

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 ($50 \times 50 \times 8.53$ mm³)
- Un empilement hexagonal compact de 5 plans de billes de bismuth (~ 3449 billes)
- Un detecteur de dose spherique (eau) a 20 cm de la source

Contents

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

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).

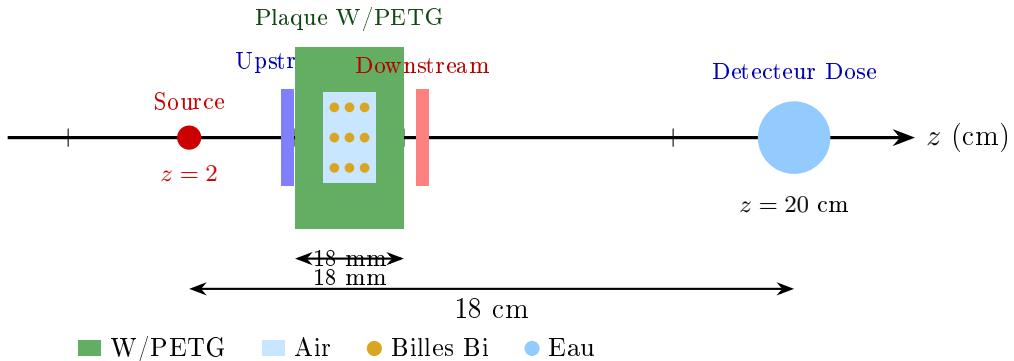


Figure 1: Vue d'ensemble de la geometrie le long de l'axe z .

1.2 Parametres Geometriques

Table 1: Parametres geometriques principaux

Element	Parametre	Valeur
4*Plaque W/PETG	Dimensions X × 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 × 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	~ 3449
	Densite Bi	9.75 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.

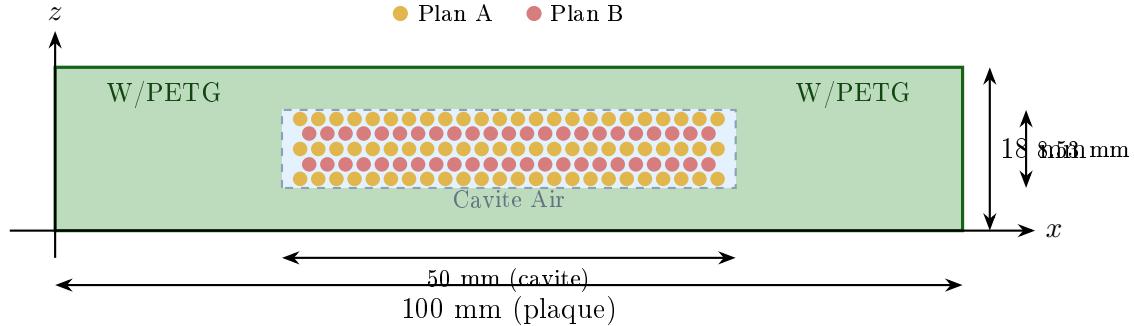


Figure 2: Coupe XZ de la plaque W/PETG montrant la cavité d'air et les 5 plans de billes.

2.2 Vue en Coupe XY (Vue de Dessus)

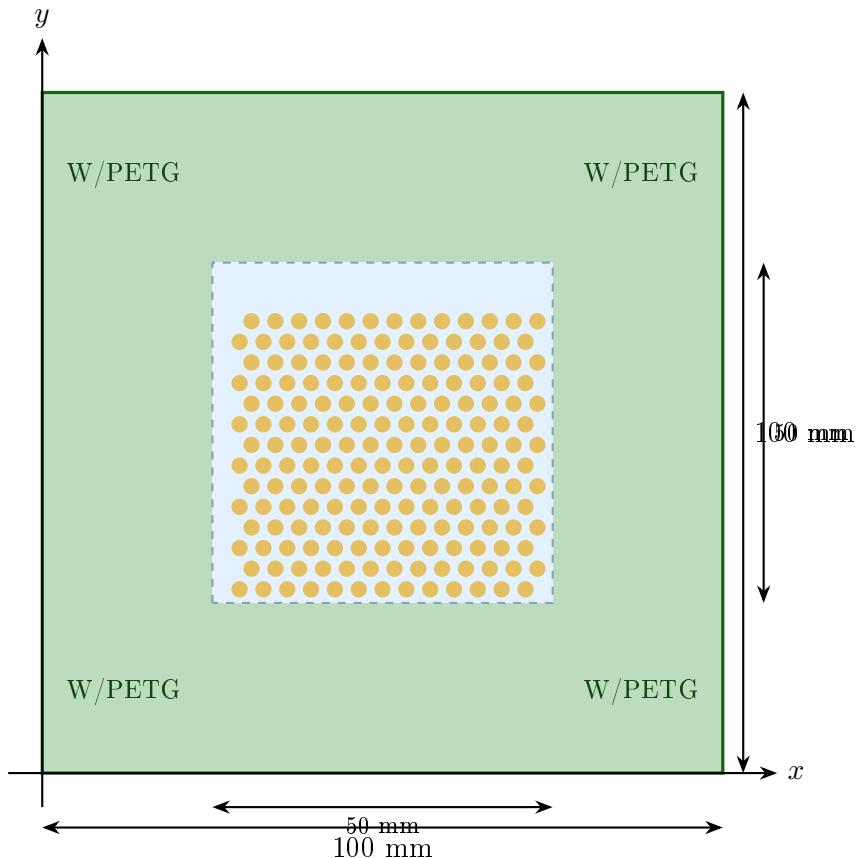


Figure 3: Vue de dessus (XY) montrant la plaque W/PETG et la cavité centrale avec l'arrangement hexagonal des billes.

3 Empilement Hexagonal Compact des Billes

3.1 Principe de l'Empilement ABABA

L'empilement hexagonal compact (HCP) utilise une séquence alternée de deux types de plans :

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

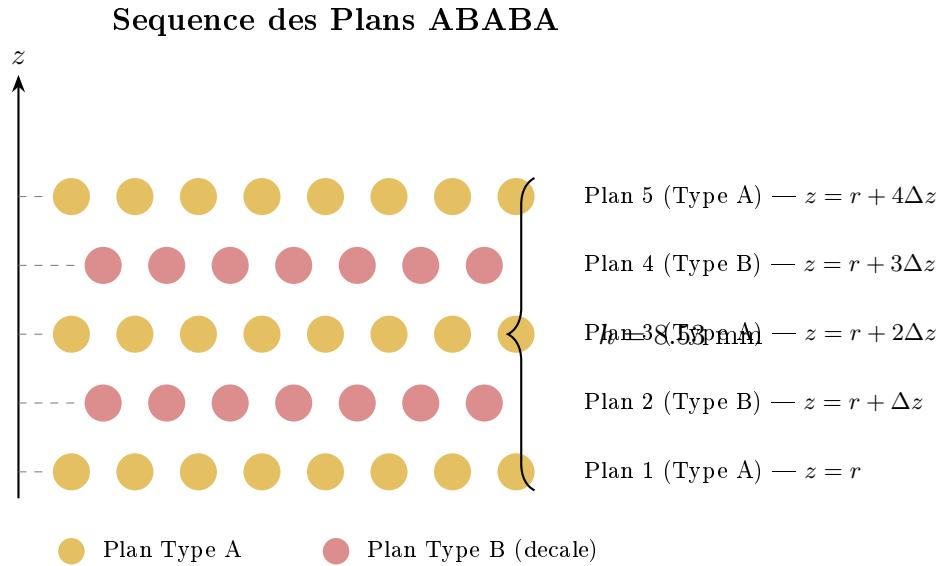


Figure 4: Vue en coupe XZ de l'empilement ABABA montrant l'alternance des plans.

3.2 Constantes Géométriques de l'Empilement

Table 2: Constantes de l'empilement hexagonal compact

Constante	Formule	Expression	Valeur
Diamètre bille	d	—	2.0 mm
Rayon bille	$r = d/2$	—	1.0 mm
Espacement Y (rangées)	Δy_{hex}	$d \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$	1.732 mm
Espacement Z (plans)	Δz	$d \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$	1.633 mm
Decalage X (plans B)	δx_B	$\frac{d}{2}$	1.000 mm
Decalage Y (plans B)	δy_B	$\frac{d}{2\sqrt{3}}$	0.577 mm

3.3 Positions Z des Plans

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

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

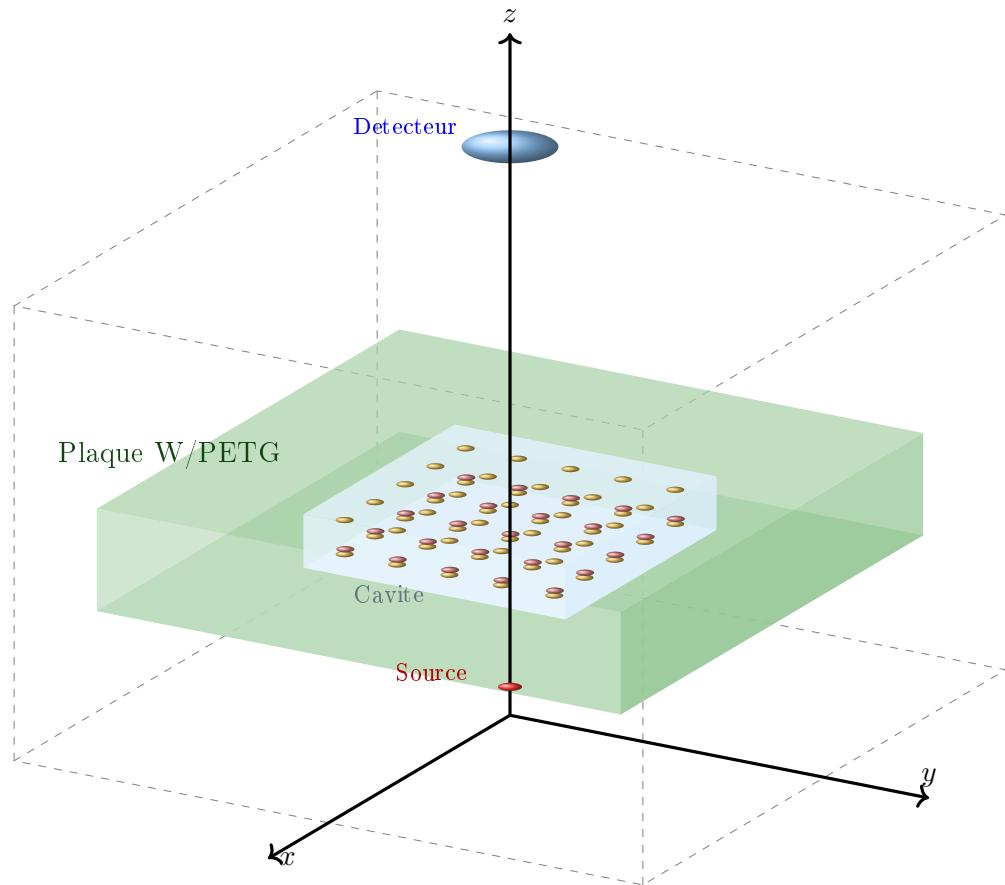


Figure 5: Vue 3D isometrique de la geometrie complete.

5 Hierarchy des Volumes Geant4

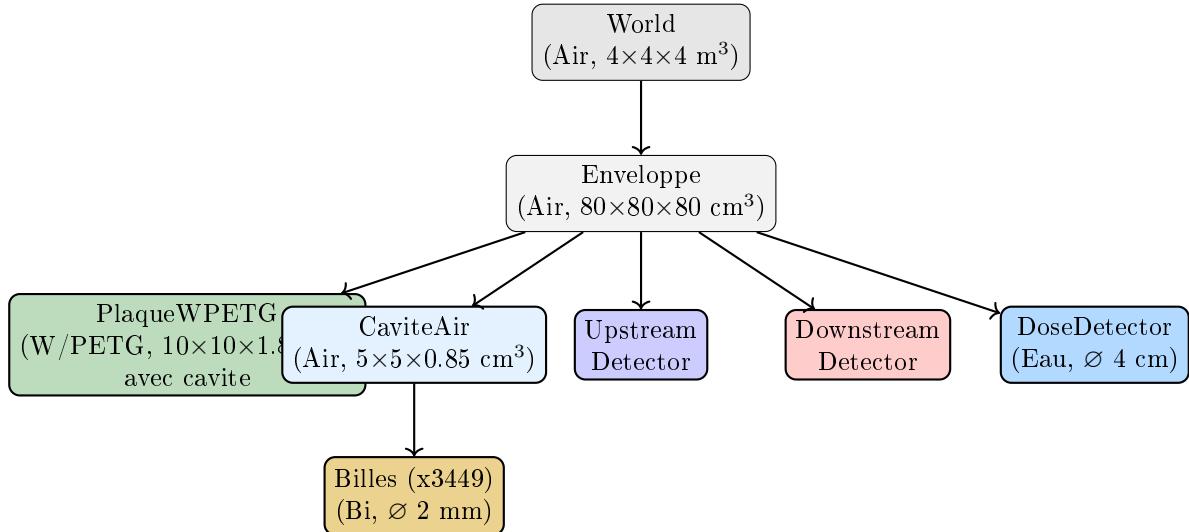


Figure 6: Hierarchie des volumes logiques dans la simulation Geant4.

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 creeee par soustraction booleenne (**G4SubtractionSolid**).
4. **CaviteAir** : Volume d'air au centre de la plaque, contenant l'empilement de billes.
5. **Billes** : Environ 3449 sphères 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 Résumé des Masses et Densités

Table 4: Propriétés des matériaux et masses calculées

Element	Matière	Densité (g/cm³)	Volume (cm³)	Masse (g)
Plaque W/PETG	W/PETG 75/25	~4.5	~176	~790
Cavité	Air	0.0012	21.3	~0.03
Billes ($\times 3449$)	Bismuth	9.75	~14.4	~140
Détecteur dose	Eau	1.0	33.5	33.5
Total plaque	—	—	—	~930

Avantages de cette Configuration

- **Blindage efficace** : Le mélange W/PETG fournit une atténuation importante des rayonnements gamma grâce au tungstène ($Z=74$).
- **Absorption photoélectrique** : Les billes de bismuth ($Z=83$) au centre favorisent l'effet photoélectrique pour les photons de moyenne énergie.
- **Géométrie bien définie** : Contrairement à la poudre, les billes ont une géométrie précise et reproductible.
- **Compacité élevée** : L'empilement hexagonal compact offre une fraction de remplissage théorique de 74%.