

EFFET TCHERENKOV



La vitesse de la lumière dans le vide est de $c = 299'792 \text{ km/s}$, dans l'eau elle est réduite à $224'900 \text{ km/s}$. Cette différence est liée à l'indice de réfraction du liquide (ou d'une matière solide transparente). Nous pouvons donc supposer, que dans un liquide, une particule puisse dépasser la vitesse de la lumière, mais naturellement sans dépasser c .

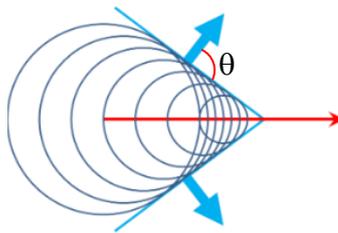
L'effet Tcherenkov est connu depuis 1910, les travaux de Marie Curie montrent que l'eau soumise à une source radioactive produit de la lumière bleue. Jusqu'en 1926, l'explication admise était la fluorescence produite par des solutés. Mais entre 1926 et 1929, Lucien Mallet analysa plus profondément la question et remarqua que le spectre lumineux produit était continu, alors que la fluorescence donne un spectre discontinu.

Les recherches de **Pavel Tcherenkov** établissaient les propriétés générales de la radiation. Cependant, une description mathématique de l'effet était toujours absente. C'est là qu'interviennent les deux collègues et co-lauréats du prix Nobel de 1958, Il'ja Frank et Igor Tamm : ils ont donné une explication mathématique rigoureuse et simple.

L'endroit idéal pour observer l'effet Tcherenkov ce sont les centrales nucléaires, ci-contre le réacteur de la centrale de Cattenom lors du transfert du combustible usé vers la piscine de stockage.



Les particules concernées sont les électrons et positons. Très légers, ils atteignent des vitesses très élevées. Pour aller plus vite que la lumière dans l'eau, un électron doit avoir une énergie supérieure à 175 keV . Cette condition est souvent remplie par des électrons de la radioactivité bêta, jamais pour les particules alpha lourdes et trop lentes. C'est équivalent à l'onde de choc lorsqu'un avion dépasse le mur du son. Dans notre cas on parle du cône de Tcherenkov.



$$\cos \theta = \frac{c}{v \cdot n}$$

c : vitesse de la lumière dans le vide
 v : vitesse de la particule dans le milieu
 n : indice de réfraction du milieu
par exemple pour l'eau :

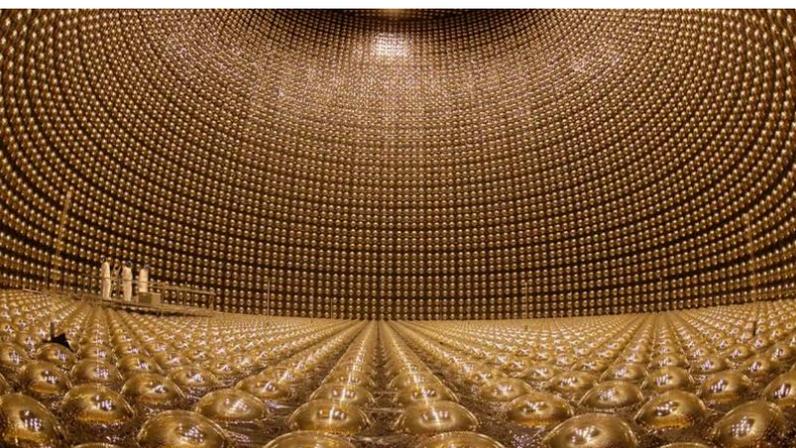
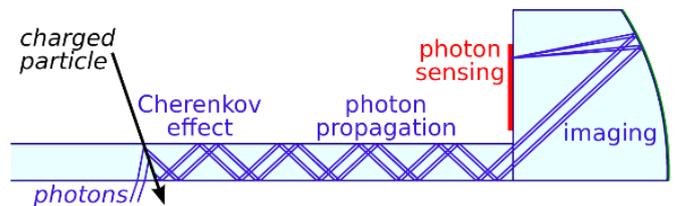
$$n = 1,33 \quad \theta = 41,2^\circ$$

Les astronautes des missions Apollo s'étaient tous plaints de lueurs bleues dans leurs yeux (phosphènes) lors de leurs missions. On découvrit que ces troubles visuels lumineux étaient dus à l'effet Tcherenkov de particules du vent solaire traversant le liquide des globes oculaires des astronautes.

Pendant longtemps les physiciens ont pensé que l'Effet Tcherenkov ne pouvait se produire dans le vide. Mais récemment, des physiciens écossais ont montré que les particules virtuelles agitant le vide quantique pouvaient suffisamment ralentir les photons afin qu'un effet Tcherenkov puisse se produire. Un groupe de chercheurs en physique à Strathclyde a découvert que, dans des conditions extrêmes, telles que celles des lasers les plus puissants du monde, ou dans les immenses champs magnétiques autour des étoiles à neutrons, ce vide polarisé peut ralentir les rayons gamma juste assez pour produire une émission Tcherenkov.

L'effet Tcherenkov est devenu un instrument indispensable à la physique des particules. Il permet la construction de détecteurs de particules simples grâce auxquels on peut déduire la masse et la vitesse d'une particule.

Ring Imaging Cherenkov (RICH) est un détecteur de particules fonctionnant avec l'effet Tcherenkov. La projection sur un plan de photomultiplicateurs du cône de lumière formé par le passage d'une particule chargée dans un milieu radiateur forme un anneau (d'où le nom « imagerie annulaire ») à partir duquel il est possible de déterminer certaines propriétés de la particule, telles que sa vitesse, son type ou sa direction. On trouve ce type de détecteur au CERN et dans l'ISS.



En 1995, les japonais ont construit le plus grand détecteur Tcherenkov dans une mine à 1000 mètres de profondeur dans le but de détecter des neutrinos : le **Super-Kamiokande**. C'est un cylindre de 40 m de haut et de diamètre rempli de 50'000 t d'eau purifiée. Toute la surface intérieure est tapissée de photomultiplicateurs ultrasensibles pour détecter la lumière bleue. En 1998 ils ont démontré que le neutrino possédait une masse très faible mais non nul.

Le 12 novembre 2001, une explosion détruit la quasi-totalité des photomultiplicateurs. Les causes de l'accident ne sont pas encore connues.