



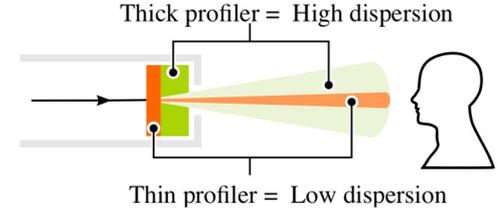
# PEPITES

C. Thiebaut



# PEPITES en bref

## Profil des faisceaux “médicaux” O(100 MeV)



### Buts



**Perturbation faisceau minimale**  
→ Budget matière: 10  $\mu\text{m}$  WET



**Dose déposée minimale  $10^8$  Gy**  
→ Radiorésistance

### Stratégie

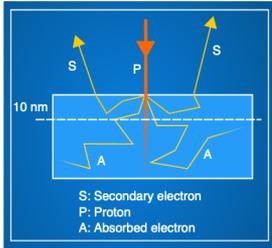
- PEPITES (Profileur à Electrons secondaires Pour Ions ThérapeutiquES)
- Electrons secondaires pour le signal
- Techniques de couches minces pour la construction

WET: Water Equivalent Thickness ( $0.1 \mu\text{m Au} \simeq 1 \mu\text{m water}$      $1 \mu\text{m Kapton} \simeq 1.4 \mu\text{m water}$ )

# PEPITES principes

Profileur à Electrons Pour Ions Thérapeutiques

Patent WO2019154785



## Signal

Secondary Electrons Emission (SEE) :

- Phénomène de surface
- Basse énergie (qq eV)  
→ Fonctionne dans le vide
- Taux proportionnel au  $dE/dx$   
→ Linéaire avec courant faisceau  
→ High signal= high Z → Au

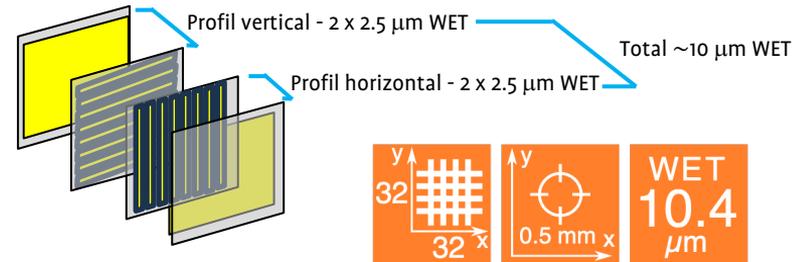
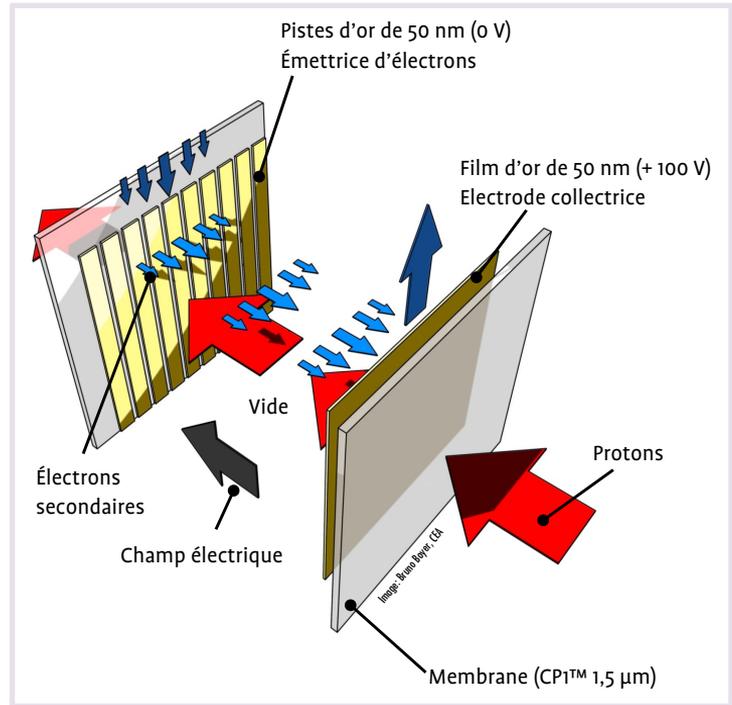
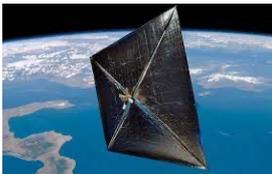
## Substrat

CP1™ (Colorless Polyimide) :

- Thermostable
- Radiorésistant
- Pour les voiles solaires !

## Fabrication

Thin film methods: Chemical Vapor Deposition (CVD)



## Atouts



Membranes dans le vide sans contraintes mécaniques  
→ **Dommages radio-induits moins conséquents**



Ultra-finesse  
• Échauffements faibles par le faisceau  
→ **Tolère les faisceaux de HAUTES intensités**



Linéarité du signal SEE  
→ **Large gamme dynamique**



Techniques de couches minces  
• Méthodes flexibles  
→ **Adaptation aux spécifications faisceaux**

## Atouts



Membranes dans le vide sans contraintes mécaniques  
→ **Dommages radio-induits moins conséquents**



Ultra-finesse

- Échauffements faibles par le faisceau

→ **Tolère les faisceaux de HAUTES intensités**



Linéarité du signal SEE  
→ **Large gamme dynamique**



Techniques de couches minces

- Méthodes flexibles

→ **Adaptation aux spécifications faisceaux**



**SPLIF**

**CNAO**

**PEPITES**



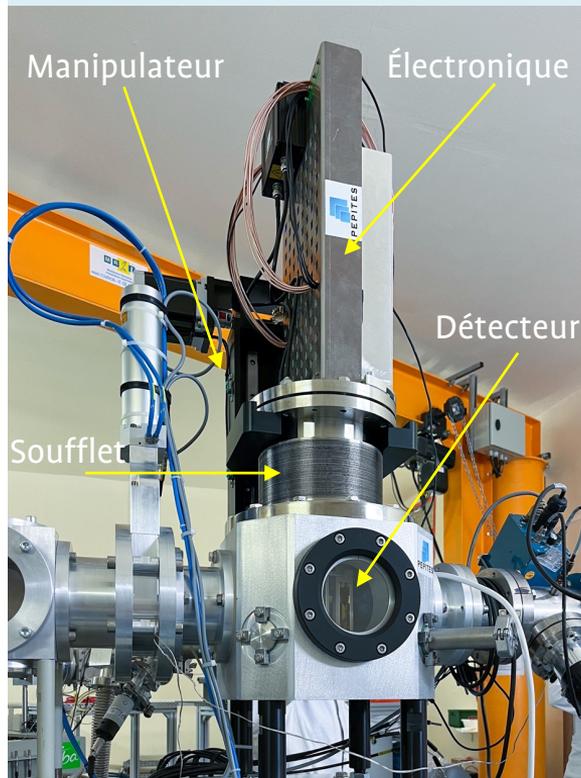
**ARRONAX**

**ULTRAFLASH**



# PEPITES @ARRONAX

ANR 10.2017-06.2022



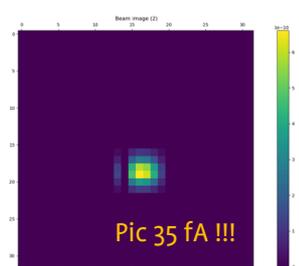
2024/10/10

2022.04

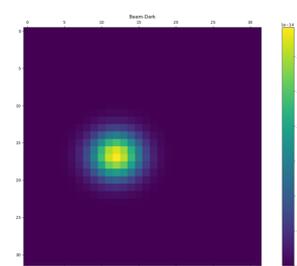
Détecteur installé  
(ON et OFF beam)

2022.05

Premier faisceaux (continus)  
 $1 \text{ pA} < I_{\text{beam}} < 20 \text{ nA}$



$I_{\text{beam}} = 1 \text{ pA}$



$I_{\text{beam}} = 20 \text{ nA}$



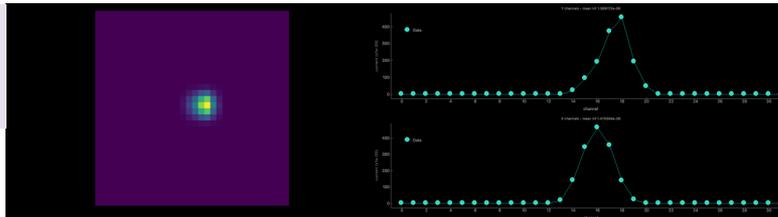
$\sim 10 \mu\text{m}$  WET  
2 x 32 channels  
Low noise readout  
electronic (CEA)

## Opérations “courantes”

Un outil pour étudier le détecteur et les futures applications

2022.06

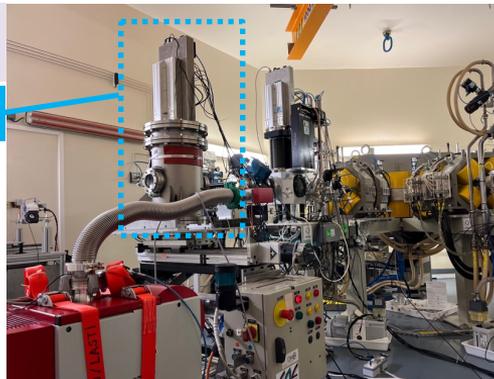
Premier faisceau FLASH !!!  
( $E_p=68$  MeV ,  $I_{\text{beam}}=1\mu\text{A}$  , 10ms pulse)



2023.06

Tests de « PEPITES nomade »

Nomade



Vers d'autres machines

**CNAO**  
Centro Nazionale di Adroterapia Oncologica

...

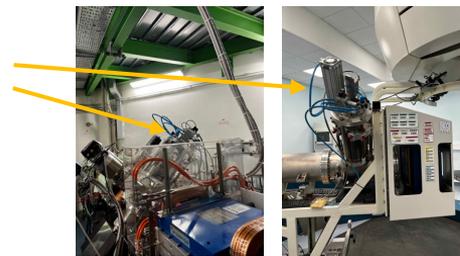
> 2023

Accès depuis le LLR  
Contrôle régulier

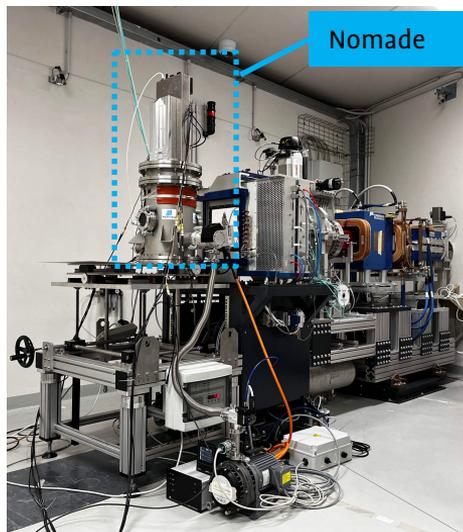
# PEPITES @CNAO

## Premiers pas

Les premiers hodoscopes à fibre du LLR sont encore là !!!



LOI (2020) → Accord CNRS/CNAO pour PEPITES signé (04/2024)  
Moniteur 6.5m en amont du patient : budget matière crucial !

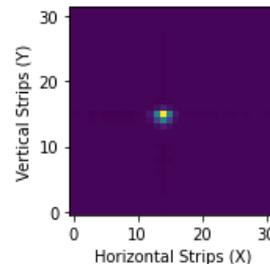
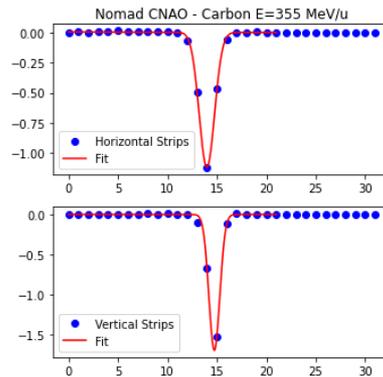


Nomade

## Premiers Tests

2023.11

## Premiers faisceaux Carbone

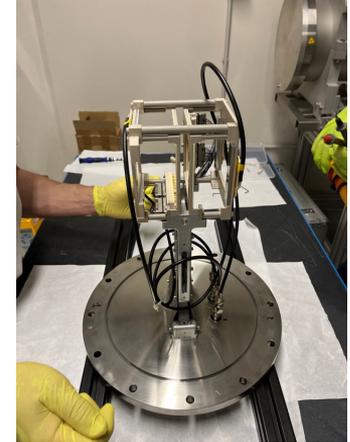
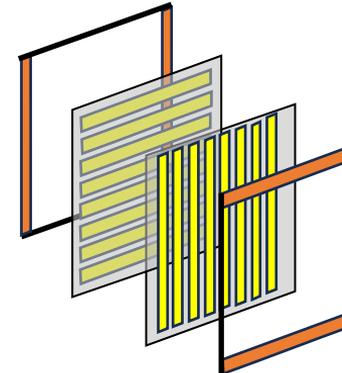
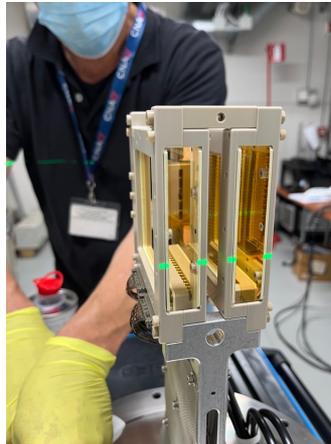
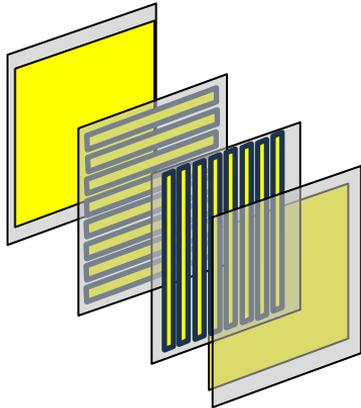


# PEPITES @CNAO

## 2024

Tests faisceau 2024.09.15-17

- trigger pour « coller » à la structure du faisceau
- Anodes « déportées » → 5  $\mu\text{m}$  WET !



## 2024

### Tests faisceau en 2024.09

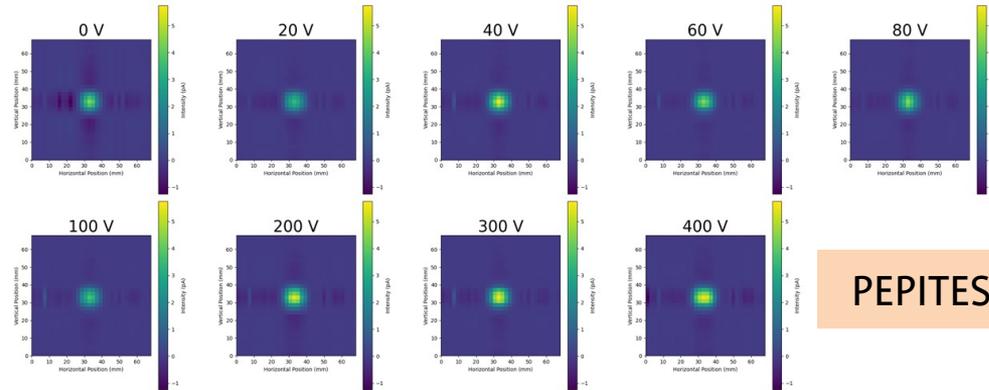
- trigger pour « coller » à la structure du faisceau
- Anodes « déportées »



Alexandre Esper  
PostDoc 2ans  
(2024-2025)

### Profile 2D reconstruit

- Anodes déportées
- Fonction ( $V_{\text{anode}}$ )



2024.09

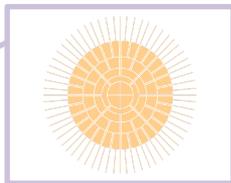
PEPITES preliminary

## 2024 et après...

Programme sur 3 ans envisagé pour un moniteur en clinique

- Evaluation de « faisabilité » 
- Étude d'adaptation (ligne et/ou PEPITES)
- Production d'un système complet (détecteur, readout, DAQ)
- Tests

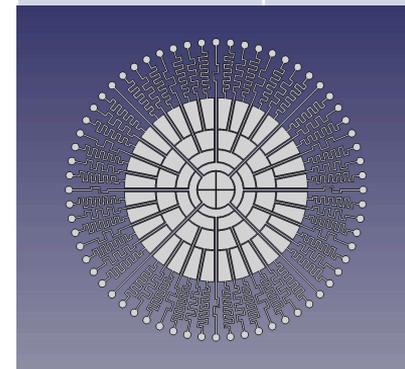
- Réduction épaisseur
- Electronique



Luxfilm  
Polyimide  
100 nm

- Faisceau restera payant (coûts partagés...)
- Notre financement reste « obscur »...

Géométrie	Membrane CP1™	Membrane LuxFilm™
2 plans strips 2 plans anodes	10 $\mu\text{m}$	2.5 $\mu\text{m}$
2 plans strips 2 anodes hors-axe	5 $\mu\text{m}$	1.25 $\mu\text{m}$
Pattern 2D Anode hors-axe	2.5 $\mu\text{m}$	0.6 $\mu\text{m}$





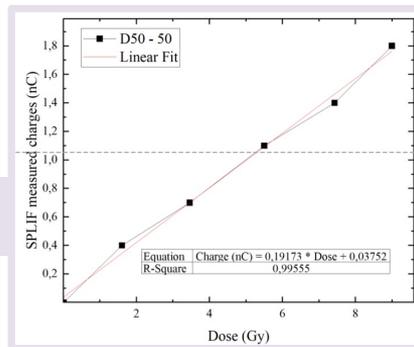
## SimPLe moniteur pour Intensités Flash

PEPITES « simplifié » et nomade pour fournir un outil pratique et fiable pour une mesure continue des faisceaux de haute intensité



CPO : e- 7 MeV, O(nC), pulses 1-5  $\mu$ s  
ARRONAX : p 68 MeV, O(nC), pulses O(100)  $\mu$ s

Ça marche !



2024.05



Brevet !  
DI en cours...

# SPLIF

## Un projet prématuration IPP



**INSTITUT  
POLYTECHNIQUE  
DE PARIS**

Programme de prématuration de l'IPP 2022  
2023.09.01 → 2024.08.30



Christopher Larran  
CDD Ingénieur



Evolution vers un profileur compact = PEPITES portatif

**THERYQ**  
HEALTH



**INSTITUT  
POLYTECHNIQUE  
DE PARIS**

Candidature Programme de prématuration de l'IPP 2024  
Eventuel début : 2025

# PEPITES UltraFlash

## Un défi pour les modalités Flash ultimes

Faisceaux « FLASH » générés par Accélération Laser Plasma

Compatible PEPITES ?  
 pulse O(10 fs)..  
 $I_{inst} = 30kA...$

Opportunité (2023) : MITI  
 Mission pour les Initiatives  
 Transverses et Interdisciplinaires



Projet : 2023 + 2024  
 Avec labo hors IN2P3  
 LOA (X, ENSTA)

Si UltraFlash OK  
 ...  
 OK partout ailleurs

LOA : avec CURIE pour effet FLASH

Machine traitement ALP du futur



# PEPITES UltraFlash

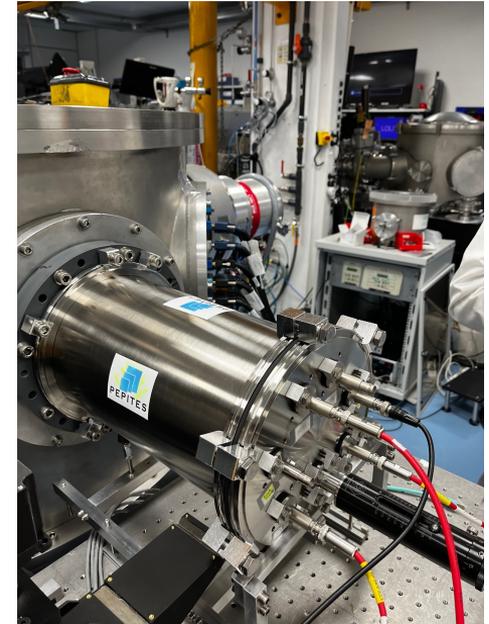
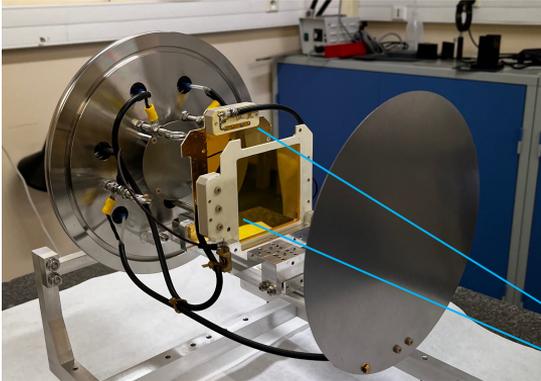
## PUFF : Pepites for Ultra Flash Facilities

Début 06.2023, premiers test 9 octobre 2023...compliqués...

But : étude du signal

2 plans dorés  
1 cathode émettrice  
1 anode

2023.10

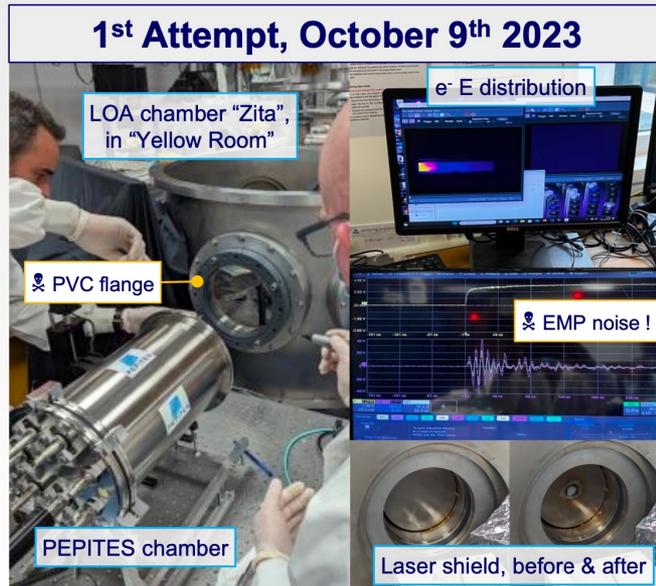


## Premiers tests

2023.10

2024.04

# Test Beam Attempts with LPA



→ Drowned out by EMP background



→ Line under development, no usable beam...

# PEPITES UltraFlash

## 2024 : étude des signaux

Durée de pulse (difficulté...)

CPO (SIT Flash) : e- 7 MeV O( $\mu$ s)

2024.10

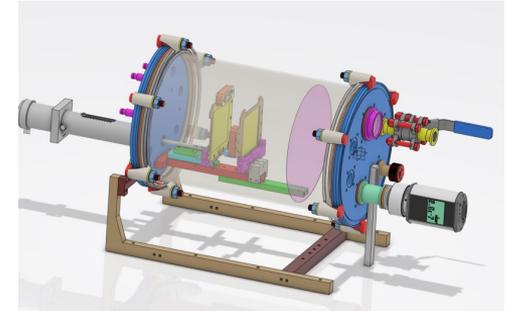


ELYSE : e- 7 MeV O(10 ps)

2024.11

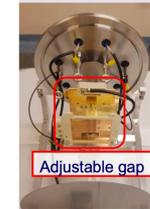
LOA : e- O(100 MeV) O(10 fs)

2024.10



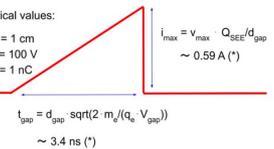
**PUFF**

2 plans dorés  
HV réglable ( $V_{gap}$ )  
Distance réglable ( $d_{gap}$ )



(\*) For typical values:

- $d_{gap} = 1$  cm
- $V_{gap} = 100$  V
- $Q_{SEE} = 1$  nC



# PEPITES conclusions

## L'aventure continue !

Compréhension et étude du détecteur (long terme)



Développement d'un moniteur pour la clinique



Essais de développement d'un moniteur FLASH



Explorations sur le Flash « ultime » (ALP,  $e^-$  et p)

