

# CHAPITRE 1 : ONDES ET PARTICULES

Pierre-André LABOLLE

Lycée International des Pontonniers

Septembre 2013

# 1. Rayonnements dans l'Univers

## 1.1. Rayonnement électromagnétique solaire

- un spectre très étendu : des ondes radio jusqu'aux rayons X ou  $\gamma$  de très courte longueur d'onde ;
- la chromosphère du Soleil et l'atmosphère terrestre en absorbent une partie (atomes ou ions sont responsables de ces absorptions) de sorte que seuls les UV, le visible et les IR nous en parviennent ;
- on note en effet une multitude de raies d'absorption dans le visible dues soit à l'atmosphère terrestre (leur intensité est alors variable), soit à la chromosphère de l'étoile (leur intensité est fixe) ;
- les raies dues à la chromosphère de l'étoile permettent de pratiquer l'analyse spectrale des étoiles nous donnant des informations quant à la composition de leur couche externe.

# 1. Rayonnements dans l'Univers

## 1.2. Rayonnements et radioactivité

- radioactivité : phénomène physique par lequel un noyau instable se désintègre pour former un noyau plus stable

$\alpha$  : émission d'une particule  ${}^2_4\text{He}$  ;

$\beta^+$  : émission d'une particule  ${}^0_1\text{e}$  ;

$\beta^-$  : émission d'une particule  ${}^0_{-1}\text{e}$  ;

$\gamma$  : émission d'un photon  $\gamma$  de haute énergie.

- les sources radioactives peuvent être naturelles (radioisotopes naturels présents dans les roches par exemple) ou artificielles (liées à l'activité humaine : médecine, centrales nucléaires, etc)

# 1. Rayonnements dans l'Univers

## 1.3. Rayonnement cosmique

- rayonnement provenant de l'espace, constitué d'astroparticules et arrivant sur Terre : particules chargées ( $p$ ,  ${}^4_2\text{He}$ ,  ${}^{-1}_1e$ ), neutrinos, photons  $\gamma$  ; il s'agit d'un rayonnement dit primaire, d'origine solaire, galactique et intergalactique ;
- rayonnement secondaire : les particules primaires interagissent avec l'atmosphère et donnent naissance à des gerbes secondaires formées de nombreuses autres particules ( $\gamma$ ,  ${}^{-1}_1e$ ,  ${}^0_1e$ ,  $\mu$  et aussi  $\pi$ ,  $p$ ,  $n$ ) ;
- ces rayonnements peuvent contenir des particules de haute énergie (et se déplaçant à une vitesse proche de celle de la lumière) : il s'agit de particules relativistes

## 1. Rayonnements dans l'Univers

### 1.4. Sources de rayonnement

Ondes	Radio ou hertziennes	Infrarouges	Ultraviolettes
Sources dans l'Univers	étoiles en fin de vie, Soleil, pulsars, quasars, amas stellaires	Soleil, nuages de gaz, nuages de poussière, étoiles froides, étoiles	Soleil, étoiles jeunes et proches
Sources sur Terre	antennes	corps à température ambiante	lampes UV

## 2. Ondes dans la matière

### 2.1. Onde mécanique progressive

#### Définition : onde mécanique

On appelle **onde mécanique** le phénomène de propagation d'une perturbation dans un milieu matériel. Elle s'accompagne d'un transfert d'énergie mais d'aucun transport de matière.

## 2. Ondes dans la matière

### 2.2. Ondes sismiques

- elles nous renseignent sur la structure interne du globe terrestre ;
- l'énergie véhiculée est la cause des dégâts plus ou moins importants observés ;
- l'intensité macrosismique d'un séisme est évaluée en fonction des dégâts constatés (dépend du lieu, du terrain, etc) sur une échelle appelée EMS98 allant de I à XII ;
- la magnitude d'un séisme s'exprime sur l'échelle ouverte de Richter et mesure l'énergie libérée au foyer du séisme (ne dépend ni du lieu, ni des témoignages de la population).

#### Définition : magnitude d'un séisme

Soient  $M$  la **magnitude du séisme**,  $A$  l'amplitude maximale de la trace du séisme à une distance épicentrale  $\Delta$  et  $A_0$  l'amplitude maximale à une même distance pour un séisme de référence (1  $\mu\text{m}$  à 100 km pour un sismomètre Wood-Anderson). Alors la magnitude du séisme s'exprime par la relation suivante :

$$M = \log_{10} \left( \frac{A}{A_0} \right)$$

## 2. Ondes dans la matière

### 2.3. Ondes sonores

- ce sont des ondes de compression et de dilatation des couches d'air ;
- ces perturbations de pression se propagent de proche en proche en trois dimensions ;
- comme toutes les ondes mécaniques, elles nécessitent un milieu matériel pour se propager ;
- célérité (ou vitesse de propagation) :  $v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}$  ;
- dans l'air à la pression atmosphérique et à 20°C :  $v_{air} = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ;
- $v_{son(solides)} > v_{son(liquides)} > v_{son(gaz)}$  ;



## 2. Ondes dans la matière

### 2.3. Ondes sonores

- l'intensité sonore dépend de la distance à la source ;

#### Définition : intensité sonore

Si  $P$  est la puissance sonore (en W) reçue par un récepteur de surface  $S$  (en  $\text{m}^2$ ) alors l'intensité sonore  $I$  (en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) est donnée par :

$$I = \frac{P}{S}$$

## 2. Ondes dans la matière

### 2.3. Ondes sonores

- le niveau d'intensité sonore dépend aussi de la distance à la source et traduit mieux la sensation auditive qui varie de façon logarithmique ;

#### Définition : niveau sonore

Soit  $I$  l'intensité sonore (en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) et  $I_0 = 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  le seuil d'audibilité, alors le **niveau sonore**  $L$  (en dB) est donné par :

$$L = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

## 2. Ondes dans la matière

### 2.4. Houle

- il s'agit d'un mouvement ondulatoire de la surface de la mer ;
- chaque point de la surface de l'eau est animé d'un mouvement de translation circulaire.

## 2. Ondes dans la matière

### 2.5. Deux "types" d'ondes mécaniques

#### Définition : onde longitudinale

On appelle **onde longitudinale** une onde pour laquelle la direction de la perturbation est parallèle à la direction de propagation de l'onde (par exemple : ondes sonores, ondes sismiques P).

#### Définition : onde transversale

On appelle **onde transversale** une onde pour laquelle la direction de la perturbation est perpendiculaire à la direction de propagation de l'onde (par exemple : ondes sismiques S ou L, ébranlement le long d'une corde).

## 2. Ondes dans la matière

### 2.6. Célérité et retard d'une onde

#### Définition : célérité d'une onde

La célérité  $v$  (en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) est la vitesse de propagation de la perturbation associée à cette onde. Si elle parcourt une distance  $d$  (en m) pendant la durée  $\Delta t$  (en s), alors la célérité est donnée par la relation suivante :

$$v = \frac{d}{\Delta t}$$

## 2. Ondes dans la matière

### 2.6. Célérité et retard d'une onde

#### Définition : retard d'une onde

On appelle **retard**  $\tau$  (en s) d'une onde au point  $M_2$  par rapport au point  $M_1$  la durée telle que :

$$\tau = \frac{M_1 M_2}{v}$$

## CORRECTION DES EXERCICES

### Exercice P23 n°11

- a. Si  $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = 500$  et si  $M_1 = 5,6$ , alors

$$M_2 = M_1 + \frac{2}{3} \log \left( \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} \right) = 5,6 + \frac{2}{3} \log(500) = 7,4$$

- b. Si  $M_1 = 6,0$  et  $M_2 = 6,5$ , le rapport  $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1}$  est tel que :

$\log \left( \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} \right) = \frac{3}{2} (M_2 - M_1)$  d'où l'on déduit, en appliquant la fonction réciproque du logarithme décimal :

$$\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = 10^{\frac{3}{2} (M_2 - M_1)} = 10^{\frac{3}{2} (6,5 - 6,0)} = 5,6$$

## CORRECTION DES EXERCICES

### Exercice P26 n°19

- a. Si le rapport des amplitudes vaut 100, alors  $\frac{A_2}{A_1} = 100$  et la différence des magnitudes vaut  $M_2 - M_1 = \log\left(\frac{A_2}{A_1}\right) = \log(100) = 2,0$
- b. Si le rapport des énergies libérées vaut 100, alors  $\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = 100$  et la différence des magnitudes vaut  $M_2 - M_1 = \frac{2}{3} \log\left(\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1}\right) = \frac{2}{3} \log(100) = 1,3$
- c. Si  $M_2 = 9$  et  $M_1 = 5$ , alors le rapport des amplitudes vaut 
$$\frac{A_2}{A_1} = 10^{M_2 - M_1} = 10^{9-5} = 10^4 \text{ soit } 10\,000$$
- d. De même que dans l'exercice précédent, on a :
- $$\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = 10^{\frac{3}{2}(M_2 - M_1)} = 10^{\frac{3}{2}(9-5)} = 10^6 \text{ soit } 1\,000\,000$$
- e. L'utilisation d'une échelle logarithmique permet de réduire l'échelle des valeurs caractérisant les séismes et d'utiliser des valeurs plus parlantes, comprises entre 0 et 10 pour les séismes en règle générale.



## CORRECTION DES EXERCICES

### Exercice P29 n°27 – Question 1.

[http://cdt.labolle.fr/DOC\\_TS3/EX027/animation01.swf](http://cdt.labolle.fr/DOC_TS3/EX027/animation01.swf)

- 1.a. Les particules qui provoquent un signal dans le détecteur sont toutes des particules chargées électriquement.
- 1.b. Pour des particules chargées de même énergie, le signal ne dépend pas de la nature de la particule.
- 1.c. Lorsqu'un courant est détecté, les porteurs de charge dans le gaz sont des électrons et des cations. Les électrons, arrachés aux molécules du gaz remplissant le détecteur, se dirigent vers l'anode (électrode reliée à la borne positive +) tandis que les cations résultant de ces ionisations se dirigent vers la cathode (électrode reliée à la borne négative -).
- 1.d. L'amplitude du signal dépend de l'énergie de la particule : plus la particule a une énergie élevée, plus l'amplitude du signal est importante.

## CORRECTION DES EXERCICES

### Exercice P29 n°27 – Questions 2. et 3.

- 2.a. Les particules chargées qui apparaissent dans le gaz sur le trajet d'une particule ionisante pénétrant dans le détecteur proviennent des ionisations causées par la particule pénétrant dans le détecteur : les chocs et les interactions entre cette particule et les molécules de gaz provoquent l'arrachement d'électrons sur les molécules du gaz.
- 2.b. Les cations produits par les ionisations directes de la particule pénétrant dans le détecteur sont eux-mêmes accélérés par le champ électrique régnant dans le détecteur et provoquent à leur tour des ionisations. Il y a donc un effet d'avalanche qui permet d'obtenir un signal suffisant.
- 3. Puisque le gaz est toujours ionisé au maximum dans le compteur Geiger, il n'est pas possible de discerner les énergies des particules dans un tel détecteur, n'importe quelle particule produisant un signal identique de même amplitude.

## CORRECTION DES EXERCICES

### Exercice P29 n°27 – Question 4.

- 4.a. Dans le document, il est dit que **le passage d'une particule à proximité d'un fil d'anode déclenche dans celui-ci un signal**. Il est donc possible de repérer le fil à proximité duquel la particule est passée et de connaître la position de la particule au moment où elle a produit le signal.
- 4.b. Plus la chambre contient de fils, plus souvent il est possible de repérer la position de la particule, ce qui permet de connaître sa trajectoire avec une plus grande précision.
- 4.c. Dans une chambre dite proportionnelle, il y a proportionnalité entre la quantité d'électricité détectée et l'énergie de la particule ionisante ayant pénétré dans le détecteur.