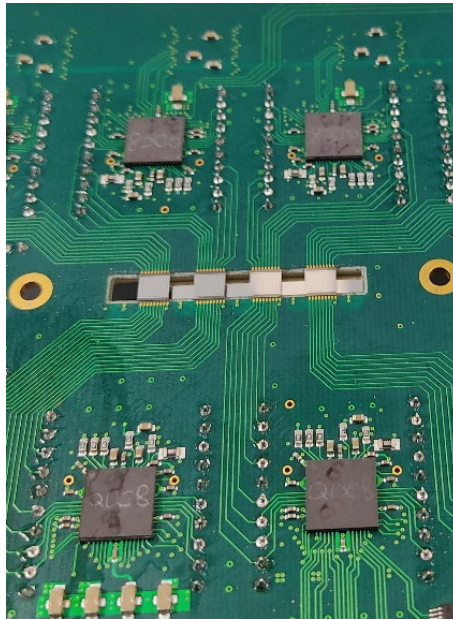
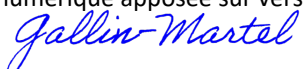
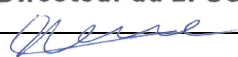


## Technology Readiness Level (TRL) plan


### DIAMANT / Marie-Laure Gallin-Martel



<b>Réf Interne :</b>	Référence interne laboratoire
<b>Réf ATRIUM :</b>	ATRIUM-XXXX
<b>Titre / Title :</b>	DIAMANT
<b>Résumé / Summary:</b>	Les objectifs de ce projet pluridisciplinaire (applications médicales, physique nucléaire et des hautes énergies) sont le développement de détecteurs diamant innovants. La conception de ces derniers est envisagée en 5 étapes clés dans le document : 1) la mise en œuvre de techniques originales de caractérisation d'échantillons du commerce, ou obtenus par croissance/dopage dans les laboratoires membre du consortium ou partenaires, 2) l'instrumentation du matériau en tant que chambre d'ionisation solide, 3) le développement d'une électronique de lecture et d'acquisition dédiée, 4) l'évaluation des performances sous faisceaux, 5) la simulation du transport et de la collecte des charges afin d'optimiser le fonctionnement des détecteurs pour ensuite envisager son portage ou sa valorisation. L'objectif scientifique final du projet étant de faire du diamant un détecteur performant, en rupture avec l'existant, pour la détection de particules.

Nom du porteur du projet <b>Gallin-Martel Marie-Laure</b> Email : <a href="mailto:mlgallin@lpsc.in2p3.fr">mlgallin@lpsc.in2p3.fr</a>	Nom du laboratoire porteur du projet <b>LPSC</b> Site Web Labo : <a href="https://lpsc.in2p3.fr/index.php/fr/">https://lpsc.in2p3.fr/index.php/fr/</a>
Signature numérique apposée sur version finale en PDF 	Signature numérique apposée sur version finale en PDF <b>Le Directeur du LPSC</b> 

**Laurent DEROME**

	DIAMANT ML. GALLIN MARTEL	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	2/12

## Suivi du document */History*

VERSION	DATE	HISTORY MODIFICATION	PAGES CHAPTERS
1.0	05/04/2023	Mise à jour du document initial	Tous

## Acronymes/*Acronyms*

ADC Analog to Digital Converter

ASIC Application Specific Integrated Circuit

BC : Bunch Counting

BE : Back End

CCE : Charge Collection Efficiency

CSI : Conseil Scientifique de l'Institut.

CSL : Conseil Scientifique de Laboratoire

CVD Dépôt Chimique en phase Vapeur

DAQ : Data Acquisition

DFC Discriminateur à Fraction Constante

eBIC : electron Beam Induced Current


ETP : Equivalent Temps Plein

FE : Front End

IBIC : Ion Beam Induced Current

Jn : Jalon n

KDP : Key Decision Point

	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	3/12

pCVD Polycristalline CVD

PBS : Product Breakdown Structure

QDC Charge to Digital Converter

RT : Radiothérapie

S1 à 2 : Semestre 1 ou 2

sCVD Single Crystal CVD

T1 à 4 : Trimester 1 à 4

TC : Train Counting

TDC Time to Digital Converter

ToF : Time Of Flight


TRL : Technology Readiness Level

WBS : Work Breakdown Structure

WP : Work Package


XBIC : X-rays Beam Induced Current

Acronymes à rajouter si utilisés dans le document

	DIAMANT ML. GALLIN MARTEL	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	4/12

## Sommaire /*Table of contents*

1	Télescope diamant monolithique $\Delta E-E$ pour la détection de particules à faible parcours (TRL3->TRL5)	5
2	Développement d'une technologie plasma pour procédé industriel de synthèse de diamant pCVD (TRL3-> TRL5).....	6
3	Hodoscope faisceau pour le monitoring de faisceau d'ions en hadronthérapie (TRL3-> TRL7) .....	7
4	Imageur portal / détecteur amont pour la Microbeam Radiation Therapy à l'ESRF (TRL7) .....	8
5	Moniteur de faisceaux pulsés grande dynamique au GIP ARRONAX (TRL5->TRL7).....	9
6	Moniteur micro faisceaux d'ions LP2I Bordeaux/AIFIRA -IRSN/ MIRCOM (TRL3-4 ->TRL5).....	10
7	Moniteur pour faisceau d'ions produits par le Tandem ALTO à l'IJClab dans le cadre de Bio-ALTO(TRL5) 11	
8	PyDiam logiciel de simulation du transport de charges dans le diamant (TRL3->TRL5) .....	12

	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	5/12

# 1 Télescope diamant monolithique $\Delta E$ -E pour la détection de particules à faible parcours (TRL3->TRL5)

R&T DIAMTECH (IN2P3 2020-2023) DIATEL (UGA 2019-2022)

IN2P3 LPSC LP2I Bordeaux / EXT Institut Néel

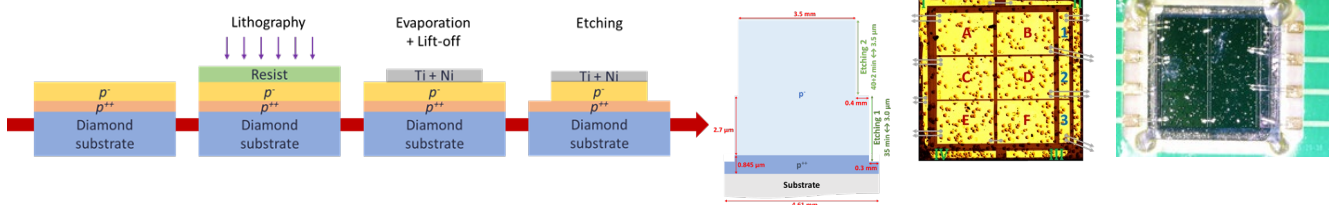


Figure 1 Processus utilisés (voir texte pour détails) pour l'obtention du détecteur monolithique télescope diamant métallisé par pixels et inséré dans son porte échantillon pour les tests en ToF eBIC et source alpha en laboratoire.

## a) En cours

- **Prototype** (Figure 1) produit en collaboration avec l'Institut Néel et la start-up DIAMFAB S2 2022
- **Croissance d'une couche épitaxiée** dopée au bore ( $p^{++}$ ) pour l'électrode intermédiaire entre l'étage E qui est constitué par un substrat du commerce et l'étage  $\Delta E$  ( $p^-$ ) qui est une couche épitaxiée faiblement dopée.
- **Mise au point méthode de gravure** à la plateforme NanoFab de l'Institut Néel (**réalisation de masques métalliques avec des étapes de lithographie puis gravure avec un plasma méthane oxygène**)
- Intégration sur PCB produits au LPSC, connexion par bondings, réalisation de 6 (A à F) + 3 (1 à 3) contacts sur deux niveaux d'épaisseur sur couche p afin de permettre des tests en électron (30 keV) et en alpha ( $^{241}\text{Am}$  5.5 MeV), et 4 contacts (I à IV) sur couche  $p^{++}$
- **Tests T4 2022 à Institut Néel avec technique de Time of Flight (ToF)** et au LPSC sur source alpha, fonctionnalité validée.

## b) Poursuite dans DIAMANT

- La présence de défauts structuraux (hillocks Figure 2) lors des croissances des couches épitaxiées  $p^{++}$  et  $p^-$  peut être clairement distinguée.
- Ces défauts ont une influence sur la collecte de charges. Cela a pu être mis en évidence avec la technique de caractérisation ToF eBIC que nous avons développée.
- **L'objectif est de poursuivre cette activité dans DIAMANT et de travailler avec l'Institut Néel pour optimiser cette croissance** pour avoir un détecteur plus homogène.
- **Des tests seront effectués en IBIC sur la plateforme AIFIRA avec des faisceaux d'ions.**

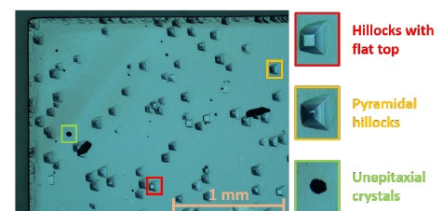



Figure 2 Détails des défauts observés sur la couche  $p^-$ .

	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	6/12

## 2 Développement d'une technologie plasma pour procédé industriel de synthèse de diamant pCVD (TRL3-> TRL5)

ProExtenD SATT Grenoble 2017-2019

IN2P3 LPSC

a) En cours

- **Réalisation de 12 coupleurs ProExtenD (DN25)** adaptés en impédance pour une fenêtre opératoire (pression et nature des gaz, puissance micro-onde) appropriée pour la croissance de diamant microcristallin.
- **Intégration des coupleurs sur équipement LPSC** (réacteur semi-automatique), bride refroidie avec distribution des coupleurs suivant un maillage équilatéral (réalisation atelier LPSC).
- **Qualification du plasma** : densité, uniformité en fonction du domaine opératoire.
- **Mise au point et optimisation du procédé de dépôt de diamant pCVD.**
- **Intégration de membrane pCVD sur PCB**, tests fonctionnels en cours.

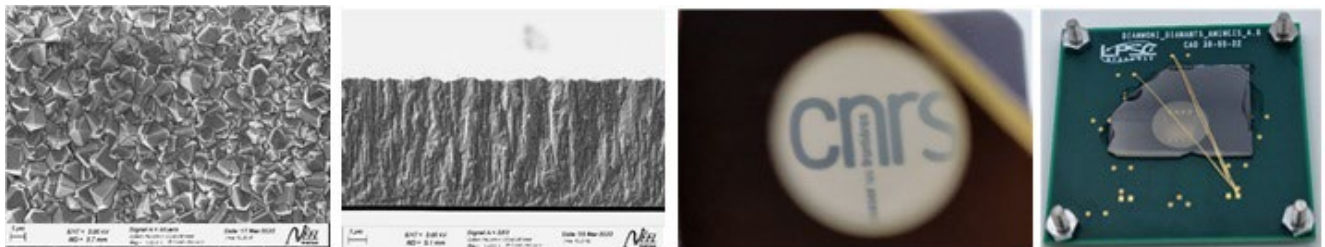



Figure 3 Images MEB, vue de dessus et coupe d'une couche pCVD : épaisseur 7 $\mu$ m, diamètre 10 mm, intégration sur PCB

b) Poursuite dans DIAMANT

Le projet ProExtenD a permis de démontrer que la croissance de diamant pCVD sur grande surface (wafer silicium de 100 mm de diamètre) est réalisable avec des vitesses de dépôt approchant le  $\mu$ m/h. Cependant, l'uniformité du dépôt actuellement atteinte sur  $\sim 10$  cm<sup>2</sup> doit être augmentée par un recouvrement des zones de faible épaisseur. Cet objectif proposé dans le projet DIAMANT peut être atteint par :

- **augmentation de la dimension des coupleurs ProExtenD** : DN25  $\rightarrow$  DN40
- **augmentation cohérente de la puissance des générateurs micro-ondes** : 400 W  $\rightarrow$  600 W
- **intégration dans le réacteur plasma LPSC d'un porte échantillon avec une rotation planétaire**

Les diamants pCVD produits pourront être instrumentés en tant que détecteur en suivant les étapes de métallisation, d'intégration PCB et de connexions électriques pour être caractérisés avec différentes sources ou faisceaux.

	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	7/12

### 3 Hodoscope faisceau pour le monitoring de faisceau d'ions en hadronthérapie (TRL3-> TRL7)

CLARYS-UFT (INCA 2017-2021)

IN2P3 : LPSC CPPM LP2I Lyon / EXT : CREATIS

a) *En cours*

- **Carte fille : mosaïque 4 diamants sCVD** de chacun  $4.6 \times 4.6 \times 0.5 \text{ mm}^3$  ou 1 diamant pCVD  $10 \times 10 \times 0.3 \text{ mm}^3$ , localisation par pistes (double face) XY < 1 mm, marquage temporel < 100 ps
- **Carte mère : 40 préamplificateurs LPSC** rapides pour marquage temporel (C. Hoarau *et al* 2021 *JINST* **16** T04005)
- **Carte DFC 4 voies LPSC** en cours de mise au point pour marquage en temps indépendant de l'amplitude du signal en sortie de pré amplification
- **Carte ACQ : 40 TDC LPSC** embarqués dans un FPGA CYCLONE10 (STD < 25 ps)
- **Version préamplificateur CMOS 130 nm ASIC** en cours au LPSC (R&T DIAMASIC), TDC réalisée (STD < 12ps) LPC Caen (R&T DIAMASIC)

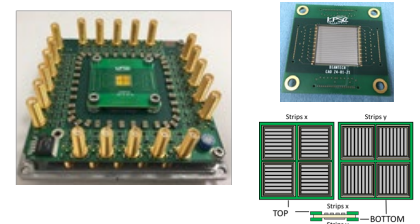



Figure 4 Haut : l'hodoscope faisceau avec le jeu des 2 cartes filles diamant + la carte mère avec 40 voies d'électronique + principe de la détection par pistes en X et Y. Bas : carte d'acquisition avec 40 TDC sur FPGA

b) *Poursuite dans DIAMANT*

- **Le développement de l'hodoscope sera poursuivi dans DIAMANT**, cet hodoscope possède 2 surfaces actives : l'une constituée d'une matrice de 4 diamants sCVD couvrant une surface de  $1 \text{ cm}^2$  avec 40 voies de lecture, l'autre équipée d'un grand diamant pCVD de surface  $4 \text{ cm}^2$  pour le même nombre de voies de lecture. **Une matrice de 4 diamants pCVD permettrait de couvrir une grande surface de  $16 \text{ cm}^2$ , cela conduirait à un détecteur de 160 voies** qui pourrait équiper les lignes médicales du CNAO en faisceau de carbone balayé latéralement, où le dépôt d'énergie est 25 fois plus important pour des faisceaux de carbone de 400 MeV/nucléon que pour des protons de 68 MeV (1 MeV versus 25 MeV sur  $500 \mu\text{m}$  d'épaisseur de volume actif).
- Pour des raisons d'adaptation sur les lignes et donc de compacité, une électronique intégrée sera nécessaire et les développements sur **les pré-amplificateurs initiés dans R&T DIAMASIC seront poursuivis dans DIAMANT.**
- **Le TRL visé serait un TRL5 en proton et 7 en carbone.**

	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	8/12

## 4 Imageur portal / détecteur amont pour la Microbeam Radiation Therapy à l'ESRF (TRL7)

R&T DIAMTECH (IN2P3 2020-2023) PAIR TUMC (INCA 2021–2025) IRGA (UGA 2023-2026)

IN2P3 LPSC / EXT STROBE (INSERM)

### a) En cours

- **Mesure de charge** (dynamique= $10^6$ ), intégration de 1 ms à 100 ms
- **Prototype LPSC 32 voies** avec une carte fille équipée de 2 diamants strippés sur 1 face, métallisation pleine sur face arrière montée sur une carte mère avec électronique FE discrète 32 QDC validé à ESRF en T1 2022
- **Version intégrée LPSC ASIC CMOS 130 nm QDC 8 voies** (R&T DIAMASIC) validé à ESRF en S1 2022, utilisé en routine clinique sur patients chiens (PAIR TUMC INCA), linéarité réponse détecteur validée sur plage de 1 à  $10^4$  Gy/s.
- **Version 153 voies = détecteur échelle 1 en cours** - objectif ESRF ligne ID17 T2 2023 : 20 ASIC QDC, 9 diamants sCVD de dimension  $4.6 \times 4.6 \times 0.15$  mm<sup>3</sup> montés en barrette, métallisés par pistes de 178  $\mu$ m (100 nm Al technique lithographie laser plateforme NanoFab institut Néel) avec un pas de 238  $\mu$ m sur une face pour une localisation 1D et avec une métallisation pleine en face arrière.

### b) Poursuite dans DIAMANT

- **La R&D de ce détecteur s'est terminée avec R&T DIAMTECH**
- **La duplication de ce détecteur pour avoir un couple de détecteur amont – aval patient** a été proposé dans une demande faite à l'UGA dans le cadre d'un **projet IRGA**. **Ce projet a été validé par le directoire du pôle PAGE en 2023** et la mise en route de ce deuxième détecteur sera effectuée dans le cadre de DIAMANT.
- Il n'y a **pas de développements nouveaux sur le plan technologique, en effet les objectifs de production d'un détecteur à l'échelle 1 ont été atteints grâce aux R&T DIAMTECH et DIAMASIC.**
- **Seule une modification des gains de QDC est envisagée sur le détecteur amont, ainsi qu'une synchronisation (lente) entre les deux détecteurs**

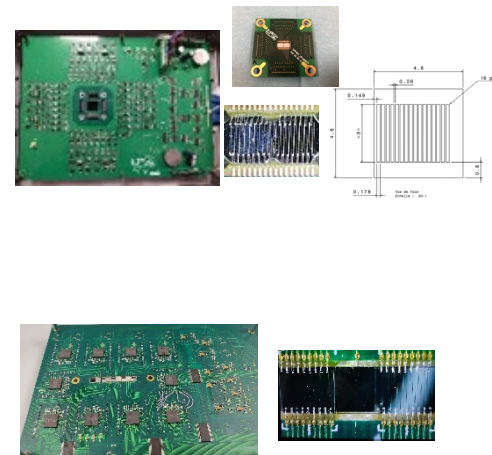



Figure 5 Haut **prototype 32 voies en électronique discrète** avec carte fille **2 diamants strippés** suivant schema. Dimension 33 x 24 cm<sup>2</sup> ACQ deportee sur carte indépendante  
 Bas **détecteur final echelle 1** composé de **9 diamants** avec 17  $\mu$  pistes/diamant 153 voies électronique QDC intégrée CMOS 130 nm + ACQ sur FPGA sur le même PCB.  
 Dimension 26x 13 cm<sup>2</sup>



	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	9/12

## 5 Moniteur de faisceaux pulsés grande dynamique au GIP ARRONAX (TRL5->TRL7)

R&T DIAMTECH (IN2P3 2020-2023) ANR DIAMMONI (2020-2024)

IN2P3 LPSC SUBATECH GIP-ARRONAX

### a) En cours

- **Mesure de charge** (dynamique= $10^5$ ), marquage temporel trains < 33 ns / bunchs < 1 ns
- **Mode TC : intégration par train de pulses** : prototype LPSC 4 voies validé au GIP ARRONAX en T4 2021, La linéarité de la réponse du détecteur a d'ores et déjà été prouvée pour des trains de 100  $\mu$ s pour des débits de doses de  $10^2$  à  $10^5$  Gy/s.
- **Mode BC : intégration pulse** : 1<sup>ère</sup> validation développement en électronique discrète préamplificateurs rapides LPSC + ADC 8 bits 500 MHz S2 2022, version intégrée en cours au LPSC

### b) Poursuite dans DIAMANT

- **Mode TC** :
  - Les développements menés dans le cadre de **DIAMMONI** seront poursuivis dans DIAMANT en visant là aussi **une intégration sur une ligne médicale, en particulier au CAL pour le mode** qui fait une demande dans ce sens sur la ligne MEDICYC dont la technologie est proche de la ligne recherche au GIP ARRONAX (en 2023, une **ANR JCJC portée par le Centre Antoine Lacassagne est en étape 2** pour le **portage des technologies moniteur faisceau diamant**). Le TRL visé est un TRL7.
  - Par ailleurs DIAMMONI a mis en évidence que **l'utilisation de diamant pCVD pour des très hauts flux et avec de grandes fluences cumulées peut être une solution avantageuse dans la conception de moniteurs faisceaux**. Cette étude serait poursuivie dans le cadre de DIAMANT notamment **par le biais de notre implication dans la croissance de tels matériaux. Notre objectif serait pour la production de tels détecteurs un TRL3.**
- **Mode BC** : poursuite de la R&D électronique intégrée ADC 8 bits 500 MHz, 1<sup>er</sup> RUN avec 1 voie pour tester le design si concluant alors passage à 4 voies

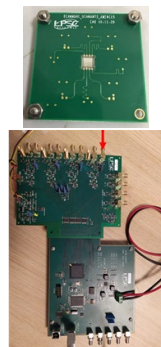



Figure 6 Haut détecteur diamant métallisation pleine face sur porte échantillon. Bas carte FE QDC – trains 4 voies reliée à la carte d'acquisition

	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	10/12

## 6 Moniteur micro faisceaux d'ions LP2I Bordeaux/AIFIRA -IRSN/ MIRCOM (TRL3-4 ->TRL5)

DéFI-DiaMs (MITI 80 PRIME financement uniquement 2022-2023 + thèse 2022 - 2025)

IN2P3 LPSC LP2I Bordeaux / EXT Institut Néel IRSN Cadarache

### a) En cours

- **2023 S1** : Amincissement surface active diamant de 50  $\mu\text{m}$  à 1  $\mu\text{m}$  sur une surface de 1  $\text{mm}^2$  « creusée » dans un diamant de 4.6  $\times$  4.6  $\times$  0.05  $\text{mm}^3$  fourni par Element6 par un procédé de gravure (Institut Néel – Tsukuba) pour obtenir une épaisseur finale la plus homogène possible (objectif 2%), une faible rugosité (objectif en RMS inférieure à 5 nm), peu de défauts de subsurface (objectif  $10^{10}$  par  $\text{cm}^2$ ) qui constituent des pièges pouvant nuire à la bonne collecte des charges. La technique de gravure catalytique permet de réduire ce type de défauts.

- **2023 S2** Intégration sur ligne micro faisceau = fenêtre d'extraction par LPSC. Basée sur les géométries développées au **LP2I Bordeaux (AIFIRA)** ainsi qu'au **LMDN** de l'IRSN à Cadarache (**MIRCOM**), un premier design d'interface est en cours d'étude au **LPSC** avec la réalisation des **circuits imprimés 3D**. Cette technique permet de positionner de manière prééminente l'interface amincie en diamant, permettant ainsi d'approcher cette dernière au plus près de l'échantillon biologique, tout en gardant les intérêts intrinsèques aux PCB, à savoir, la mise en place de pistes enterrées, de vias d'inter-couches étanches, de fils de bonding et de composants de surface. Pour les électrodes de polarisation, une métallisation aluminium rendant le diamant optiquement opaque à la lumière, une fenêtre en quartz permettra de réaliser les opérations de réglages des microfaisceaux (focalisation, étalonnage...). Une autre solution basée sur la réalisation d'électrodes optiquement transparentes en ITO (Oxyde d'Indium dopé à l'étain) est également en cours d'étude (**NanoFab Néel**). L'étanchéité au vide sera réalisée sur le PCB support-interface par collage périphérique conducteur au niveau du diamant et non conducteur pour la fenêtre Quartz. La connectique sera basée sur des connecteurs coaxiaux RF 50 ohms miniatures de technologie UFL placés sur la face avant de l'interface microfaisceaux.

- **Objectif 2025** : applications tests sur cellules pour développements RIV et BNCT

### b) Poursuite dans DIAMANT

**Les études menées dans ce projet vont contribuer à accroître nos compétences et seront mises au service des développements envisagés dans DIAMANT.**

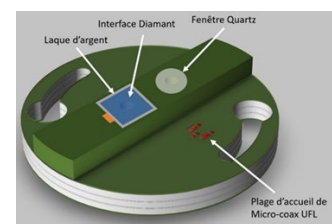
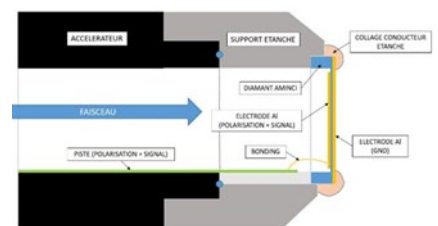



Figure 7 Haut Principe de l'insertion du moniteur diamant sur les lignes micro-faisceaux. Bas schéma du PCB 3D support diamant.

	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	11/12

## 7 Moniteur pour faisceau d'ions produits par le Tandem ALTO à l'IJClab dans le cadre de Bio-ALTO(TRL5)

PICTURE (ANR INCA LPSC/IP2I) et nouveau master projet en cours de proposition à l'IN2P3 « BIO ALTO »

### IN2P3 LPSC pour développement DIAMANT

Le but de ce projet est de monitorer des faisceaux d'ions à basse énergie pour la réalisation d'expériences de radiobiologie sur ALTO, s'intégrant dans le projet BioALTO (passé en CODEC IJClab en Nov. 2022). L'intégration du compteur diamant est prévu sur la ligne RadioGraaff (installation permanente en salle 320) :

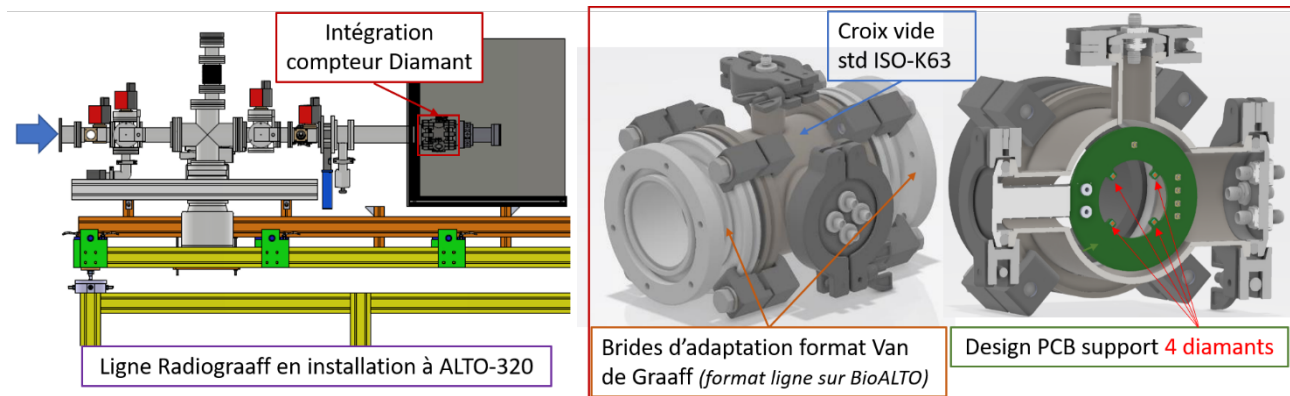


Figure 8: Gauche : schéma de la ligne RadioGraaff en cours d'installation sur ALTO et prévision d'intégration du compteur diamant pour monitoring. Droite : design de la pièce mécanique incluant le détecteur, brides d'adaptation et vue intérieure du PCB support des 4 diamants servant de compteur de particules.

Le cahier des charges est le suivant :

- **Compteur avec 4 diamants** ( $2 \times 2 \times 0.15 \text{ mm}^3$ ) placés dans la partie du halo faisceau (hors faisceau utile de diamètre 2.4 cm) pour monitoring irradiation, alignement faisceau et mesure en énergie (optionnel).
- **Design de pièces spécifiques mécaniques** pour adaptation de la pièce à vide au standard ISO-K63 sur la ligne sous vide RadioGraaff (format Van de Graaff)
- **Réalisation d'une électronique FE 4 voies** (réalisation LPSC, préamplis + shaping  $\leq 1 \mu\text{s}$ ).

#### a) En cours


- **La conception du dispositif est terminée** et les commandes sont passées (avance sur budget PICTURE)
- **Les deux brides d'adaptation et le PCB sont réalisés.**

#### b) Poursuite dans DIAMANT

##### Phase 1 « instrumentation faisceau ligne RadioGraaff »

- Achat, découpe et métallisation des 4 diamants
- Montage, collage et bonding des 4 diamants sur la carte PCB
- Réalisation de l'électronique
- **T4 2023 : Intégration sur la ligne RadioGraaff** et dans système monitoring faisceau Labview pour test.

**Phase 2 « Détecteur FLASH » : Mise en place d'un moniteur FLASH sur modèle DIAMMONI TC** (expériences FLASH prévues 2026)

	<b>DIAMANT</b> <b>ML. GALLIN MARTEL</b>	Réf :	ATRIUM-XXXXX
		Version :	1.0
		Date :	10/05/2023
		Page :	12/12

## 8 PyDiam logiciel de simulation du transport de charges dans le diamant (TRL3->TRL5)

R&T DIAMTECH (IN2P3 2020-2023) ANR DIAMMONI (2020-2024)

LPSC SUBATECH GIP ARRONAX

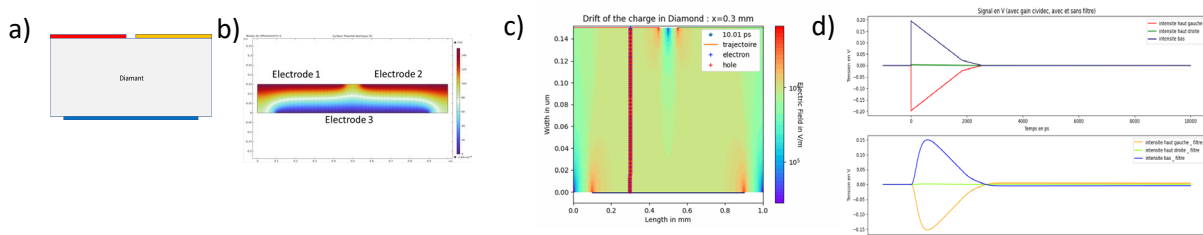


Figure 9 a) Modélisation détecteur diamant 2 pistes sur face supérieure, électrode pleine sur face inférieure, b) Simulation COMSOL Multiphysics des lignes de champs c) Modélisation de la collecte de charges avec programme développé en Python d) Illustration des signaux de sortie du détecteur avec influence du filtrage par l'électronique FE type préamplificateur.

### a) En cours

- **Simulation préliminaire avec logiciel COMSOL Multiphysics** pour observation des lignes de champs en fonction de la géométrie du détecteur étudié
- **Implémentation d'un modèle 1D en Python 3** basé sur la résolution des équations de dérives diffusion prenant en compte les paramètres faisceaux et interfacé avec SRIM pour des particules à faible parcours ou traversantes
- **Prise en compte du filtrage induit par l'électronique**
- **Obtention de signaux en accord avec les résultats expérimentaux** pour impact avec particule unique

### b) Poursuite dans DIAMANT

- Le but poursuivi est de faire de ces développements en simulation **un logiciel utilisable par tout utilisateur travaillant sur la technologie diamant. L'objectif scientifique est de répondre aux besoins de compréhension des physiques mises en jeux dans la chambre d'ionisation solide.**
- PyDiam permettra d'anticiper les signaux en sortie de détecteur et d'électronique après le passage d'une ou plusieurs particules dans le détecteur. L'inclusion d'un onglet électronique permettra aussi un travail sur l'optimisation des préamplificateurs pour la résolution temporelle typiquement. **L'une des innovations majeures est de relier le détecteur au faisceau incident**, que ce soit en termes de nature et énergie de la particule, mais surtout de la structure du faisceau.
- PyDiam a pour but d'être « user-friendly » et peu coûteux en termes de temps. Le logiciel sera notamment versionné sur GitHub afin de permettre une collaboration entre les différents participants à la simulation. Les programmes seront commentés et donc adaptés à un usage extérieur utilisateur ou développeur.
- **Si la version de PyDiam en 1D est satisfaisante, une poursuite de recherche vers un logiciel 2D sera envisagée, afin de prendre en compte les différentes configurations « détecteur »**