



list
cea tech



DÉVELOPPEMENTS EN IMAGERIE GAMMA AU CEA-LIST

Journée thématique du réseau détecteurs semi-conducteurs IN2P3 – IRFU | 1^{er} juin 2018 | Amoyal Guillaume

AMOYAL Guillaume

Doctorant

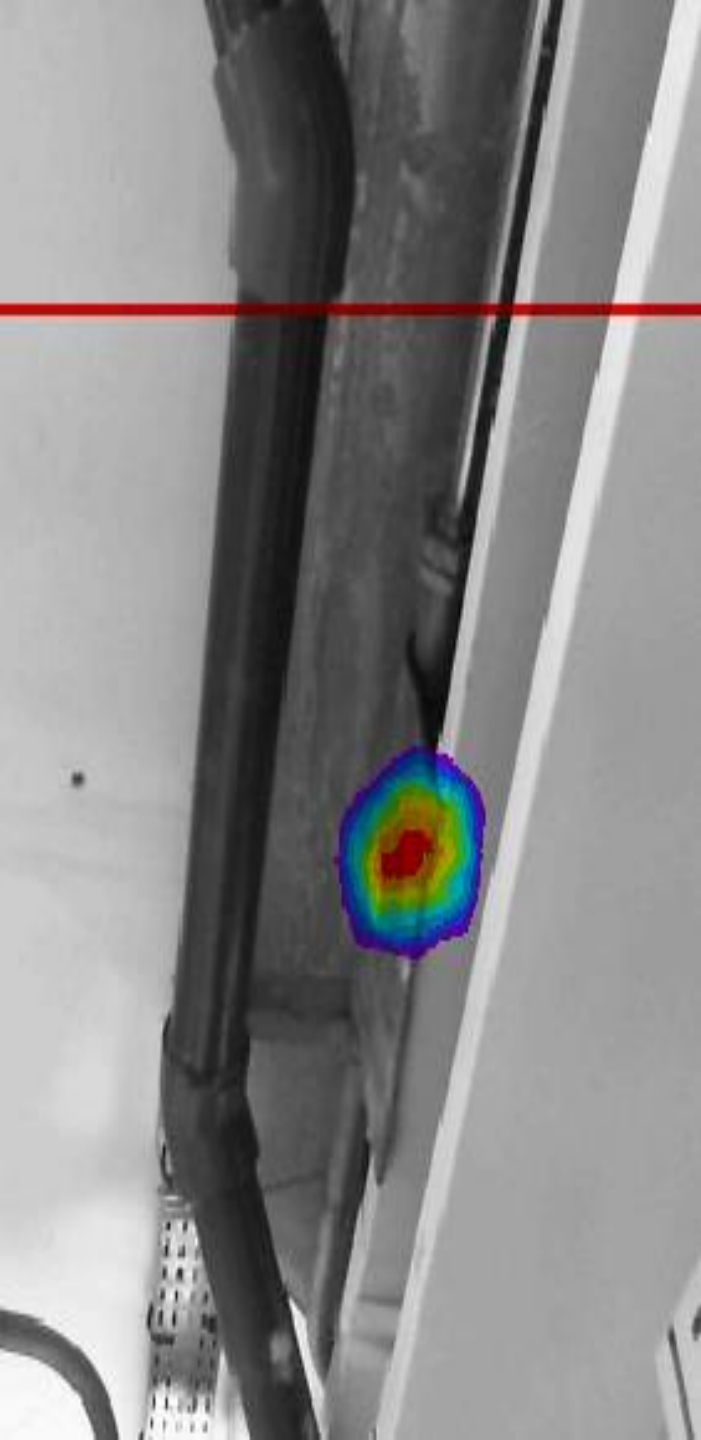
Commissariat à l'Énergie atomique et aux Énergies alternatives

Laboratoire Capteurs et Architectures Électroniques, F-91191 GIF-SUR-YVETTE Cedex, FRANCE

guillaume.amoyal@cea.fr



1. Contexte et enjeux
2. L'histoire de l'imagerie gamma au CEA List
3. Vers une nouvelle génération
4. Conclusion



CONTEXTE ET ENJEUX





Image visible

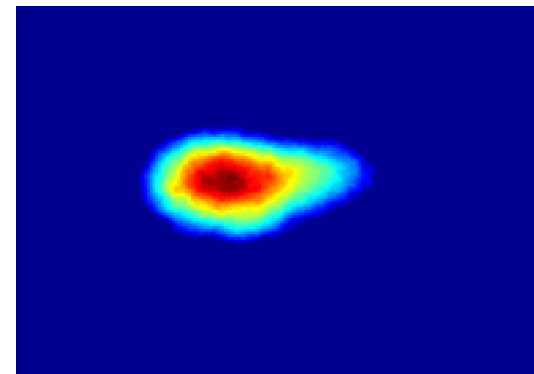
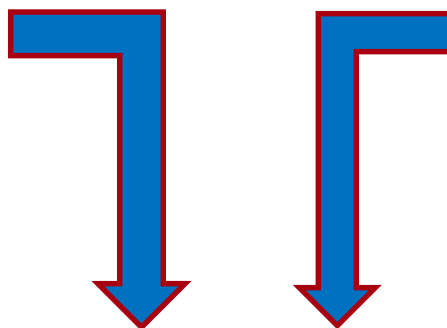
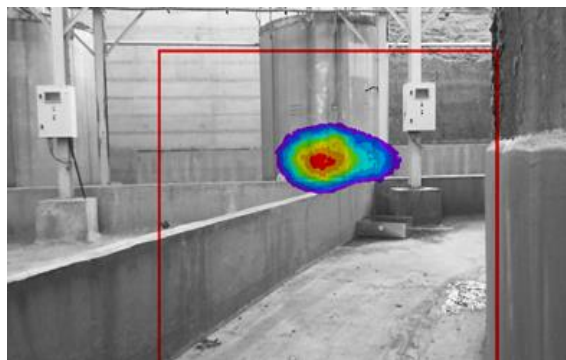


Image gamma

Superposition des
deux images

- Localisation visuelle des points de contamination/activation
- Mesure à distance (principe ALARA)
- Information sur l'intensité

LA LOCALISATION DE POINTS CHAUDS RADIOACTIFS, DE NOMBREUSES APPLICATIONS



Radioprotection
opérationnelle



Démantèlement



Gestion de
déchets

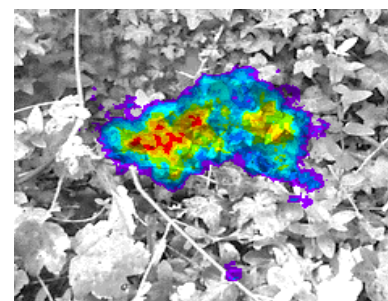
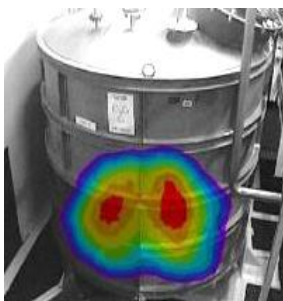
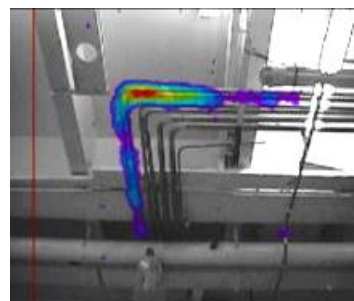
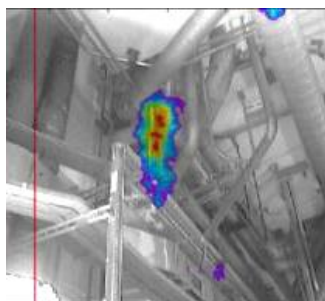


Situations
accidentelles



Sécurité intérieure

Méconnaissance de l'état radiologique
Présence de points chaud plus ou moins irradiants
Nécessité de protection des personnels





HISTOIRE DE L'IMAGERIE GAMMA AU CEA LIST

ANNÉE 1990, CARTOGAM IMAGEUR DE PREMIÈRE GÉNÉRATION



{1} Denal shielding

{2} Pinhole

(1) O. Gal *et al.*, *Nucl. Instr. and Meth A* 460 (2001) 138

Développement dans le
laboratoire de la
**première génération de
Caméra Gamma**

Transfert à AREVA CANBERRA

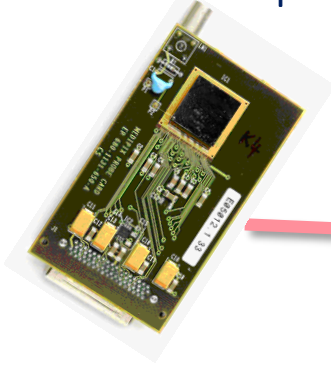
Version industrielle
CARTOGAM au début des
années 2000



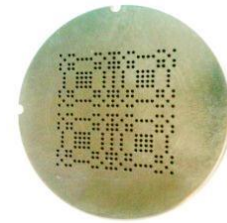
40 cm / 20 kg

ANNÉES 2000, CAMÉRA GAMMA GAMPIX PROTOTYPE DE SECONDE GÉNÉRATION

Détecteur Timepix



Masque codé



CEA Prototype

18 cm / 2 kg

Caméra visible



Interface USB



IEAP CTU in Prague

Intégration de différentes briques technologiques au sein d'un système optimisé

GAMPIX GAMMA CAMERA

A COMPLETE SET OF FIELD TESTS



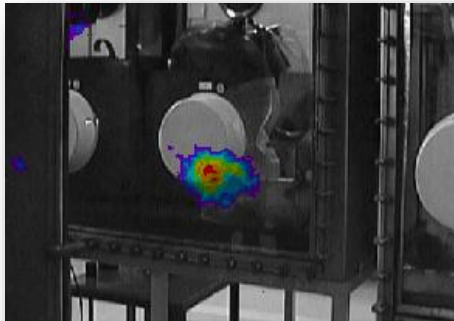
NPP rad. protection



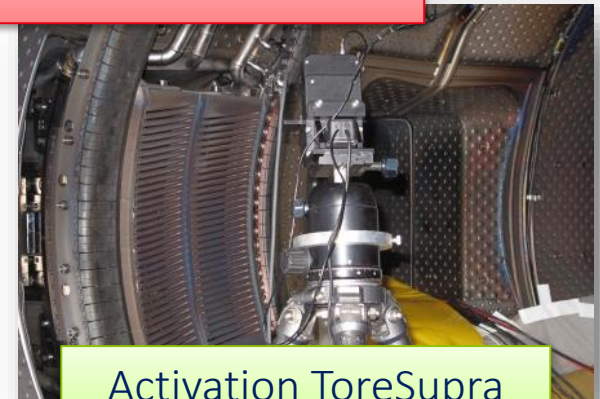
Contrôle bagages



Surveillance aérienne



Démantèlement



Activation ToreSupra



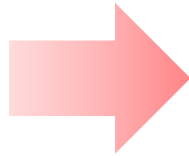
Post-attaque



Force mobile



GAMPIX



iPIX



- Nouveau *design* (L × l × P = 8 cm × 8 cm × 15 cm)
- Blindage optimisé et minimisé (2 kg)
- Procédure masque/anti-masque automatique
- Connectique et alimentation simplifié (*Power Over Ethernet*)
- Logiciel d'acquisition et de traitement

ROADMAP DE L'IMAGERIE GAMMA AU CEA-LIST



40 cm / 20 kg

1^{ère} génération

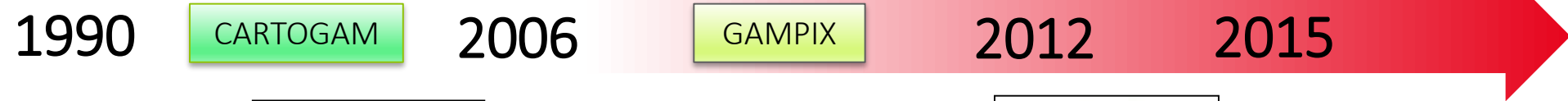
(Pinhole / Scintillateur / CCD)



18 cm / 2 kg

2^{ème} génération

(Masque codé / Semi-conducteur pixellisé)



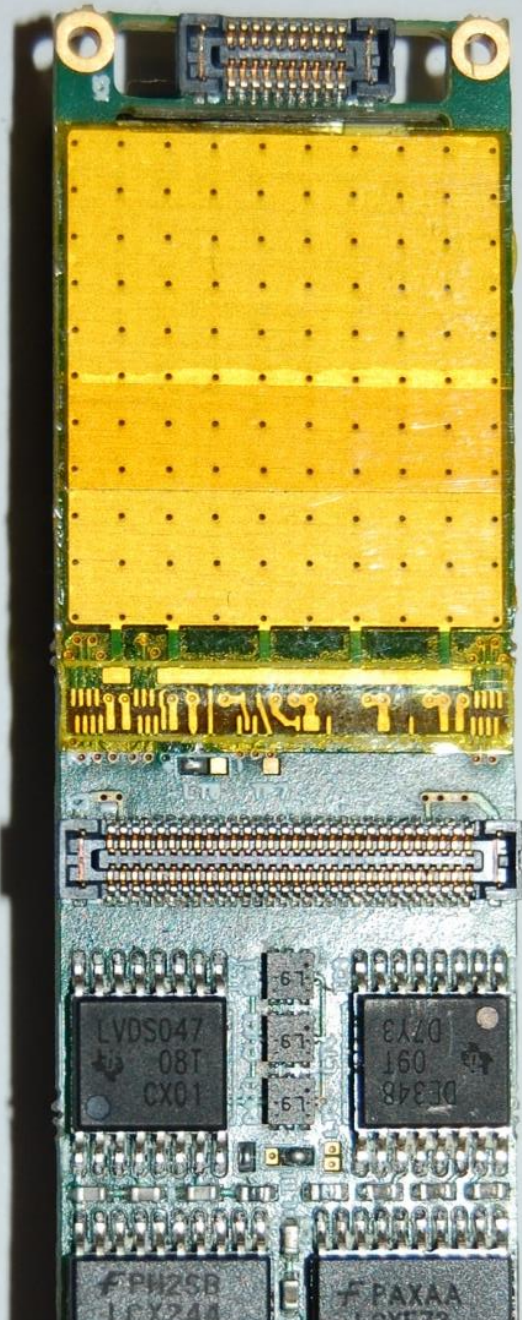
Cartogam

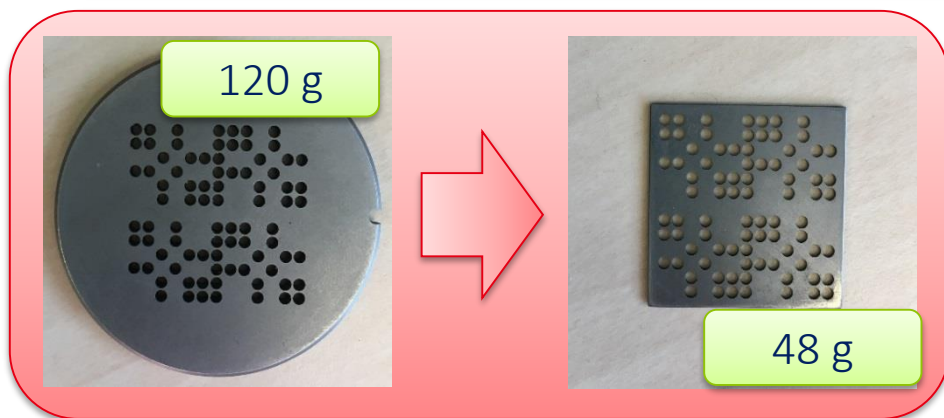
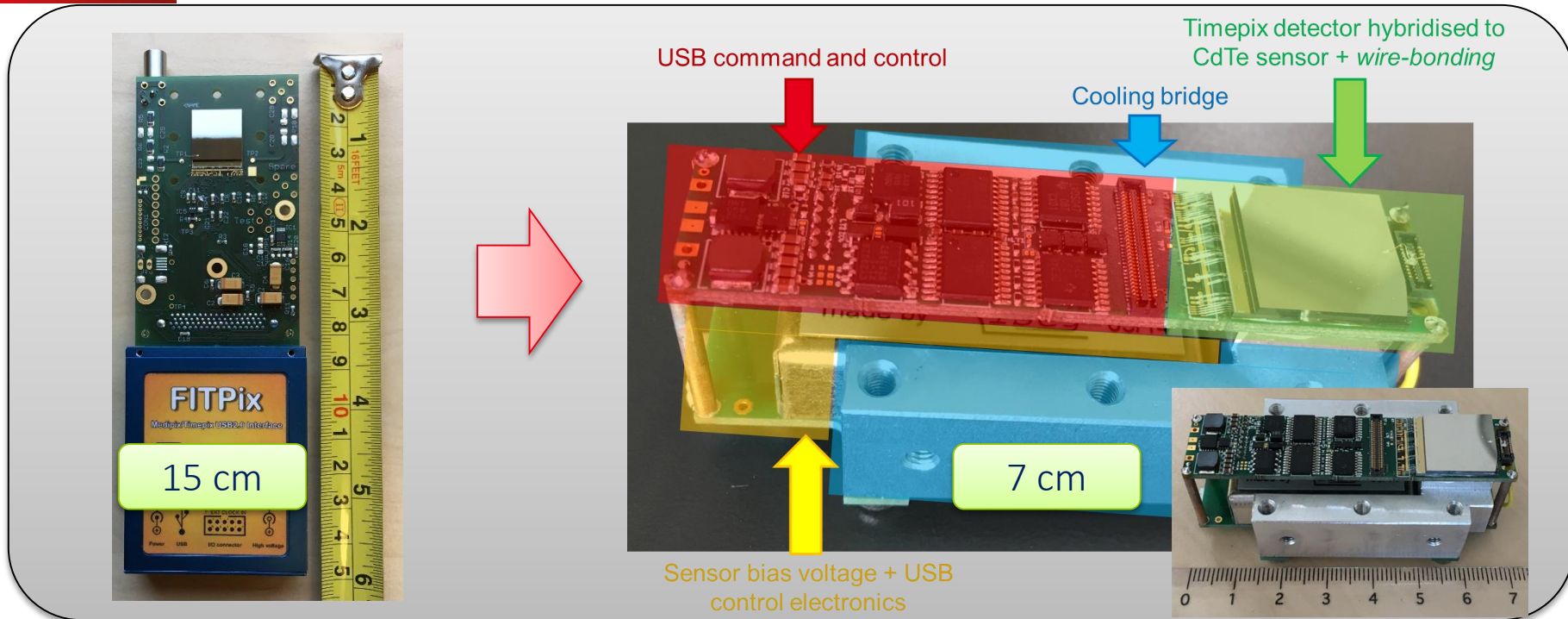


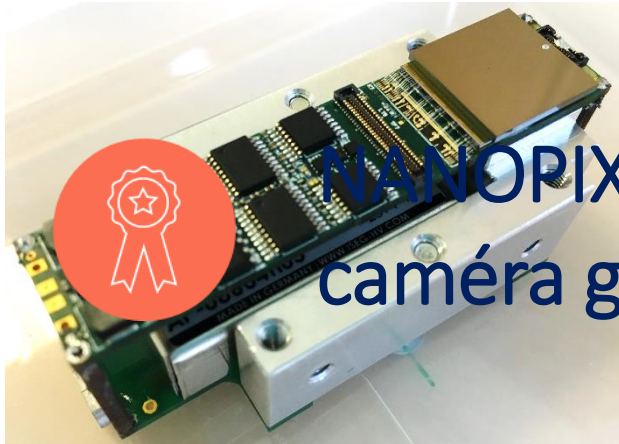
iPIX



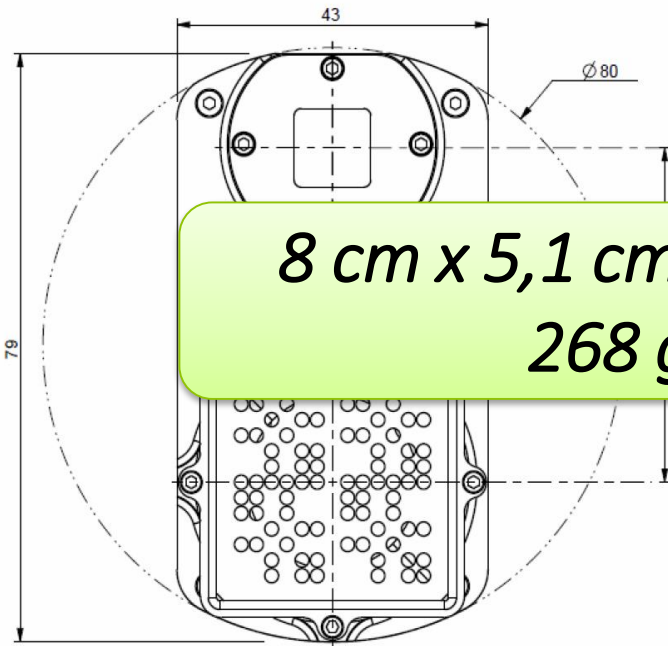
DE GAMPIX À NANOPIX





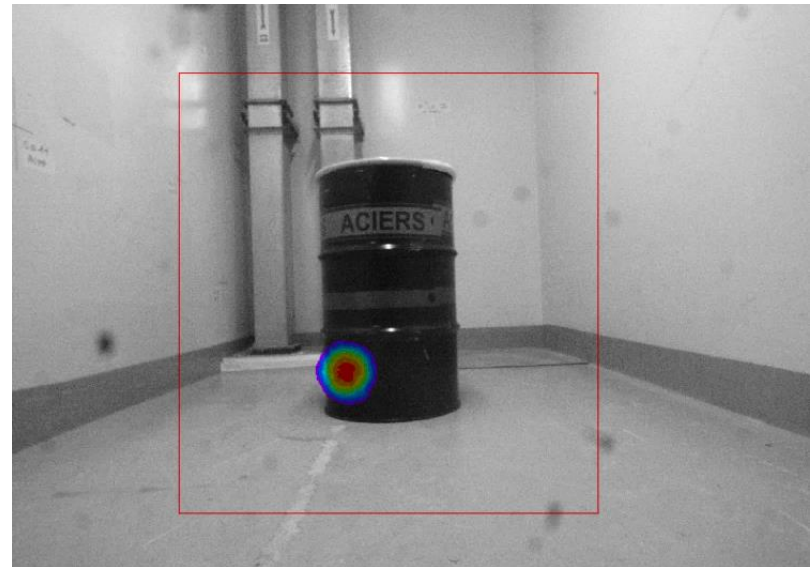
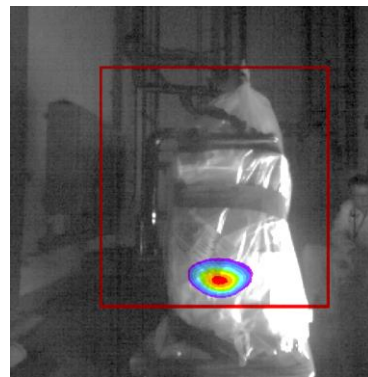
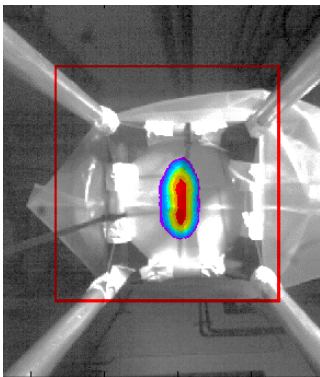
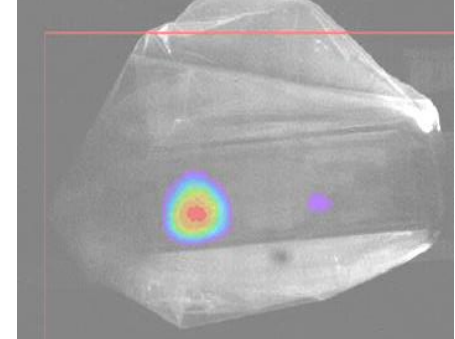
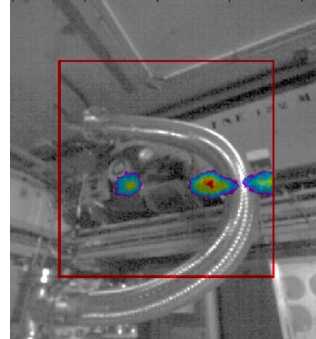
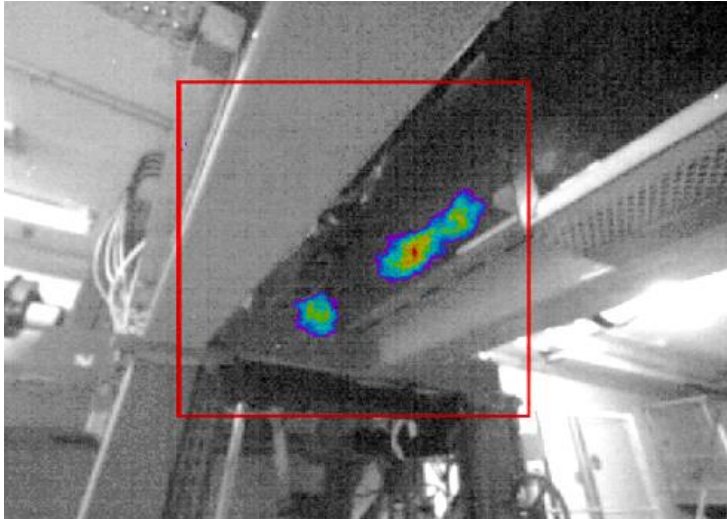


NANOPIX : La plus légère et la plus petite caméra gamma du monde



8 cm x 5,1 cm x 4,3 cm
268 g



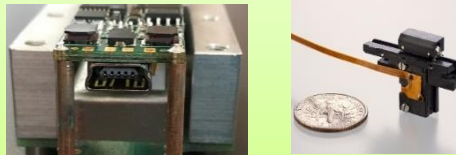




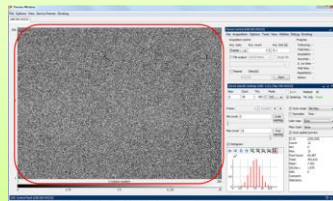
Interface et supervision



Connexion, alimentation, automatisatisation



Acquisition et traitement



En collaboration avec :



IEAP CTU in Prague

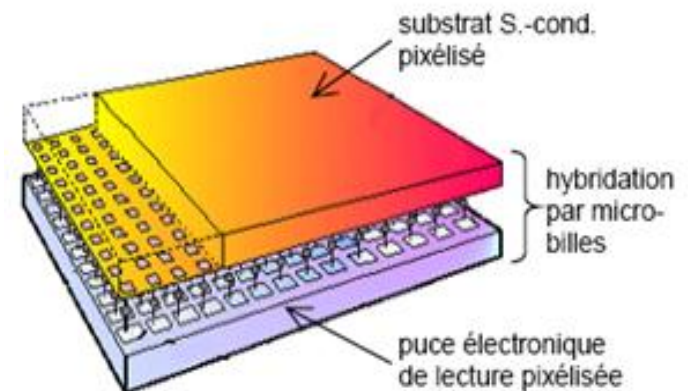
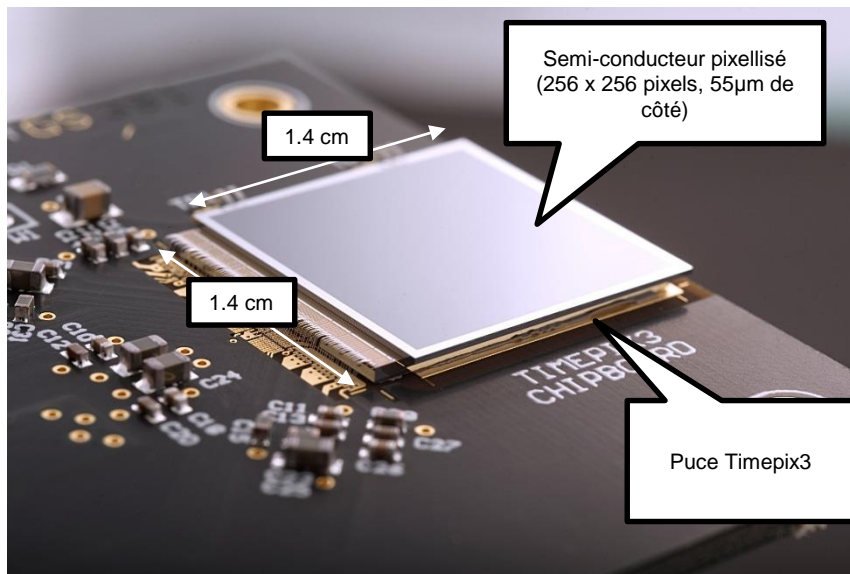




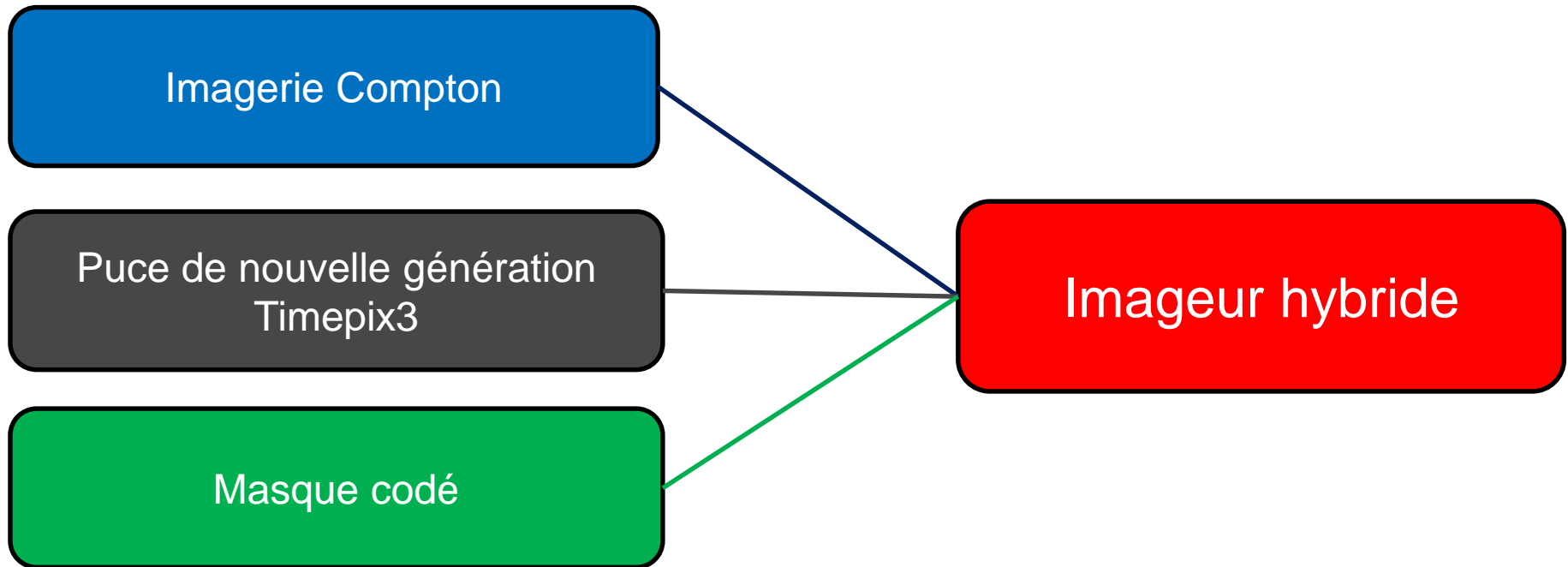
VERS UNE 3^{ÈME}
GÉNÉRATION

- Puce développée par le CERN dans le cadre de la collaboration international Medipix
- Nouvelle génération de **puce pixellisée** qui permet :
 - *Time Over Threshold (ToT) : Energie*
 - *Time of Arrival (ToA) + fToA : Temps*
 - *Frame based, ou DATA DRIVEN*

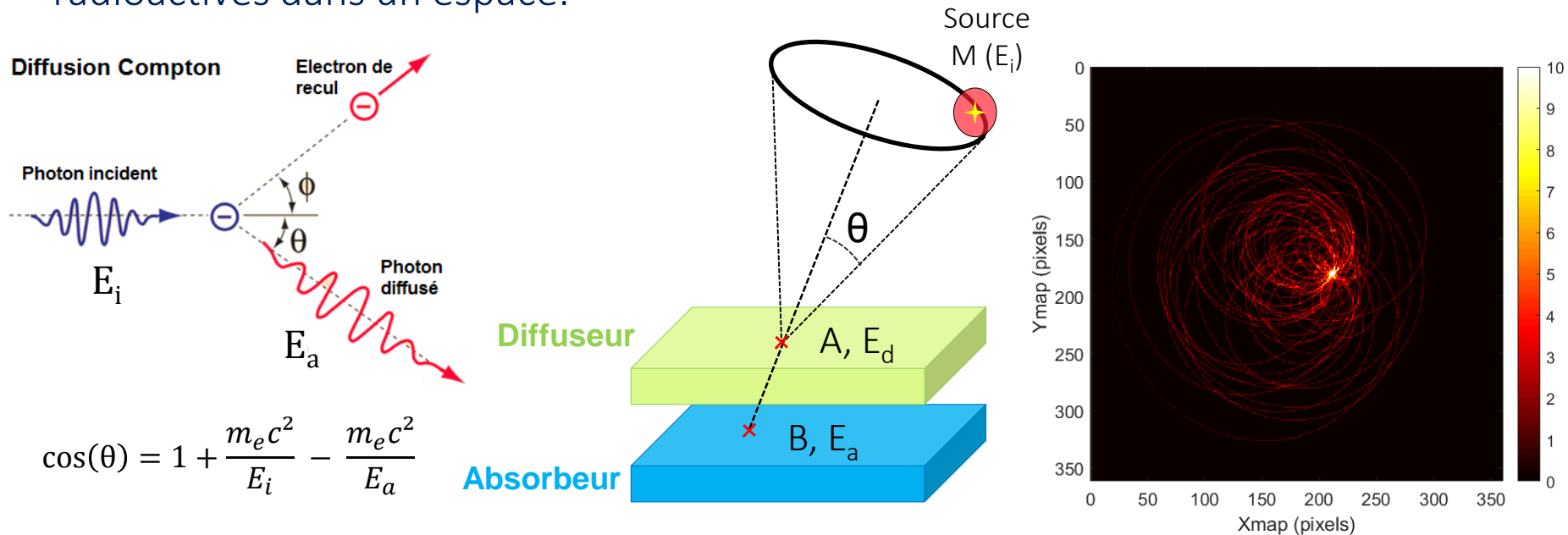
Fonctions simultanées



- Développement d'un imageur gamma à l'aide de Timepix3 :
 - **Masque codé** (« basse énergie », < qqs centaines de keV)
 - **Imagerie Compton** (« hautes énergies »)
- Développer de **nouveaux algorithmes** (méthodes itératives ML-EM, MAP-EM), ainsi que le prototype d'imageur permettant d'associer les deux informations



- Technique d'imagerie utilisant la **diffusion Compton** pour localiser des sources radioactives dans un espace.

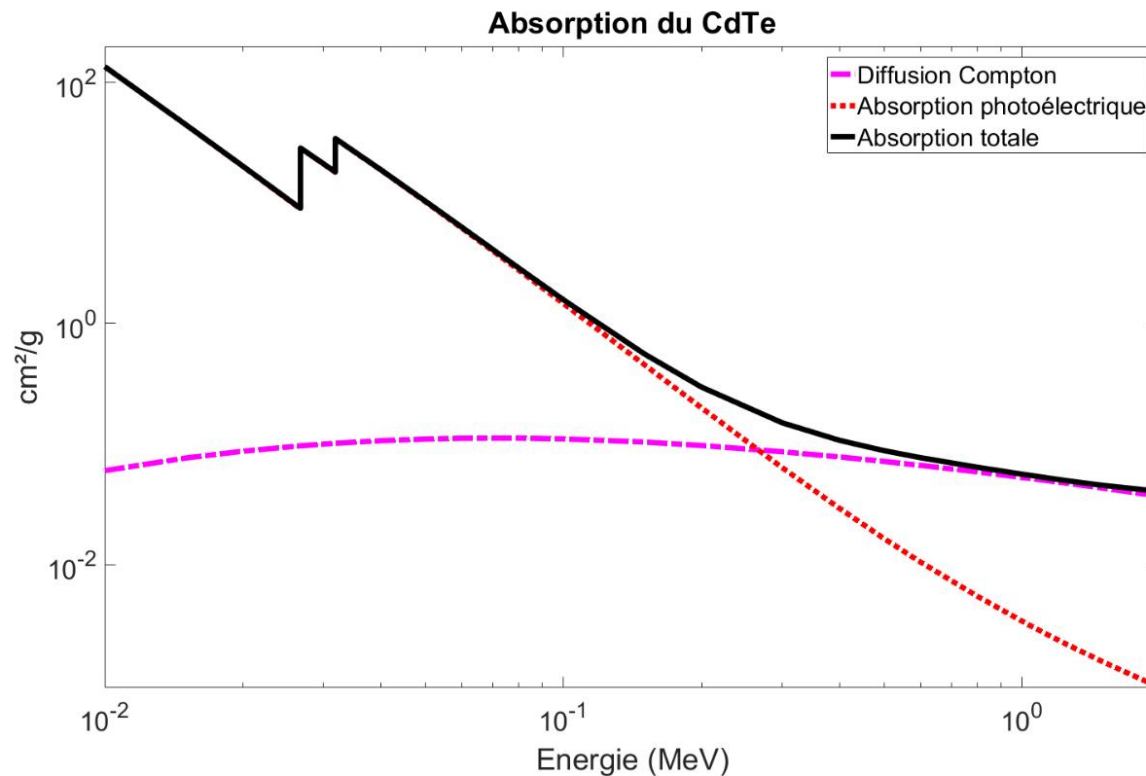


<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/quantum/imgqua/Compton.gif>

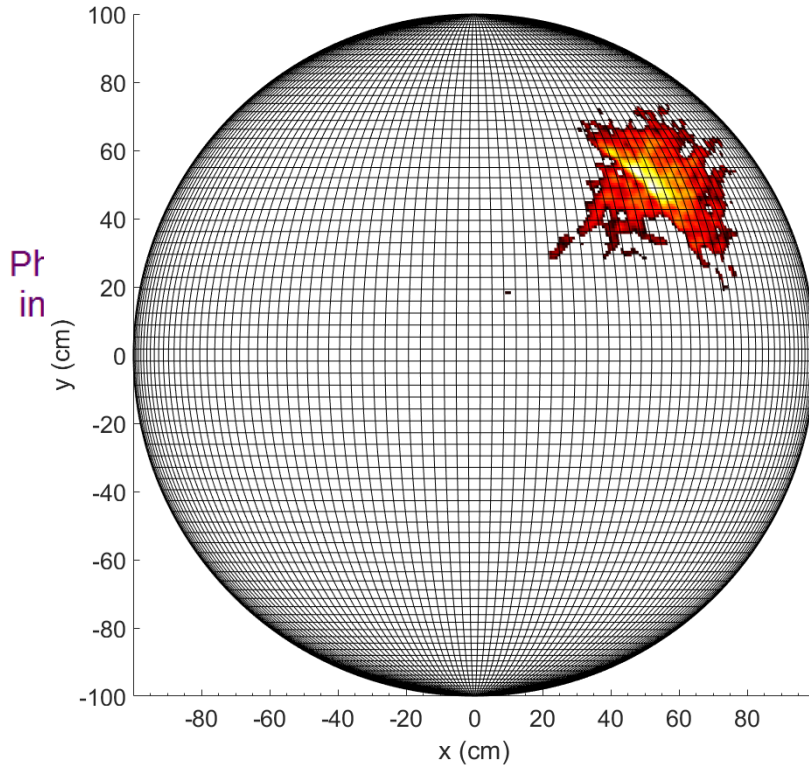
- **Mesure du temps d'interaction** : coïncidences *Mesure du temps*
- **Positions des interactions** : axe du cône *Puce pixellisée*
- **Mesure de l'énergie déposée** : angle de diffusion Compton *Mesure d'énergie*

AVANTAGES DE L'IMAGERIE COMPTON

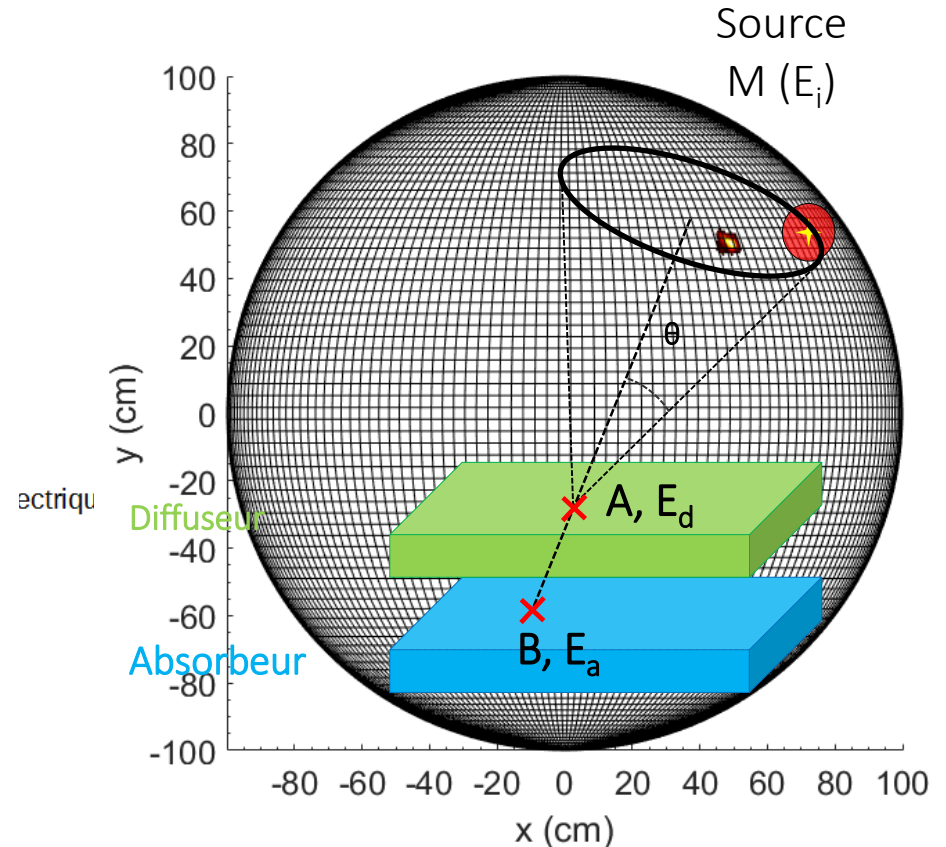
- Pourquoi utiliser l'imagerie Compton ?
 - Augmentation de la dynamique en énergie : de la centaine de keV à 10 MeV
 - Augmentation du champs de vue : de 50° à 180° (360°)
 - Meilleure suppression du bruit de fond
 - Localisation par énergie : **localisation de radionucléides différents « facilitée »**



Mono-détecteur



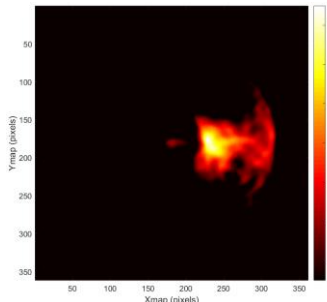
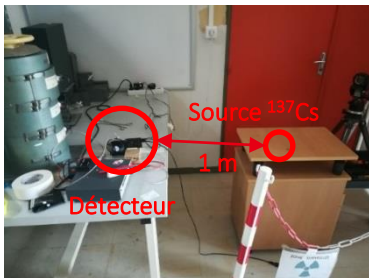
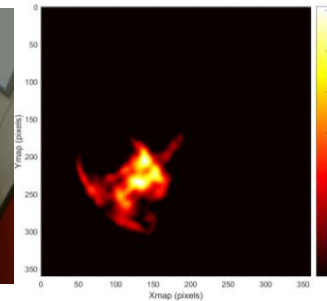
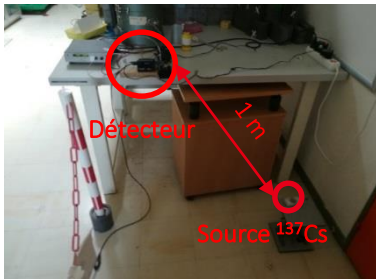
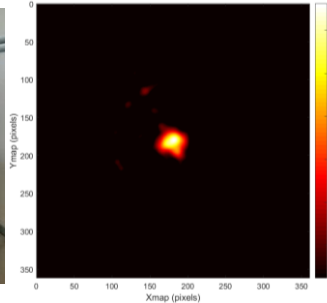
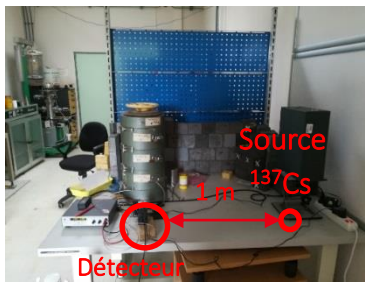
Double détecteur



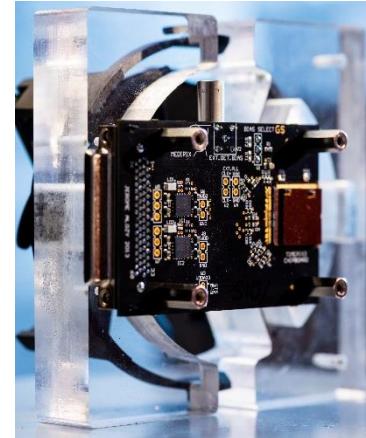
- ✓ Les deux configurations localisent la source radioactive
- Double détecteurs : meilleure résolution angulaire (information sur la profondeur)

Imagerie Compton

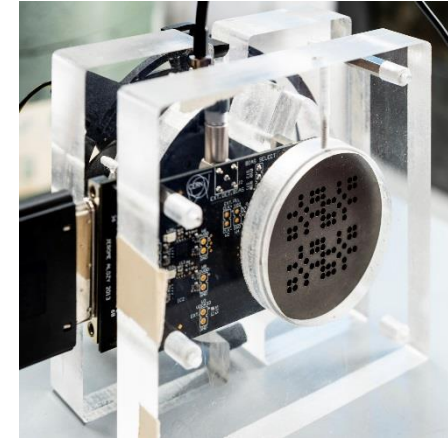
Localisation d'une source ^{137}Cs 15 MBq (662 keV) à l'aide de Timepix3 (mono) à 1 m en 1h



Imagerie masque codé

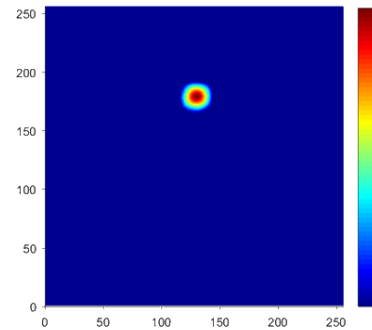


Crédit photo : P.Stroppa/CEA

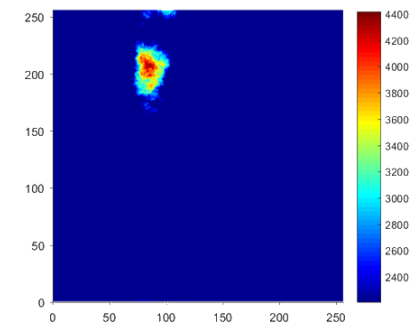


Crédit photo : P.Stroppa/CEA

Localisation d'une source ponctuelle ^{241}Am



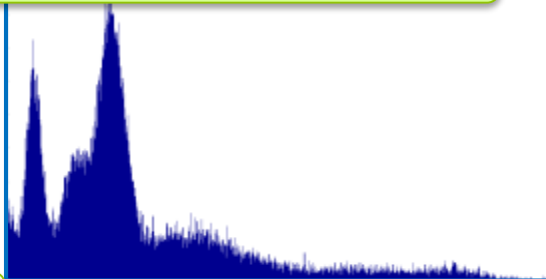
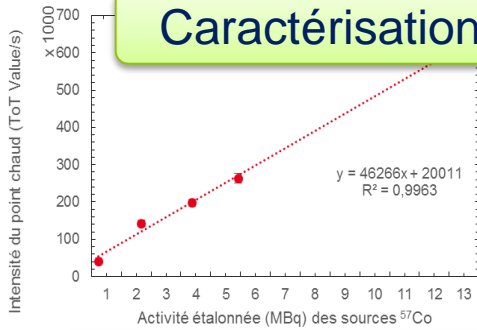
Localisation d'une source étendue ^{57}Co





CONCLUSION...
... EN IMAGES!

Caractérisation métrologique (LNHB)



Validation



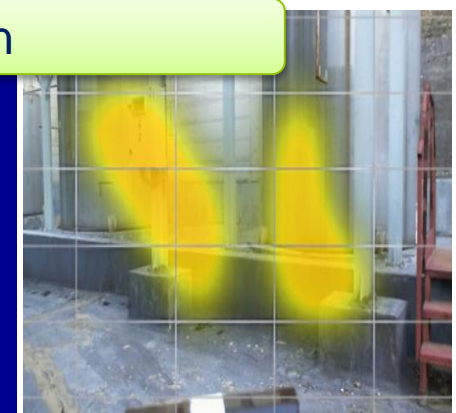
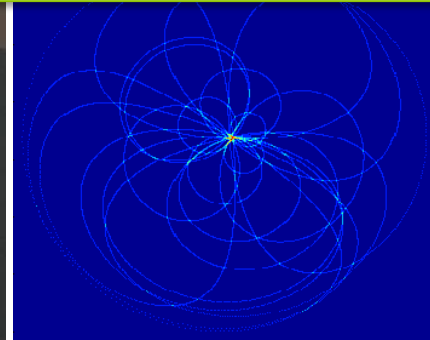
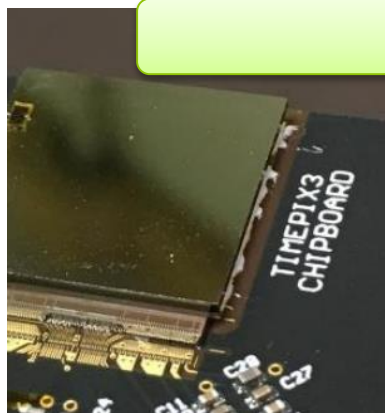
Transfert



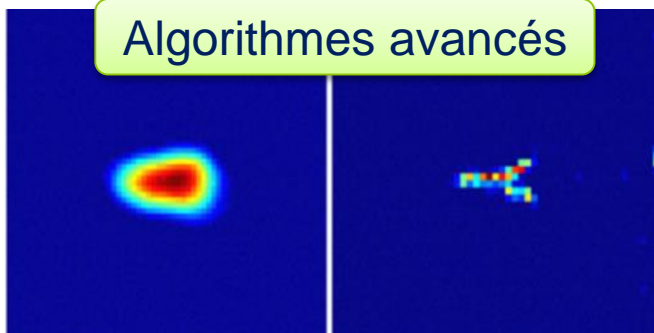
Expertise sur site



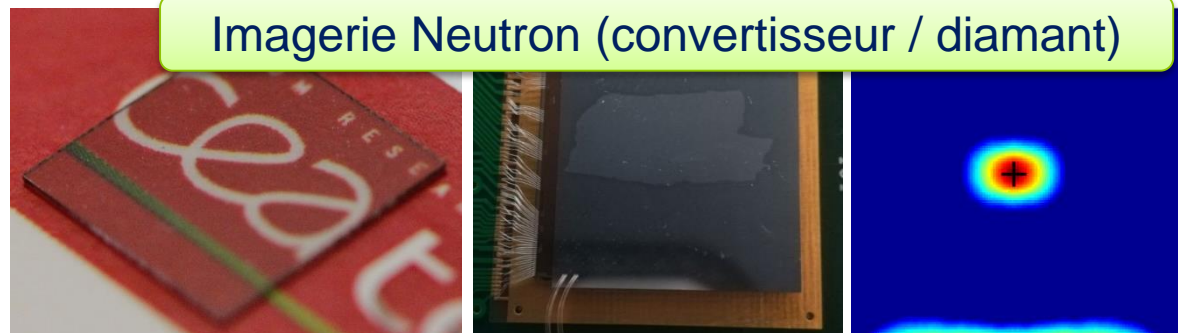
Nouvelle génération



Algorithmes avancés



Imagerie Neutron (convertisseur / diamant)



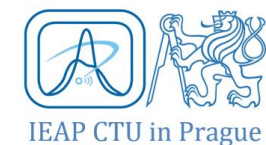
ACKNOWLEDGEMENTS



orano
Donnons toute sa valeur au nucléaire



IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Research Executive Agency

The EMRP is jointly funded by the EMRP participating countries within EURAMET and the European Union

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Institut List | CEA SACLAY NANO-INNOV | BAT. 861 – PC142
91191 Gif-sur-Yvette Cedex - FRANCE
www-list.cea.fr

Établissement public à caractère industriel et commercial | RCS Paris B 775 685 019