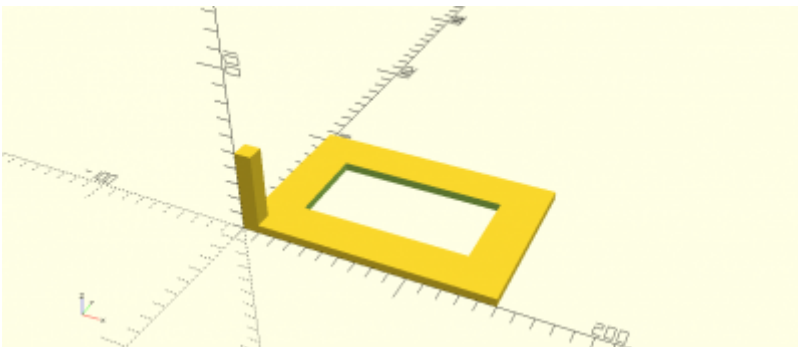


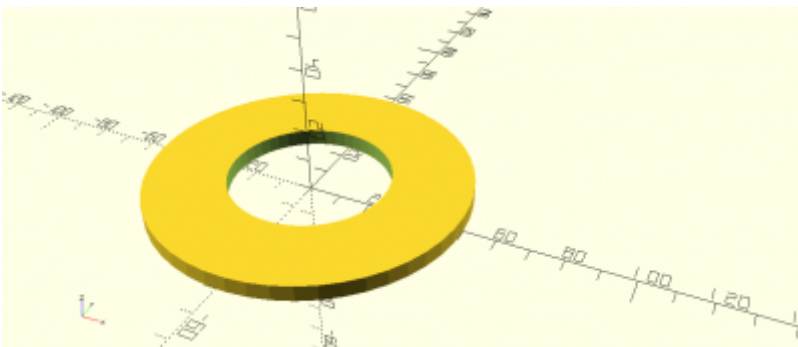
# L'impression FDM : Calibration

## Calibration des imprimantes 3d

Pour évaluer la précision des imprimantes 3d, des éprouvettes ont été imprimées, puis les dimensions mesurées et comparées à celle du modèle. Cela a été fait avec 2 matériaux: PLA et ABS, avec et sans radeau. Deux éprouvettes ont été utilisées: une appelée *eprouvette*, permettant des mesures dans les 3 dimensions:



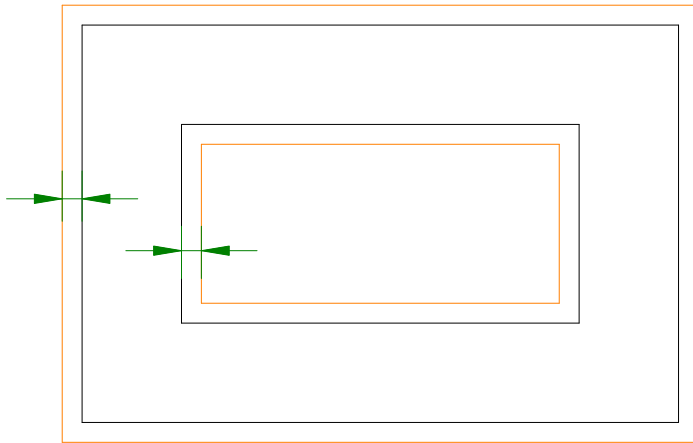
et une appelée *eprouvette-ronde*, pour éliminer de potentiels effets locaux aux angles:



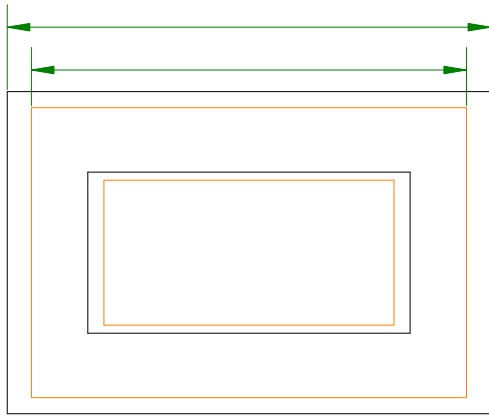
# Paramètres affectant les dimensions

On suppose que les différences de dimensions entre l'objet imprimé et le modèle sont liées à 2 phénomènes:

- une différence entre l'épaisseur théorique du filament déposé (0,4mm en x-y), et son épaisseur réelle. Nous appellerons cette différence **E<sub>xy</sub>** et **E<sub>z</sub>** (ce n'est pas la même horizontalement et verticalement). Elle est indépendante de la taille, et affecte chaque bord dans le plan horizontal (elle augmente ou diminue une dimension selon que l'on mesure l'extérieur ou l'intérieur d'une pièce)



- On suppose que verticalement elle n'affecte que la première couche.
- La contraction (ou retrait) du matériau lors de son refroidissement. Elle est proportionnelle à la taille, nous appellerons **R** le facteur de retrait (qui est le même dans les 3 dimensions).



Dans le plan horizontal Une dimension extérieure réelle sera donc:  $L \cdot R + 2 \cdot E_{xy}$ , une dimension intérieure  $l \cdot R - 2 \cdot E_{xy}$ . Si on appelle  $L_m$  et  $l_m$  les dimensions mesurées sur l'éprouvette, on a:

$$L_m = L \cdot R + 2 \cdot E_{xy} \text{ et } l_m = l \cdot R - 2 \cdot E_{xy}$$

$$\text{Ce qui donne: } R = (l_m + L_m) / (l + L)$$

$$E_{xy} = (L_m - L \cdot R) / 2 \text{ ou } E_{xy} = (l \cdot R - l_m) / 2$$

$$\text{Pour tenir compte des erreurs de mesure nous utiliserons (moyenne des deux } E_{xy} \text{ précédents): } E_{xy} = (L_m - l_m + (l - L) \cdot R) / 4$$

Sur l'axe Z nous n'avons pas de mesures intérieures, mais 2 mesures extérieures. Nous avons donc  $H_{m1} = H_1 \cdot R + E_z$  et  $H_{m2} = H_2 \cdot R + E_z$ ; ce qui donne, en théorie

$$R = (H_{m2} - H_{m1}) / (H_2 - H_1), \text{ et } E_z = (H_{m1} + H_{m2} - (H_1 + H_2) \cdot R) / 2$$

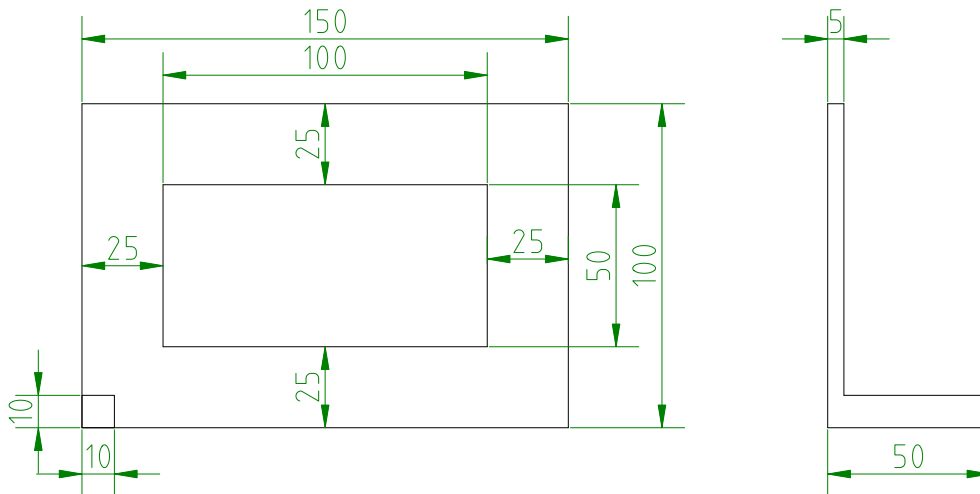
Mais pour les calculs, nous utiliseront uniquement  $E_z = (H_{m1} + H_{m2} - (H_1 + H_2) \cdot R) / 2$ , avec le R calculé dans le plan horizontal qui semble plus précis.

# Résultats

L'ensemble des fichiers (modèles openscad et STL, paramètres d'impression, gcode, dessins et feuilles de calcul) sont ici: <https://gitlab.sorbonne-universite.fr/fablabsu/projets-fablab-publiques/eprouvettes-imprimantes-3d>

Après une série d'impression les éprouvettes rondes se sont avérées difficile à mesurer, et ne montrent pas de résultats différents par rapport au modèle rectangulaire.

Une deuxième séries d'impression ont été faites pour les modèles rectangulaires sur les mêmes imprimantes, et une troisième série en PLA sur une imprimante différente, pour étudier la variabilité des tolérances. L'ensemble des mesures et calculs sont dans le fichier calculs.ods de l'archive. Le tableau mesure donne les valeurs min/max mesurées pour chaque impression, ainsi que les calculs de moyenne et d'écart. Pour les mesures dans le plan horizontal, deux séries de mesures ont été réalisées, en bas (au plus près du plateau) et en haut.

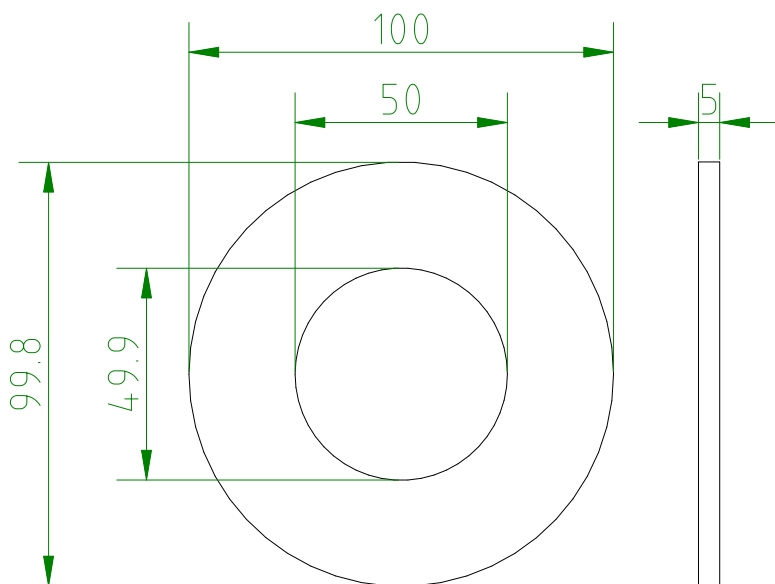
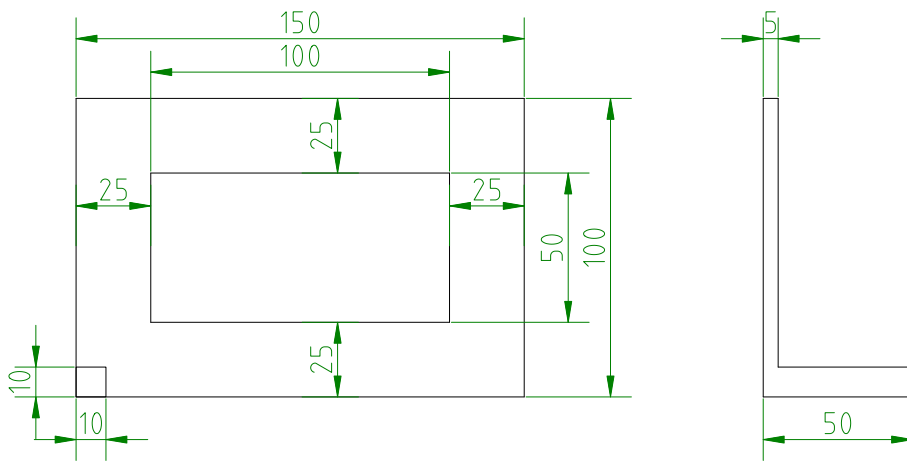


mesures et calculs

## impression PLA

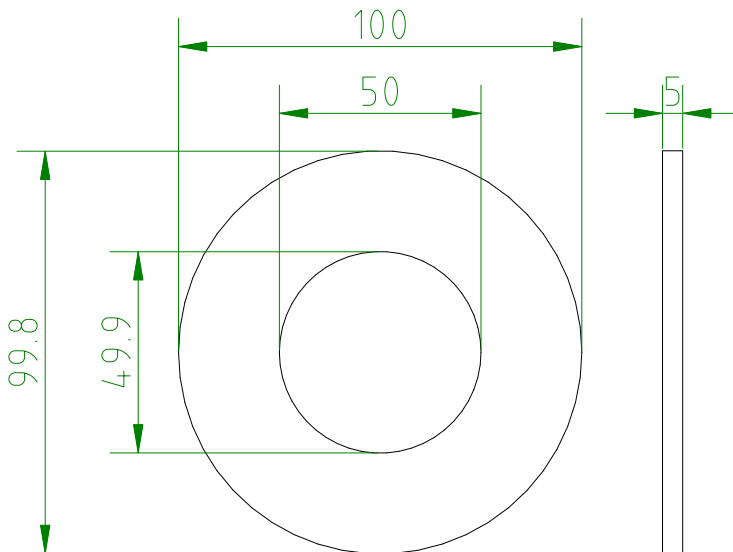
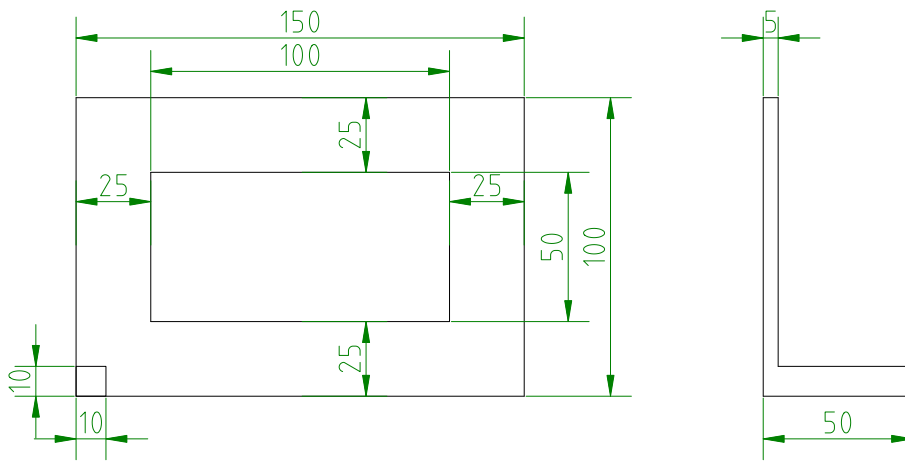
Les dimensions mesurées sur les éprouvettes en PLA. Les dimensions du modèle sont en vert, la moyenne des mesures en orange avec l'écart.

avec radeau:



Cela donne un  $R$  de 0,999 et  $E_{xy}$  de l'ordre de 0,05, et un  $E_z$  de 0,2.

Sans radeau:

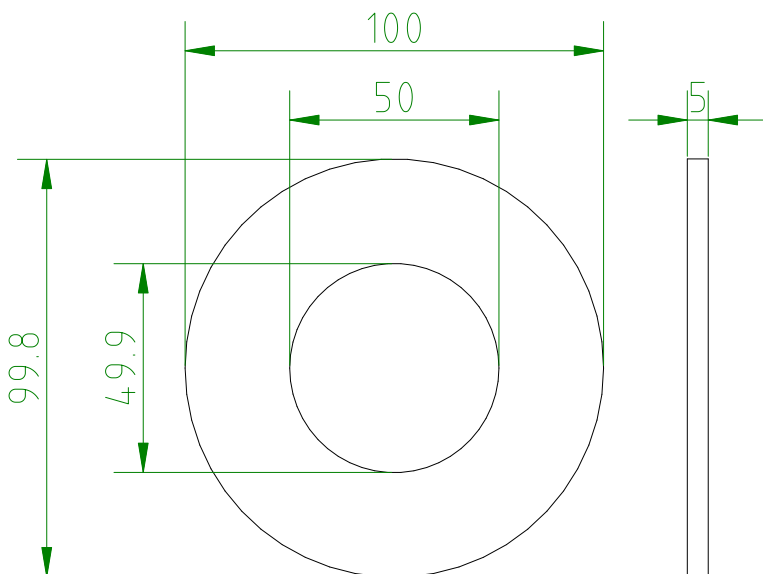
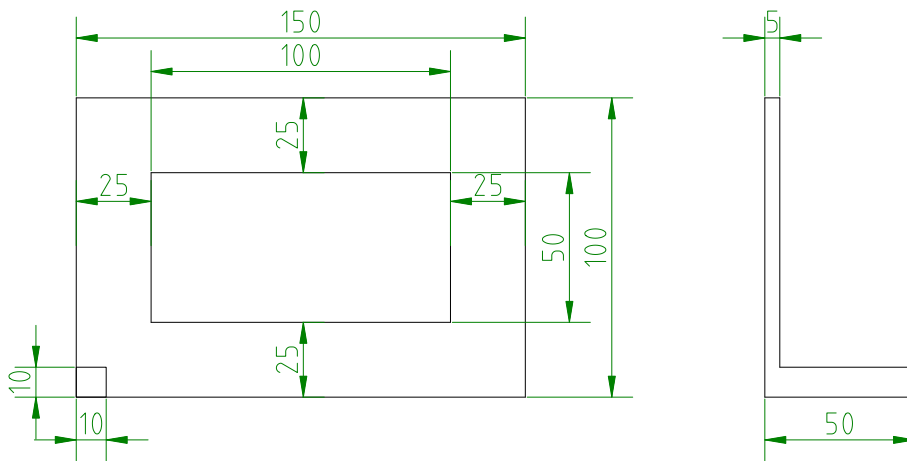


Cela donne un  $R$  de 0,999 et  $E_{xy}$  d'environ 0,1, et un  $E_z$  de 0. Les mesures de l'éprouvette ronde semblent fausses, en particulier les mesures intérieures.

# impression ABS

Les dimensions mesurées sur les éprouvettes en ABS. Les dimensions du modèle sont en vert, la moyenne des mesures en orange avec l'écart.

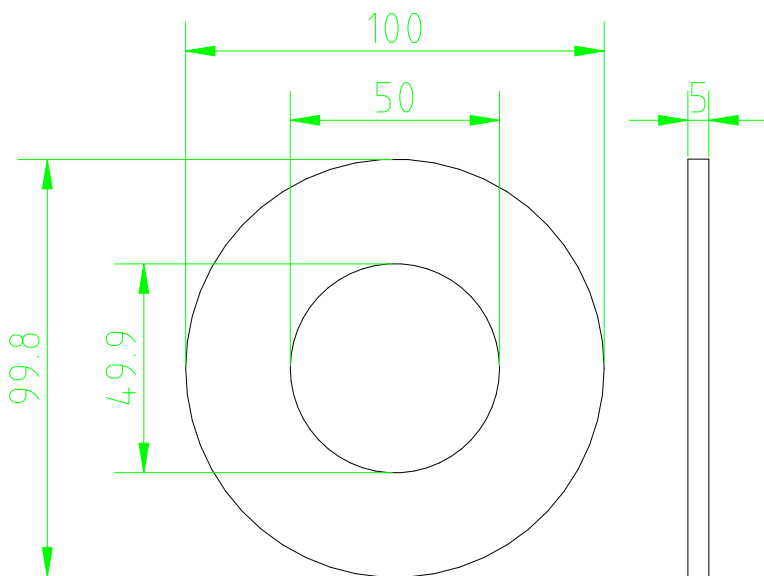
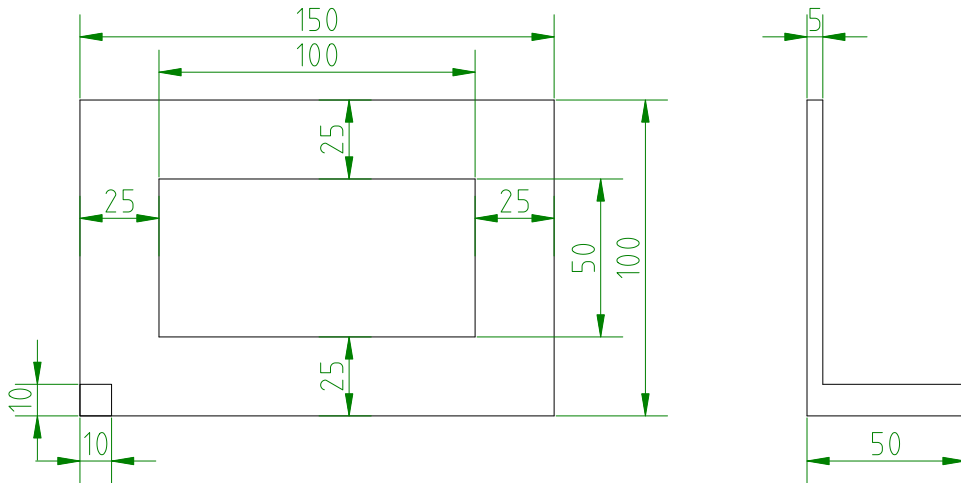
avec radeau:



Cela donne un  $R$  autour de 0,995 et  $E_{xy}$  autour de 0,1 et un  $E_z$  inférieur à 0,1.

**Sans radeau:**





Cela donne un  $R$  autour de 0,995 et  $E_{xy}$  autour de 0,2, nettement plus important en bas; et un  $E_z$  inférieur à 0,1. Les mesures de l'éprouvette ronde semblent fausses, en particulier la plus grande

mesure extérieure.

# Conclusion

Comme attendu le facteur de retrait de l'ABS est plus important que pour le PLA (5% vs 1%). Dans ideamaker on peut prendre cela en compte avec la fonction scale, en indiquant un coefficient 1/R (donc par exemple 100,5% pour l'ABS).

Le Exy doit pouvoir être pris en compte dans ideamaker dans les paramètres du matériaux, onglet «Layer», «Dimensional Compensation». Cela reste à tester.

La présence du radeau agmente significativement la précision de l'impression dans le plan horizontal, surtout pour l'ABS ou les écarts entre haut et bas sont de l'ordre de 0,5mm. Dans le plan vertical le radeau permet également d'atténuer fortement les écarts entre différentes parties de la pièce (probablement dues à des défauts de planéité du plateau).

---

Revision #4

Created 14 December 2022 12:08:19 by Manuel Bouyer

Updated 30 November 2023 14:58:56 by Stephane Muller