

I RAYONNEMENT FOSSILE

En 1965, afin de capter les signaux de l'un des premiers satellites de télécommunication, deux jeunes radioastronomes du laboratoire de la Bell Telephone, Penzias et Wilson, entreprennent d'utiliser une antenne de 6 mètres installée sur la colline de Crawford, à Holmdel (USA). À leur grande surprise, les deux scientifiques tombent sur un étrange bruit de fond radio venant de toutes les directions du ciel.

La très faible intensité du signal détecté ne varie ni au fil du jour, ni au cours des saisons. Ce signal est étranger au Soleil et à la Voie Lactée.

Penzias et Wilson viennent de détecter le « rayonnement fossile ». Ils reçoivent le prix Nobel en 1978.

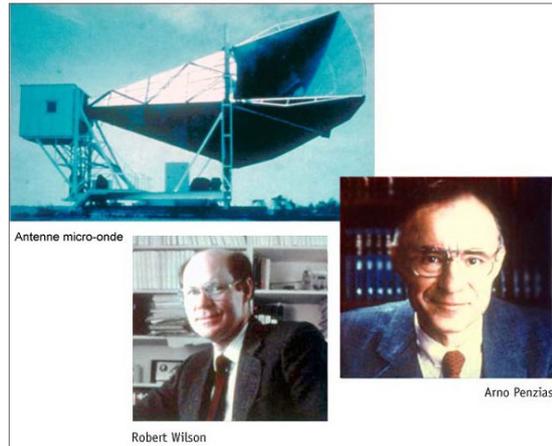
Très vite, le rayonnement fossile procurera la « première image de l'Univers ». Il lèvera le voile sur une époque cruciale : quelques centaines de milliers d'années après le Big Bang. À cette époque, des grumeaux de matière sont déjà assemblés afin de constituer les embryons de nos galaxies.

À force d'analyse et de déduction, les spécialistes sont parvenus à retracer ce qu'a pu être le parcours du rayonnement cosmique :

L'Univers a rapidement été composé de matière "ionisée" dans laquelle la lumière ne se propage pas ; les grains de lumière, les photons, se heurtent aux particules, sans cesse absorbés puis réémis en tout sens. Le cosmos se comporte alors comme un épais brouillard.

Puis l'Univers se dilate, la température s'abaisse. Pour une valeur de la température de l'ordre de 3×10^3 K, les électrons s'assemblent aux protons. On entre alors dans l'ère de la matière neutre : les charges électriques s'apparient et se compensent. Les atomes se créent. L'Univers devient transparent : quelques centaines de milliers d'années après le Big Bang, le rayonnement émis par l'Univers se comportant comme un corps noir peut alors se propager librement. Le rayonnement fossile détecté de nos jours a ainsi cheminé pendant près de quatorze milliards d'années. Durant cette période, l'Univers s'est dilaté, expliquant ainsi que le rayonnement fossile perçu à l'heure actuelle est un rayonnement de fréquence $\nu = 3.10^{11}$ Hz.

D'après http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbig/decouv/xcroire/rayFoss/niv1_1.htm



Antenne micro-onde

Robert Wilson

Arno Penzias

Données

vitesse de la lumière $c = 3.10^8$ m.s⁻¹

constante de la formule de déplacement de Wien : $a = 3.10^{-3}$ K.m

1) Rappeler la loi de déplacement de Wien.

La loi de déplacement de Wien s'applique à un corps noir

$\lambda_{max} = cste / T$

λ_{max} longueur d'onde du rayonnement d'intensité maximale (m)

cste en m.K

T température (K)

2) Pourquoi cette loi peut-elle s'appliquer à l'Univers quelques centaines de milliers d'années

après le big-bang ?

A cet instant l'Univers se comporte comme un corps noir.

3) Calculer la longueur d'onde maximale λ_{max} du rayonnement fossile. Est-elle dans le domaine visible ?

$$\lambda_{max} = c / \nu = 3.10^8 / 3.10^{11} = 10^{-3} \text{ m}$$

Micro-onde ne faisant pas partie du spectre visible

4) En déduire la température du corps noir correspondant.

$$T = cste / \lambda_{max} = 3.10^{-3} / 10^{-3} = 3 \text{ K}$$

5) Pourquoi cette température est-elle si basse ?

T L'Univers se dilate et donc la température s'abaisse.

II LASER

Lu dans un article d'une revue scientifique: «les lasers de caisses du supermarché émettent 10^{16} photons par seconde». On se propose de vérifier que cette donnée est vraisemblable. La puissance maximale du laser ne devant pas dépasser 1 mJ/s pour des raisons de sécurité.

On fera les calculs pour un faisceau laser d'usage courant de longueur d'onde dans le vide $\lambda = 650 \text{ nm}$.

Données: $h = 6,63.10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ $c = 3.10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $1\text{eV} = 1,6.10^{-19} \text{ J}$



1) Calculer l'énergie d'un photon émis par le laser.

$$E = h\nu = hc / \lambda$$

$$E = 6,63.10^{-34} \times 3.10^8 / 650.10^{-9} = 3,06.10^{-19} \text{ J}$$

2) Calculer le nombre maximum de photons émis par le laser en 1 seconde pour que la puissance maximale indiquée ne soit pas dépassée.

$$\text{nbre}_{max}(\text{photons}) / \text{s} = E_{max} / E_{photon}$$

$$\text{nbre}_{max}(\text{photons}) / \text{s} = 1,0 \text{ } 10^{-3} / 3,06.10^{-19} = 3,3.10^{15}$$

3) Peut-on considérer que l'information donnée par la revue est vraisemblable (on tolérera un écart d'un facteur 10 entre les valeurs calculées et annoncées) ?

nbre_{max}(photons) / s = 3,3.10¹⁵ ≈ 10¹⁶ la valeur donnée par la revue est vraisemblable.

4) Un photon est émis par le laser lorsqu'un électron passe d'un niveau d'énergie E_2 à un niveau d'énergie E_1 . Quelle est alors l'énergie du photon émis ? Calculer $\Delta E = E_2 - E_1$. En électron-volt dans le cas du laser étudié ici.

$E_{photon} = \Delta E$ car le photon émis a la même énergie que l'énergie perdue par l'électron.

$$E_{photon} = 3,06.10^{-19} \text{ J} = 3,06.10^{-19} / 1,6.10^{-19} = 1,9 \text{ eV}$$

III EFFET PHOTOELECTRIQUE

Définition [modifier | modifier le code]

L'effet photoélectrique est l'émission d'électrons par un matériau, généralement métallique lorsque celui-ci est exposé à la lumière ou un rayonnement électromagnétique de fréquence suffisamment élevée, qui dépend du matériau.

Dans l'effet photoélectrique, on éclaire une plaque de métal et celle-ci émet des électrons.

Constatations expérimentales de l'émission photoélectrique [modifier | modifier le code]

1. Les électrons ne sont émis que si la fréquence de la lumière est suffisamment élevée et dépasse une fréquence limite appelée fréquence seuil.
2. Cette fréquence seuil dépend du matériau et est directement liée à l'énergie de liaison des électrons qui peuvent être émis.
3. Le nombre d'électrons émis lors de l'exposition à la lumière, qui détermine l'intensité du courant électrique, est proportionnel à l'intensité de la source lumineuse.
4. L'énergie cinétique des électrons émis dépend linéairement de la fréquence de la lumière incidente.
5. Le phénomène d'émission photoélectrique se produit dans un délai extrêmement petit inférieur à 10^{-9} s après l'éclairage, ce qui rend le phénomène quasi instantané.

1) le seuil d'émission est-il déterminé par la couleur de la lumière éclairant le matériaux étudié ou par l'intensité de la source lumineuse ?

Le seuil d'émission est déterminé par la fréquence de la lumière éclairant le matériau donc par sa couleur.

2) On éclaire une plaque de métal par une lampe de 1W émettant de la lumière rouge : on n'observe aucune émission photoélectrique. Pour observer une émission photoélectrique faut-il une lampe rouge plus puissante de 100W par exemple ou plutôt une ampoule bleue de 1W ?

Si une lampe rouge ne déclenche pas d'émission photoélectrique c'est que l'énergie $h\nu_{\text{rouge}}$ d'un photon rouge est insuffisante. Il est inutile d'augmenter la puissance de la lampe rouge, il faut changer de couleur de sorte que l'énergie $h\nu$ d'un photon soit plus grande, par exemple un photon bleu même si la lampe n'a une puissance que de 1W.

3) Pour émettre un électron d'un matériau étudié il faut fournir 2,5 eV, quelle est la couleur de la lumière nécessaire à cette émission ?

$E = hc / \lambda$ donc $\lambda = hc / E = 6,63 \cdot 10^{-34} \times 3 \cdot 10^8 / 2,5 \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 497 \text{ nm}$ lumière jaune - vert

Données : $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

IV QUADRICHROMIE

La quadrichromie est un procédé d'imprimerie qui permet de reproduire un large spectre coloré à partir des trois couleurs cyan, magenta et jaune, auxquelles on ajoute le noir.



1) - Quel type de synthèse des couleurs est utilisé en imprimerie ?

synthèse soustractive

2)- Comment nomme-t-on les couleurs cyan, magenta et jaune dans ce type de synthèse ?

Couleurs primaires

3)- Peut-on obtenir du noir avec trois couleurs ?

Oui par superposition des trois couleurs

4)- Quel est l'intérêt d'utiliser directement le noir ?

Economie d'encre colorées, meilleur rendu du noir, plus grande vitesse d'impression