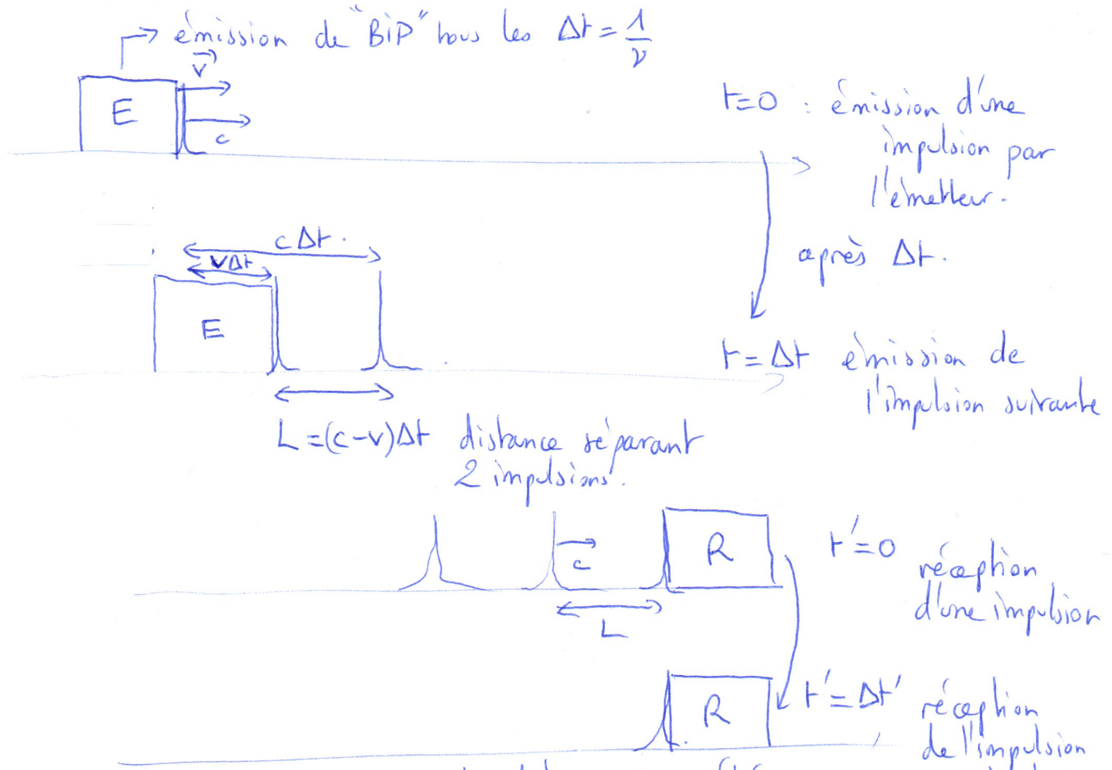
Correction - TD n°11 - Introduction à la physique des ondes

1 Effet Doppler

<u>Effet Doppler</u> : cas du récepteur fixe :

⚠ On ne peut pas changer de référentiel en classique car la vitesse de la lumière est invariante par changement de ref
$\Rightarrow$ il faut utiliser la relativité restreinte.



La distance L a été parcourue pendant $\Delta t'$ à la vitesse c :

$$c\Delta t' = L = (c-v)\Delta t.$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\nu'} = \frac{c-v}{c}\frac{1}{\nu} \Rightarrow \boxed{\nu' = \left(\frac{c}{c-v}\right)\nu = \frac{1}{\left(1-\frac{v}{c}\right)}\nu} > \nu$$

cohérent

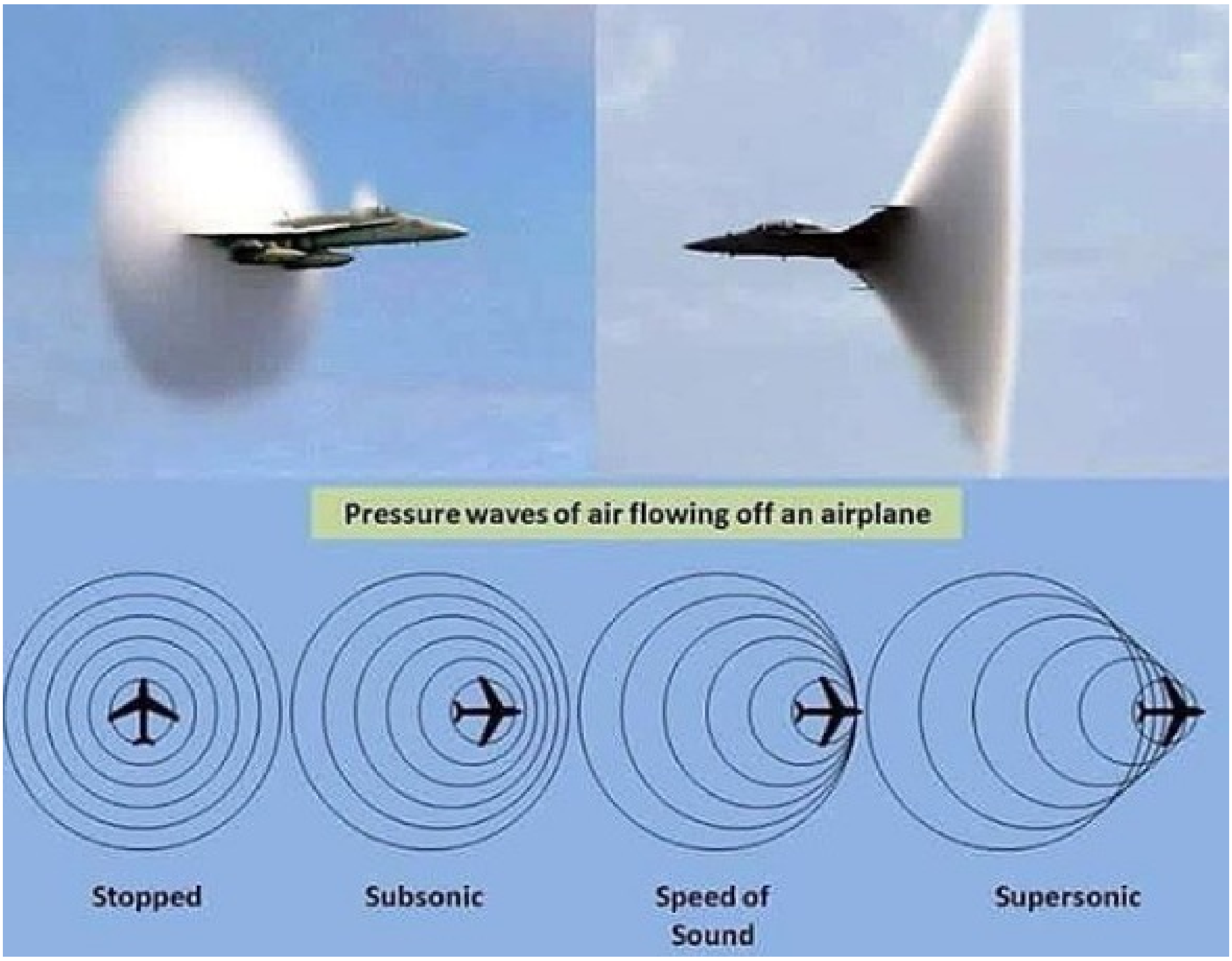
<u>Rq</u> : dans le cas où l'émetteur est fixe et le récepteur se rapproche à la vitesse v, on obtient :

$$\nu' = \left(1+\frac{v}{c}\right)\nu$$

Ces 2 formules sont compatibles au 1er ordre dans le cas classique pour lequel $\frac{v}{c} \ll 1$.

On devrait normalement trouver exactement le même résultat puisque le problème est équivalent, en gardant la même vitesse de propagation de la lumière. Cependant, les formules étant obtenues en classique, le changement de référentiel sous-entend que $c_{lumière} = c \pm v$ en fonction du changement, ce qui n'est pas compatible avec l'invariance de $c_{lumière}$.

Complément 1 : Bang supersonique des avions et forme des ailes



Complément 2 : Bang supersonique du fouet

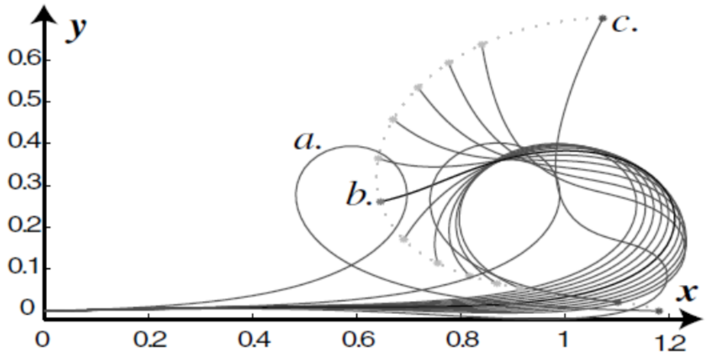
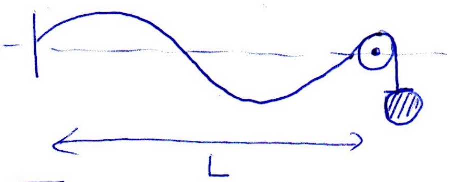


figure 3 : Une représentation réaliste d'un fouet ($L = 2$ m ; $c_i = 0.5$; $\alpha_i = L/10$). (a) est la boucle initiale ; ***(b) lorsque la pointe du fouet atteint la vitesse la plus rapide*** *; (c) fouet au temps $t = 0,02$ s.*

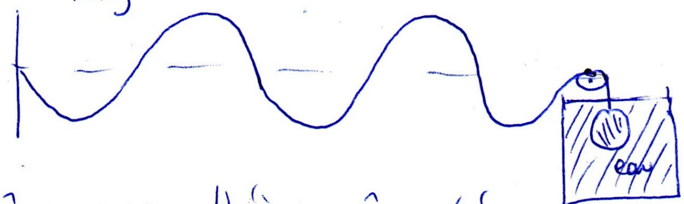
2 Résolution de problème - Détermination du rayon d'une boule

Figure 1 :



$$L = \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{1}{\nu}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \underset{T=mg}{\overset{\uparrow}{=}} \frac{1}{\nu}\sqrt{\frac{mg}{\mu}} \quad (1)$$

Figure 2 :



même longueur, même masse linéique, même fréquence :

$$L = 2{,}5\lambda' = \frac{5}{2}\frac{c'}{\nu} = \frac{5}{2\nu}\sqrt{\frac{T'}{\mu}} \underset{T' = mg - \rho_{eau}Vg}{\overset{\uparrow}{=}} \frac{5}{2\nu}\sqrt{\frac{mg - \rho_e Vg}{\mu}} \underset{V = \frac{4}{3}\pi R^3}{\overset{\uparrow}{=}} \frac{5}{2\nu}\sqrt{\frac{mg - \rho_e \frac{4}{3}\pi R^3 g}{\mu}} \quad (2)$$

Seule inconnue : R.

$$\underset{(1)=(2)}{\Rightarrow} \frac{1}{\nu}\sqrt{\frac{mg}{\mu}} = \frac{5}{2\nu}\sqrt{\frac{mg - \rho_e \frac{4\pi R^3}{3} g}{\mu}} \Rightarrow \frac{mg}{\mu} = \frac{25}{4}\left(\frac{mg - \rho_e \frac{4}{3}\pi R^3 g}{\mu}\right)$$

$$\Rightarrow \frac{4}{25} = 1 - \frac{\rho_e \frac{4\pi R^3}{3} g}{mg} \Rightarrow R = \left[\frac{3m}{\rho_e 4\pi}\left(1 - \frac{4}{25}\right)\right]^{1/3}$$

A.N : $R = \left[\frac{3 \times 0{,}2}{10^3 \times 4\pi} \times \frac{21}{25}\right]^{1/3} = \underline{3{,}4\ \text{cm}}$

On peut vérifier que la masse volumique correspondante est cohérente : $\rho = \frac{m}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3 \times 0{,}2}{4\pi \times (3{,}4 \cdot 10^{-2})^3} = 1200\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3} > \rho_e$ $\underline{\text{OK}}$

↳ ce n'est pas une boule métallique (plastique ?)