

# Généralité sur la pression de radiation

## 1) Explications

La pression de radiation est la pression exercée sur une surface exposée à un rayonnement électromagnétique. Cette pression est très faible, et il est difficile de la mettre en évidence expérimentalement. Cet effet fut déduit théoriquement par James Maxwell en 1871 et fut détecté expérimentalement par Pyotr Lebedev en 1900 puis par Ernest Nichols et Gordon Hull en 1901.

On peut montrer à l'aide de la théorie de l'électromagnétisme, la mécanique quantique ou la thermodynamique, en ne faisant aucune supposition sur la nature du rayonnement, que la pression  $P$  exercée sur une surface exposée à un rayonnement uniforme dans toutes les directions est égale à  $2/3$  de l'énergie cinétique rayonnée  $\langle K \rangle$  par unité de volume  $V$ .

$$\text{C'est-à-dire } P_r = \frac{2}{3} \frac{\langle K \rangle}{V}$$

Pour le rayonnement d'un corps noir en équilibre avec la surface exposée la puissance totale rayonnée par unité de surface selon la loi de Stefan-Boltzmann, vaut :  $M = \sigma T^4$  avec  $\sigma = \frac{\pi^2 k_b^4}{60 c^2 \hbar^3}$

Avec  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$  la constante de Plank réduite

En divisant cette puissance par la vitesse de la lumière  $c$  on obtient une énergie cinétique par unité de volume  $\frac{\langle K \rangle}{V} = \frac{\sigma T^4}{c}$

$$\text{D'où l'expression de la pression de radiation } P_r = 2 \frac{2}{3} \frac{\sigma T^4}{c} = \frac{4}{3} \frac{\sigma T^4}{c}$$

Le facteur 2 vient du fait que  $K = pc$  pour un photon et pas  $K = \frac{1}{2}pv$  comme pour une autre particule.

C'est le rayonnement solaire qui permettra l'utilisation de la pression de radiation pour le voile solaire.

## 2) Mise en évidence

Il est difficile de mettre en évidence la pression de radiation en laboratoire, mais certains appareils nous le permettent :

- Le radiomètre de Crookes : il consiste en une ampoule sous vide partiel, de manière à ce que le libre parcours moyen des molécules d'air présentes avoisine le diamètre de l'ampoule, dans laquelle se trouve un moulin libre de tourner autour d'un axe central. Il est composé d'ailettes comportant un côté corps noir qui absorbe le rayon incident et d'un côté brillant de type miroir qui réfléchit le rayonnement.

Il permet de mettre en évidence deux phénomènes :

. Eclairé à la lumière blanche on observe que les ailettes tournent dans le sens tel que les faces noires « poussent », cet effet est lié à l'agitation thermique due à l'absorption des rayons incidents par le corps noir, qui entraîne une augmentation locale de pression et qui provoque la rotation.

. Eclairé par un laser puissant il tourne dans l'autre sens. Cette rotation est due à la pression de radiation.

Obtenir la bonne rotation est difficile en laboratoire, cela nécessite un laser puissant et un bon radiomètre.

- Le tube de Crookes : il est semblable au radiomètre de Crookes, il comporte deux différences importantes pour l'expérience au laser, le vide est plus poussé à l'intérieur, et il n'y a que des faces de type miroir sur le moulin.
- Laser verticale : un laser vertical de forte puissance permettrait de compenser le poids d'une feuille réfléchissante très mince, et ainsi de la faire léviter. Cependant il y a deux obstacles à cette expérience, il faudrait déjà un laser très puissant, mais surtout une feuille de l'ordre du micromètre d'épaisseur, du type de celle utilisé pour les voiles solaires.

