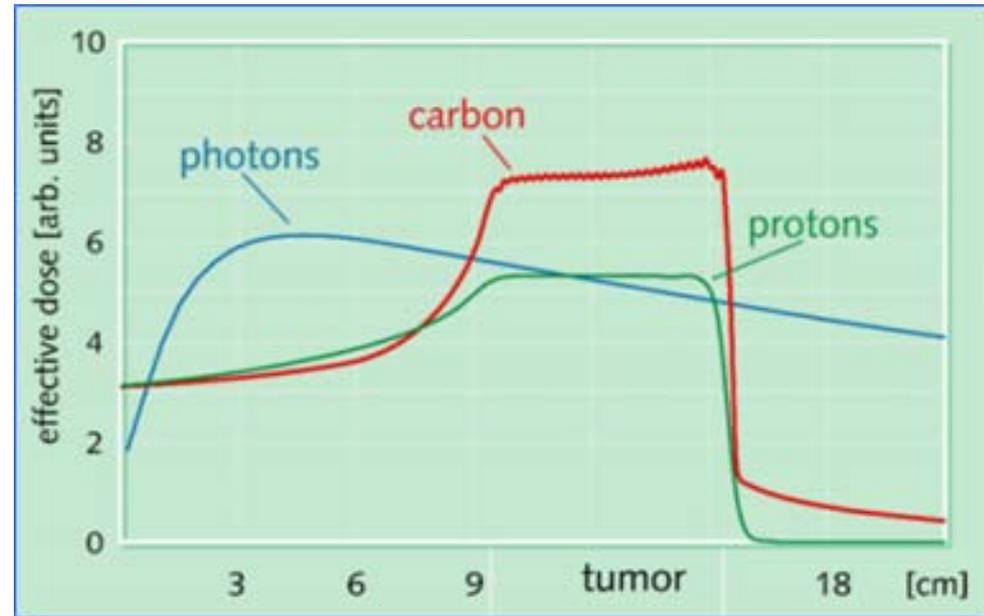
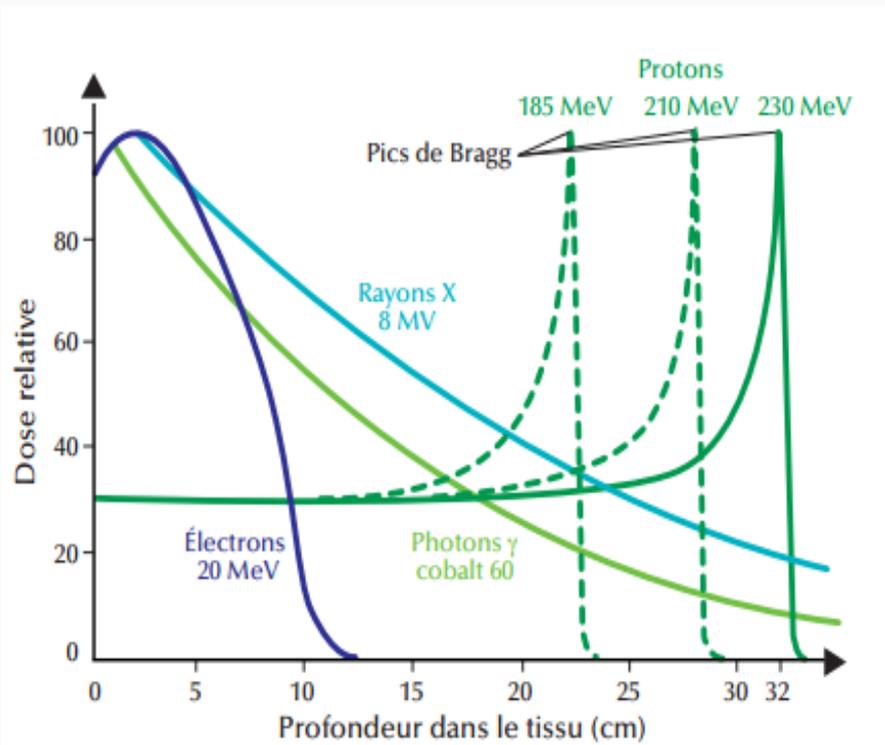


# Le projet MoniDiam (moniteur diamant) au LPSC-Grenoble

- **Description succincte du projet**
- **Résolution en temps (résultats préliminaires)**

S. Béchu, A. Bes, D. Dauvergne, L. Gallin-Martel,  
M-L. Gallin-Martel, J-Y. Hostachy, A. Lacoste, J-F. Muraz,  
F. Rarbi, O. Rossetto, M. Yamouni

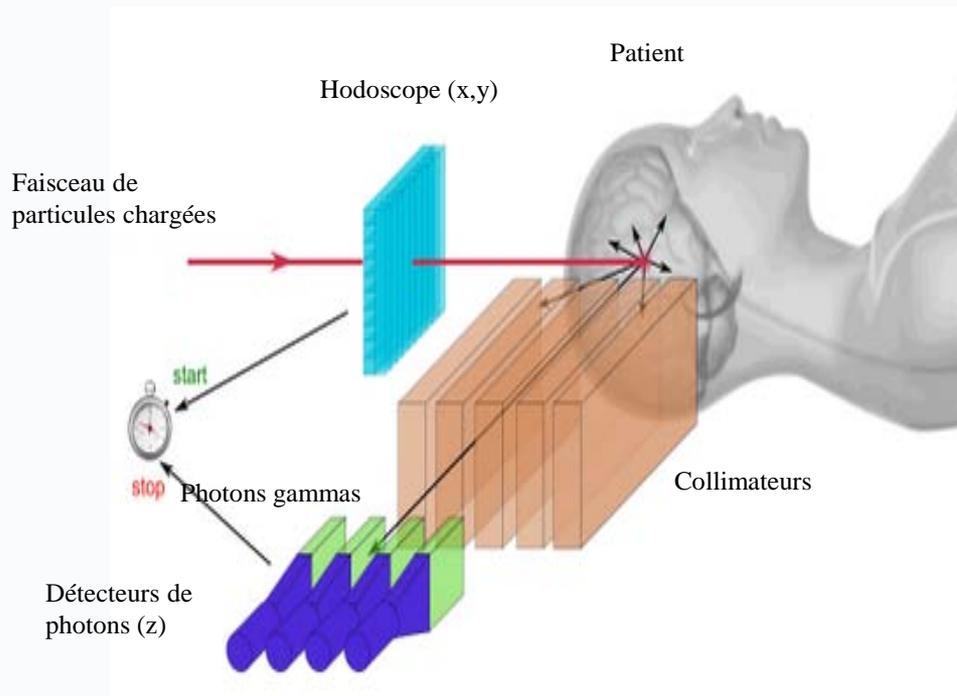
# Rappel : l'hadronthérapie (traitement des cancers)



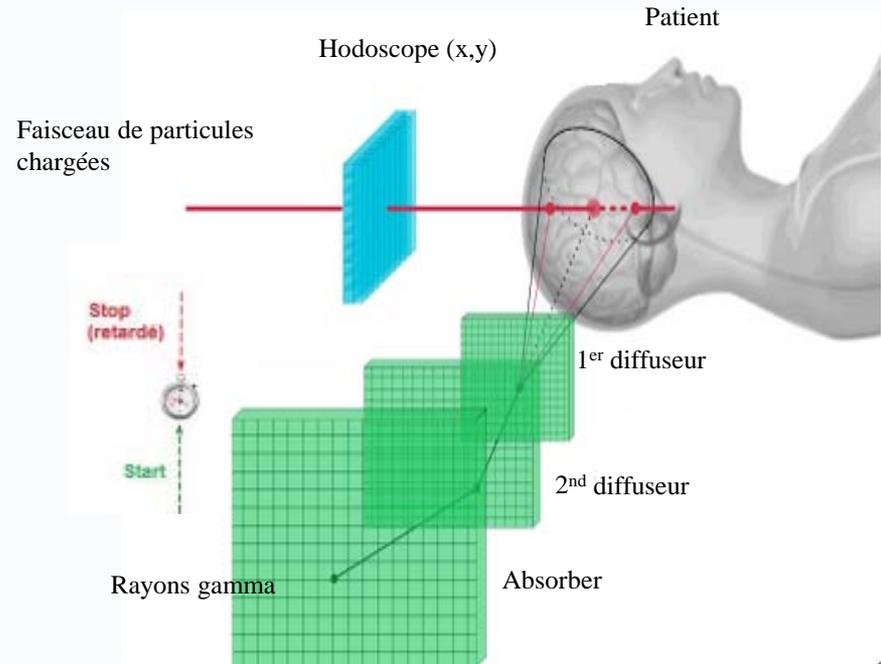
Dépôt de dose localisé → cellules saines ou organes à risques préservés

- **Protonthérapie** : tumeurs ophtalmiques (64MeV), cerveau (260MeV)
- **Carbone-thérapie** : tumeurs inopérables ou radiorésistantes proches de tissus radiosensibles.

# Détection des gammas prompts



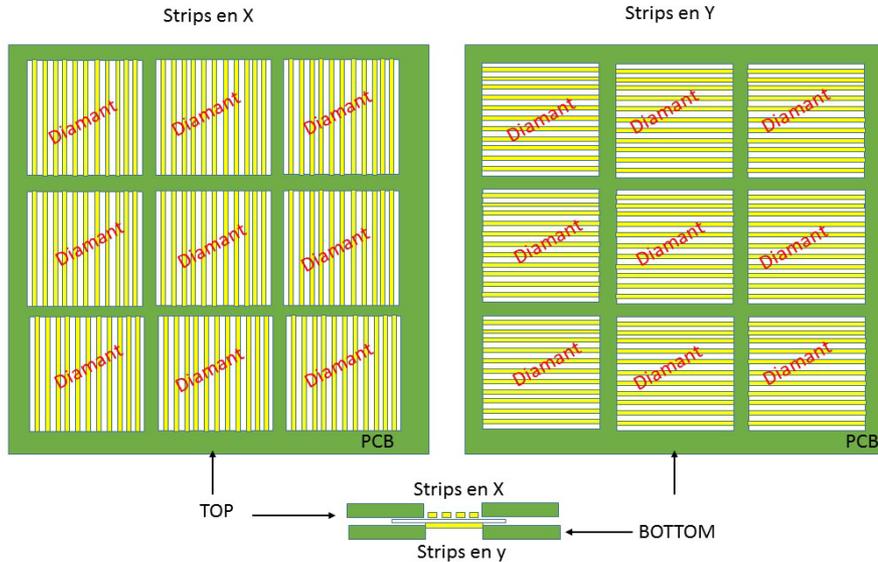
**Caméra gamma prompt collimatée**



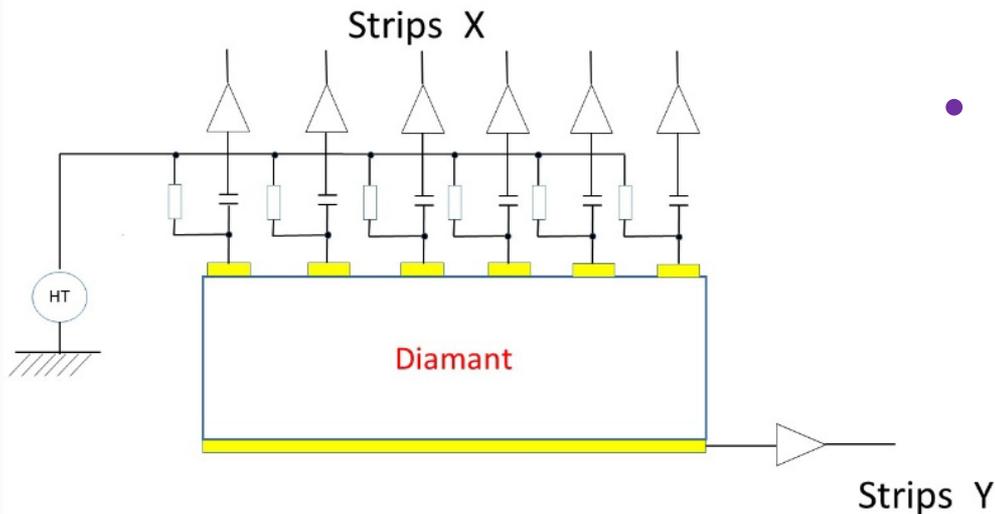
**Caméra Compton**

Contrôle en ligne

# Le projet MoniDiam



- **taille de la mosaïque : 15cm x 15cm**
- **lecture double face**
- **taille des détecteurs : 2cm x 2cm**  
(pour un **diamant polycristallin**, en stock chez Element 6)  
→ 56 détecteurs



- **nombre de pistes par détecteur : 32 de 1mm**  
→ 1800 voies de lecture

# Le projet MoniDiam : cahier des charges

## ➤ proton thérapie (Cyclotron IBA/C230 Orsay, Dresde...)

- durée du bunch: 1-2 ns
- Période HF : 9.4 ns
- 200 protons/bunch

## ➤ proton thérapie (Synchro-cyclotron Nice S2C2)

- durée du micro-bunch 7 ns (période 16 ns)
- durée d'un milli-bunch: 4  $\mu$ s (période 1 ms)
- intensité crête  $10^4$  protons/ micro-bunch

## ➤ carbone thérapie (HIT/CNAO)

- durée du bunch: 20-40 ns
- durée entre les bunchs: 200 ns
- 10 ions/bunch



## ▪ Un taux de comptage de l'ordre de :

- 100 MHz pour l'ensemble du détecteur
- $\sim 10$  MHz par voie

## ▪ Une résolution temporelle inférieure à la centaine de ps

## ▪ Une résolution spatiale de l'ordre de 1mm

## ▪ Une résistance aux radiations d'environ $10^{11}$ protons/cm<sup>2</sup>/traitement, si on estime que le nombre de séances par jour est de l'ordre de 20 cela conduit à $10^{14}$ protons/cm<sup>2</sup>/an

# Collaboration nationale ClaRyS

## ➤ IN2P3 : 4 laboratoires

✓ CPPM Marseille

✓ IPNL Lyon

✓ LPC Clermont Ferrand

✓ LPSC Grenoble

## ➤ CREATIS de Lyon

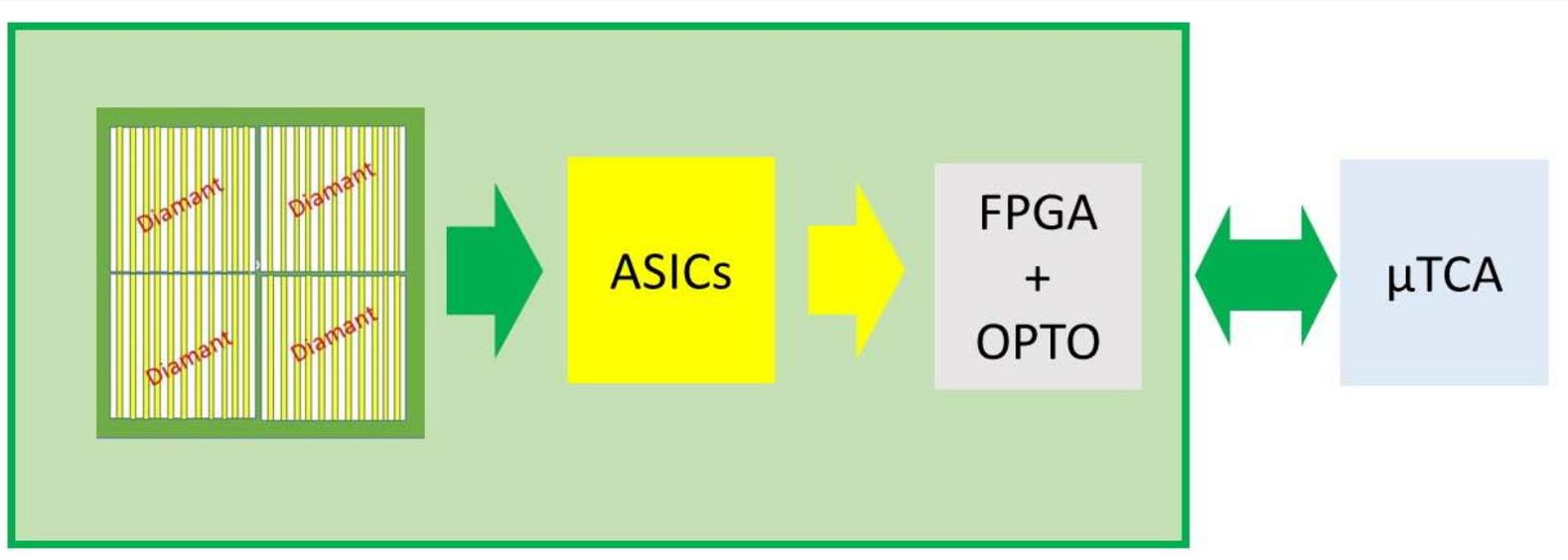
## ➤ LIRIS de Lyon

## ➤ Centre Antoine Lacassagne de Nice



**Programmes  
scientifiques du LabEx  
PRIMES (Grd  
Emprunt), de  
France Hadron (Grd  
Emprunt) et du GDR  
MI2B (IN2P3)**

# Prototype MoniDiam



**Premier objectif** : réaliser un démonstrateur pour 2019

# Dispositif expérimental au LPSC-Grenoble



Porte échantillon (pistes adaptées 50  $\Omega$ )



Système d'acquisition WaveCatcher  
(3,2 GS/s, 500MHz)

(LAL-CNRS/IRFU-CEA)

**Le projet MoniDiam**



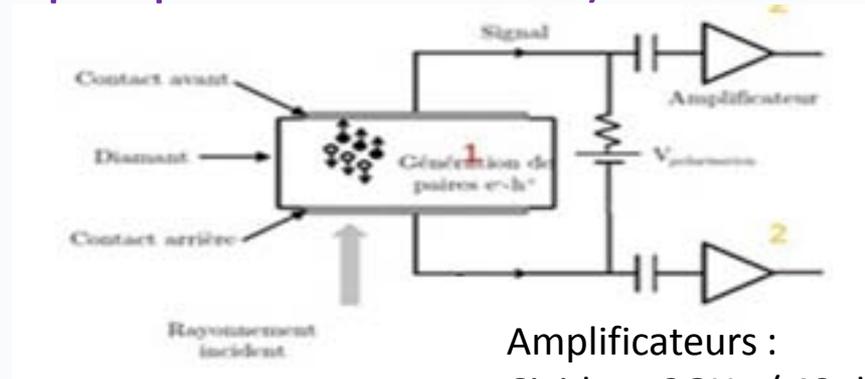
USB  
➔



# Banc de test $\alpha$

Source d'Américium 241 de 5.4 MeV (activité : 6.41kBq)

Particules peu pénétrantes ( $\approx 12 \mu\text{m}$  pour le diamant)



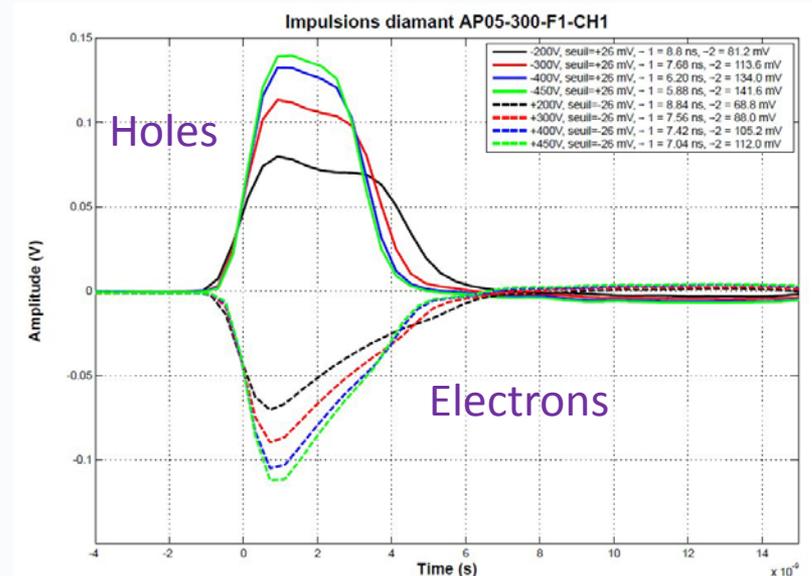
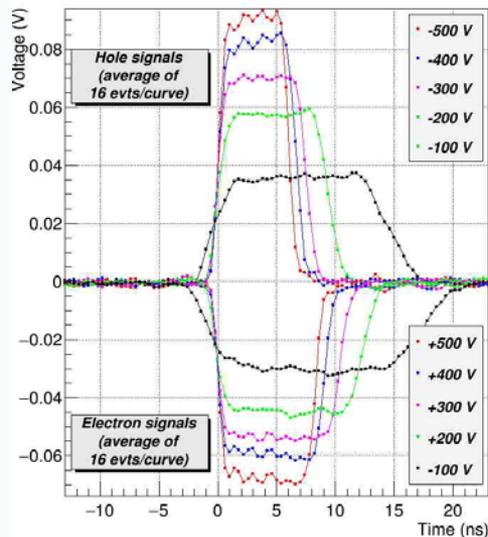
Amplificateurs :

Cividec : 2GHz / 40 dB

DBAIII : 2 GHz / 0-38 dB

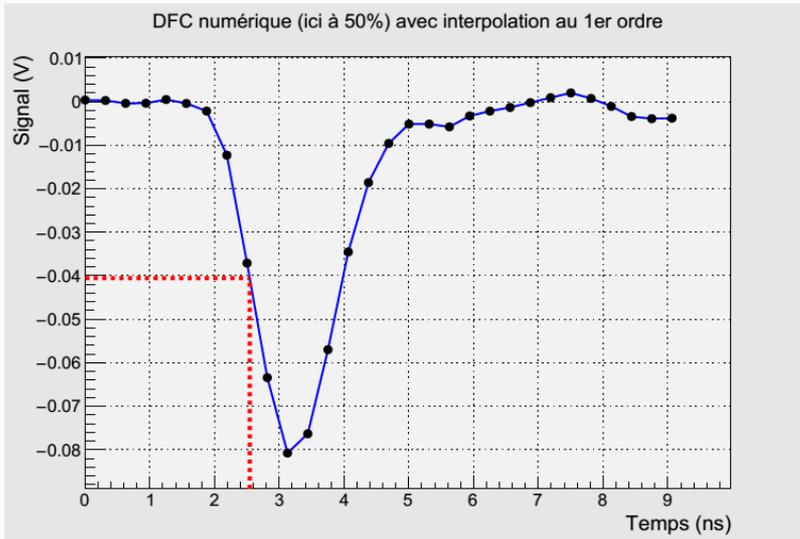
LPSC : 1 GHz / 30 dB

241Am source, E6-3 diamond, CIVIDEC amplifier



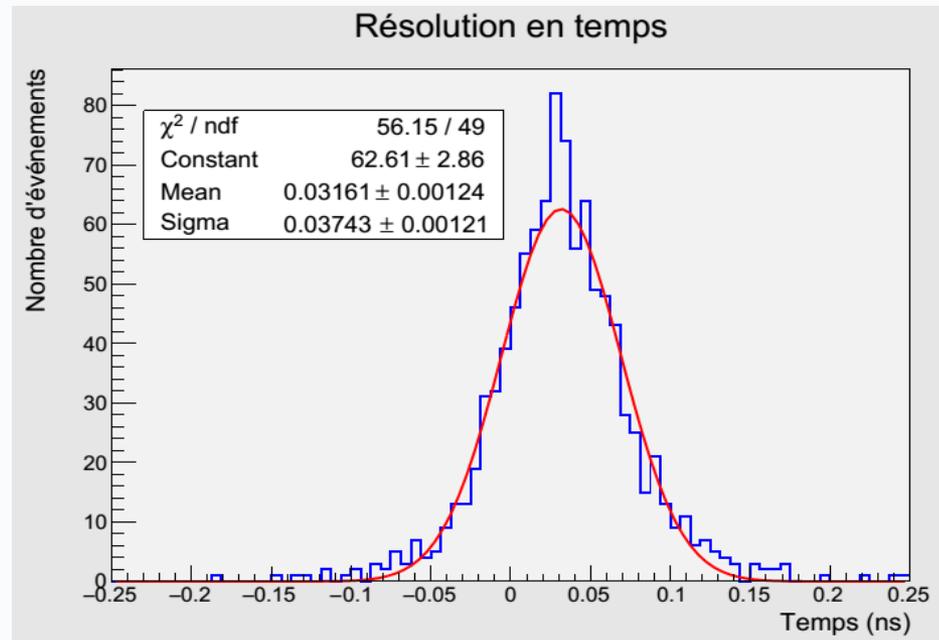
# Résolution en temps :

## DFC numérique avec interpolation linéaire



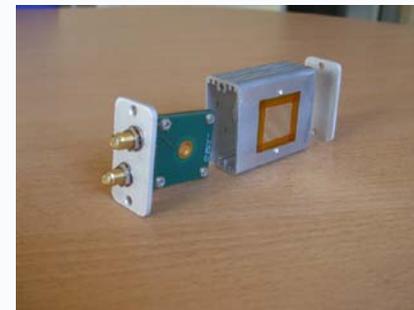
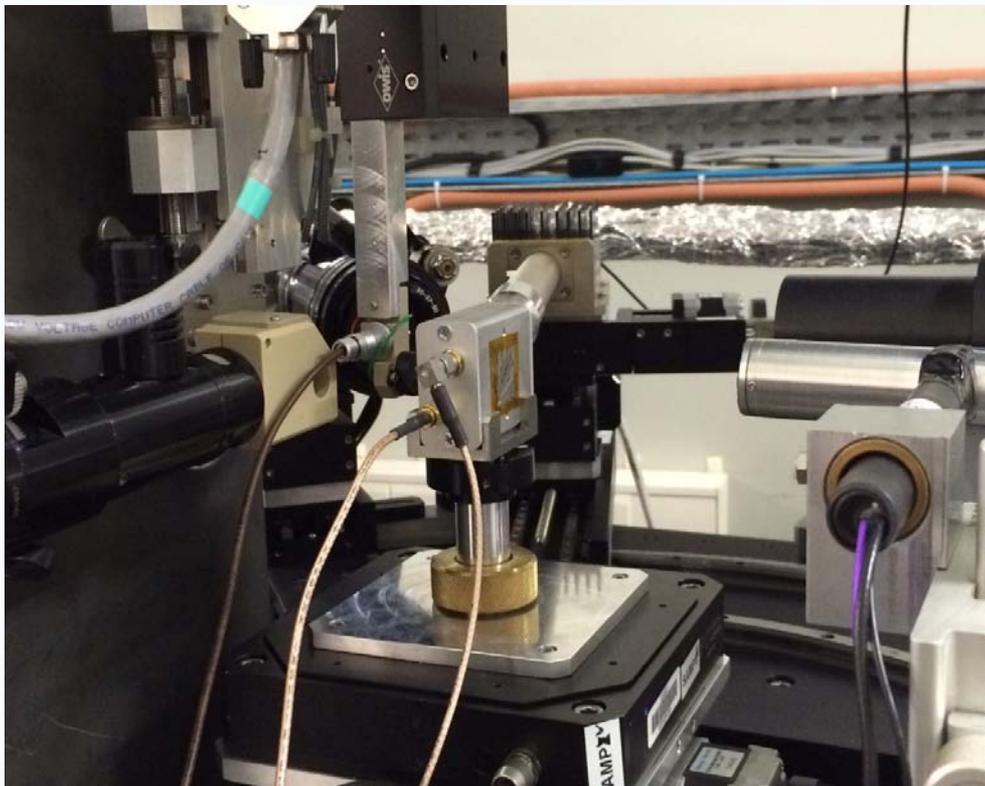
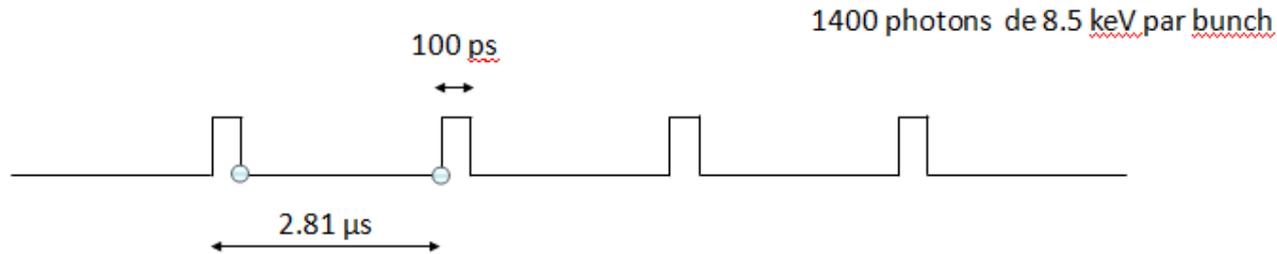
Estimation de la résolution temporelle entre les 2 voies par une interpolation linéaire

Résolution temporelle entre les 2 voies :  $\sim 40$  ps

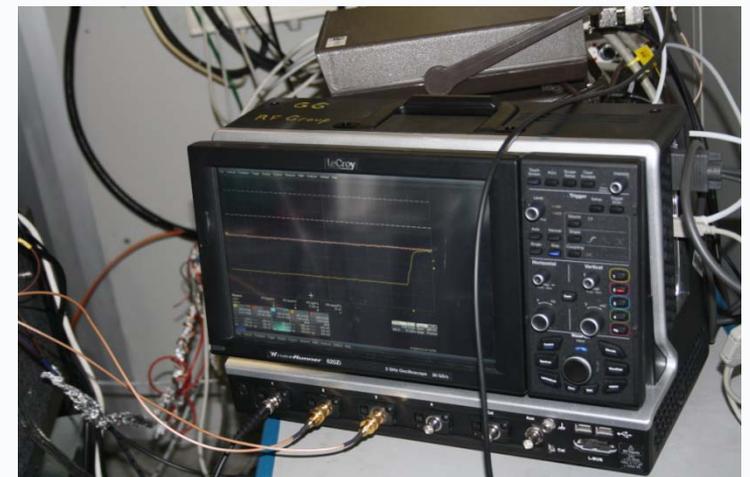


# ESRF

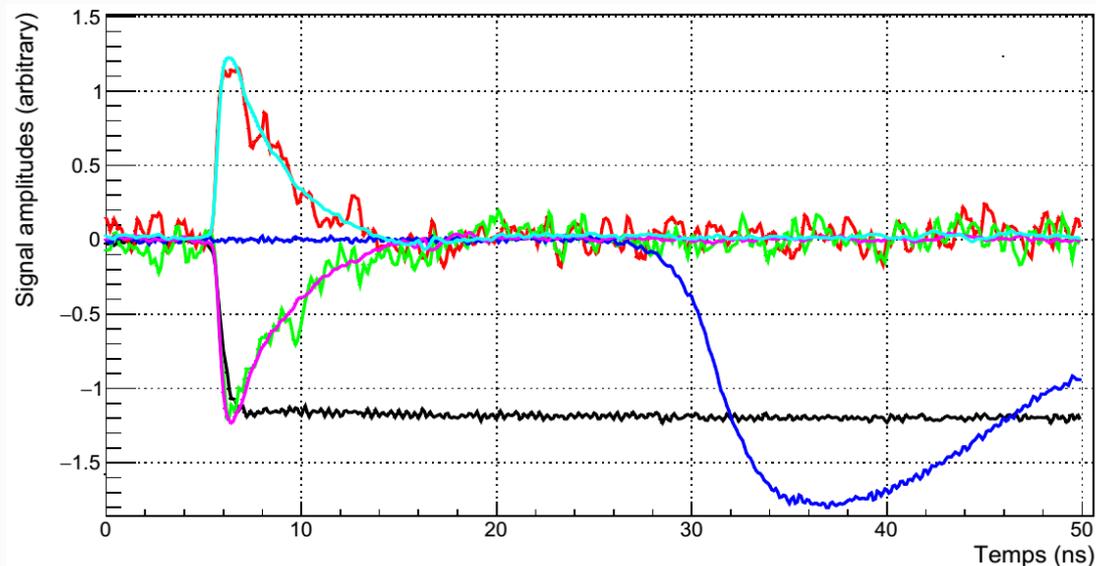
- Expériences menées en mai 2016 - ligne ID21
- Faisceau de photons pulsés de 8.5 keV simulant une particule chargée



Oscilloscope  
LeCroy Wave  
Runner 620Zi,  
2 GHz, 20 GS/s  
(en fait 10 GS/s)

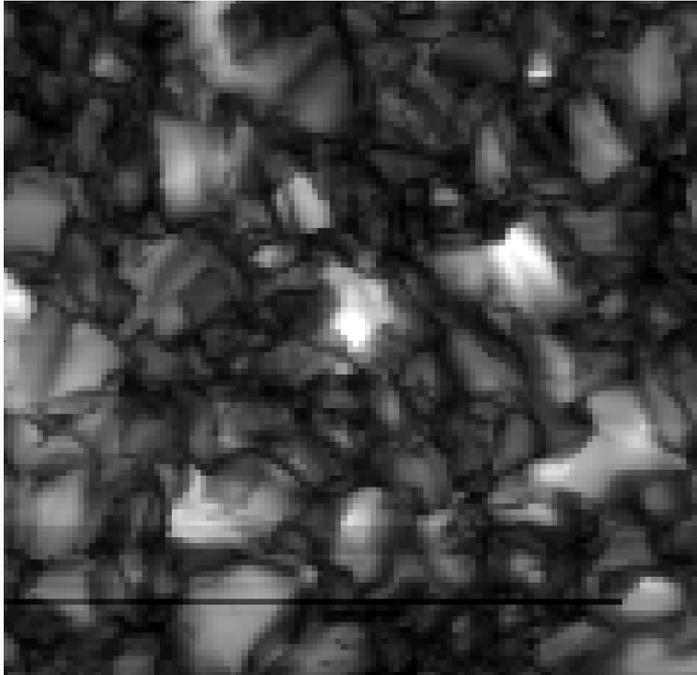


# ESRF



|                                  | Dimensions                                 | Préamplis. Utilisés | HT (V) | Amplitude (mV) | Bruit (mV) | Rapport signal sur bruit | Résolution en temps entre les deux faces du diamant (ps) |
|----------------------------------|--|---------------------|--------|----------------|------------|--------------------------|--|
| <b>Diamant Mono-cristallin</b>   | <b>0.45 x 0.45 cm<sup>2</sup> x 518 μm</b> | Cividec             | -500   | 134,3          | 2,812      | 47,76                    | 26,7   |
|                                  |  |                     | 500    | 148,2          | 2,229      | 66,48                    | 25,1   |
|                                  |  | DBAIII              | -500   | 54,63          | 2,02       | 27,04                    | 48,84  |
|                                  |  |                     | 500    | 52,76          | 1,987      | 26,55                    | 50,11  |
|                                  |  | LPSC                | -500   | 126,5          | 3,312      | 38,19                    | 53,8   |
|                                  |  |                     | 500    | 167,1          | 4,005      | 41,72                    | 48,41  |
| <b>Diamants poly-cristallins</b> | <b>0.5 x 0.5 cm<sup>2</sup> x 300 μm</b>   | Cividec             | 300    | -56,98         | 2,863      | 19,9                     | 49,22  |
|                                  | <b>10 x10 cm<sup>2</sup> x 500 μm</b>      | Cividec             | 300    | -55,74         | 2,64       | 21,11                    | 71,94  |
|                                  | <b>10 x 10 cm<sup>2</sup> x 500 μm</b>     | Cividec             | 300    | -55,91         | 3,569      | 15,66                    | 79,22  |

# ESRF : Radiographie des détecteurs diamant (mesure du courant : pico-ampèremètre)



*Scan d'une zone d'un  
diamant polycristallin  
(4mmx4mm)*

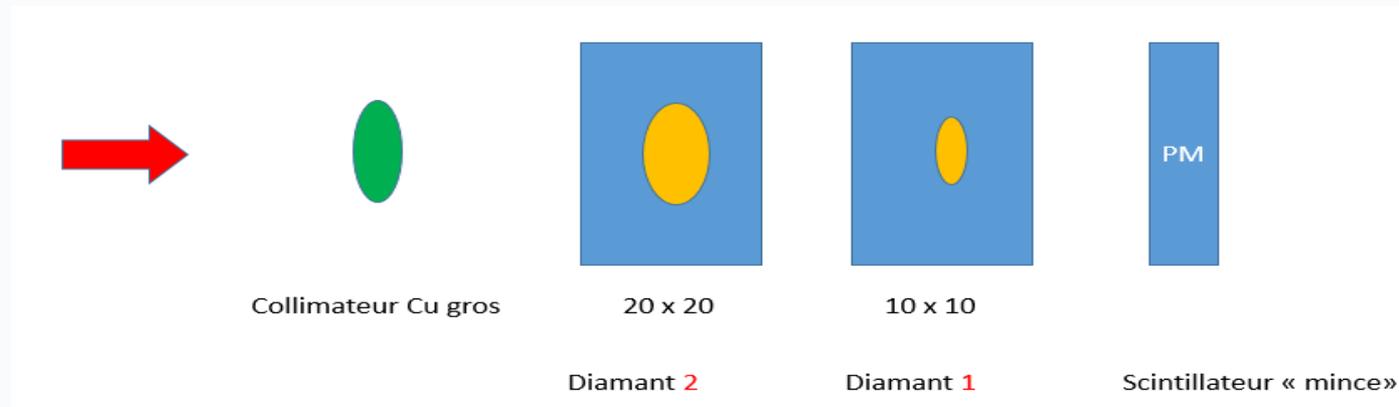
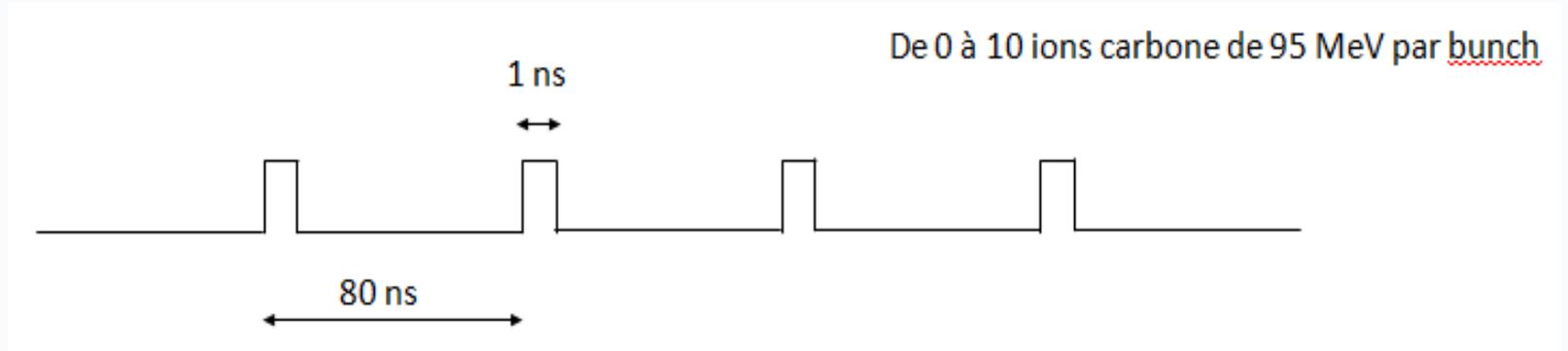
Faisceau très fin :  $\sim 1 \mu\text{m}$   
Observation des joints de grains  
Analyse en cours



*Zoom sur les joints de  
grains (220µmx240µm)*

# GANIL

- Expériences menées en juillet 2016
- Faisceau d'ions carbone de 95 MeV/nucléon



# GANIL : Résolution en temps entre deux détecteurs diamant

Run 7

| Diamond | thickness (μm) | Collimateur | Scintillateur + PM | Trigger | nb of evts | preampli  | voltage (V) | amplitude 1 (mV) | Noise 1 (mV) | amplitude 2 (mV) | Noise 2 (mV) | time_Resol (ps) D1 - D2 (50 et 20 %) |
|---------|----------------|-------------|--------------------|---------|------------|-----------|-------------|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------------------------|
| 20 X 20 | 500            | Big         | Thick              | beam HF | 10000      | 2 CIVIDEC | 500         | -838.4           | 2,435        |                  |              | 102.5 / 69.29                        |
| 10 X 10 |                |             |                    |         |            |           |             |                  |              | -520.9           | 2,654        |                                      |

Run 9

| Diamond | thickness (μm) | Collimateur | Scintillateur + PM | Trigger | nb of evts | preampli  | voltage (V) | amplitude 1 (mV) | Noise 1 (mV) | amplitude 2 (mV) | Noise 2 (mV) | time_Resol (ps) D1 - D2 (50 et 20 %) |
|---------|----------------|-------------|--------------------|---------|------------|-----------|-------------|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------------------------|
| 20 X 20 | 500            | Big         | Thick              | PM      | 4262       | 2 CIVIDEC | 500         | -504.8           | 2,99         |                  |              | 103 / 68.33                          |
| 10 X 10 |                |             |                    |         |            |           |             |                  |              | -273             | 3,29         |                                      |

Run 11

| Diamond | thickness (μm) | Collimateur | Scintillateur + PM | Trigger | nb of evts | preampli  | voltage (V) | amplitude 1 (mV) | Noise 1 (mV) | amplitude 2 (mV) | Noise 2 (mV) | time_Resol (ps) D1 - D2 (50 et 20 %) |
|---------|----------------|-------------|--------------------|---------|------------|-----------|-------------|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------------------------|
| 20 X 20 | 500            | No          | Thick              | PM      | 6233       | 2 CIVIDEC | 500         | -534.5           | 2,183        |                  |              | 104 / 69.77                          |
| 10 X 10 |                |             |                    |         |            |           |             |                  |              | -287.2           | 2,458        |                                      |

Run 15

| Diamond   | thickness (μm) | Collimateur | Scintillateur + PM | Trigger | nb of evts | preampli | voltage (V) | amplitude 1 (mV) | Noise 1 (mV) | amplitude 2 (mV) | Noise 2 (mV) | time_Resol (ps) D1 - D2 (50 et 20 %) |
|-----------|----------------|-------------|--------------------|---------|------------|----------|-------------|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------------------------------|
| E61s4-518 | 518            | small       | Thick              | PM      | 3118       | DBAIII   | 500         | 528.8            | 1,814        |                  |              | 20,78 / 18.5                         |
| AP05-300  | 300            |             |                    |         |            | CIVIDEC  |             |                  |              | -677.8           | 2,845        |                                      |

# Futur

## Expériences sur accélérateur :

- Un nouveau proposal ESRF a été déposé (test : diamant + pistes)
- Nous envisageons des tests au Centre Lacassagne de Nice de protonthérapie (faisceau de protons de 64 MeV)

## Objectifs :

- Collaboration avec John Morse pour des mesures rapides et régulières à ESRF (participation à l'équipement d'une ligne : ID16 ou ID21 pour de la caractérisation de diamants, achat d'un oscilloscope ?)
- Développement d'une instrumentation le plus générique possible (exemple : idée de fusion entre mono et monidiam)
- Electronique de lecture : ASIC en collaboration avec CAEN pour applications nucléaires (TDC à faible temps mort, spectroscopie à faible taux de comptage et mode courant intégré)
- Système d'acquisition  $\mu$ TCA (CPPM, IPNL) (interface via un lien optique Gbits (système rapide d'acquisition de ClaRyS))

## Futurs financements :

- Appel projets transverses IN2P3, en cours (2 ou 3 ans)
- Appel d'offres - Physique Cancer, INCa (Institut National contre le Cancer, appel tous les ans mais n'a pas encore été lancé)
- ANR en 2017 (mais sans orientation cancer)

On bénéficie du soutien de la direction du LPSC