LP 47

Phénomènes de résonance
dans différents domaines de la physique

Niveau : L2

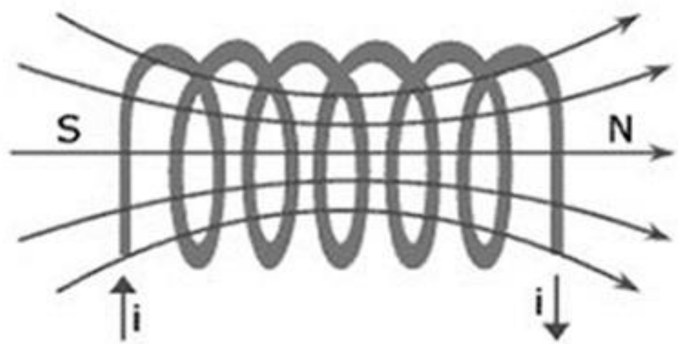
Prérequis :
- Circuit RLC et diagrammes de Bode
- Oscillateur mécanique libres et forcés
- Notions de physique des ondes et acoustique
- Notions d'interférences en optique

Introduction

Introduction

Excitateur

(Castafiore -> Bobine)



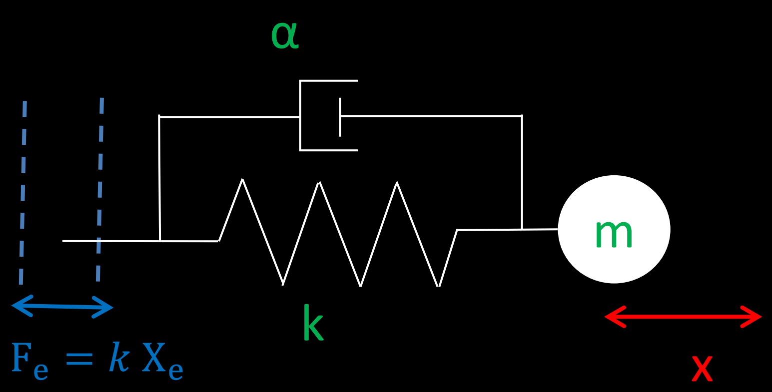
$$B = B_0 \cos(\omega t)$$

Résonateur

(Verre -> diapason)

$\text{Force} \propto \text{B}^2$: Oscillation du diapason

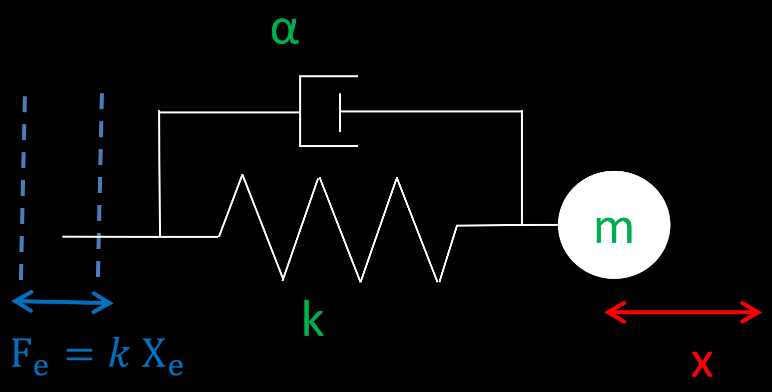
Résonance d'élongation



Système : masse m
Référentiel : Terrestre supposé galiléen
Principe fondamental de la dynamique :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\alpha}{m}\frac{dx}{dt} + \frac{k\,x}{m} = \frac{k\,X_e}{m}$$

Résonance d'élongation



Système : masse m
Référentiel : Terrestre supposé galiléen
Principe fondamental de la dynamique :

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\alpha}{m}\frac{dx}{dt} + \frac{k\,x}{m} = \frac{k\,X_e}{m}$$

Si excitation sinusoïdale

$$\underline{X_e} = x_e \cos(\omega t)$$

$$\boxed{\underline{x} = \frac{\underline{x_e}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + i\,\frac{\omega}{Q\,\omega_0}}}$$

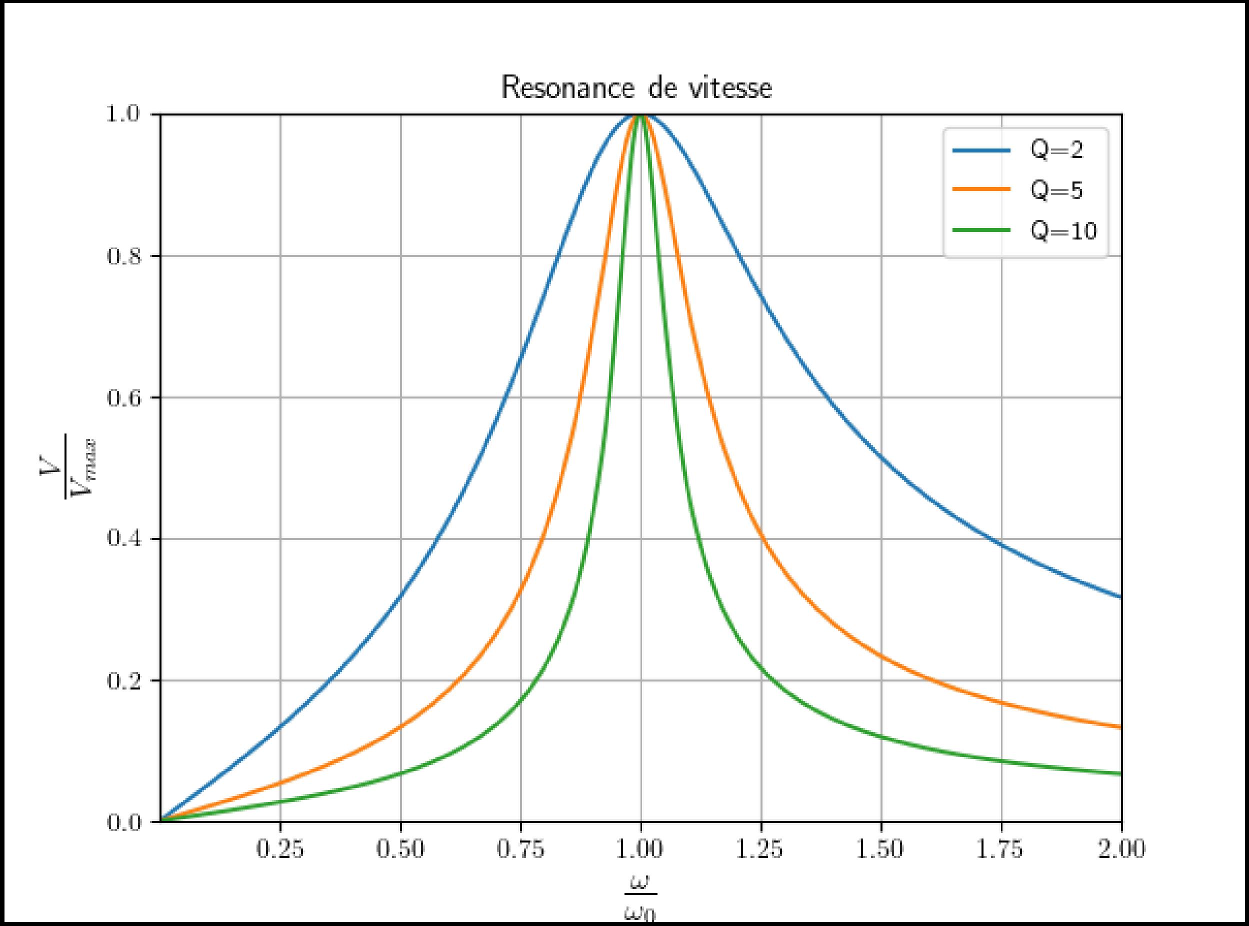
Pulsation propre

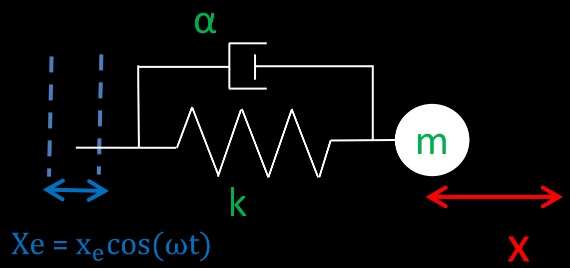
$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Facteur de qualité

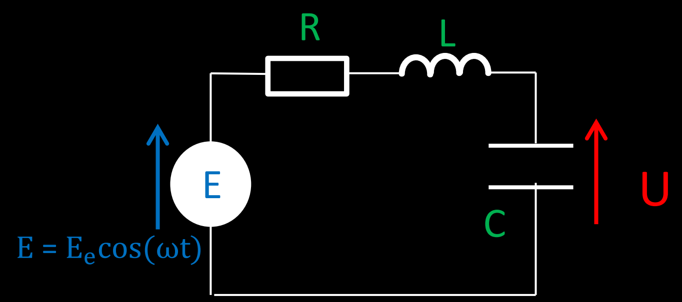
$$Q = \frac{1}{\alpha}\sqrt{km}$$

Résonance de vitesse





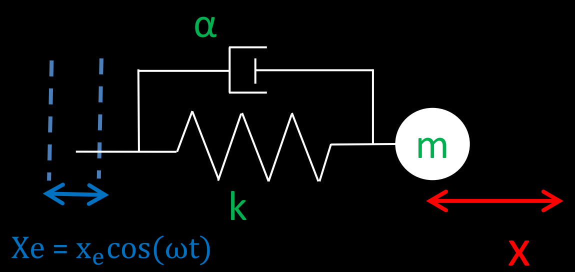
Analogies



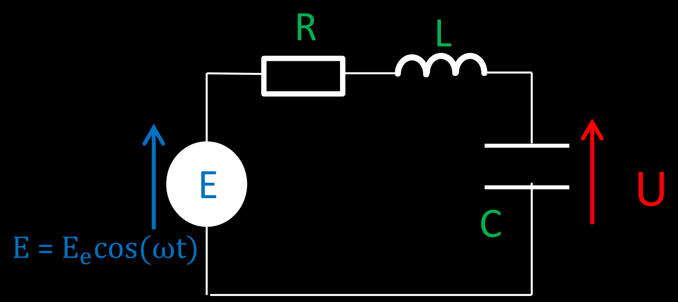
$$\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{\alpha}{m}\frac{dx}{dt}+\frac{k\,x}{m}=\frac{k\,X_e}{m}$$

Equation différentielle

$$\frac{d^2U}{dt^2}+\frac{R}{L}\frac{dU}{dt}+\frac{U}{LC}=\frac{E}{LC}$$



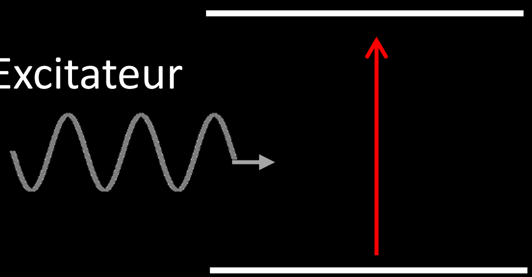
Analogies



$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\alpha}{m}\frac{dx}{dt} + \frac{k\,x}{m} = \frac{k\,X_e}{m}$	Equation différentielle	$\frac{d^2U}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{dU}{dt} + \frac{U}{LC} = \frac{E}{LC}$
α	Terme dissipatif	R
$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	Pulsation propre	$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
$Q = \frac{1}{\alpha}\sqrt{km}$	Facteur de qualité	$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$
Elongation x Vitesse v	Résonances	Tension U Intensité i

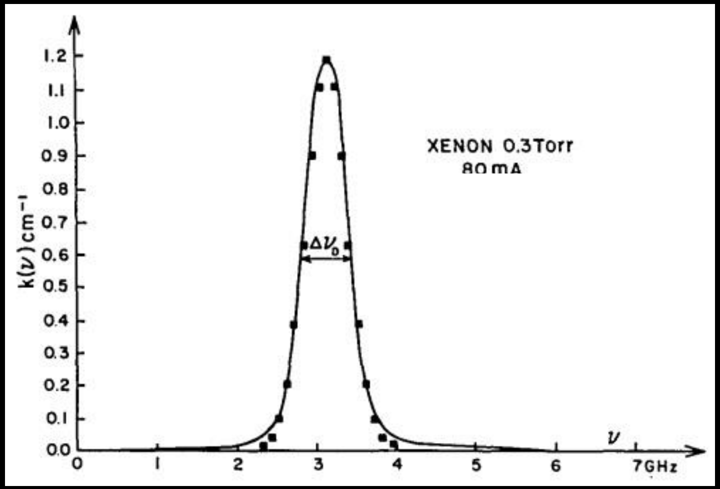
Résonances atomiques

Laser : Excitateur



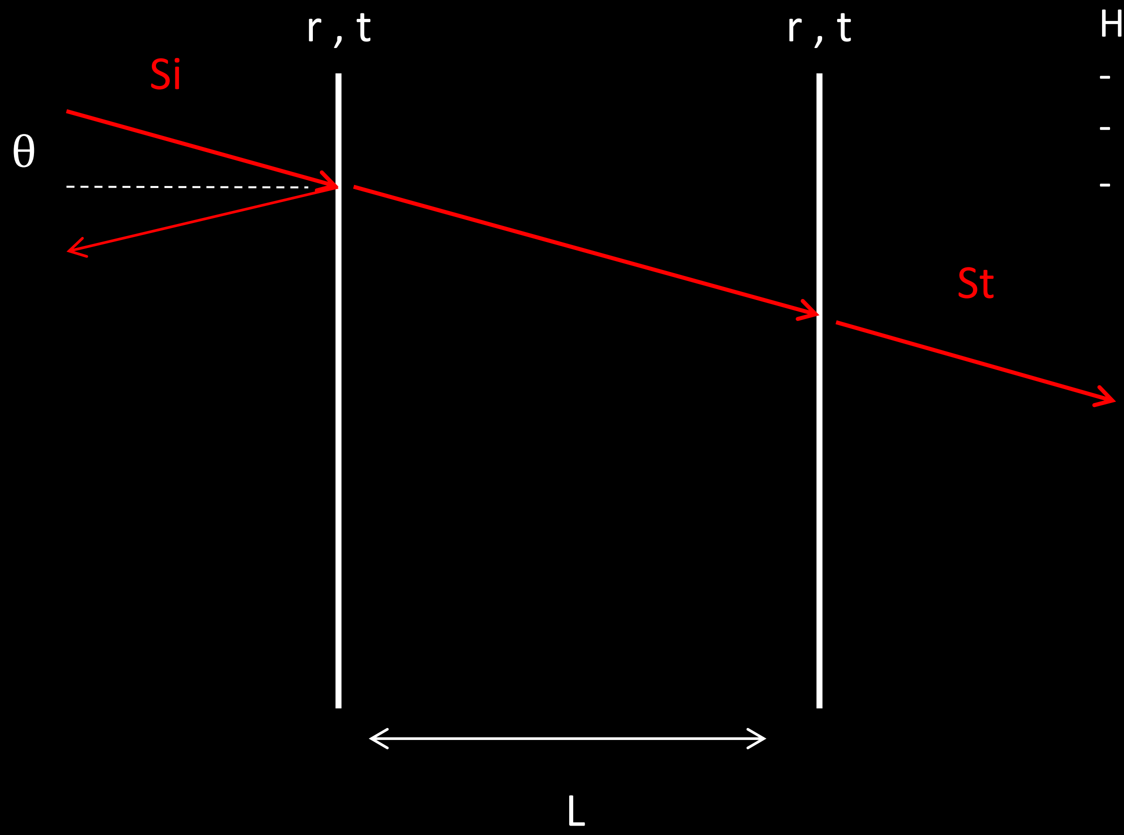
Atome : résonateur

Absorption : Lorentzienne



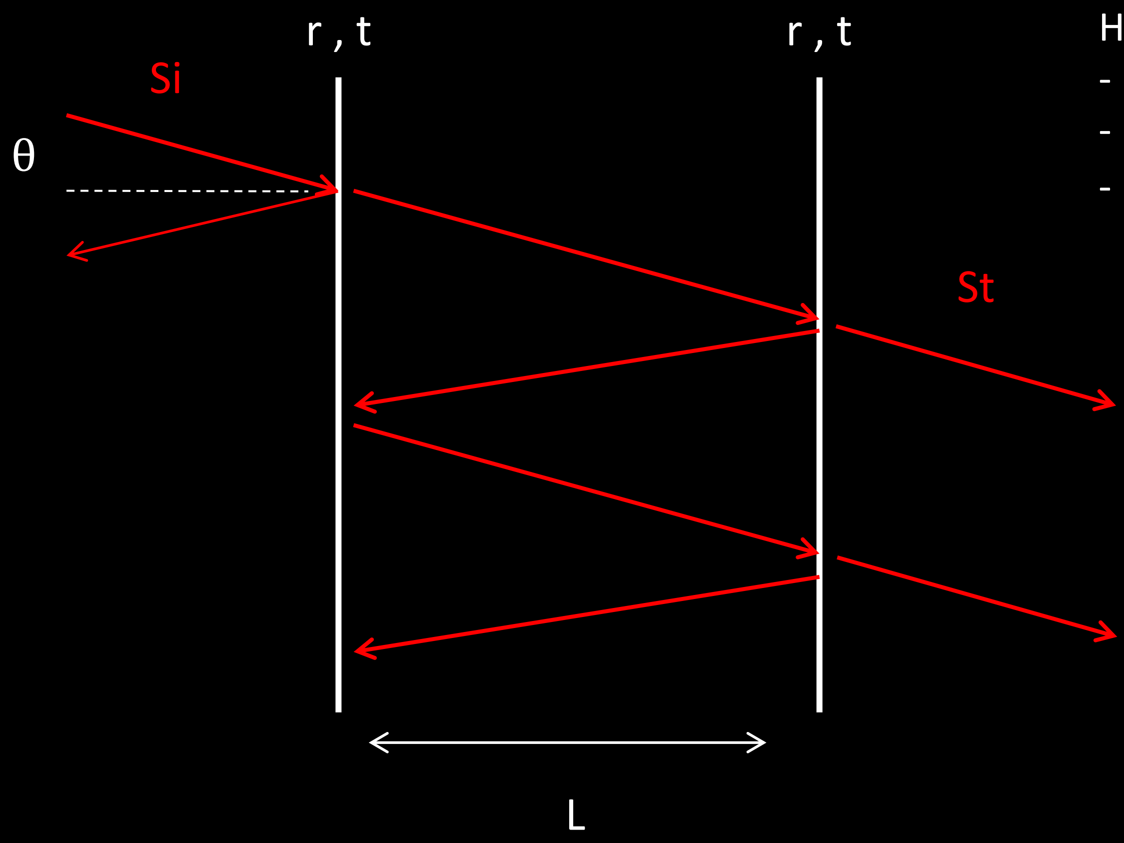
Applications :
- ω_0 : Spectroscopie
- Q : Dynamique des niveaux

Cavité Fabry-Pérot



Hypothèses du calcul :
- Ondes planes
- Approximation scalaire
- Pertes négligées $r^2 + t^2 = 1$

Cavité Fabry-Pérot



Hypothèses du calcul :

- Ondes planes
- Approximation scalaire
- Pertes négligées $r^2 + t^2 = 1$

Déphasage :

$$\Phi = \mathrm{k}\ 2\mathrm{L}\cos(\theta)$$

Cavité Fabry-Pérot

$$Pt = \frac{t^4\,Pi}{(1-r^2e^{i\Phi})(1-r^2e^{-i\Phi})} = \frac{t^4\,Pi}{1+r^4-r^2(e^{i\Phi}+e^{-i\Phi})}$$

$$= \frac{t^4\,Pi}{1+r^4-2r^2\cos(\Phi)} = \frac{t^4\,Pi}{1+r^4-2r^2(1-2sin^2(\Phi/_2))}$$

$$= \frac{t^4\,Pi}{(1+r^2)^2+4r^2\sin(\Phi/_2)} = \frac{Pi}{1+\frac{4r^2}{(1-r^2)^2}sin^2(\Phi/_2)}$$

Réponse Cavité Fabry-Pérot