

PLAN TECHNIQUE DÉTAILLÉ

Cône Concentrateur Graphite

Loupe Compton pour rayons X — Configuration optimale

$$P_C^{\text{fwd}} = 20.6 \text{ \% à } 50 \text{ keV}$$

Février 2026

1 Identification de la pièce

Désignation	Cône concentrateur Compton
Référence	LC-GRA-001
Matériau	Graphite isostatique haute densité
Grade recommandé	Poco EDM-3, Toyo Tanso IG-11, ou SGL R8710
Granulométrie	< 10 μm (grain fin)
Densité requise	$\rho \geq 1.80 \text{ g/cm}^3$ (nominale : 2.26 g/cm^3)
Masse estimée	≈ 160 g
Quantité	1 (prototype)

2 Vue en coupe longitudinale (plan de symétrie)

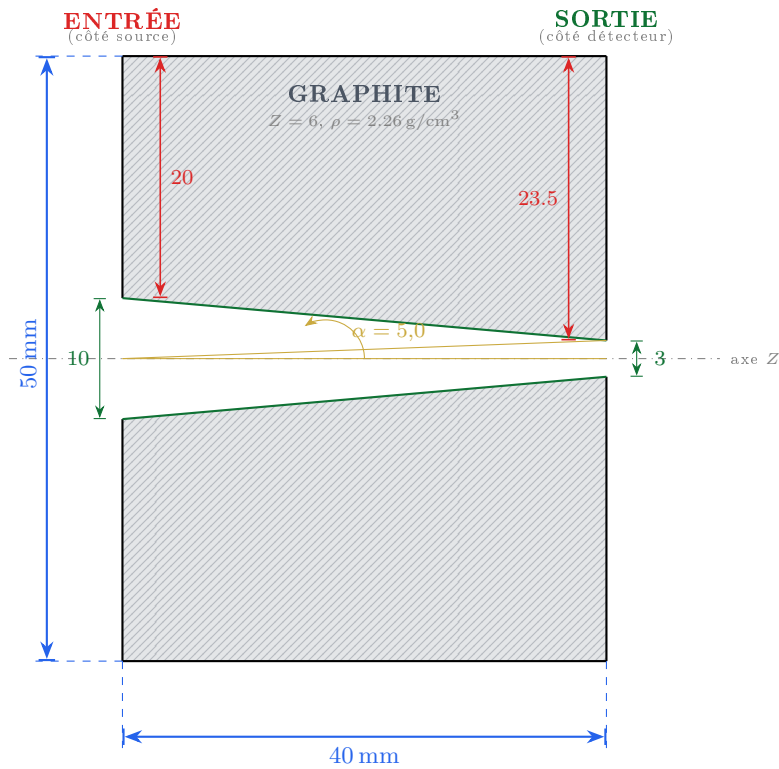


Figure 1: Vue en coupe longitudinale du cône concentrateur. Les cotes sont en millimètres sauf indication contraire. L'alésage interne est conique avec un demi-angle $\alpha = 5,0$.

3 Vues en coupe transversale

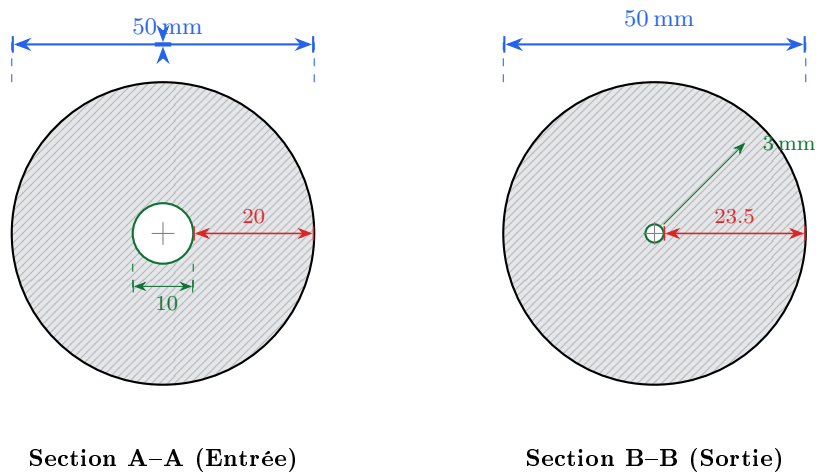


Figure 2: Vues en coupe transversale aux deux extrémités. Le diamètre extérieur est constant (50 mm). L'alésage diminue de 10 à 3 mm .

4 Tableau de cotation

Table 1: Dimensions et tolérances de la pièce.

Cote	Nominale	Tolérance	Remarque
Diamètre extérieur	50.0 mm	± 0.1	Cylindrique constant
Longueur totale	40.0 mm	± 0.2	—
Alésage entrée ()	10.0 mm	± 0.05	—
Alésage sortie ()	3.0 mm	± 0.05	—
Demi-angle du cône interne	5,0	$\pm 0,2$	Critique pour la géométrie
Épaisseur paroi (entrée)	20.0 mm	(déduite)	$= (D_{\text{ext}} - D_{\text{int,e}})/2$
Épaisseur paroi (sortie)	23.5 mm	(déduite)	$= (D_{\text{ext}} - D_{\text{int,s}})/2$
<i>État de surface</i>			
Surface intérieure (cône)	$R_a < 3.2 \mu\text{m}$		Poli si possible
Surface extérieure	$R_a < 6.3 \mu\text{m}$		Usinage standard

5 Filtre passe-haut en cuivre

Le filtre est une pièce séparée, placée entre la sortie du tube MiniX et l'entrée du cône.

Table 2: Spécifications du filtre Cu.

Paramètre	Valeur
Matériau	Cuivre (Cu), feuille laminée
Épaisseur	25 μm
Diamètre utile	$\geq 12 \text{ mm}$
Fournisseurs	Goodfellow, Alfa Aesar
Position	Sortie du tube, collée ou pincée sur anneau support
<i>Effet sur le spectre</i>	
Coupure	$E < 15 \text{ keV}$ fortement atténué
Énergie effective	~ 35 à 50 keV
Rôle	Supprimer la zone où $\sigma_{\text{ph}} > \sigma_C$ dans le graphite

6 Assemblage et montage

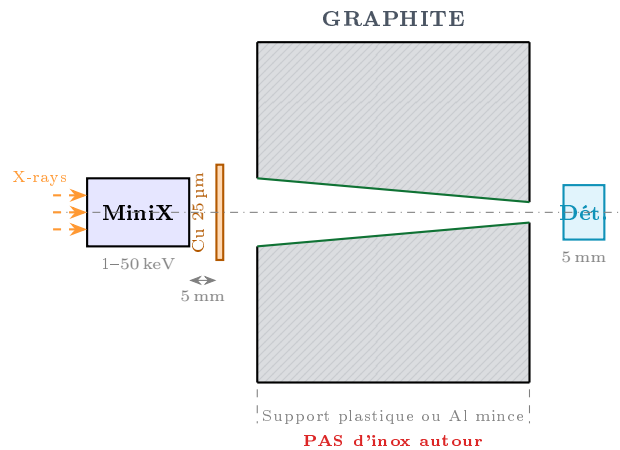


Figure 3: Schéma d'assemblage : tube MiniX → filtre Cu → cône graphite → détecteur. Le cône est maintenu par un support en plastique ou aluminium mince, sans porte-collimateur inox.

Contraintes de montage

1. **Alignement** : l'axe du cône doit être coaxial avec l'axe du faisceau MiniX à $\pm 0,5$ près. Prévoir un système de centrage par 3 vis à 120 sur le support.
2. **Aucun matériau haut-Z autour du cône** : le porte-collimateur inox d'origine doit être retiré ou remplacé par un manchon en PMMA, PTFE ou aluminium mince ($t < 1$ mm).
3. **Distance source-entrée** : ~ 5 mm, le filtre Cu s'intercale dans cet espace.
4. **Distance sortie-détecteur** : aussi faible que possible, < 5 mm.

7 Performances attendues

Table 3: Bilan photonique à 50 keV pour une paroi de 20 mm de graphite.

Devenir du photon	Fraction	Statut
Transmis sans interaction	58.2 %	Perdu (traverse la paroi)
Compton forward (utile)	20.6 %	Utile
Compton arrière	20.6 %	Perdu (rétrodiffusé)
Photoélectrique (absorbé)	0.6 %	Perdu (absorbé)
Rapport σ_C/σ_{ph}	≈ 69 (très favorable)	
Perte d'énergie par diffusion	$\Delta E/E < 5$ % (régime Thomson)	

Comparaison avec la configuration actuelle

Configuration	E (keV)	t (mm)	P_C^{fwd}	σ_C/σ_{ph}
Cône actuel (graphite 2,1 mm, 10 keV)	10	2,1	3.0 %	0,19
Cône optimisé (graphite 20 mm, 50 keV)	50	20	20.6 %	69

Le gain est d'un **facteur** ~ 7 sur le rendement Compton forward, et d'un **facteur** ~ 360 sur la sélectivité Compton/photoélectrique.

8 Notes de fabrication

1. **Brut** : barreau de graphite isostatique 55×50 mm (surcote de 5 mm pour dressage).
2. **Opération 1 — Tournage extérieur** : dressage des deux faces, chariotage au 50 mm, longueur 40 mm. Outils HSS ou carbure standard. Vitesse de coupe : $V_c \approx 150$ à 300 m/min.
3. **Opération 2 — Perçage pilote** : perçage traversant 3 mm depuis la face de sortie (mandrin de tour).
4. **Opération 3 — Alésage conique** : depuis la face d'entrée, chariot orienté à 5°, alésage progressif de 3 jusqu'à 10 mm sur 40 mm de profondeur. Alternative : alésage étagé (4, 6, 8, 10) puis finition à l'alésoir conique.
5. **Opération 4 — Finition intérieure** : polissage léger de la surface conique intérieure ($R_a < 3.2 \mu\text{m}$). Utiliser un mandrin conique garni de papier abrasif fin (grain 400 puis 800).
6. **Précautions** :
 - Aspiration des poussières de graphite obligatoire (poussière fine conductrice).
 - Port d'un masque FFP2 recommandé.
 - Le graphite est **non toxique** (contrairement au béryllium).
 - Pas de lubrification nécessaire (usinage à sec).