Programme Du cours

- *Introduction*
- *Chapitre I: Equations de Maxwell*
- *Chapitre II: Propagation dans les milieux diélectriques*
- *Chapitre III: Réflexion et réfraction d'ondes planes*
- *Chapitre IV: Propagation des ondes hertziennes*
- *TDs, TPs*

Introduction sur les OEM

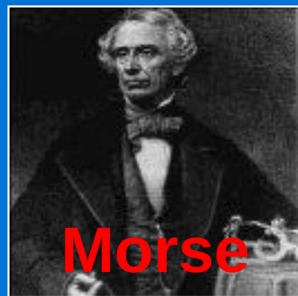
Les ondulations sur un étang, la vibration d'une corde de guitare, le son doux d'une flûte, un tremblement de terre, les couleurs d'un arc-en-ciel sont des exemples **d'ondes**.

Une onde se manifeste quand un **système est perturbé par rapport à sa situation d'équilibre** et quand cette **perturbation peut se propager d'une région du système à une autre avec une vitesse donnée.**

Onde : perturbation dynamique de toute quantité physique rendant compte de l'état d'un milieu (dit de propagation), susceptible de se propager dans l'espace au cours du temps

Introduction sur les OEM

1832



Morse met au point
le télégraphe

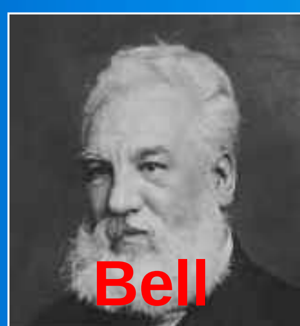
1839

Cooke met au point
le 1er télégraphe
électrique

1851 : 1ère liaison trans-manche (Siemens)

1866 : 1ère liaison trans-atlantique

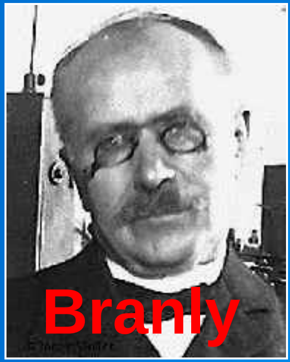
1876



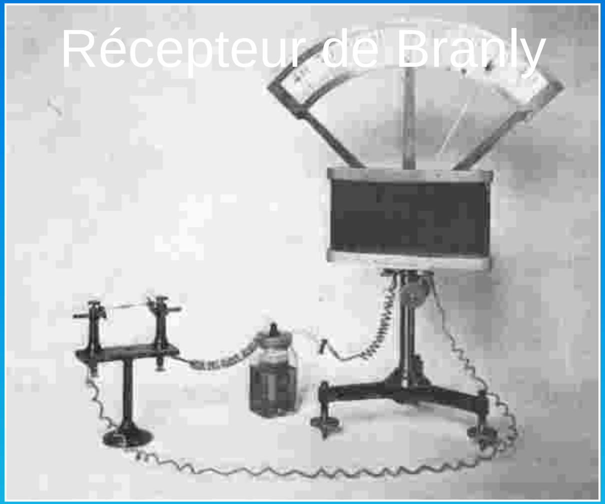
Bell découvre le
téléphone

Un peu d'Historique

1890



Branly met au point son « cohéreur » permettant de recevoir les ondes électromagnétiques

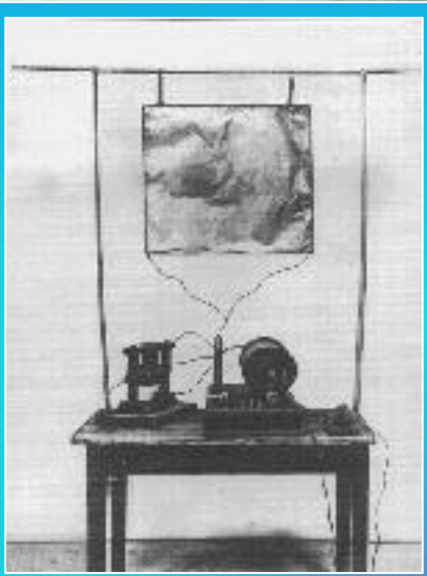


1895

Popov invente la première antenne pour l'observation de phénomène météorologiques

1895

En se basant sur les travaux d 'Hertz, Branly et Popov, Marconi réalise la première transmission radio (>2 km)



Un peu d'Historique

1912	Le SOS du Titanic est capté par le navire Carpathia et sauve 800 personnes
1916	Obligation d'équipement des navires en radio
1920	1ère liaison radiotélégraphique France-Amérique ouverte au public
1927	1ère liaison radiophonique Londres-New-York
1939	Début du multiplexage
1955	1er réseau radio-mobile en France (taxis, médecins)
1956	1er câble sous-marin téléphonique trans-atlantique TAT1 (48 voies)

Et Aujourd'hui…

Propagation filaire

Réseau Téléphonique Commuté (RTC) xDSL

Réseau par courant porteur (PLC)

Câble

Fibre optique

Propagation hertzienne

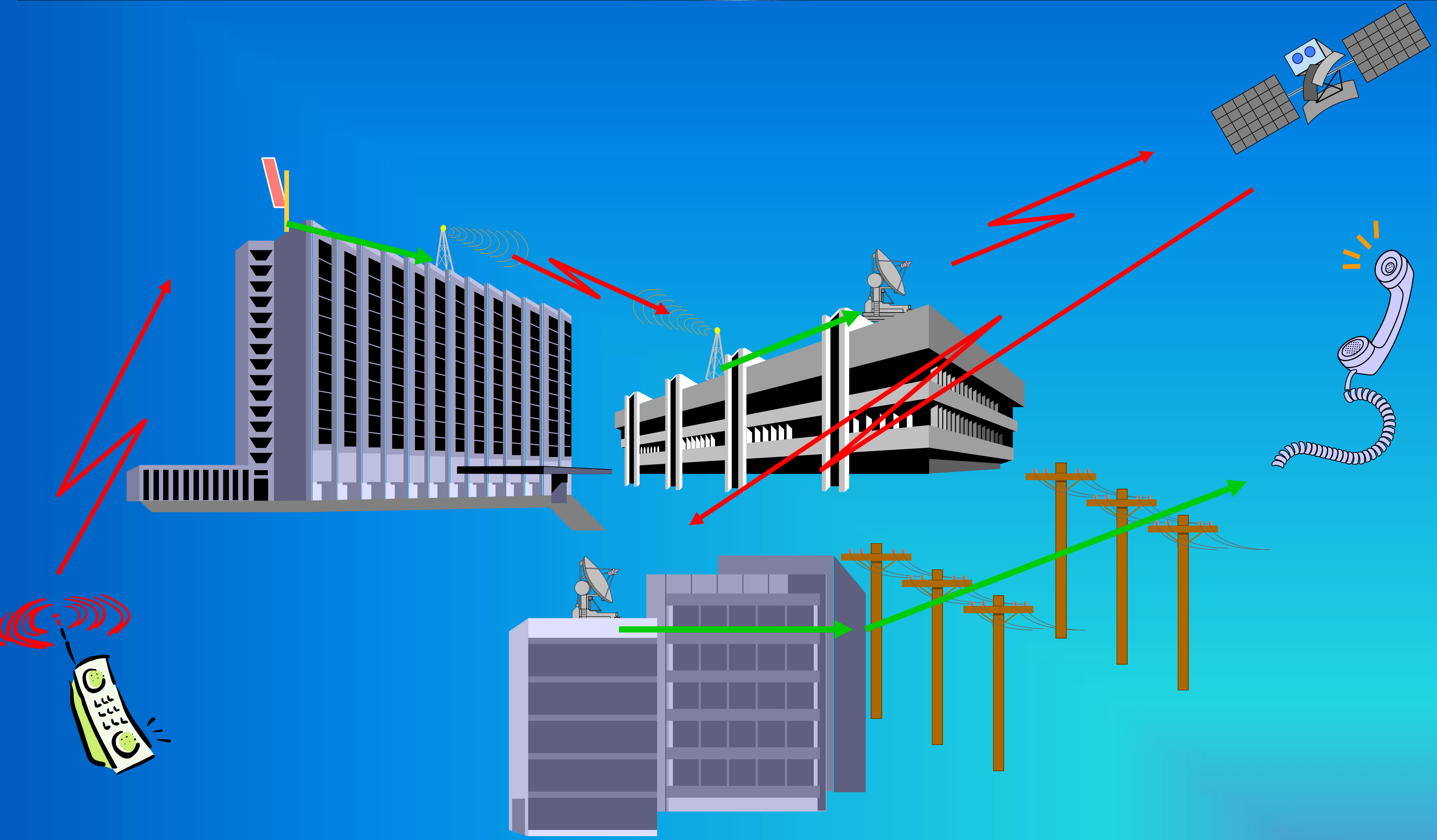
Liaison satellite

Téléphonie mobile (GSM, DCS, GPRS, UMTS)

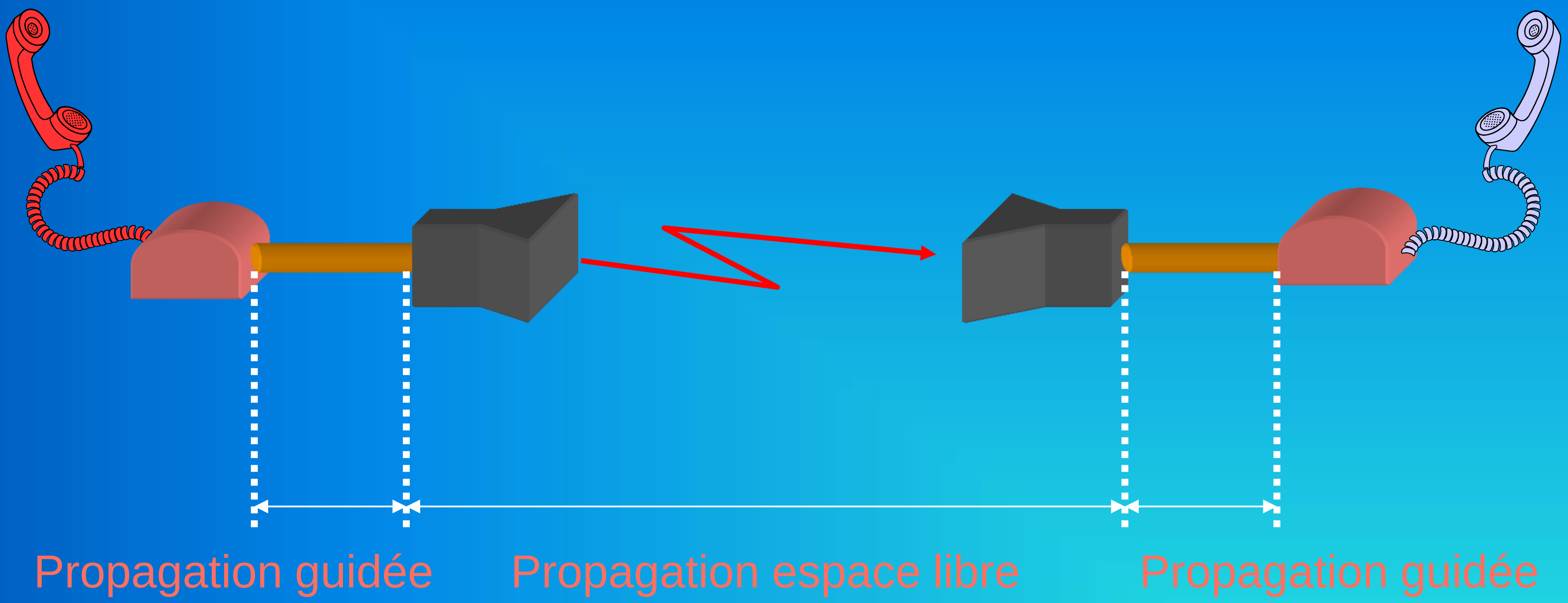
Réseaux locaux sans fil (WLAN, UWB)

Boucle Locale Radio (WiMax)

Multitude de supports

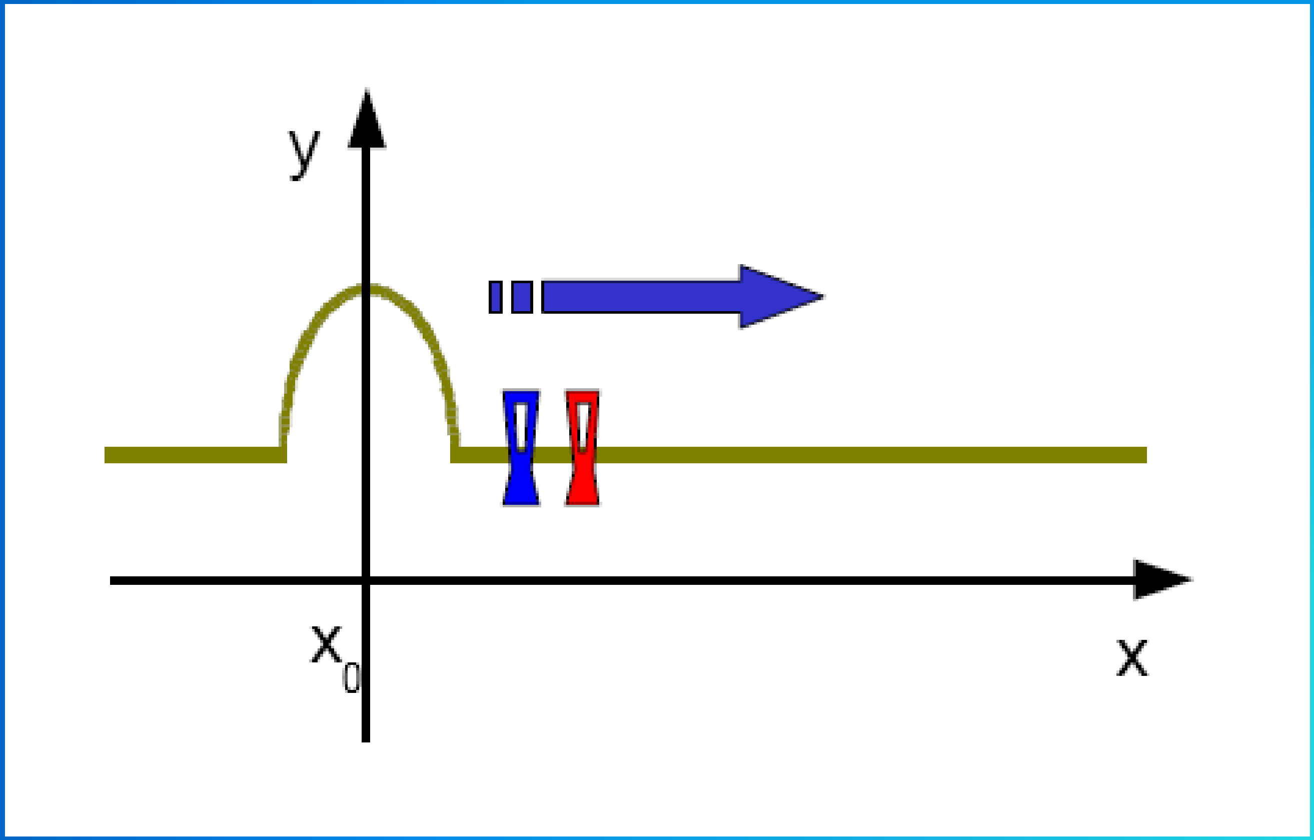


Deux modes de propagation



Position du problème !!!

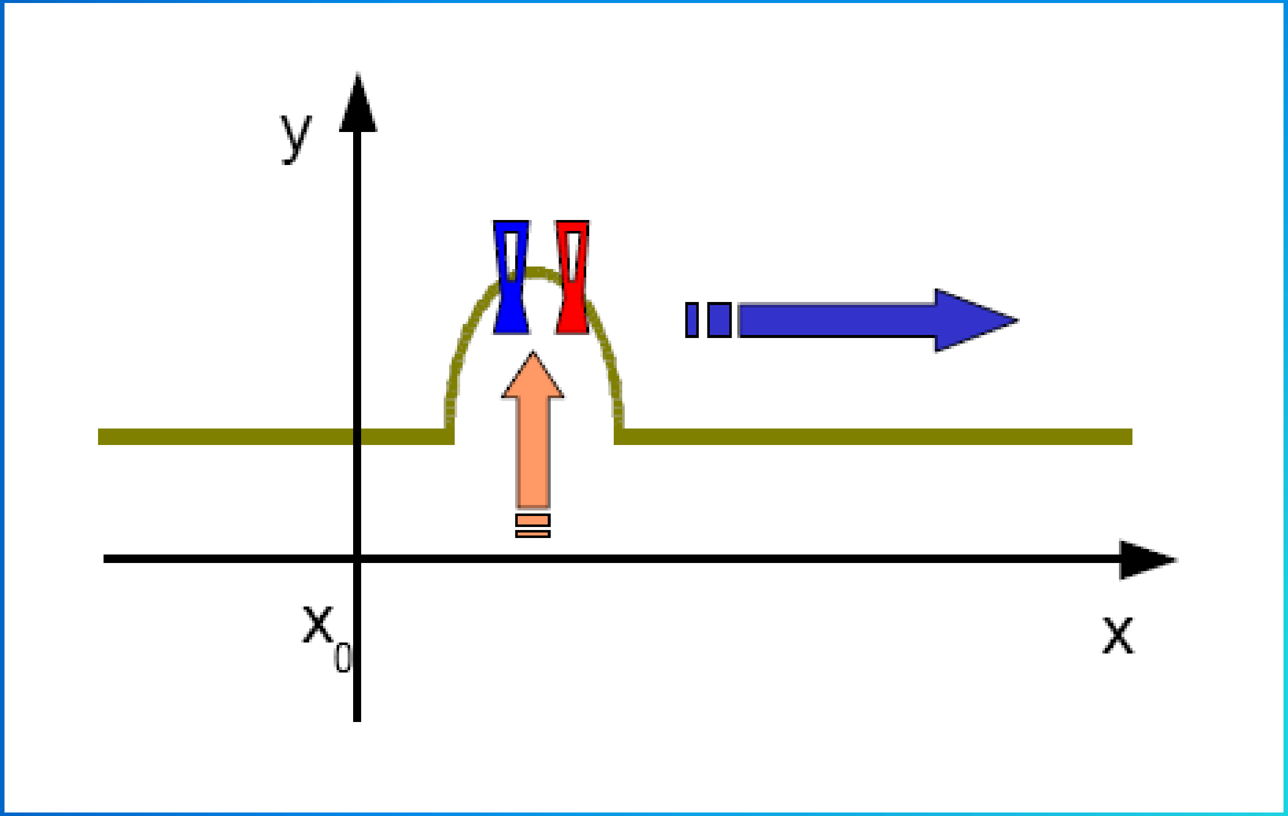
Propagation d'une impulsion transversale le long d'une corde



A $t=t_0$: impulsion en $x=x_0$

Position du problème !!!

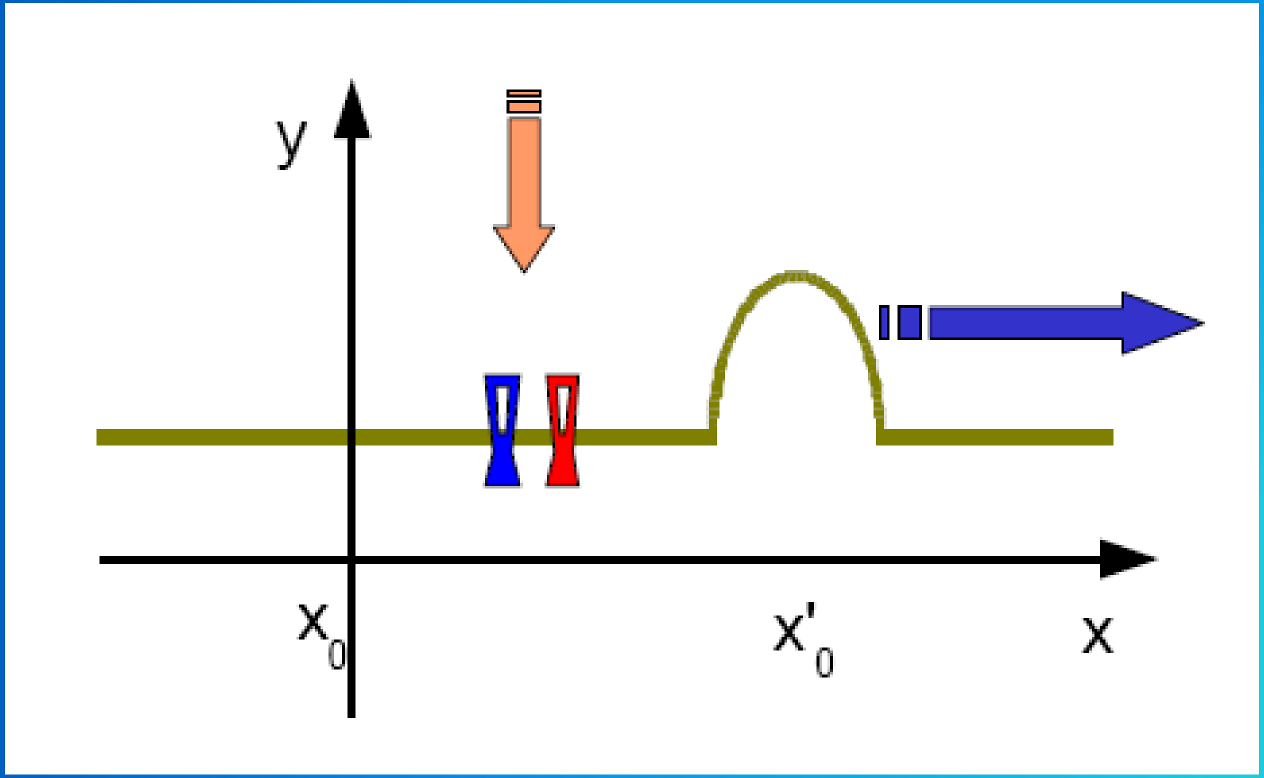
Propagation d'une impulsion transversale le long d'une corde



A $t>t_0$: impulsion en $x>x_0$

Position du problème !!!

Propagation d'une impulsion transversale le long d'une corde



A $t=t'_0$: impulsion en $x=x'_0$

Position du problème !!!

Propagation d'une impulsion transversale le long d'une corde

Ce qui se passe en **x=x'o** à **t=t'o**

==

Ce qui s'est passé en **x=xo** à **t=to**

C'est à dire :

y(**x'o,t'o) ==** y(**xo,to)**

(position du maximum)

Il y a eu Propagation du phénomène (la mouvement transversal)

Célérité

REMARQUE :**x'o** et **t'o quelconques ==>**

x'o ==> x

t'o ==> t

La perturbation à mis **t-to**

pour parcourir **x-xo**

$$c = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

C'est à dire :

x-xo =c(t-to)

==> x-ct=xo-cto =cst (condition/y=maxi)

Célérité

REMARQUE :**x'o** et **t'o quelconques ==>**

x'o ==> x

t'o ==> t

La perturbation à mis **t-to**

pour parcourir **x-xo**

$$c = \frac{x - x_0}{t - t_0}$$

C'est à dire :

x-xo =c(t-to)

==> x-ct=xo-cto =cst (condition/y=maxi)

x-ct s'appelle le propagateur de l'onde dans la direction et les sens des x croissants avec la célérité c

(Rmq : sens inverse ==> x+ct)

Célérité

Attention : ne pas confondre :

* c : célérité (vitesse de l'onde)

* v : vitesse (des déplacements de matière)

c>>v

Célérités : ordres de grandeur :

son (onde mécanique) : air=340 m/s, eau=1500 m/s

matériaux denses=2000 à 6000 m/s

lumière (air ou vide) : $3\ 10^8$ m/s

Vitesses : ordre de grandeur :

son : quelques µm

ultrasons : quelques nm

(ne concerne que les ondes mécaniques)

Célérité

Attention : ne pas confondre :

* c : célérité (vitesse de l'onde)

* v : vitesse (des déplacements de matière)

c>>v

Célérités : ordres de grandeur :

son (onde mécanique) : air=340 m/s, eau=1500 m/s

matériaux denses=2000 à 6000 m/s

lumière (air ou vide) : $3\ 10^8$ m/s

Vitesses : ordre de grandeur :

son : quelques µm

ultrasons : quelques nm

(ne concerne que les ondes mécaniques)

Fonction D'ondes

Soit une onde se propageant d'un point O à un point M .
A un instant t , la perturbation S (x ,t) d'un point M d'abcisse x est la même que celle qu'avait le point d'abcisse (x –v t) à l'instant initial t = o soit:

- S (x ,t) =ft =o (x –v t) }⇒onde se propageant dans la direction +x
- S (x ,t) =gt =o (x +v t) }⇒onde se propageant dans la direction -x

S (x ,t) s'appelle la FONCTION D'ONDE

Ondes Harmoniques (Paramètres)

La Fonction *y(x,t)=f(x-ct):*

on définit k : nombre d'onde (~1/m) tel que :

y(x,t) =Y cos(k(x-ct)) (par ex.)

y(x,t) =Y cos(kx-kct)

kc = w : pulsation (~rd/s)

y(x,t) = Y cos(kx-wt)

- *Longueur d'onde :* $\lambda = \frac{2\pi}{k}$ *(~m)*
- *Période :* $T = {}^{2\pi}/_{w}$ *(~s)*
- *Fréquence :* $f = {}^{1}/_{T} = {}^{w}/_{2\pi}$ *(~Hz)*

Ondes Harmoniques (Paramètres)

La Fonction *y(x,t)=f(x-ct):*
on définit k : nombre d'onde (~1/m) tel que :
y(x,t) =Y cos(k(x-ct)) (par ex.)
y(x,t) =Y cos(kx-kct)

kc = w : pulsation (~rd/s)

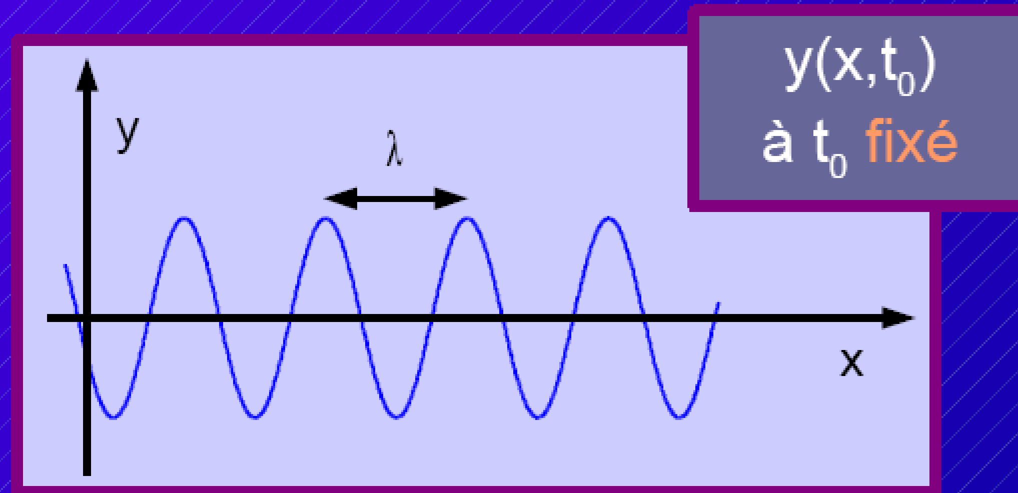
y(x,t) = Y cos(kx-wt)

- *Longueur d'onde :* $\lambda = \frac{2\pi}{k}$ *(~m)*
- *Période :* $T = {}^{2\pi}/_{w}$ *(~s)*
- *Fréquence :* $f = {}^{1}/_{T} = {}^{w}/_{2\pi}$ *(~Hz)*

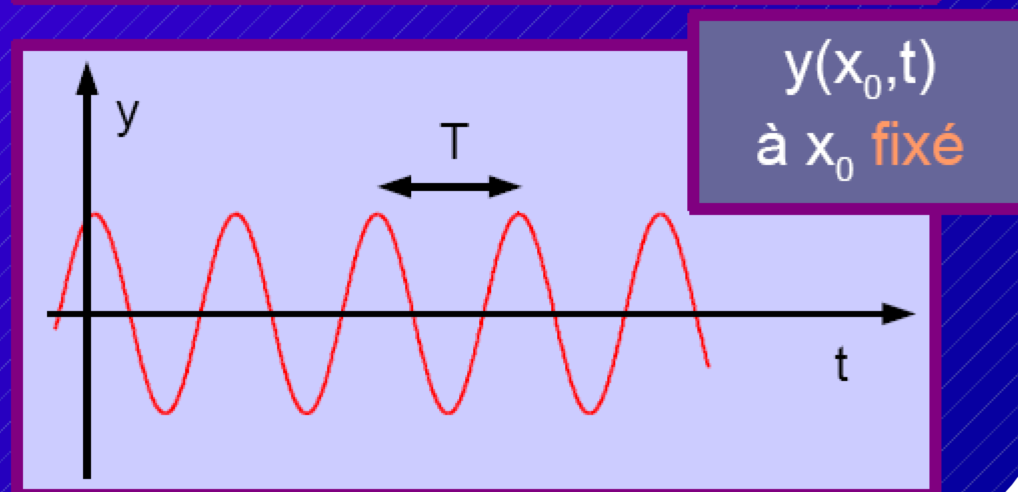
λ: Récurrence Spatiale
T :Récurrence Temporelle

Ondes Harmoniques (Paramètres)

λ : récurence
spatiale



T : récurence
temporelle



Propagation du son

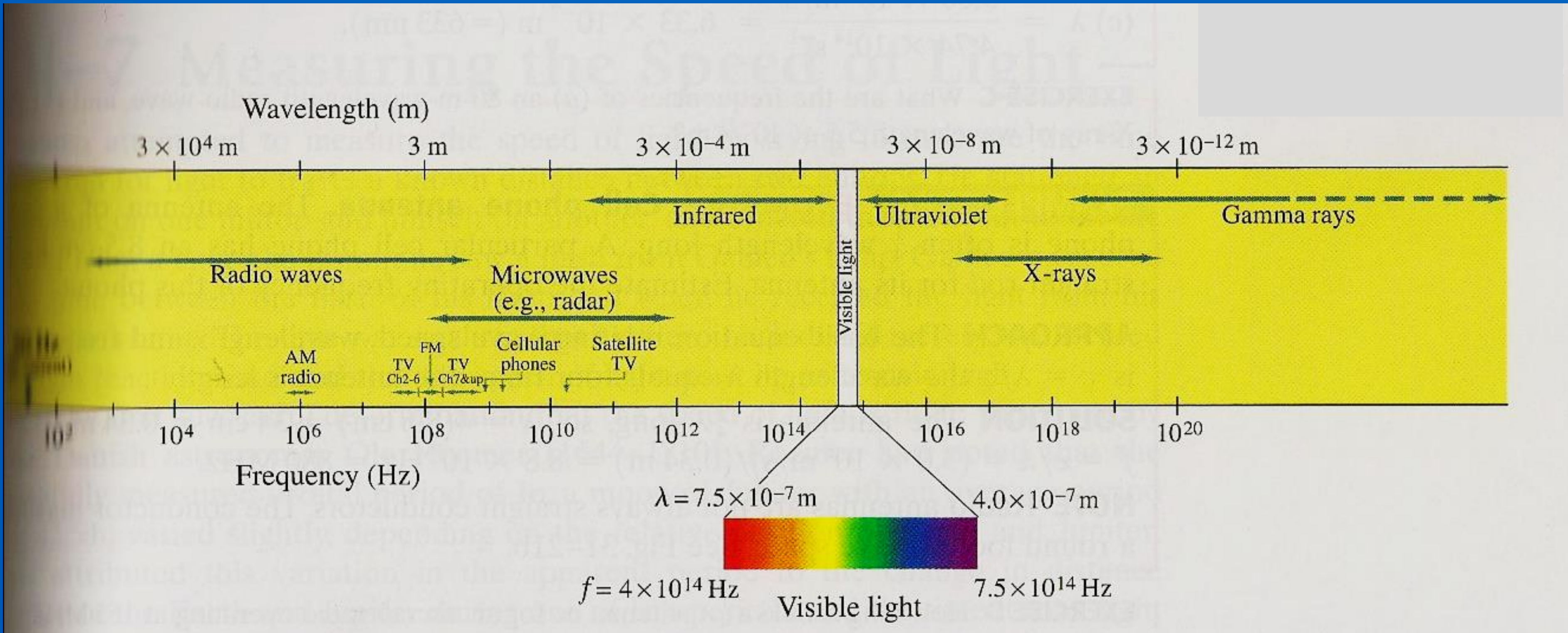
4.1 Ondes acoustiques

N'importe quelle source (objet) qui vibre dans un milieu matériel (par exemple un instrument de musique) est la source d'une onde acoustique donc de la production d'un son que notre oreille et notre Cerveau sont capables de capter, d'enregistrer. La fréquence du son dépend de la fréquence de vibration de la source. L'oreille humaine est capable de percevoir des sons dont la fréquence est comprise en gros entre 20 Hz et 20 000 Hz. Bien sûr ce domaine varie d'une personne à l'autre et en général devient plus étroit en vieillissant, ainsi les personnes âgées perçoivent peu les fréquences au-delà de 10 000 Hz. La vitesse de propagation du son dépend des propriétés physiques du milieu dans lequel il se propage (cf. tableau ci-contre). Par la relation $\lambda = v f$, la longueur d'onde dépend du milieu dans lequel l'onde se propage.

TABLE 16–1 Speed of Sound in Various Materials (20°C and 1 atm)

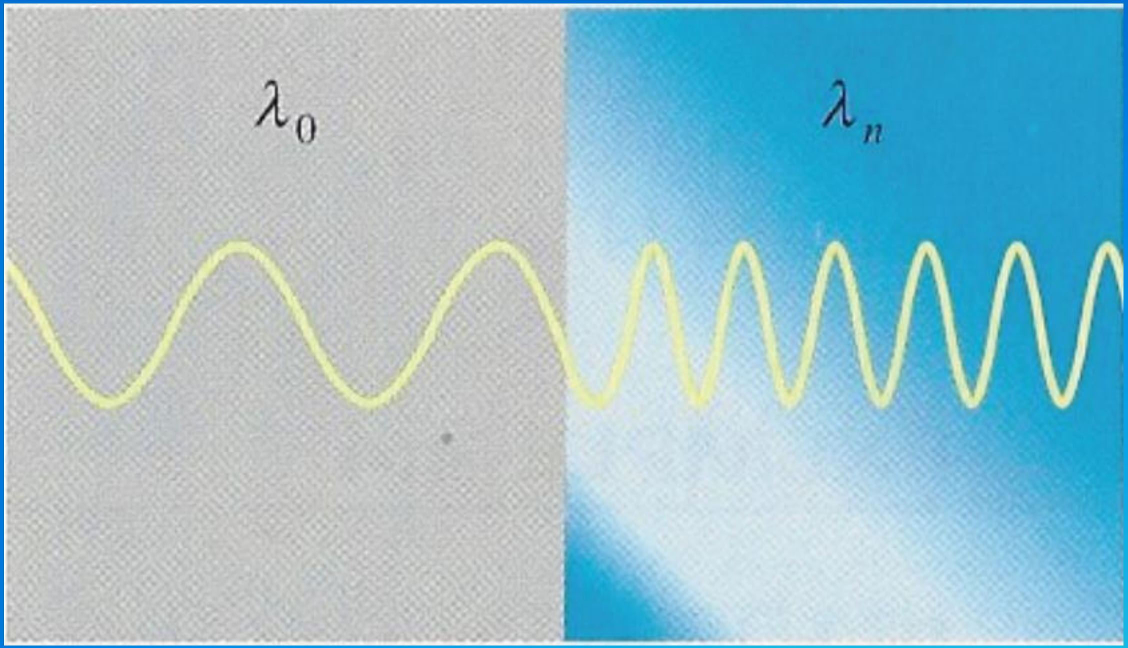
Material	Speed (m/s)
Air	343
Air (0°C)	331
Helium	1005
Hydrogen	1300
Water	1440
Sea water	1560
Iron and steel	≈ 5000
Glass	≈ 4500
Aluminum	≈ 5100
Hardwood	≈ 4000
Concrete	≈ 3000

Ondes électromagnétiques



la fréquence d'une onde est une grandeur intrinsèque (propre à l'onde) et ne dépend pas du milieu de propagation considéré mais uniquement de la fréquence à laquelle « vibre » la source qui produit cette onde. Par contre, la longueur d'onde dépend du milieu dans lequel se propage l'onde par la relation v = λ T .

Ondes électromagnétiques, indice de réfraction



- Dans le vide : $\lambda_0 = C\,.\,T$
- Dans un milieu d'indice n : $\lambda = V\,.\,T = \frac{C}{n}\ x\ T$

$\lambda_n = \lambda_n$/n

Equation d'ondes (d'Alembert)

$V_y = \frac{dy(x,t)}{dt} = A\,w\,sin(kx - wt) \rightarrow$ vitesse de V_y

$$a_y = \frac{d^2y(x,t)}{dt^2} = -A\;w^2\,cos(kx - wt)$$

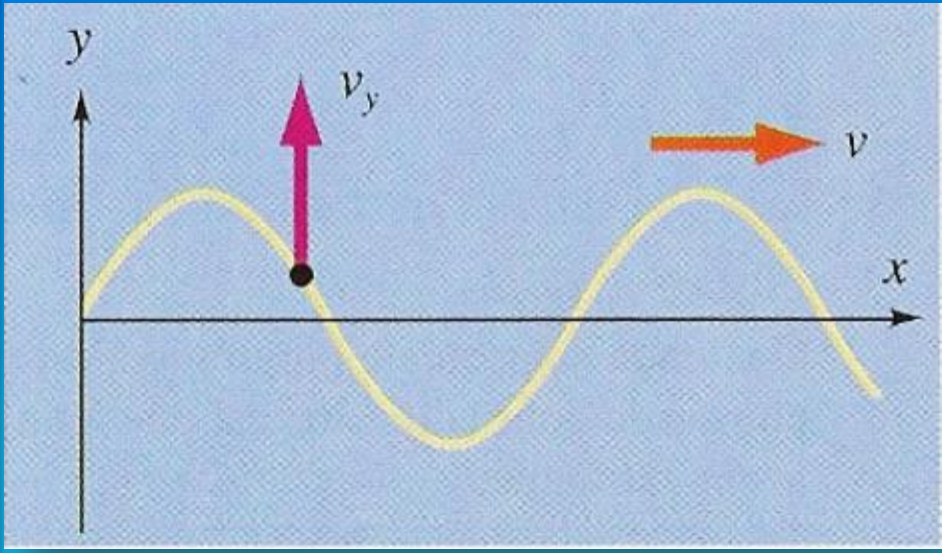
Acceleration de V_y

$$\frac{d^2y(x,t)}{dx^2} = -Ak^2\,cos(kx - wt)$$

Puisque $w = vk$

$$\frac{d^2y(x,t)}{dt^2} / \frac{d^2y(x,t)}{dx^2} = w^2/k^2 = v^2$$

$y(x,t) = A\cos(kx - \omega t)$



$$\frac{d^2y(x,t)}{dx^2} = \frac{1}{V^2}\frac{d^2y(x,t)}{dt^2}$$

Equation d'ondes (d'Alembert)