



# Projet SPACE-ALTO

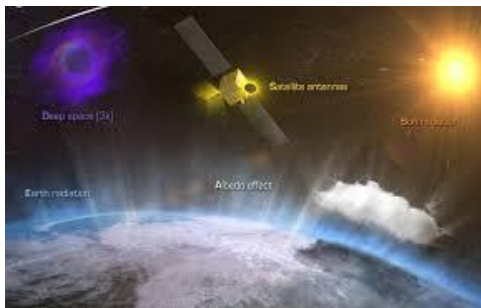
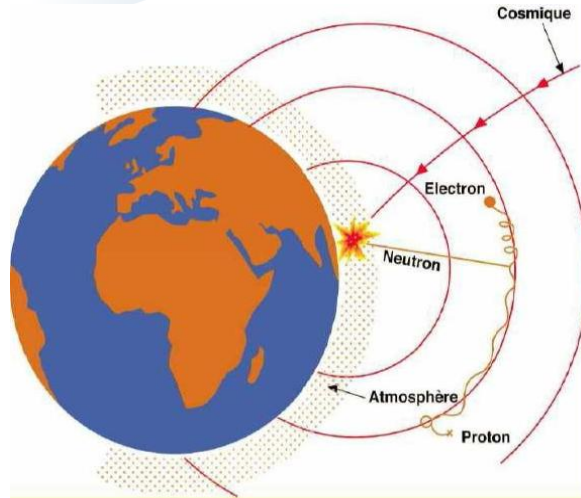
**Station Pour l'irradiation des Composants et systèmes à ALTO**

**Journées irradiations et analyses**

**17 Novembre 2021**

A. Saïd

- Introduction.
- Contexte
- Présentation du projet :
  - Contexte
  - But et objectif du projet,
  - Livrables du projet
  - Interdépendances du projet
  - Exigences du projet
- projet
- Annexes



- **Rayonnements cosmiques**
  - Ions
  - Protons
  - Neutrons
  - Électrons
- **Ceintures de radiation Van Allen**
  - Protons (keV – centaines de MeV)
  - électrons (eV – dizaine de MeV)
- **Eruptions solaires**
  - Protons (keV – centaines de MeV)
  - Ions lourds (qq's MeV/n – dizaine MeV/n)

➤ **Effet sur les composants** (pannes, vieillissements, destructions, ...)  
- Prise en compte de ces effets : **Assurance durcissement**

- **Assurance durcissement aux radiations (RHA)** pour les équipements utilisés dans les milieux radiatifs (spatial, aéronautique, ...)



- Étude des effets du rayonnement sur les composants et systèmes (SEE, DDD, TID)



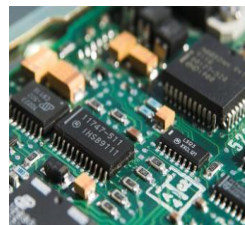
- Nécessite des faisceaux de particules (Protons, électrons, neutrons, ions lourds)

✓ Demandes de faisceaux en augmentation



+

- Plateforme de haute technologie existante et utilisée pour la recherche fondamentale
- Valoriser des grands équipements de recherche: une mission du CNRS, activité en plein développement.
- Ouverture des plateformes technologiques et de recherche vers le monde industriel



## Faits marquants : alignement des planètes ?

Besoin urgent d'autofinancer la plateforme:  
**nouveau modèle économique**

+

Demande croissante de faisceaux pour des tests  
d'irradiation

+

ALTO peut fournir 4 types de faisceaux (e, p, n, i)

+

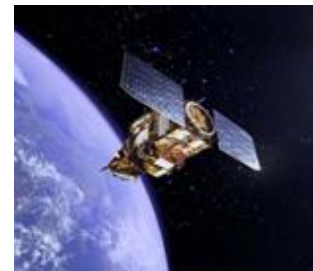
Étude de marché et modèle économique consolidés

+

AAP SESAME PIA 2019 - Valorisation des plateformes



**Projet SPACE ALTO**  
"Station Pour les irrAdiations des  
Composants et systèmEs"



**ALTO a participé à la conférence RADECS (RADiation Effects on Components and Systems), 500 participants. RADECS est un forum scientifique et industriel européen annuel sur : les effets des rayonnements sur les matériaux, dispositifs, circuits.**



**Les Faisceaux principalement utilisés pour des tests sur les composants électroniques et optoélectroniques pour l'aéronautique et le spatial.**

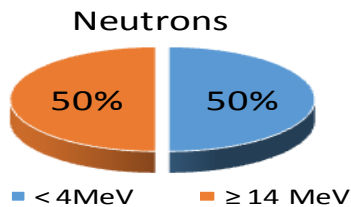
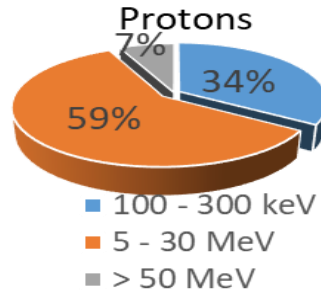
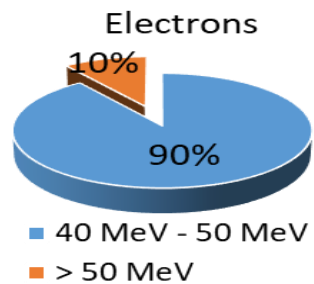
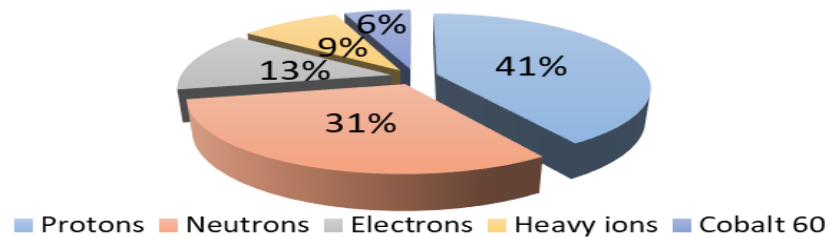
**-Visite au stand : une centaine  
-Nombre de sondés: 37  
dont**

- 3 académiques
- 34 entreprises
- Entreprises rencontrées après RADECS à ALTO: TRAD, ONERA, CEA, SODERN, ITER, NUCLETUDES, CAYLAR
  
- 5 demandes de devis
- 2 prestations réalisées (protons).



Première analyse du besoin: réalisée au salon RADECS 2018 (RADIation Effects on Components and Systems), 500 participants.

Utilisation de faisceaux de particules pour les tests d'irradiations \*



\*Prospection/sondage auprès de 100 participants pour analyse des besoins

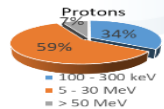
**Résultats:** Une réelle demande de **faisceaux de protons, d'électrons et de neutrons**



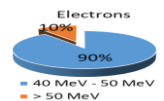
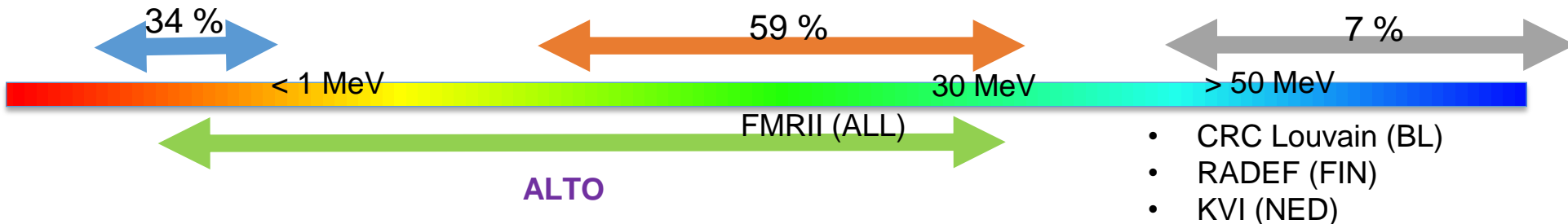
Faisceaux et énergies disponibles à ALTO (Accélérateur Linéaire et Tandem d'Orsay)



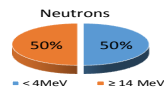
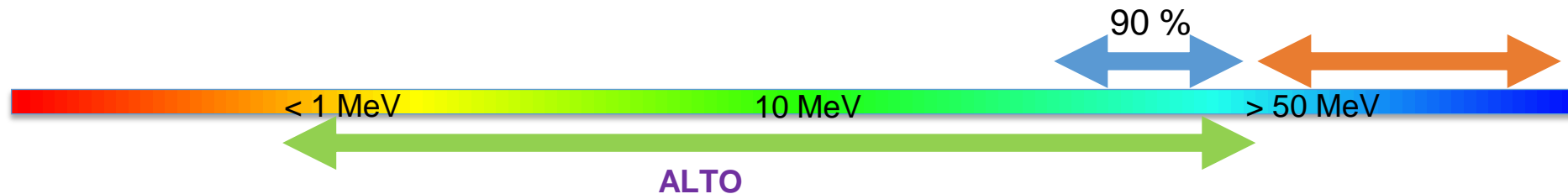
- ✓ Chambres d'irradiations adaptées aux exigences des industriels
- ✓ Reproduire les conditions du spatial (température variable, sous vide ou sous azote)
- ✓ Postes d'irradiations automatisés, capables d'accueillir des échantillons de grandes dimensions



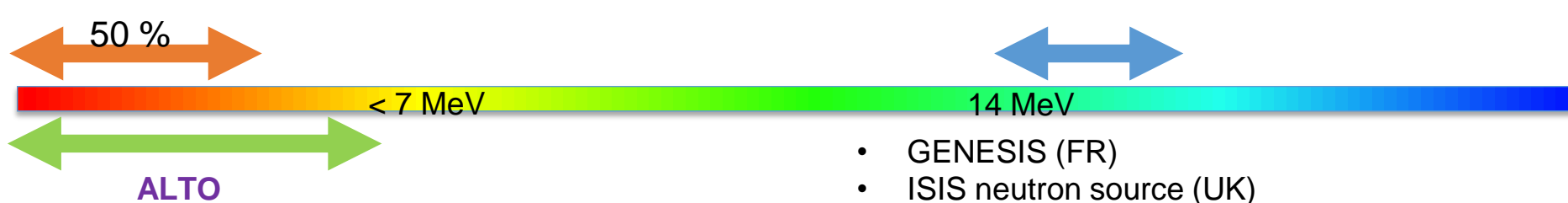
Protons



Électrons



Neutrons



ALTO est donc une installation très compétitive et idéalement positionnée sur les gammes d'énergies d'intérêt pour les électrons, protons et neutrons

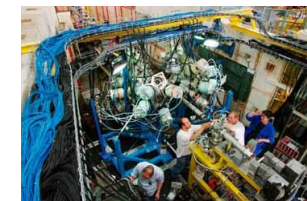


Offrir aux industriels et aux organismes de recherche des moyens et des solutions techniques et scientifiques pour les études, les tests et les simulations sur les effets des radiations sur les systèmes électroniques et les matériaux.

Les moyens développés à l'intention des utilisateurs :

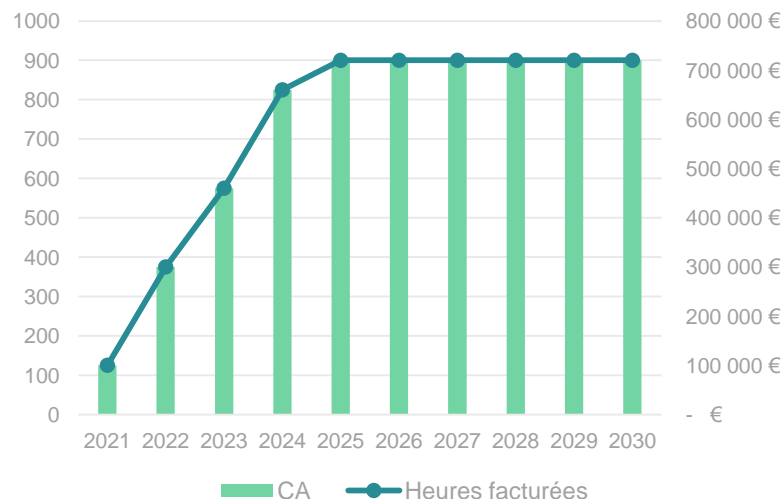
- ✓ des sources de faisceaux de particules énergétiques : protons, électrons, neutrons, ions
- ✓ des conditions environnementales spécifiques (environnement gazeux, sous vide, sous azote, température variable, air)
- ✓ des techniques de mesures de dosimétrie (énergies, flux, l'homogénéité, doses reçues, profondeur de pénétration, ...).
- ✓ une assistance technique aux expériences et une formation aux technologies liées aux accélérateurs

Accès aux acteurs qui animent et qui structurent des filières aéronautique, spatiale, défense et automobile : agences spatiales, fabricants d'équipements électroniques, bureaux d'études, développeurs de logiciels, spécialistes de solutions de durcissement de composants et les équipes de recherche



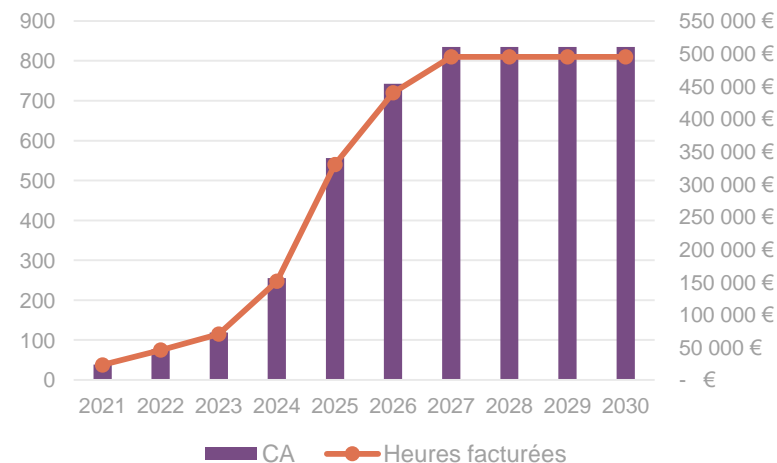
## Prévision de croissance

Cabinet Erdyn (2019/2020)



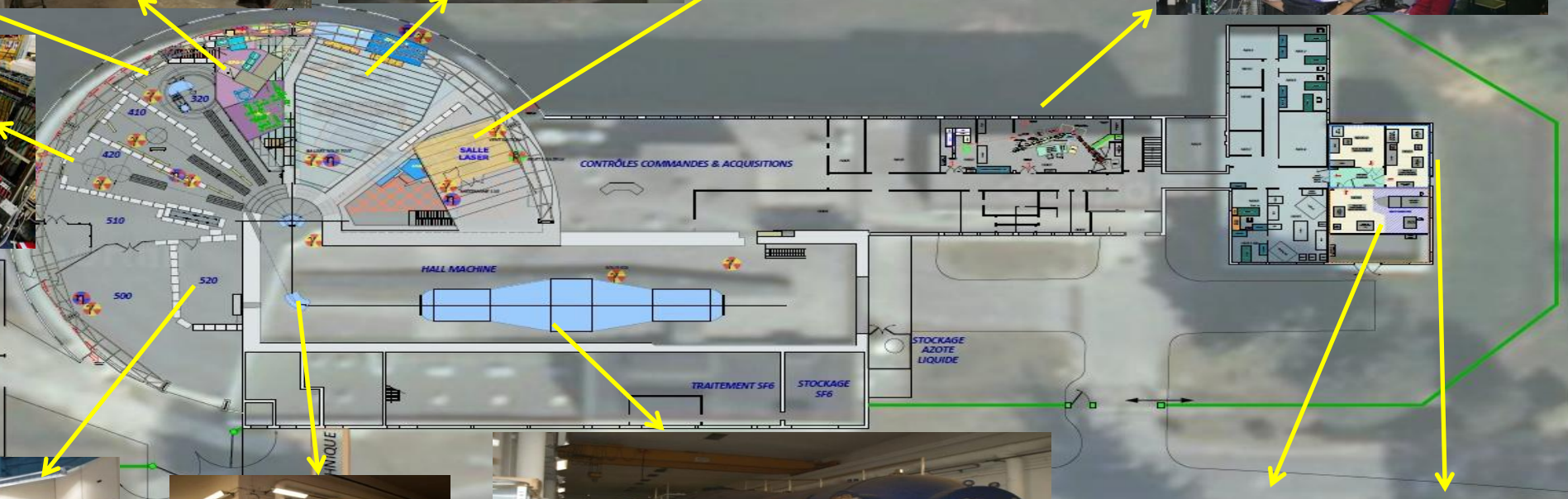
- Tarif marché : 800 €/h
- Temps de faisceau disponible
- Pas de contrainte

Actualisation STIRI (2021)



- Tarif actuel : 630 €/h
- Extrapolation à partir des demandes reçues
- Prise en compte des contraintes liées au planning du projet

**Pour atteindre l'objectif de 400 k€/an, il est important de réserver des créneaux aux futurs clients. Les prestations devraient être prioritaires**





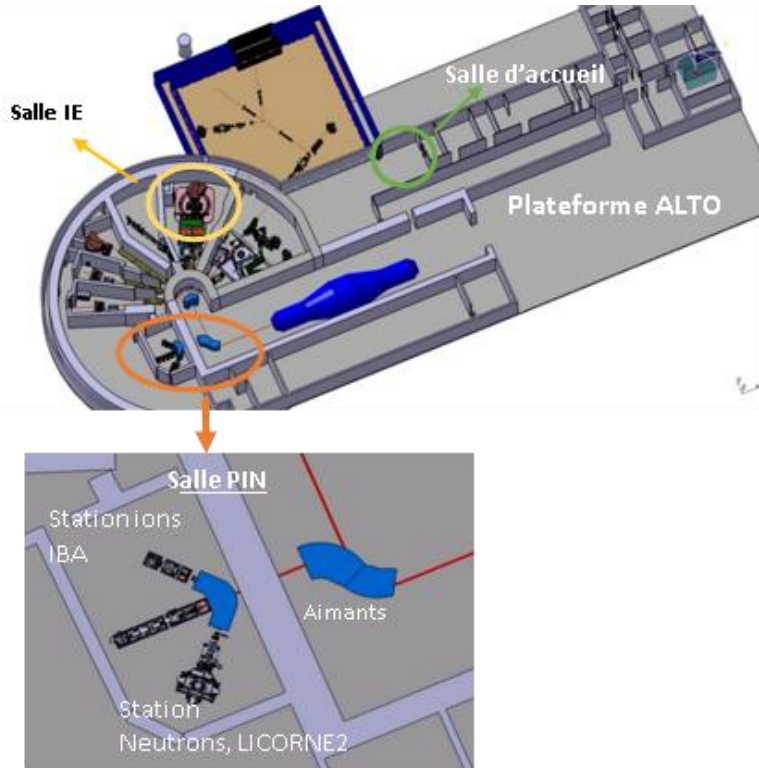
5 salles expérimentales dédiées aux faisceaux stables



6 dispositifs expérimentaux dans la salle 110 dédiées aux faisceaux radioactifs

- Une équipe dédiée de 13 personnes (ingénieurs et techniciens).
- Les équipements d'ALTO offrent une opportunité unique d'avoir au même endroit des faisceaux stables, des faisceaux radioactifs, des électrons et des neutrons.
- ALTO offre la possibilité de fonctionner 24 heures par jour, 7 jours par semaine.

Projet SPACE ALTO  
"Station Pour les irrAdiations des Composants et systèmEs"



coût : 1,2 M€,  
ouvrir les faisceaux d'ALTO aux industriels.

construction de nouvelles zones expérimentales opportunité unique en France de disposer de faisceaux de protons, d'électrons, de neutrons, et d'ions stables

Ce projet à long terme (3 ans) permettra à l'installation de s'autofinancer.

4 zones sont concernées :

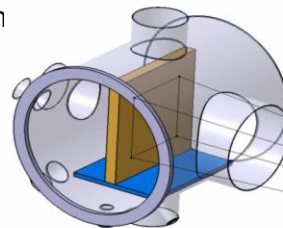
- zone 210 : station pour les électrons.
- zone 320 :
  - chambre dédiée aux irradiations avec des faisceaux d'ions du Tandem
  - LICORNE 2 (Lithium Inverse Cinématiques ORsay NEutron source), source de neutrons quasi-mono-énergétiques unidirectionnel, avec des énergies de 0.5 à 4 MeV, un flux de neutron de  $10^8 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .
- salle de préparation pour les industriels et lieu de stockage des équipements dédiés aux prestations.
- salle d'accueil

## ▪ Zone des irradiations avec des ions.

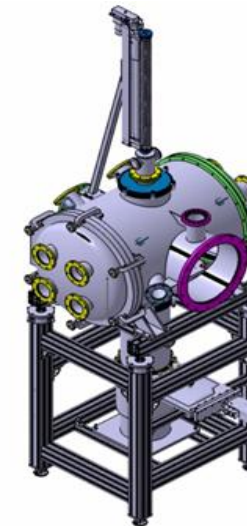
- Un nouveau poste irradiation constitué d'une chambre qui assure les irradiations dans les conditions requises.
- Faisceaux : p à  $^{197}\text{Au}$  avec des intensités variables du nA au  $\mu\text{A}$  et des énergies variables de 1 MeV à 300 MeV.
- irradiations sous vide
- Sous atmosphère gazeuse
- Possibilités d'accueillir des échantillons de dimensions allant de qqs mm à 300x300 mm.
- Chambre équipée :
  - d'un porte échantillons mobile
  - d'un porte échantillon fixe avec la possibilité de faire varier la température de  $-170^{\circ}\text{C}$  à  $180^{\circ}\text{C}$ .
  - d'un système de dosimétrie in-situ (mesure de fluence/courant in-situ)
  - d'un système de balayage  $\rightarrow$  surface m



Synoptique C&C



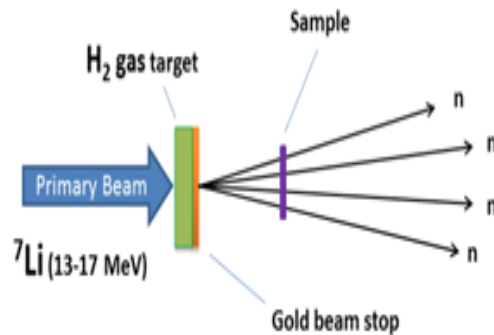
La ligne sera prête en octobre 2022



Chambre

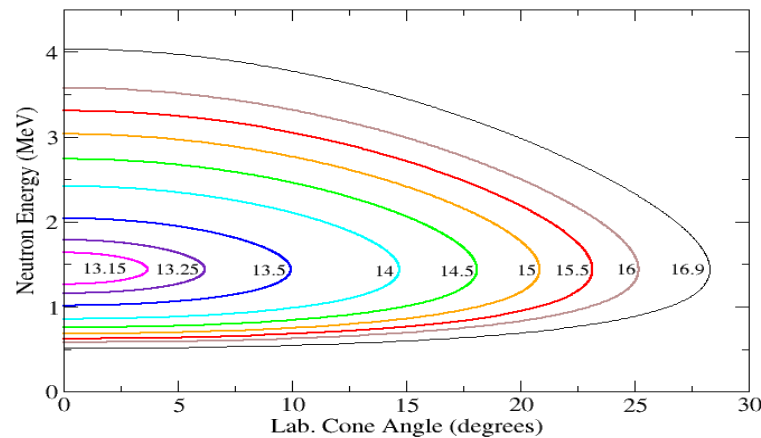
## LICORNE 2

Intense ***focused monoenergetic***  
neutron source:  $10^8$  n/s/steradian



- LICORNE (Lithium Inverse Cinematiques ORsay NEutron source).
- Faisceau de neutrons quasi-mono-énergétique **unidirectionnel** (0.5 - 4 MeV)
- Le flux neutronique du faisceau atteint  $10^8 \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  par stéradian.

➔ **Seul site au monde avec focalisation + flux important**

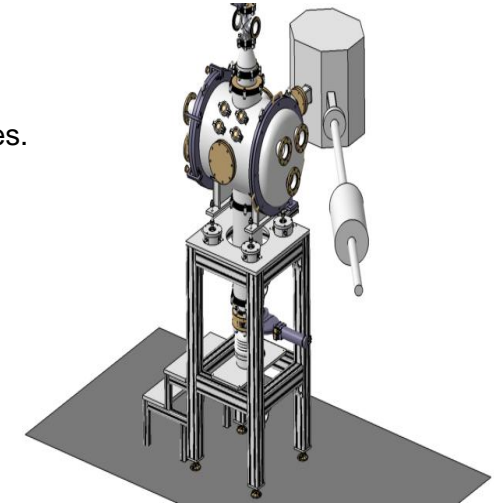


Fabrication du dispositif original expérimental **LICORNE** entièrement dédiée aux irradiations, développé par l'IJClab.



## ▪ Zone des irradiations avec des électrons.

- Un nouveau poste irradiation constitué d'une chambre qui assure les irradiations dans les conditions requises.
- Faisceau : avec des intensités variables du nA au  $\mu\text{A}$  et des énergies variables de 1 MeV à 50 MeV
- irradiations sous vide
- Sous atmosphère gazeuse
- Possibilités d'accueillir des échantillons de dimensions allant de qqs mm
- Chambre équipée :
  - d'un porte échantillons mobile
  - d'un porte échantillon fixe avec la possibilité de faire varier la température de  $-170^{\circ}\text{C}$  à  $180^{\circ}\text{C}$ .
  - d'un système de dosimétrie in-situ



La ligne sera prête en octobre 2023

## ▪ Zone préparation

- ✓ Equipée d'instruments : spectromètre infrarouge : *cet appareil est dédié aux mesures les niveaux de contaminations des échantillons.*
- ✓ Equipée
- ✓ Zone de stockage

La zone sera prête en mars 2022

## ▪ Zone accueil

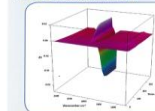
Un espace dédié au industriels pour l'acquisition



**INVENIO R**

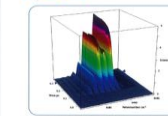
• The new intuitive FTIR R&D Spectrometer

Rapid Scan Combined with Spectroelectrochemistry



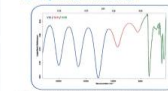
The 3D plot shows the oxidation of a ferrocyanide solution at potentials ranging from -0.3 V to 0.6 V. The change of the two characteristic bands during the whole oxidation process from getting started until equilibrium has been recorded with rapid scan, which enables a temporal resolution of better than 15 ms.

Step Scan TRS



The OPUS 3D plot shows the switch-on of a MIR laser diode within 100 ns. The matchless temporal resolution in its range is achievable independently of the high spectral resolution of 2 cm<sup>-1</sup> to clearly resolve all modes of the laser emission.

Hemispherical Reflectance



The above total reflectance spectrum of a coated glass mirror was measured by using two engraving spheres. The perfect fit of three different spectral ranges from ca. 23000 cm<sup>-1</sup> to 400 cm<sup>-1</sup> was achieved by automatic switching of two sources, two different types of beamsplitters as well as three detectors. The interference in the visible range can be used to determine the thickness of the coating on top of the mirror surface.

spectromètre infrarouge



# ANNEXES

### Mesure de fluence/courant in-situ (dosimétrie in-situ)

La conception du porte-échantillon est adaptée à une mesure du courant induit par l'arrivée de charge électriques, proton ou électron sur une cible métallique. La cible métallique sera isolée électriquement du plateau chauffant par une couche de mica ou de polyimide (Kapton). La cible sera reliée par un fil de cuivre à une borne de l'enceinte (toujours isolée électriquement, celle-ci sera connectée par un câble coaxial au rack électrique ou directement au moyen de lecture. Afin de garantir la valeur de courant mesurée, induit par la présence de charges électriques (proton ou électron) issues de l'irradiateur, la cible sera polarisée électriquement par une tension comprise entre 200 et 400V. Cette polarisation permettra de « retenir » les charges secondaires créées à l'issue de l'interaction charge primaire/matière. Cette polarisation sera effectuée par l'intermédiaire d'une alimentation extérieure (type SMU).

La lecture de courant se fera via une connexion du rack électrique (ou directement à partir de la sortie de l'enceinte) vers un électromètre (Coulombmètre). Cet électromètre sera connecté au logiciel de contrôle. La lecture de courant sera convertie en fluence ( $e^-/cm^2$  ou  $p^+/cm^2$ ), paramètre nécessaire et couramment transmis par un client souhaitant une irradiation de matériau.

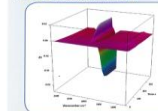
L'électromètre devra être étalonné afin de garantir la valeur de courant lue. Cet étalonnage sera fait sur l'électromètre.



## INVENIO R

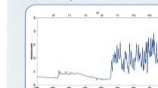
● The new intuitive FTIR R&D Spectrometer

### Rapid Scan Combined with Spectroelectrochemistry



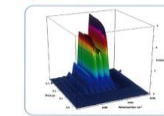
The 3D plot shows the oxidation of a ferrocyanide solution at potentials ranging from -0.3 V to 0.6 V. The change of the two characteristic bands during the whole oxidation process from getting started until equilibrium has been recorded with rapid scan, which enables a temporal resolution of better than 15 ms.

### Bruker FM Spectrum



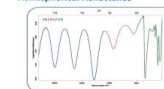
Sulfathiazole measured with INVENIO using Platinum Diamond ATR, standard internal IR source and the ultra-wide range BRUKER FM optical components from 4000  $\text{cm}^{-1}$  to 80  $\text{cm}^{-1}$  in a single step measurement without any gap.

### Step Scan TRS



The OPUS 3D plot shows the switch-on of a MIR laser diode within 100 ns. The matchless temporal resolution in its range is achievable independently of the high spectral resolution of 2  $\text{cm}^{-1}$  to clearly resolve all modes of the laser emission.

### Hemispherical Reflectance



The above total reflectance spectrum of a coated glass mirror was measured by using two integrating spheres. The perfect fit of three different spectral ranges from ca. 23000  $\text{cm}^{-1}$  to 400  $\text{cm}^{-1}$  was achieved by automatic switching of two sources, two different types of beamsplitter as well as three detectors. The interference in the visible range can be used to determine the thickness of the coating on top of the mirror surface.