

## Battements acoustiques

### Représentation avec l'oscilloscope

#### Objectifs expérimentaux

- Superposition des oscillations de diapasons avec faible différence de fréquence pour ainsi former un battement.
- Représentation du battement sur l'oscilloscope.
- Détermination de la fréquence de battement  $f_S$  et de la fréquence  $f$  de l'oscillation superposée et comparaison avec les fréquences individuelles  $f_1$  et  $f_2$ .

#### Notions de base

La nature ondulatoire du son est clairement établie si on étudie la superposition de deux ondes sonores avec des amplitudes  $A_1$  et  $A_2$  si possible semblables et des fréquences  $f_1$  et  $f_2$  légèrement différentes. L'oscillation

$$y(t) = A_1 \cdot \cos(2\pi \cdot f_1 \cdot t + \varphi_1) + A_2 \cdot \cos(2\pi \cdot f_2 \cdot t + \varphi_2) \quad (I).$$

se forme au lieu de l'observation.

On tient ici compte du fait que les phases  $\varphi_1$  et  $\varphi_2$  des deux ondes individuelles peuvent être parfaitement quelconques.

Pour le calcul du signal de battement, on introduit les grandeurs

$$A = \frac{A_1 + A_2}{2}, \bar{A} = \frac{A_1 - A_2}{2}, f = \frac{f_1 + f_2}{2}, \bar{f} = \frac{f_1 - f_2}{2},$$

$$\varphi = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \text{ et } \bar{\varphi} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}$$

et on obtient après quelques modifications l'expression

$$y(t) = 2 \cdot A \cdot \cos(2\pi \cdot \bar{f} \cdot t + \bar{\varphi}) \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi) - 2 \cdot \bar{A} \cdot \sin(2\pi \cdot \bar{f} \cdot t + \bar{\varphi}) \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi) \quad (II)$$

pour le signal superposé. L'expression peut être simplifiée comme suit

$$y(t) = 2 \cdot A \cdot \cos(2\pi \cdot \bar{f} \cdot t + \bar{\varphi}) \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi) \quad (III),$$

lorsque les deux amplitudes  $A_1$  et  $A_2$  sont exactement les mêmes. Dans ce cas-là, on peut considérer  $y(t)$  comme une oscillation de fréquence  $f$ , dont l'amplitude dépend du temps:

$$y(t) = a(t) \cdot \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi) \quad (IV)$$

avec

$$a(t) = 2 \cdot A \cdot \cos(2\pi \cdot \bar{f} \cdot t + \bar{\varphi}) \quad (V).$$

La valeur de l'amplitude  $a$  varie périodiquement entre 0 et  $2A$  (voir fig. 1), le changement ayant lieu deux fois pendant une période. Le nombre desdits battements par seconde, la fréquence de battement  $f_S$ , est par conséquent

$$f_S = 2 \cdot \bar{f} = f_1 - f_2 \quad (VI).$$

Au passage par zéro de l'amplitude  $a(t)$ , le changement de signe du battement occasionne un saut de phase pour l'oscillation superposée.

Dans l'expérience, on étudie la superposition de deux ondes sonores produites avec des diapasons légèrement désaccordés l'un par rapport à l'autre. Le signal de battement est reçu par un microphone puis représenté avec un oscilloscope. La fréquence de battement  $f_S$  est augmentée et donc la durée du battement

$$T_S = \frac{1}{f_S} \quad (VII)$$

réduite, en désaccordant un diapason. Pour la détermination des fréquences  $f_1$ ,  $f_2$ , et  $f_S$ , les périodes d'oscillations  $T_1$ ,  $T_2$ , et  $T_S$  correspondantes sont mesurées avec l'oscilloscope.

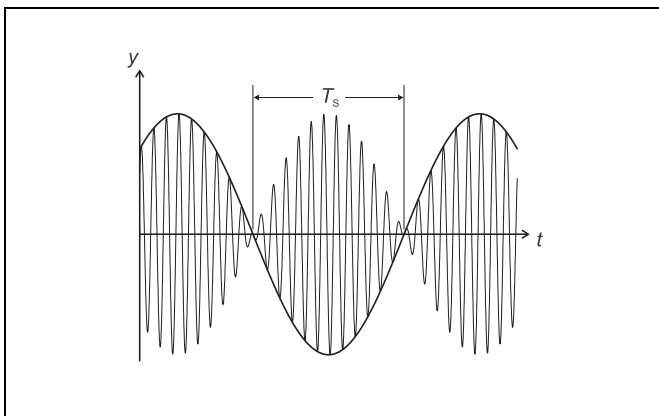


Fig. 1 Battement pour une même amplitude des oscillations individuelles.

**Matériel**

1 paire de diapasons de résonance, 440 Hz	414 72
1 microphone universel . . . . .	586 26
1 socle . . . . .	300 11
1 oscilloscope à deux canaux 303 . . . . .	575 21
1 adaptateur BNC/4 mm, bipolaire . . . . .	575 35

**Réalisation**

- Frapper rapidement les deux diapasons l'un après l'autre avec le marteau et comparer les battements audibles avec la représentation sur l'oscilloscope.
- Déterminer la durée de battement  $T_S$  et la noter.
- Régler une base de temps de 0,5 ms/DIV.
- Pour déterminer les périodes d'oscillations  $T_1$  et  $T_2$ , retirez à chaque fois un diapason et frapper uniquement l'autre diapason.

**Montage**

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 2.

- Positionner l'interrupteur **(a)** du microphone universel sur  $\sim$ .
- A l'aide de la vis de serrage **(b)**, réduire la fréquence d'un diapason.
- Enficher les diapasons sur les caisses de résonance et en orienter les ouvertures vers le microphone.
- Brancher le microphone universel à l'oscilloscope à l'aide de l'adaptateur bipolaire BNC/4 mm :

Axe neutre: centre  
 Couplage: CA  
 Déviation: 20 mV/DIV.  
 Déclenchement: Auto  
 Base de temps: 20 ms/DIV.

**Exemple de mesure**

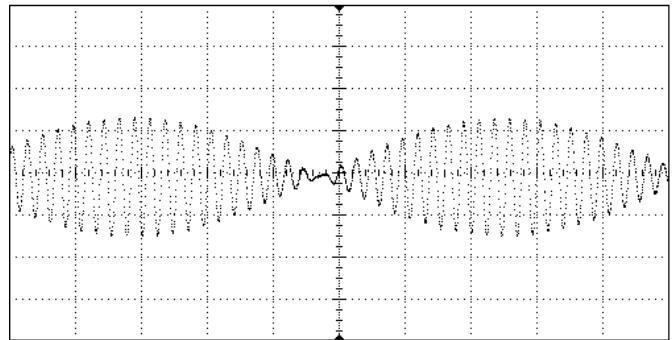
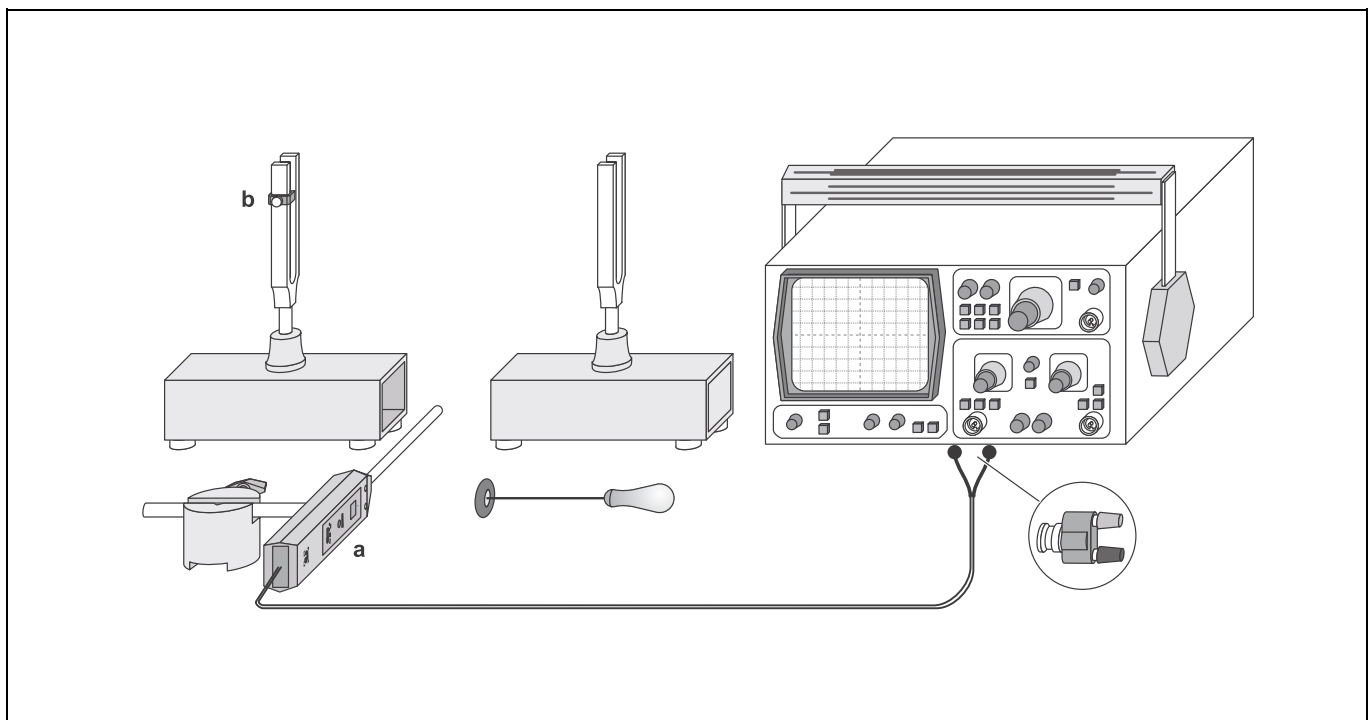


Fig. 3 Représentation sur l'oscilloscope d'un battement acoustique

Tab. 1: Périodes d'oscillations individuelles  $T_1$  et  $T_2$  et durée de battement  $T_S$ :

$\frac{T_1}{\text{ms}}$	$\frac{T_2}{\text{ms}}$	$\frac{T_S}{\text{ms}}$
2,20	2,25	112

Fig. 2 Montage expérimental pour la représentation de battements acoustiques avec l'oscilloscope



## Exploitation

Tab. 2: Fréquences individuelles  $f_1$  et  $f_2$  et fréquence de battement  $f_S$

$\frac{f}{\text{Hz}}$	$\frac{f}{\text{Hz}}$	$\frac{f_S}{\text{Hz}}$	$\frac{f_1 - f_2}{\text{Hz}}$
455	444	9	11

Une comparaison de la fréquence de battement  $f_S$  mesurée avec la différence  $f_1 - f_2$  confirme l'équation (VI).

## Résultat

La superposition de deux oscillations acoustiques de faible différence de fréquence génère un battement nettement audible. Ce battement peut être représenté avec un oscilloscope.

## Information supplémentaire

Pour des études plus précises, il est possible de représenter les battements avec un oscilloscope à mémoire ou bien le système d'acquisition des valeurs mesurées CASSY, assisté par ordinateur.