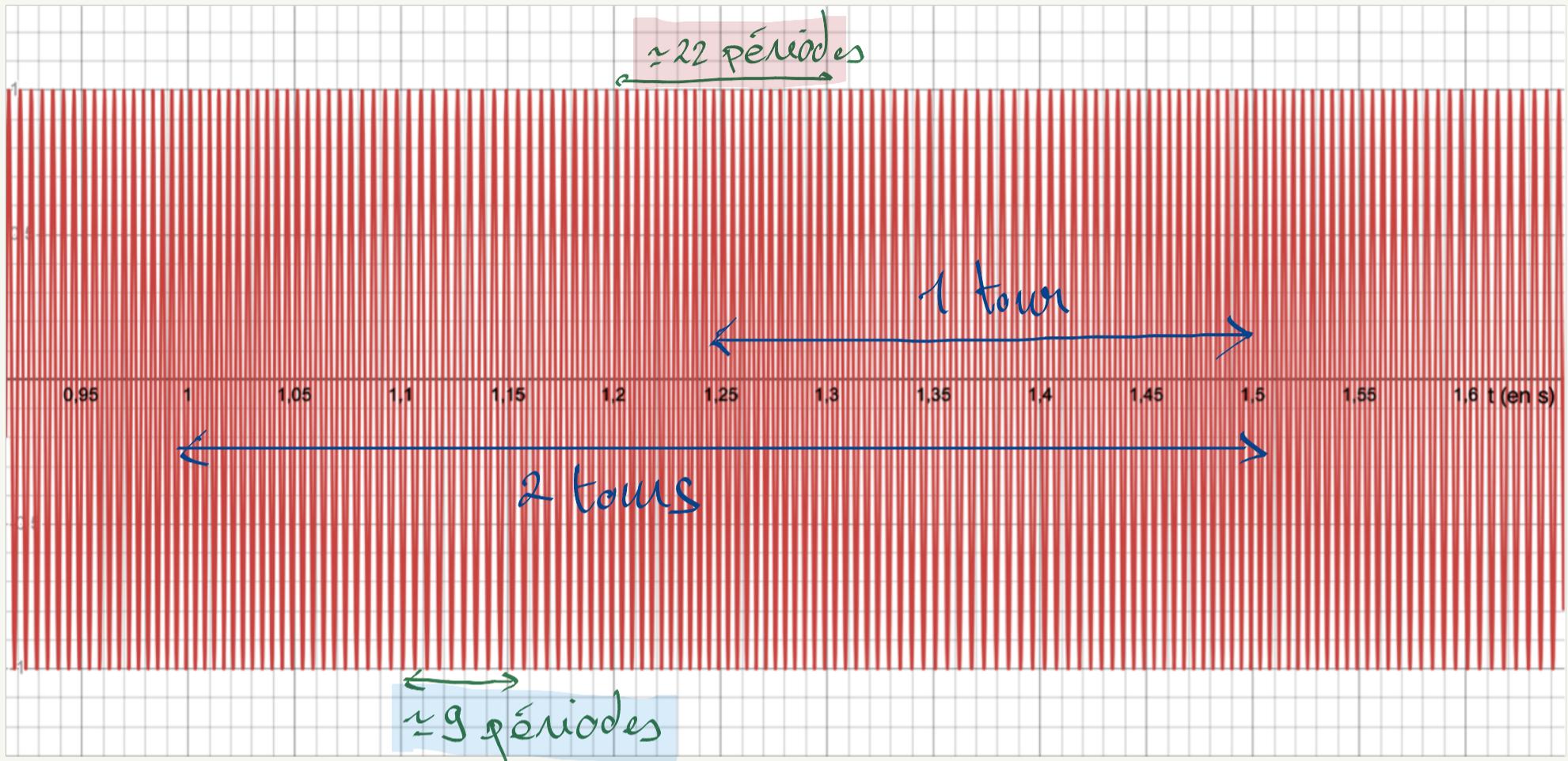


## La FRONDE



On constate que le signal reçue a une fréquence qui s'accroît (les pics sont + rapprochés) puis se réduit (pics plus écartés) alternativement.

Ces variations de la fréquence reçue sont dues à l'effet Doppler. En effet, pendant son tour, l'émetteur se rapproche puis s'éloigne du récepteur, faisant varier la fréquence reçue. Au maximum, l'émetteur se rapproche et s'éloigne à la vitesse  $v$  du buzzer dans son mouvement de rotation.

Cette variation régulière de la fréquence permet de mesurer sur le signal reçu la durée d'un tour = 0,25s.

On peut aussi tester de déterminer la fréquence maximale (correspondant au rapprochement) et la fréquence minimale (pour l'éloignement):

$$f_{\max} \simeq \frac{22}{0,10\text{s}} \simeq 2,2 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

$$f_{\min} \simeq \frac{9}{0,050\text{s}} \simeq 1,8 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

Pendant le rapprochement, le décalage Doppler théorique est donnée par:

$$\Delta f_{\text{rap}} = f_{\max} - f_E = f_E \times \frac{v}{c-v}$$

200 Hz (fréquence du buzzer)

Et pendant l'éloignement:

$$\Delta f_{\text{élo}} = f_{\min} - f_E = - f_E \times \frac{v}{c+v}$$

Dans l'approximation donnée dans l'énoncé, on reconnaît la formule de  $\Delta f_{\text{rap}}$  et celle de  $\Delta f_{\text{élo}}$ , et on voit que le résultat permet d'obtenir  $v$ .

$$f \times \frac{v}{c-v} - \left( -f \frac{v}{c+v} \right) \approx 2f \frac{v}{c}$$

De plus, on peut bien supposer ici que l'émetteur va très lentement par rapport au son dans l'air (on a bien  $v \ll c$ ).

$$\Rightarrow \Delta f_{\text{rap}} - \Delta f_{\text{élat}} \simeq 2f \frac{v}{c}$$

Δ ce n'est que  
parce que  $v \ll c$  qu'alors  
 $\Delta f_{\text{élat}} = -\Delta f_{\text{rap}}$

On  $\Delta f_{\text{rap}} \simeq 20 \text{ Hz}$  et  $\Delta f_{\text{élat}} \simeq -20 \text{ Hz}$

$$\Rightarrow 2f \frac{v}{c} \simeq 40 \text{ Hz}$$

Pour être rigoureux sur les chiffres significatifs, il faudrait écrire  $4 \times 10^1 \text{ Hz}$

$$\Rightarrow v \simeq \frac{343 \text{ m.s}^{-1} \times 40 \text{ Hz}}{2 \times 200 \text{ Hz}} \simeq 34 \text{ m.s}^{-1}$$

ou plutôt  
 $3 \times 10^1 \text{ m.s}^{-1}$

On valide bien que  $v \ll c$

On a déterminée qu'un tour prenait 0,25 s.

$$\Rightarrow \omega = 2\pi \times \frac{1}{0,25} \simeq 25 \text{ rad.s}^{-1}$$

et comme  $v = \omega \times R$

$$\Rightarrow R = \frac{v}{\omega} = \frac{34}{25} \simeq 1,4 \text{ m}$$

(ou  $\simeq 1 \text{ m}$  en toute rigueur)

- la valeur de  $R$  semble un peu élevée par rapport au dessin mais rien ne nous dit qu'il est à l'échelle.
  - la valeur de  $v$  trouvée vaut plus de 100 km/h, ça ne paraît pas impossible mais c'est bizarrement élevé.
- Cela a permis d'avoir des  $\Delta f$  suffisant sur le graphique.

On autre méthode possible aurait été de partir non pas des formules de  $\Delta f$  mais de celles de  $f_R$  dans le cas du rapprochement et de l'éloignement.

On a démontré que: (voir activité démonstration)

rapprochement:  $f_R = f_E \times \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} = f_E \times \frac{c}{c-v} = f_{\max}$

éloignement:  $f_R = f_E \times \frac{1}{1 + \frac{v}{c}} = f_E \times \frac{c}{c+v} = f_{\min}$

Chacune de ces formules permet de déterminer  $v$  mais il est plus précis d'utiliser les deux mesures à la fois en calculant leur quotient:

$$Q = \frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \frac{f_E \times \frac{c}{c-v}}{f_E \times \frac{c}{c+v}} = \frac{c+v}{c-v} \quad \text{ne dépend plus de } f_E !$$

$$\Rightarrow (c-v) \times Q = c+v$$

$$c \times Q - c = v + v \times Q$$

$$c \times (Q-1) = v \times (Q+1)$$

$\Delta$  Il faut être à l'aise sur ce type de calcul algébrique

$$v = c \times \frac{Q-1}{Q+1} = 343 \times \frac{\frac{220}{180} - 1}{\frac{220}{180} + 1}$$

On se trouve les  $34 \text{ m.s}^{-1}$  !