



**HAL**  
open science

## Mise au point d'un dispositif de comptage compact équipé de SiPM pour l'analyse par scintillation liquide

Youssef Mhamdi, Laurent Ferreux, Kevin Galliez

### ► To cite this version:

Youssef Mhamdi, Laurent Ferreux, Kevin Galliez. Mise au point d'un dispositif de comptage compact équipé de SiPM pour l'analyse par scintillation liquide. Séminaire des 60 ans de la CETAMA, Oct 2021, Nîmes, France. . irsn-04060568

**HAL Id: irsn-04060568**

<https://irsn.hal.science/irsn-04060568v1>

Submitted on 6 Apr 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



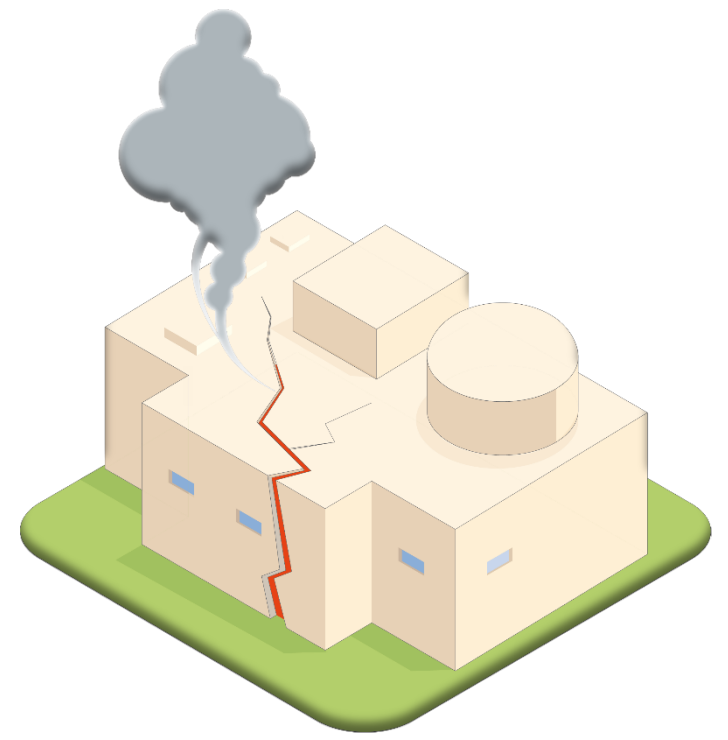
Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License

Dans le cadre de sa mission d'expertise relative aux risques nucléaires et radiologiques, l'IRSN a mis en place le projet LATAc, comprenant :

- un laboratoire dédié à l'analyse d'échantillons (LATAc, en construction sur le site du Vésinet),
- des solutions de métrologie innovantes développées au Service de Métrologie et d'Analyse de l'Environnement (SAME).

Dans ce cadre, le Laboratoire de Mesure Nucléaire (SAME/LMN) a entrepris le développement d'un compteur compact, basé sur une détection des photons par SiPM (photomultiplicateurs au silicium). Cette technologie innovante, initialement développée par le CEA/LASE et les ateliers LAUMONIER pour la mesure de contamination surfacique, a été adaptée pour permettre la mesure d'échantillons marqués en émetteurs alpha ou beta et analysés par scintillation liquide (frottis, eaux).

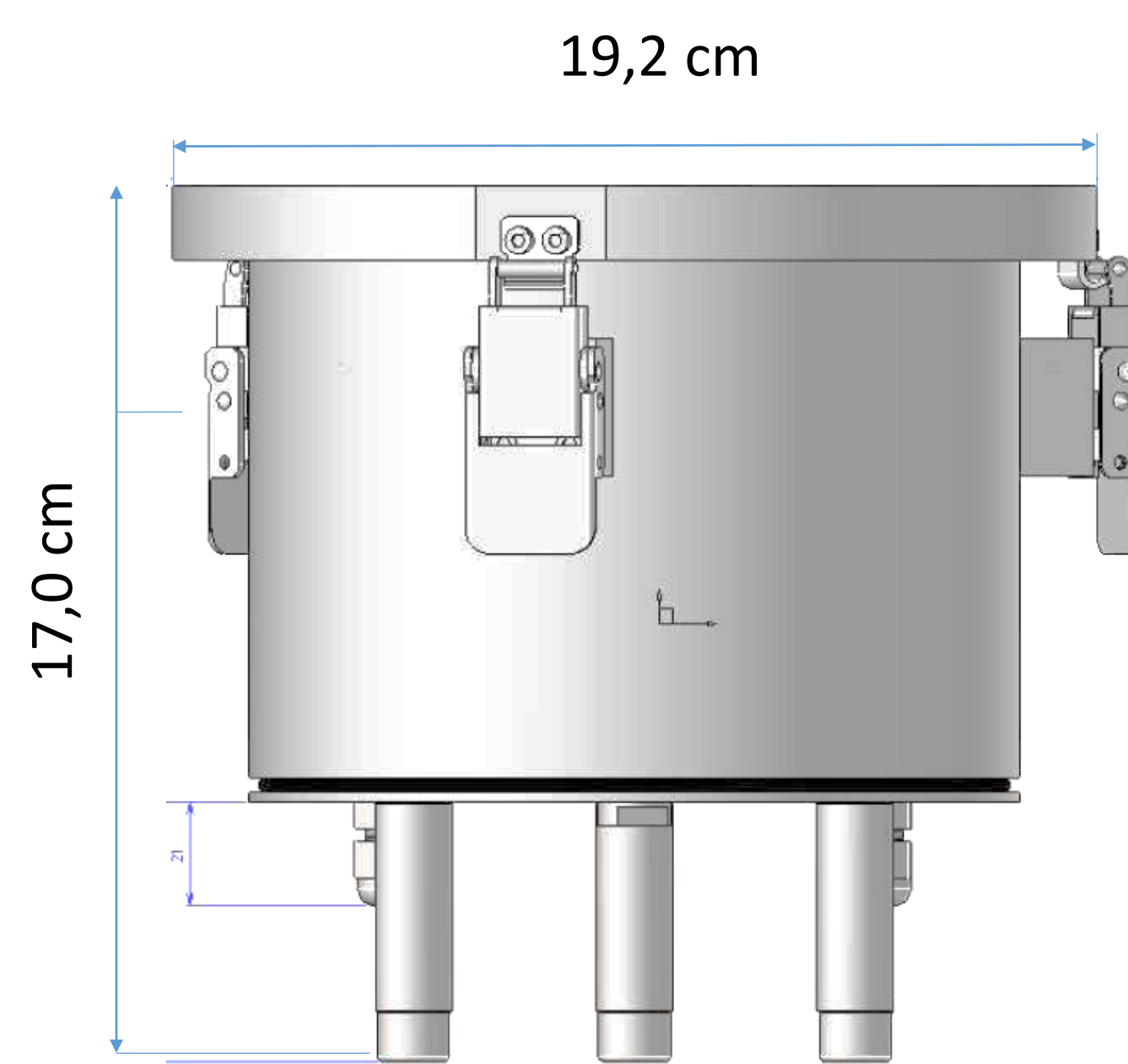
Ce poster présente le prototype, les essais exploratoires et les perspectives futures offertes par cette technologie.



## LE COMPTEUR



- Il s'agit d'un prototype de comptage basé sur des détecteurs SiPM montés en coïncidence pour les mesures par scintillation liquide  $\beta$  ou  $\alpha$ .
- Il est destiné à quantifier et identifier, dans la mesure du possible, le type de rayonnement :  $\beta$  ou  $\alpha$ .

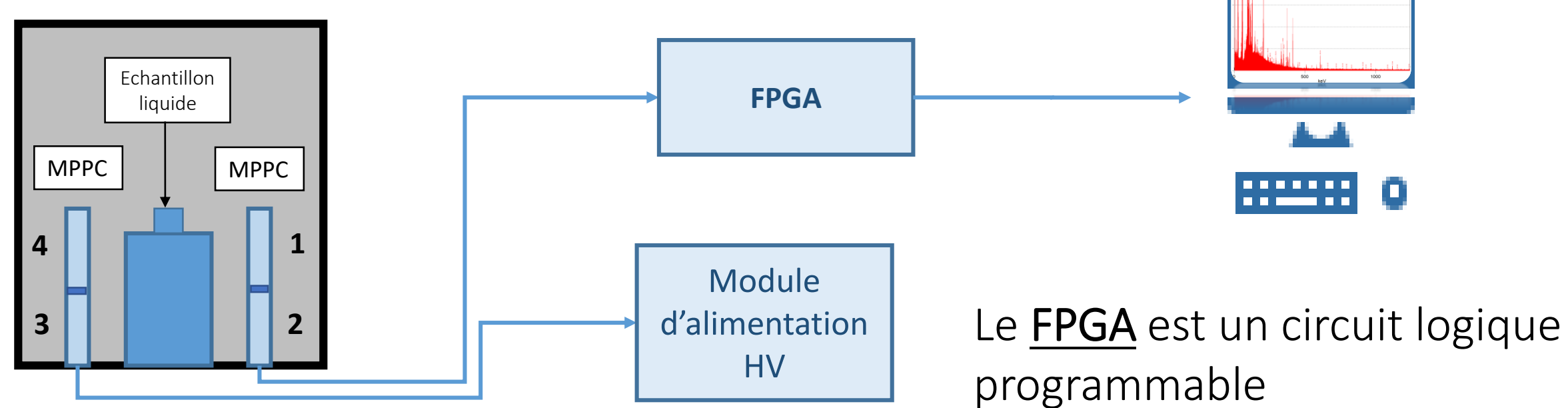


Détection → Traitement → Analyse

Le système est composé de :

- 4 MPPCs montés de la manière suivante :
  - ❖ MPPCs montés deux par deux l'un au dessus de l'autre,
  - ❖ Les deux montages sont disposés symétriquement de part et d'autre de l'échantillon.
- Une chambre noire opaque accueillant les flacons contenant l'échantillon et le liquide scintillant.
- Deux cartes électroniques séparées :
  - ❖ La première assure la gestion et la lecture des SiPMs
  - ❖ La deuxième permet l'alimentation du dispositif

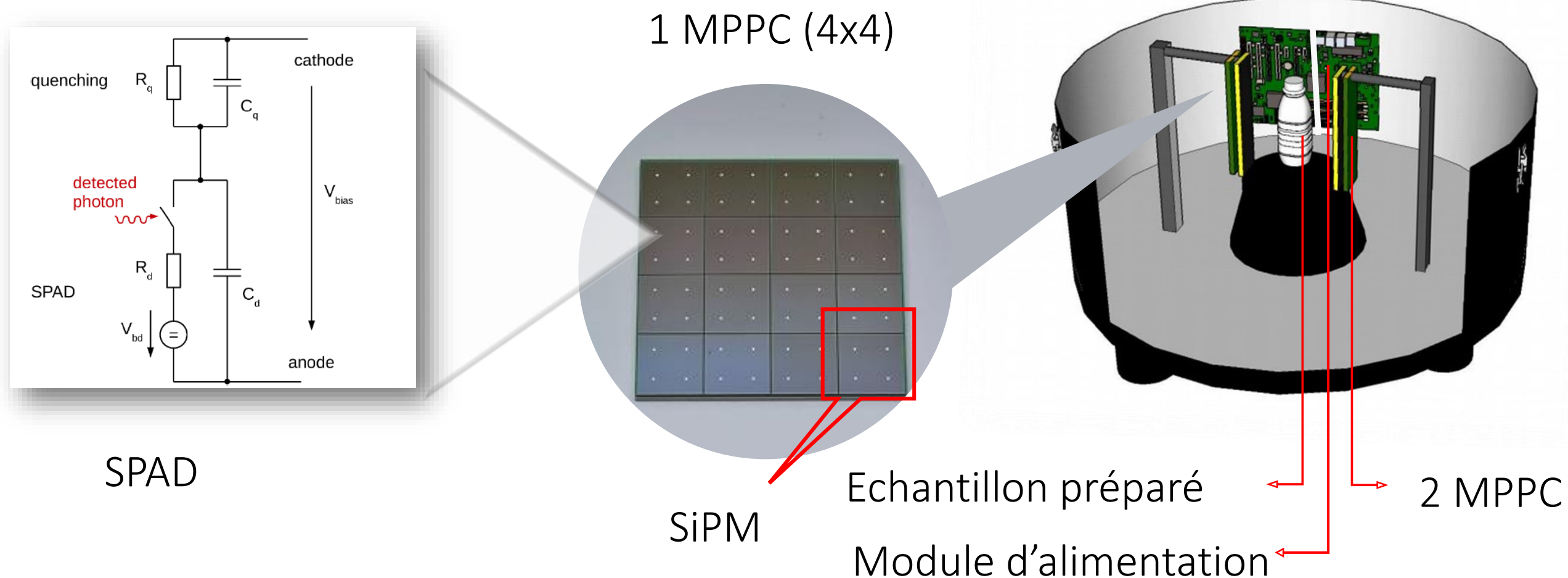
### Schéma Simplifié du système de détection



Le **MPPC** est une matrice de photodiodes à multi pixels, chaque pixel fonctionne comme un Geiger en mode PhotoDiode à Avalanche (PDA).

## Le détecteur

Le système est équipé de 4 MPPC. Chaque MPPC est une matrice de 16 SiPMs, ce qui correspond 14336 pixels. Chaque pixel correspond à un Single Photo-Avalanche Diode (SPAD).



## Echantillons mesurés

« IPA » Perkin utilisés pour le suivi qualité des échantillons

	<sup>14</sup> C	<sup>3</sup> H
Activité (Bq)	2220	4810
Durée de mesure (min)	20	20

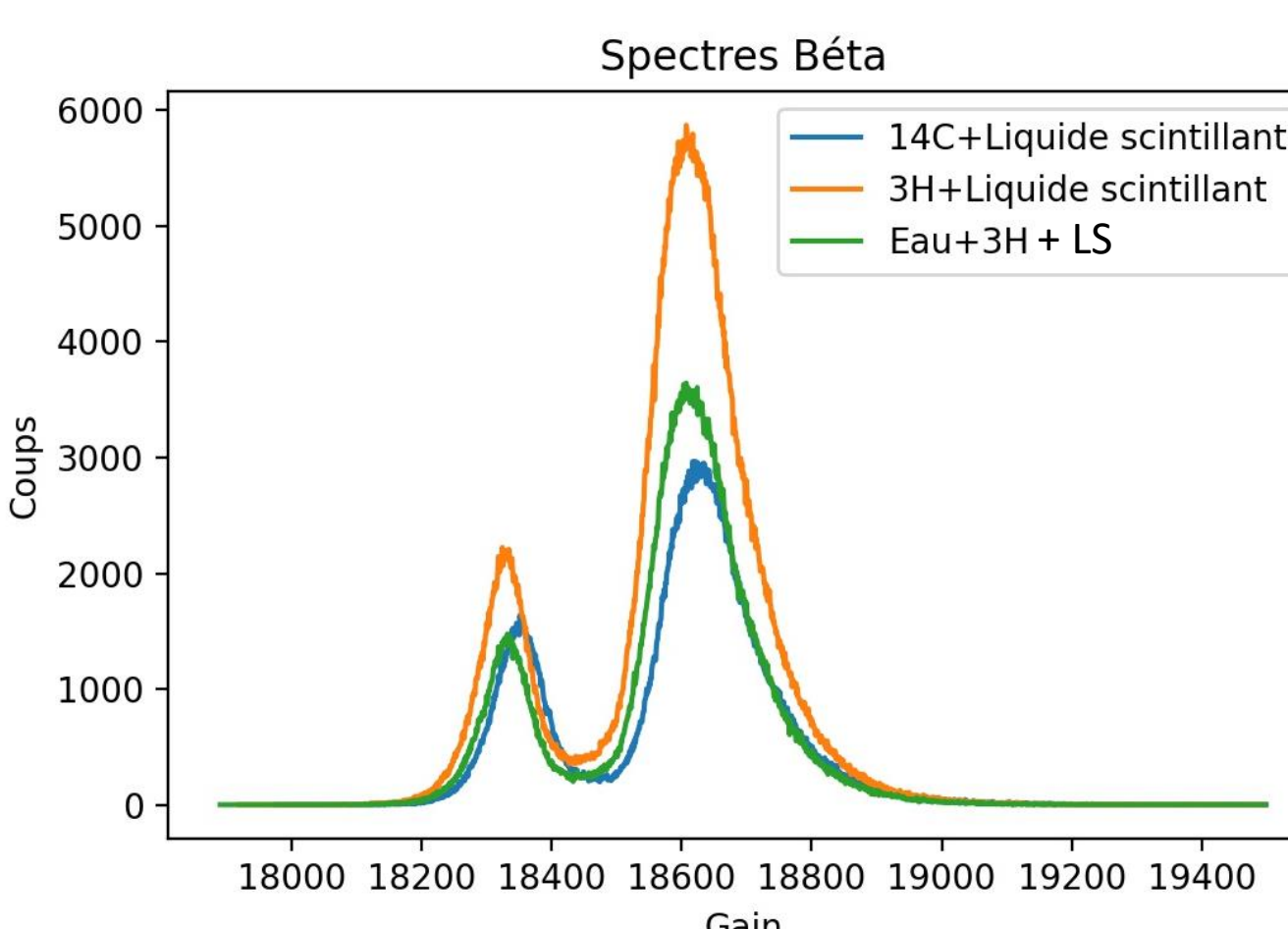
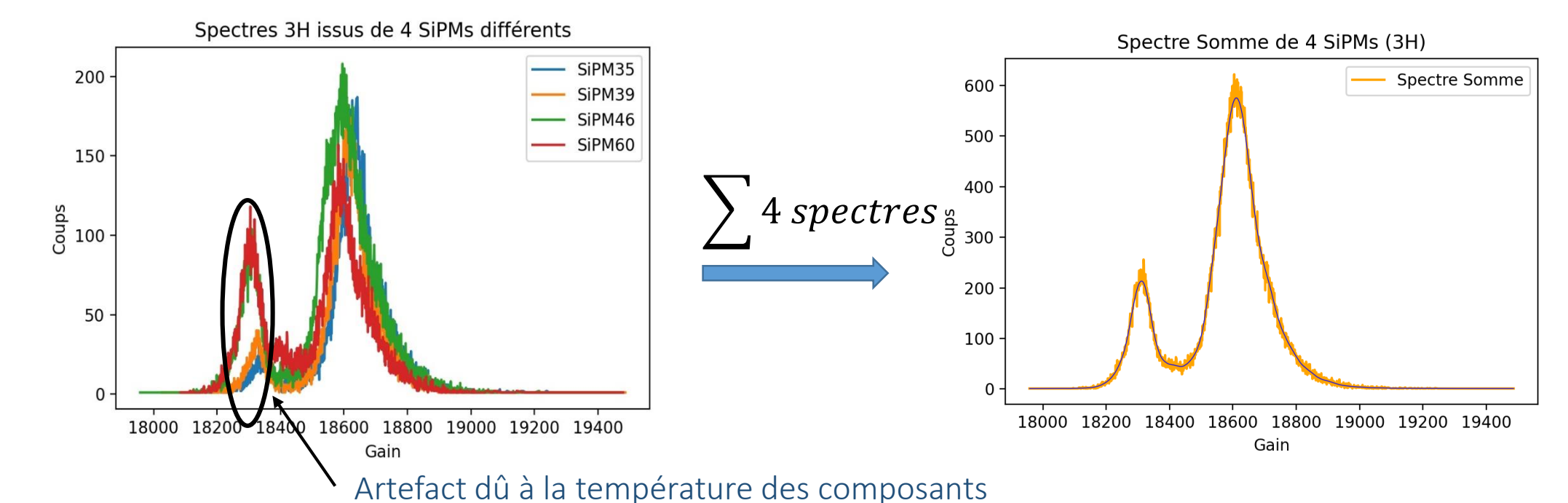


Un échantillon en flacon PE 10/10 Eau/UGLLT a été testé pour prouver la faisabilité de mesurer des échantillons classiques

## Acquisition et visualisation des signaux des SiPM

Le système de détection est modélisé de la manière suivante : 64 SiPMs renvoient les données détectées vers le circuit FPGA puis un traitement de données est réalisé.

L'expérience consiste à tracer les spectres de n SiPMs (ici n = 4 SiPMs) choisis d'une manière aléatoire puis leurs spectres sont tracés, et comparés avec la somme de 64 SiPMs.



### Rendement de comptage :

Les mesures préliminaires montrent un rendement plutôt correct (proche de 20%), en deçà des équipements traditionnels mais suffisamment élevé pour poursuivre l'étude.

Source	Rendement prototype	Rendement « classique »
3H	17,4 % (0,1% <sub>rel</sub> )	Environ 60 %
14C	19,2 % (0,1% <sub>rel</sub> )	Environ 95 %

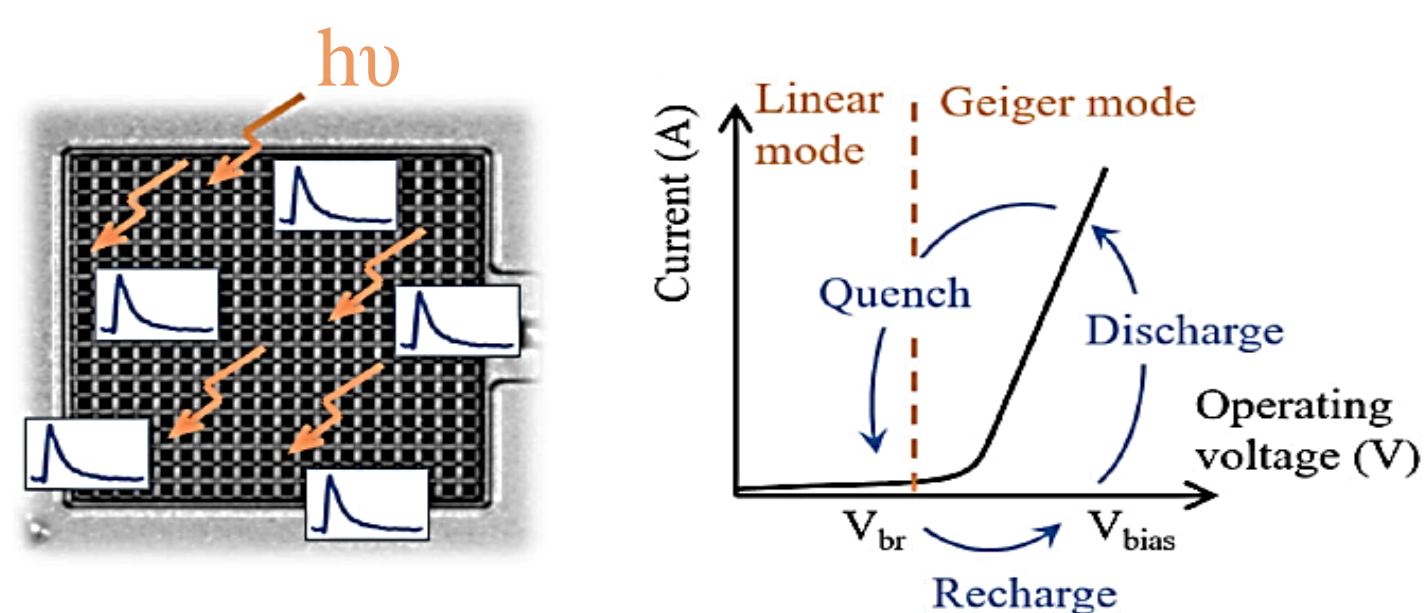
### Mesure en coïncidence :

Ce processus est exécuté via un script de comptage pour un déclenchement simultané de deux SiPMs disposés symétriquement par rapport à l'échantillon dans un délai de 4ns (fenêtre de coïncidence).

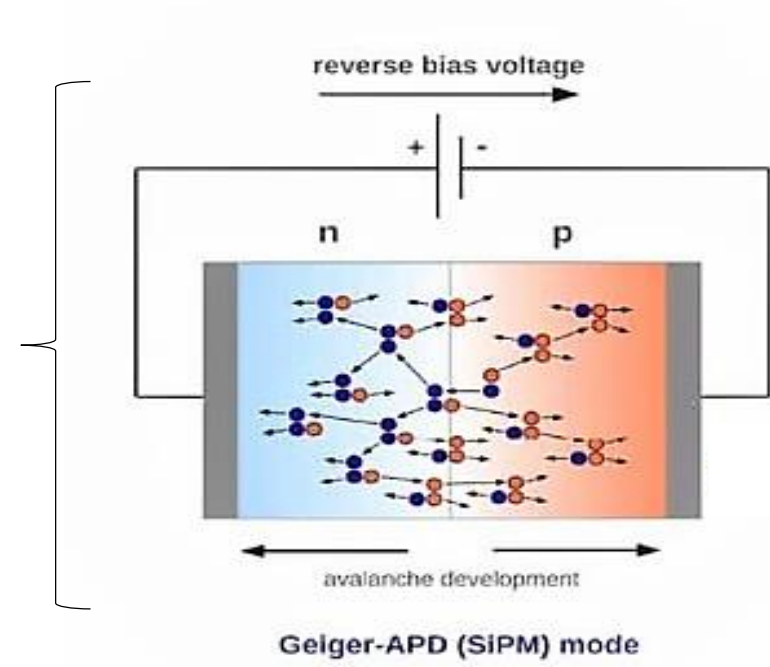
## Phénomènes physiques

### Le processus d'avalanche

### Principe de fonctionnement d'un SiPM

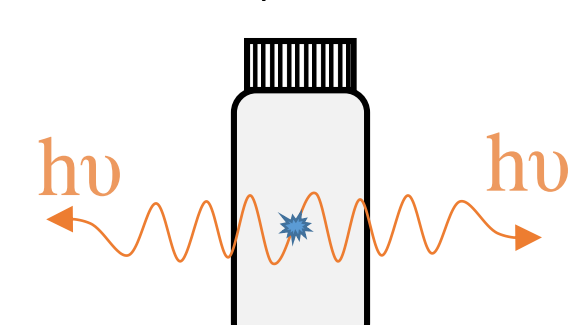


### Photodiode



### Scintillation liquide :

L'émission de lumière en scintillation liquide est isotrope.



Ce phénomène permet une mesure des photons en coïncidence.

La numérotation des SiPMs est définie sur le FPGA de la suivante :

MPPC 3+4				MPPC 1+2			
11	10	09	08	15	14	13	12
21	20	19	18	25	24	23	22
31	30	29	28	35	34	33	32
41	40	39	38	45	44	43	42
51	50	49	48	55	54	53	52
61	60	59	58	65	64	63	62
71	70	69	68	75	74	73	72
81	80	79	78	85	84	83	82
91	90	89	88	95	94	93	92
101	100	99	98	105	104	103	102

## Conclusion et perspectives

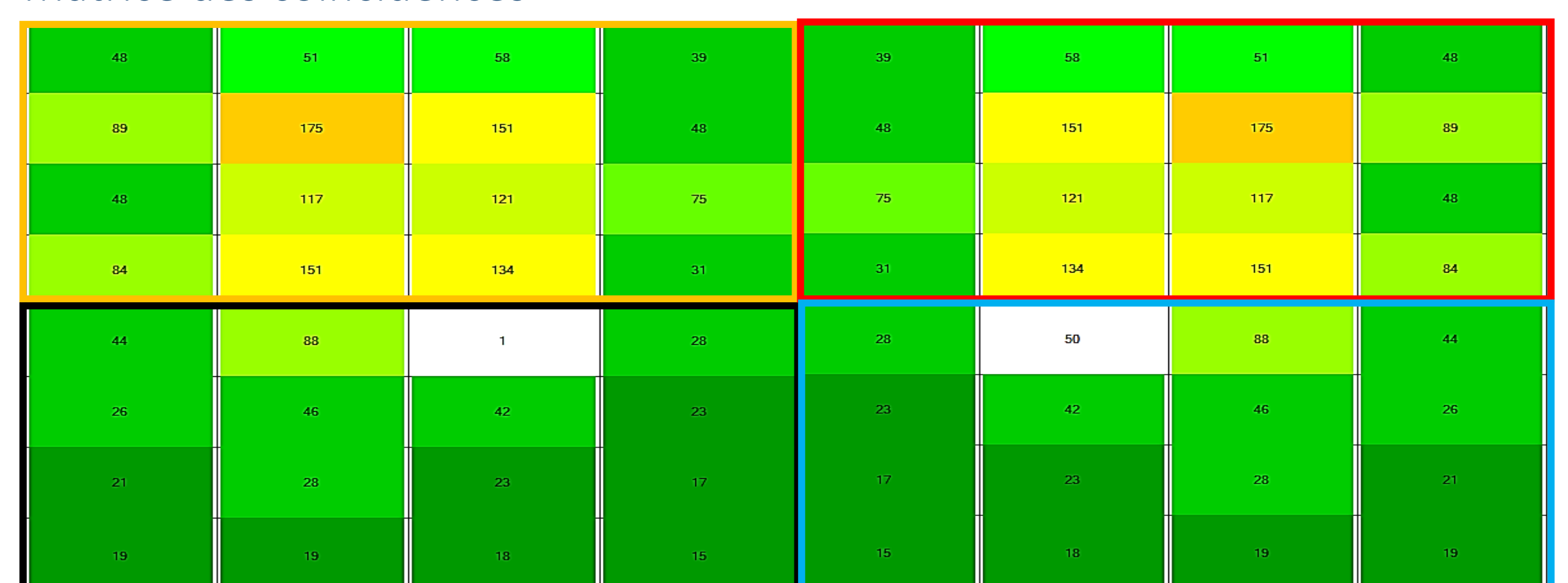
Cette étude préliminaire permet de démontrer la faisabilité d'un compteur à scintillation liquide basé sur des SiPM montés en coïncidence. Le prototype se montre en effet sensible à la détection du tritium et du carbone 14 avec des rendements de détection de l'ordre de 20% sur source IPA. Ces premiers tests et la taille réduite du compteur en font un candidat de choix pour une utilisation sur le terrain.

La suite de l'étude devra porter sur les points suivants :

- Consolider l'étude préliminaire
- Discrimination alpha/beta sur des sources mixtes
- Mesure d'autres matrices et radionucléides (frottis, 90Sr, 55Fe, interférents gamma, etc..)
- Identification des RN et les effets de l'atténuation lumineuse
- Cartographie des échantillons

En dernier point sera traité la portabilité de l'équipement pour qu'il soit opérationnel sur le terrain en cas de crise.

### Matrice des coïncidences



Exemple de la cartographie d'un échantillon