



Centre de Fabrication Additive
Procédé DED (CLAD)

Stratégies de Fabrication Procédé CLAD

ANF 2018 "Impression 3D METAL" | 17 octobre 2018



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

LMS - Laboratoire de Mécanique des Solides

- 80 personnes
- 4 pôles

Matériaux | Structures | Mécanique | Mécanique du vivant

- 4 plateformes

Microscopie | **Réalisation** | Calculs | Moyens d'essais



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |



Centre de Fabrication Additive Procédé DED (CLAD)



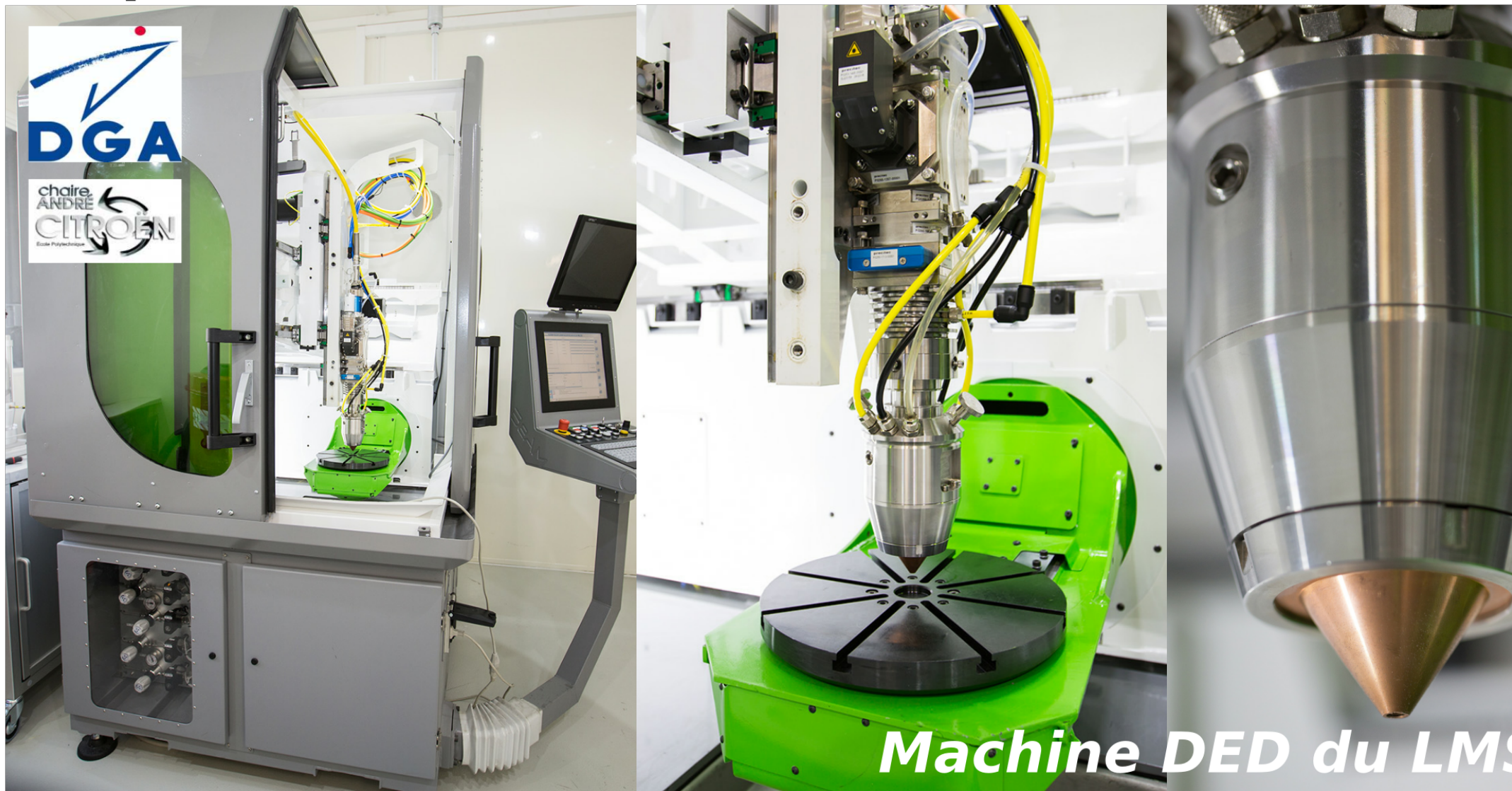
LMS | Y. BALIT | A. TANGUY | S. ALLAIS



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Le procédé DED (CLAD)



Machine DED du LMS



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |



Machine DED du LMS

CN 5 axes (Power Automation)

Laser de 500W (IPG)

Largeur de **cordons de 0,8 mm**

Epaisseur de couche de l'ordre de 0,2 mm

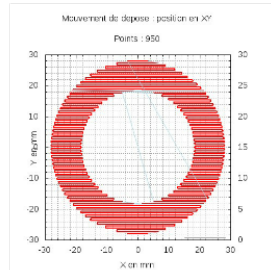
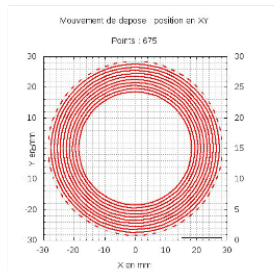


LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

STRATEGIE

- un jeu de paramètres machine
- une logique de parcours de dépose



- choix personnels de préparation
- logiciel de préparation

-> générer un code machine GCODE

PARAMETRES MACHINES

- vitesse de dépose
- débit poudre
- puissance laser
- épaisseur de couche
- distance inter-cordons (pièces plus massives)

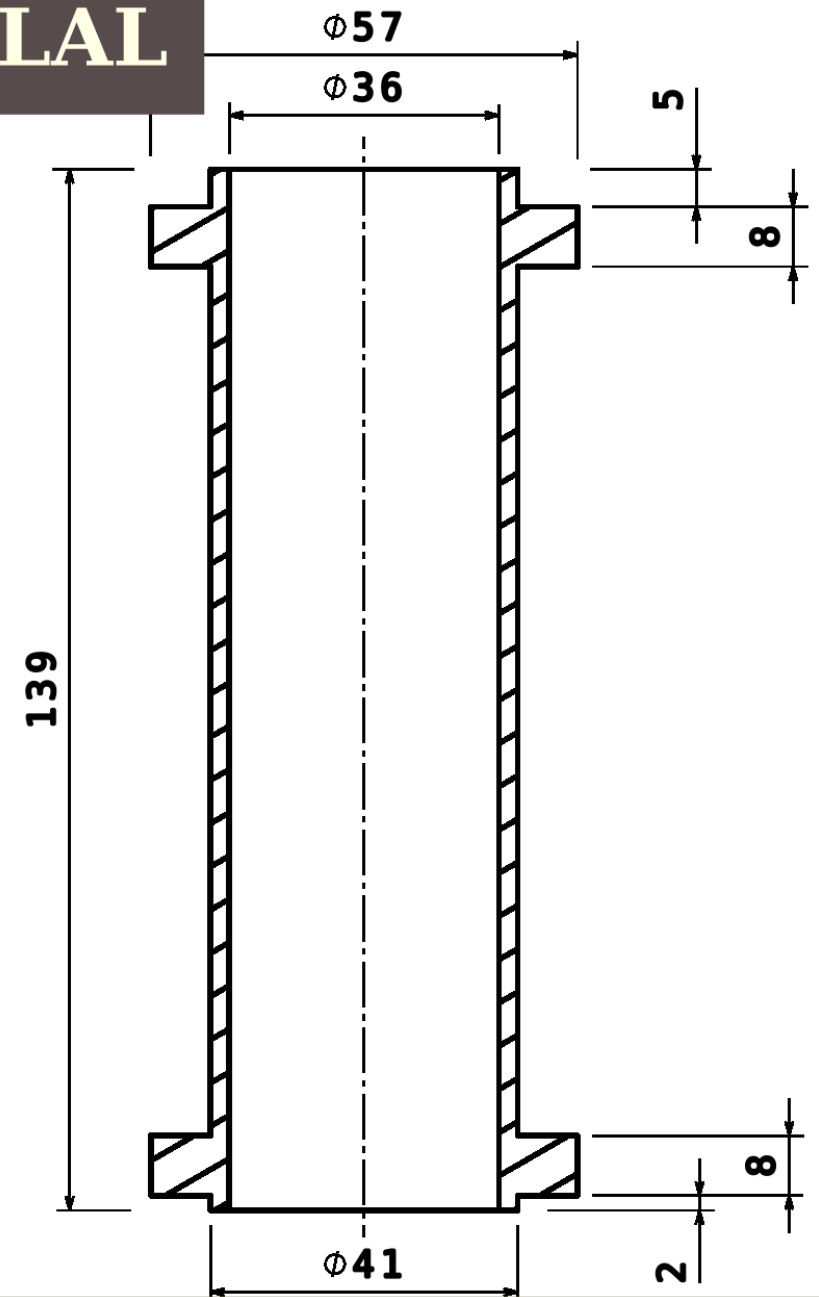
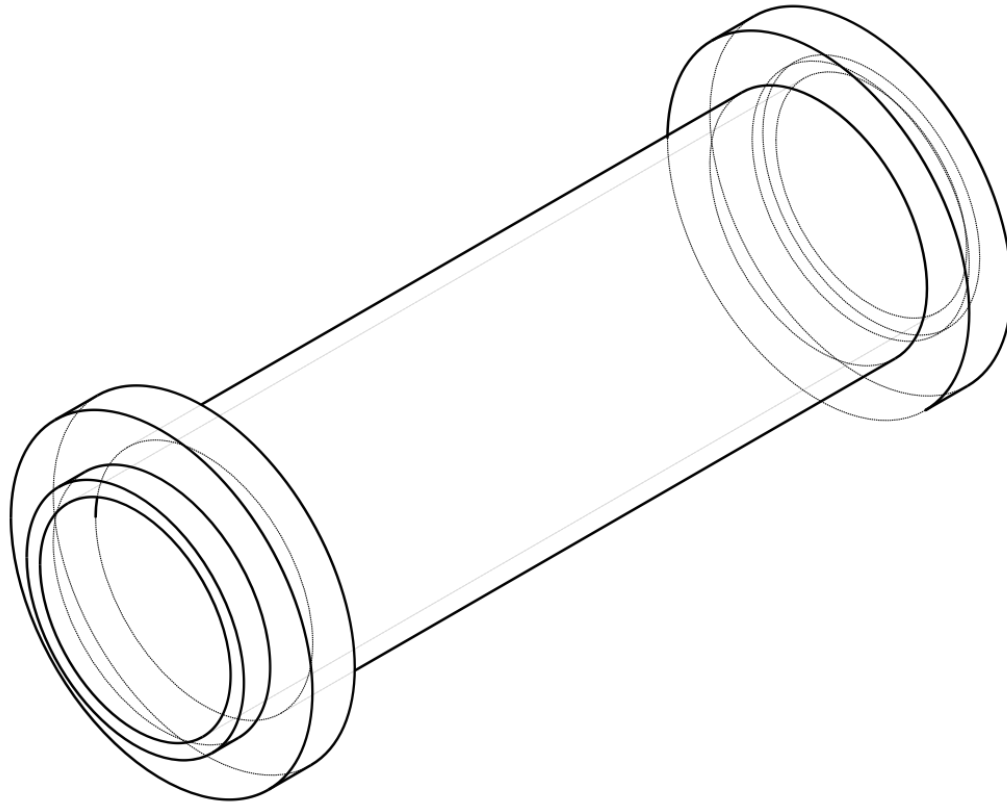
... et des choix de stratégie liés à la GEOMETRIE de la pièce et au MATERIAU



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

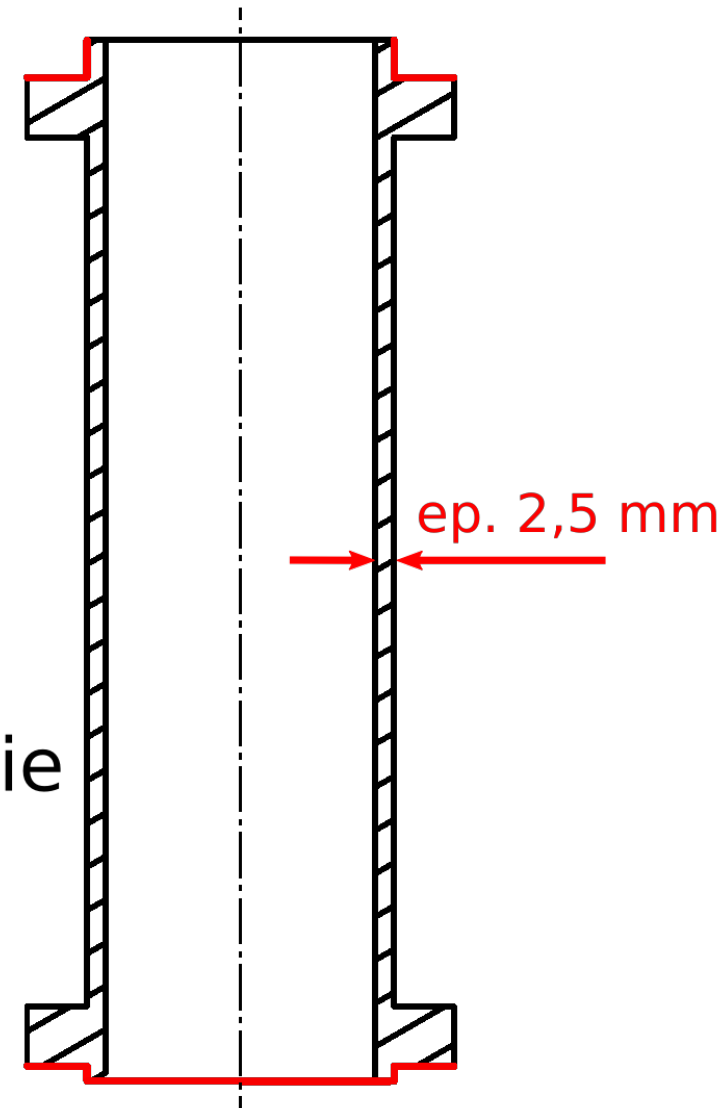
Géométrie initiale



Cas d'étude | projet pour le LAL

Usinage des brides > surépaisseurs

Prise en compte de l'épaisseur de paroi



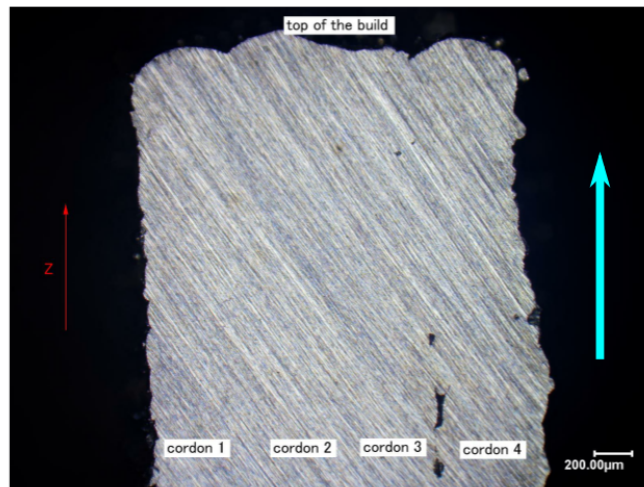
LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

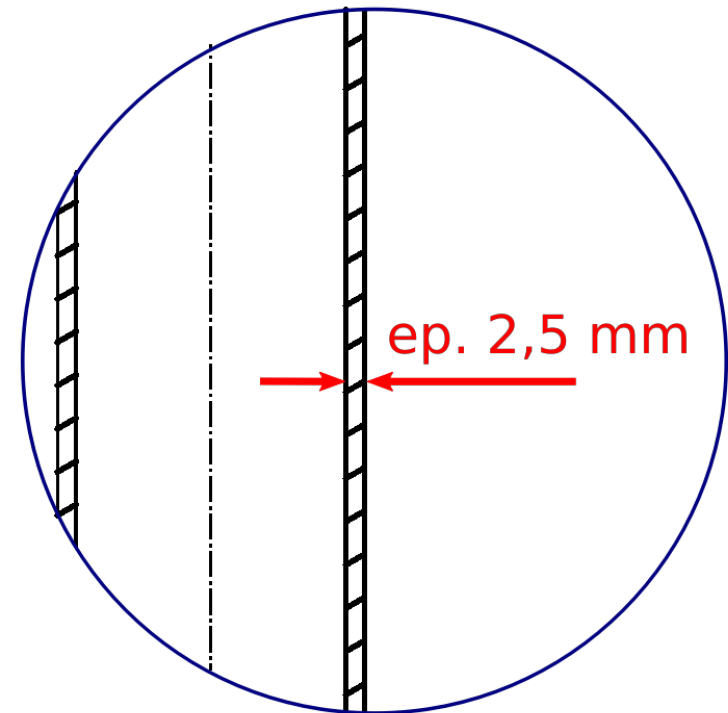
Premier choix de stratégie

Dépose en simple cordon | Dépose multicordons



Exemple de mur 4 cordons

ép. env. 2,2 mm



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

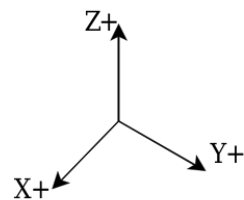
| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

Deuxième choix de stratégie

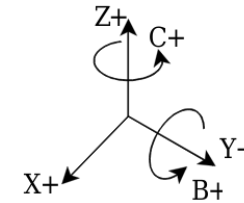
Stratégie Fabrication 3 axes

3 axes linéaires sur tête
X Y Z



Stratégie Fabrication 5 axes

3 axes linéaires sur tête
X Y Z
 2 axes rotatifs sur table
B C



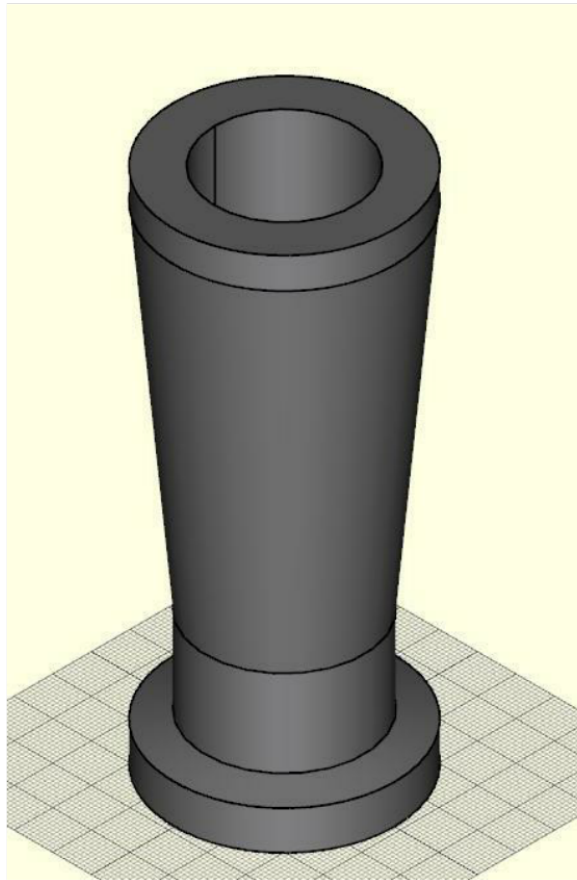
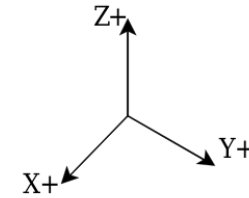
LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

Stratégie Fabrication 3 axes

3 axes linéaires sur tête
X Y Z



Contrainte : angle 15° maxi
de porte-à-faux



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

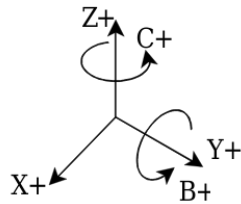
Stratégie Fabrication 5 axes

3 axes linéaires sur tête

X Y Z

2 axes rotatifs sur table

B C



Spécificité du CLAD :
Possibilité de procéder par étapes
-> décomposer la géométrie de la pièce



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

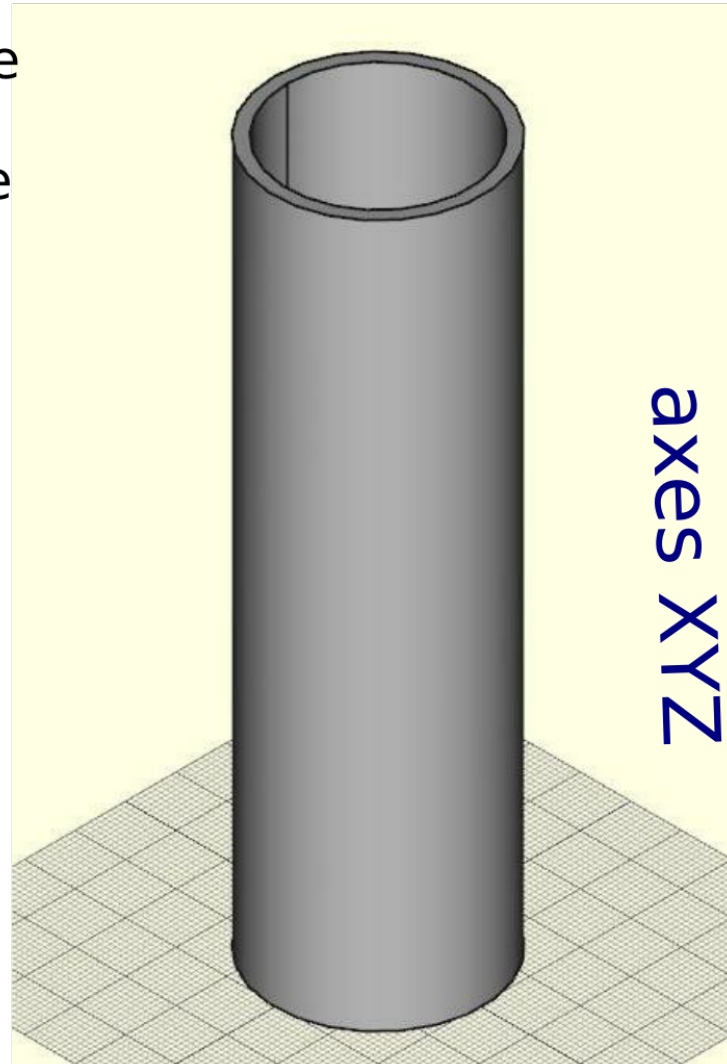
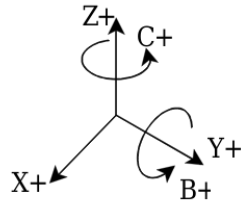
Stratégie Fabrication 5 axes

3 axes linéaires sur tête

X Y Z

2 axes rotatifs sur table

B C



Etape n°1
axes XYZ



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

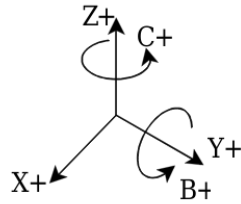
Stratégie Fabrication 5 axes

3 axes linéaires sur tête

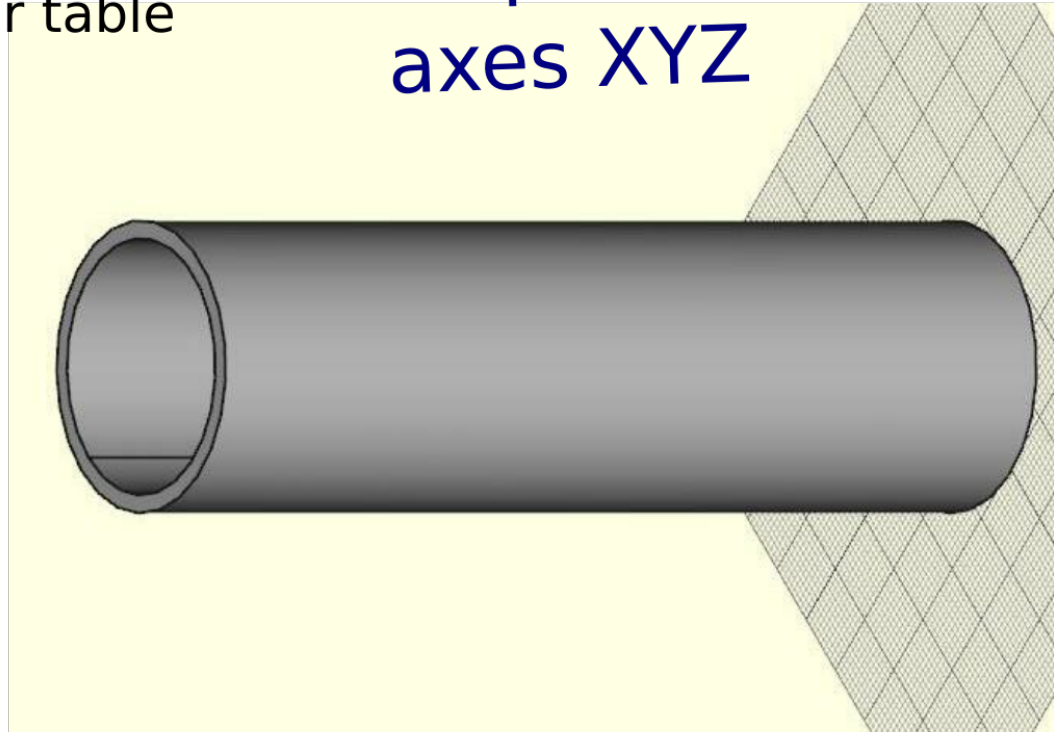
X Y Z

2 axes rotatifs sur table

B C



Etape n°1
axes XYZ



Rotation sur B



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

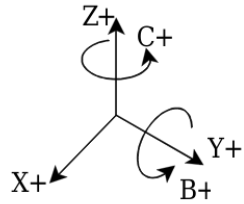
Stratégie Fabrication 5 axes

3 axes linéaires sur tête

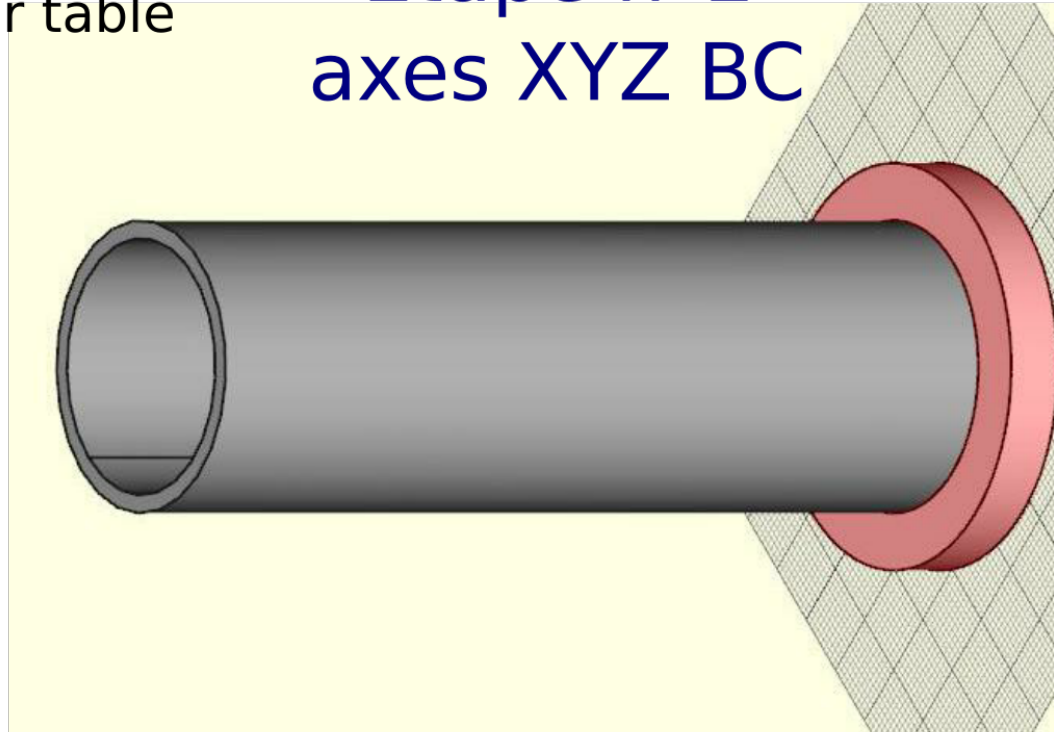
X Y Z

2 axes rotatifs sur table

B C



Etape n°2
axes XYZ BC



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

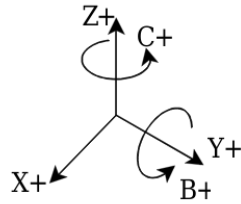
Stratégie Fabrication 5 axes

3 axes linéaires sur tête

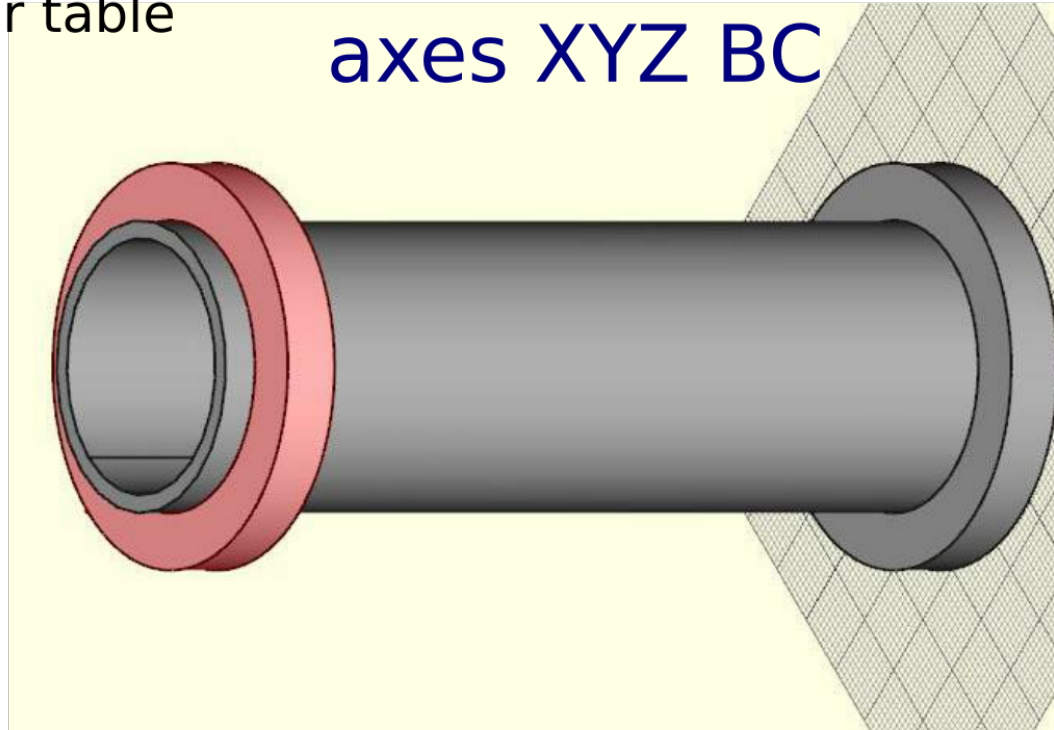
X Y Z

2 axes rotatifs sur table

B C



Etape n°3
axes XYZ BC



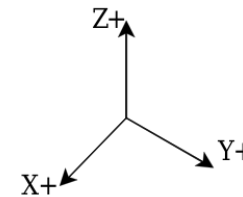
LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

Stratégie Fabrication 3 axes

3 axes linéaires sur tête
X Y Z



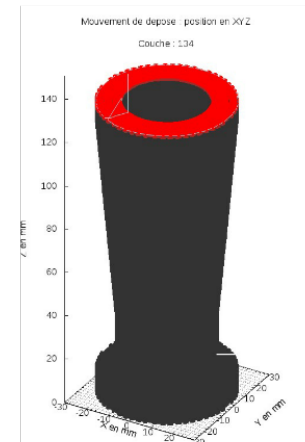
Fabrication 1 étape avec 670 couches

Longueur totale de cordon : 842 m

Durée de fabrication : 9h

Consommation poudre : 3,8 kg

Rendement estimé : 22%



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

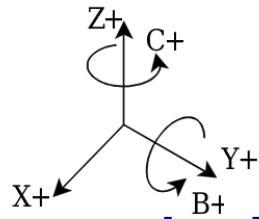
Cas d'étude | projet pour le LAL

3 axes linéaires sur tête

X Y Z

2 axes rotatifs sur table

B C



Fabrication en 3 étapes

Longueur de cordon :

Durée de fabrication :

Consommation poudre :

Rendement estimé :

étape 1

tube 5 cordons

(695 couches)

423 m

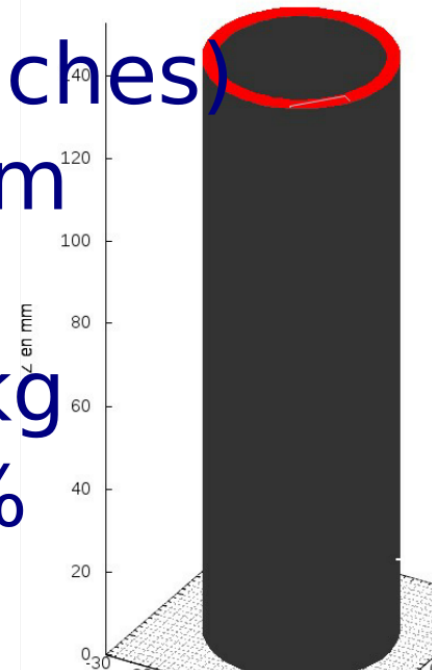
4h

1,7 kg

22%

Mouvement de depose : position en X

Couche : 3455



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

étape 1

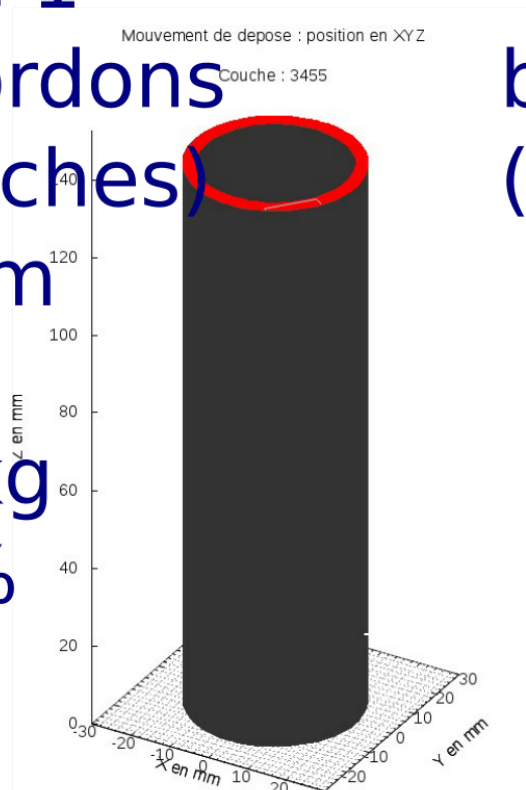
tube 5 cordons
(695 couches)

423 m

4h

1,7 kg

22%



étape 2

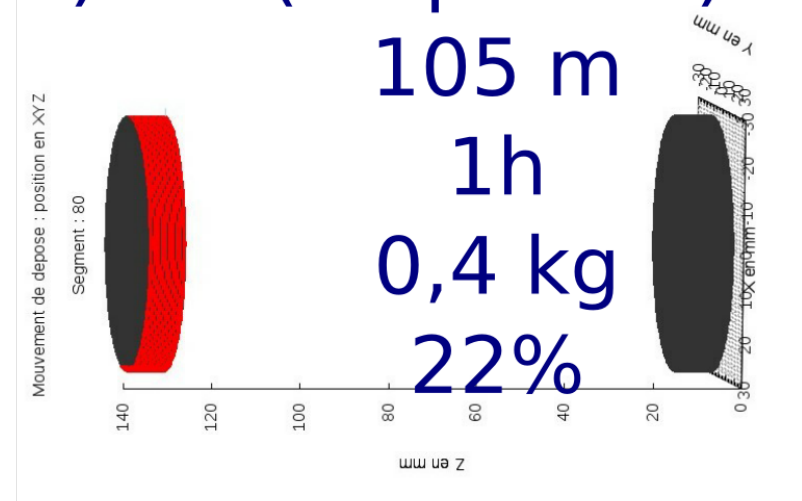
bride basse
(40 passes)

105 m

1h

0,4 kg

22%



étape 3

bride haute
(40 passes)

105 m

1h

0,4 kg

22%



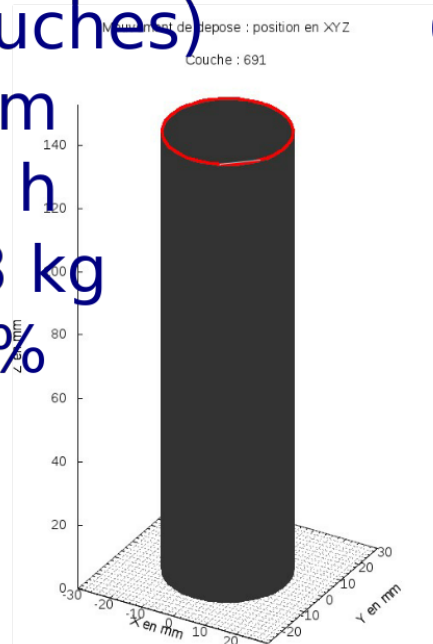
LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

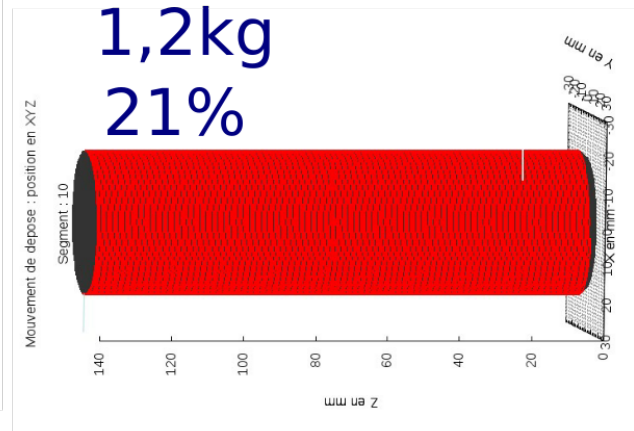
étape 1a
tube
monocordon
(696 couches)

78 m
3/4 h
0,33 kg
27%



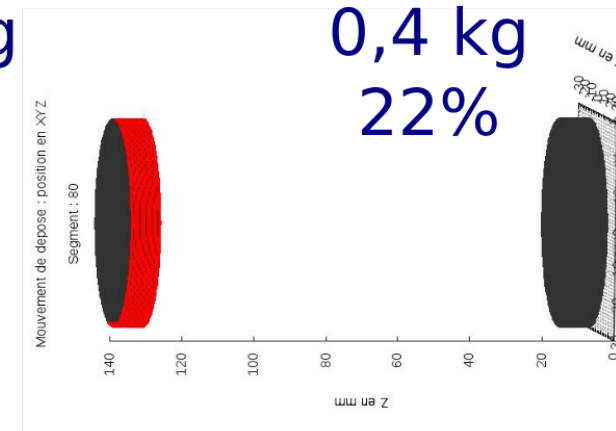
étape 1b
dépot
en tournant
(10 passes)

299 m
2h45
1,2kg
21%



étape 2
bride basse
(40 passes)

105 m
1h
0,4 kg
22%



étape 3
bride haute
(40 passes)

105 m
1h
0,4 kg
22%

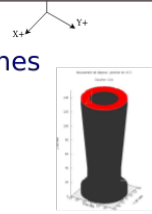


LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

Fabrication 1 étape avec 670 couches
 Longueur totale de cordon : 842 m
 Durée de fabrication : 9h
 Consommation poudre : 3,8 kg
 Rendement estimé : 22%



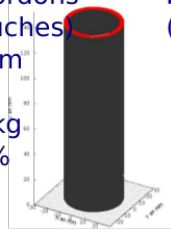
Stratégie Fabrication 5 axes

3 axes linéaires sur tête
 X Y Z
 2 axes rotatifs sur table
 B C



Fabrication en 3 étapes
 Longueur de cordon :
 Durée de fabrication :
 Consommation poudre :
 Rendement estimé :

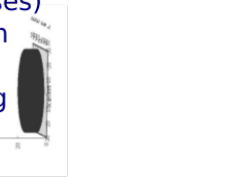
étape 1
 tube 5 cordons
 (695 couches)
 423 m
 4h
 1,7 kg
 22%



étape 2
 bride basse
 (40 passes)
 105 m
 1h
 0,4 kg
 22%

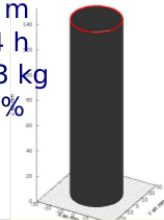


étape 3
 bride haute
 (40 passes)
 105 m
 1h
 0,4 kg
 22%

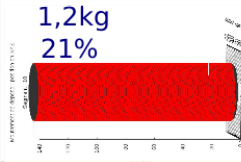


Fabrication en 4 étapes
 Longueur de cordon :
 Durée de fabrication :
 Consommation poudre :
 Rendement estimé :

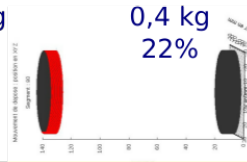
étape 1a
 tube
 monocordon
 (696 couches)
 78 m
 3/4 h
 0,33 kg
 27%



étape 1b
 dépôt
 en tournant
 (10 passes)
 299 m
 2h45
 1,2kg
 21%



étape 2
 bride basse
 (40 passes)
 105 m
 1h
 0,4 kg
 22%



étape 3
 bride haute
 (40 passes)
 105 m
 1h
 0,4 kg
 22%



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL

105 m

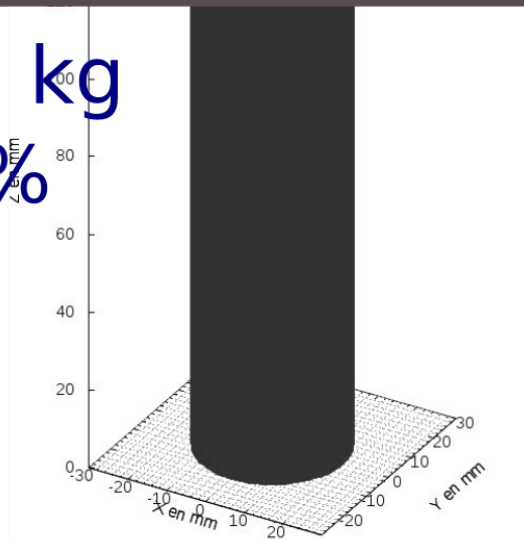
1h

0,4 kg

22%

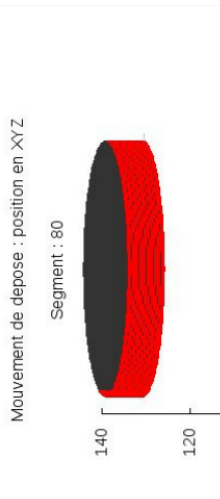
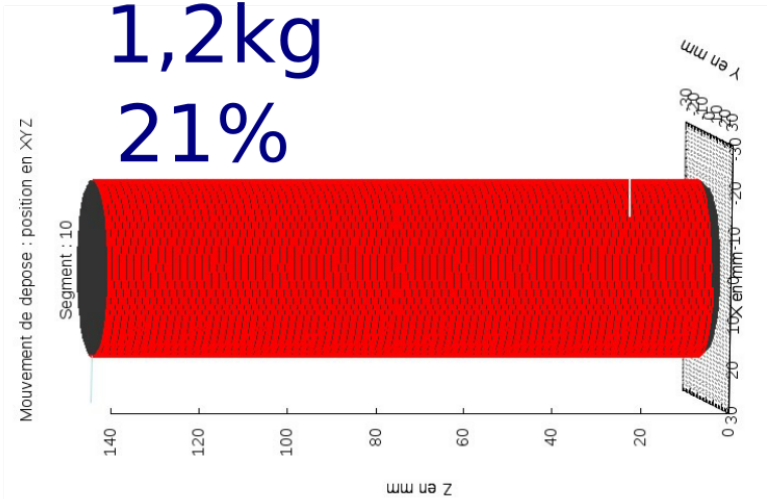
0,33 kg

27%



1,2kg

21%



Autres éléments de comparaisons :
 Préparation CAO et nombre d'étapes ?
 Thermique en fabrication ?
 Usinage / parachèvement ?



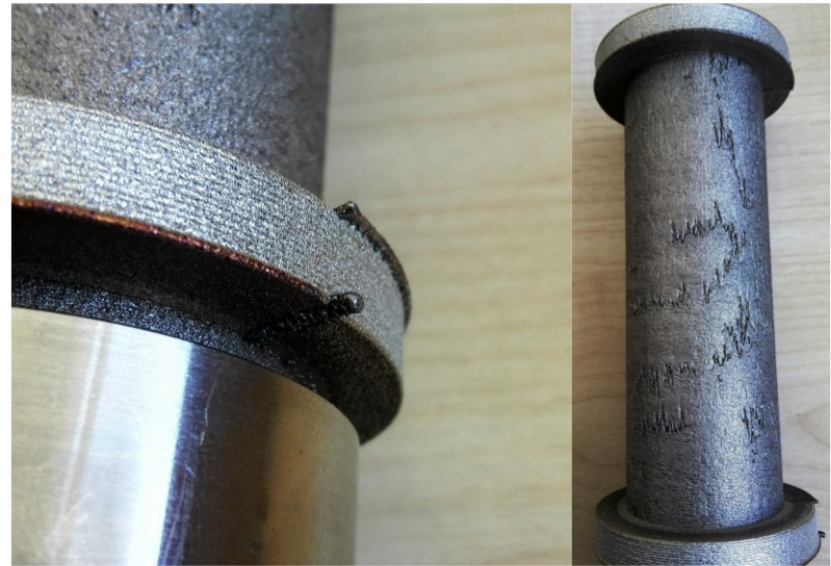
LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |

Cas d'étude | projet pour le LAL



LMS | plateforme REAL | P. MARIE | S. DURBECQ



LMS - Laboratoire de mécanique des solides - UMR 7649

| <https://portail.polytechnique.edu/lms/fr> | sylvain.durbecq@polytechnique.edu |