

Structure des Données ROOT

Simulation Geant4 – Puits Couronne

Fichier de sortie : `puits_couronne_output.root`

Documentation technique

December 24, 2025

Contents

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Vue d'ensemble | 2 |
| 2 | Histogrammes | 2 |
| 2.1 | Liste des histogrammes | 2 |
| 2.2 | Description détaillée | 2 |
| 2.2.1 | H0 : nGammasPerEvent | 2 |
| 2.2.2 | H1 : energySpectrum | 2 |
| 2.2.3 | H2 : totalEnergyPerEvent | 3 |
| 2.2.4 | H3–H7 : doseRing0 à doseRing4 | 3 |
| 2.2.5 | H8 : doseTotalWater | 3 |
| 3 | Ntuples | 3 |
| 3.1 | Ntuple 0 : EventData | 3 |
| 3.2 | Ntuple 1 : GammaData | 3 |
| 3.3 | Ntuple 2 : RingDoseData | 4 |
| 4 | Flux de données | 5 |
| 4.1 | Diagramme de remplissage | 5 |
| 4.2 | Séquence temporelle | 5 |
| 5 | Exemples d'analyse ROOT | 5 |
| 5.1 | Lecture des histogrammes | 5 |
| 5.2 | Analyse des ntuples | 6 |
| 5.3 | Calcul de la dose moyenne | 6 |
| 6 | Compteurs de run (output.log) | 6 |

1 Vue d'ensemble

Le fichier ROOT `puits_couronne_output.root` contient :

- **9 histogrammes** (H0 à H8)
- **3 ntuples** (EventData, GammaData, RingDoseData)

Ces données sont enregistrées pour chaque run de simulation et permettent une analyse détaillée de :

- La génération des gammas primaires (spectre Eu-152)
- La transmission à travers le filtre W/PETG
- La dose déposée dans les 5 anneaux d'eau

2 Histogrammes

2.1 Liste des histogrammes

| ID | Nom | Bins | Min | Max |
|----|---------------------|------|------|----------|
| H0 | nGammasPerEvent | 15 | -0.5 | 14.5 |
| H1 | energySpectrum | 1500 | 0 | 1500 keV |
| H2 | totalEnergyPerEvent | 500 | 0 | 5000 keV |
| H3 | doseRing0 | 200 | 0 | 200 keV |
| H4 | doseRing1 | 200 | 0 | 200 keV |
| H5 | doseRing2 | 200 | 0 | 200 keV |
| H6 | doseRing3 | 200 | 0 | 200 keV |
| H7 | doseRing4 | 200 | 0 | 200 keV |
| H8 | doseTotalWater | 500 | 0 | 500 keV |

Table 1: Liste des histogrammes dans le fichier ROOT

2.2 Description détaillée

2.2.1 H0 : nGammasPerEvent

Nombre de gammas par événement

Description : Distribution du nombre de gammas primaires générés par désintégration.
Remplissage : `RunAction::RecordEventStatistics()`
Valeur attendue : Moyenne $\bar{n}_\gamma \approx 1.924$ (spectre Eu-152)

2.2.2 H1 : energySpectrum

Spectre en énergie des gammas

Description : Spectre des énergies de tous les gammas primaires générés.
Remplissage : `RunAction::RecordEventStatistics()`
Raies principales : 40, 122, 245, 344, 779, 964, 1112, 1408 keV

2.2.3 H2 : totalEnergyPerEvent

Énergie totale par événement

Description : Somme des énergies de tous les gammas primaires par désintégration.

Remplissage : RunAction::RecordEventStatistics()

2.2.4 H3–H7 : doseRing0 à doseRing4

Dose par anneau d'eau

Description : Distribution des dépôts d'énergie (en keV) dans chaque anneau d'eau, par désintégration.

Remplissage : RunAction::AddRingEnergy()

| Histo | Anneau | Rayon (mm) |
|-------|--------|---------------|
| H3 | Ring 0 | $r = 0 - 5$ |
| H4 | Ring 1 | $r = 5 - 10$ |
| H5 | Ring 2 | $r = 10 - 15$ |
| H6 | Ring 3 | $r = 15 - 20$ |
| H7 | Ring 4 | $r = 20 - 25$ |

2.2.5 H8 : doseTotalWater

Dose totale dans l'eau

Description : Distribution de l'énergie totale déposée dans l'ensemble des anneaux d'eau, par désintégration.

Remplissage : RunAction::RecordEventStatistics()

Condition : Uniquement si $E_{dep} > 0$

3 Ntuples

3.1 Ntuple 0 : EventData

Données par événement (désintégration)

Description : Une ligne par événement (désintégration simulée).

Remplissage : EventAction::EndOfEventAction()

3.2 Ntuple 1 : GammaData

Données par gamma primaire

Description : Une ligne par gamma primaire émis.

Remplissage : EventAction::EndOfEventAction()

Critère de transmission : Un gamma est considéré comme transmis si :

$$|E_{\text{upstream}} - E_{\text{downstream}}| < 1 \text{ keV} \quad (1)$$

| Col | Nom | Type | Description |
|-----|-------------------|--------|---|
| 0 | eventID | Int | Numéro de l'événement |
| 1 | nPrimaries | Int | Nombre de gammas primaires générés |
| 2 | totalEnergy | Double | Énergie totale des primaires (keV) |
| 3 | nTransmitted | Int | Nombre de gammas transmis à travers le filtre |
| 4 | nAbsorbed | Int | Nombre de gammas absorbés par le filtre |
| 5 | nScattered | Int | Nombre de gammas diffusés (Compton) |
| 6 | nSecondaries | Int | Nombre de particules secondaires détectées |
| 7 | totalWaterDeposit | Double | Énergie déposée dans l'eau (keV) |

Table 2: Structure du ntuple EventData

| Col | Nom | Type | Description |
|-----|--------------------|--------|--|
| 0 | eventID | Int | Numéro de l'événement parent |
| 1 | gammaIndex | Int | Index du gamma dans l'événement (0, 1, 2, ...) |
| 2 | energyInitial | Double | Énergie initiale (keV) |
| 3 | energyUpstream | Double | Énergie au plan upstream (keV) |
| 4 | energyDownstream | Double | Énergie au plan downstream (keV) |
| 5 | theta | Double | Angle polaire d'émission (deg) |
| 6 | phi | Double | Angle azimutal d'émission (deg) |
| 7 | detectedUpstream | Int | Détecté au plan upstream (0/1) |
| 8 | detectedDownstream | Int | Détecté au plan downstream (0/1) |
| 9 | transmitted | Int | Transmis sans perte d'énergie (0/1) |

Table 3: Structure du ntuple GammaData

3.3 Ntuple 2 : RingDoseData

Dose par anneau par désintégration

Description : Une ligne par événement avec la dose déposée dans chaque anneau.

Remplissage : `EventAction::EndOfEventAction()`

| Col | Nom | Type | Description |
|-----|------------|--------|---|
| 0 | eventID | Int | Numéro de l'événement |
| 1 | nPrimaries | Int | Nombre de gammas primaires |
| 2 | doseRing0 | Double | Énergie déposée dans Ring 0 (keV) |
| 3 | doseRing1 | Double | Énergie déposée dans Ring 1 (keV) |
| 4 | doseRing2 | Double | Énergie déposée dans Ring 2 (keV) |
| 5 | doseRing3 | Double | Énergie déposée dans Ring 3 (keV) |
| 6 | doseRing4 | Double | Énergie déposée dans Ring 4 (keV) |
| 7 | doseTotal | Double | Énergie totale déposée dans l'eau (keV) |

Table 4: Structure du ntuple RingDoseData

4 Flux de données

4.1 Diagramme de remplissage

| Classe | Méthode | Données remplies |
|----------------|-------------------------|---|
| SteppingAction | UserSteppingAction() | Détection dans les plans Dépôts d'énergie → EventAction |
| EventAction | BeginOfEventAction() | Reset des compteurs Enregistrement des primaires |
| | EndOfEventAction() | Ntuple 0 (EventData) Ntuple 1 (GammaData) Ntuple 2 (RingDoseData) |
| RunAction | RecordEventStatistics() | H0, H1, H2, H8 |
| | AddRingEnergy() | H3–H7 |

4.2 Séquence temporelle

Pour chaque événement :

1. `BeginOfEventAction` : initialisation, lecture des vertex primaires
2. `UserSteppingAction` : tracking de chaque particule, détection, dépôts
3. `EndOfEventAction` : calcul des statistiques, remplissage des ntuples
4. `RecordEventStatistics` : mise à jour des compteurs globaux, histogrammes

5 Exemples d'analyse ROOT

5.1 Lecture des histogrammes

```

TFile* f = TFile::Open("puits_couronne_output.root");

// Spectre en energie
TH1D* hSpectrum = (TH1D*)f->Get("energySpectrum");
hSpectrum->Draw();

// Dose dans l'anneau central
TH1D* hRing0 = (TH1D*)f->Get("doseRing0");
hRing0->Draw();

```

5.2 Analyse des ntuples

```
// Ntuple EventData
TTree* tEvent = (TTree*)f->Get("EventData");
tEvent->Draw("totalWaterDeposit", "totalWaterDeposit>0");

// Ntuple GammaData - transmission en fonction de l'energie
TTree* tGamma = (TTree*)f->Get("GammaData");
tGamma->Draw("transmitted:energyInitial", "", "colz");

// Ntuple RingDoseData - correlation entre anneaux
TTree* tRing = (TTree*)f->Get("RingDoseData");
tRing->Draw("doseRing0:doseRing4", "doseRing0>0&&doseRing4>0");
```

5.3 Calcul de la dose moyenne

```
// Dose moyenne dans l'anneau 2
TTree* tRing = (TTree*)f->Get("RingDoseData");
double meanDose = tRing->GetEntries("doseRing2>0") > 0 ?
    tRing->GetMean("doseRing2") : 0;
cout << "Dose_moyenne_Ring_2: " << meanDose << " keV" << endl;
```

6 Compteurs de run (output.log)

En plus du fichier ROOT, les compteurs suivants sont affichés dans `output.log` :

| Compteur | Description |
|-------------------------------------|--|
| <code>fRingTotalEnergy[i]</code> | Énergie totale déposée dans l'anneau i (MeV) |
| <code>fRingEventCount[i]</code> | Nombre d'événements avec dépôt dans l'anneau i |
| <code>fGammasPreFilterPlane</code> | Gammas traversant le plan pré-filtre |
| <code>fGammasPostFilterPlane</code> | Gammas traversant le plan post-filtre |
| <code>fGammasPreWaterPlane</code> | Gammas traversant le plan pré-eau |
| <code>fGammasPostWaterPlane</code> | Gammas traversant le plan post-eau |

Table 5: Compteurs de vérification par run