

ETALONNAGE D'APPAREILS DE MESURE DES RAYONNEMENTS IONISANTS SANS SOURCE RADIOACTIVE

Arnaud Chapon (achapon@atron.fr)

Avec le support de:



En collaboration avec:



ETALONNAGE D'APPAREILS DE MESURE DES RAYONNEMENTS IONISANTS SANS SOURCE RADIOACTIVE

- Présentation de la plateforme ATRON
- Etalonnage d'appareils de mesure des RI
- Autres services proposés par ATRON





- 25.5% INEO
- 25.5% ENDEL

Cadres dirigeants

- 24.5% M. Asselot
- 24.5% M. Mauclet



• 2007



• 2014



• 2017



LES OPERATIONS



**VERIFICATION
D'ETALONNAGE**



**IRRADIATION
 e^- - X**



**PLATFORME
D'EXPERTISES**



**MESURES
& ANALYSES**

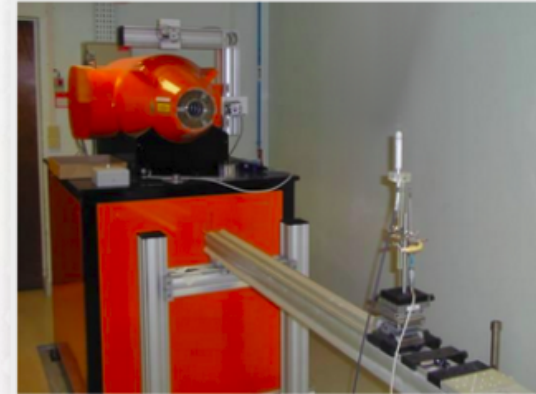
Contrôle Périodique de l'Étalonnage:

- Arrêté du 21 mai 2010: mesurer les **grandeurs caractéristiques** de l'instrument de mesure qui sont fournies par son certificat d'étalonnage (établi par le constructeur avant la première mise en service).
- pour les instruments de mesure sans contrôle permanent de bon fonctionnement, la périodicité du CPE est **triennale**.



Méthode de vérification de l'étalonnage de radimètres couramment mise en oeuvre:

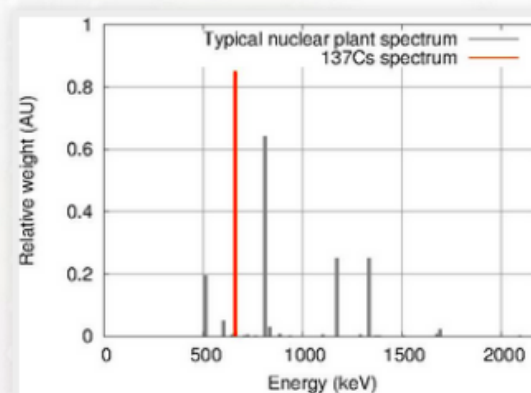
- utilise un irradiateur contenant plusieurs sources radioactives collimatées,
- consiste à vérifier que la réponse de l'appareil est conforme à celle attendue à une activité et à une distance données de la source.



Exemple d'irradiateur (CEA)



- **Coût des sources et renouvellement:**
 - trois sources radioactives (^{137}Cs),
 - à renouveler tous les 10 ans.
- **Faible productivité:**
 - un seul radiamètre à la fois,
 - déplacement du radiamètre pour sonder les gammes de débit de dose.
- **Gamme en énergie limitée:**
 - une seule énergie sondée (662 keV).

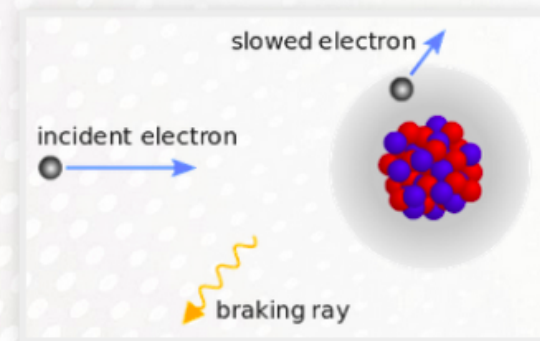


Objectifs de CERAP:

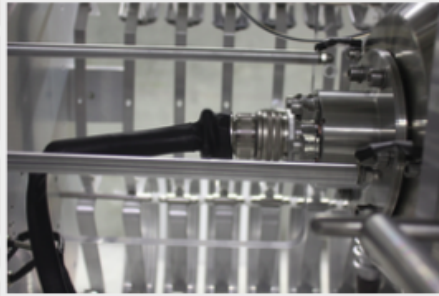
- Proposer une méthode de vérification de l'étalonnage d'instruments de mesure des rayonnements ionisants sur de larges gammes d'énergies et de débits de dose,
- **S'affranchir de sources radioactives.**

Moyen envisagé:

- Utiliser le rayonnement de freinage d'**électrons accélérés à quelques MeV** comme source de vérification de l'étalonnage.

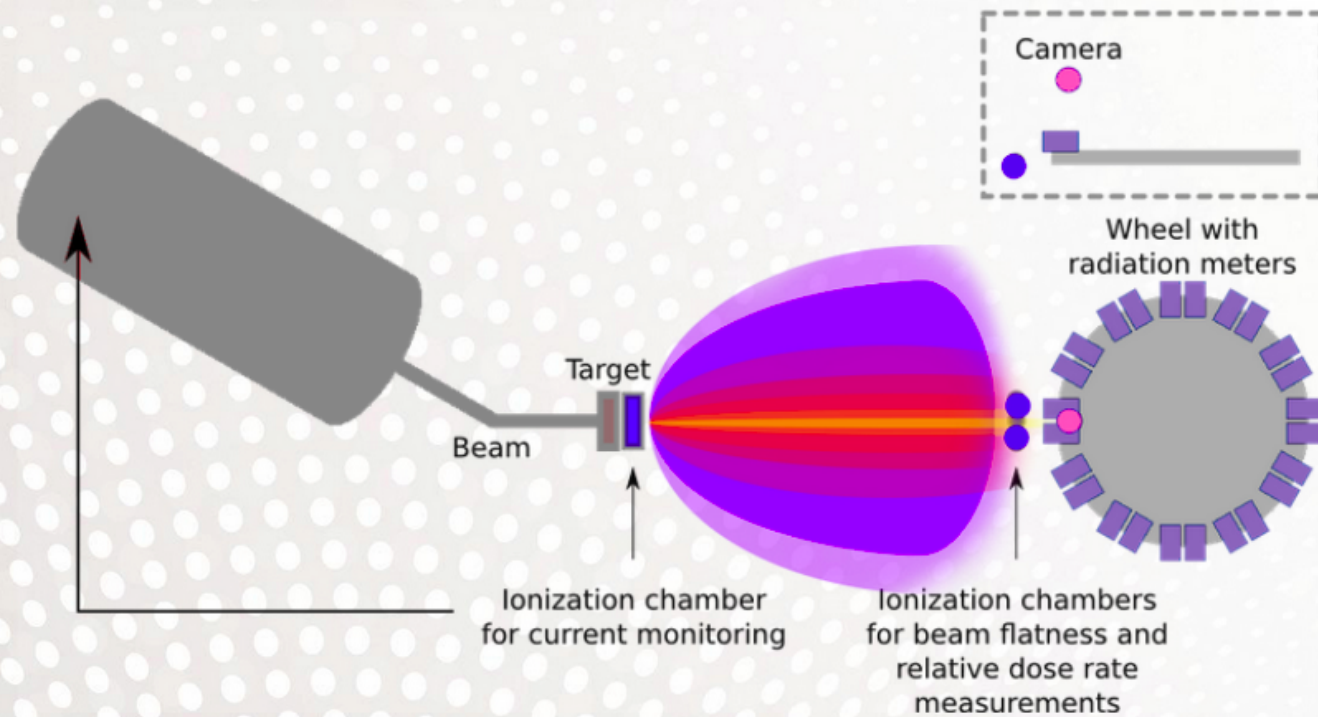


Singletron 3.5 MeV **HVE**:



- Electrons accélérés jusqu'à 3.5 MeV,
- Cible de conversion
⇒ rayonnement de freinage,
- Instruments à positions fixes,
- Variation du courant de faisceau pour sonder les différents débits de dose.



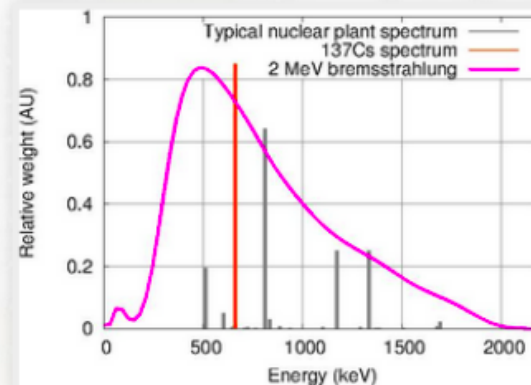


Avantages:

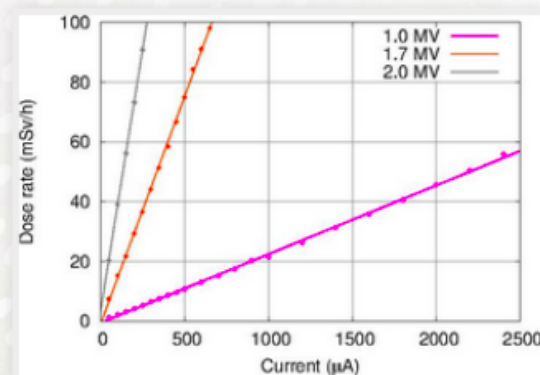
- large gamme en énergie,
- débit de dose $\propto$ intensité du faisceau,
- possibilité d'automatisation,
- pas de source radioactive.

Simplification des procédés:

- paramétrisation de l'accélérateur (définition de séquences) $\Rightarrow$ réduction du risque d'erreur,
- gain de temps $\Rightarrow$ réduction du temps d'immobilisation du matériel.



Simulation Bayeux/Geant4



Données expérimentales - IBA



Avantages:

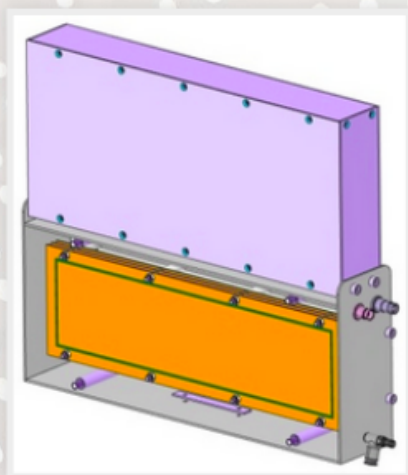
- Large gamme en énergie,
- Débit de dose
 $\propto$ intensité du faisceau,
- Possibilité d'automatisation,
- Pas de source radioactive.

Mise en oeuvre:

- Contrôle de l'accélérateur:
 - justesse et stabilité,
 - homogénéité.
- Fiabilisation du procédé:
 - reproductibilité,
 - automatisation.
- Traçabilité des champs de référence:
 - raccordement, en termes d'équivalent de dose, à la référence nationale.



Développement d'une chambre d'ionisation de monitoring



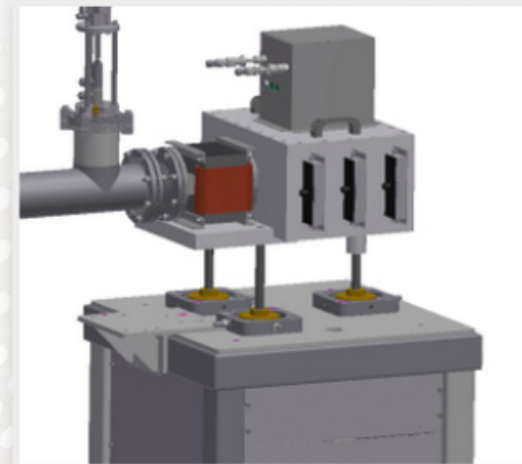
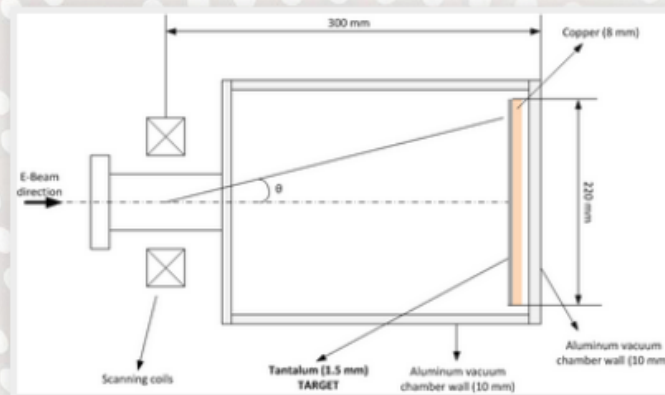
- **Objectif:** réguler l'accélérateur aux faibles débits de dose
- **Cahier des charges:**
 - mesure précise aux faibles niveaux d'irradiation
de $1 \mu\text{Sv/h}$ à 15 mSv/h à 3 mètres de la cible
 - résistance aux fortes irradiations
> 500 Sv/h
 - temps de réponse rapide
de l'ordre de la seconde



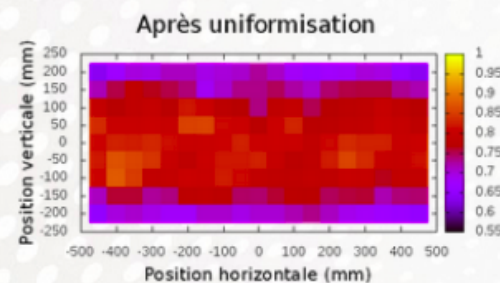
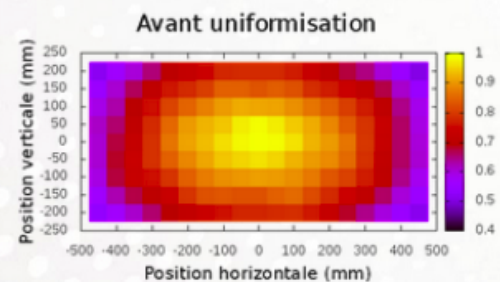
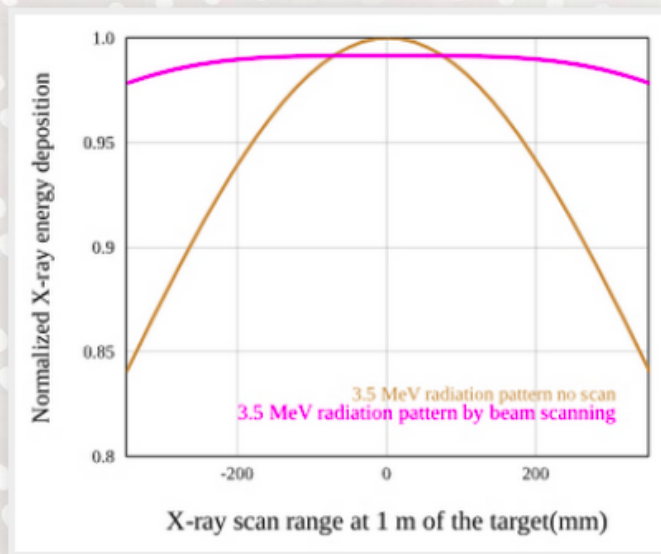
Uniformisation du champ d'irradiation

Définition d'une fonction de balayage de la cible

- Dimensions de la cible: 40x220 mm²
- Balayage vertical: 1 kHz
- Balayage horizontal: 25 Hz



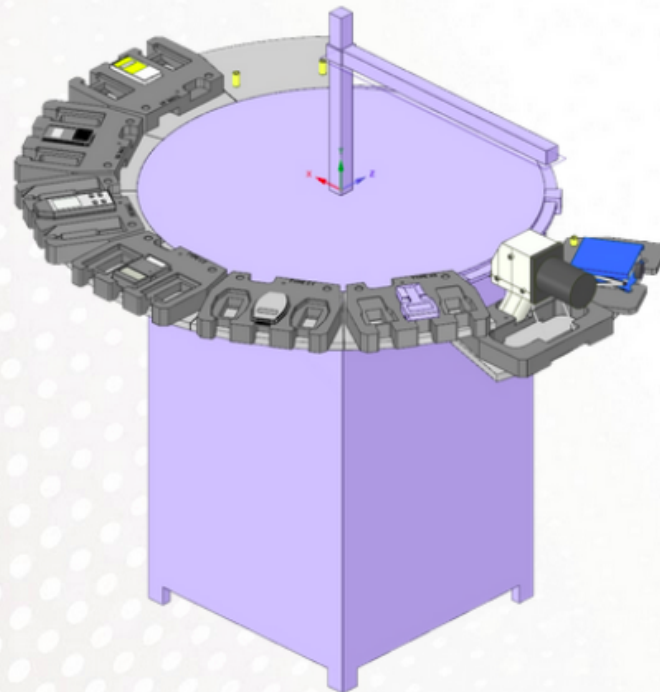
Homogénéité du champ d'irradiation: jusqu'à 99,8% sur $\pm 15^\circ$



Reproductibilité du positionnement des instruments

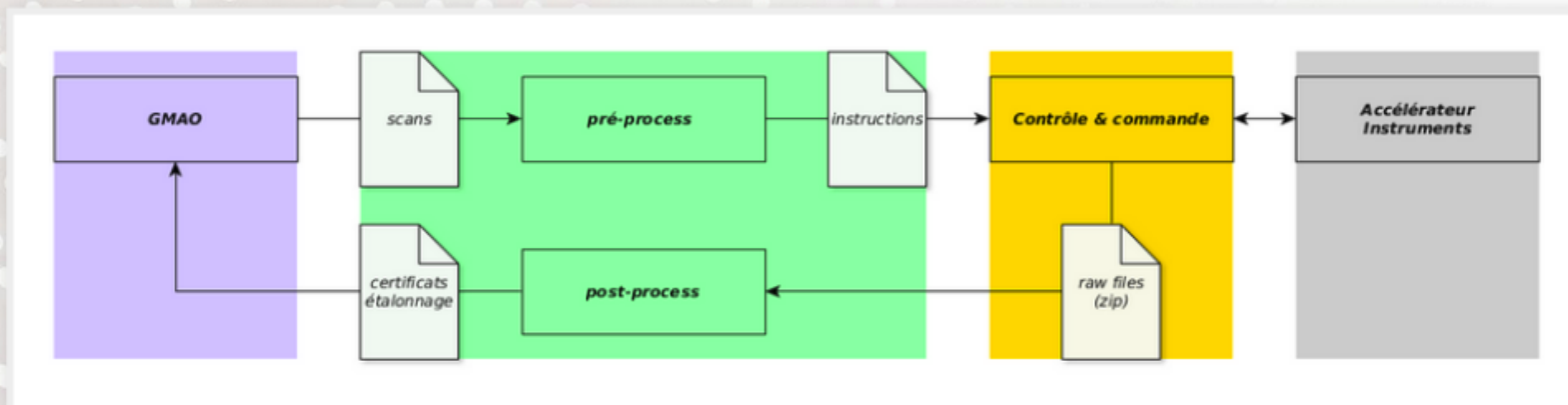
Conception d'un passeur d'échantillons adapté:

- Dispositif rotatif,
- Gabarits sur-mesure pour chaque type d'appareils,
- Caméra fixée à l'endroit des appareils,
- Chambres d'ionisation de référence positionnées dans le champ.





Fiabilisation du procédé d'étalonnage



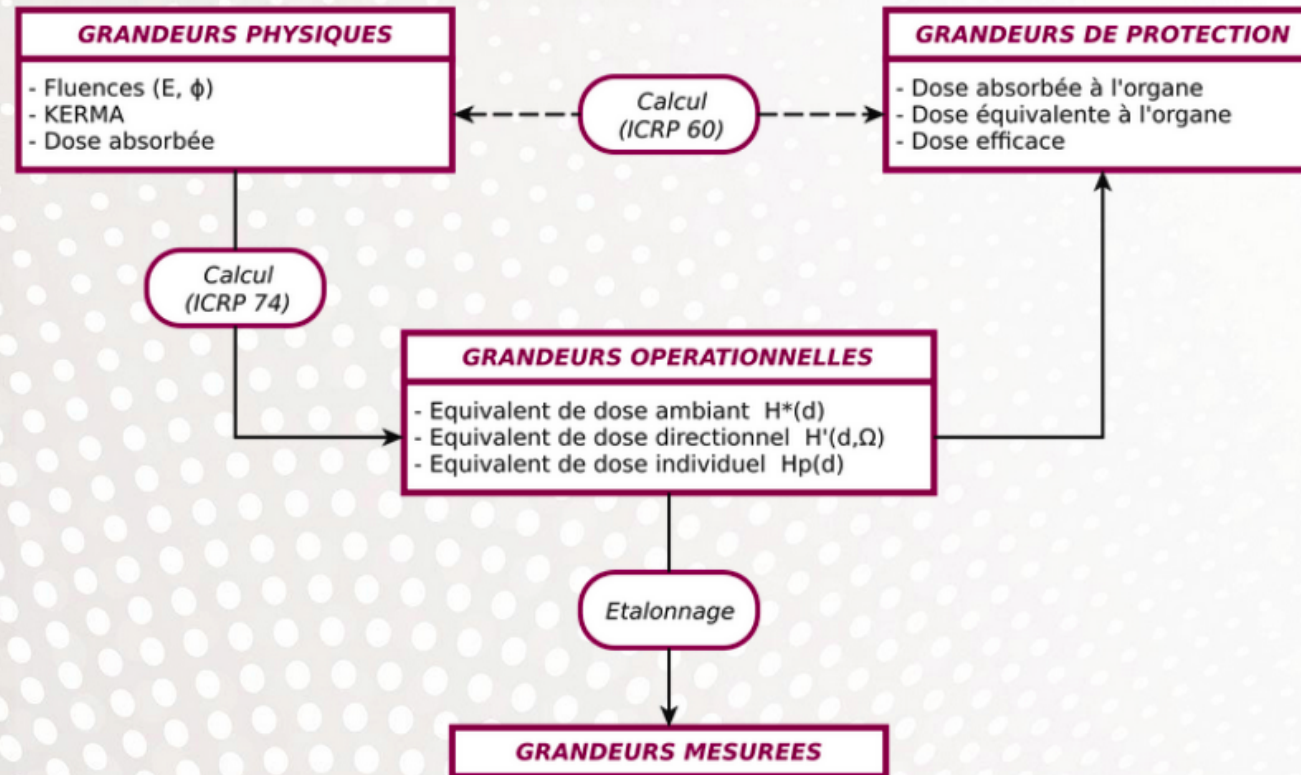
- **Objectif:** automatisation des séquences d'irradiation et l'établissement des constats d'étalonnage afin de réduire le risque d'erreur



Automatisation de séquences d'irradiation:

- Énergie du faisceau incident fixée
⇒ champ de rayonnement ajusté à la réponse de chaque appareil,
- Ajustement du courant du faisceau
⇒ contrôle de la réponse sur toute la gamme de chaque appareil,
- Relevé des données environnementales:
 - débits d'équivalent de dose de référence,
 - indication de l'appareil,
 - pression, température, hygrométrie,
- Rotation du passeur.





KERMA dans l'air, K_{air} , énergie cinétique transférée aux particules chargées (Gy ou J/kg): $K_{air} = K_C + K_R$

K_C : A l'équilibre électronique (compensation de l'énergie des particules chargées entrant et quittant le volume), $K_C = D$

K_R : Contribution du rayonnement de freinage



Mesure du KERMA dans l'air et incertitude associée:

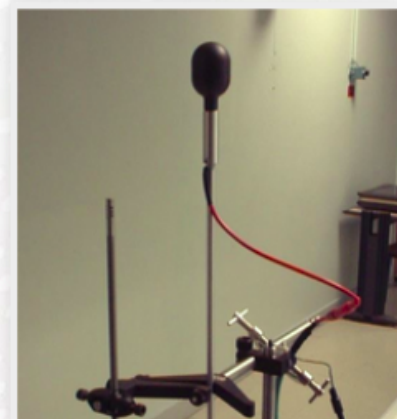
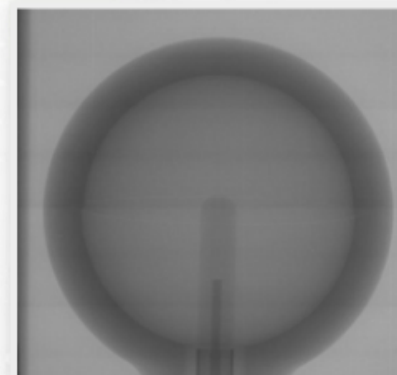
- chambre de transfert développée par le CEA-LIST/LNHB

Passage de K_{air} vers H:

- mesure spectrométrique des champs d'irradiation,
- détermination des coefficients de conversion h_K tels que $H = h_K \cdot K_{\text{air}}$

Vérification de l'étalonnage de radiamètres:

**Comparaison de l'indication du radiamètre
à l'indication de la chambre étalonnée**

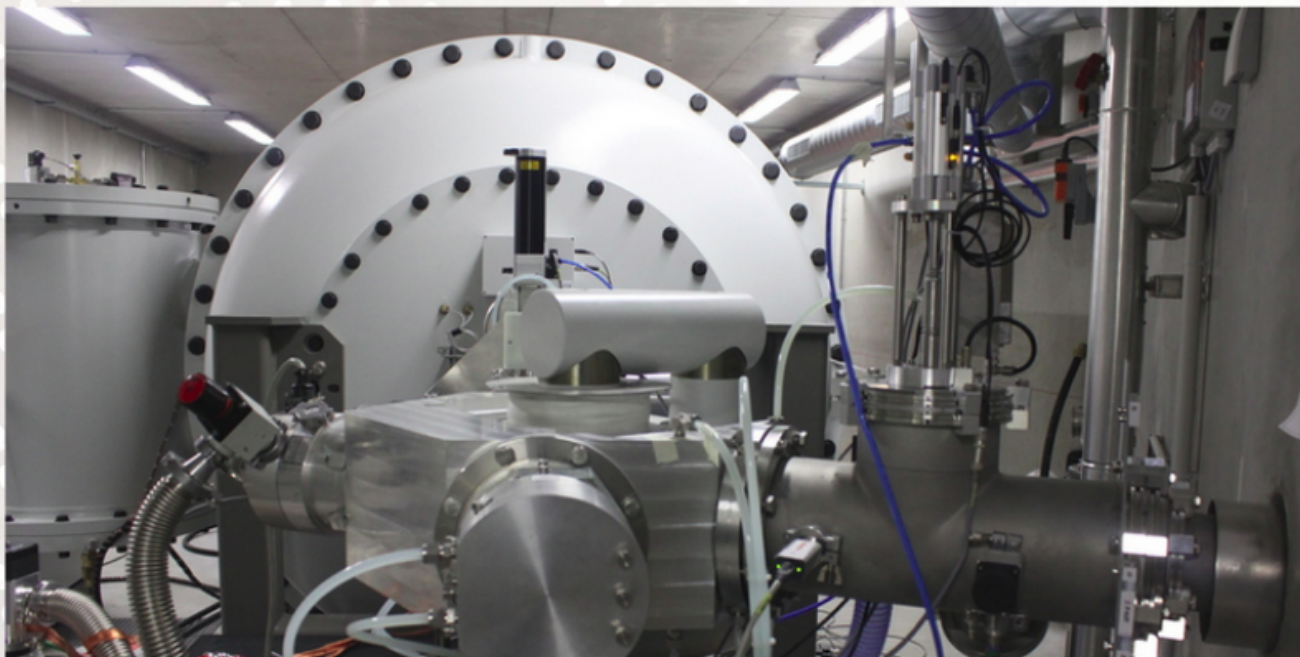


Contrôle de la source de rayonnements et fiabilisation du procédé d'étalonnage:

- Assistance à la mise en oeuvre par le **LPC Caen**:
 - conception du passeur d'échantillons,
 - conception/réalisation de la chambre d'ionisation de monitoring,
 - développement d'un logiciel de contrôle et commande,
 - développement d'outils de modélisation.
- Partenariat avec le **CEA-LIST/LNHB**:
 - traçabilité en termes d'équivalent de dose des champs de référence ATRON,
 - assistance à notre procédure d'**accréditation COFRAC** en cours suivant le référentiel ISO/CEI 17025.

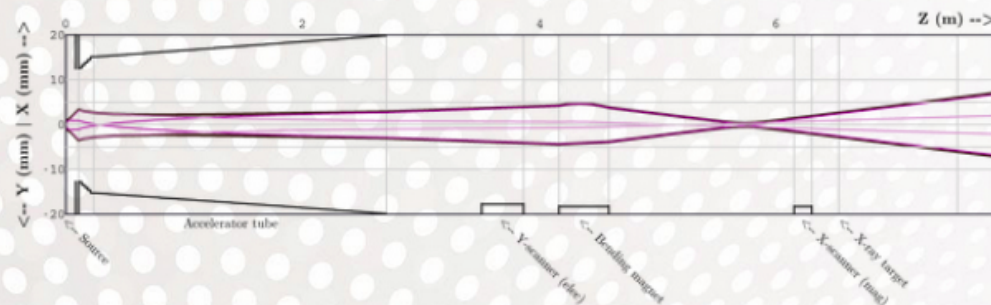


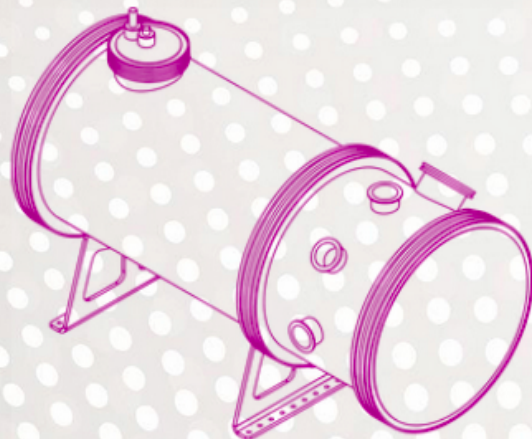
Accélérateur FELIX:



- Accélérateur électrostatique:
faisceau continu
- Dimensions de la salle d'irradiation:
 $3 \times 6 \text{ m}^2$
- Cible X amovible:
irradiation possible en X ou en e^-
- Balayage du faisceau:
champ uniforme $\pm 15^\circ$
- Gamme d'énergie:
0.2 - 3.5 MeV
- Courant:
 $\sim 1 \text{ pA} - 1 \text{ mA}$
- Débit de dose X à 1 m:
 $0.1 \mu\text{Sv/h} - 500 \text{ Sv/h}$
- Débit de dose max:
jusqu'à 10 kGy/s en e^-

Emittance:





LAETICIA

Chambre d'irradiation permettant de simuler des conditions environnementales extrêmes:

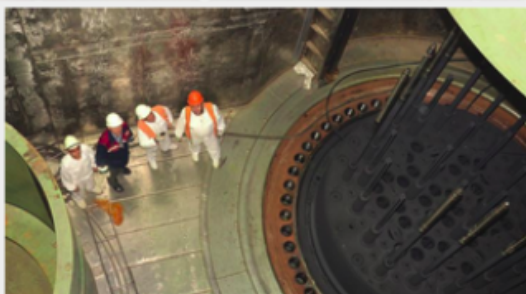
- Contrôle de la **température**:
 - de 80K à 600K,
- Contrôle de l'**atmosphère**:
 - Irradiation sous vide,
 - Irradiation sous N₂, Ar, Air, etc.
- Échantillons jusqu'à **150x150 mm²**.



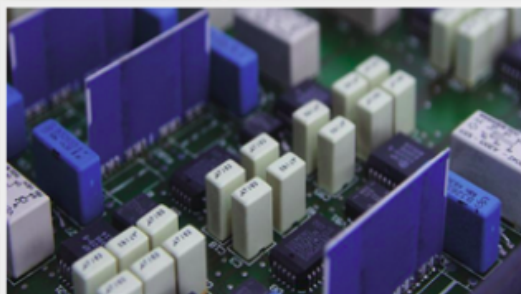
Réponse à des besoins de Recherche et Développement (R&D):

- Prestations d'irradiations sous **température/atmosphère** contrôlées:
 - des conditions ambiantes P, T, H aux **environnements extrêmes**
- Aide à la **juste compréhension des processus physico-chimiques**:
 - développement d'**outils de modélisation** appropriés et sur mesure,
 - partenariats avec des **laboratoires de recherche académiques**.
- **Accompagnement en phase d'industrialisation** des procédés.





Développement de détecteurs
Étalonnage au moyen d'une source de calibration
Tests de vieillissement



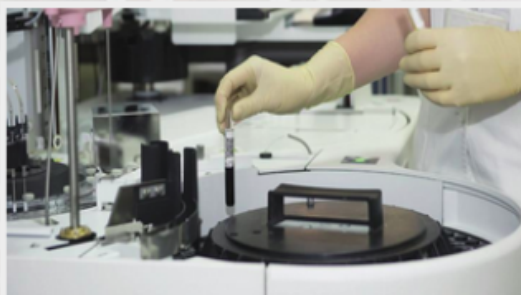
Dopage de semi-conducteurs
Mesure de défauts
Qualification de composants pour l'aérospatial



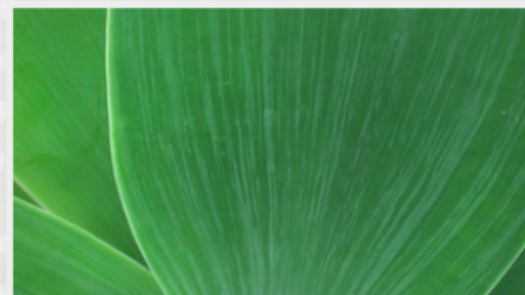
Réticulation, greffage de polymères
Traitement de surface des films minces
Ignifugation de câbles et tubes



Formation professionnelle
Elaboration de dossiers d'agrément



Stérilisation de matériels médicaux
Recherche en radiobiologie



Traitement phytosanitaire des eaux
Amélioration de conservation des aliments





www.atron.fr