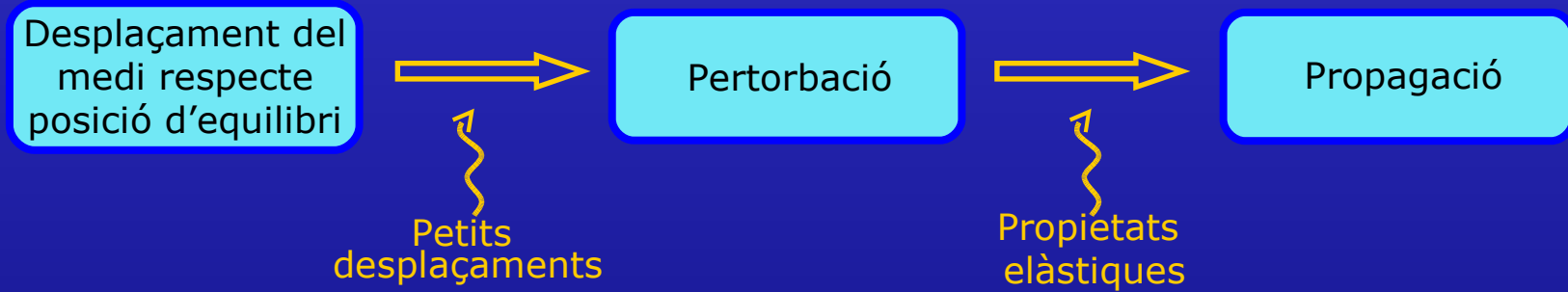


# Moviment ondulatori

# Concepte d'ona

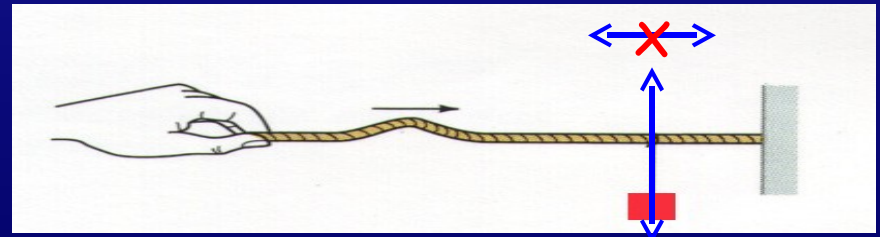
**Pertorbació a gran escala de partícules, objectes o camps que es propaga sense propagar el medi.**



En un moviment ondulatori no hi ha transport de matèria. El medi en conjunt no es desplaça encara que cada un dels seus punts es mou al voltant de la posició d'equilibri.



- L'ona transporta energia i quantitat de moviment.
- No transporta matèria.



# Tipus d'ones

## Segons medi de propagació

### Mecàniques

Es propaguen en un medi elàstic

- Ones 1D en una corda
- Ones superficials: mar, tambor
  - Ones sísmiques
  - Ones sonores...

### Electromagnètiques

- No necessiten medi material per propagar-se.
  - Al buit es propaguen a  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s
  - Representen oscil·lacions dels camps **E**, **B**.

## Segons direcció de propagació

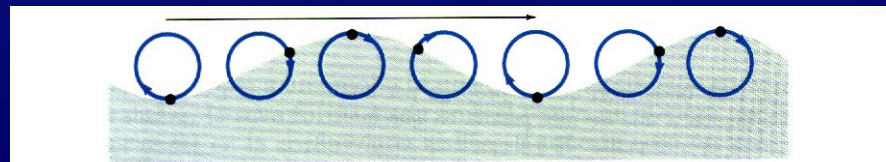
### Longitudinals

Les partícules del medi es mouen en la direcció de propagació.

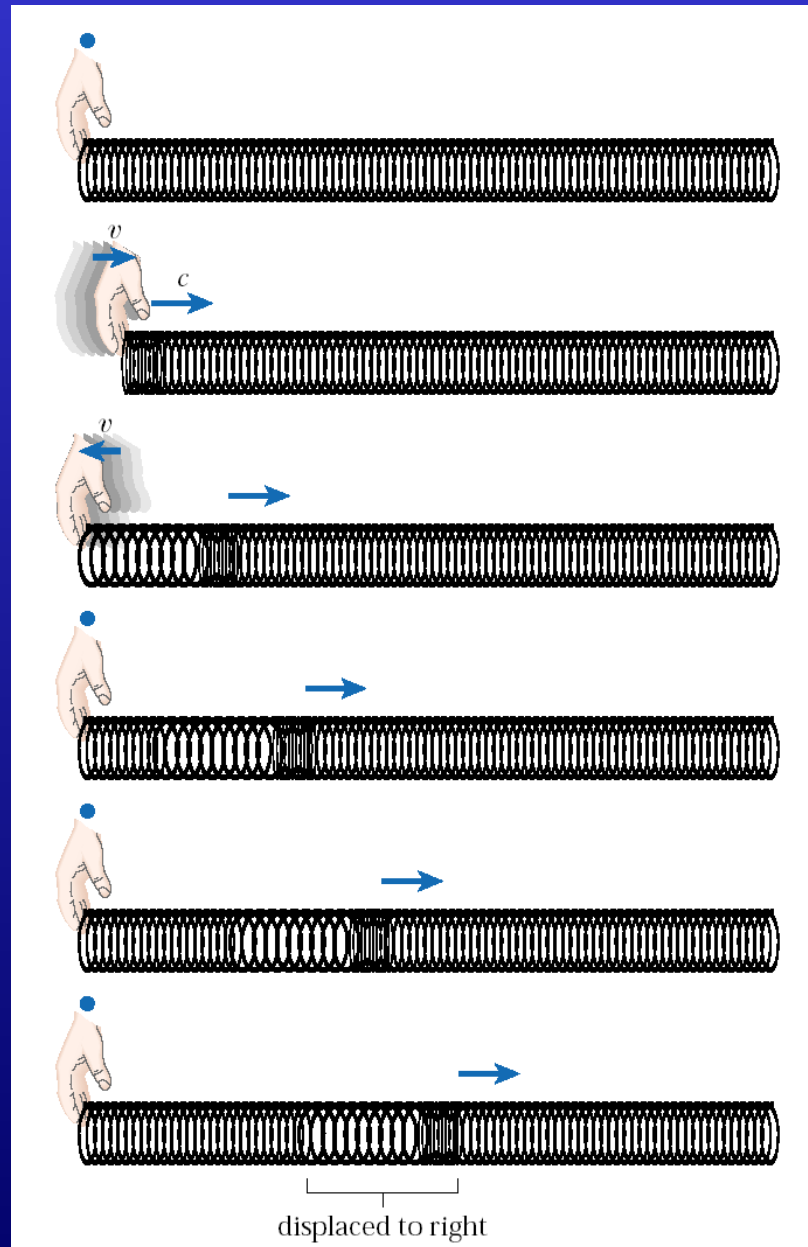
### Transversals

Les partícules del medi es mouen perpendicularment a la direcció de propagació.

### Mixtes



## Generació d'una ona longitudinal en una molla



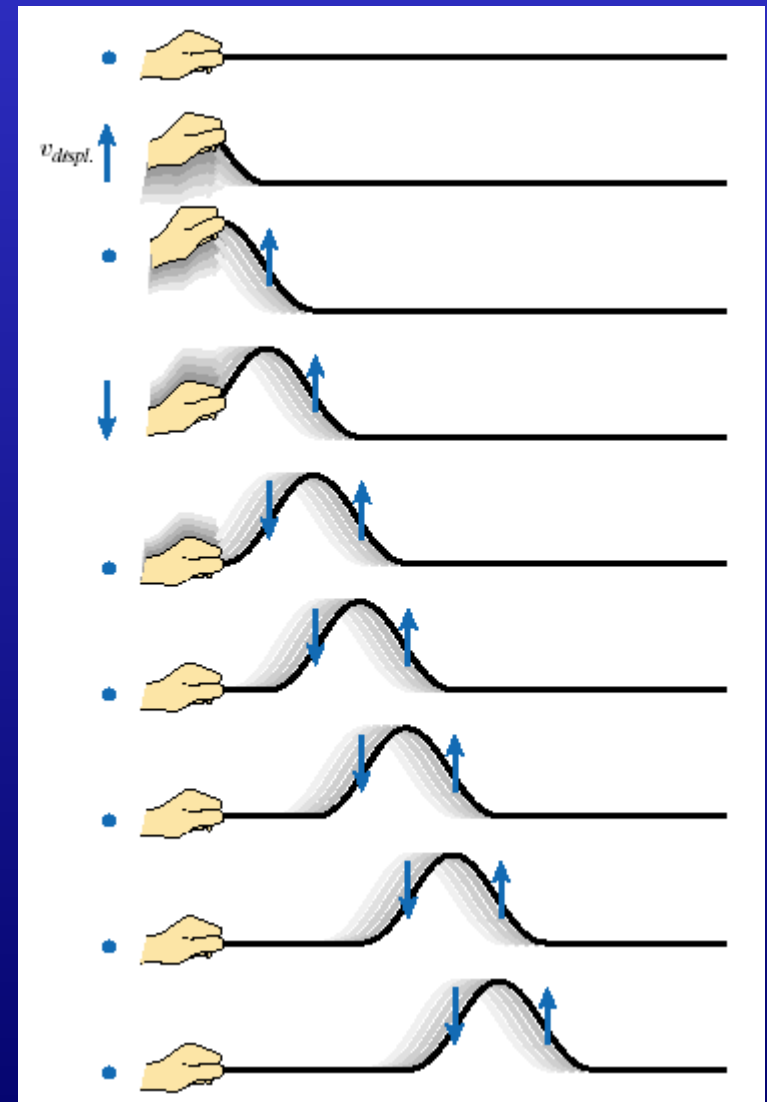
# Funció d'Ona

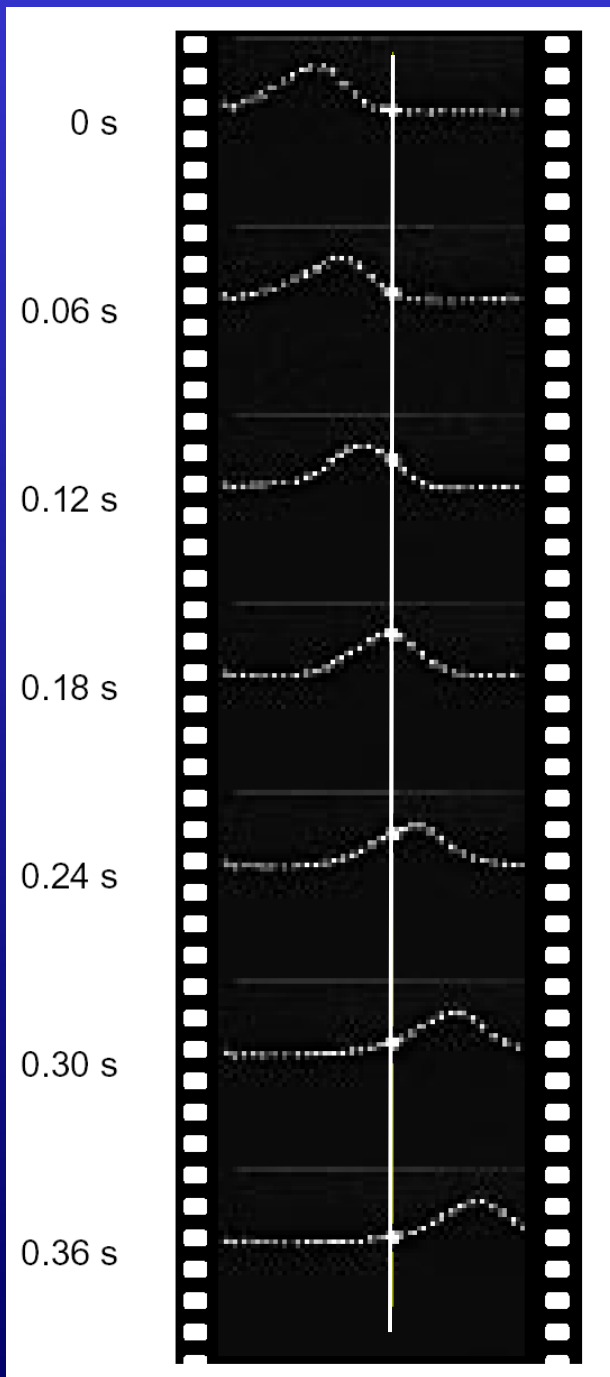
## Polsos

- Pertorbació instantània, localitzada en l'espai.
- Les partícules del medi estan en repòs excepte per un interval finit de temps.

- Sacsejada en una corda.
- Tret, esclat sònic.
- Flaix de llum.
- Ona de marea (superfície aigua)

El pols es propaga al llarg de la corda gràcies a la tensió que transmeten els trossos de corda adjacents.



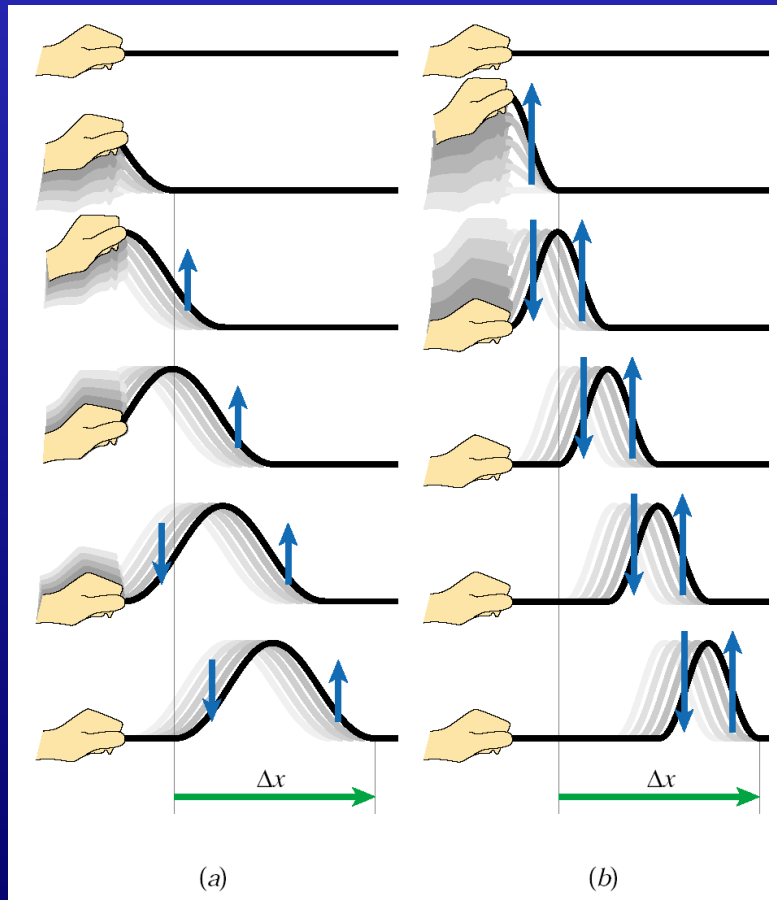


- Les partícules del medi es mouen només en la direcció vertical.
- Cadascuna executa el mateix moviment, però en moments diferents.

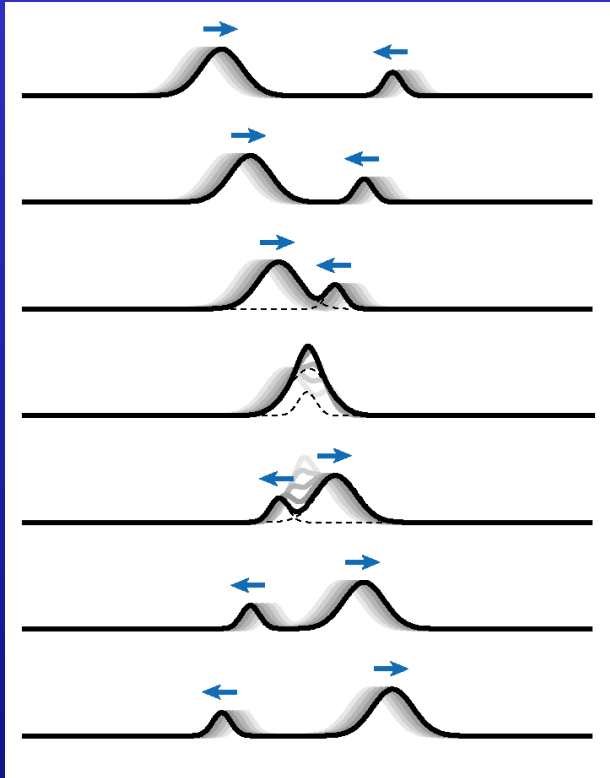
**El moviment del pols (ona) és diferent del de les partícules del medi que el transmet.**

**Medi no dispersiu: pols es propaga sense perdre forma i a velocitat constant.**

La velocitat del pols és independent de les velocitats de cada tros de corda, i ve determinada per les propietats del medi: tensió i densitat.



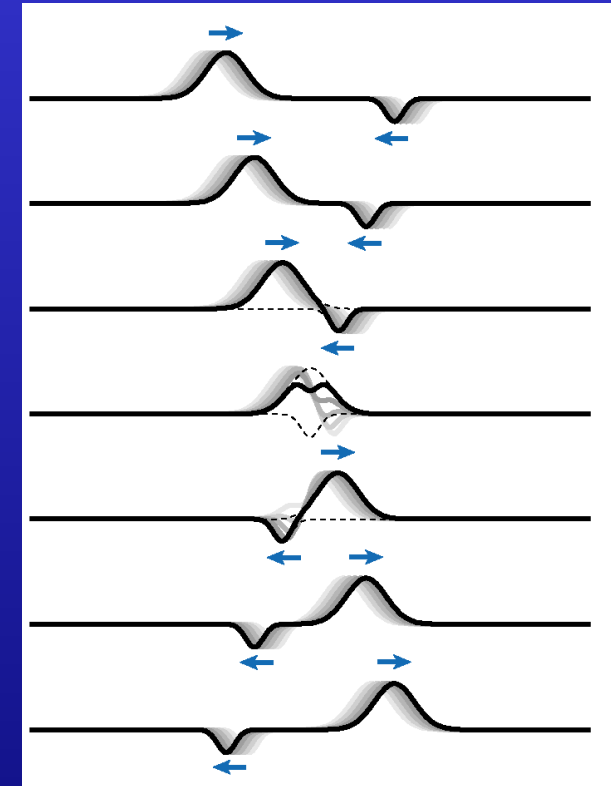
## Superposició de polsos



Interferència constructiva

Propagació de polsos amb desplaçaments en el mateix sentit.

**Els polsos interfereixen però no interactuen:  
quan se separen tenen la mateixa forma**



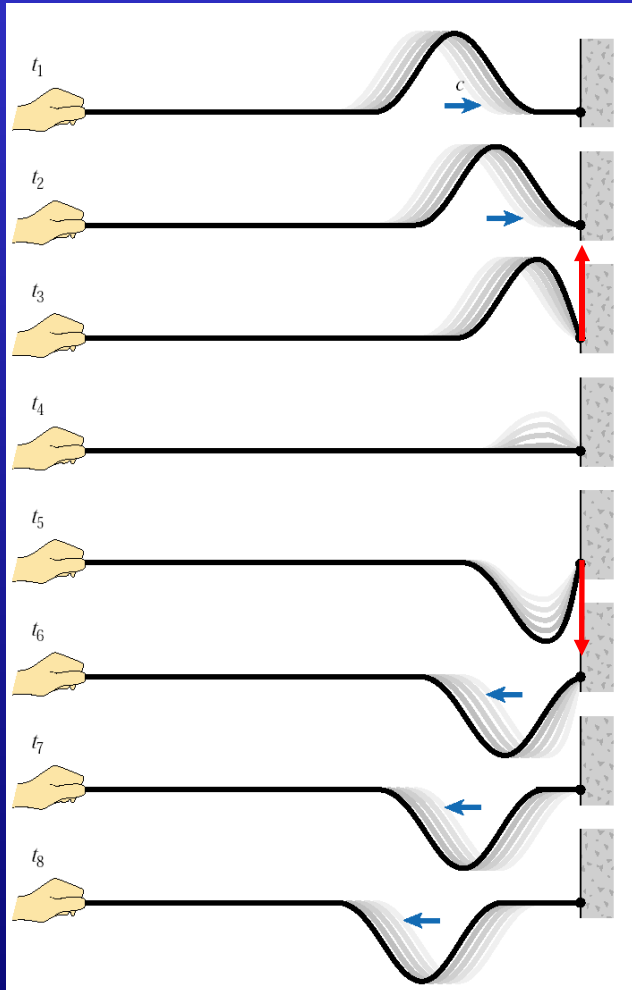
Interferència destructiva

Propagació de polsos amb desplaçaments en sentits oposats.

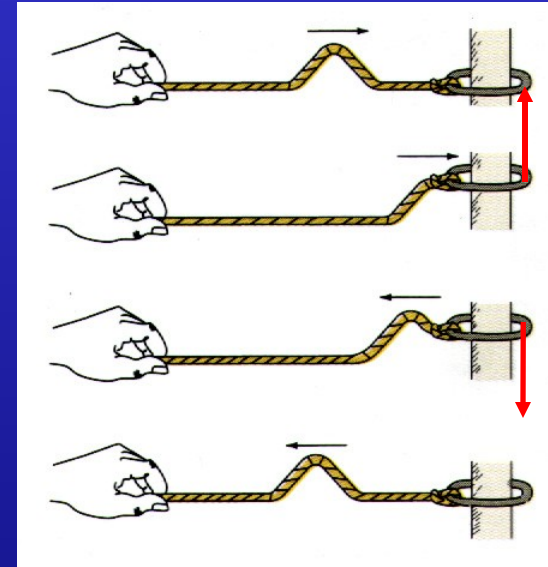
**La interferència afecta, però, al desplaçament  
de cada punt de la corda.**



# Reflexió de polsos en una corda



Extrem lligat  
el pols s'inverteix



Extrem lliure  
el pols no s'inverteix

## ONA

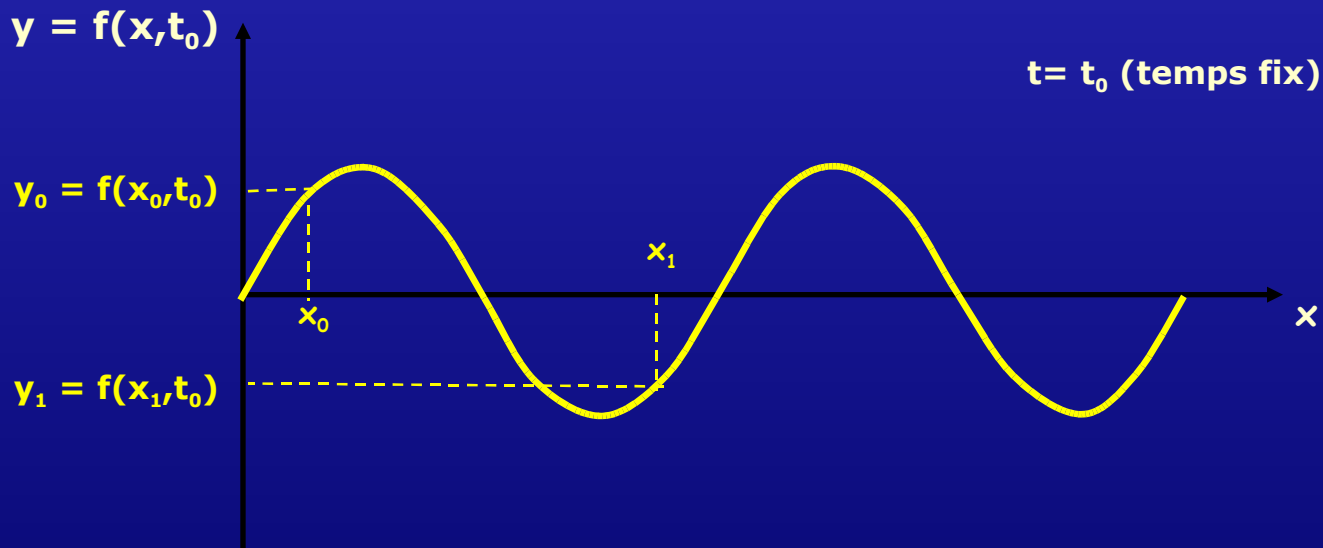
Conjunt de polsos continu que es propaga pel medi.

S'origina amb una pertorbació regular i contínua del medi.

## FUNCIÓ D'ONA

Funció matemàtica que descriu la variació de la pertorbació amb el temps  $t$  i als diferents punts  $x$  del medi.

$$y = f(x,t)$$

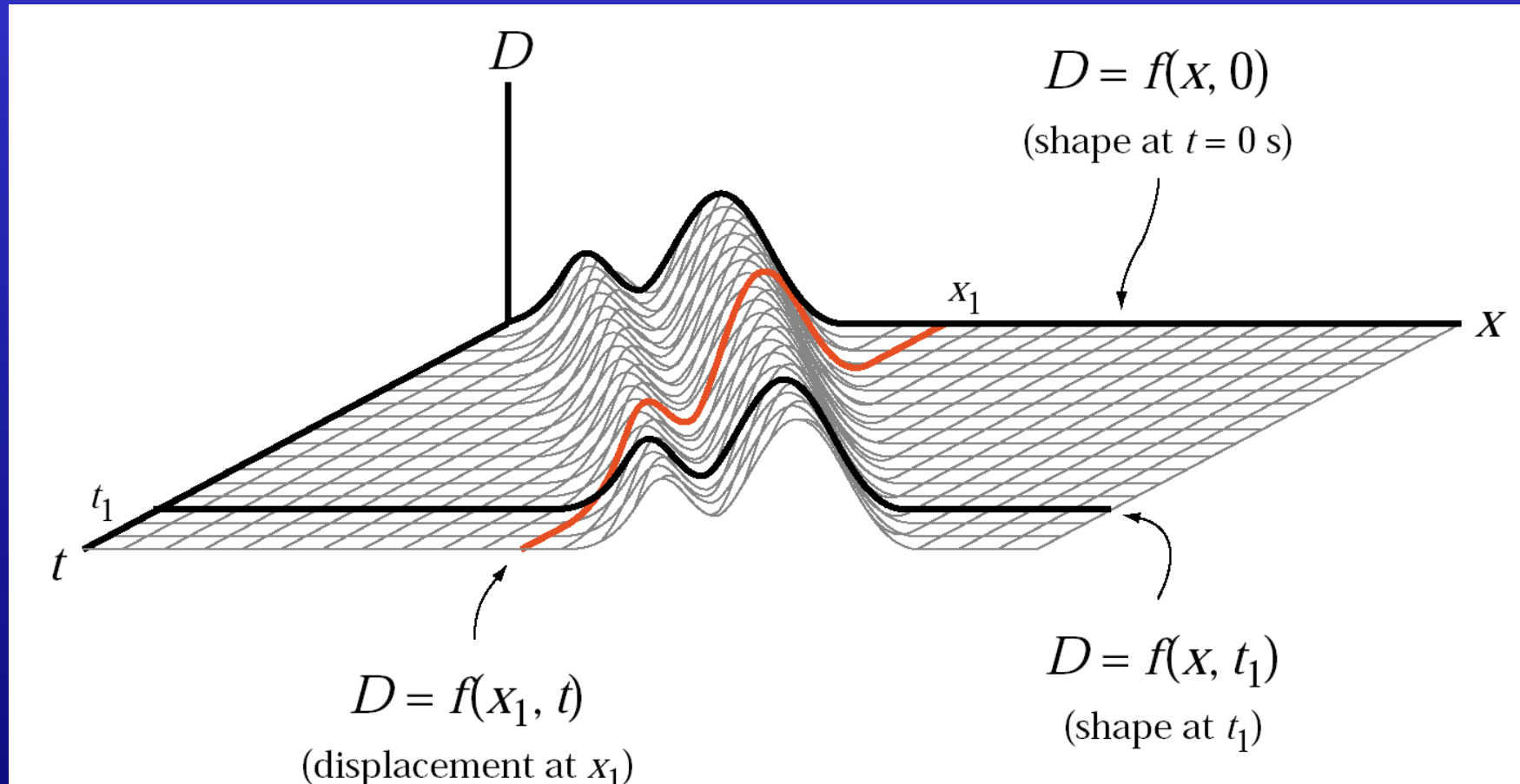


$y$ : desplaçament (vertical) de la corda respecte la posició d'equilibri

$x$ : posició d'un punt de la corda.

$t$ : temps.

La funció d'ona és una funció de dues variables:  $x, t$

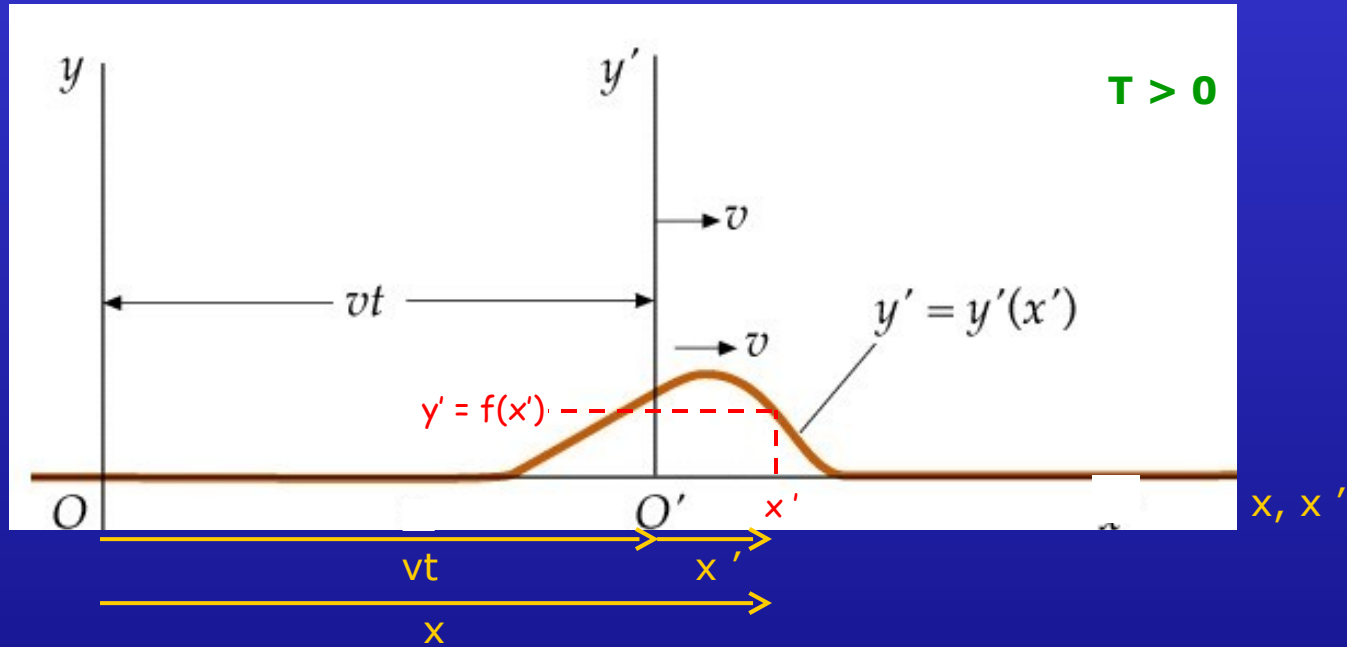


**Per un  $t$  donat representa el desplaçament dels punts del medi respecte la posició d'equilibri**

**A un punt  $x$  representa l'evolució amb el temps del desplaçament vertical de la corda en aquell punt.**

# La funció d'ona: descripció matemàtica

**V : velocitat de propagació del pols**



Sistema de referència comòbil S' : pols és estacionari  $y' = f(x') = f(x-vt)$

**Relació entre coordenades:**

$$x = x' + vt$$



Sistema de referència estacionari S: pols es mou amb velocitat v  $y = f(x, t)$

Pols conserva la forma:

$$y = y'$$

$$f(x, t) = f(x - vt)$$

$$y = f(x - vt), \text{ ona propagant-se cap dreta}$$

$$y = f(x + vt), \text{ ona propagant-se cap esquerra}$$

# Principi de Superposició

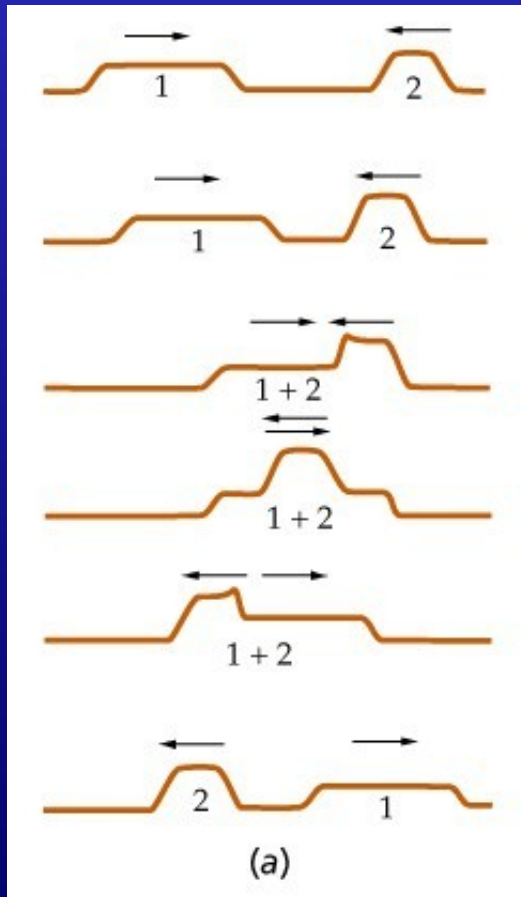
Quan en un medi es propaguen dues o més ones a l'hora, la funció d'ona resultant és la suma algebraica de les funcions d'ona.

El fet que una perturbació es propagui pel medi no afecta la propagació de les altres.

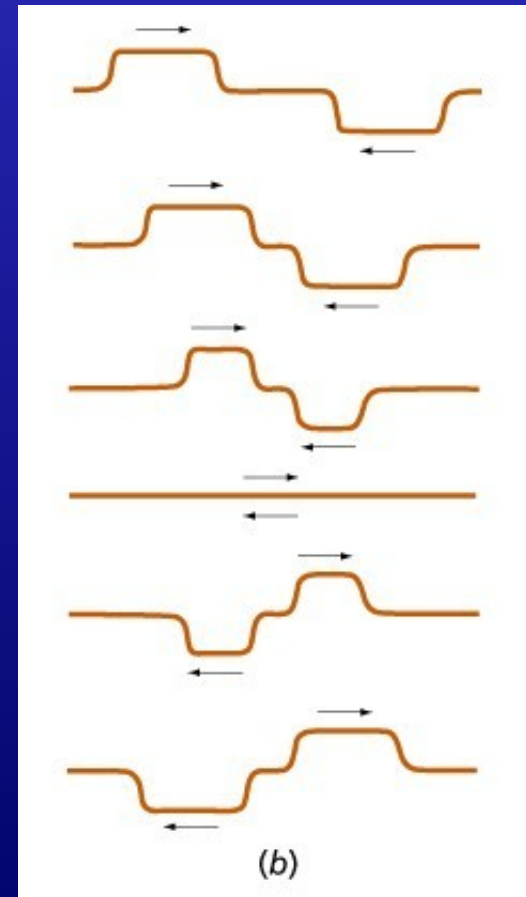
$$y_1 = f(x,t)$$

$$y_2 = f(x,t)$$

$$y_1 = f(x,t)$$



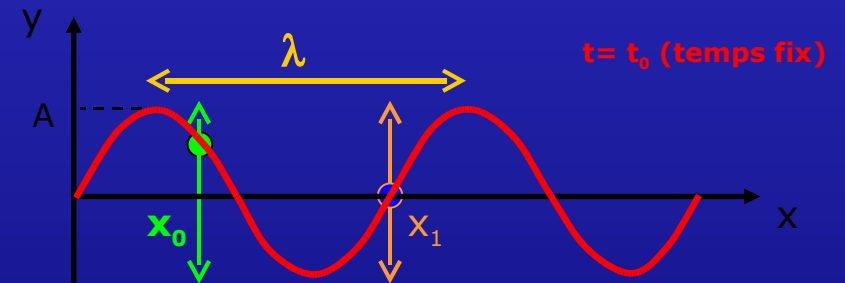
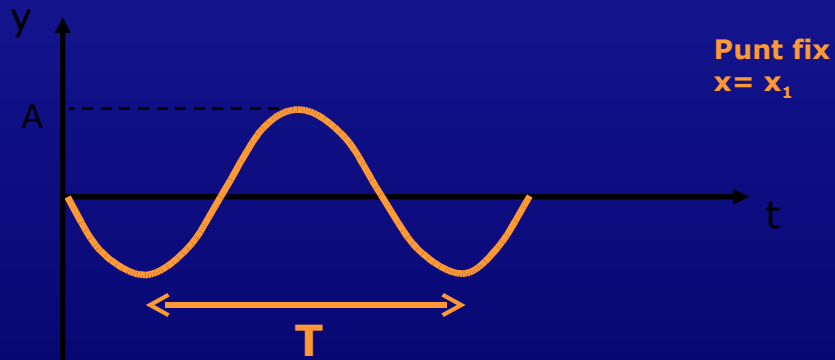
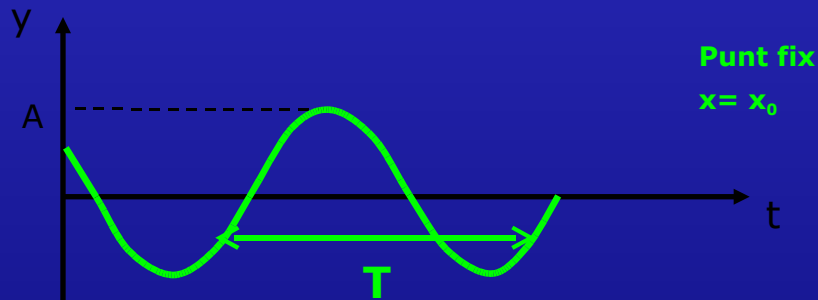
$$y_{\text{Total}}(x,t) = y_1(x,t) + y_2(x,t)$$



# Ones Harmòniques

Generada per una pertorbació de tipus oscil·lador harmònic simple.  
Descrita per una funció d'ona sinusoidal (sinus, cosinus).

Cada punt oscil·la amb MHS:  $y(t) = y_0 \sin(\omega t + \varphi)$ ,  $\varphi$  depèn del punt.



Definim  $\lambda$  **LONGITUD d'ONA** com la distància entre punts amb igual estat d'oscil·lació

## Funció d'ona harmònica

La funció d'ona d'una ona harmònica s'escriu com:

$$y(x,t) = A \sin [kx \pm \omega t + \varphi]$$

**Número d'ona  $k \equiv 2\pi/\lambda = \omega/v \Rightarrow$**   
Número de longituds d'ona en cercle  
de radi unitat (Unitats:  $m^{-1}$ )

**Freqüència angular  $\omega \equiv k v$**   
(Unitats: rad/s)

**Fase inicial  $\varphi \Rightarrow \sin(\varphi) \equiv y(0,0)/A$**

**Període  $T \equiv 2\pi/\omega \Rightarrow$**   
Temps que triga un punt en tornar al  
mateix estat d'oscil.lació (Unitats: s)

**Freqüència  $\nu \equiv 1/T$**   
Número d'oscil.lacions per unitat  
de temps (Unitats:  $s^{-1}$ )

$$\begin{aligned}v &= \lambda \nu = \lambda/T \\k \lambda &= 2\pi\end{aligned}$$

Formes alternatives a la funció d'ona harmònica:

$$y(x,t) = A \sin [k(x \pm vt) + \varphi] = A \sin [2\pi x/\lambda \pm 2\pi t/T + \varphi]$$