

Performance du tracking gamma avec AI/ML

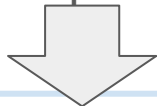
Comparaison de AFT et GRETO

Argonne Forward Tracking - Gamma Ray Energy Tracking Optimization

Emma Weiler

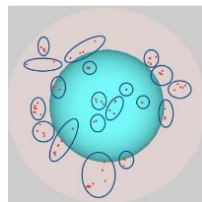
Philosophie du tracking avec AFT (Argonne Forward Tracking)

Decomp/ PSA



INPUT

$(x_1, y_1, z_1, t_1, e_1)$
 $(x_2, y_2, z_2, t_2, e_2)$
 $\dots$
 $(x_n, y_n, z_n, t_n, e_n)$



CLUSTERISATION :

angle fixé : α
 qui dépend de la
 multiplicité

ORDRE:

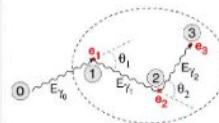
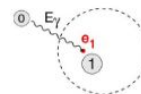
Interactions seules:

FOM = 0 ou 1.8

cela dépend de la distance
parcourue du photon et de
la fonction de réjection

Clusters :

Pour toutes les
permutations possibles, la
FOM est calculée; la
permutation avec la FOM
la plus basse est retenue



OUTPUT

1 (x_5, y_5, z_5, t, e_5)
 2 (x_3, y_3, z_3, t, e_3)

1 (x_2, y_2, z_2, t, e_2)
 2 (x_4, y_4, z_4, t, e_4)
 3 (x_1, y_1, z_1, t, e_1)

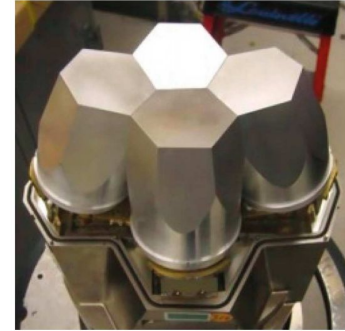
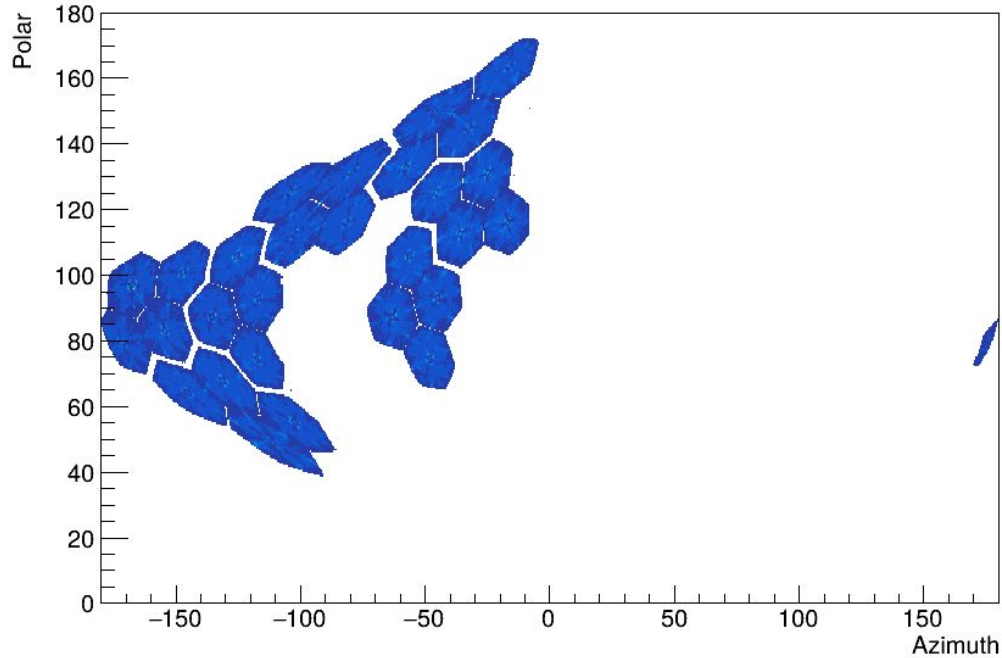
$(\gamma_1, E(\gamma_1) = e_5 + e_3)$

$(\gamma_2, E(\gamma_2) = e_1 + e_4 + e_2)$

$$FOM_{AFT} = \frac{\sqrt{\sum_i (\theta_i^{obs} - \theta_i^{theo})^2}}{N - 1}$$

$$E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{E_\gamma}{m_0 c^2} (1 - \cos(\theta))}$$

GRETINA experimental set up → 28 détecteurs



Cet assemblage et disposition ont été utilisés pour mesurer des données en sources radioactives. Ce sont ces données qui sont utilisées pour caractériser les algorithmes.

Caractérisation de AFT

Peak to Total ratio (P/T) :

mesure du bruit; aire des deux photo-peaks sur l'aire totale.

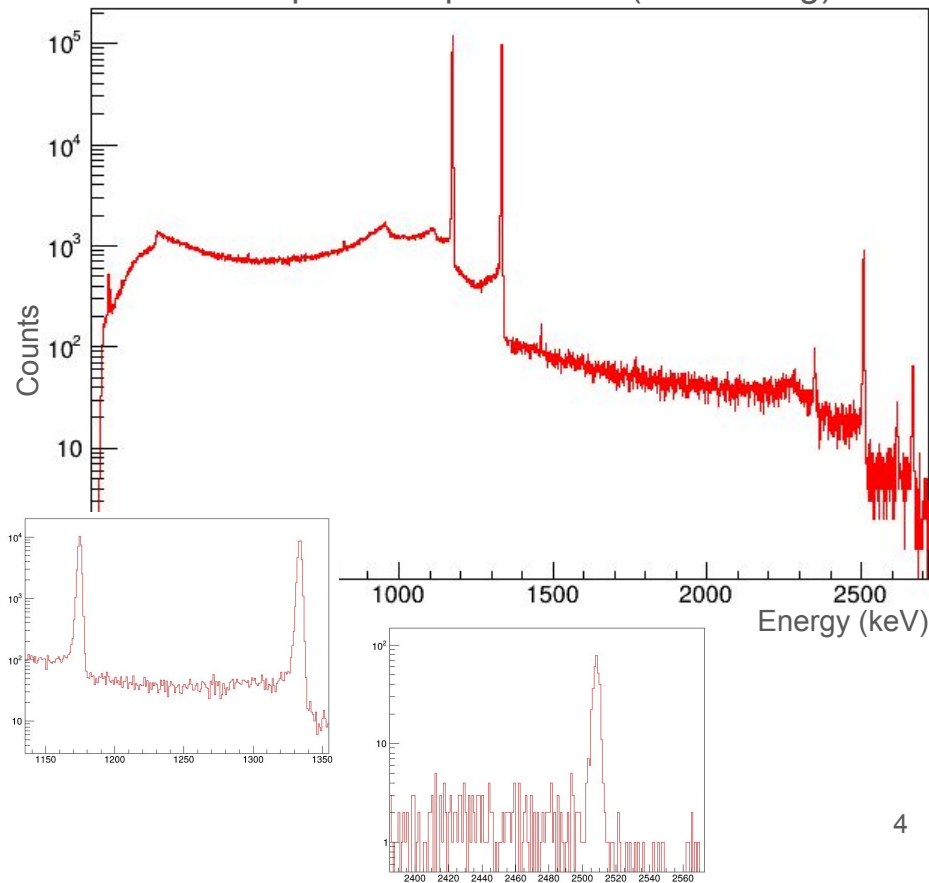
Efficacité absolue :

mesure du nombre de gamma rays dans un photopeak.

Méthode du sum peak: la probabilité de détecter dans le sum peak est le produit des probabilités de détecter chaque rayon gamma individuel.

Une correction : la corrélation angulaire des deux gammas cohérents.

^{60}Co spectre expérimental (échelle log)



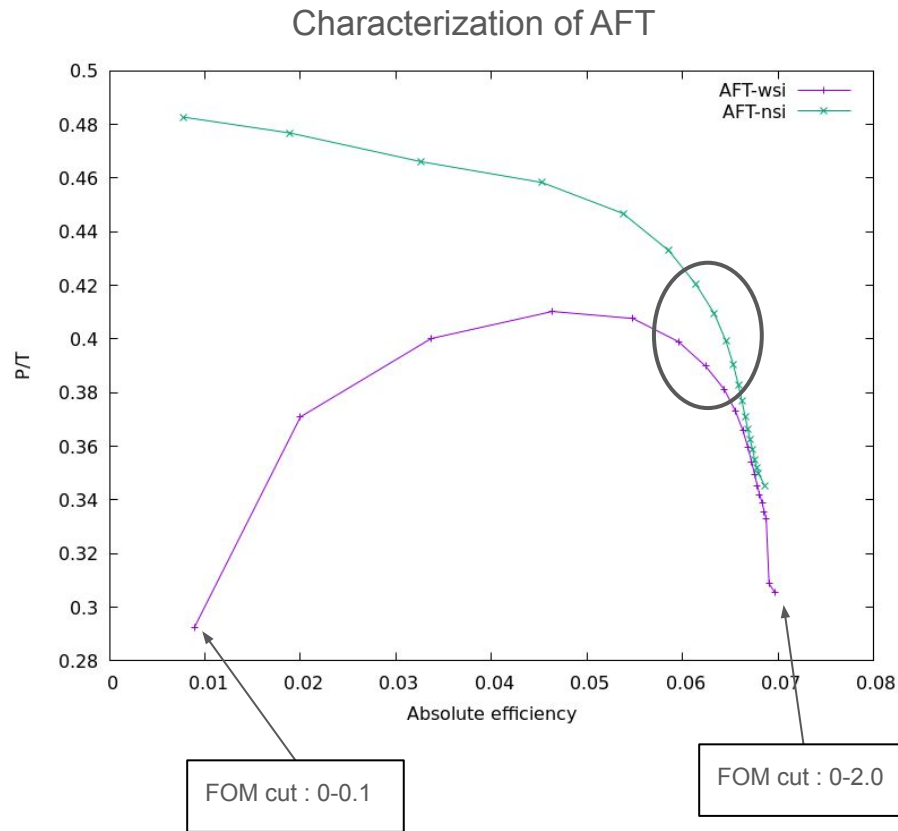
P/T vs Efficacité absolue

Pour le peak de 1.33 MeV

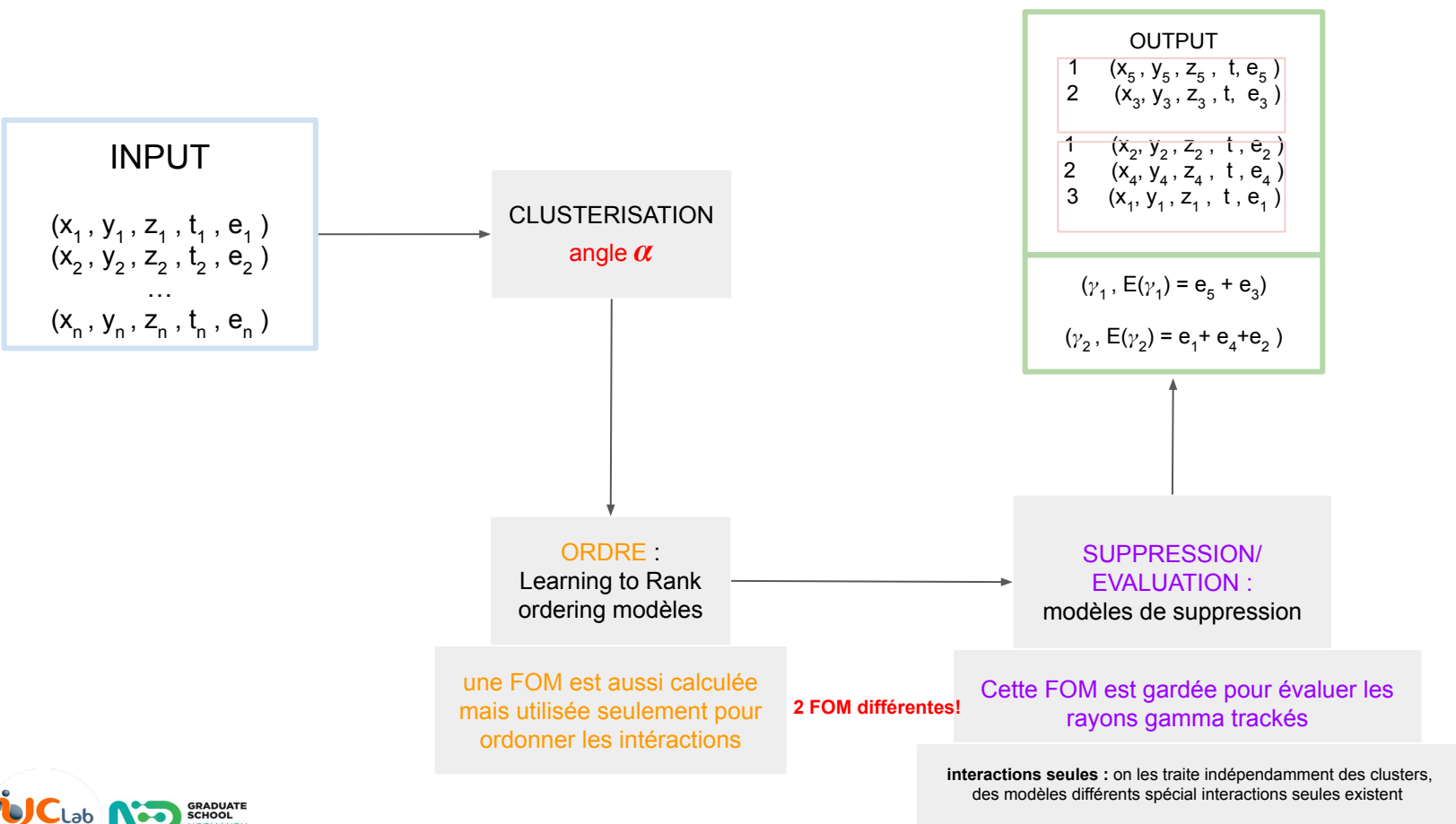
Le traitement des interactions seules joue un rôle important.

Une différente coupe de FOM (0-0.1, 0-0.2, ..., 0-2.0) est appliquée.

Les coupes les plus intéressantes sont celles au Nord Est : elles produisent le meilleur P/T pour la meilleure efficacité absolue.



Algorithme de Machine Learning - GRETO



Pour ordre - Learning to Rank

On essaie d'ordonner les interactions d'un cluster de la plus pertinente à la moins pertinente.

Pour cela on utilise un score qui est relié aux FOM.

Différentes FOMs donnent différentes caractéristiques (features) aux modèles.

On applique le machine learning pour qu'ils apprennent la fonction du score qui dépend des caractéristiques (features).

On réutilise ensuite cette fonction pour prédire l'ordre correct des interactions d'un cluster.

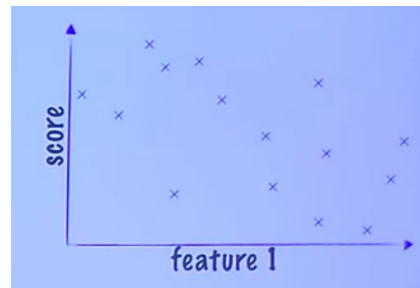
→ ~300 modèles pré-entraînés avec 2000 événements de données simulées multiplicité 30 (énergie comprise entre 80 et 2600 keV).

→ différentes techniques de ml : logistic regression, linear progression, support vector machine ...

→ différentes FOM : aft, oft, tango, all ...

	interactions	score
Cluster n°1	$(x_1, y_1, z_1, t_1, e_1)$	0.8
	$(x_2, y_2, z_2, t_2, e_2)$	0.6

AFT	FEATURE VECTORS ["mean", "penalty", "coulomb penalty"]
-----	--



from : <https://www.youtube.com/watch?v=7teudGhdnqo>

Model

Pour la suppression - modèles de classification

On utilise des combinaisons linéaires de deux modèles : un modèle pour les interactions seules et un modèle pour les clusters.

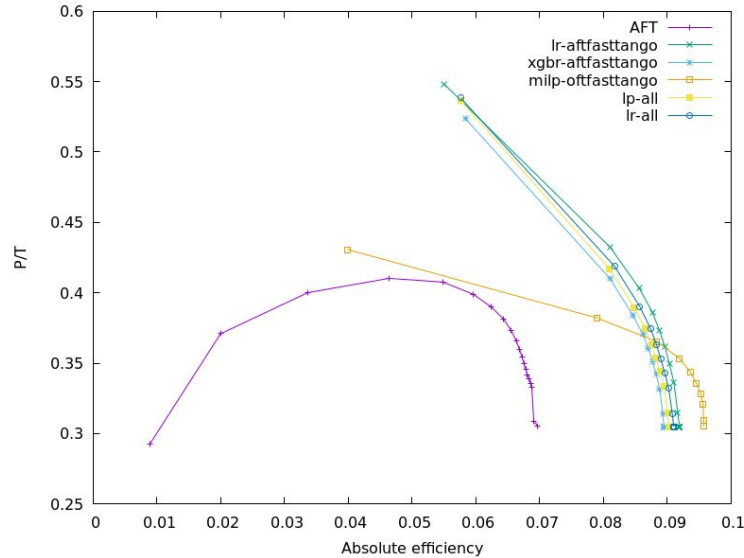
Ce modèle donne une FOM qui traduit la “probabilité” pour que le rayon gamma appartienne au spectre final.

→ 30 combinaisons pré-entraînées sur le set de données (multiplicité 30) sur 7500 ou 10000 évènements.

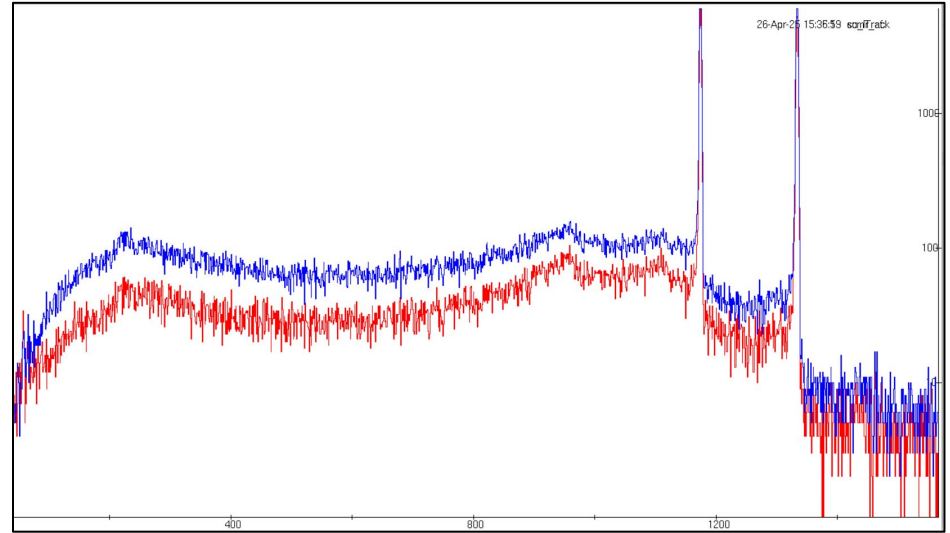
→ différentes ML techniques : logistic regression & linear regression

Caractérisation de GRETO et comparaison avec AFT - ^{60}Co

Caractérisation des deux algorithmes pour ^{60}Co



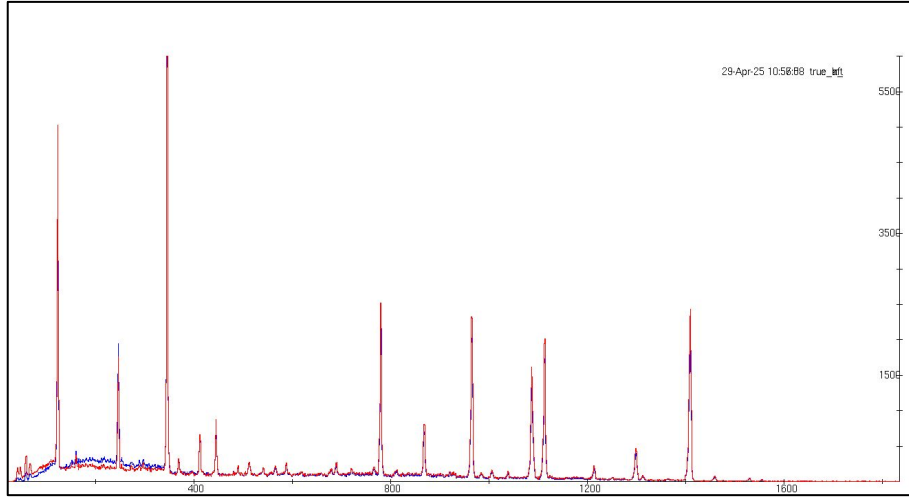
modèle d'ordre est indiqué
modèle de suppression est : logistic regression



AFT : FOM cut 0-0.8

Ir-aftfastango : FOM cut 0 - 0.3

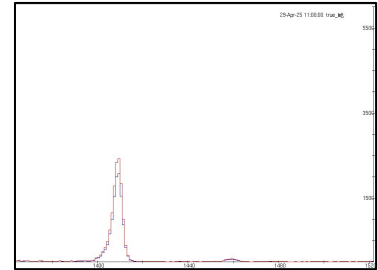
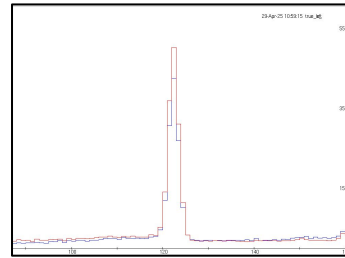
Caractérisation de GRETO et comparaison avec AFT - ^{152}Eu



AFT : FOM cut 0-0.8
Ir-afffasttango : 0 - 0.3

→ in low energy range : less background

→ more counts in the photopeaks



gain en efficacité : ~ 17%

Conclusion

→ GRETO est prometteur, il offre de meilleures performances pour les données en source que le tracking conventionnel.

→ D'autres tests sur d'autres données sont nécessaires, GRETO est-il plus performant pour toute analyse ?

Prochaines étapes

→ Test avec des données en source AGATA

→ trouver le meilleur modèle pour des données in beam avec haute multiplicité

→ trouver les meilleures combinaisons de modèles et paramètres de GRETO