

# Description de la Geometrie Geant4

Plaque W/PETG avec Cavite d'Air et Empilement de Billes de Bismuth

Documentation Technique

December 18, 2025

## Resume

Ce document presente la geometrie d'une simulation Geant4 comprenant :

- Une plaque de W/PETG (75%/25%) de 18 mm d'epaisseur
- Une cavite d'air centrale ( $50 \times 50 \times 8.53 \text{ mm}^3$ )
- Un empilement hexagonal compact de 5 plans de billes de bismuth ( $\sim 3449$  billes)
- Un detecteur de dose spherique (eau) a 20 cm de la source

## Contents

<b>1</b>	<b>Vue d'Ensemble de la Geometrie</b>	<b>2</b>
1.1	Schema Global . . . . .	2
1.2	Parametres Geometriques . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Structure de la Plaque W/PETG</b>	<b>3</b>
2.1	Vue en Coupe XZ . . . . .	3
2.2	Vue en Coupe XY (Vue de Dessus) . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Empilement Hexagonal Compact des Billes</b>	<b>4</b>
3.1	Principe de l'Empilement ABABA . . . . .	4
3.2	Constantes Geometriques de l'Empilement . . . . .	4
3.3	Positions Z des Plans . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Vue 3D de l'Ensemble</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Hierarchie des Volumes Geant4</b>	<b>7</b>
5.1	Description des Volumes . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Resume des Masses et Densites</b>	<b>8</b>

# 1 Vue d'Ensemble de la Geometrie

## 1.1 Schema Global

La figure 1 presente une vue d'ensemble de la geometrie le long de l'axe  $z$  (axe du faisceau).

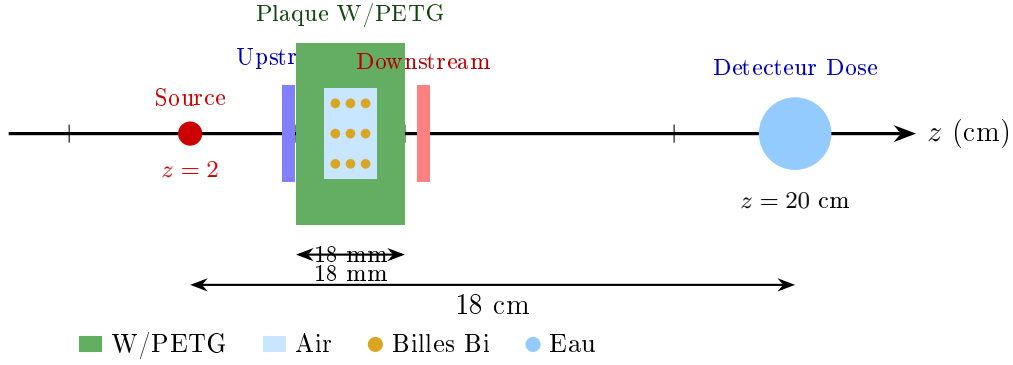


Figure 1: Vue d'ensemble de la geometrie le long de l'axe  $z$ .

## 1.2 Parametres Geometriques

Table 1: Parametres geometriques principaux

Element	Parametre	Valeur
4*Plaque W/PETG	Dimensions $X \times Y$	$100 \times 100 \text{ mm}^2$
	Epaisseur (Z)	18 mm
	Position centre	$z = 4.65 \text{ cm}$
	Densite	$\sim 4.5 \text{ g/cm}^3$
3*Cavite d'air	Dimensions $X \times Y$	$50 \times 50 \text{ mm}^2$
	Hauteur (Z)	8.53 mm
	Position	Centree dans la plaque
4*Billes Bismuth	Diametre	2 mm
	Nombre de plans	5
	Nombre total	$\sim 3449$
	Densite Bi	$9.75 \text{ g/cm}^3$
2*Detecteur Dose	Rayon	2 cm
	Position	$z = 20 \text{ cm}$

## 2 Structure de la Plaque W/PETG

### 2.1 Vue en Coupe XZ

La figure 2 présente une coupe verticale de la plaque montrant la cavité d'air et l'empilement de billes.

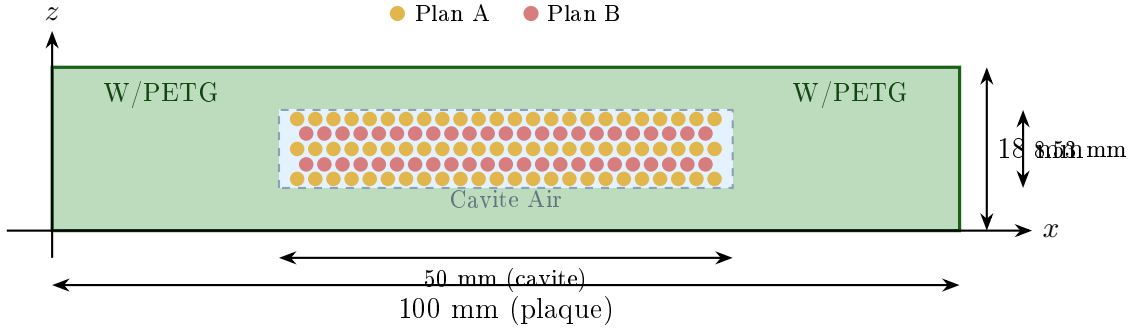


Figure 2: Coupe XZ de la plaque W/PETG montrant la cavité d'air et les 5 plans de billes.

### 2.2 Vue en Coupe XY (Vue de Dessus)

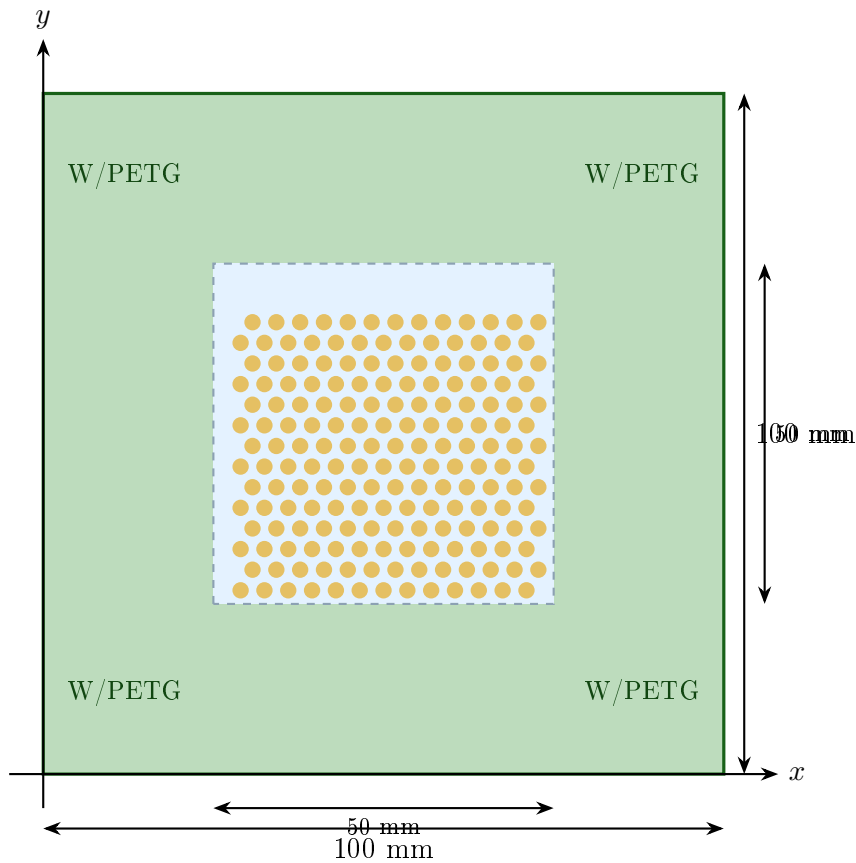


Figure 3: Vue de dessus (XY) montrant la plaque W/PETG et la cavité centrale avec l'arrangement hexagonal des billes.

### 3 Empilement Hexagonal Compact des Billes

#### 3.1 Principe de l'Empilement ABABA

L'empilement hexagonal compact (HCP) utilise une sequence alternee de deux types de plans :

- **Plans de type A** (plans 1, 3, 5) : position de reference
- **Plans de type B** (plans 2, 4) : decales de  $(\delta x, \delta y)$  pour s'insérer dans les interstices

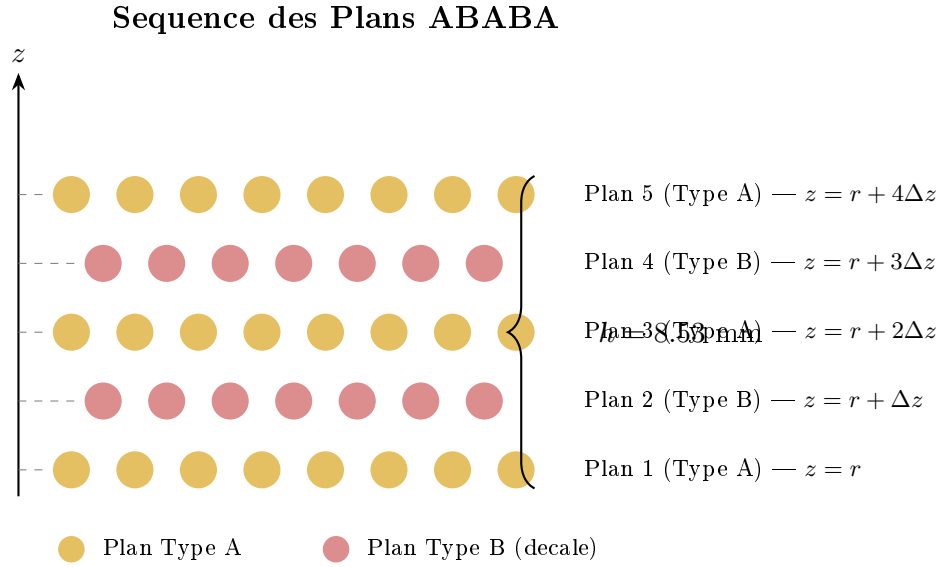


Figure 4: Vue en coupe XZ de l'empilement ABABA montrant l'alternance des plans.

#### 3.2 Constantes Geometriques de l'Empilement

Table 2: Constantes de l'empilement hexagonal compact

Constante	Formule	Expression	Valeur
Diametre bille	$d$	—	2.0 mm
Rayon bille	$r = d/2$	—	1.0 mm
Espacement Y (rangees)	$\Delta y_{\text{hex}}$	$d \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$	1.732 mm
Espacement Z (plans)	$\Delta z$	$d \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$	1.633 mm
Decalage X (plans B)	$\delta x_B$	$\frac{d}{2}$	1.000 mm
Decalage Y (plans B)	$\delta y_B$	$\frac{d}{2\sqrt{3}}$	0.577 mm

### 3.3 Positions Z des Plans

Table 3: Positions verticales des 5 plans (base a  $z = 0$ )

Plan	Type	Formule	Position $z$ (mm)
1	A	$r$	1.000
2	B	$r + \Delta z$	2.633
3	A	$r + 2\Delta z$	4.266
4	B	$r + 3\Delta z$	5.899
5	A	$r + 4\Delta z$	7.532

L'épaisseur totale de l'empilement est :

$$h_{\text{total}} = r + 4 \cdot \Delta z + r = d + 4 \cdot d\sqrt{\frac{2}{3}} = 2 + 4 \times 1.633 = 8.53 \text{ mm} \quad (1)$$

## 4 Vue 3D de l'Ensemble

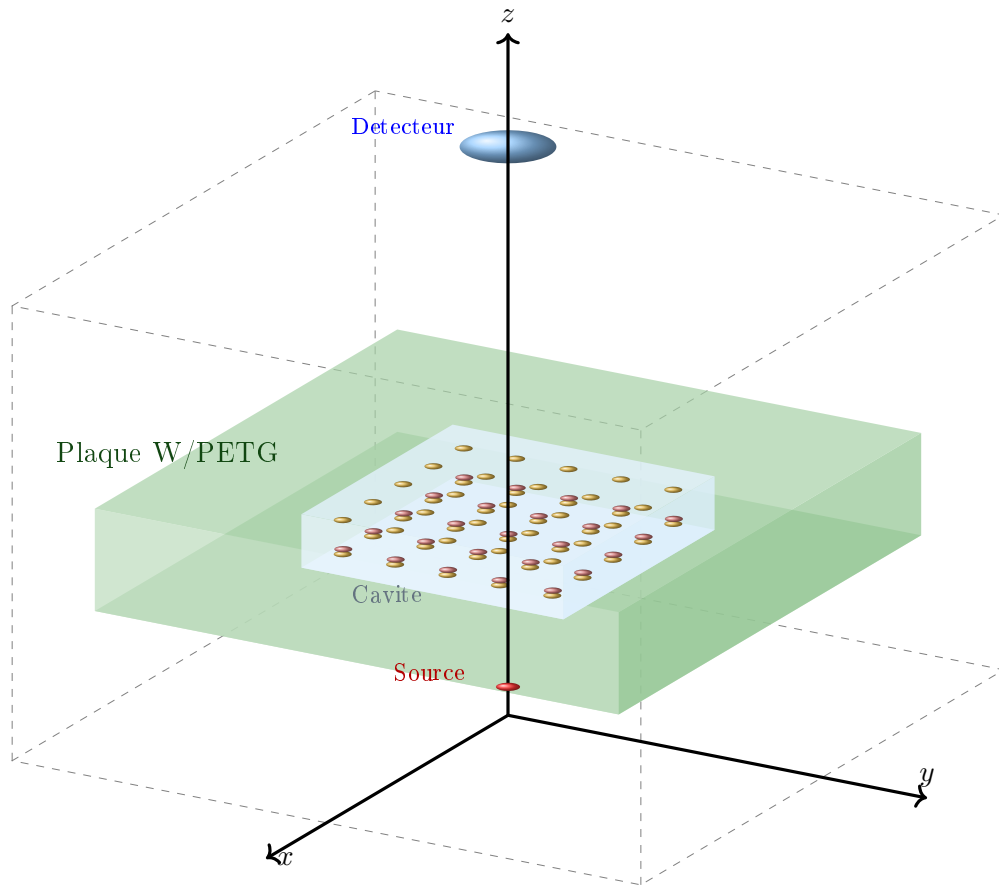


Figure 5: Vue 3D isometrique de la geometrie complete.

## 5 Hierarchie des Volumes Geant4

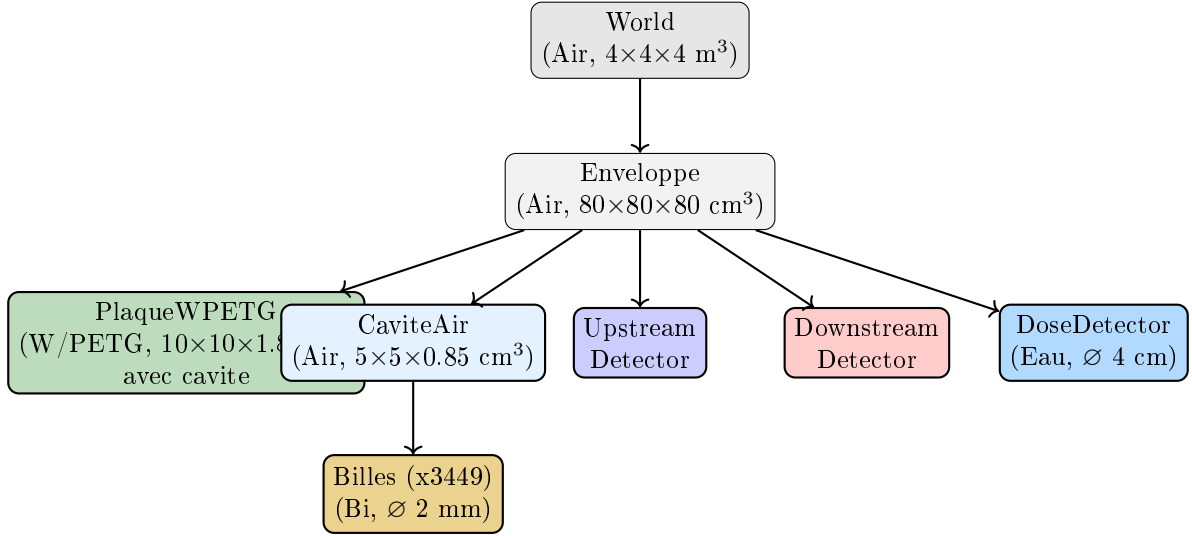


Figure 6: Hierarchie des volumes logiques dans la simulation Geant4.

### 5.1 Description des Volumes

1. **World** : Volume mere principal, cube d'air de 4 m de cote.
2. **Enveloppe** : Volume intermediaire contenant tous les elements de la simulation.
3. **PlaqueWPETG** : Plaque de melange W/PETG (75%/25% en masse) avec une cavite centrale creee par soustraction booleenne (`G4SubtractionSolid`).
4. **CaviteAir** : Volume d'air au centre de la plaque, contenant l'empilement de billes.
5. **Billes** : Environ 3449 spheres de bismuth solide ( $\varnothing$  2 mm) arrangees en empilement hexagonal compact sur 5 plans.
6. **UpstreamDetector** / **DownstreamDetector** : Plans de comptage pour mesurer le flux de particules avant et apres la plaque.
7. **DoseDetector** : Sphere d'eau de 2 cm de rayon pour la mesure de dose absorbee.

## 6 Resume des Masses et Densites

Table 4: Proprietes des materiaux et masses calculees

Element	Materiau	Densite (g/cm <sup>3</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Masse (g)
Plaque W/PETG	W/PETG 75/25	~4.5	~176	~790
Cavite	Air	0.0012	21.3	~0.03
Billes (×3449)	Bismuth	9.75	~14.4	~140
Detecteur dose	Eau	1.0	33.5	33.5
<b>Total plaque</b>	–	–	–	~930

### Avantages de cette Configuration

- **Blindage efficace** : Le melange W/PETG fournit une attenuation importante des rayonnements gamma grace au tungstene (Z=74).
- **Absorption photoelectrique** : Les billes de bismuth (Z=83) au centre favorisent l'effet photoelectrique pour les photons de moyenne energie.
- **Geometrie bien definie** : Contrairement a la poudre, les billes ont une geometrie precise et reproductible.
- **Compacite elevee** : L'empilement hexagonal compact offre une fraction de remplissage theorique de 74%.