Contribution aux exercices de prospective nationale 2020-2030

*Détecteurs et instrumentation associée*

# PICosecond subMICRON Concept

**Auteur principal**

Nom : Imad Laktineh

Affiliation : IP2I de Lyon

Email et coordonnées : laktineh@in2p3.fr

**Co-auteurs (inclure aussi les collaborateurs internationaux si existants)**

*IP2I : H. Mathez, E. Bechetoile, M. Dahoumane, G. Baulieu, G. Beaulieu, C. Combaret, P. Nedelec, G. Grenier, L. Mirabito*

*IPHC : Ch. Hu, C. Coledani, H. Pham, J. Baudot, F. Morel*

*Omega : Ch. De la Taille, S. Callier*

*CPPM : P. Pangaud, J-P Cachemiche*

*Institut de matériaux et des polymères IMP de Lyon : A. Serghei, L. David*

*Institut de Nnotechnologie de Lyon (INL) : J-L ; Leclecrcq, K. Pascal, P. Pittet.*

*Contribution à rédiger en français ou en anglais et à envoyer à* *PROSP2020-GT08-COPIL-L@IN2P3.FR* *avant le* ***1er novembre 2019***

1. **Informations générales**

**Titre : PICosecond subMICron detector**

**Acronyme :** *PICMIC*

**Résumé**

*Nous travaillons sur un nouveau concept qui utilise des senseurs développés à partir de nanopores pour les transformer en sorte de NanoChannel Plate (NCP). Ces nouveaux senseurs auront une résolution spatiale inférieure au micron et une résolution temporelle de l’ordre de la picoseconde. Le nouveau concept exploitera ces deux caractéristiques avec un nombre de canaux électroniques limités grâce à une idée originale faisant l’objet d’un brevet déposé par la SATT de Lyon (PULSALYS).*

***Préciser le domaine technologique*** *(plusieurs choix possibles)*

* Photo-détecteurs
* Micro-électronique, Electronique Front End
* Acquisition de données, Temps réel

***Préciser la motivation principale de recherche visée par la contribution :***

* R&D Trajectographe
* R&D Identification de particules
* R&D Détection de gammas
* R&D Détecteurs imagerie médicale
1. **Description des objectifs scientifiques et techniques
*(1 page max incl. figures)***

Nous proposons de développer un nouveau concept d’un détecteur de particules qui a pour objectif de fournir une résolution remarquable temporelle (de l’ordre de la picoseconde) et spatiale (inférieure au micron) à la fois. Pour y parvenir nous développons un senseur similaire au MicroChannel Plate (MCP) mais avec des canaux dont le rayon peut être choisi entre des dizaines et des centaines de nanomètres. Ces senseurs sont développés à partir des nanopores créés dans des plaques fines d’aluminium par électrolyse et ensuite couvert par des matériaux résistifs et émissive grâce à des techniques d’évaporation ou de ALD. L’interaction des particules dans les parois de ces plaques conduira à la création d’avalanche d’un grand nombre d ‘électrons (104 pour une simple plaque) à l’intérieur d’un de ces nano-canaux. Cette grande charge confinée dans un espace extrêmement réduit permettra d’obtenir à la fois une excellente résolution spatiale et temporelle. Pour parvenir à exploiter de telles performances avec un nombre raisonnable de canaux électroniques, un nouveau concept est proposé. Ce concept qui fait l’objet d’une demande de brevet déposé par la SATT de Lyon consiste à mesurer le temps par le passage de l’avalanche dans une grille quasi-transparente munie sur ses bords de plusieurs relais métalliques connectés à des puces électroniques d’une grande résolution temporelle. L’avalanche est ensuite recueillie sur un wafer équipé de pixels d’une taille similaire à celle des nano-canaux. Contrairement à une structure standard pour laquelle des milliards de voies électroniques seraient nécessaires pour lire les pixels d’un senseur d’un cm2  le concept développé ici utilise un schéma déjà breveté (PCT/EP2018/053561-WO2018149827). Les pixels sont connectés les uns aux autres grâce à des lignes métalliques (strips) différentes placées à l’intérieur du wafer. Il y a au moins trois directions différentes de ces lignes en sorte que lorsque la charge de l’avalanche est répartie sur au moins trois pixels voisins, ces pixels sont associé à des strips différents et lus par des voies électroniques différentes. Le nombre de canaux électroniques est dans ce cas réduit d’un facteur (NxN à 3N) où N est le nombre de pixels par axe. Cette réduction est d’autant plus importante que le nombre de pixels est grand. Même avec un nombre réduit de canaux électroniques, il est indispensable d’intégrer l’électronique dans le wafer. Des discriminateurs de type CMOS de taille inférieure à quelques dizaines de microns sont proposés. Pour obtenir des pixels de quelques centaines de nanomètres des technologies de type 65 nm ou moins sont nécessaires. En plus de l’électronique de lecture pour la partie temporelle et la partie spatiale, nous devons utiliser des cartes d’acquisition qui permettent de relier les deux types d’information et enlever l’ambiguïté qui peut avoir lieu pour des taux de particules de plus de 10 GHz/cm2.

1. **Livrables associés, calendrier et budget indicatifs (1 page max. incl. figures)**

Nous proposons les livrables suivants :

1. Réalisation de plaque de nanopores avec forme conique et sa transformation en senseur de type NCP.
2. Améliorer/adapter l’électronique « fast timing » déjà existante pour atteindre une résolution d’une picoseconde. Cela concerne la partie du préamplificateur et du discriminateur ainsi que le TDC.
3. Concevoir et développer des wafers qui accueillent à la fois les pixels connectés et les discriminateurs CMS dans des technologies 65 nm ou inférieures.
4. Améliorer/développer des cartes d’acquisition à grande bande passante ( > 100 GHz)
5. Fabriquer des détecteurs de type PICMIC et les valider.
6. Développer des photocathodes appropriées pour utiliser les NCP comme photo-détecteur
7. Transformer des NCP en détecteurs de MIPs en les équipant d’un gaz noble comme l’argon.

Le cout nécessaire d’un tel développement se situe autour de 2 millions d’euros dont 800 k€ seront nécessaires à la réalisation de l’électronique et plus particulièrement les wafers de type 65 ns (600 k euros). Le reste (1200 k€) est le coût des ressources humaines nécessaires pour mener à bien ce projet :

Physiciens : 6 FTE, ingénieurs : 6 FTE, techniciens : 3 FTE.

1. **Impact *(1/2 page max.) (optionnel)***

Le nouveau concept pourrait devenir un outil de détection extrêmement utile dans les domaines suivants :

Détecteurs pour la physique des particules, astroparticules et la physique nucléaire.

Photo-détection : Caméras dans l’espace, sécurité du territoire, PET, radar, études des atomes et molécules auprès des expériences de type « Free Electron Laser », études d’observation biologique (étude du flux synaptique parmi d’autre).

**N.B.** Un NDA a été signé avec Hamamatsu pour un co-développement possible.

1. **Références**