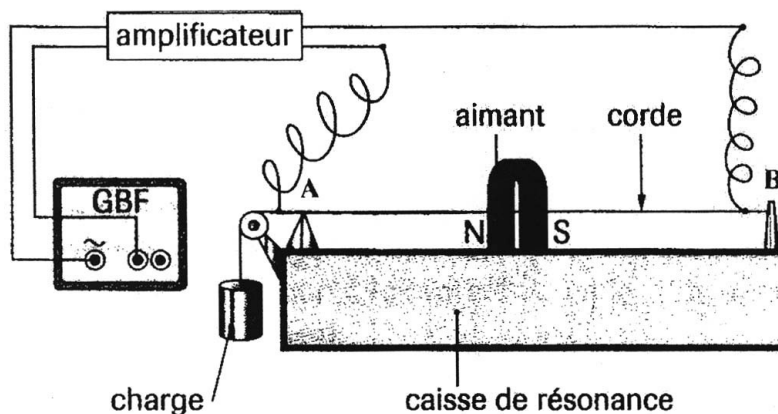


Figure n°2 : guitare

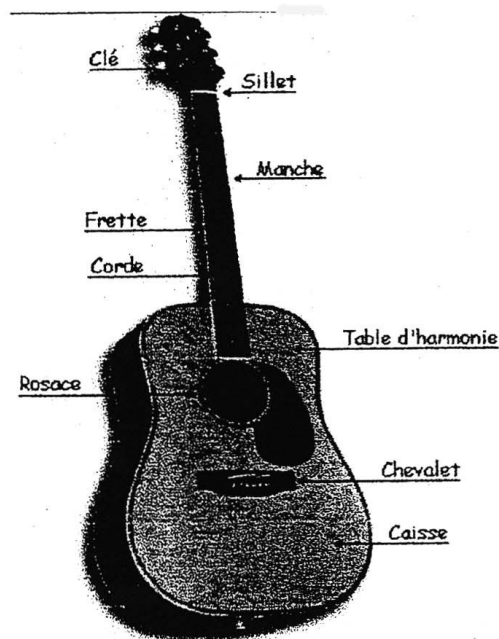
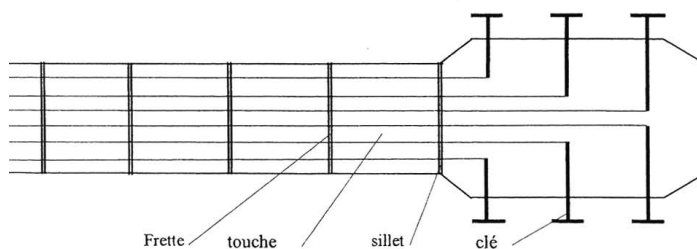
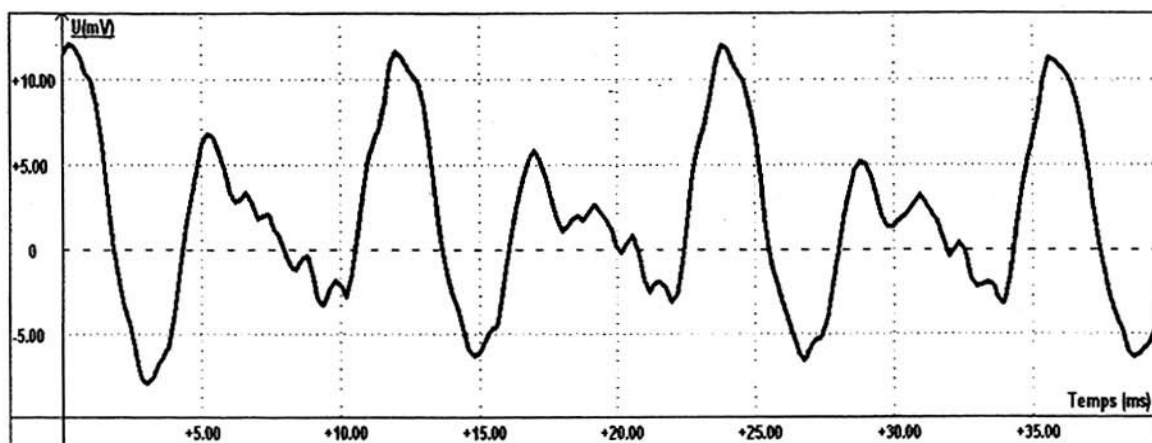
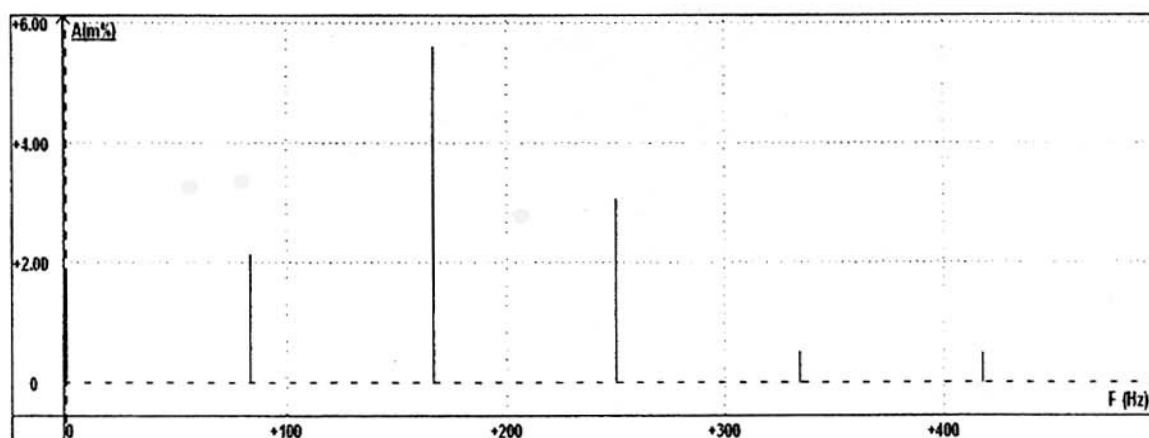


Figure n°3 : Manche d'une guitare

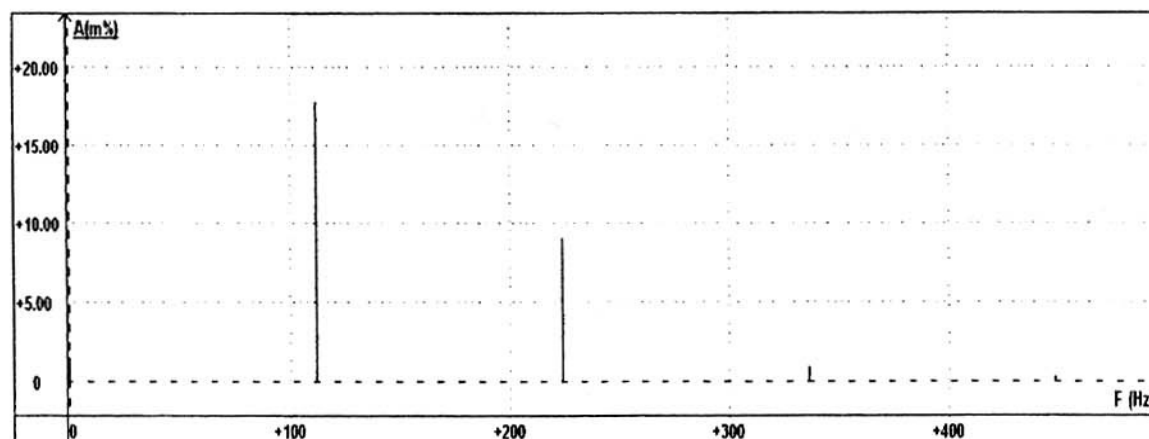




Courbe 1 : enregistrement du signal sonore émis par la corde n° 2



Courbe 2 : Diagramme de fréquences n° 1



Courbe 3 : Diagramme de fréquences n° 2