

XENON100 experiment and photodetection in liquid xenon

Samuel DUVAL

Laboratoire SUBATECH UMR 6457, Nantes

Résumé

Une quantité non-négligeable de l'Univers est constituée d'une matière non-lumineuse et non-absorbante que l'on appelle matière noire ou matière sombre. La présence de cette dernière est remarquable de part ses effets gravitationnels et permet d'expliquer la vitesse de rotation anormalement élevée des étoiles au sein des galaxies. Elle est perceptible à plus large échelle comme lors de la collision d'amas de galaxies mais aussi à l'échelle cosmologique.

D'après nos connaissances actuelles, la matière noire pourrait être constituée de particules massives non-relativistes interagissant faiblement avec la matière baryonique, regroupées sous l'acronyme anglais de WIMPs (Weakly Interactive Massive Particles). L'expérience XENON100 vise à détecter l'interaction élastique de ces particules avec des noyaux de xénon à l'aide d'une chambre à projection temporelle double phase utilisant du xénon liquide comme milieu actif. Elle vise tout d'abord la découverte des WIMPs et ensuite à contraindre la section efficace d'interaction WIMP-nucléon et leur masse. Actuellement en prise de données au Laboratoire National souterrain du Gran Sasso en Italie elle est à l'heure actuelle la plus sensible des expériences de détection directe, ayant atteint une section efficace de 7.10^{-45} cm^2 à $50 \text{ GeV}/c^2$.

Afin d'améliorer leur sensibilité ces expériences tendent à augmenter la masse des détecteurs. Les gaz nobles liquides s'y prêtent particulièrement bien comme l'a montré l'évolution de l'expérience XENON10 à XENON100 qui est d'hors et déjà en cours d'extension afin de disposer d'une masse d'une tonne de xénon liquide (XENON1T). Dans cette même optique, le projet DARWIN (DARK matter WIMP search with Noble liquids) a pour objectif l'étude de faisabilité mettant en jeu 5 et 10 tonnes de xénon et d'argon liquide respectivement dans le but d'atteindre des sections efficaces d'environ 5.10^{-48} cm^2 vers $50 \text{ GeV}/c^2$. Afin d'améliorer la qualité de la couverture de photodétection de telles expériences, de nouveaux types de détecteurs de large surface sont proposés comme alternative aux tubes photomultiplicateurs classiques.

Dans une première partie, je présenterai XENON100, du fonctionnement du détecteur jusqu'aux résultats des 100 premiers jours de données et le statut actuel de la prise de données. J'aborderai dans une seconde partie la thématique de la photodétection dans le xénon liquide notamment au travers du développement d'un photomultiplicateur gazeux cryogénique de large surface.

Summary

A sizable amount of the Universe is made of non-luminous and non-absorbing matter which we call dark matter. Its presence is remarkable from its gravitational effects and it is used to explain anomalous star velocities observed in galaxies. It is observable at larger scale like in galaxies cluster collisions but also at the cosmological level.

To the best of our knowledge, dark matter could be made of non-relativistic Weakly Interactive Massive Particles (WIMPs). XENON100 experiment aims to detect elastic scattering of WIMPs with xenon nuclei with a double-phase liquid xenon time-projection chamber using liquid xenon as active media. Its goal is the WIMP discovery and the constraint of WIMP-nucleon cross section and WIMPs mass. Data are currently taken at the Laboratori Nazionali del Gran Sasso in Italy. This experiment is at the present time the most sensitive one in the direct search with an exclusion cross-section limit of $7 \cdot 10^{-45} \text{ cm}^2$ at $50 \text{ GeV}/c^2$.

In view of improving their sensitivity such type of experiment tends to enlarge their mass of detection. Liquid noble gases are well suited for such scale-up as it has been shown by the evolution of XENON10 to XENON100 which its extension is already in progress in order to reach one ton TPC mass. With a similar perspective, the DARWIN project (DARK matter WIMP search with Noble liquids) is studying the realization of 5 and 10 tons of liquid xenon and argon respectively in order to reach cross-sections of around $5 \cdot 10^{-48} \text{ cm}^2$ at $50 \text{ GeV}/c^2$. In this framework, new types of photodetectors are proposed as an alternative of classical vacuum photomultiplier tubes in order to improve the photodetection coverage.

The first part of my presentation will deal with XENON100 experiment from the detector functioning to the last 100 days run results and the present status of the data taking. I will present in a second part the photodetection in liquid xenon in particular through the development of a large-area cryogenic gaseous photomultiplier.