



Reconstruction par réseaux de neurones pour l'imagerie radio-isotopique

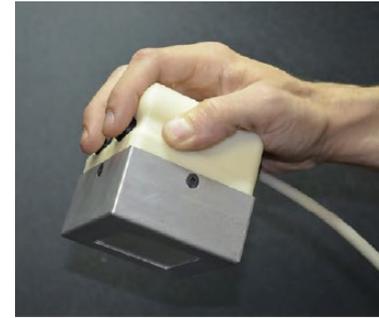
Françoise Bouvet



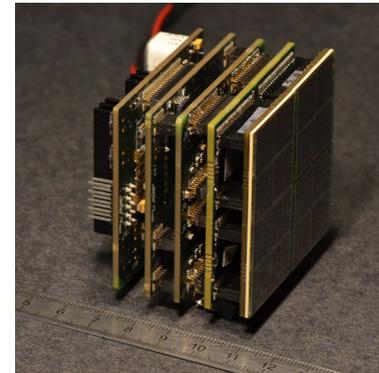


Contexte

- Imagerie nucléaire per-opératoire
- Conception de **caméra** miniature pour l'imagerie γ
- Développement de nouvelle génération à base de SiPM

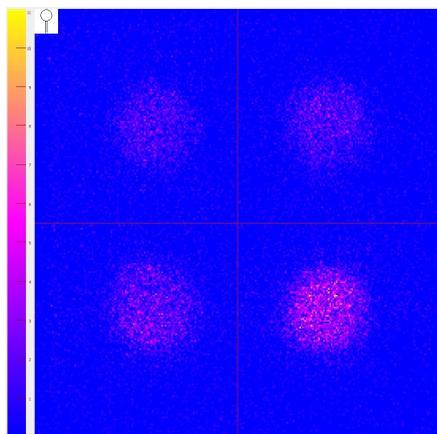
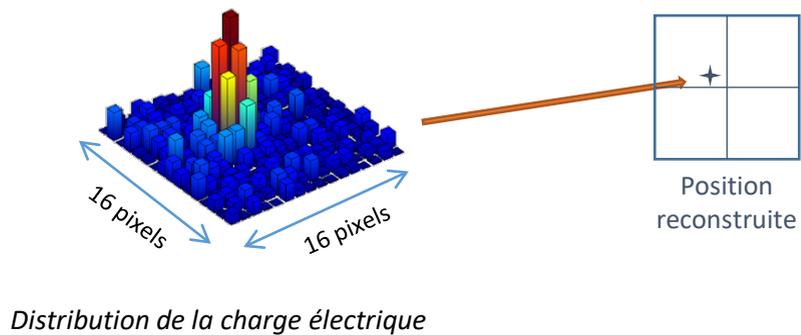
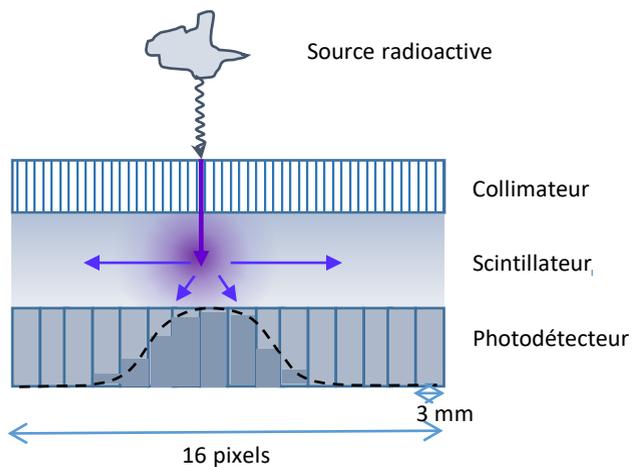


MAGICS

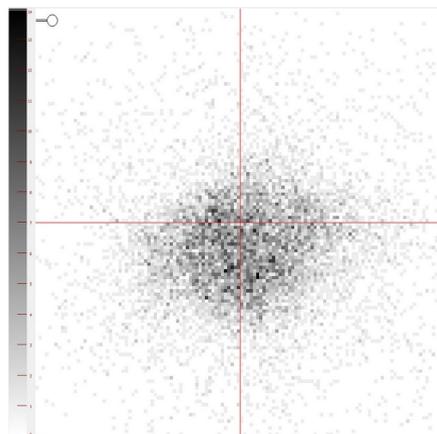




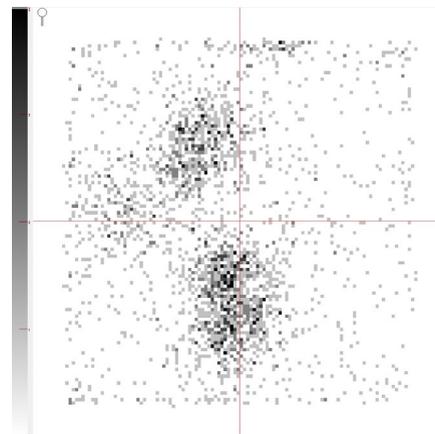
Principe



Puits de radioactivité



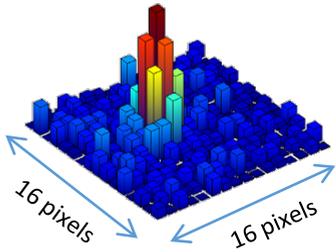
Ganglion



Deux ganglions



Méthodes de reconstruction



Non supervisées

Supervisée

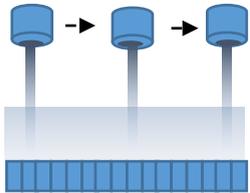
=

Calibration *a priori*

Méthodes	Reconstruction Temps réel	Précision	Mise en œuvre
Barycentre	😊😊	😞😞	😊😊
Levenberg-Marquardt	😞	😊	😊
Réseaux de neurones	😊	😊😊	😐



Données d'apprentissage

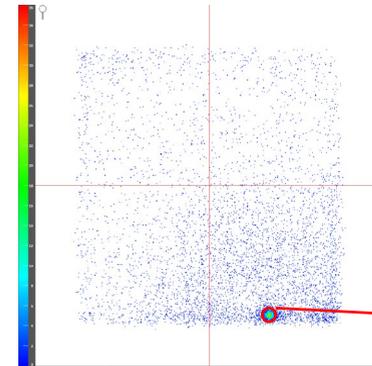


➤ Scan du détecteur

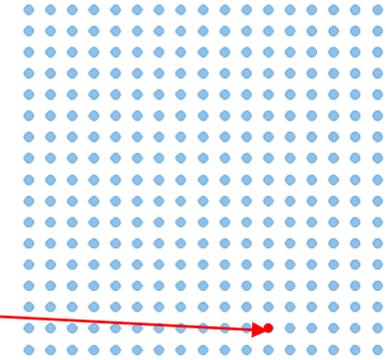
- Scintillateur $CeBr3$ - 6 mm
- Source collimatée de ^{133}Ba
- γ de 360 keV
- Pas de 3 mm \rightarrow 17*17 positions
- Acquisition de 30 min / position
- ~45000 interactions / position

Sélection des interactions (événements) :

- ~8000 après sélection en énergie
- Reconstruction par barycentre
- ~3000 pour la base de données (apprentissage / validation / test)



Reconstruction par barycentre



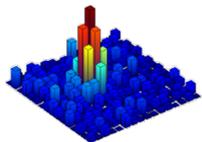
17*17 positions
1500 événements / position

➤ Irradiation uniforme du détecteur sans collimateur

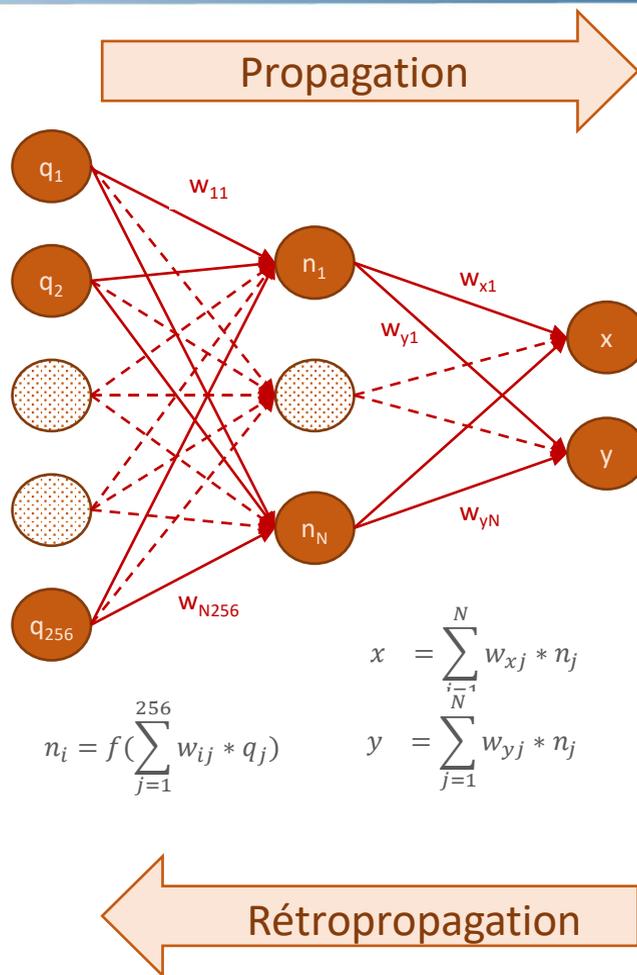
- 500 fichiers de 5 min



Perceptron multicouche



Entrée : 256 valeurs d'énergie
Sortie : 2 valeurs : position (x, y)



- 1 ou 2 couches cachées
- 10 à 50 neurones / couche
- Adam/adamax/rmsprop

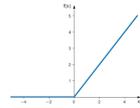
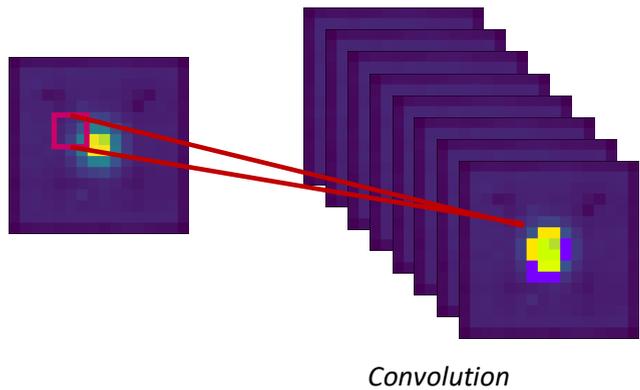
f : fonction d'activation

N : nombre de neurones dans la couche cachée

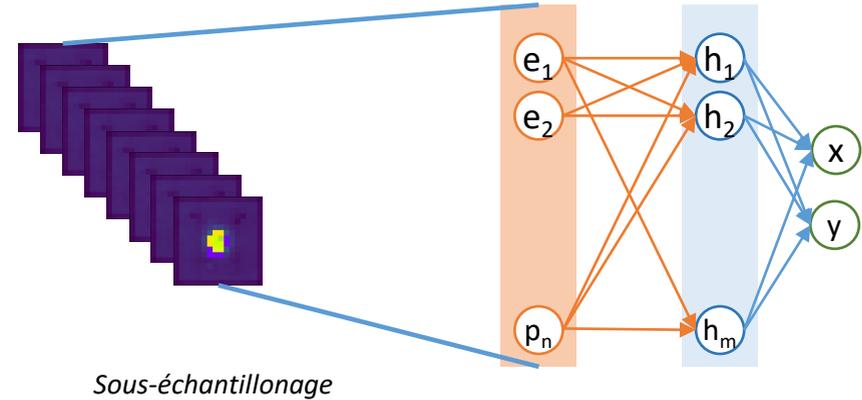
W_{ij} : poids des connexions



Réseau de convolution



Fonction d'activation

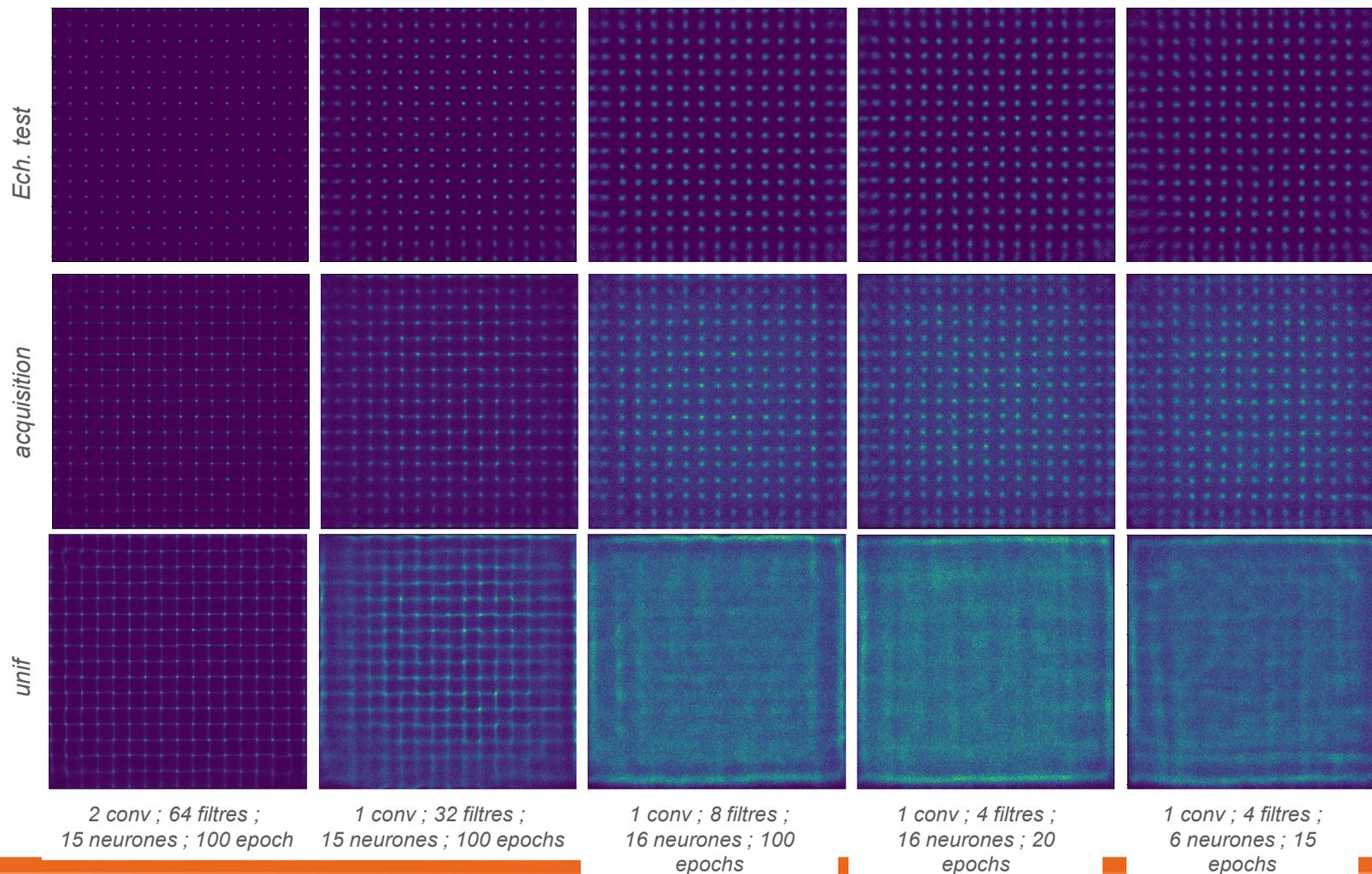


- 1 ou 2 couches de convolution
- 4 à 32 filtres /couche



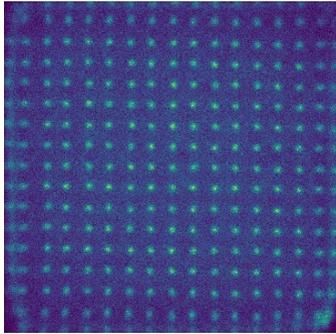
Résultats (1)

Réseau de convolution – 400 ech app. / position - adamax

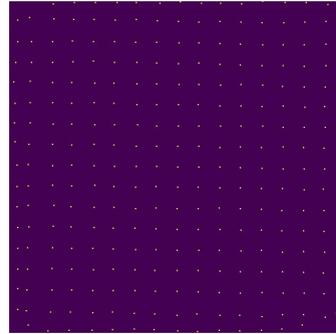




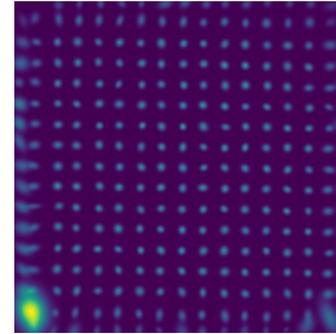
Spots



17 * 17 spots



Maxima

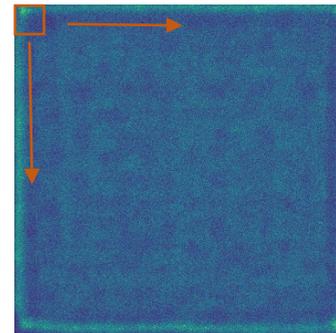
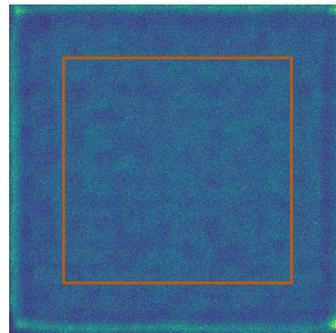
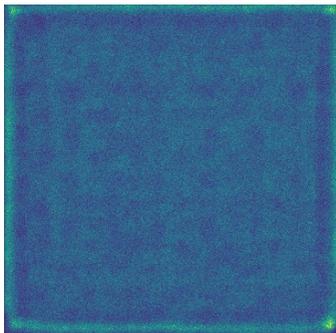


Fit gaussien



$\mu(\text{LWHM}_x)$
 $\mu(\text{LWHM}_y)$

Unif



σ_x
 σ_y
 $\mu(\text{max-min})$

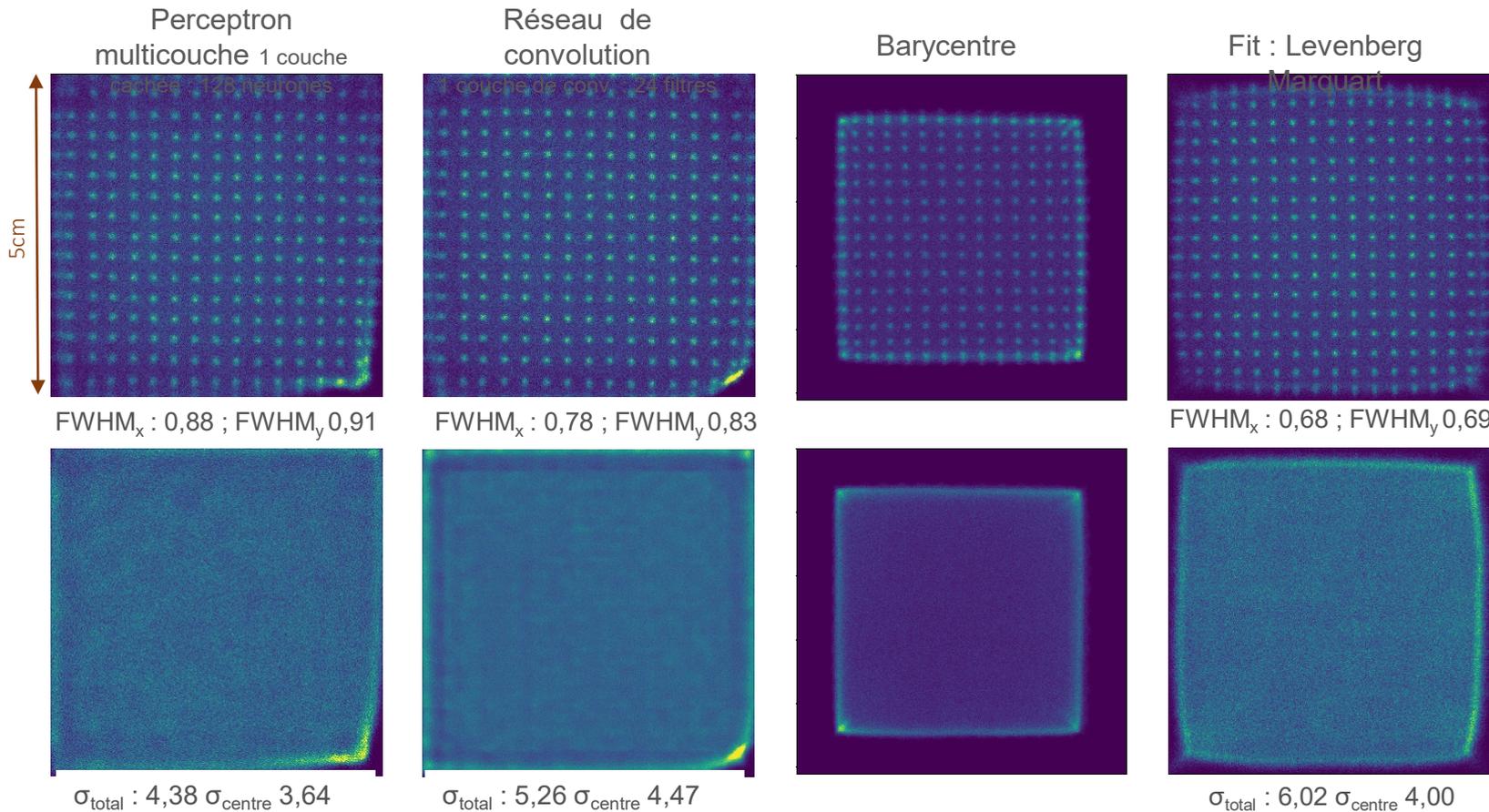


Résultats (3)

Scan du détecteur

-pas de 1mm
(apprentissage)

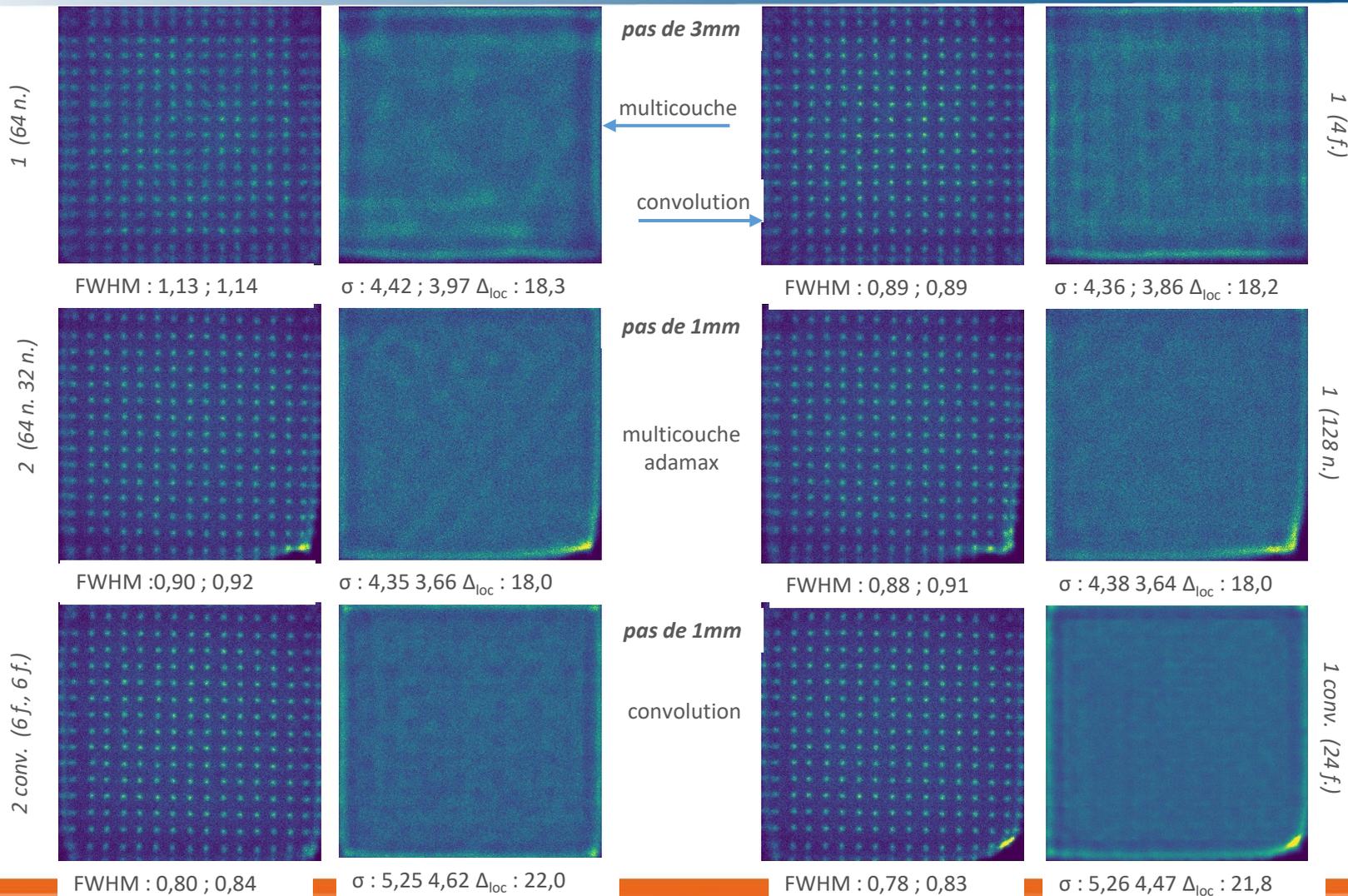
-pas de 3mm
(test)



Irradiation uniforme du détecteur



Résultats (4)





Conclusion

- Réseaux de convolution très puissants -> risque de **surapprentissage**
- Le scan du détecteur avec un pas de 1mm contrebalance ce phénomène
- Apprentissage plus homogène avec les réseaux de convolution vs MLP
- Paramètres les plus influents : **taille du réseau** (nombre de couches, nombre de filtres, nombre de neurones)
- Algorithmes d'optimisation : adamax, adam, rmsprop équivalents
- Difficulté **d'évaluer** les résultats quantitativement
- Importance de la **qualité des données** en apprentissage



THIDOS : caméra ambulatoire

THIDOS

- Contrôle de dose en radiothérapie interne
- Application à la thyroïde

Caractéristiques

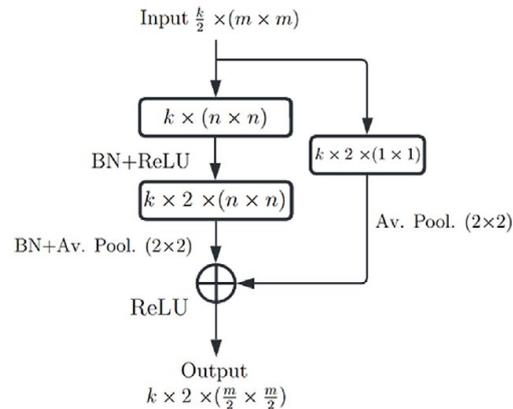
- Scan pas de 1 mm, -49,5 mm à 49,5 mm
- ^{133}Ba , collimateur en tungstène de 0.5 mm
- 100*100 positions
- Sélection en énergie autour de 536 keV
- $30 \cdot 10^6$ évènements après sélection en énergie

➤ Deep Residual Convolution architecture





Deep Residual Convolution architecture



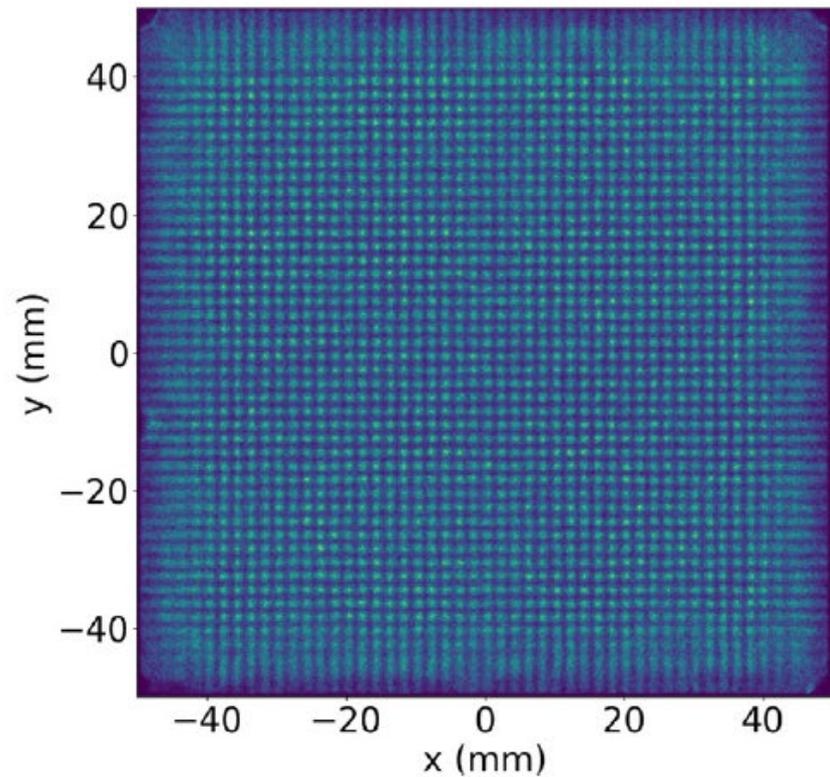
Structure d'un bloc convolutif résiduel profond. m est la dimension de l'entrée image, n est la dimension des filtres et k est le nombre de filtres. BN : Batch Normalization.

- Entraîné avec 800 évènements par position
- Scan avec un pas de 1 mm
- Réseau final : 3 blocks avec des noyaux 5*5
 - 8 et 16 filtres
 - 32 et 64 filtres
 - 128 et 256 filtres

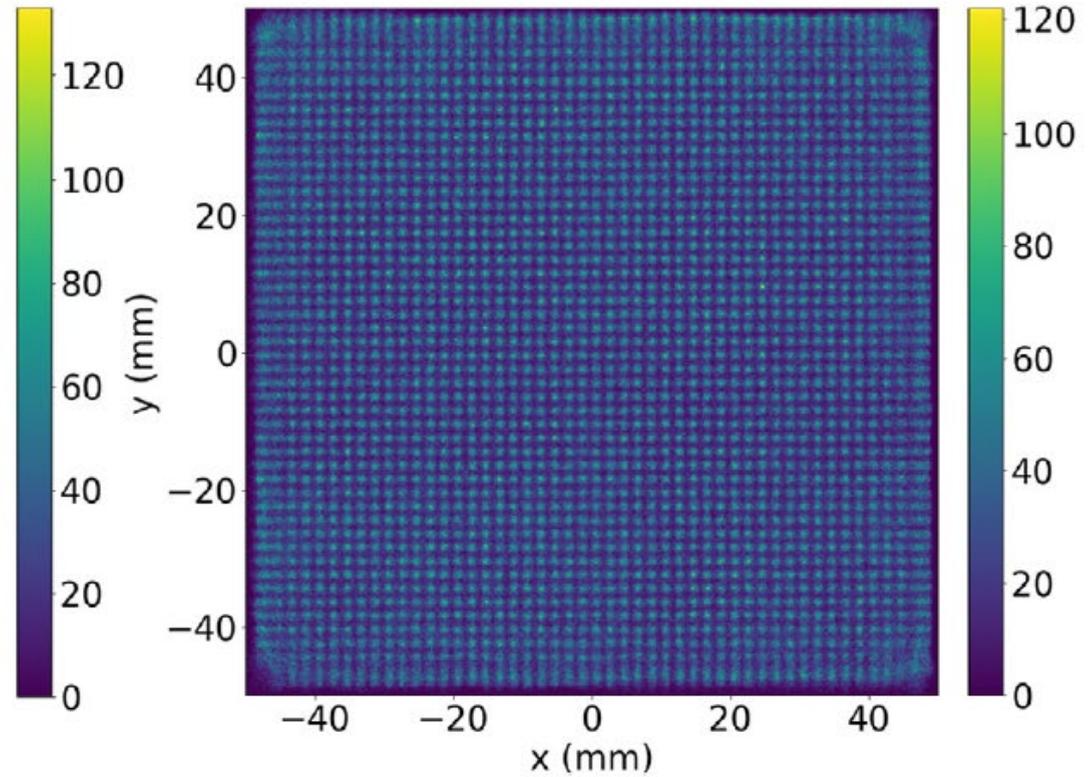
Optimized reconstruction of the position of interaction in high-performances γ -cameras ; T. Bossis et al. ; Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 1048 (2023)



Caméra ambulatoire : reconstruction



Levenberg Marquart



Deep Residual Convolution



Conclusion

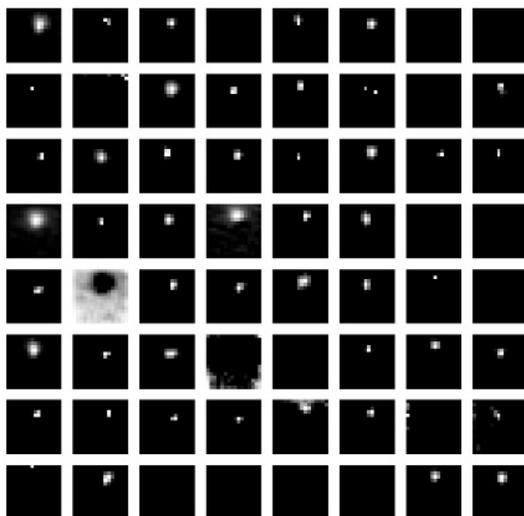
- Le réseau de neurones a été implanté en C++ dans le logiciel d'acquisition.
- Le DL permet de faire de la reconstruction temps réel.
- La caméra a été évaluée cliniquement sur 20 patients à l'Oncopole de Toulouse.
- Les données sont en cours de traitement ...



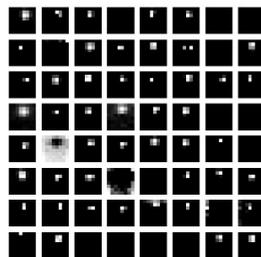
Merci pour votre attention



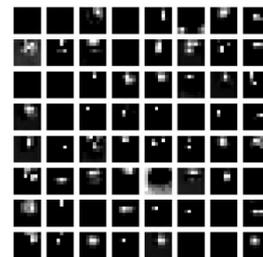
Couches intermédiaires - exemples



Première couche de convolution – 64 filtres



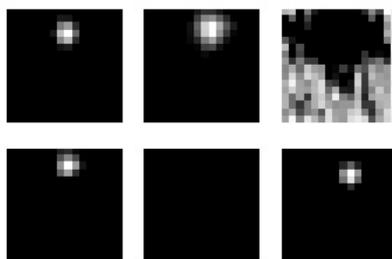
Sous-échantillonnage



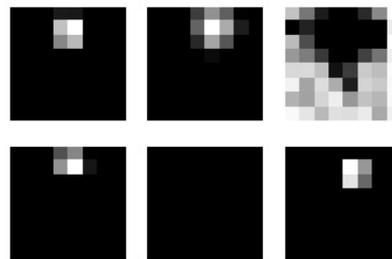
Seconde couche de convolution – 64 filtres



Sous-échantillonnage



1 couche de convolution – 6 filtres



Sous-échantillonnage