

La fabrication additive du tungstène pour une application médicale



Laboratoire de Physique
des 2 Infinis



Laboratoire de Physique des 2 Infinis Irène Joliot-Curie
IJCLab - UMR9012 - Bât. 100 - 15 rue Georges Clémenceau
91405 Orsay cedex

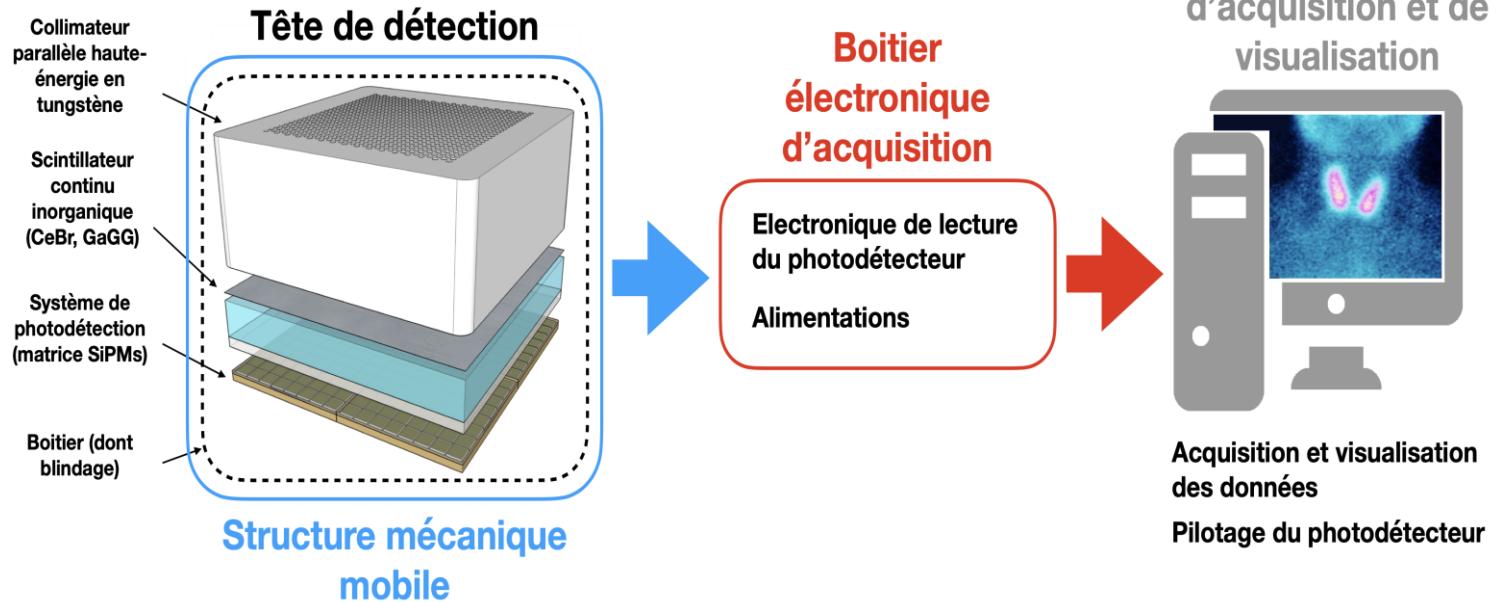


université
PARIS-SACLAY



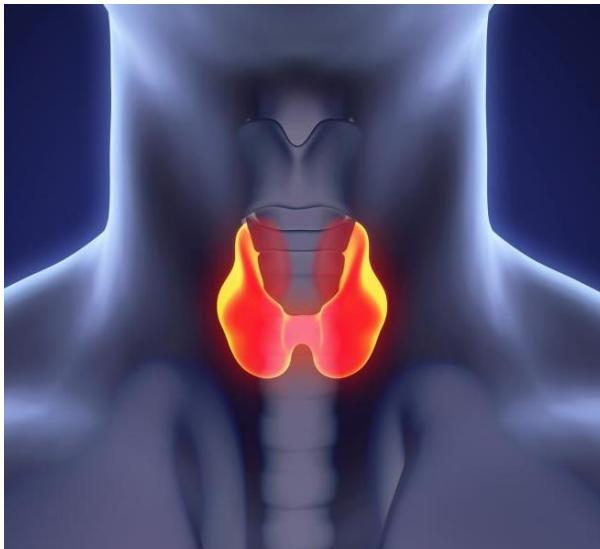
Présentation rapide de l'expérience

- ✓ Développement d'une gamma caméra mobile de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ de champs de vue dédiée à l'estimation de la dose individuelle délivrée au patient avant et après le traitement de maladies thyroïdiennes bénignes et malignes avec de l' ^{131}I



Présentation rapide de l'expérience

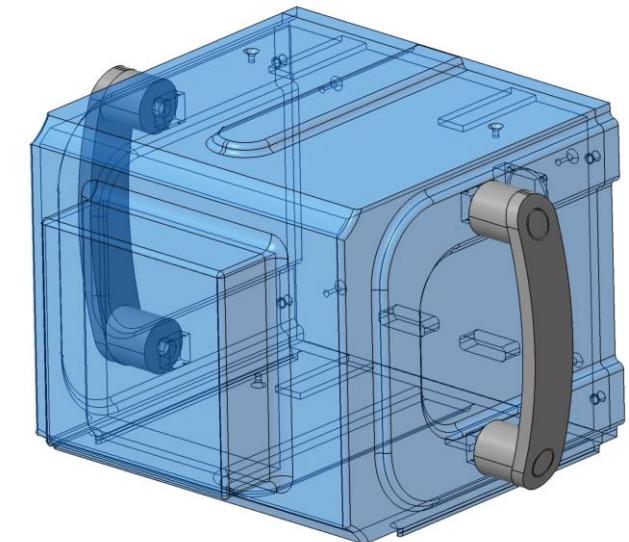
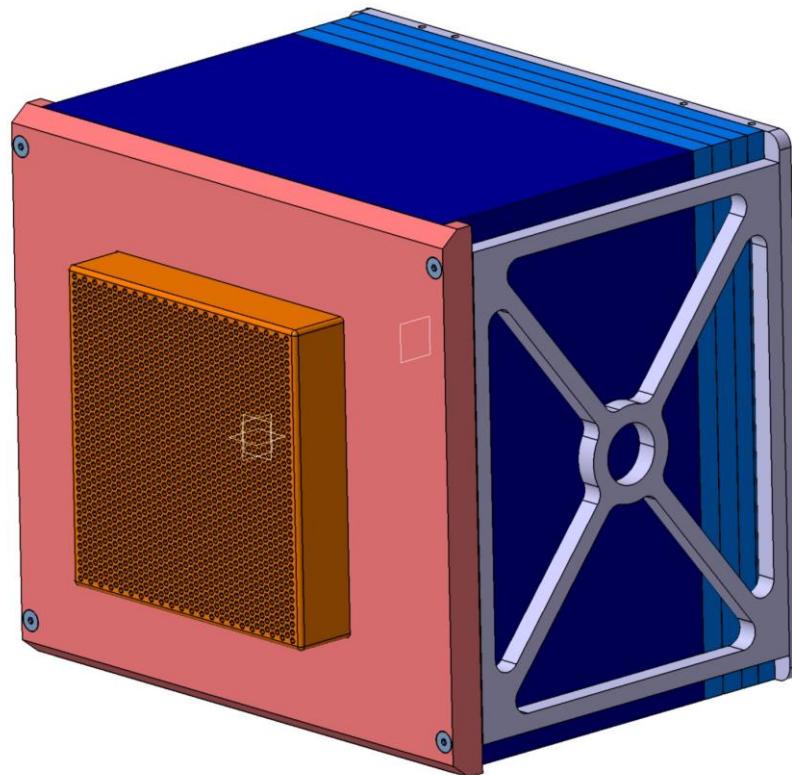
Pourquoi l'approche dosimétrique reste intéressante ?



- Limiter les effets secondaires sur les organes à risque (glandes salivaire et lacrimale)
- Optimiser l'activité administrée en accord avec les objectifs cliniques et réduire les conséquences à long terme (hypothyroïdie)
- Fournir des données abondantes qui pourraient aboutir à une approche de traitement spécifique à chaque patient [2]

[2] M. Lassmann, C. Reiners et M. Luster, "Dosimetry and thyroid cancer: the individual dosage of radioiodine", Endocrine-Related Cancer, vol. 17, p. R161–R172, jan. 2010.

Vue d'ensemble mécanique de la caméra



Vue du cache de protection qui sera réalisé en ABS

Présentation de la gamma-caméra

Anneau de maintien en tungstène

SiPM

Electronique

Cage de protection de l'électronique

Collimateur en tungstène avec embase

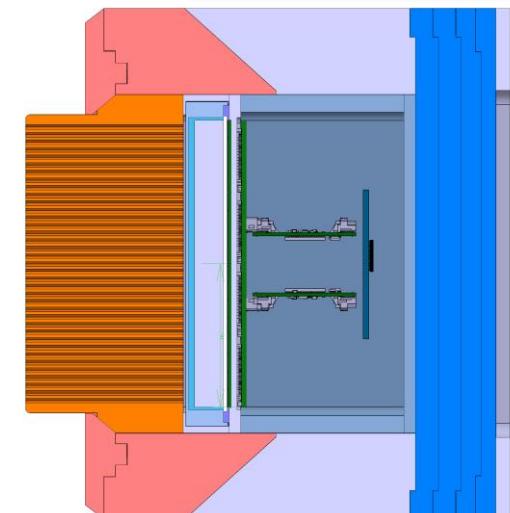
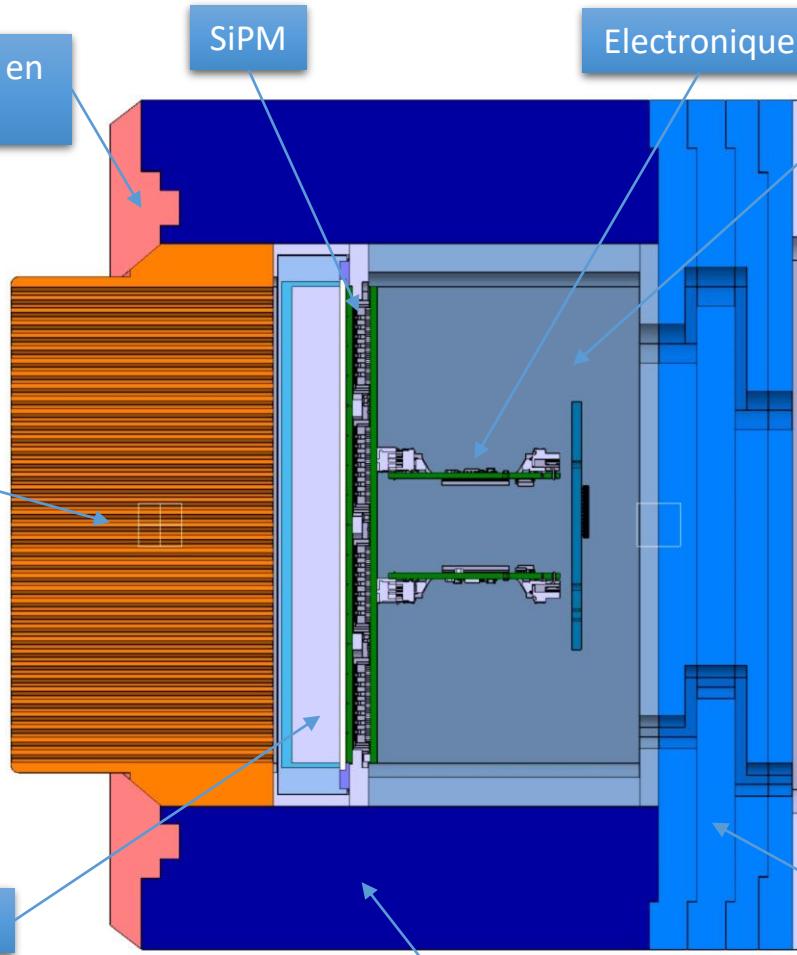
Plaque de maintien

Version 2 avec nouveau blindage en tungstène

Scintillateur

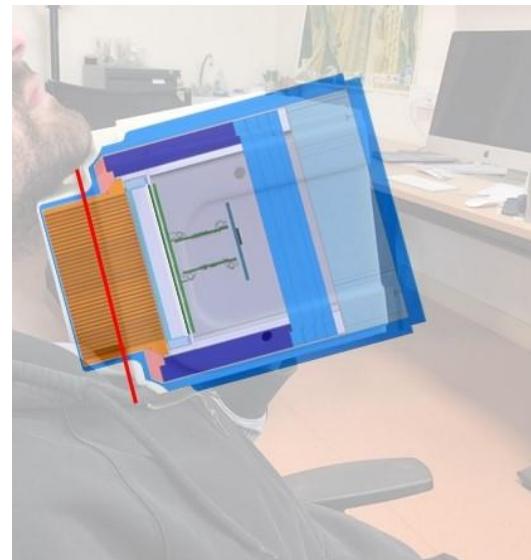
Blindage plomb de 30 mm

Plaque de fermeture du blindage avec chicanes



Présentation de la gamma-caméra

Réalisation à l'échelle 1 d'un gabarit en ABS.



Le gabarit est constitué de différentes parties :

- **Capot de protection de la caméra.**
- **Plaque de fermeture de ce dernier.**
- **Collimateur.**
- **Pince de maintien.**

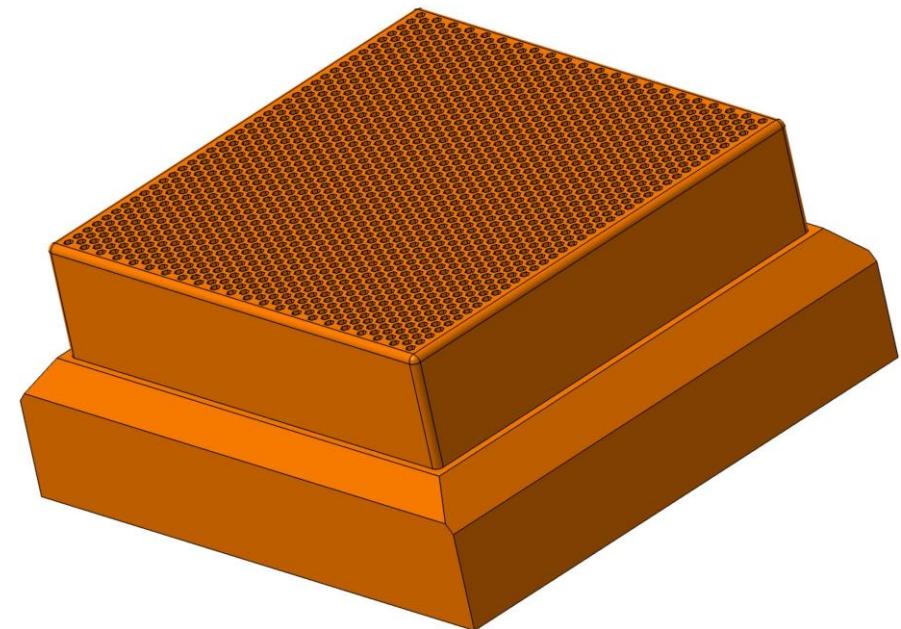


Mise en situation sur le cou d'un « patient ».

La réalisation de pièces en tungstène pose de multiples problèmes. Il est nécessaire de bien se renseigner avant...

- ❖ Il y a peu de partenaires publics ou privés pouvant faire du tungstène à 100% de pureté. Souvent, il s'agit d'alliages.
- ❖ En fonction de la densité désirée, on peut se heurter à certaines difficultés.
- ❖ Les prix sont vite prohibitifs.
- ❖ C'est un matériau encore « jeune » dans l'univers de la FA métal.
- ❖ Du coup, il reste encore beaucoup de R&D pour bien cerner tous les paramètres de fabrication.

Géométrie finale du collimateur

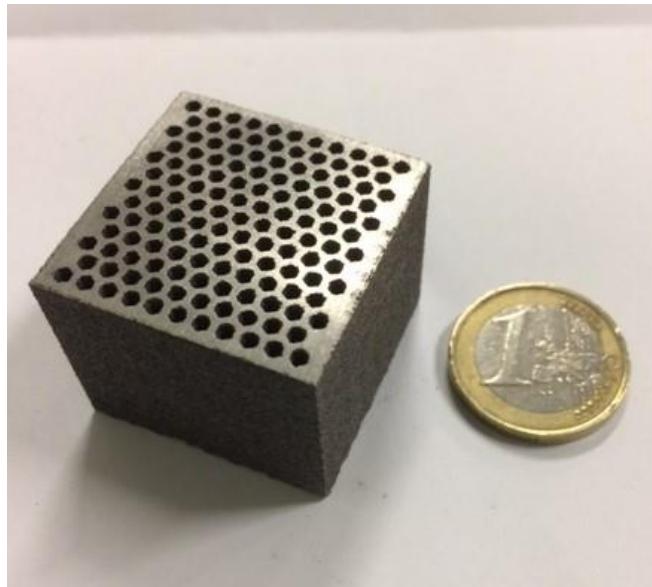


Nous avons opté pour une réalisation en SLM, c'est la méthode de fabrication la plus appropriée à notre état de surface ainsi que notre géométrie.

Dimensions du collimateur final :
Zone active de 104 x 104 x 55

Collimateur

Nous avons fait réaliser plusieurs « mini-collimateurs » ainsi que des échantillons auprès de l'UTBM.



Notre géométrie interne nous a posé un certain nombre de problèmes pour la réalisation.

Du fait de la structure en nid d'abeilles et de la finesse des trous hexagonaux, il y a eu une élévation de la température au moment de la fabrication ainsi qu'une déformation. Ces problèmes sont maintenant résolus.

Questions :

Pourquoi utiliser du Tungstène pur ?

Car il présente une densité plus élevée. Cela permet de minimiser la pénétration septale (capacité d'un gamma à passer d'un trou à l'autre) tout en conservant des septa de taille réduite. On améliore ainsi la qualité des images (contraste). C'est d'autant plus vrai quand l'énergie des gamma augmente (au dessus de 200 keV).

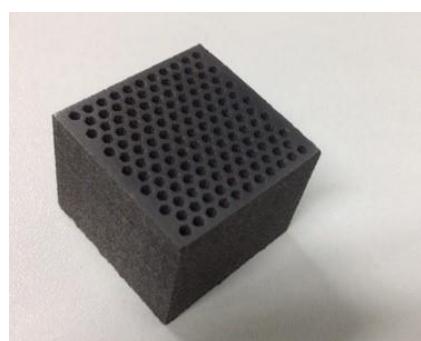
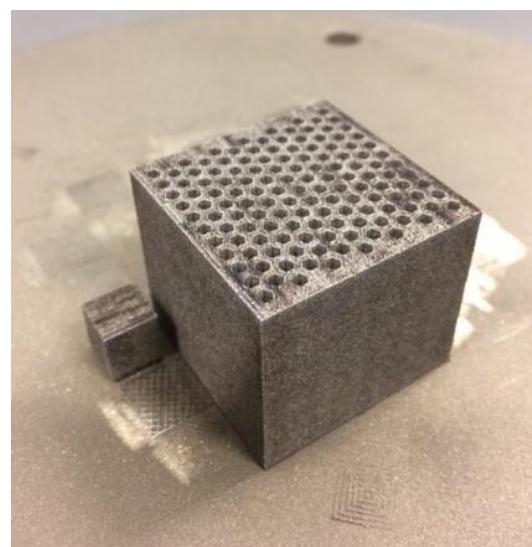
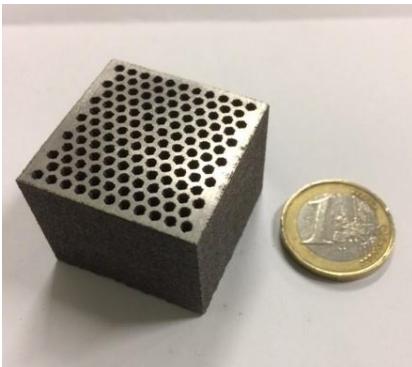
Pourquoi une telle densité ?

Le collimateur est l'élément central d'une gamma caméra. Comme la lentille d'un appareil photo, c'est lui qui permet de former l'image de la distribution de la radioactivité présente dans les tissus. Le collimateur sélectionne les rayonnement gammas émis par les tissus en fonction de leur direction de propagation. Dans un collimateur à trous parallèles, seuls les gamma qui ont une direction de propagation parallèle à l'axe des trous (et donc à la surface d'entrée du collimateur) peuvent atteindre le détecteur (les autres sont absorbés par les septa du collimateur, c'est à dire la matière entre les trous). Le collimateur permet donc de réaliser une projection planaire de la distribution de la radioactivité présente dans les tissus sur la surface du détecteur.

Pourquoi des trous hexagonaux ?

La forme hexagonale optimise la surface ouverte du collimateur (rapport entre la surface occupée par les trous et la surface totale). C'est très important car cela conditionne directement la sensibilité de la caméra (rapport entre le nombre de gamma détectés et le nombre de gamma émis par la source). Il s'agit à la fois d'empêcher un gamma de passer d'un trou à l'autre tout en maximisant le nombre de gamma qui traversent

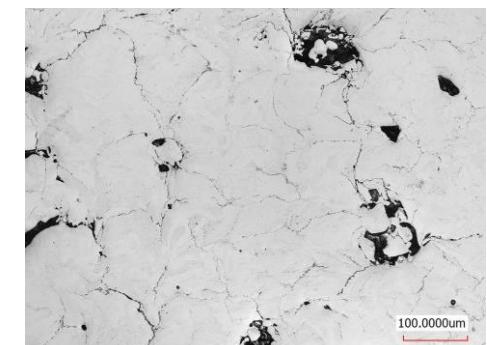
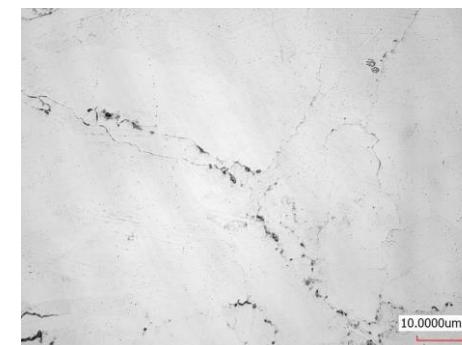
Quelques échantillons réalisés auprès de l'UTBM situé à Belfort



Nous sommes en train de réaliser de nouveaux échantillons avec une poudre neuve !

Observations :

Nous avons effectué des tests de densité, selon la méthode d'Archimède. Notre densité n'est pour le moment pas assez élevée (de l'ordre de 90 %) pour notre application. On aurait besoin idéalement d'une densité d'au moins 96 %.



De plus, de nombreuses fissurations de surface sont observées.

Cela est probablement dû à « l'âge » de la poudre, qui se serait oxydée et aurait subi une augmentation du taux d'oxygène, empêchant une bonne fusion.



Quelques observations sur le traitement HIP & le Tungstène

Dans le cadre de notre projet, nous nous sommes renseigné sur le traitement HIP (compression isostatique à chaud) pour augmenter notre densité.

Pour ce faire les pièces sont mises dans un four à haute température, jusqu'à 2 000 °C et soumises à une forte pression (2 000 bars) grâce à l'utilisation d'un gaz inerte, généralement de l'argon.

Ce procédé a montré de bons résultats sur divers matériaux dont le tungstène.

Mais pour qu'il fonctionne correctement, il faut idéalement avoir une densité de l'ordre de 95 %. Ce qui n'est pour l'instant pas notre cas.

Si la densité est trop faible, il y a possibilité de faire réaliser une enveloppe souvent constituée de molybdène ou de tantale.

Au regard de notre géométrie interne dans le cas présenté ici, il est très difficile, voire impossible de le faire (déformation interne, coût,...).

De plus, nous avons trouvé peu de partenaires capables de réaliser ce traitement.

Le prix est très élevé surtout auprès de partenaires privés.

Nous continuons à apprendre et explorer ce matériau et les différentes technologies qui lui sont liées.

Nous nous ferons un plaisir de vous informer et d'échanger avec vous.

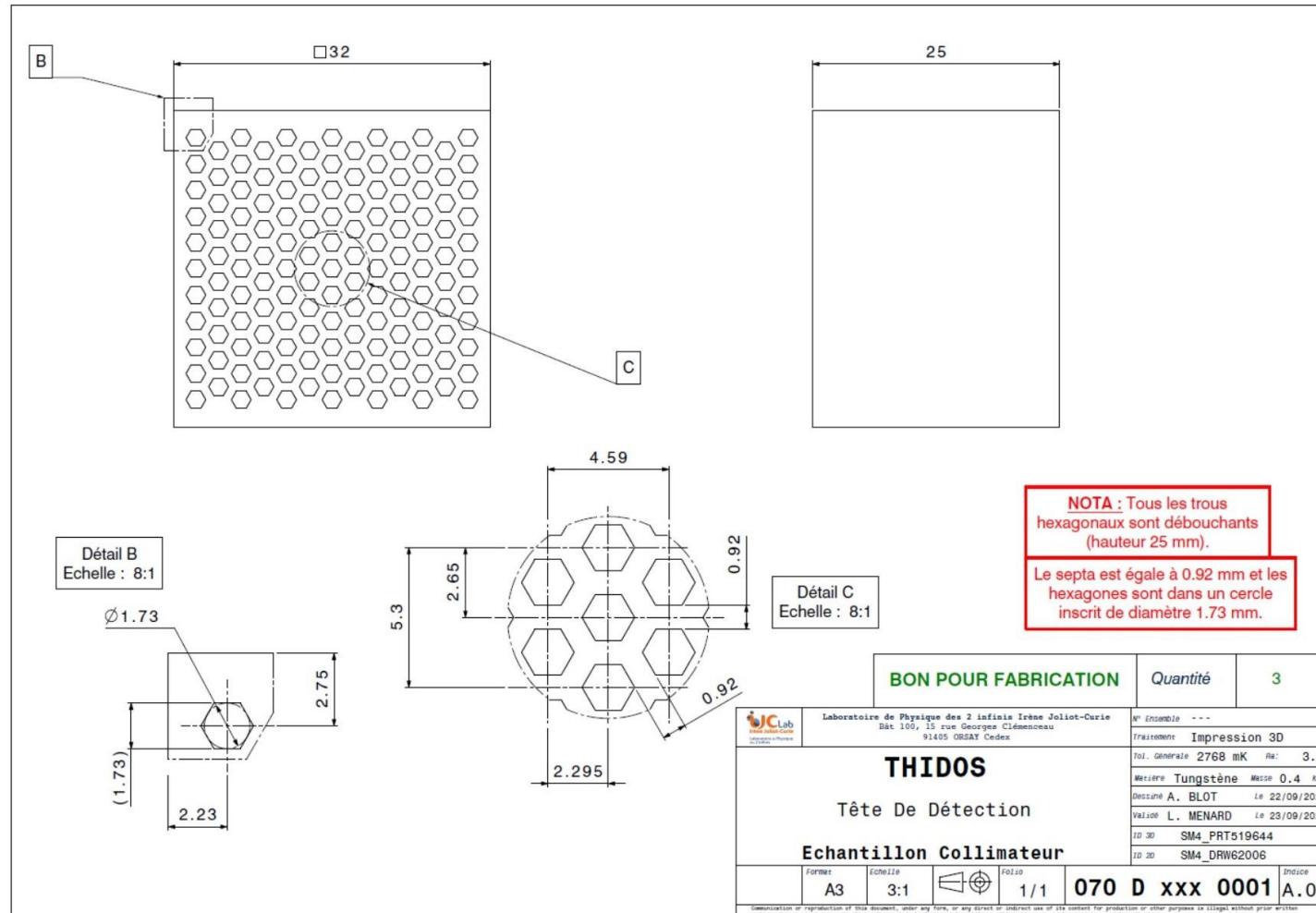


Merci à tous pour votre écoute !!

Remerciements :

- A Laurent Ménard, pour ses explications et le prêt de ses slides.
- A l'équipe THIDOS dans son ensemble.
- A Stéphane Jenzer, pour ses conseils et explications ainsi que de m'avoir embarquer dans cette aventure qu'est la FA métal.
- A Emma Toffin, pour son implication et sa patience au polissage.
- A l'UTBM, pour leur réactivité et leurs réalisations.

Annexes



Annexes

