

# Étude des Phénomènes Photophysiques de Discrimination Neutron/Gamma dans les Scintillateurs Plastiques pour la Conception d'un Système Intégré de Détection Neutronique

Dr. Pauline BLANC 1,2,3

<sup>1</sup>IMS, 53, rue Bourdignon, 94100 Saint-Maur-des-Fossés, France

<sup>2</sup>CEA, Centre de Saclay, 91191 Gif-Sur-Yvette, France

<sup>3</sup>ENS Cachan, PPSM, UMR 853, 94235 Cachan cedex, France

À l'issue des travaux de thèse de P. Blanc achevés en mai 2014 au CEA Saclay, l'auteur a intégré depuis IMS, Innovation Measurements System, produisant des systèmes de détection miniaturisés, portables et intégrant l'électronique embarquée donc autonomes et adaptables sur des systèmes déjà existants. Le dosimètre, les spectromètres et le report d'alarme industrialisés par IMS sont nés de transferts technologiques du CEA.

Un exemple de valorisation pour passer avec succès de la recherche à l'industrie peut porter vers des marchés tel que le contrôle aux frontières, ou plus généralement le Homeland Security, la radioprotection ou encore la non-prolifération nucléaire en développant un système portable pratique et efficace de détection neutronique.

Le sujet de cette thèse est né de l'observation de phénomènes incompris des mécanismes à l'origine des très faibles efficacités de discrimination neutron/gamma ( $n/\gamma$ ) dans les scintillateurs plastiques en comparaison à leurs homologues liquides. Le flash lumineux qu'ils génèrent suite à une interaction avec un rayonnement ionisant (majoritairement des protons de recul dans le cas des neutrons et des électrons dans le cas des gamma) présente des caractéristiques temporelles qui dépendent de la nature de la particule détectée (type et énergie). C'est sur la forme du signal que la séparation peut être réalisée (PSD). Les scintillateurs liquides ont largement été étudiés. C'est seulement récemment qu'il a été démontré qu'une séparation nette pouvait être réalisée à l'aide de plastiques spécialement conçus. L'étude de ces systèmes et la compréhension des processus photophysiques en plastique par rapport à leur efficacité de PSD est toujours d'actualité. Ce travail est dédié à la compréhension des phénomènes en amont des émissions de luminescence, juste après l'interaction rayonnement/matière. Différents aspects ont été étudiés, une première partie a été consacrée à un état de l'art complet, une deuxième partie a été consacrée à la caractérisation des matériaux scintillants mis en jeu pour définir leurs propriétés de fluorescence et de scintillation sous rayonnement. Une troisième partie s'est focalisée sur la simulation de traces neutrons *via* un faisceau de protons pour quantifier dans des conditions contrôlées leur dépôt spécifique d'énergie dans notre plastique présentant des capacités de discrimination  $n/\gamma$ . Une quatrième partie a été dévolue à la détermination de leur efficacité de PSD en fonction de leurs paramètres de structure moléculaire. Ces travaux ont conduit à la préparation d'un plastique dans le laboratoire d'accueil de P. Blanc au CEA (le laboratoire capteurs et architecture électronique, LCAE) présentant des propriétés de PSD considérées efficaces, ce qui a donné lieu à un dépôt de brevet. Enfin une étude photophysique conclut ce travail à l'aide d'un laser femtoseconde pour simuler de façon purement optique des interactions neutron avec la matière donnant lieu à de la fluorescence retardée. Nous tentons ainsi de définir la nature des transferts d'énergie mis en jeu. Nous concluons enfin sur la corrélation structure/propriétés de discrimination. Ces avancées étaient vouées à permettre de guider le potentiel en termes d'applications industrielles et le développement de nouveaux matériaux.

Dans le contexte des perspectives de cette thèse, l'industrialisation d'un système basé sur ces matériaux et leur capacité de PSD, pour leur intégration dans un système intégré et miniaturisé permettrait le développement d'un détecteur neutronique portable et pratique.

Les technologies les plus répandues aujourd'hui pour la détection neutronique sont les compteurs à gaz Helium-3 ( $^3\text{He}$ ), cependant ce gaz manque, pour une quantité nécessaire de 60 000 L/an seulement 20 000 L/an est produit. C'est pourquoi des technologies optimisées en coût à base de plastiques seraient tout à fait attractives dans le cadre du remplacement des compteurs à gaz  $^3\text{He}$ .

**Mots Clefs** : Scintillateurs Plastiques, Détection Directe de Neutrons Rapides (DFND), Discrimination n/ $\gamma$  sur la Forme de l'Impulsion (PSD), Photolyse Laser Femtoseconde, Photoionisation, Annihilation Triplet-Triplet (TTA), Fluorescence Retardée, Absorption Transitoire.

**Bibliographie :**

**M. Hamel, P. Blanc et al. 2013** – French Patent Application FR1352072

**P. Blanc et al. 2012** - « Study and Understanding of neutron/gamma discrimination in organic plastic scintillators ». In Nuclear Science Symposium and Medical Imaging (NSS/MIC) 2012 IEEE p. 1978-1982. Doi : 10.1109/NSSMIC.2012.6551457

**P. Blanc et al. 2014** – « Intrinsic Evaluation of neutron/gamma discrimination in organic plastic scintillators ». In Nuclear Science IEEE Transactions on 61. p. 1995-2005. Issn : 0018-9499. Doi : 10.1109/TNS.2014.2327292

**P. Blanc et al. 2014** – « Neutron/gamma Pulse Shape Discrimination in Plastic Scintillators : Preparation and Characterization of Various Compositions ». In Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A : Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment 750. p. 1-11. Issn :0168-9002. Doi : <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2014.02.053>. url :

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168900214002691>