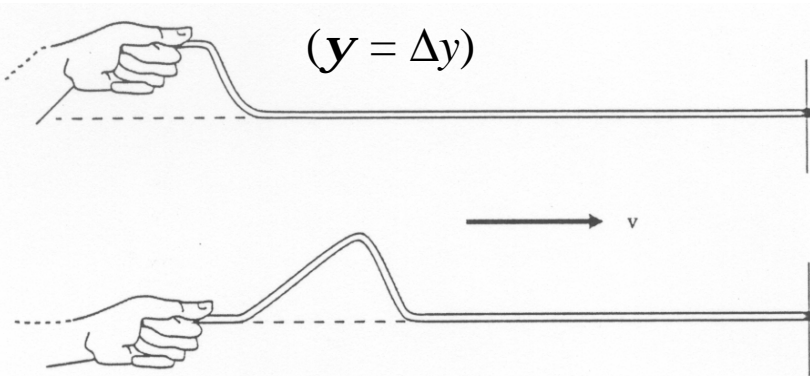


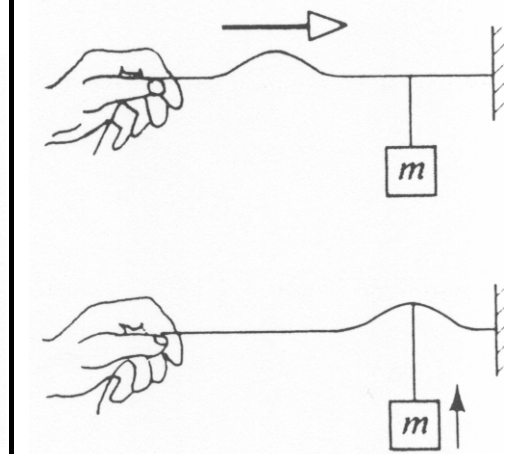
ONES

Ones: propagació d'una pertorbació (y)

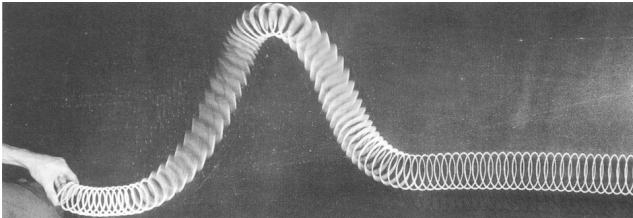
Pols d'ona en un corda (1D)



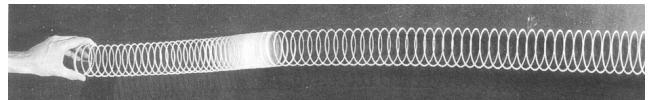
Ones: transport d'energia sense transport de matèria.



Ones en una molla (1D)

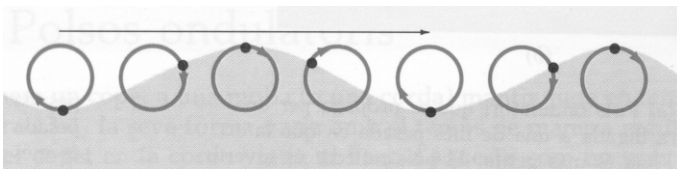


ones transversals



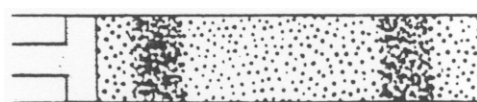
ones longitudinals

Ones en la superfície de l'aigua (2D)



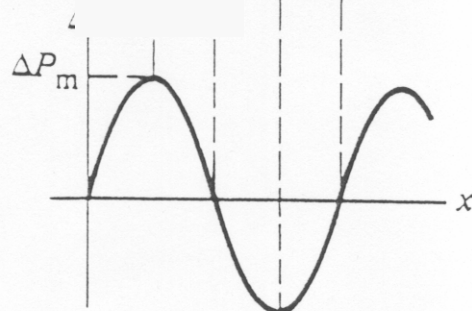
transversals i longitudinals

Ones sonores en un tub (3D)



$$(y = \Delta P)$$

$$v_{so} = 340 \text{ m/s}$$



ONES MECÀNIQUES

Es propaguen en un medi elàstic amb una velocitat que depèn del medi

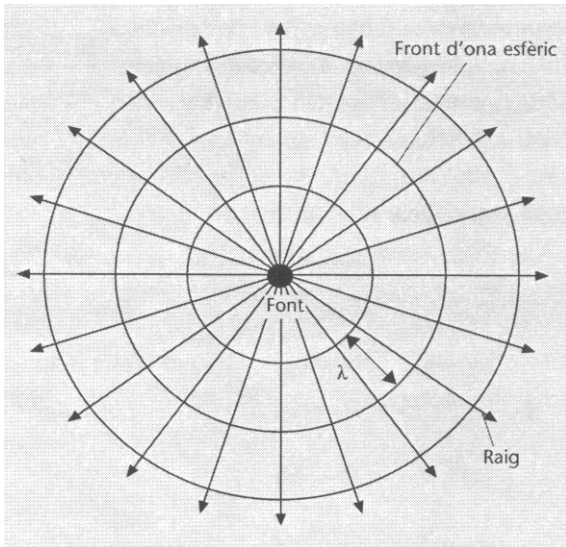
ONES ELECTROMAGNÈTIQUES ($y = \mathbf{E}$ i \mathbf{B} , transversals, 3D)

Es propaguen en el buit a la **velocitat de la llum $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$**

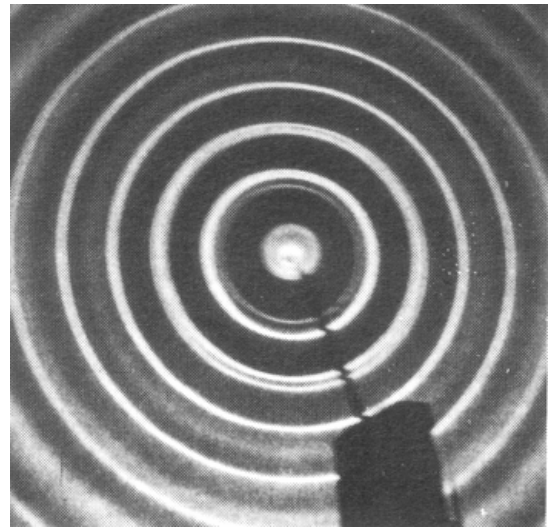
Ones radio i TV, microones, infrarojos, llum visible, raigs UV, X i γ .

Front d'ones: Punts amb la mateixa pertorbació

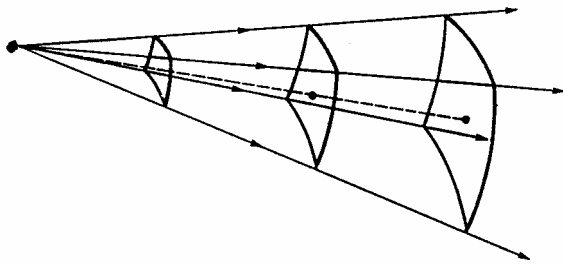
Raig: línia perpendicular a als fronts d'ones i en el sentit de propagació



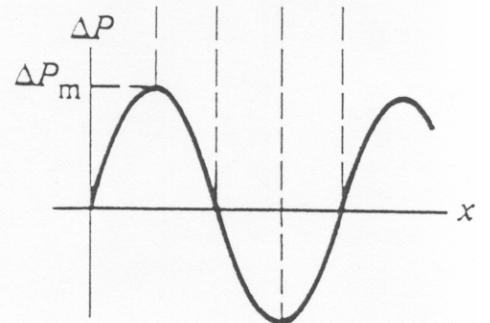
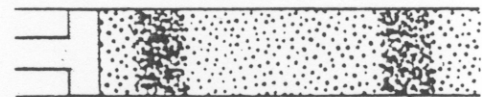
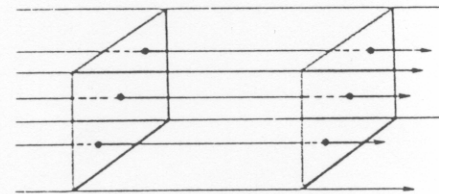
(3D) Ones esfèriques



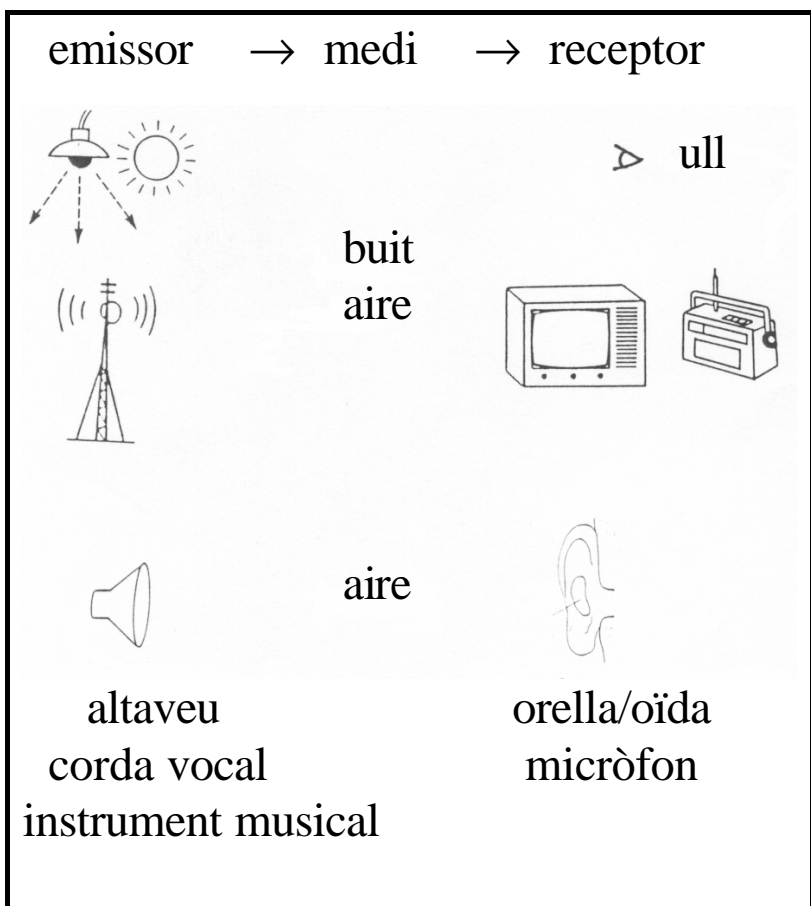
(2D) Ones circulars



Ones planes



*Les ones planes (3D)
es poden descriure
com ones 1D*



ONES HARMÒNIQUES

Funció d'ona: $y(\mathbf{r},t)$

en ones planes (o 1D) amb $\mathbf{v} = \pm v\mathbf{i}$ $\rightarrow y(x,t) = f(x \mp vt)$

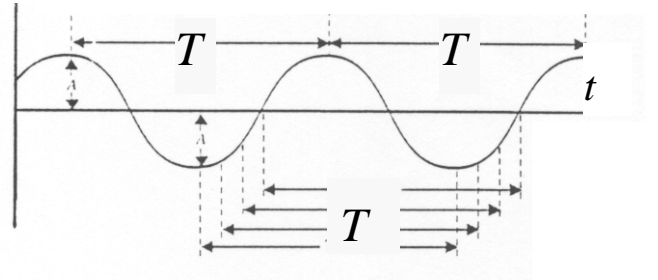
Ones harmòniques planes (o 1D)

$$y(x,t) = A \sin[k(x \mp vt) + f_0]$$

- En un punt $x_0 \rightarrow y(x_0,t)$

(en una corda indica com vibra el punt)

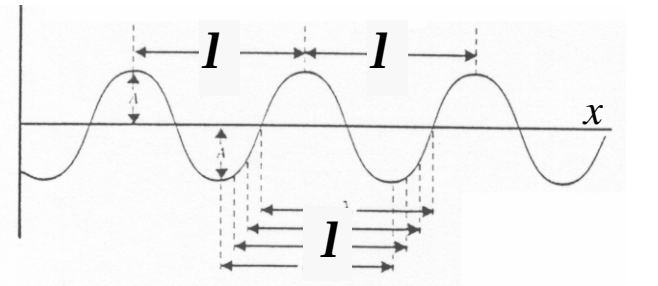
$T \equiv$ **període** $f = 1/T \equiv$ **freqüència**



- En un instant $t_0 \rightarrow y(x,t_0)$

(en una corda és com una foto instantània)

$l = vT \equiv$ **longitud d'ona**



$$y(x,t) = A \sin[k(x \mp vt)]$$

$$kv = \omega$$

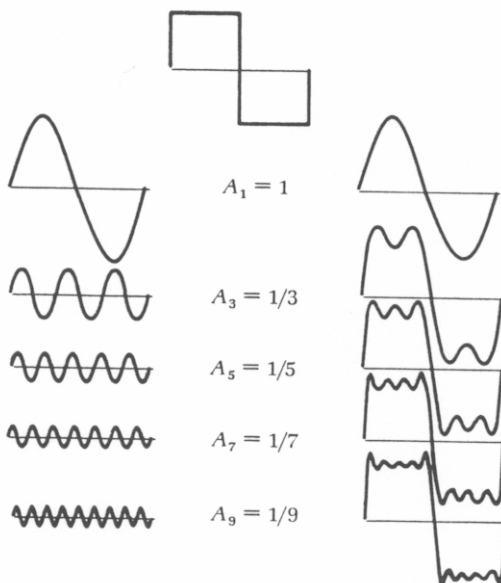
$$= A \sin(kx \mp \omega t)$$

$\omega = 2\pi/T \equiv$ **freqüència angular, pulsació**

$$= A \sin\left[2\pi\left(\frac{x}{l} \mp \frac{t}{T}\right)\right]$$

$k = 2\pi/l \equiv$ **número d'ones**

Fourier



Tota funció periòdica $F(t)$,

per complicada que sigui,

es pot expressar com una

suma de funcions harmòniques

$$F(t) = \sum A_n \sin(n\omega t + f_n)$$

Tota ona és una superposició

d'ones harmòniques.

ONES ELECTROMAGNÈTIQUES (OEM)

A partir de les equacions de Maxwell es demostra que els camps elèctric i magnètic creats per càrregues accelerades són:

- ones que en el buit es propaguen a la velocitat de la llum

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

- ones transversals ($\mathbf{E} \perp \mathbf{v}$; $\mathbf{B} \perp \mathbf{v}$) amb $\mathbf{B} \perp \mathbf{E}$ i $B = E/c$
 $\mathbf{v} = c \mathbf{u}$; $\mathbf{u} = \mathbf{E} \times \mathbf{B} / |\mathbf{E} \times \mathbf{B}|$; $\mathbf{E} = c(\mathbf{B} \times \mathbf{u})$; $\mathbf{B} = (\mathbf{u} \times \mathbf{E})/c$

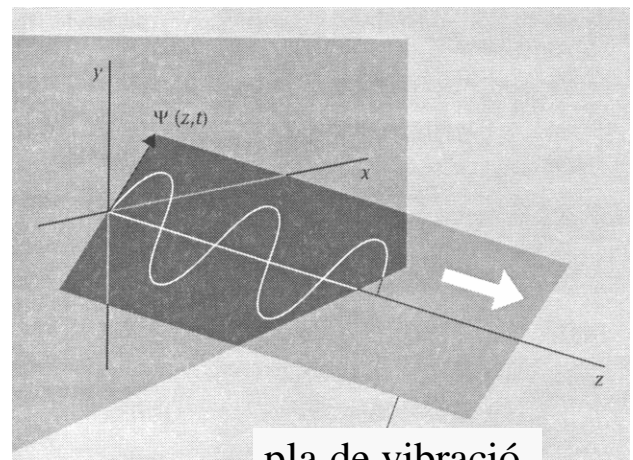
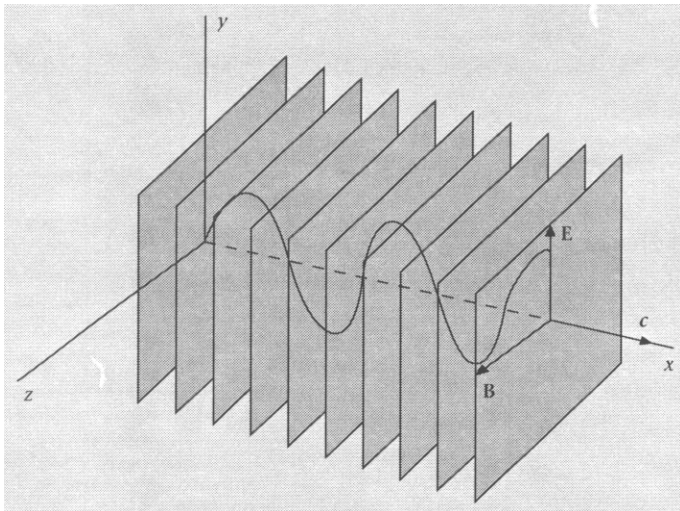
OEM harmòniques, planes i linealment polaritzades

$$\mathbf{v} = \pm c \mathbf{i} \text{ \textcircled{R} } \mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \sin(kx \mp \omega t)$$

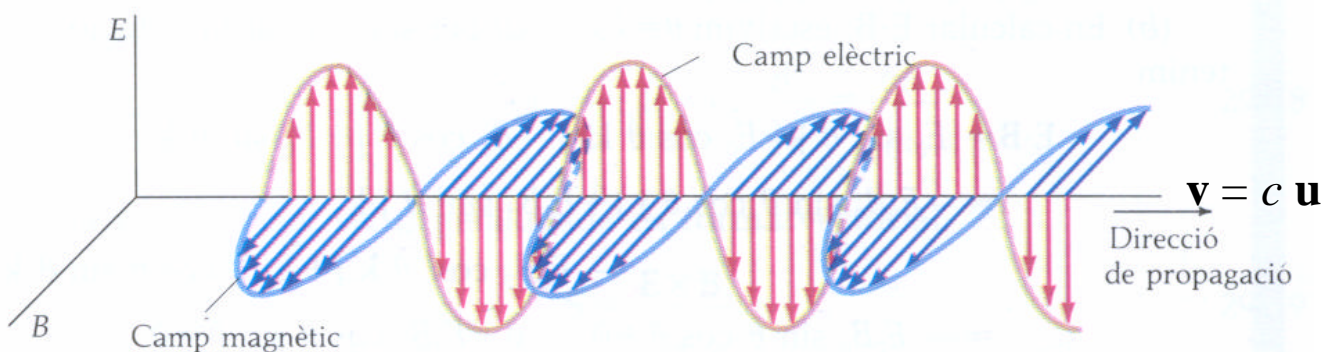
$$\mathbf{v} = \pm c \mathbf{k} \text{ \textcircled{R} } \mathbf{E} = \mathbf{E}_0 \sin(kz \mp \omega t)$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 \sin(kx \mp \omega t)$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 \sin(kz \mp \omega t)$$

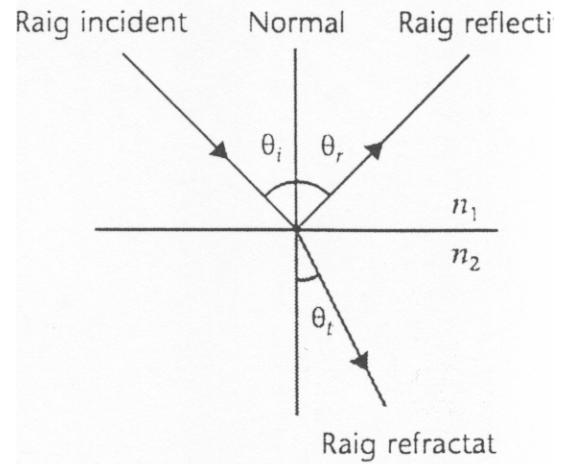
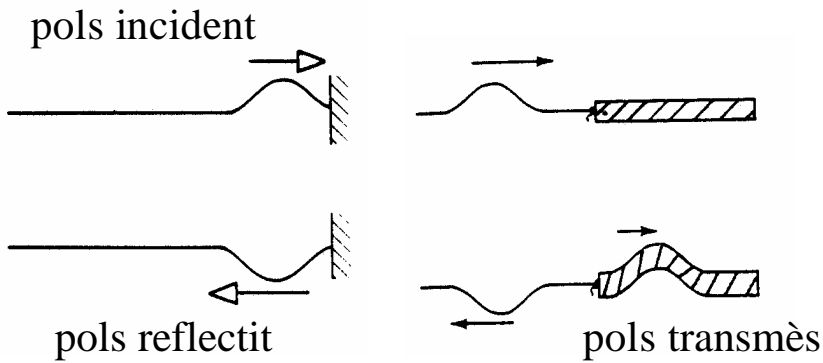


pla de vibració
o de polaritza-



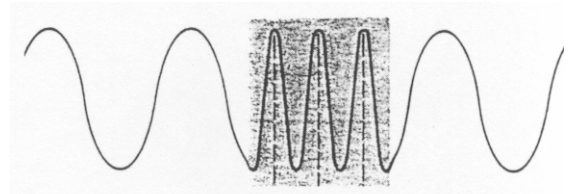
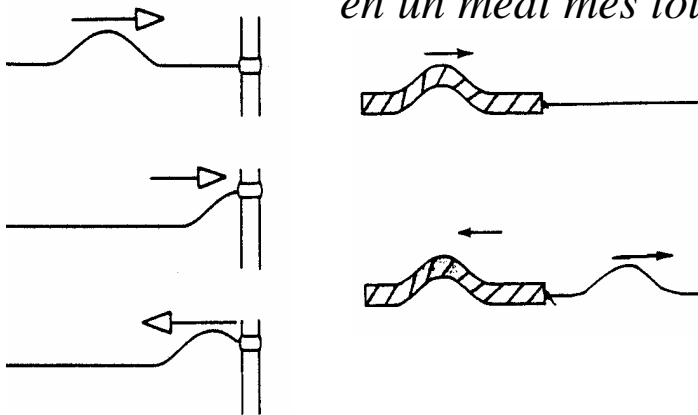
FENÒMENS ONDULATORIS

Reflexió i Refracció



Una ona reflectida en un medi més rígid inverteix la fase,

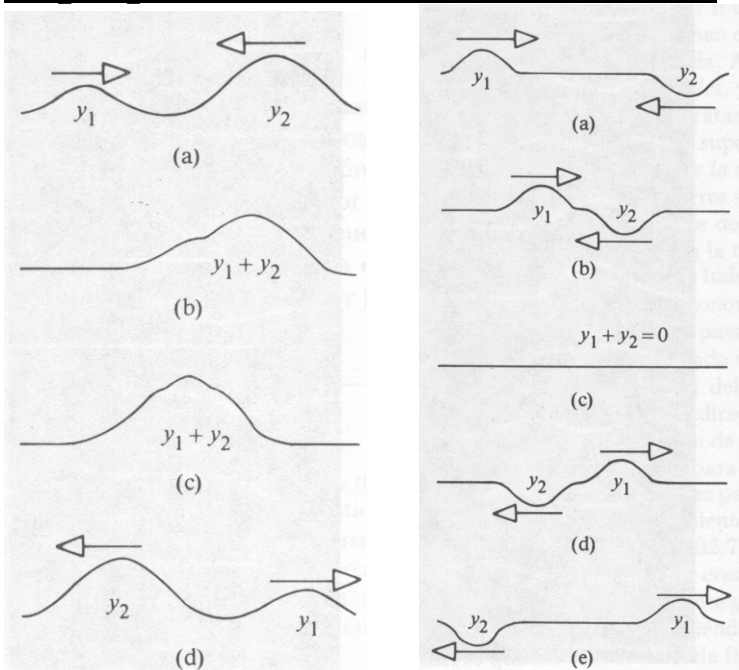
en un medi més tou no inverteix la fase.



La velocitat de propagació

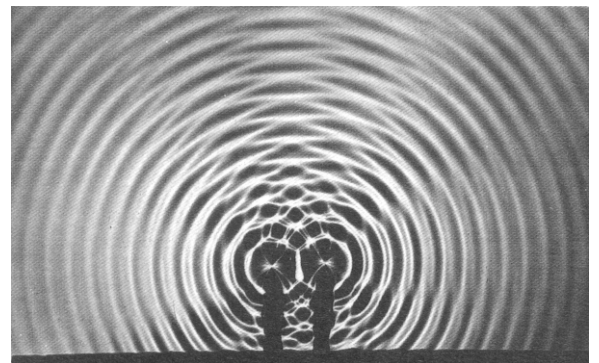
depèn del medi (i el tipus d'ona)

Superposició i interferències d'ones

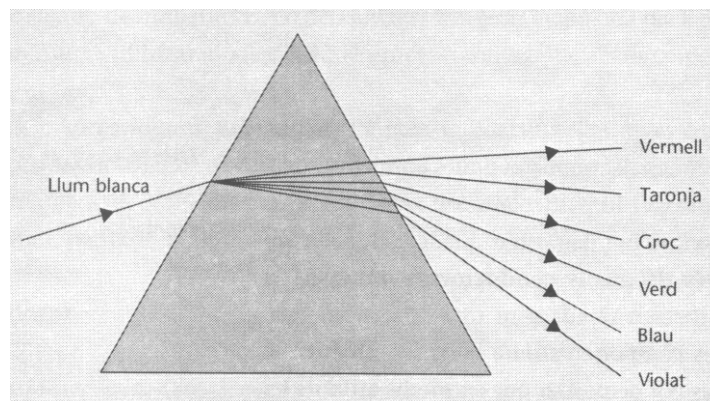
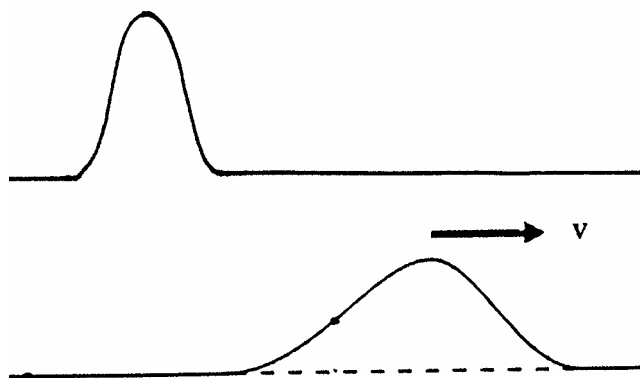


constructiva

destructiva



Dispersió: Deformació d'un pols a mida que es propaga



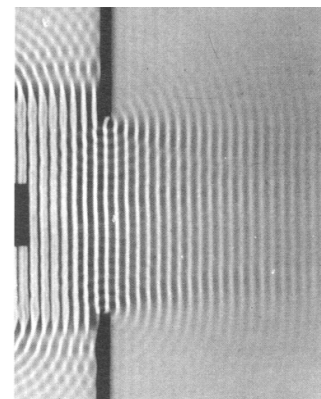
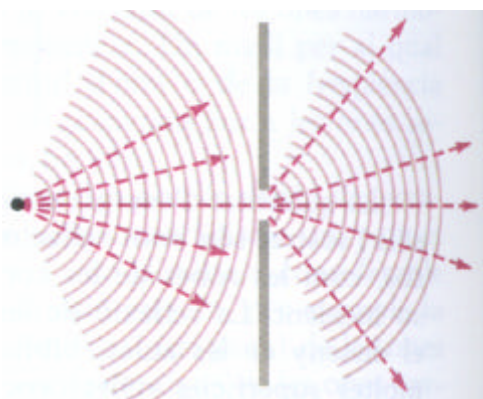
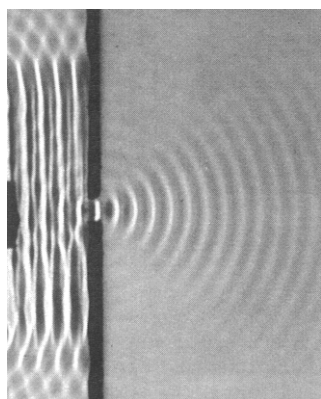
Deformació d'un pols quan es propaga

Dispersió de la llum en un prisma

En un medi dispersiu la velocitat de l'ona depèn de la freqüència

Absorció: El medi absorbeix part de l'energia de l'ona

Difracció



La mida del forat (o l'obstacle) ha de ser semblant a la longitud d'ona

Polarització (d'ones transversals)

