

# Structure des Données ROOT

Simulation Geant4 – Puits Couronne  
Fichier de sortie : `puits_couronne_output.root`

Documentation technique

December 24, 2025

## Contents

<b>1</b>	<b>Vue d'ensemble</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Histogrammes</b>	<b>2</b>
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
<b>3</b>	<b>Ntuples</b>	<b>3</b>
3.1	Ntuple 0 : EventData . . . . .	3
3.2	Ntuple 1 : GammaData . . . . .	3
3.3	Ntuple 2 : RingDoseData . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Flux de données</b>	<b>5</b>
4.1	Diagramme de remplissage . . . . .	5
4.2	Séquence temporelle . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Exemples d'analyse ROOT</b>	<b>5</b>
5.1	Lecture des histogrammes . . . . .	5
5.2	Analyse des ntuples . . . . .	6
5.3	Calcul de la dose moyenne . . . . .	6
<b>6</b>	<b>Compteurs de run (output.log)</b>	<b>6</b>

## 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
fRingTotalEnergy[i]	Énergie totale déposée dans l'anneau $i$ (MeV)
fRingEventCount[i]	Nombre d'événements avec dépôt dans l'anneau $i$
fGammasPreFilterPlane	Gammas traversant le plan pré-filtre
fGammasPostFilterPlane	Gammas traversant le plan post-filtre
fGammasPreWaterPlane	Gammas traversant le plan pré-eau
fGammasPostWaterPlane	Gammas traversant le plan post-eau

Table 5: Compteurs de vérification par run