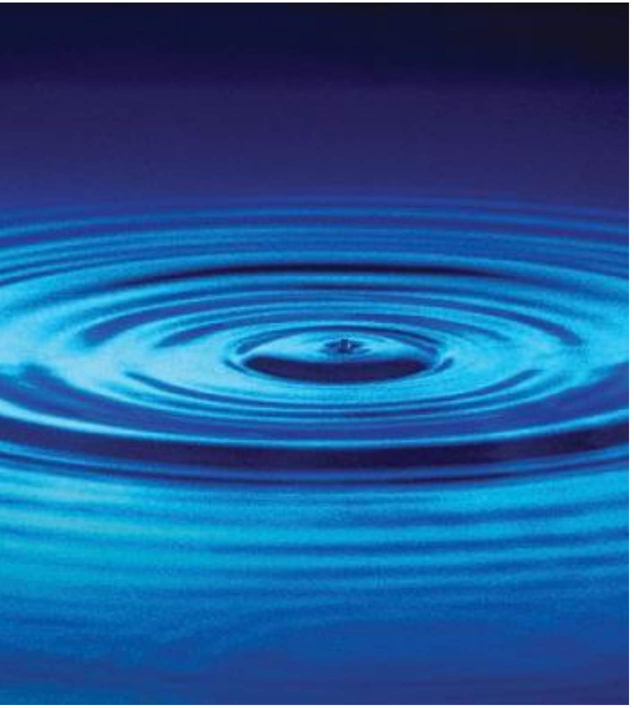
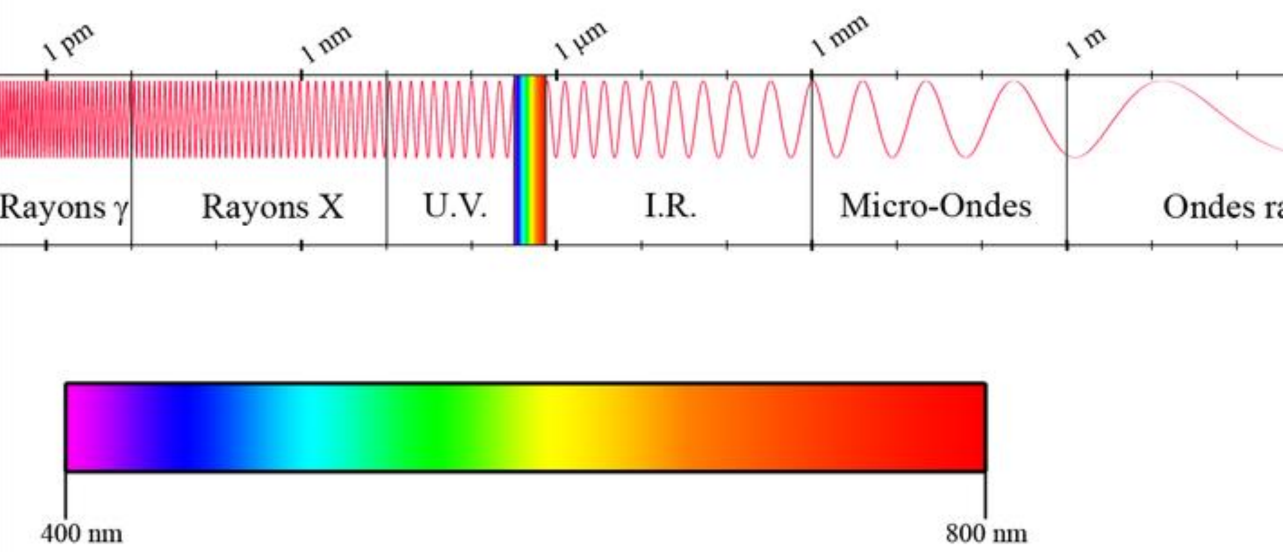



1 pm
1 nm
1 µm
1 mm
1 m
Rayons γ
Rayons X
U.V.
I.R.
Micro-Ondes
Ondes ra
400 nm
800 nm

LES ONDES

Introduction

Onde = Phénomène vibratoire qui oscille au cours du temps et qui se propage.

2 Familles :
➔ **Mécaniques** : Besoin d'un milieu matériel pour se propager
➔ **Electromagnétiques** : Pas besoin d'un milieu

La source influe sur la perturbation
Le milieu influe sur la vitesse de l'onde

Mode Longitudinal = Ondes Compression

Mode Transversal = Ondes de cisaillement

a. Vitesse de propagation

$$v = \sqrt{\frac{KL}{\mu}}$$

K = Raideu du ressort en $N.m^{-1}$
L = Allongement en m
μ = masse linéique en $kg.m^{-1}$

Cas d'un ressort tendu

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

T = Tension de la corde en N
L = Longueur de la corde en m
μ = masse linéique en $kg.m^{-1}$

Cas d'une corde tendue

c. Ondes progressives à 1D

<u>Equation d'Alembert :</u>

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}$$

On a une onde qui se propage dans une seule dimension sans amortissement.

Les interférences :
➔ **Constructives** : Amplitude augmentée
➔ **Destructives** : Amplitude diminuée

Ce type d'équation admet une solution générale sous forme de deux fonctions :

$$\psi(x,t) = f\left(t - \frac{x}{v}\right) + g\left(t + \frac{x}{v}\right)$$

d. Impédance

Impédance = Résistance du milieu au passage de l'onde.

$$Z = \frac{T}{v} = \sqrt{T\mu} = \mu v$$

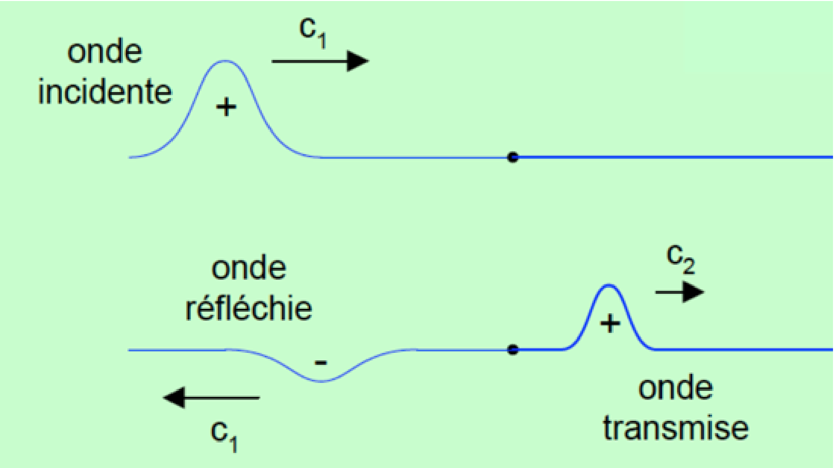
Calcul de l'impédance

Z s'exprime en $kg.s^{-1}$

Onde	Milieu	Impédance
Pression (onde sonore)	Gaz	$Z=\rho_0 c_s \propto (P_0 \rho_0)^{1/2}$ ≈ 414 $kg.m^2.s^{-1}$
EM	Vide	$Z_0=(\mu_0/\varepsilon_0)^{1/2} = \mu_0 c$ $\approx 376{,}73\ \Omega$
Onde électrique	Ligne à transmission (câble coaxial)	$Z_c=(\Lambda/\Gamma)^{1/2}$ $\approx 50\ \Omega$

e. Réflexion et Transmission

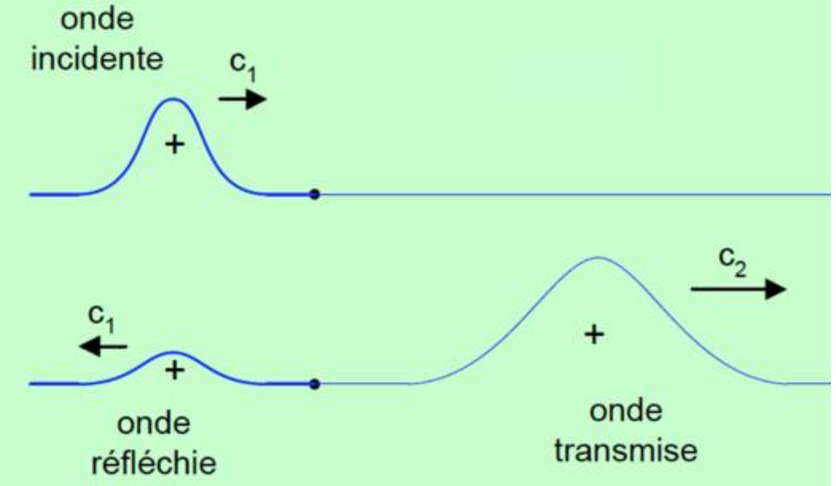
Cas 1 : $Z_2 > Z_1 \Leftrightarrow \mu_2 > \mu_1 \Leftrightarrow c_2 < c_1$



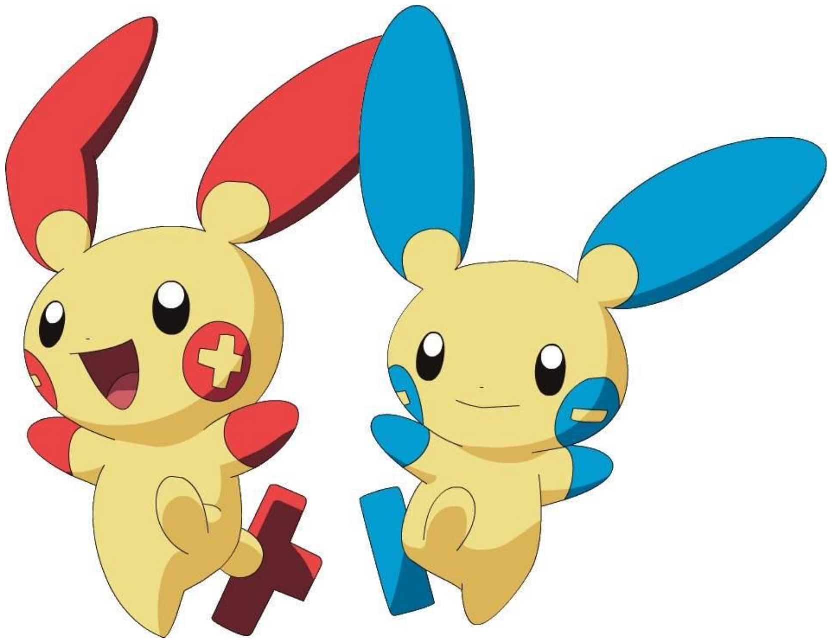
Réflexion partielle avec changement de signe.

e. Réflexion et Transmission

Cas 2 : $Z_1>Z_2$ ⇔ $\mu_1>\mu_2$ ⇔ $c_1<c_2$

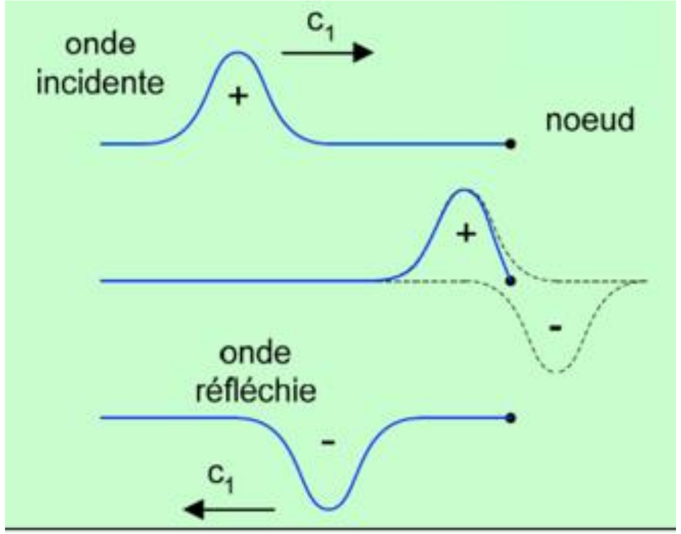


Réflexion partielle sans changement de signe.

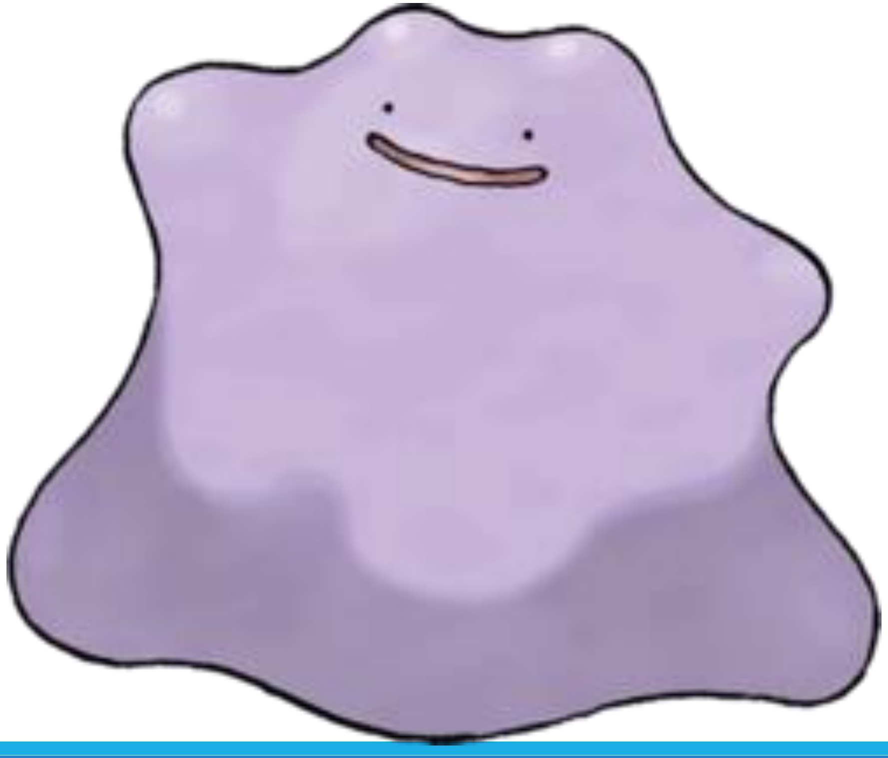


e. Réflexion et Transmission

Cas 3 : Extrémité fixe ⇔ $Z_2 = \infty$

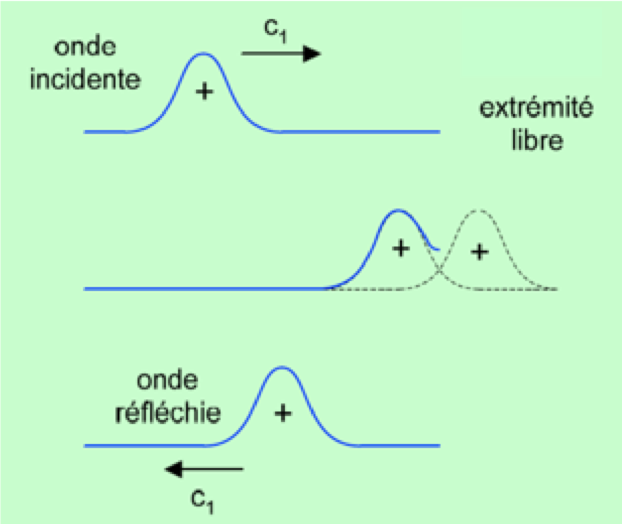


Réflexion totale avec changement de signe.

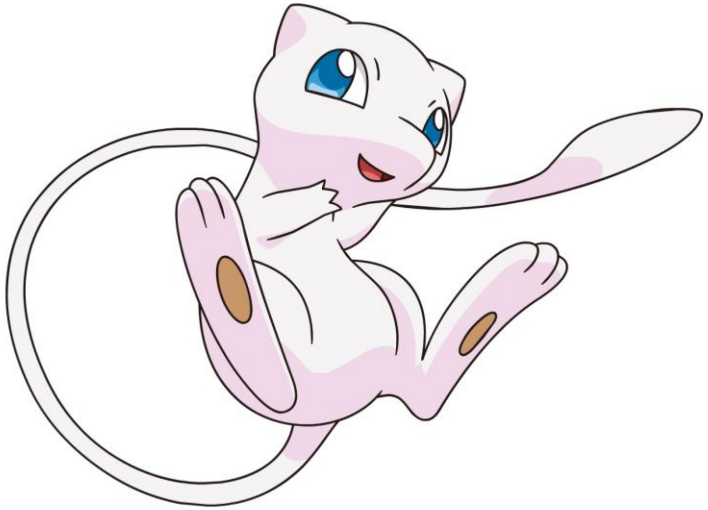


e. Réflexion et Transmission

Cas 4 : Extrémité libre ⇔ $Z_2 = 0$



Réflexion totale sans changement de signe.



e. Réflexion et Transmission

$$r = \frac{A_r}{A_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Coef. Réflexion

$$t = \frac{A_t}{A_i} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

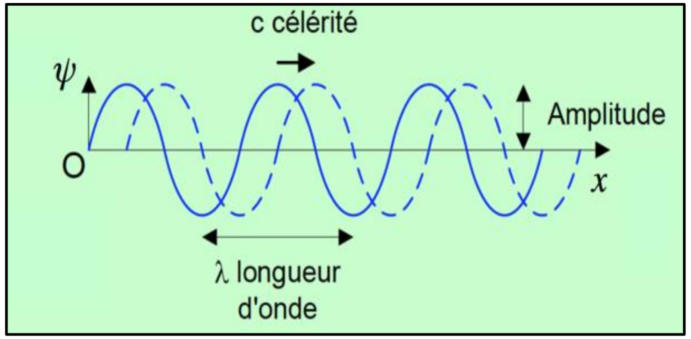
Coef. Transmission

Attention r est compris entre -1 et 1.

Si r<0 alors on a une réflexion avec changement de signe.

f. Cas particuliers

➔ Les ondes progressives sinusoïdales



De pulsation : $\boldsymbol{\omega = \frac{2\pi}{T}}$

Si changement d'impédance, la puissance change aussi

Elles possèdent une puissance : $\boldsymbol{P = \frac{1}{2} Z A^2 \omega^2}$

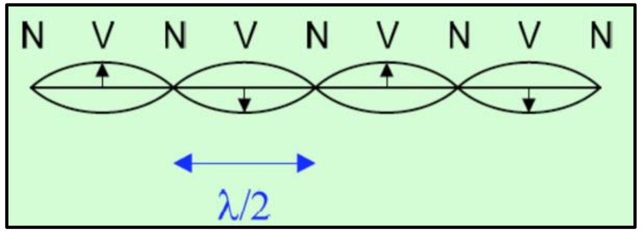
$$\frac{P_r}{P_i} = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right)^2$$

$$\frac{P_t}{P_i} = \frac{4 Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$$

P_r = Puissance réfléchie
P_t = Puissance transmise
P_i = Puissance incidente

f. Cas particuliers

➔ Les ondes stationnaires



Deux ondes sinusoïdales de même A et de sens opposé se rencontrent.

La longueur de la corde vérifie : $\boxed{L = \lambda/2}$

Il y a différentes fréquences possibles en fonction des harmoniques :

$$\boxed{f_n = \frac{nc}{2L} = nf_1}$$

INSTANT QCM SOCRATIVE

QCM TIIIIME

Soit une code de 4 mètres, de masse linéique u= 12kg.m^{-1}. A son bout une pokeball est tendue et exerce une tension T = 192 N.

Quelle est la vitesse d'une onde parcourant la corde?

A. 48 m.s^{-1}
B. 4 m.s^{-1}
C. 1 m.s^{-1}
D. 8 m.s^{-1}
E. Les propositions A, B, C et D sont fausses.

QCM TIIIIME

Soit une code de 4 mètres, de masse linéique u= 12kg.m^{-1}.
A son bout une pokeball est tendue et exerce une tension T = 192 N.

Quelle est la vitesse d'une onde parcourant la corde?

A. 48 m.s^{-1}
B. 4 m.s^{-1}
C. 1 m.s^{-1}
D. 8 m.s^{-1}
E. Les propositions A, B, C et D sont fausses.

$$\boldsymbol{v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}}$$

$$\boldsymbol{= \sqrt{\frac{192}{12}}}$$

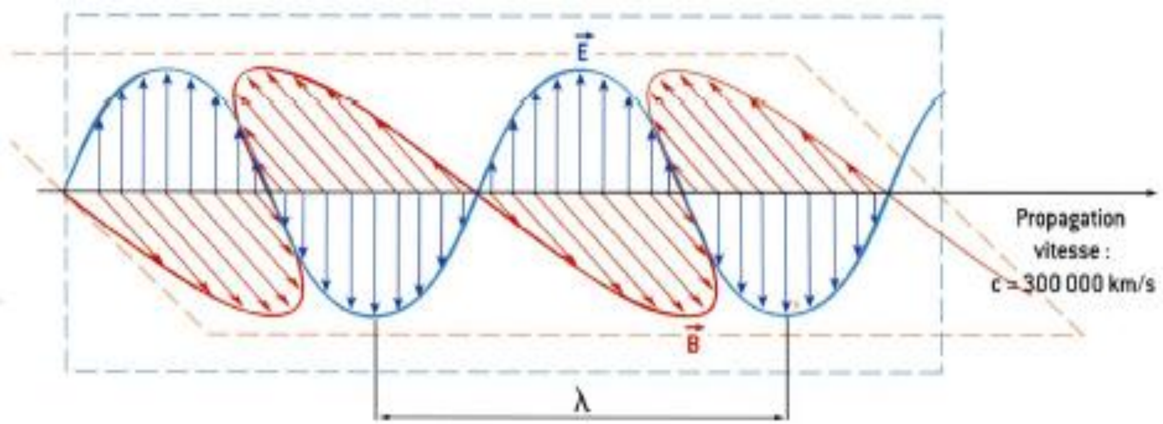
$$\boldsymbol{= \sqrt{16}}$$

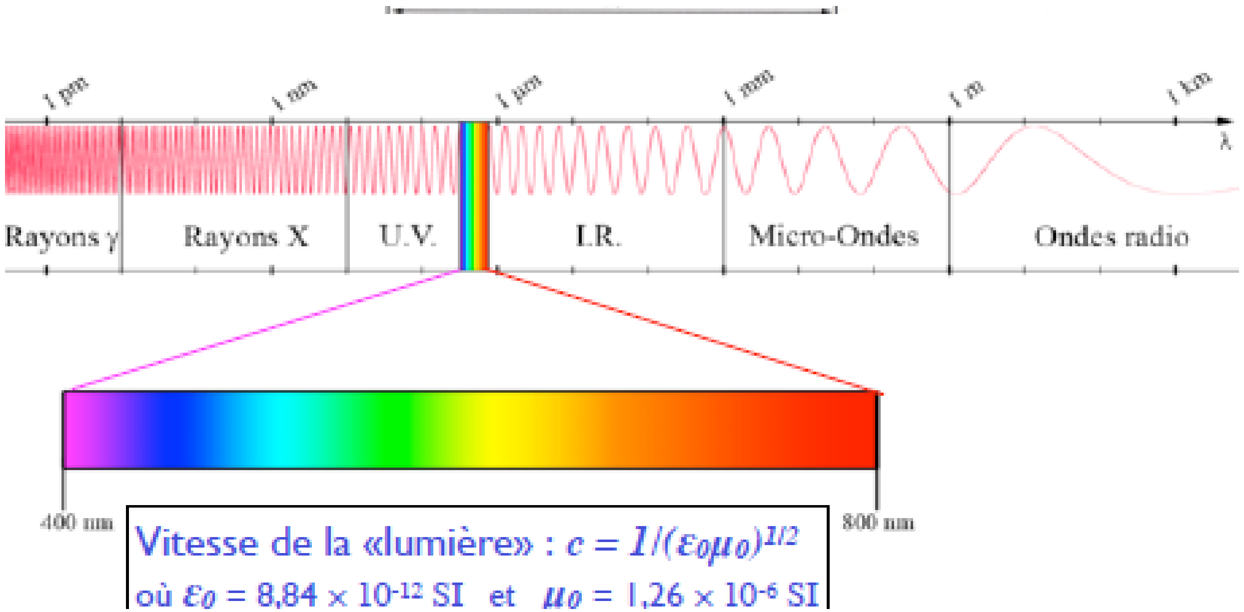
$$\boldsymbol{= 4m.s^{-1}}$$

Ondes électromagnétiques / RMN

LES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Propagation du champ **électrique** ET **magnétique**.



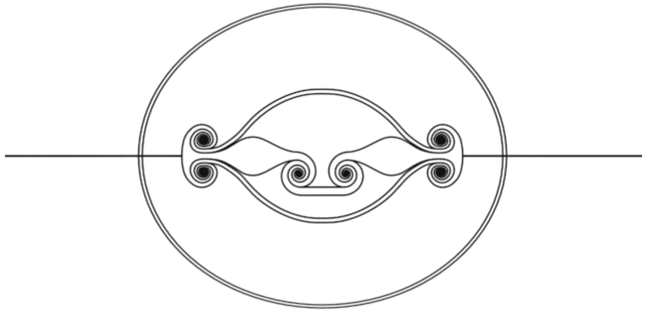


CHAMP / MOMENT MAGNETIQUE

Champ magnétique ?

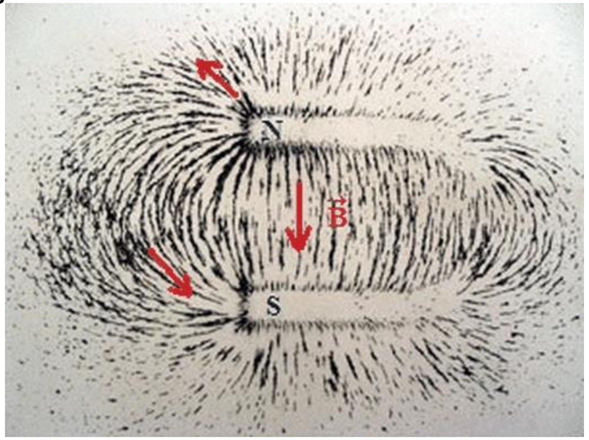
2 sources du CM :

- Aimant
- Bobine parcourue par un courant électrique



Vecteur :

- Noté vecteur $\vec{B}$
- **Direction :** celle d'une aiguille placée à côté d'une boussole
- **Norme :** valeur du champ magnétique

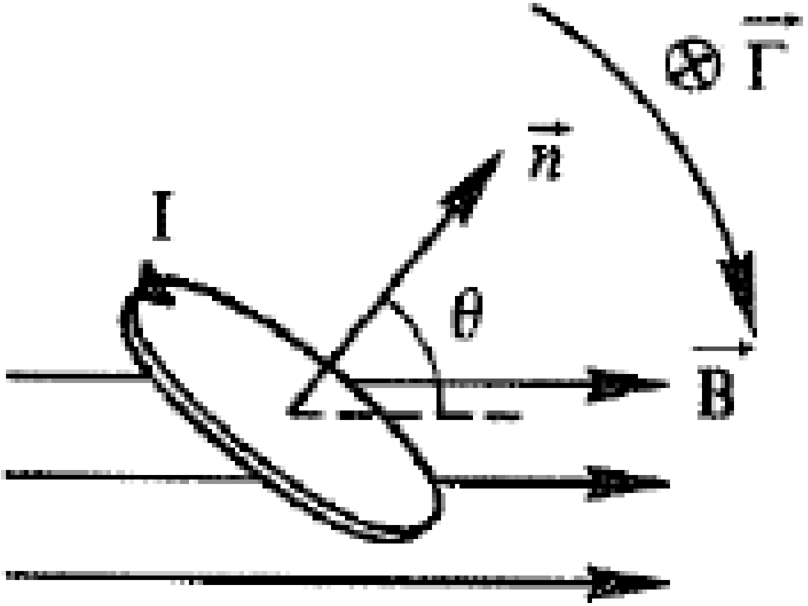


Moment magnétique orbital :

- Boucle de courant de surface **A** et parcourue par un courant d'intensité **I** dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$
- On définit donc le moment magnétique ⊥ à la surface par :

$$\vec{\mu} = IA\hat{n}$$

- Couple : $\vec{\Gamma} = \vec{\mu} \wedge \vec{B}$



Moment magnétique orbital d'une particule chargée :

- Analogie avec la boucle de courant : charge q, de masse m, en mvt circulaire de rayon r, à la vitesse v autour de O
- $\vec{\mu} = \mathbf{IA} = \frac{q}{2m}\vec{L}$ ou $\vec{\mu}$=moment magnétique et $\vec{L}$ = moment cinétique

Cas de l'électron :

- Moment cinétique quantifiée (cf. cours physique quantique)
- Quantum de flux magnétique = **magnéton de Bohr**

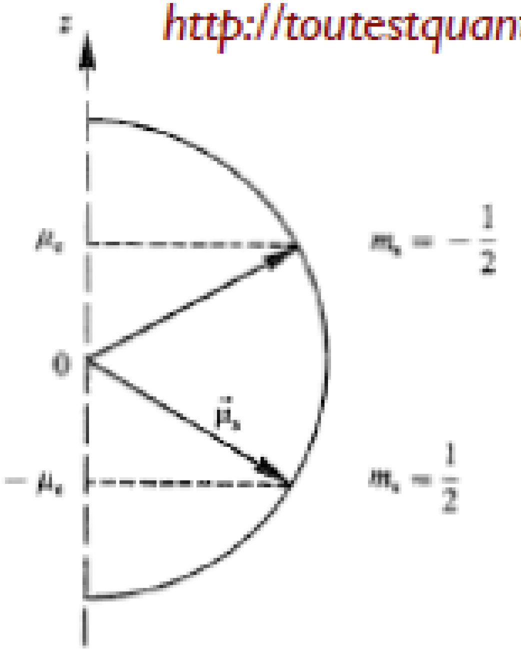
Le magneton de Bohr est la plus petite quantité observable de flux magnétique associé à cette particule

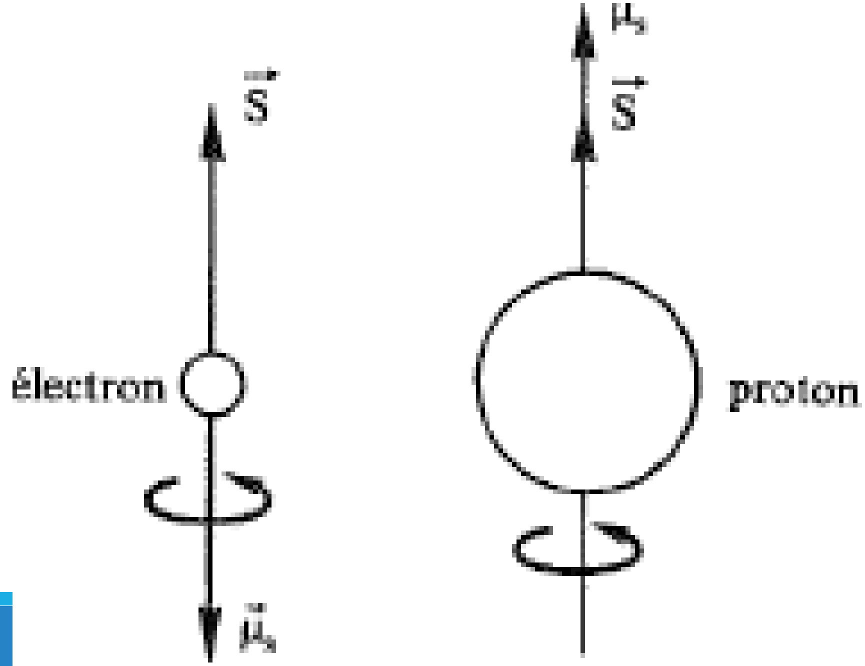
Moment cinétique intrinsèque (spin) :

- Moment cinétique spin $\vec{S}$ quantifié

Moment magnétique intrinsèque quantifié :

http://toutestquantique.fr/spin/





Dipôle magnétique dans un champ extérieur :

- Moment magnétique d'un noyau atomique :

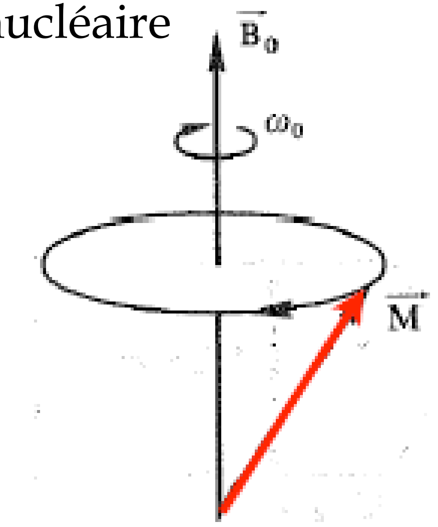
$$\mu(s) = \gamma.\vec{J}$$ où γ est le rapport gyromagnétique


gif-finder.com

PRINCIPE DE LA RMN

PRINCIPE DE LA RMN

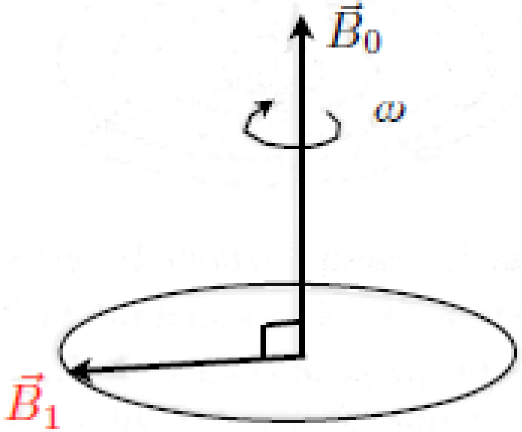
1. Application d'un champ magnétique Bo :



- Moment magnétique **macroscopique** $\overrightarrow{\boldsymbol{M}}$: résulte d'un ensemble de noyau animé d'un mvt de précession autour de $\overrightarrow{B_0}$
- Vitesse angulaire : $\boldsymbol{\omega_0 = yB_0}$
- A la fréquence de Larmor : $\boldsymbol{v_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}}$

2. Application d'un champ magnétique B1 :

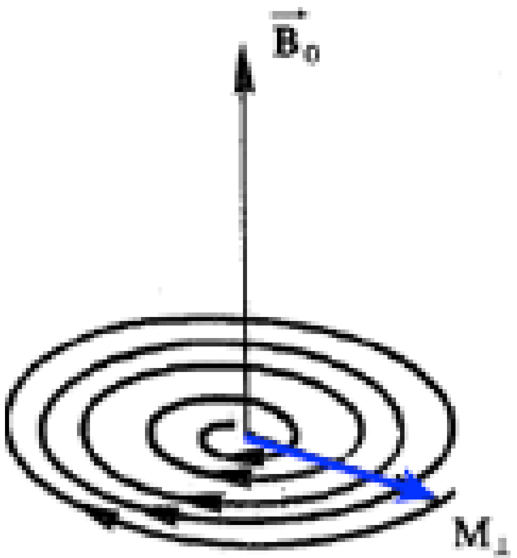
- Faible par rapport à Bo
- Tourne dans un plan perpendiculaire à une vitesse angulaire ω **autour de Bo statique**

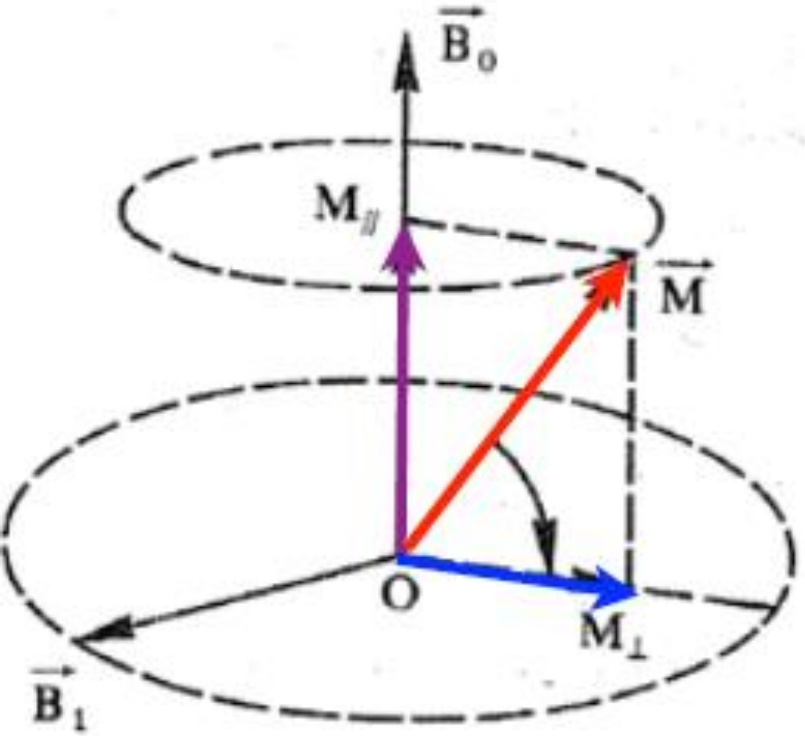


3. Résonance :

- Lorsque $\boldsymbol{\omega = \omega_0}$
- Lorsque $\boldsymbol{\nu = \nu 0}$

Alors, il y a **précession** de M autour de $\overrightarrow{B_1}$, on dit que le champ tournant est en « **résonance** » avec l'aimantation



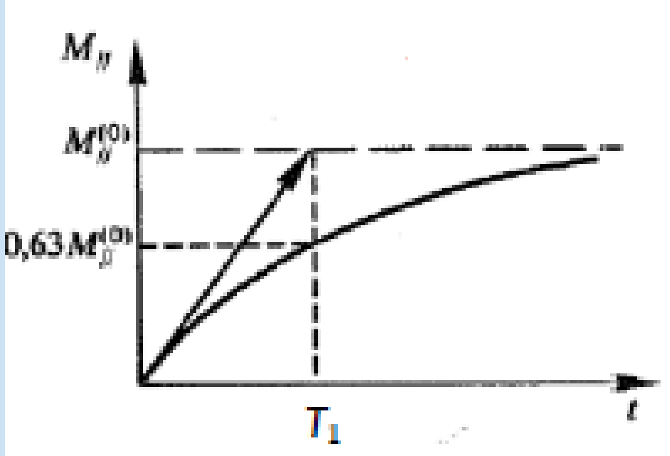
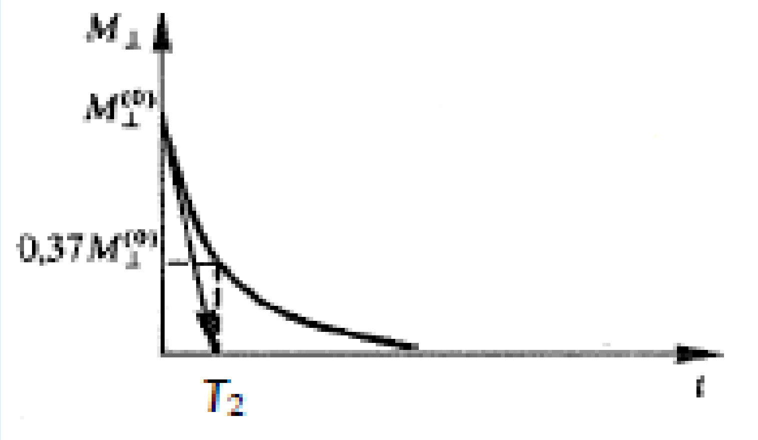


CLASSIQUE	QUANTIQUE
$\vec{M}$ est décomposé en : • ***M //*** à la direction du champ statique Bo • ***M***⊥ à la direction du champ statique Bo	B1 de fréquence vo fait basculer les noyaux d'un état d'énergie vers un autre séparés par la valeur $\Delta E = h\,\nu 0$
A la résonnance : • ***M //*** diminue • ***M***⊥ augmente	A la résonnance: • La population des noyaux d'état d'énergie plus élevée va augmenter => absorption d'énergie


B 1
M
B 0

Temps de relaxation:

- Après extinction de $\overrightarrow{B_1}$, les noyaux retournent à leur état d'équilibre en émettant le surplus d'énergie

Temps de relaxation Longitudinale – spin-réseau	**Temps de relaxation transverse – spin-spin:**
$M_{\parallel} = M_{\parallel}^{(0)}\left[1 - \exp(-t/T_1)\right]$	$M_{\perp} = M_{\perp}^{(0)}\exp(-t/T_2)$
• Re-croissance de $M//$ • Au temps T1, **M // = 0,63 M// (0) de sa composante FINALE**	• Dé-croissance de $M\perp$ • Au temps T2, **M ⊥ = 0,37 M ⊥(0) de sa composante INITIALE**
	

END