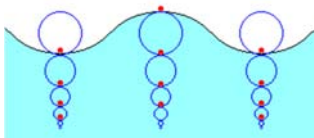


# Introducció a les Ones

© 2013 Quim Trullàs

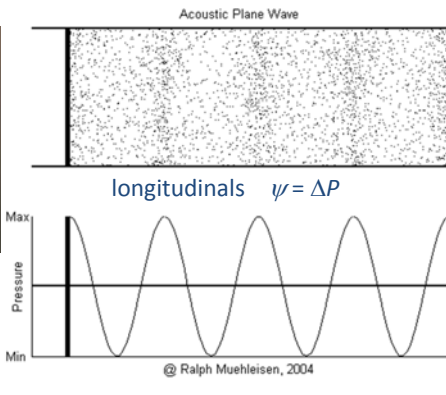
Aquestes transparències es poden utilitzar amb fins educatius no comercials, sempre que s'indiqui l'autoria  
These transparencies may be used for educational non-commercial purposes so long as the source is attributed

- **Ones a la superfície de l'aigua** (en dues dimensions, 2D)



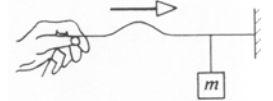
transversals  
i longitudinals

- **Ones sonores en un tub** (en tres dimensions, 3D)



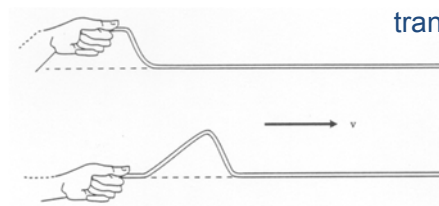
$v_{so} = 340 \text{ m/s}$

**Ones:** Propagació d'una pertorbació  $\psi$   
Transport d'energia sense transport de matèria



**Tipus d'ones**

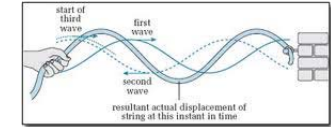
- **Pols d'ona en una corda** (en una dimensió, 1D)



transversal amb  $\psi = \Delta y$

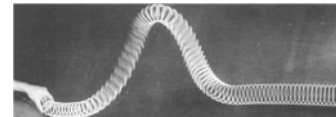


- **Tren d'ones sinusoidal** (1D)

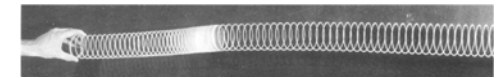


PhET Interactive Simulations: Wave on a string  
(<http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-on-a-string>)

- **Pols d'ona en una molla** (1D)



**Transversals** ( $\psi = \Delta y$ )



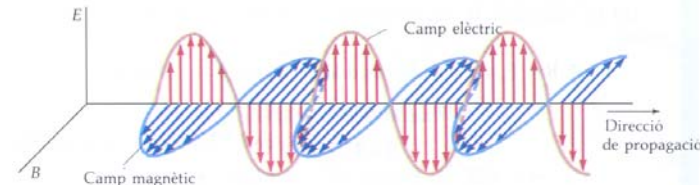
**Longitudinals** ( $\psi = \Delta \text{esp/long}$ )

**ONES MECÀNIQUES:** Es propaguen en un medi elàstic  
amb una velocitat que depèn del medi

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

- **Es poden propagar en el buit** (a la velocitat de la llum  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ )  
i en segons quins medis materials

Ones radio i TV, microones, infrarojos, llum visible, raigs UV, X i  $\gamma$ .



OEM  
linealment  
polaritzada

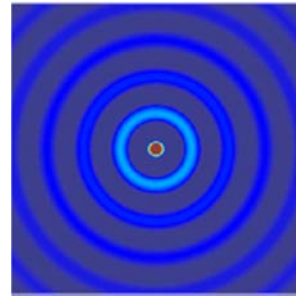
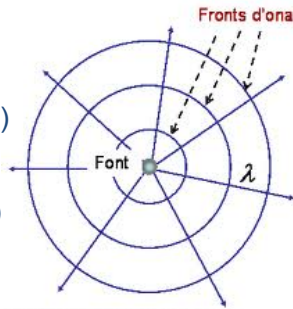
PhET Interactive Simulations: Radio Waves  
(<http://phet.colorado.edu/en/simulation/radio-waves>)

**Front d'ona:** Punts amb la mateixa perturbació

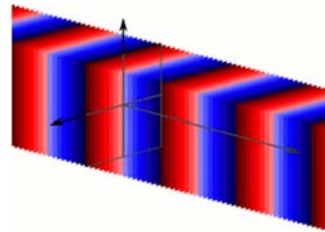
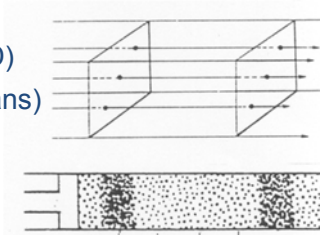
**Raig:** línia perpendicular als fronts d'ona i en el sentit de propagació

- **Ona circular (2D)**  
(fronts d'ona circulars)

- **Ona esfèrica (3D)**  
(fronts d'ona esfèrics)



- **Ona plana (3D)**  
(fronts d'ona plans)

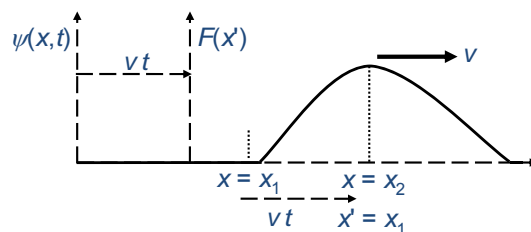
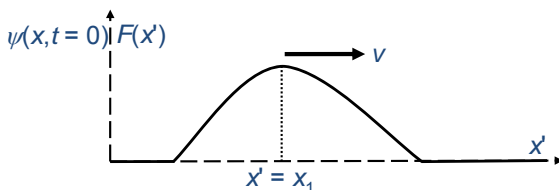


## Tipus d'ones

- Pols (durà poc) o tren d'ones (successió, periòdica o no, de polsos)
- Unidimensional (1D), bidimensional (2D) o tridimensional (3D)
- Transversals, longitudinals o combinació d'ambdues
- Planes, esfèriques, o altres formes dels fronts d'ona
- ONES MECÀNIQUES (a una corda o molla, a la superfície de l'aigua, so) o ELECTROMAGNÈTIQUES (**E** i **B** transversals en 3D)

## Funció d'ona: $\psi(\mathbf{r}, t)$

Per a ones planes o 1D:  $\psi(x, t)$ ,  $\psi(y, t)$  o  $\psi(z, t)$   
si es propaguen en la direcció **x**, **y** o **z**



$$x = x' + vt \Rightarrow x' = x - vt$$

$$\psi(x, t) = F(x') = F(x - vt)$$

Si es propaga cap a la **dreta**  
 $\psi(x, t) = F(x - vt)$

Si es propaga cap a l'**esquerra**  
 $\psi(x, t) = F(x + vt)$

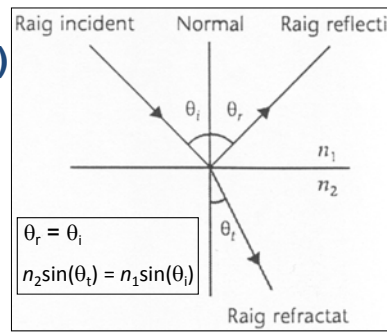
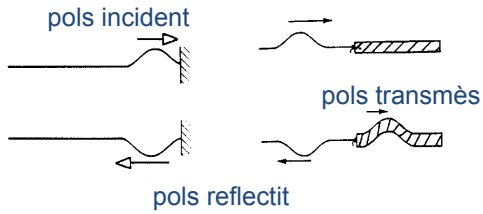
## Fenòmens Ondulatoris



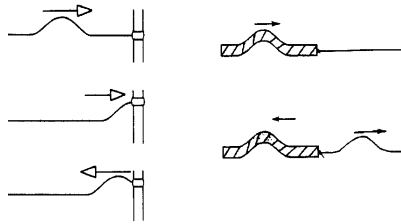
- Reflexió i refracció
- Dispersió

- Interferències
- Difracció

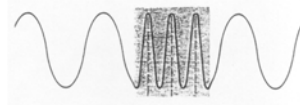
## ● Reflexió i refracció (o transmissió)



Una ona reflectida en un medi més rígid inverteix la fase però en un medi menys rígid NO la inverteix



**La velocitat de propagació depèn del medi** (de la tensió de la corda).



## ● Dispersió: Deformació de l'ona a mida que es propaga

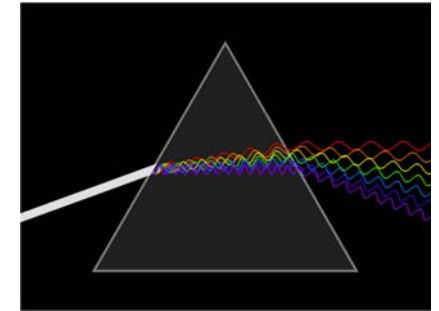


Un puls és una superposició d'ones harmòniques simples (paquet d'ones)

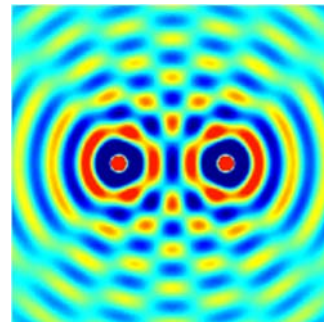
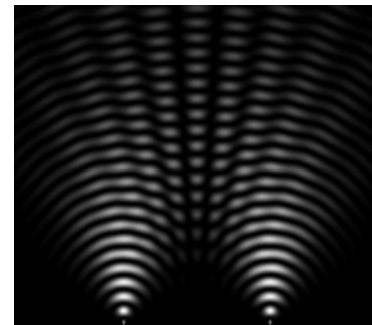
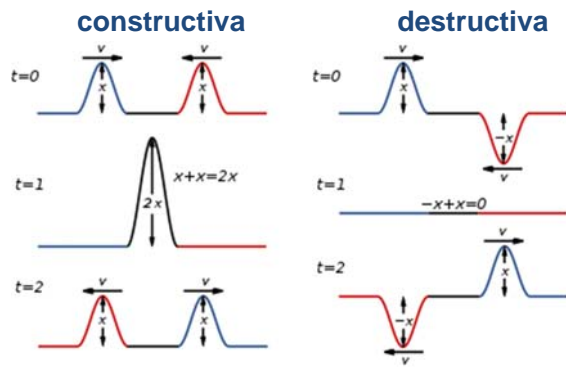
$$\text{Exemple: } \psi(x, t=0) = C \exp[-a^2 x^2] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} A(k) \cos(kx) dk \quad A(k) = \frac{C\sqrt{\pi}}{a} \exp(-k^2 / 4a^2)$$

En un medi dispersiu la  $v$  de l'ona depèn de la freqüència  $f$ ,  $v_f = (2\pi/k)f$ , de manera que cada ona harmònica es propaga a velocitat diferent, i la forma del puls canvia.

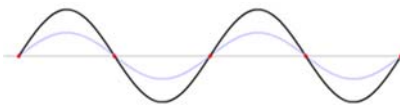
La llum blanca és la superposició d'ones amb freqüències diferents, i quan es refracta en un cristall cadascuna segueix un camí diferent



## ● Interferències: Superposició d'ones



**Ones estacionàries**

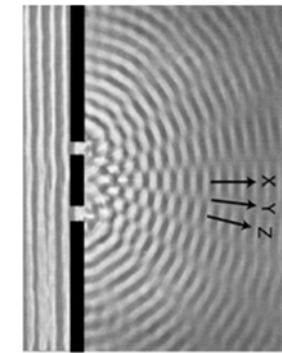
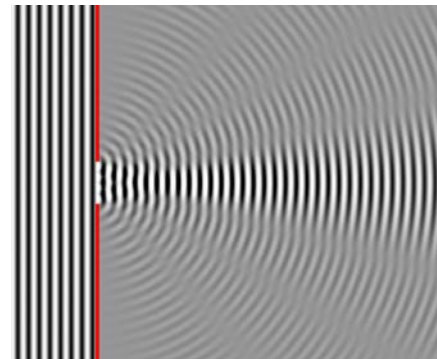


[PhET Interactive Simulations: Wave Interferences](http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-interference)  
(<http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-interference>)

[PhET Interactive Simulations: Sound](http://phet.colorado.edu/en/simulation/sound)  
(<http://phet.colorado.edu/en/simulation/sound>)

## ● Difracció

Les ones, quan troben un obstacle o una petita obertura, deixen de propagar-se en línia recta, i volten l'obstacle o s'obren després de passar per l'obertura.



Learning Physics using Java by C. K. Ng's: Diffraction by an obstacle  
(<http://www.ngsir.netfirms.com/englishhtm/Diffraction2.htm>)

[PhET Interactive Simulations: Wave Interferences](http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-interference)  
(<http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave-interference>)