

# Ricostruzione TOF

Niccolò Camarlinghi

# Sommario

- Ricostruzione MLEM
- MLEM TOF
- Implementazione su GPU
- Validazione tramite Gate
- Sviluppi futuri

# Maximum Likelihood Expectation Maximization (MLEM)

- N dimensione in px del campo di vista
- M numero di LOR dello scanner

$$X^{k+1} = X^k \cdot \frac{1}{A^t \mathbf{1}} \cdot \left( A^t \frac{y}{AX^k} \right)$$

*Sensibilità* ←  $\frac{1}{A^t \mathbf{1}}$

$\left( A^t \frac{y}{AX^k} \right)$  ← Retro-proiezione

$\frac{y}{AX^k}$  ← Proiezione in avanti

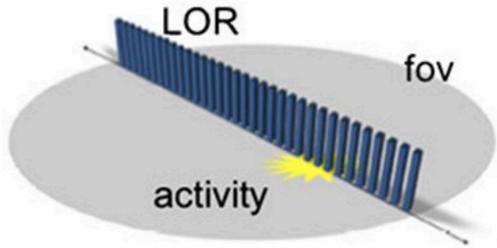
$X^k$  → Distribuzione di attività all'iterazione  $k$

$A$  → Matrice di sistema (SRM):  $A_{ij}$  contiene la probabilità che una coppia di fotoni emessa nel  $j$ -esimo voxel sia rivelato nella LOR  $i$

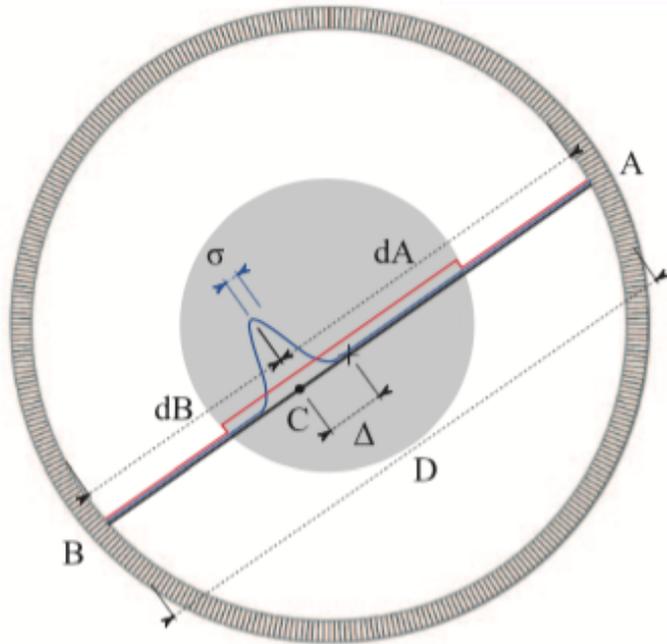
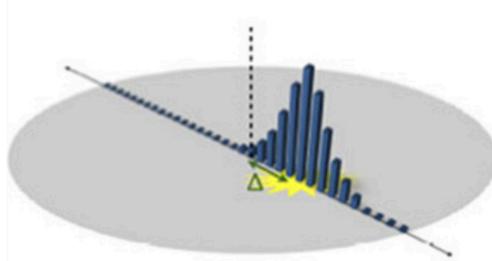
$y$  → LOR data

# Ricostruzione TOF MLEM

Conventional PET



Time-of-flight PET



- L'effetto del TOF viene implementato usando il TOF Kernel
- Il TOF Kernel è normalmente implementato come una pesatura gaussiana di
  - centro  $\Delta$
  - varianza  $\sigma$

$$\Delta = \frac{c \times \Delta T}{2}$$

Tempo di volo

$$\sigma = \frac{c \times \sigma_T}{2}$$

Risoluzione temporale in coincidenza

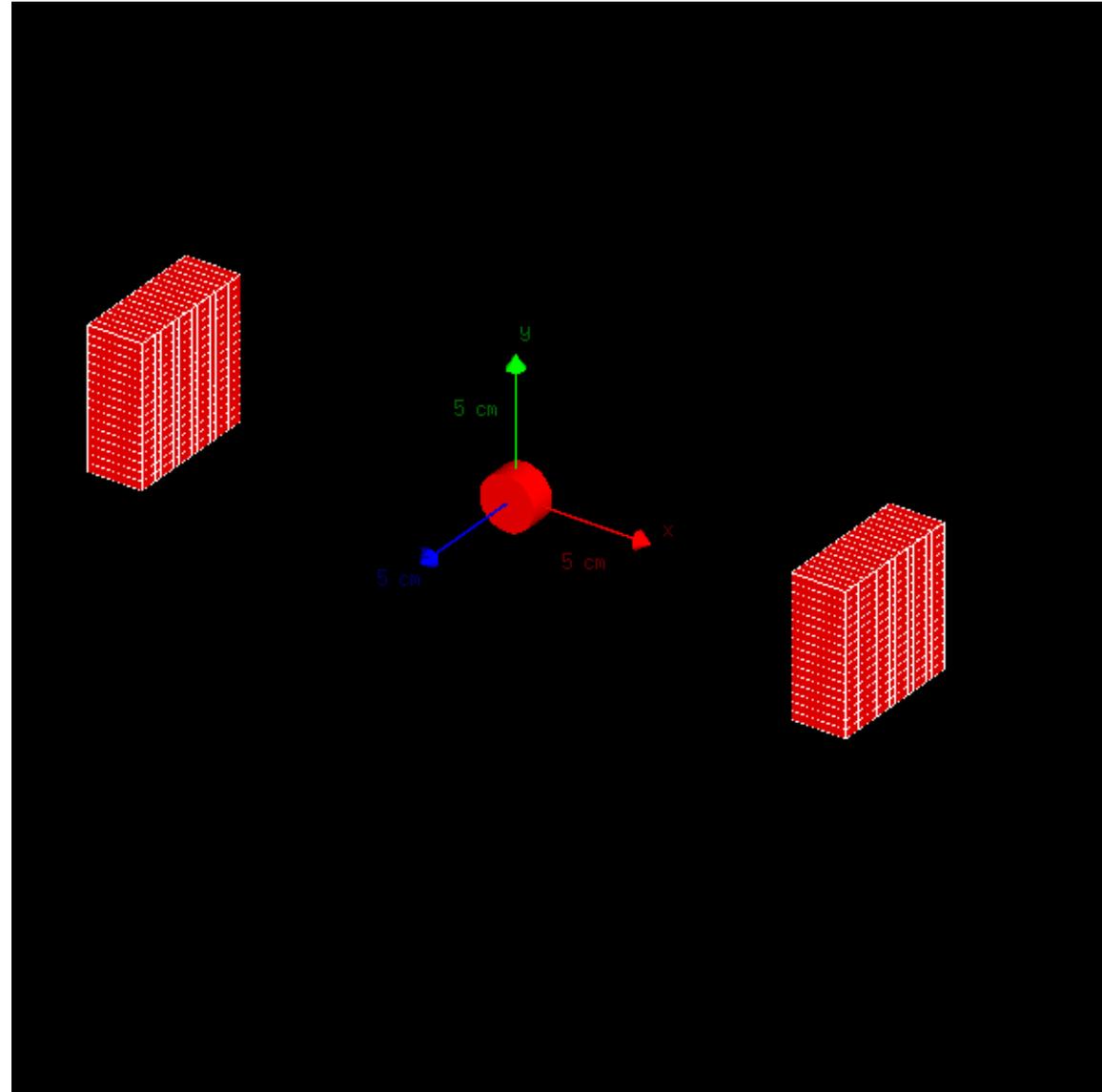
“Efficient fully 3D list-mode TOF PET image reconstruction using a factorized system matrix with an image domain resolution model”, Jian Zhou and Jinyi Qi.

# Implementazione della ricostruzione TOF

- Porting su **CUDA** (GPU) dell'algoritmo di ricostruzione standard
- Calcolo "al volo" del modello del sistema=> cambio di geometria senza necessità di calcolo di un modello
- Al tempo di esecuzione si può decidere se utilizzare il TOF e la CTR del detector
- Ricostruzione "list mode" => ogni coincidenza viene proiettata e retroproiettata con il suo tempo di volo
- Ricostruzione "list mode " => il tempo di ricostruzione dipende dalla quantità di coincidenze acquisite
- Necessità di una scheda video nvidia per essere utilizzata

# Inside 1vs1

- Distanza faccia faccia 24 cm
- Dimensione cristallo 3.2x3.2x20 mm
- LYSO\* Variante del LYSO con densità 7.36 g/cm<sup>3</sup> (Gate implementa default un LYSO da 5.37 g/cm<sup>3</sup>)
- Risoluzione energetica 20%
- Risoluzione temporale in singola vedi slide successiva
- Simulato con GATE 7.2



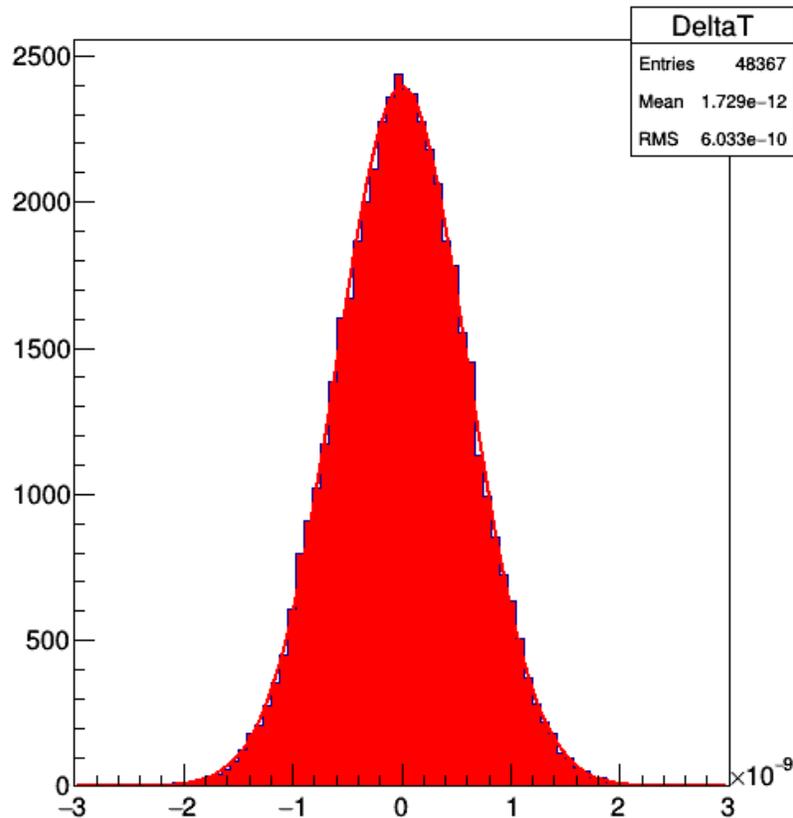
# Validazione della ricostruzione TOF

- Gate 7.2
- Misura della CTR simulata
- Cilindro di  $^{18}\text{F}$ FDG dimensioni R=1cm H=1cm (attività 10 uCi)
- Centrato nel FOV
- Tempo simulato 240 s
- 3 CTR del detector 1.4 ns, 1.0 ns, 500 ps (FWHM)

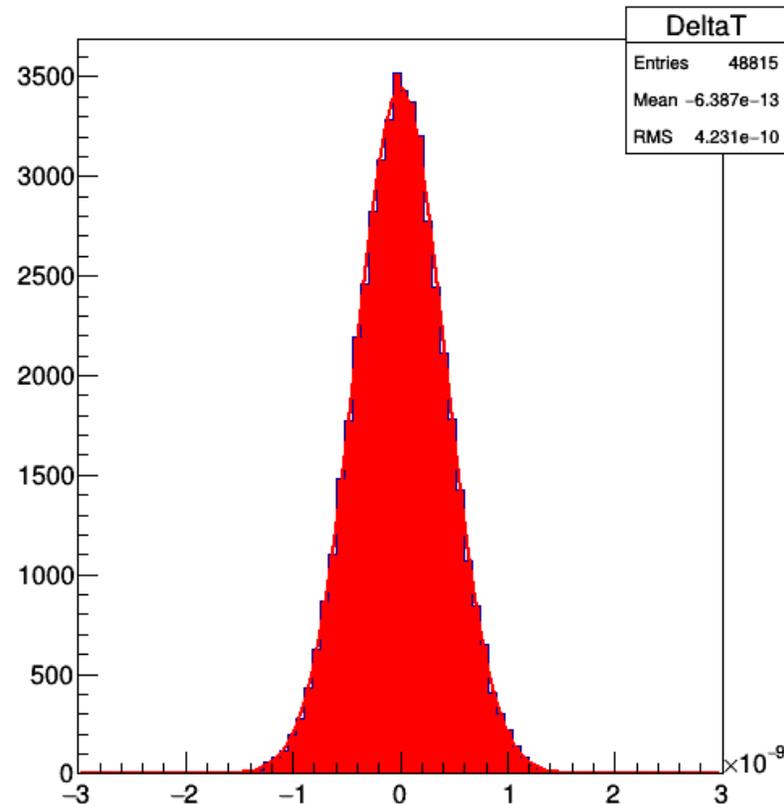
# ”Misura” CTR simulata

- Sorgente puntiforme nel centro del FOV
- Istogramma tempi di volo

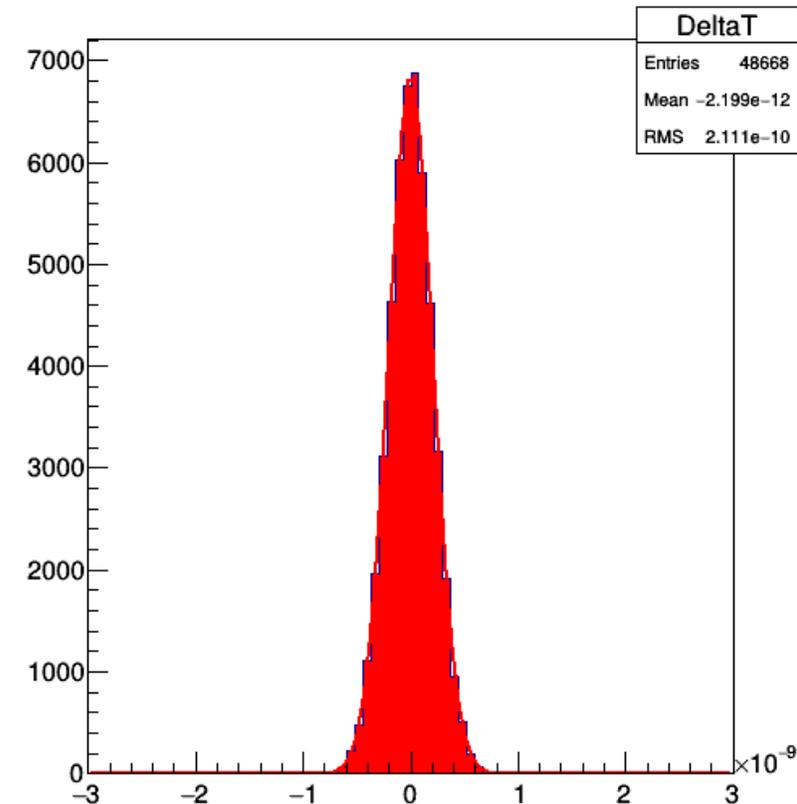
1.4 ns FWHM



1.0 ns FWHM



500 ps FWHM

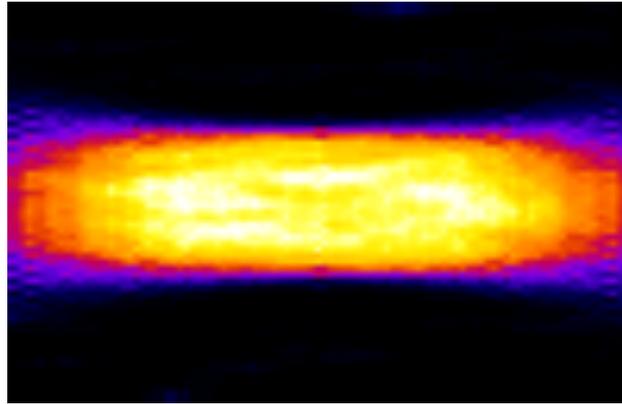


# Ricostruzione Cilindro

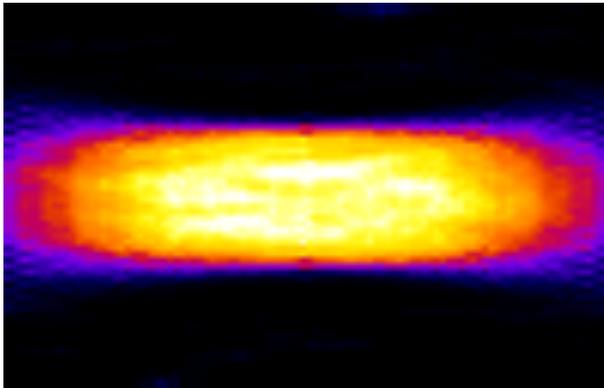
## Dimensioni FOV

- 80 mm x 51.2 mm x 51.2 mm
- Pixel Size 0.8 x 0.8 x 0.8 mm<sup>3</sup>

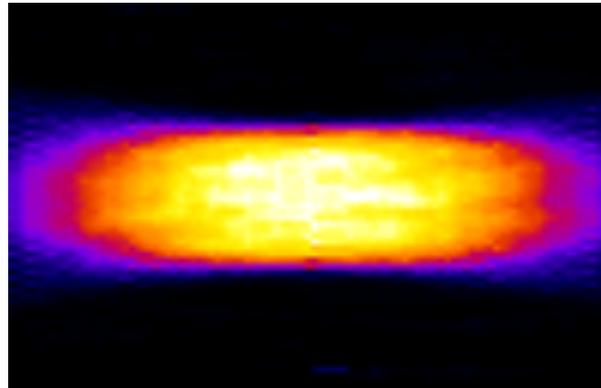
NO TOF



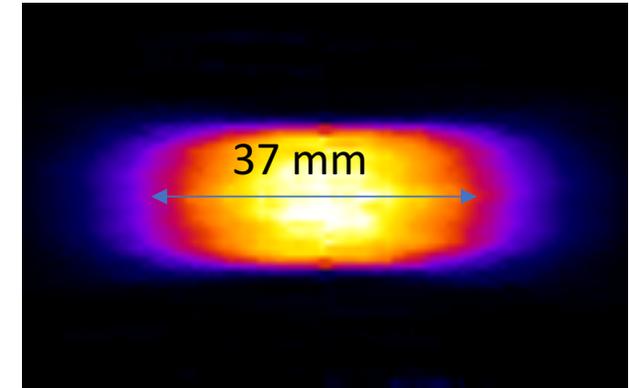
CTR 1.4 ns  
 $\sigma = 96 \text{ mm}$



CTR 1ns  
 $\sigma = 72 \text{ mm}$



CTR 500ps  
 $\sigma = 36 \text{ mm}$



# Sviluppi futuri

- Test della ricostruzione TOF su INSIDE
- Analisi dell'impatto del TOF sul random e uniformità delle immagini e deformazione
- Investigare ulteriori strategie per sfruttare il TOF nel modo migliore possibile
- Analisi delle performance temporali della ricostruzione GPU.
- Risultati preliminari per INSIDE: 350 ms a iterazione e 1sec per la sensibilità, questo numero dipende dalla quantità di coincidenze da ricostruire



**La più potente che abbiamo noi è una GTX 980 Ti**  
Costo a fine 2014: 810 euro + iva  
Adesso (su amazon): 550 euro+ iva