

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU
FACULTÉ DE GENIE DE LA CONSTRUCTION
DÉPARTEMENT DE GENIE MÉCANIQUE



MEMOIRE de fin d'études

*Master professionnel en Génie mécanique
Option : Fabrication mécanique et productique*

Thème

Fabrication d'un réacteur mécanofusion

Proposé et dirigé par :

Mr. S.AZEM

Réalisé par :

SLIMANI Liazid
ZIANI Amine

Promotion 2016-2017

REMERCIEMENTS

Un grand merci à notre promoteur Mr AZEM Said pour avoir proposé ce sujet et pour son suivi continuuel tout au long de la réalisation de ce mémoire, et pour n'avoir jamais cessé de nous prodiguer de précieux conseils.

Nous remercions Mr NECHICHE Mustapha et Mr DAHLOUZ Salem qui ont accepté de nous aider durant la préparation de notre projet de fin d'études. Nous tenons à remercier vivement tout le personnel du Hall de Technologie d'Oued Aissi pour nous avoir aidés et accompagnés durant la réalisation du réacteur de mécanofusion.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants, du département de Génie Mécanique, qui ont contribué à notre formation.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à nos familles pour leur soutien moral et matériel.

Que nos amis et collègues trouvent ici toute notre sympathie.

A toutes et à tous, merci.

Sommaire

Introduction générale

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I: Généralités sur l'enrobage en voie sèche

1. Origine et historique.....	2
2. Introduction.....	3
3. Phénoménologie.....	4
4. Interaction entre particules.....	5
5. Mélange ordonnée.....	6
6. Intérêts d'enrobage.....	7

Chapitre II : Différents systèmes mécaniques revêtement des poudres métalliques

1. Introduction.....	8
2. Les procédés continus et discontinus.....	9
1. Procédés continus	
a) Procédé d'enrobage à lit fluidisé rotatif.....	9
b) Procédé de broyage de type calibreur.....	10
2. Procédés discontinus	
a) Procédé Hybridizer.....	12
b) Procédé Thêta-composer®.....	13
c) L'enrobage par collision magnétiquement assistée	14

Chapitre III : Procédé de mécanofusion

1. Historique.....	15
2. Définition.....	15
3. Principe de fonctionnement.....	16
4. Application.....	17
5. Les avantages de mécanofusion.....	17

Chapitre IV : Généralités sur la fabrication

1. Principaux services mis en jeu dans une entreprise de fabrication.....	18
1- Bureau d'études.....	18
2- Le bureau des méthodes.....	18
2. Méthodologie d'élaboration de processus d'usinage.....	21
3. Principe de la méthode développée.....	22
1 - Repérage des surfaces.....	22
2 - Le graphe de liaison.....	22
1-Les contraintes dimensionnelles.....	22
2-Les contraintes géométriques.....	22
a. Les contraintes géométriques de position.....	22
b. Les contraintes géométriques de forme.....	22
3 - Les contraintes technologiques.....	22
4 - Les contraintes économiques.....	23
3 - Tableau des opérations élémentaires.....	23
1 -Choix du nombre d'opérations élémentaires.....	23
a. En fonction de l'intervalle de tolérance (IT).....	23
b. En fonction de la qualité (Q).....	23
c. En fonction des états de surfaces (Ra et Rt).....	23
2 – Définition des opérations élémentaires.....	24
a. Ebauche.....	24
b. Demi-finition	24
c. Finition.....	24
4 - Tableau de regroupement de surface	24
5 - Tableau des contraintes d'antériorités.....	24
6 - Tableau des niveaux.....	24
7 - Tableau des groupements en phase.....	24
8 - Projet de gamme optimal.....	25
a- La phase.....	25
b- La sous phase.....	25
c- L'opération.....	25
4. Le choix des machines.....	25
5. Choix des outils de coupe.....	25
Travaux d'ébauche.....	26
Travaux de finition.....	27
6. Choix des conditions de coupe.....	27
En ébauche	27
En finition.....	27

Chapitre V : Etude de fabrication du réacteur

A. Les feuilles d'analyse Support marteau.....	28 à 40
B. Les feuilles d'analyse Support racloir.....	41 à 53
C. Les feuilles d'analyse de corps inferieur.....	54 à 63
D. Les feuilles d'analyse Corps suprieur.....	64 à 74
E. Les feuilles d'analyse Couvercle supérieur de corps.....	75 à 85
F. Les feuilles d'analyse Plaque porte réacteur.....	86 à 92
G. Les feuilles d'analyse Couvercle de la chambre réacteur.....	93 à 101
H. Les feuilles d'analyse L'arbre fixe de réacteur.....	102 à 113

Conclusion générale

Conclusion.....	114
-----------------	-----

Références bibliographiques.....	115
----------------------------------	-----

Liste des figures

Fig. I.1 : Principe de l'enrobage en voie sèche.....	3
Fig. I.2 : Mécanismes de formation des différents enrobages en voie sèche	5
Fig. I.3 : Trois différentes possibilités lors d'un choc mécanique des particules.....	6
Fig. I.4 : Représentation schématique de l'enrobage en voie sèche	6
Fig. II.1 : L'apparition des procédés d'enrobage à sec dans le temps	8
Fig. II.2 : Schéma d'appareil d'enrobage à lit fluidisé rotatif.....	10
Fig. II.3 : Schéma d'un broyeur calibreur.....	11
Fig. II.4 : Schéma du procédé Hybridizer.....	12
Fig. II.5 : Le Thêta Composer.....	13
Fig. II.6 : Représentation schématique du broyeur thêta.....	13
Fig. II.7 : Représentation schématique du procédé de revêtement par collision magnétiquement assisté.....	14
Fig.III.1 : Réacteur de mécanofusion.....	15
Fig.III.2 : Représentation schématique d'un réacteur de mécanofusion.....	16
Fig. III.3 : schéma de la chambre de réacteur.....	17
Figure IV.1 : Schéma directeur de la méthode développée de traitement de gammes d'usinage.....	21

Introduction générale

Introduction :

Le mélange de poudres est une opération essentielle dans plusieurs secteurs d'activités industriels tels que la pharmacie, la chimie fine, l'agro-alimentaire, le ciment... Quel que soit le domaine d'application, l'objectif de cette opération est d'obtenir des produits intermédiaires ou finis avec la répartition la plus homogène possible des différents constituants

La métallurgie des poudres se réfère à un ensemble de procédé de fabrication et de mise en forme pour produire différentes formes de pièces mécaniques à partir de mélanges de poudres de différentes dimensions (nanomètre à micromètre) des métaux purs ou d'alliages.

Cette filière permet la réalisation des pièces de précision difficile à obtenir par d'autres procédés communs et ce sans encourir de perte de matériaux et aussi d'avoir des propriétés mécaniques intéressantes sans faire de traitement thermomécanique, d'où une économie supplémentaire en dépense énergétique et en coût.

L'enrobage est un procédé industriel consistant à appliquer une couche de liquide ou de poudre sur la surface d'un produit de base de forme quelconque afin de lui conférer des propriétés particulières.

L'enrobage est notamment utilisé dans les secteurs métallurgique, chimique, para chimique, pharmaceutique et agroalimentaire.

La mécanofusion est une technique utilisée pour l'enrobage des particules en voie sèche par l'action d'une combinaison de forces de compression et de cisaillement, ce procédé consiste à provoquer une adhésion forte de fines particules (particules "invitées") sur la surface de particules de taille relativement plus grande (particules "hôtes").

Le réacteur de mécanofusion est une machine dans laquelle se passe la réaction chimique d'enrobage en voie sèche des poudres en créant des liens entre les particules (soudage des particules et leur fusion en créent une couche de couverture des particules d'enrobage sur les particules hôtes) grâce à la température et les forces de compression atteintes .

Le but de ce travail consiste à la réalisation d'un réacteur de mécanofusion servant à l'enrobage des poudres métalliques. Le mémoire est subdivisé en 4 chapitres dont le premier est consacré à une recherche bibliographique sur les procédés d'enrobage en voie sèche.

Le second chapitre est dédié aux différents systèmes mécaniques de revêtements des poudres métalliques. Le troisième chapitre traite spécifiquement le réacteur de mécanofusion dont la réalisation est notre principal objectif.

Le quatrième chapitre est consacré aux généralités sur la fabrication mécanique tandis que le cinquième chapitre porte sur la réalisation même du réacteur de mécanofusion. Les feuilles d'analyses de l'ensemble des pièces y sont présentées.

Une conclusion générale ainsi que les références bibliographiques sont présentées à la fin de ce mémoire. Une annexe est consacrée aux dessins de définition des pièces du réacteur.

Chapitre I

Généralités sur l'enrobage en voie sèche

I.1. Origine et historique

L'enrobage à sec consiste à créer un mélange binaire de poudres au moyen d'un procédé mécanique ou autre. Un mélange à deux poudres peut être appelé mélange ordonné ou alors mélange aléatoire [1].

Un mélange est dit aléatoire dans le cas où la probabilité de détecter une particule est la même pour toutes les particules d'un échantillon pris au hasard dans le lot de poudre. Dans le mélange aléatoire les particules ont toutes des caractéristiques quasiment voisines comme par exemple la morphologie, la masse, la taille etc... Cependant les surfaces des particules doivent être suffisamment lisses (Rugosité pratiquement nulle. En revanche lorsque les particules sont de tailles différentes présentant des agglomérats formés par cohésion de fines particules, la poudre n'est plus considérée comme aléatoire.

Les poudres cohésives ont tendance à former des agglomérats sous l'action des forces physiques comme les forces de Vander vals, les forces électrostatiques. Lorsque la différence de taille est importante les petites particules ont tendance à se coller sur les plus grosses en engendrant un mélange dit ordonné. Les petites particules adhèrent à la surface des grosses particules par le processus d'adsorption, de chimisorption, les forces électrostatiques...[1]. Un tel mélange est appelé mélange interactif [2]

La formation d'un mélange ordonné traverse principalement 3 étapes [3] qui sont : la désagglomération des fines particules suivie d'une adhésion des petites particules sur la surface des grosses par interaction physiques des particules et enfin une répartition homogène sur toutes les surface des grosses particules.

Dans les années 1980, la pharmacologie utilise ce procédé pour obtenir des mélanges ordonnés dans le but d'améliorer les propriétés de surface des produits ou la dissolution des substances [4].

Les particules enrobées à sec ainsi que les mélanges ordonnés font partie des mélanges interactifs et sont basé sur l'adhérence de fines particules à la surface des grosses.

I.2. Introduction

L'enrobage des particules permet de modifier les propriétés des surfaces et présente un intérêt considérable pour de multiples applications notamment en pharmacie, cosmétique agroalimentaire, céramique etc... Pratiquement la voie humide constitue la voie d'enrobage la plus employée. Cependant, des inconvénients environnementaux sont souvent rencontrés et constituent des inconvénients de ces techniques.

Le procédé d'enrobage en voie sèche consiste à apporter un changement des propriétés superficielles par action mécanique. C'est un procédé assez compliqué mais qui est très avantageux pour le milieu industriel par rapport aux méthodes habituelles d'enrobage.

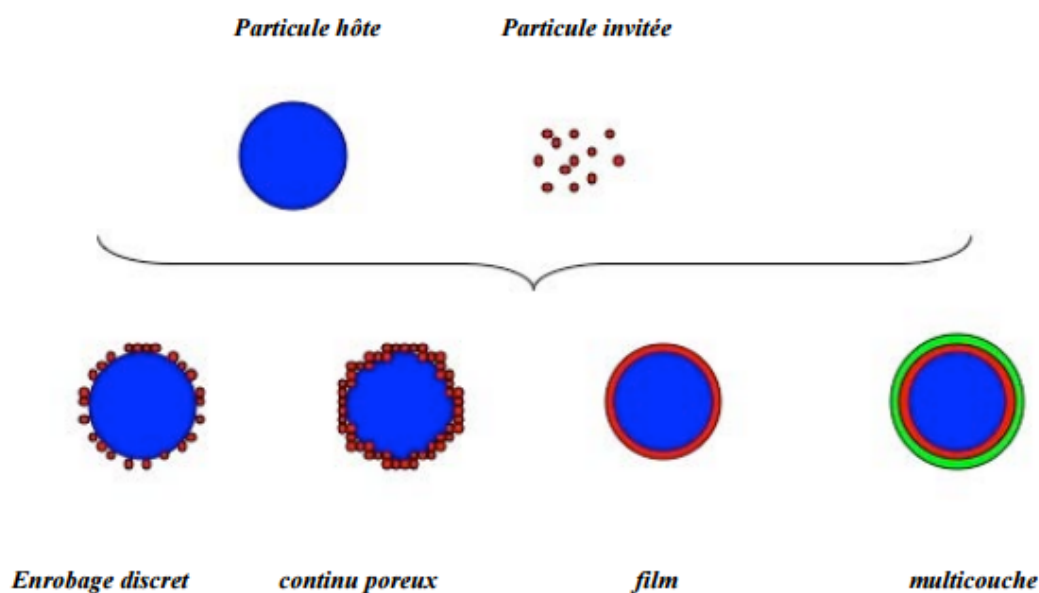


Figure I.1 : Principe de l'enrobage en voie sèche [5]

Ce procédé combine deux de particules de matières différentes afin d'obtenir des particules composites à propriétés voulues. Un brassage adéquat des fines particules dites « invitées » avec de grosse particules appelées « hôtes », permet d'obtenir un enrobage qui peut être continu et même en multicouches figure (I.1).

I.3. Phénoménologie :

L'enrobage en voie sèche est un procédé permettant d'apporter des changements superficiels des particules qui a été mise en application dans les années 80. Sa découverte par l'équipe du professeur Koishi de l'université des sciences de Tokyo fût un hasard en essayant de broyer finement des poudres. Le principe consiste à utiliser deux poudres différentes pour créer des particules hybrides aux propriétés remarquables.

Le but de l'opération consiste à faire adhérer de fines particules dites « particules invitées, sur la surface de grosses particules appelées « particules hôtes » et ce en utilisant une énergie mécanique qui sera fournie par un broyeur par exemple.

L'enrobage à sec consiste à fixer des fines particules, appelées particules invitées, à la surface de particules de plus grandes tailles, nommées particules hôtes, par le biais d'une action mécanique apportée par le procédé employé.

Les principaux facteurs qui favorisent l'agglutinement des particules sont les suivants :

- La différence de taille des particules
- La différence de forme des particules
- La différence de densité
- La différence de résistance

La structure de l'enrobage est étroitement liée aux propriétés physiques des particules et au mode opératoire utilisé comme le montre la figure (I.2).

Les particules invitées peuvent être très dispersées sur la surface des particules hôtes alors l'enrobage est discret. En revanche, l'enrobage peut être un film continu formé par les particules invitées sur les surfaces des grosses particules. Ce dépôt peut également être constituer de plusieurs couches comme rapporté par Ichikawa et al. en 2013 [5].

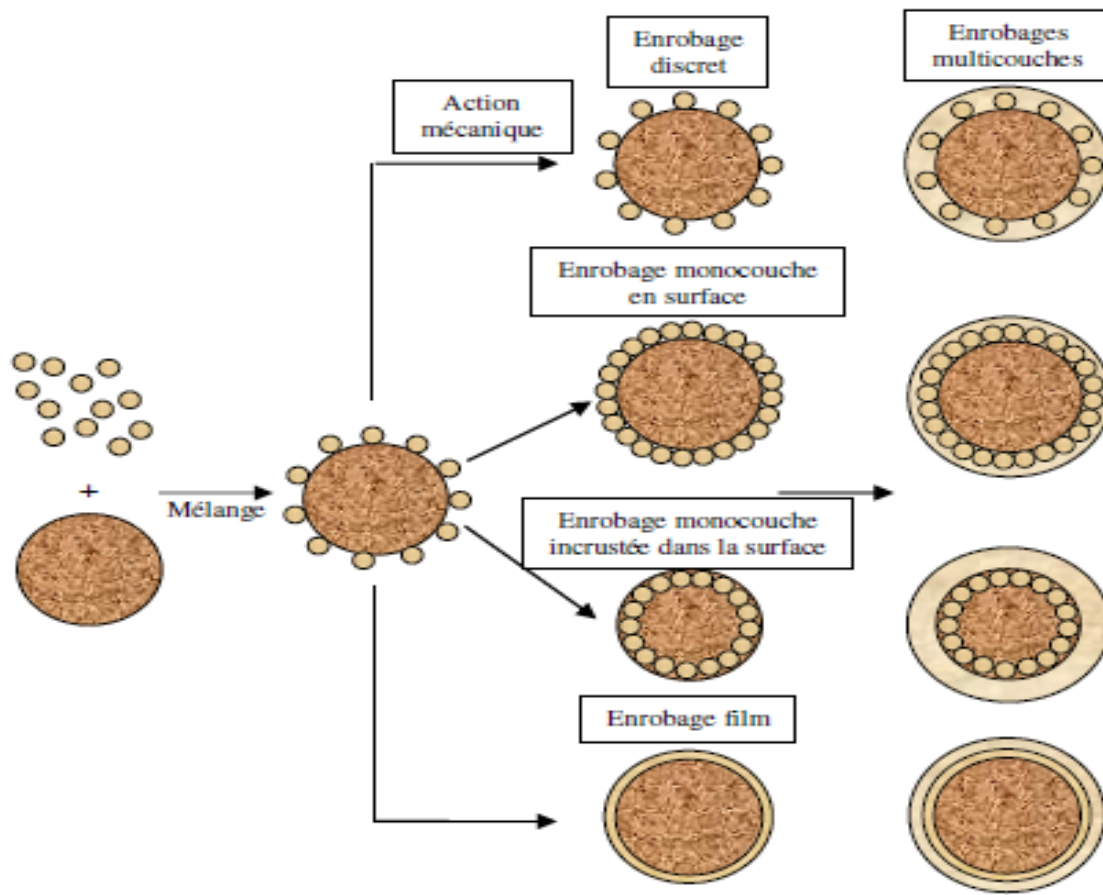


Figure I.2 : Mécanismes de formation des différents enrobages en voie sèche [6]

I.4. Interaction entre particules

La figure (I.3) montre 3 possibilités prévisibles lors d'un choc de deux particules [5]:

- Les particules rebondissent et s'éloignent
- Une des particules ou les deux peuvent subir une rupture
- Les particules restent collées par interaction des deux matériaux

Dans notre cas nous nous intéressons seulement au cas d'interaction car il va mener à la formation d'un enrobage. Les forces de ces interactions dépendant des propriétés des matériaux des particules à savoir les propriétés physicochimiques, la taille, l'état de surface, la dureté, l'élasticité comme l'a rapporté Podezeck en 1999 [7].

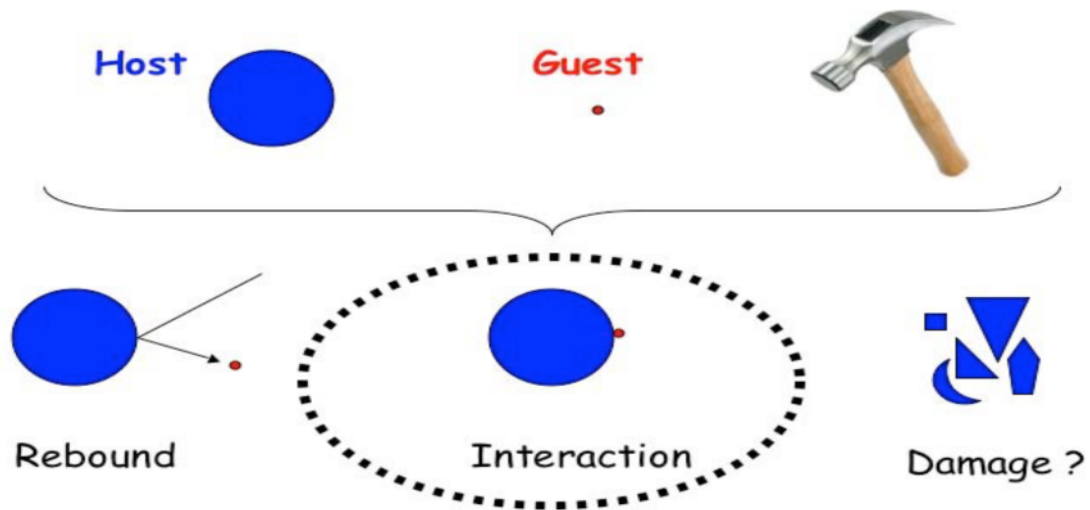


Figure I.3 : Trois différentes possibilités lors d'un choc mécanique des particules [5]

I.5 Mélange ordonné

Le calcul de la masse de particules invitées pour un enrobage est supposé dans le cas d'une monocouche continue sur toutes les surfaces des particules hôtes. Les particules invitées sont aussi prises de même taille. Les particules invitées et hôtes sont considérées de forme sphérique et sans déformation pendant l'enrobage.

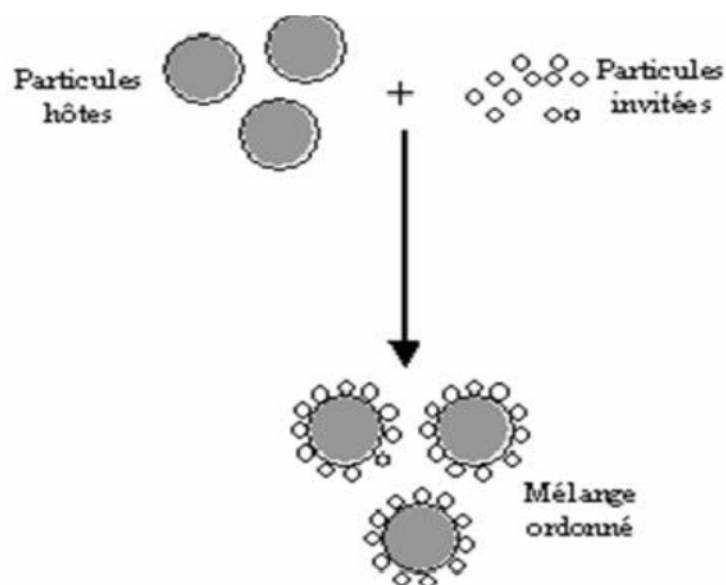


Figure I.4 : Représentation schématique de l'enrobage en voie sèche [8]

Le traitement d'enrobage débute par une préparation d'un mélange ordonné. Les fines particules ont tendance à s'agglutiner sous forme d'agglomérats qui doivent impérativement être dissociés lors de l'opération de mélange.

Selon Hersey [1], les fines particules adhèrent aux grosses et plus l'écart de tailles est important plus ce phénomène s'accroît en engendrant un mélange dit ordonné.

Le taux de dispersion dépend des forces d'interaction mises en jeu. La figure I.4 illustre le schéma du procédé d'enrobage en voie sèche.

I.6. Intérêts de l'enrobage

L'enrobage des particules en voie sèche a pour but de former des particules composites dont les propriétés sont améliorées comme [8], tel que :

- Résistance à la corrosion
- Durée de vie plus longue
- Résistance aux charges élevées
- Coût relativement plus bas
- Amélioration de la densification au cours du frittage.

Chapitre II

Différents systèmes mécaniques de revêtement des poudres métallique

II.1 Introduction

Afin d'assurer l'adhérence des particules invitées à la surface des particules hôtes, le procédé d'enrobage à sec doit fournir une énergie capable de dissocier les agglomérats.

Le premier procédé d'enrobage date de 1987 (Yokoyama et al., 1987)[8] qui s'apparente à un broyeur défini comme un dispositif de mécanofusion. La figure II.1 montre l'évolution du procédé au cours des dernières décennies.

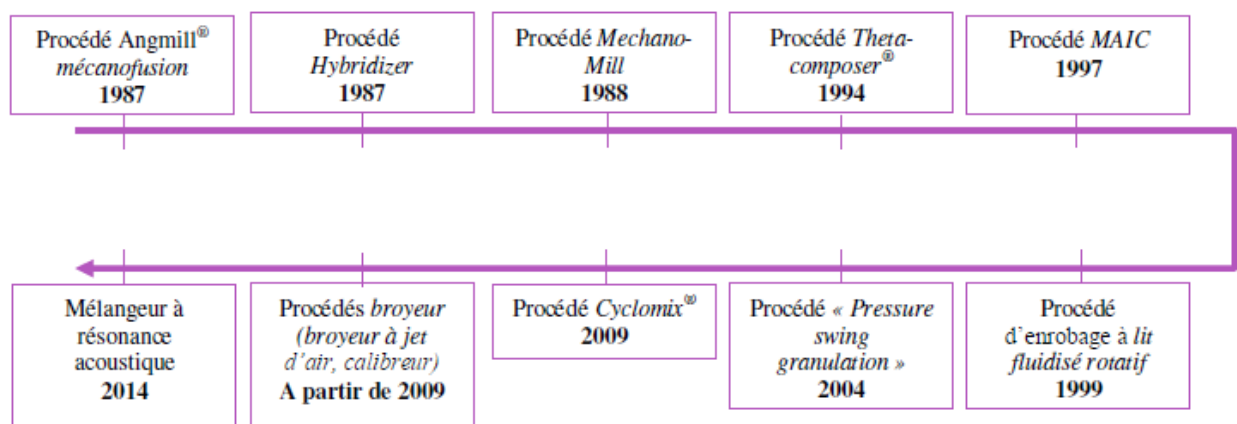


Figure II.1 : L'apparition des procédés d'enrobage à sec dans le temps [6]

La plupart de ces procédés utilisent un mode discontinu ou un mode mixte discontinu et continu, comme par exemple le procédé à lit fluidisé rotatif et le broyeur calibreur. Beaucoup de recherches sont menées à l'effet de remplacer les procédés discontinus par des opérations continues dans le but d'augmenter la productivité notamment dans les industries alimentaires et chimiques.

Il existe une multitude d'appareils d'enrobage par voie sèche mais ils ont tous quelque chose en commun comme le fait de désagglomérer les particules invitées et les faire adhérer sur les surfaces des particules hôtes. Pour cela, dans certains dispositifs, les particules hôtes et invitées subissent des forces mécaniques (impact, cisaillement et compression) élevées qui peuvent s'avérer inutiles et parfois néfastes pour certaines applications (ex. réduction importante de la taille des particules hôtes). Il existe d'autres dispositifs qui permettent de réaliser des enrobages plus doux en appliquant des forces moins élevées (Pfeffer et al. 2001) [9]. Ainsi, deux catégories peuvent être définies.

- ☐ Dispositifs appliquant des forces élevées: Mécanofusion, Hybridizer et Cyclomix
- ☐ Dispositifs avec des forces de moindre intensité: Thêta Composer, MAIC.

Plusieurs études ont montré l'efficacité de ces dispositifs à produire des particules composites dont les propriétés sont très améliorées.

II.2. Les procédés continus et discontinus

II.2.1 Procédés continus

a) Procédé d'enrobage à lit fluidisé rotatif

Ce procédé a été développé par une équipe de recherche américaine du New Jersey, Institute of Technology (NJIT-USA). Il est constitué d'une paroi poreuse entourant une chambre contenant la poudre. La porosité sert à distribuer un gaz pour la fluidisation de la poudre comme le montre la figure II.2. La rotation de la chambre engendre des forces centrifuges couplées à des forces de cisaillement grâce à la fluidisation du système. Ces couples de forces permettent de désintégrer les gros agglomérats de particules invitées ce qui favorise un enrobage des particules hôtes. Ce procédé peut fonctionner en mode continu (Pfeffer et al. [10]).

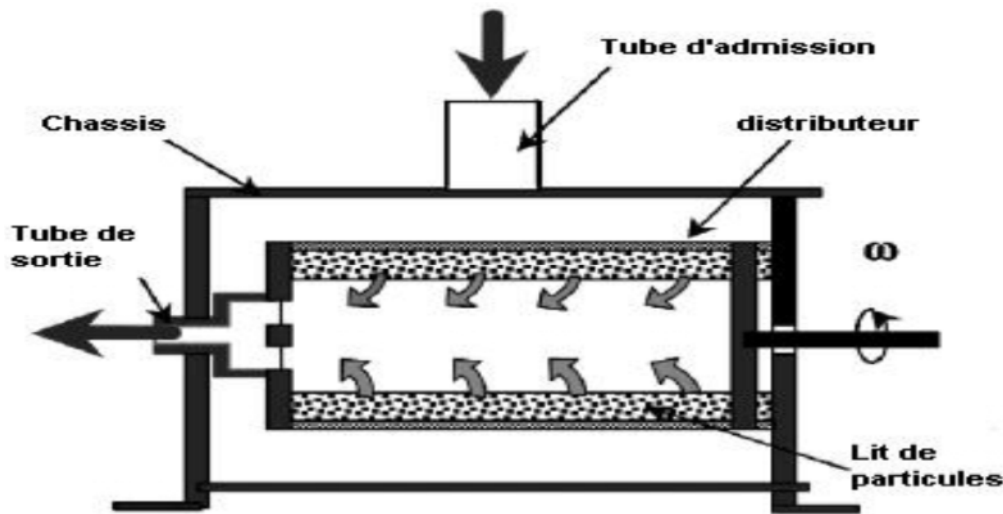


Figure II.2 : Schéma d'appareil d'enrobage à lit fluidisé rotatif

Contrairement à un lit fluidisé conventionnel, dans cet appareil, les particules hôtes et invitées sont placées dans un cylindre tournant à grande vitesse (20 s^{-1}) et sont fluidisées par un gaz sortant des pores et générant des forces de centrifugation et de cisaillement capables de briser les agglomérats des particules invitées.

Des chercheurs ont montré que le taux de particules enrobées augmente avec la durée du traitement. Une élévation de la vitesse de rotation augmente la probabilité de collision entre les particules. Les auteurs supposent que les chocs violents génèrent une chaleur qui favorise une déformation de la matière et l'étalement des particules invitées.

b) Procédé de broyage de type calibreux

Ce procédé est très utilisé là où la taille des particules doit être uniforme comme dans l'industrie pharmaceutique d'où son nom de broyeur calibreux. Lorsque les poudres sont agglutinées, ce procédé s'avère d'un grand apport pour dissocier les particules cillées et améliorer ainsi leur écoulement. La Figure II.3 illustre ce procédé.

Cet appareil possède une zone de broyage où un rotor apporte les contraintes de cisaillement pour provoquer l'enrobage. Lors d'un fonctionnement en continu cette zone est alimentée par une trémie qui distribue le mélange de poudres à des débits de 0,1 à 2 kg/h (Pfeffer et al.

2001) [10] par contre dans le cas d'un fonctionnement discontinu, la poudre est placée directement dans la zone de broyage .

Sous des forces centrifuges, la poudre est éjectée entre le rotor et la grille où les particules subissent des forces de cisaillement. Ainsi, les particules invitées se désagglomèrent et enrobent les particules hôtes. Un transfert et une redistribution des particules invitées se produisent jusqu'à l'obtention d'un enrobage uniforme.

Une partie des particules enrobées passe ensuite à travers une grille dont la taille est calibrée au préalable et une autre partie repasse au centre de la zone de mélange (figure II.3). Les particules hôtes et invitées peuvent être pré-mélangées avant leur introduction et le procédé peut être utilisé en mode continu ; (Y.Ouabbas....)[11].

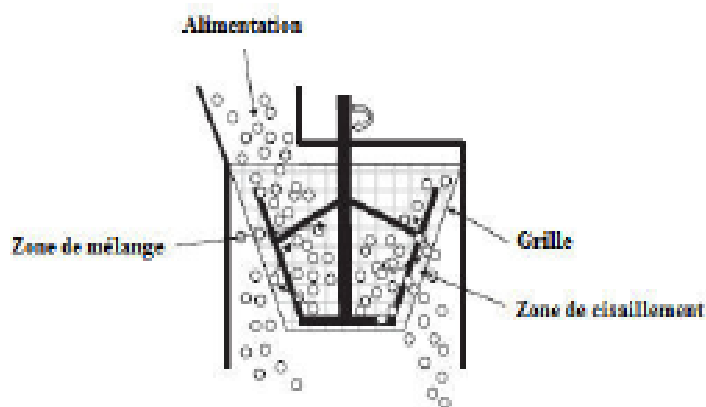


Figure II.3 : Schéma d'un broyeur calibreur

Durant ces dernières années, des études utilisant ce procédé ont été menées dans le but d'améliorer les écoulements, notamment dans le domaine pharmaceutique.

II.2.2 Procédés discontinus

a) Procédé Hybridizer :

Ce procédé a été breveté par l'entreprise japonaise Nara Machinery en 1990. Il est équipé d'un rotor à pales tournant à grande vitesse dans une chambre cylindrique. Il comporte également un stator et un circuit de redistribution de la poudre figure (II.4). La chambre est dotée d'une double paroi pour mieux contrôler la température. La poudre est soumise à de grandes forces de cisaillement en raison d'importantes forces centrifuges. Les chocs des particules avec les pales et les parois permettent une rupture de gros agglomérats, un mélange et la création d'un enrobage..

Ce mécanisme fonctionne en mode discontinu qui procure une énergie mécanique très élevée pour l'enrobage en voie sèche.

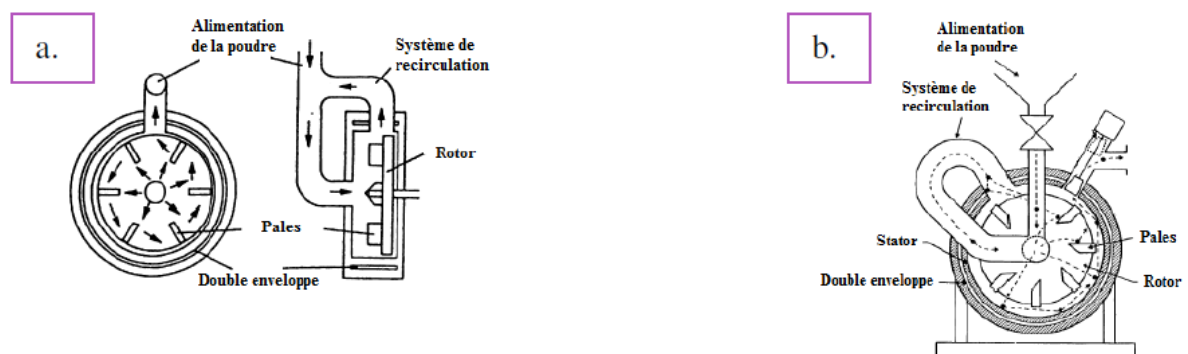


Figure II.4: Schéma du procédé Hybridizer[6].

Très peu de travaux de modélisation ont été publiés sur le procédé Hybridizer ainsi que le mécanisme d'enrobage. Cependant, Honda et al. (1994) ont développé un modèle théorique, basé sur des résultats expérimentaux en s'intéressant à l'énergie nécessaire pour former une monocouche d'enrobage. Cette énergie a été calculée en supposant une action simultanée des forces d'interaction. Deux facteurs principaux ont été considérés notamment les tailles des particules invitées et hôtes et leur rapport des tailles

b) Procédé Thêta-composer :

Le Thêta-composer, présenté sur la figure II.5, est un appareil développé par la compagnie japonaise Tokuju. Il applique de plus faibles contraintes que le dispositif Hybridizer, ce qui permet de faire des enrobages dans des conditions moins sévères. Il comporte une chambre de forme elliptique qui tourne à très faible vitesse (environ 30 tr.min⁻¹) et d'un rotor elliptique interne tournant à vitesse élevée (500-3000 tr.min⁻¹).

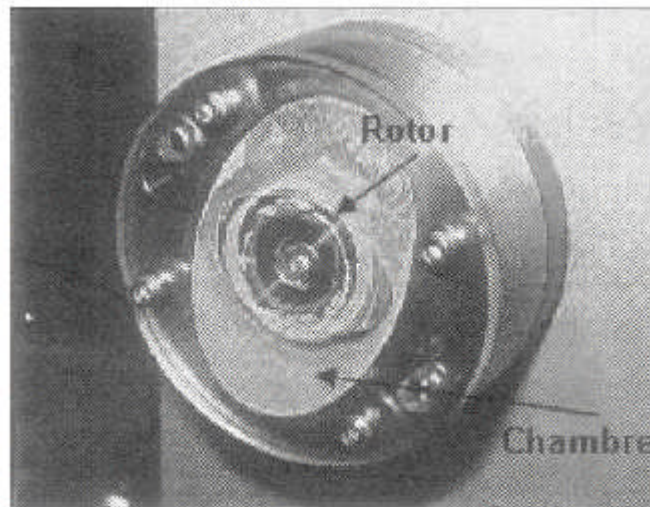


Figure II.5 : Le Thêta Composer[11]

Durant la rotation, les particules "hôtes" et "d'enrobage" sont forcées de passer dans l'entrefer entre la paroi de la chambre et le rotor comme le montre la figure (II.6). Des efforts de friction, de compression et de cisaillement sont alors appliqués aux particules invitées qui adhèrent aux particules hôtes en formant un revêtement continu (F.Jay..) [12].

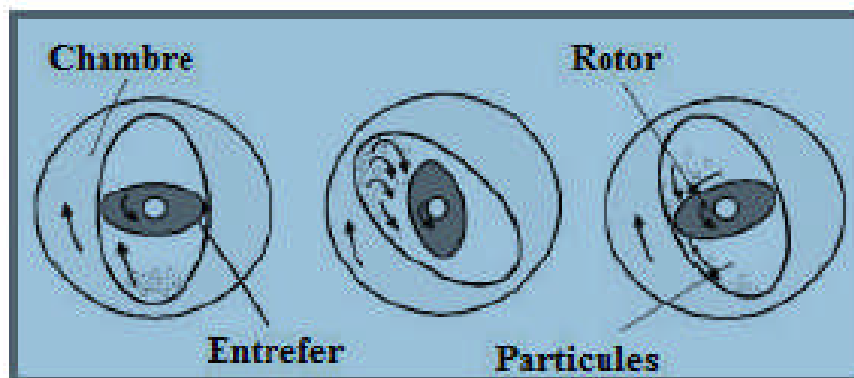


Figure II.6: Représentation schématique du broyeur thêta [11]

c) L'enrobage par collision magnétiquement assistée :

L'enrobage de particules se fait par le procédé de collision magnétiquement assistée (ou MAIC pour Magnetically Assisted Impact Coating) basé principalement sur l'application des forces mécaniques dues aux collisions entre particules. Elles sont maintenues en mouvement sous l'effet d'un champ magnétique oscillant, crée par une série d'électro-aimants.

Les particules magnétiques sont animées de mouvements de translation et rotation. Ainsi elles rentrent en collision ce qui a pour effet de les fluidiser. Sous l'impact des particules "d'enrobage" à la surface des particules "hôtes", un revêtement est progressivement formé [11].

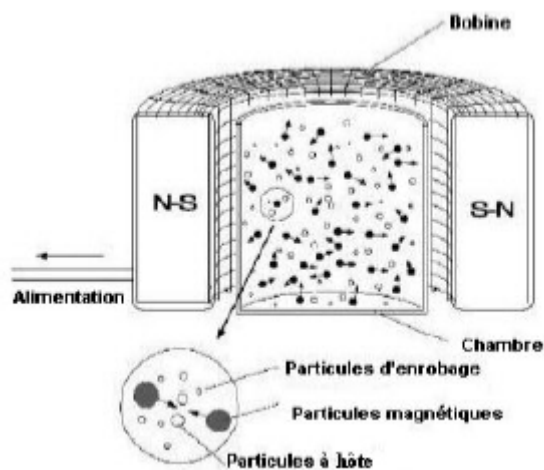


Figure II.7 : Représentation schématique du procédé de revêtement par collision magnétiquement assistée [11]

Chapitre III

Procède de mécanofusion

III.1. Historique

Le procédé de mécanofusion est issu des techniques spécifiques de broyage ultracentrifuge, mises au point au début des années 80 pour l'obtention de très fines particules.

Au cours d'essais de broyage, les auteurs ont découvert que cette technique permettait de modifier, sous certaines conditions opératoires, l'état de surface des particules. Les premières réalisations furent introduites en 1987 par Yokoyama et al. [7].

III. 2. Définition

C'est un procédé d'enrobage en voie sèche discontinu (possibilité d'arrêt de la fabrication à tout moment) qui permet le fusionnement des particules fines 'invitées' qui fondent sur des particules moins fines 'hôtes' à une température élevée due à des forces ultracentrifuges importantes, car la température de fusion des particules 'invitées' est petite par rapport à celle des particules 'hôtes'.

Cette technique, perfectionnée ces dernières années, est très intéressante pour l'obtention d'un bon enrobage. Le réacteur de mécanofusion (figure III.1) qui est un assemblage des pièces très dure en acier inoxydable (inox) avec une coque en aluminium dotée d'un système de refroidissement de tuyauterie en cuivre [7].



Figure III.1 : Réacteur de mécanofusion.

III. 3. Principe de fonctionnement

Le procédé de mécanofusion consiste à provoquer l'adhésion de fines particules (particules "d'enrobage") sur la surface de particules de taille relativement plus élevée (particules "hôtes") par l'action d'une combinaison de forces mécaniques, en voie sèche.

Un réacteur de mécanofusion (figure III.2) est composé d'une chambre cylindrique tournant à grande vitesse (généralement de 500 à 1500 trs/min) à l'intérieur de laquelle est placé un assemblage d'outils fixes comprenant des pièces de compression et des racloirs.

La poudre "hôte" et la poudre "d'enrobage" sont successivement introduites dans la chambre en rotation. Lors de la rotation, les particules sont projetées contre la paroi interne de la chambre et passent dans l'entrefer ajustable existant entre la pièce de compression et la paroi de la chambre. Les particules sont alors soumises à une combinaison de forces de compression, de friction et de cisaillement. Les particules "d'enrobage" viennent progressivement s'ancrer à la surface des particules "hôte" pour donner lieu à la formation du revêtement. Le racloir permet de détacher les particules collées à la paroi et de les introduire à nouveau dans la zone de compression (Y.Ouabbas) [10].

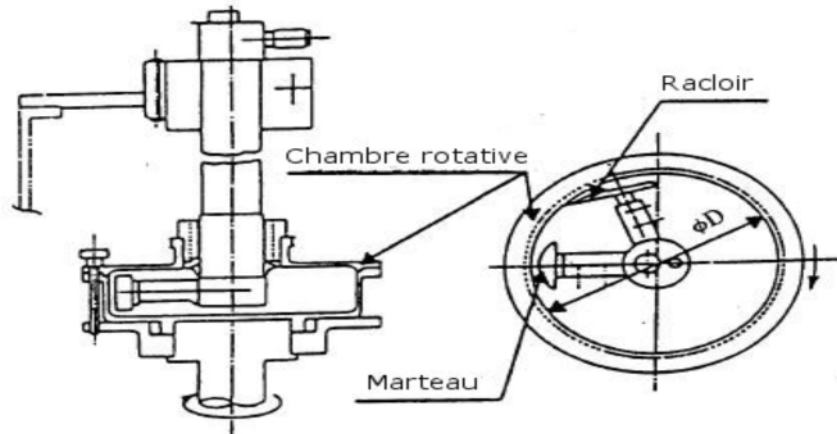


Figure III.2 : Représentation schématique d'un réacteur de mécanofusion.

Le temps de traitement dans ce procédé peut influencer le type de mélange d'enrobage. Selon le temps de traitement, trois types d'enrobage ont été obtenus : un enrobage discret où les particules invitées sont agglomérées en surface, un enrobage de type film et un enrobage combiné des deux enrobages précédents.

Avec l'augmentation du temps de traitement, l'enrobage de type monocouche film devient prédominant, car les particules sont plus longtemps soumises aux forces de cisaillement, de friction et de compression. De plus, il a été montré dans une autre étude que la température

locale dans l'entrefer augmente avec le temps de traitement, provoquant ainsi la fusion partielle des particules invitées et leur étalement sous la forme d'un enrobage film (F.Jay) [11].

III. 4. Application

Après réglage de l'entrefer entre la paroi et les pièces fixes (le racloire et le marteau) on met en premier la poudre des particules hôtes à l'aide de la force centrifuge et la température qu'on peut régler grâce à la vitesse de rotation de la chambre. Les particules hôtes s'arrondissent avec le temps, ensuite on met la poudre des particules invitées qui désagglomèrent et fondent et enrobent les autres particules.

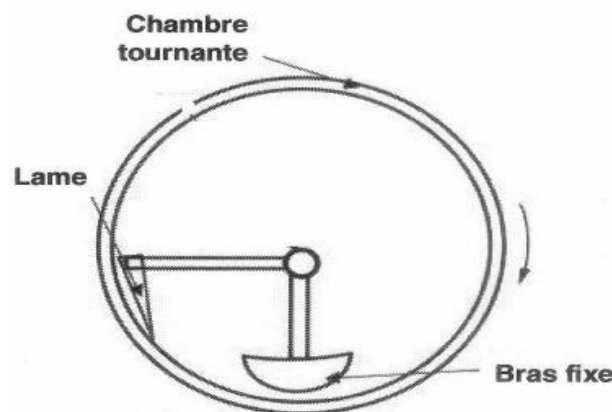


Figure III.3 : Schéma de la chambre du réacteur

III. 5. Les avantages de mécanofusion

Le procédé de mécanofusion a plusieurs avantages dans le domaine de la métallurgie des poudres en permettant de créer de nouvelles générations de particules avec des propriétés et/ou fonctionnalités modifiées ou améliorées [7]:

- La structure chimique de la surface des particules.
- Les propriétés de surface.
- Les propriétés physiques (optiques, magnétiques, électriques, mécaniques).
- Les propriétés thermodynamiques.
- L'isolation des particules d'autres substances.
- L'utilisation efficace des matériaux rares.

Chapitre IV

Généralités sur la fabrication

Toute pièce mécanique évolue d'un état initial, correspondant à la pièce brute, vers un état final, représentatif du contrat de départ qu'est le dessin de définition. La valeur ajoutée représente l'ensemble des opérations à effectuer (usinage, traitement, etc.)

IV.1- Principaux services mis en jeu dans une entreprise de fabrication

Parmi les principaux services de l'entreprise on trouve[12]:

IV.1.1- Bureau d'études

Sa mission est de :

- Concevoir avec les services marketing et commercial, pour développer de nouveaux produits et nouveaux processus.
- Etudier et résoudre les problèmes liés aux nouveaux produits, d'applications nouvelles ou de perfectionnement des produits de l'entreprise.
- Superviser une équipe d'ingénieurs et de techniciens d'étude qui réalisent ou étudient les plans ou spécifications des produits ou les équipements fabriqués par l'entreprise.
- Travailler en relation avec la fonction commerciale pour tenir compte de l'impératif du marché, et avec la fonction technique et le bureau des méthodes pour proposer des produits économiquement rentables et mieux adaptés aux possibilités techniques de l'entreprise.
- Fournir au bureau des méthodes des éléments qui permettent de réaliser de nouveaux produits.

IV.1.2- Le bureau des méthodes

Le bureau des méthodes est responsable de l'étude et de la préparation à la fabrication (analyse de fabrication, étude des moyens, études des temps et l'usinage des pièces).

Ce qui consiste à prévoir, préparer, lancer puis superviser le processus d'usinage permettant de réaliser des pièces conformes au cahier des charges exprimé par le dessin de définition, en respectant un programme de production donné, dans un contexte technique, humain et financier déterminé.

- Le préparateur méthodes doit connaître toutes les techniques de fabrication, proposer des solutions les plus adaptées.

- Travailler en étroite collaboration et de manière continue avec le bureau d'études.
- Le bureau d'études et le bureau des méthodes doivent avoir un dossier comprenant:
 - Les dessins de définition des produits à fabriquer.
 - Le programme de fabrication (qualité, délais, cadence.).
 - Les moyens disponibles et ceux envisagés.

Ceci afin de prévoir et résoudre à l'avance au niveau de la conception, les problèmes liés à la fabrication (réalisation) du produit.

Lors d'une analyse de fabrication, le préparateur devra avoir constamment à l'esprit que:

- Les procédés de fabrication retenus doivent être réalisés.
- Les tolérances et spécifications fixées doivent être respectées.
- Le coût de fabrication doit être minimisé.
- L'ouvrier doit travailler dans des conditions normales.

Pour cela, plusieurs étapes organisées en suite logique doivent être envisagées.

1^{er} étape:

Cette étape est impérative pour la suite de l'analyse de fabrication, elle consiste en :

- La lecture du dessin de définition et sa cotation (dimensions, tolérances, spécifications).
- L'analyse technique du dessin (il faut avoir une image très précise de l'utilisation).
- La lecture des spécifications liées à l'état de surface des pièces (rugosité).

2^{eme} étape:

- Analyse de la pièce en vue de sa fabrication.
- Mise en évidence des surfaces à usiner.
- Possibilité de réaliser ces surfaces : A ce stade de l'analyse et de la réflexion, il est souhaitable d'envisager la fabrication avec les moyens qui composent le parc machines-outils.

- Recherche des éléments géométriques de référence : Elle conditionne la première prise ou reprise de la pièce lors de la première phase, et dont dépend toute la suite logique de l'analyse de fabrication. Pour cela, la cotation de la pièce met en évidence le référentiel de départ pour la prise de la pièce.

- Association des surfaces : Les surfaces associées sont en général celles usinées lors d'une même phase ou sous phase, c'est -à-dire sans reprise de la pièce.

3^{eme} étape:

Cette étape consiste à regrouper les opérations élémentaires en sous phase et en phase, puis à ordonner convenablement toutes ces interventions pour le processus de fabrication.

2 - Méthodologie d'élaboration de processus d'usinage:

La méthode la plus utilisée en fabrication des pièces en série est la méthode développée, dont le schéma de principe est représenté sur la figure (IV.1) [12].

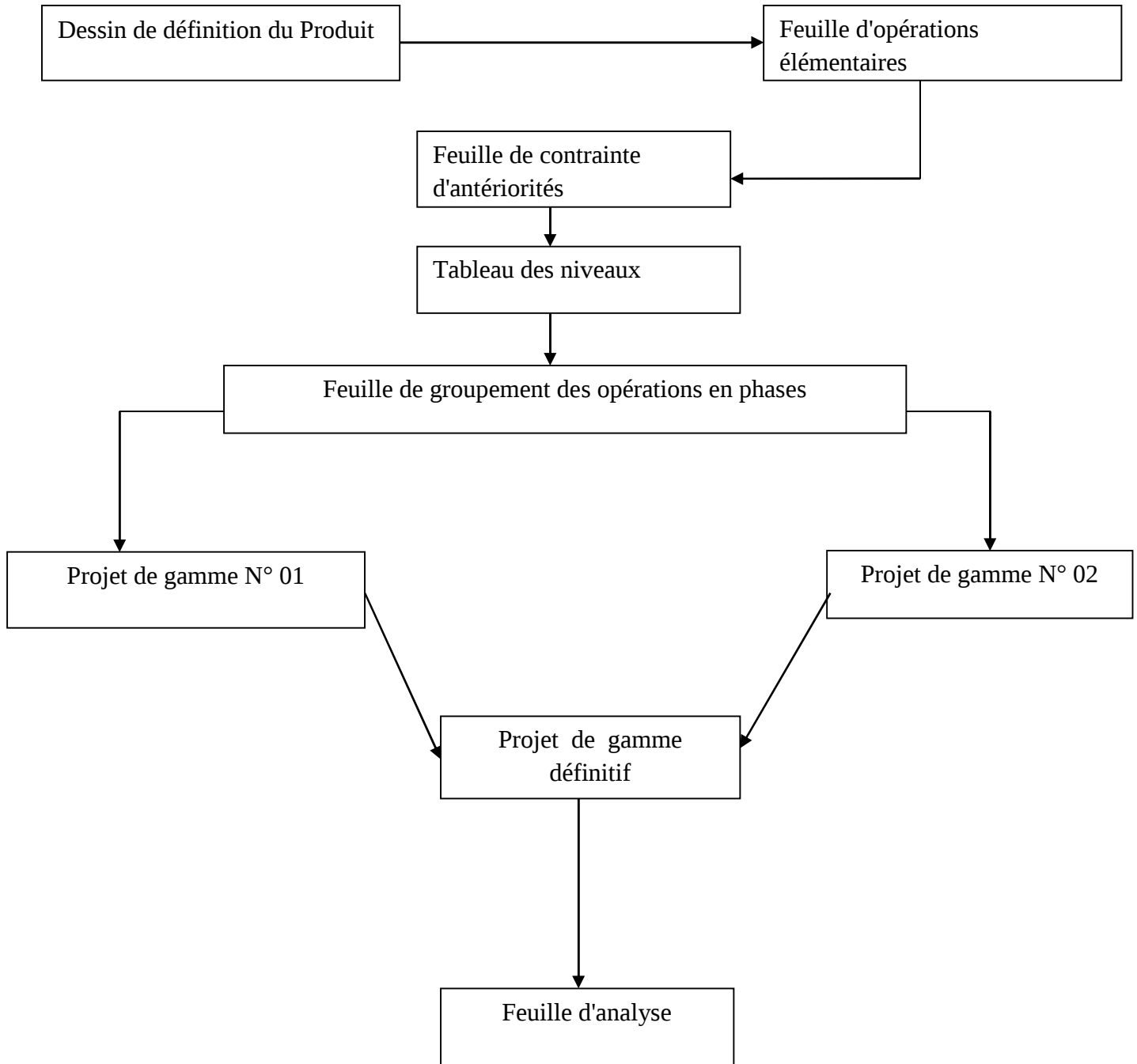


Figure IV.1 : Schéma directeur de la méthode développée de traitement de gammes d'usinage

IV.3 - Principe de la méthode développée[12]

IV.3.1 - Repérage des surfaces

Le repérage des surfaces (brutes et usinées) se fait après l'étude du dessin de définition. Le repérage des surfaces usinées se fait par des chiffres et les surfaces brutes par des lettres suivies d'indices.

IV.3.2 - Le graphe de liaison

Le graphe de liaison met en évidence la cotation fonctionnelle entre les surfaces suivant les axes (OX, OY, OZ) et détermine les transferts des cotes, lorsque deux (02) surfaces ne possèdent pas de cotes de liaison et que l'une d'entre elles sert de référentiel.

IV.3.2.1- Les contraintes dimensionnelles

Sont des cotes de liaison entre les surfaces exigées par le dessin de définition avec des intervalles de tolérances bien précis.

IV.3.2.2 - les contraintes géométriques

On distingue deux types:

a. les contraintes géométriques de position

Elles regroupent les contraintes liées aux positions relatives des surfaces des pièces tels que le parallélisme, la perpendicularité, la co-axialité, l'inclinaison...

b. Les contraintes géométriques de forme

Elles sont liées à la forme des surfaces, telles que la rectitude, la planéité, la circularité, la cylindricité.

Dans le cas de l'existence de contraintes géométriques sur le dessin de définition, elles doivent être citées, soit sur le même graphe des contraintes des contraintes dimensionnelles, soit en leurs créant un graphe spécial.

IV.3.2.3 - Les contraintes technologiques

Ces contraintes dépendent des moyens utilisés pour la fabrication. Elles consistent à protéger le matériel de l'atelier et respecter les exigences du bureau d'étude et améliorer la qualité du produit.

IV.3.2.4 - Les contraintes économiques

Le coût de fabrication, la durée de l'usinage et l'usure des outils, nous conditionnent à faire un choix précis sur la fabrication de façon à ce que le coût de revient à l'unité soit minimisé le possible.

IV.3.3 - Tableau des opérations élémentaires

Le tableau des opérations élémentaires regroupe les résultats de l'analyse de la réalisation des surfaces élémentaires.

IV.3.3.1 - Choix du nombre d'opérations élémentaires

Le choix du nombre d'opérations est déterminé à partir de l'intervalle de tolérances, la qualité et des états de surfaces[13].

a. En fonction de l'intervalle de tolérance (IT):

Côtes de longueur < 200 mm	$IT > 0,4$	1 opération
	$0,15 < IT \leq 0,4$	2 opérations
	$0,05 \leq IT < 0,15$	2 à 3 opérations
	$IT < 0,05$	3 opérations

b. En fonction de la qualité (Q):

Côtes obtenues à l'outil d'enveloppe	Q : 12 ; 13	1 opération
	Q : 9, 10, 11	2 opérations
	Q : 7,	3 opérations
	Q : 5, 6	4 opérations

c. En fonction des états de surfaces (Ra et Rt):

$Ra > 8$	$Rt > 40$	1 opération
$2 < Ra \leq 8$	$10 < Rt \leq 40$	2 opérations
$Ra \leq 2$	$Rt \leq 10$	3 opérations

3 - 3 - 2 - Définition des opérations élémentaires :

IV.3.3.2 - Définition des opérations élémentaires

a. Ebauche : C'est une opération qui permet d'enlever le maximum de matière en approchant la côte finale en une ou plusieurs passes.

b. Demi-finition : C'est une opération qui permet d'obtenir une précision géométrique ainsi que la forme les plus proches possibles des exigences finales.

c. Finition : C'est une opération qui permet d'obtenir la dimension de la pièce, ainsi que son état de surface tels exigés dans le dessin de définition.

Il existe la super finition qui permet d'obtenir les tolérances dimensionnelles, géométriques ainsi que l'état de surface exigés.

IV.3.4 - Tableau de regroupement de surface

Les surfaces groupées sont des surfaces qui peuvent être réalisées par le même outil ou plusieurs outils associés. Elles doivent être désignées par une lettre.

IV.3.5 - Tableau des contraintes d'antériorités

Dans ce tableau, nous classons l'ordre des surfaces (brutes, usinées et groupées) et nous cherchons des contraintes d'antériorité de chaque opération élémentaire d'ordre géométrique, technologique et économique.

IV.3.6 - Tableau des niveaux

Le tableau des niveaux est une matrice carrée ou figure des entrées et des sorties. Il ya autant de lignes que de colonnes. On porte toutes les surfaces usinées avec les surfaces brutes sur les premières lignes et colonnes.

L'exploitation de ce tableau se fait suivant le tableau des contraintes d'antériorités.

IV.3.7 - Tableau des groupements en phase

Une fois les niveaux déterminés, on passe au groupement en phase qui consiste à placer les niveaux verticalement. Sur les lignes de chaque niveau, on place les opérations élémentaires de ce dernier.

En fonction des conditions économiques et du parc machine, on groupe les opérations élémentaires en phase d'usinage.

IV.3.8 - Projet de gamme optimal

A partir du tableau des groupements en phase, on procède à la rédaction du processus d'usinage envisagé. On distingue toutes les opérations dans la phase ou sous phase [12].

a- La phase:

la phase est un ensemble des opérations effectuées sur un même poste de travail avec les mêmes opérateurs et les mêmes outillages.

b- La sous phase

La sous phase est une fraction d'une phase déterminée par des changements d'outillage ou de prise de pièces différentes.

c- L'opération:

L'opération est un travail effectué sur la pièce sans changement de la prise de pièce et d'outil et même le mouvement entre la pièce et l'outil.

IV.4- Le choix des machines

Dans une gamme, les machines doivent être choisies afin que les deux conditions suivantes soient satisfaites :

- Les tolérances de forme, de position, de dimension, d'état de surface doivent être respectées.
- Le prix de revient de l'usinage doit être minimisé, surtout dans les productions en série.

Pour chaque machine doit-on envisager l'emploi, on doit connaître :

- le mode d'utilisation de l'outil.
- les équipements standards.
- les équipements spéciaux.
- les limites d'utilisation.

IV.5- Choix des outils de coupe

Il existe actuellement une grande variété d'outil apte à réaliser un usinage. Chaque type d'outil a son domaine d'emploi particulier

Le choix des outils de coupe dépend de :

- Matière à usiner
- la productivité.
- la forme (suivant l'opération à exécuter).
- le sens (le déplacement de l'outil à droit ou à gauche).
- le montage (à l'endroit dans le cas général ou à l'envers dans le cas de tronçonnage).
- la précision et l'état de surface à réaliser.

Ce dernier dépend du choix du rayon de bec (r_E), qui se fait en fonction de l'opération à effectuer, ébauche ou finition.

IV.5.1 Travaux d'ébauche

Il faut choisir un rayon de bec plus grand, afin :

- D'obtenir une arête de coupe résistante.
- Résiste à l'effort de coupe, ce qui améliore généralement la durée de vie de l'outil.
- Dissipation de chaleur.

En pratique les rayons les plus couramment utilisés sont 1.2 et 1.6. Il est essentiel que l'avance choisie ne dépasse pas les valeurs indiquées dans le tableau suivant :

Rayon du bec (mm)	0.4	0.8	1.2	1.6
Avance max f (mm/tr)	0.25 à 0.35	0.4 à 0.5	0.5 à 1	0.7 à 1.3

TableauIV.1 Avances maximales pour de différents rayons de bec

IV.5.2 Travaux de finition

Le rayon de bec conditionne la rugosité de la surface si on présume que la pièce est la reproduction fidele d'une partie du profil de l'outil à l'échelle micro géométrique, la profondeur totale de rugosité vaut :

$$R_t = \frac{f^2}{8r\varepsilon} \times 1000 \quad \rightarrow f = \sqrt{R_t \times 8r\varepsilon / 1000}$$

Rt (µm)	4	8	15	27	24
Ra (µm)	0.8	1.2	3.2	6.3	12.5

Tableau IV.2 : Tableau des conversions

IV.6- Choix des conditions de coupe :

Le choix des conditions de coupe (V_c , f , a , R_ε , ...etc.) pour un matériau donné dépend du type d'opération à réaliser :

- **En ébauche** : Rechercher le débit de coupeaux maximal au cout minimal.

Les principaux paramètres à considérer étant :

- la durée de vie de l'arrête de coupe.
- les efforts de coupe.

- **En finition** : Rechercher la qualité dimensionnelle, micro géométrique de la surface.

Le principal paramètre à prendre en compte étant la rugosité de la surface usinée.

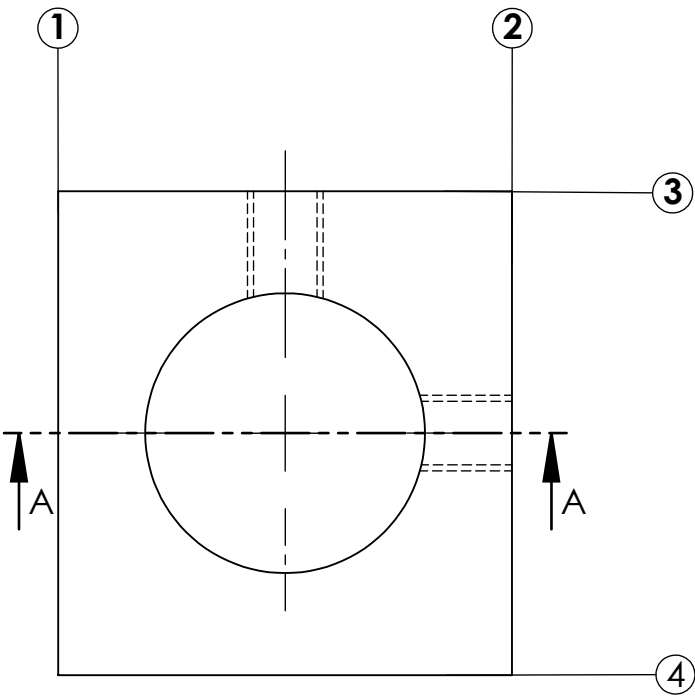
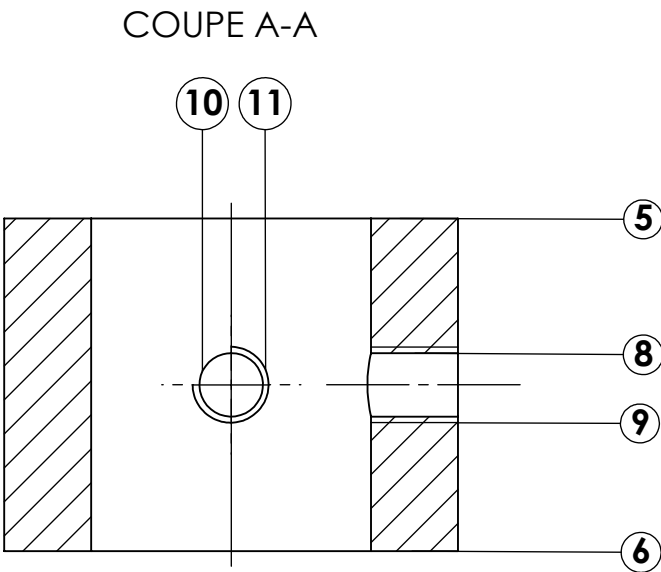
Chapitre V

Etude de fabrication

Feuille d'analyse de fabrication

Support marteau

Repérage des surfaces de support marteaux

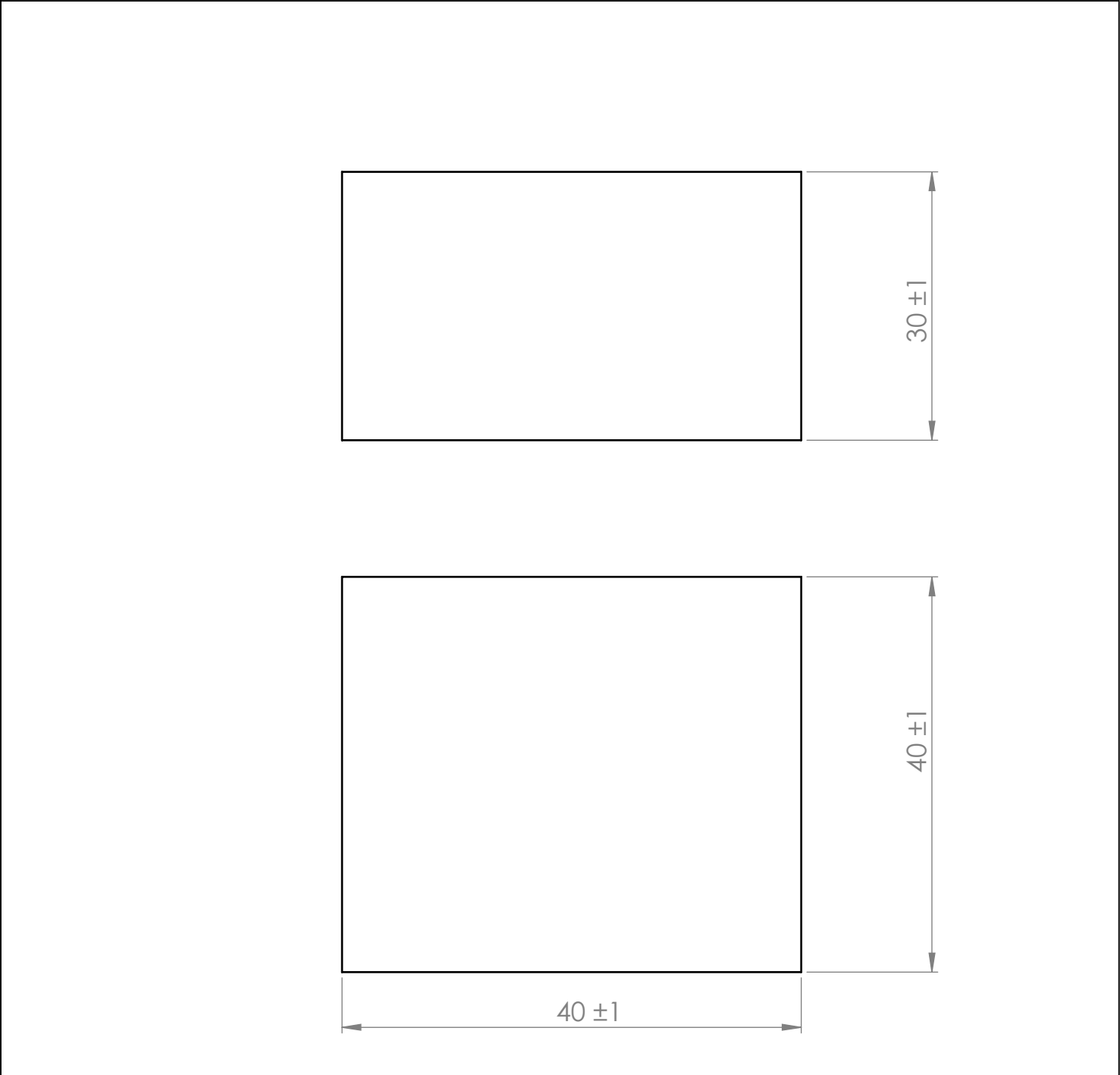


Les feuilles d'analyse de fabrication:

A- Feuille d'analyse de support marteau:

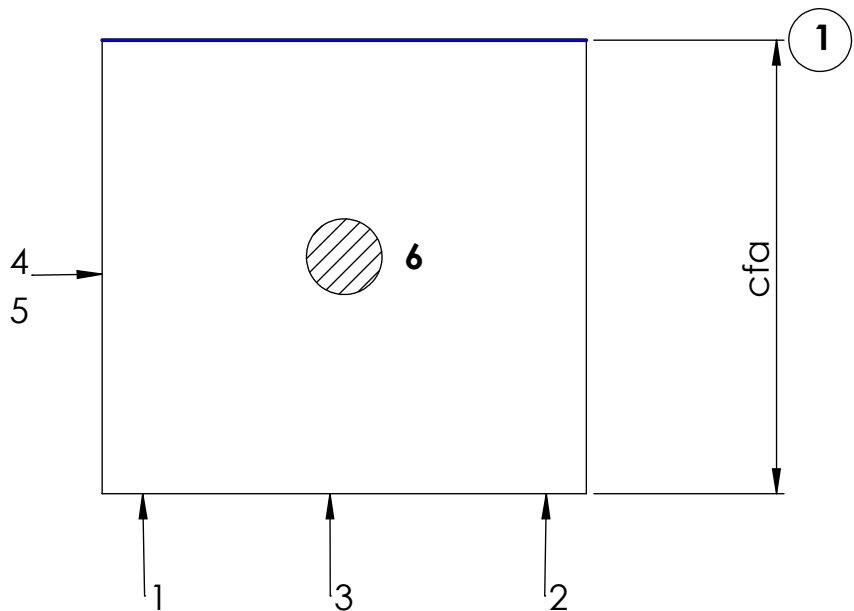
Ensemble: Réacteur de mécanofusion		Matière: Z6CND17 12	
Organe: Support marteau		Brut: Laminé	
		Cadence: travail unitaire	
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisée	Moyens de contrôles
100	Tronçonnage du brut	Scie mécanique	Règle graduée

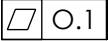
Croquis de la pièce



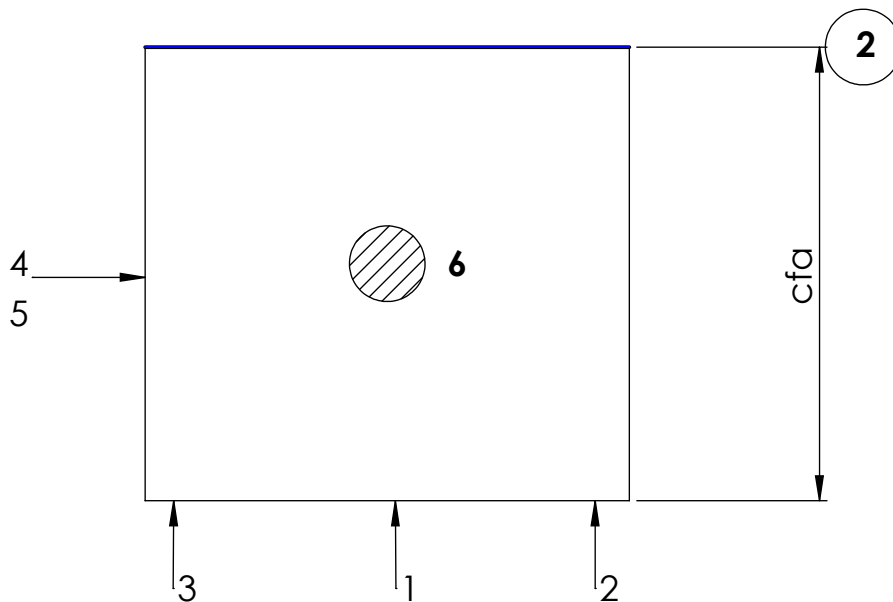
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation de sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase: 210 Référentiel de départ défini par: - Appui plan, sur la surface ② en 03 normales (1,2,3) - Appui linéaire, sur la surface ⑤ en 02 normales (4,5) - Appui ponctuel, en 01 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) Op 211: Surfaçage de 1E. cfa = 34.5 Op 212: Surfaçage de 1/2F. cfa = 33.5 Op 213: Surfaçage de 1F. cfa = 33 ± 0.5	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique. - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



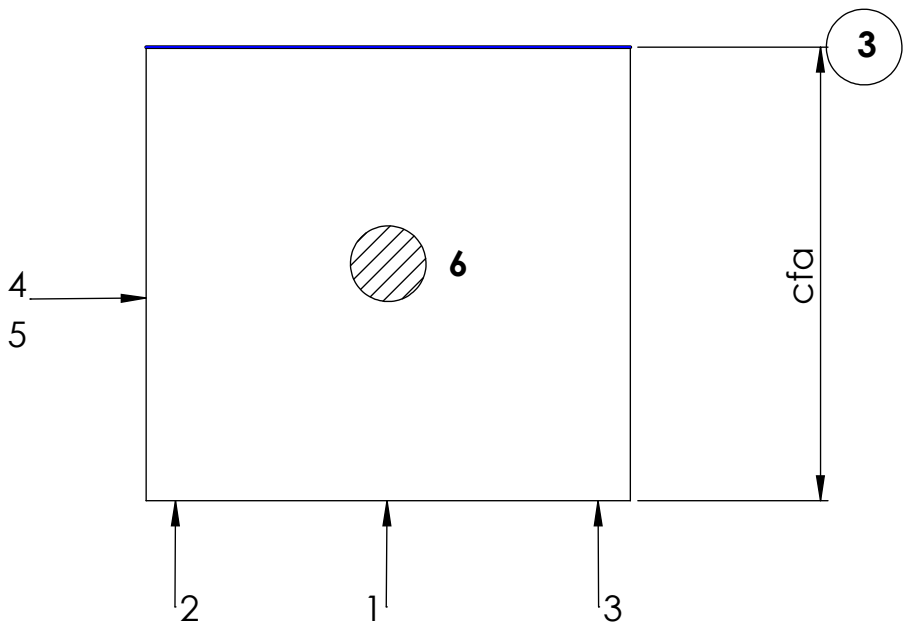
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation de sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: sous phase: 220 Référentiel défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3) -Appui linéaire, en 02 normales (4,5) -Appui ponctuel, en 1 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis) -Op 221: Surfaçage de 2E cfa= 31 -Op 221: Surfaçage de 1/2F cfa= 30.5 -Op 221: Surfaçage de 2F cfa= 30 ± 0.5 $\sqrt{1.6}$ 	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



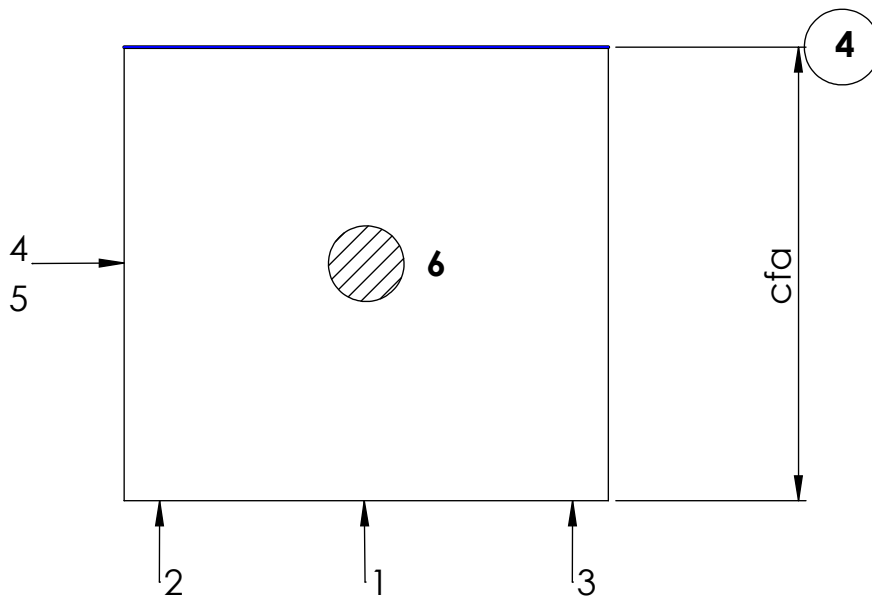
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation de sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase: 230 Référentiel défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3) - Appui linéaire, en 02 normales (4,5) - Appui ponctuel, en 1 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) -Op231: Surfaçage de 3E cfa = 36 -Op232: Surfaçage de 3 en 1/2F cfa = 35.5 -Op233: Surfaçage de 3F cfa = 35 ± 0.5	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



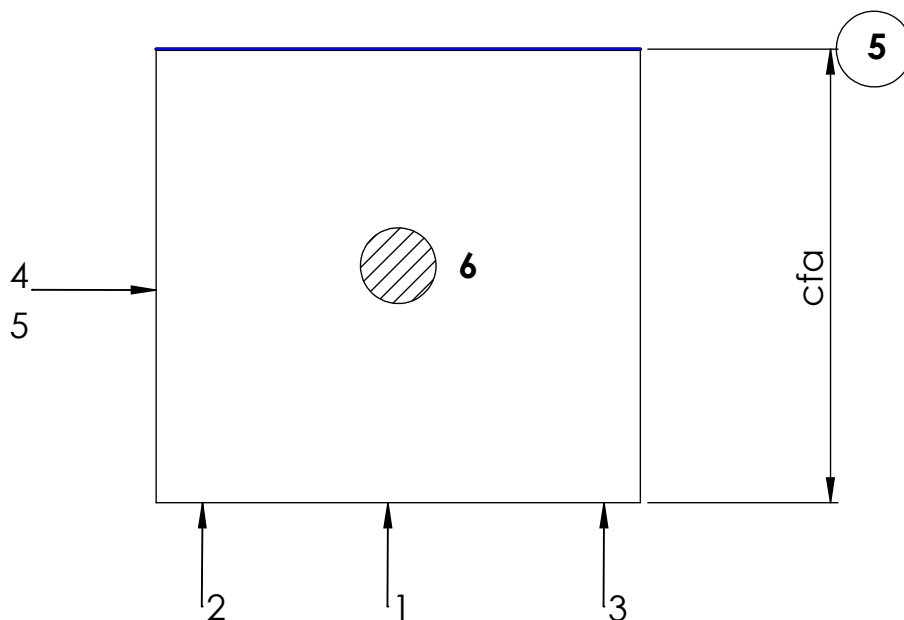
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase: 240 Référentiel de départ défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3) - Appui linéaire, en 02 normales (4,5) - Appui ponctuel, en 11 normale (6). - Serrage (opposé aux appuis) Op 241: Surfaçage de 4E cfa= 33 Op 242: Surfaçage de 4 en 1/2F cfa= 32.5 Op 243: Surfaçage de 4F cfa= 32 ± 0.5	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



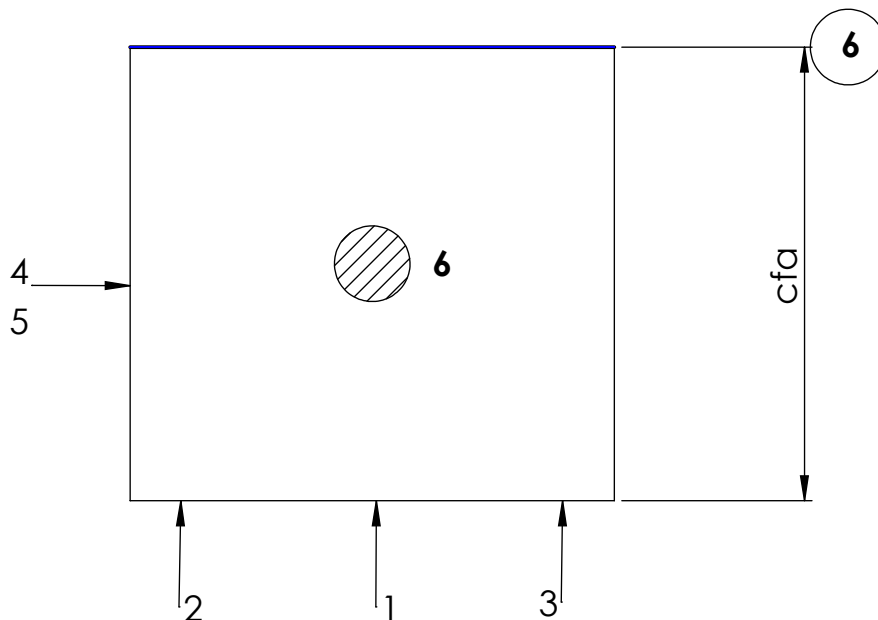
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase: 250 Référentiel défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3) - Appui linéaire, en 02 normales (4,5) - Appui ponctuel, en 01 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) Op 251: Surfaçage de 5E cfa= 26 Op 252: Surfaçage de 5 1/2F cfa= 25.5 Op 253: Surfaçage de 5F cfa= 25 ± 0.5	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



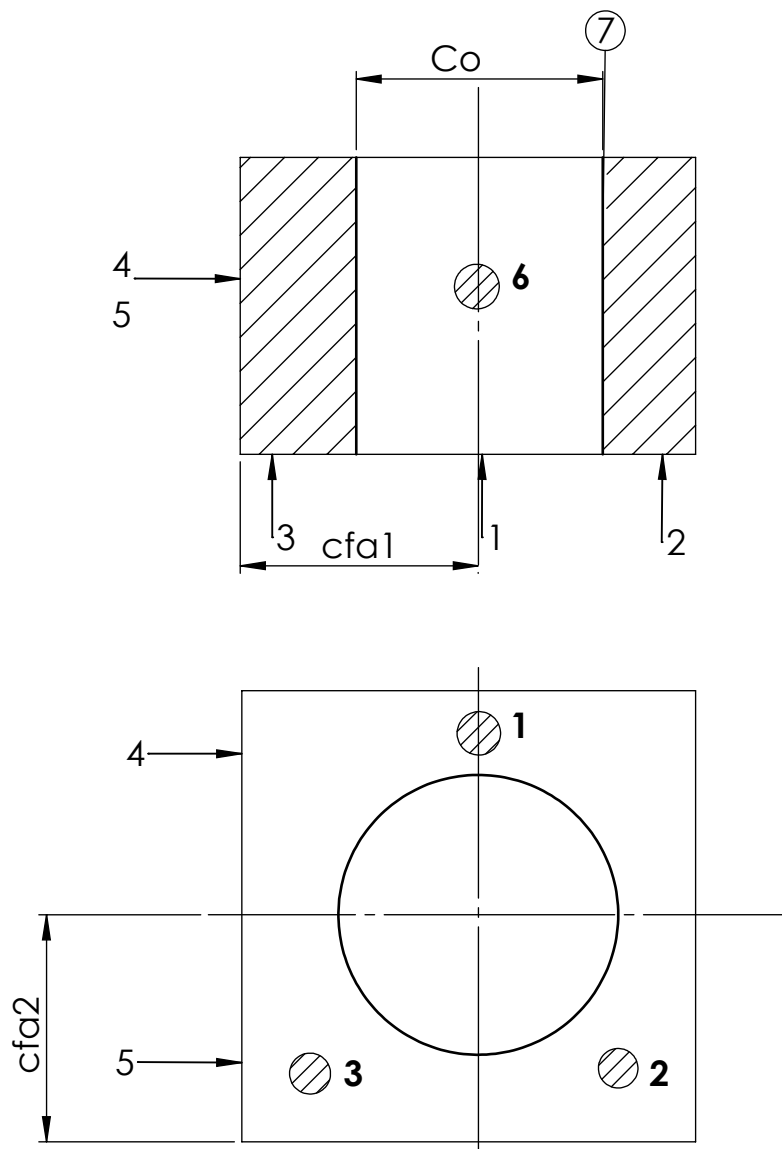
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Sous phase: 260 Référentiel défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3) - Appui linéaire, en 02 normales (4,5) - Appui ponctuel, en 1 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) Op 261: Surfaçage de 6E cfa= 23 Op 261: Surfaçage de 6 en 1/2F cfa= 22.5 Op 261: Surfaçage de 6F cfa= 22 ± 0.5	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



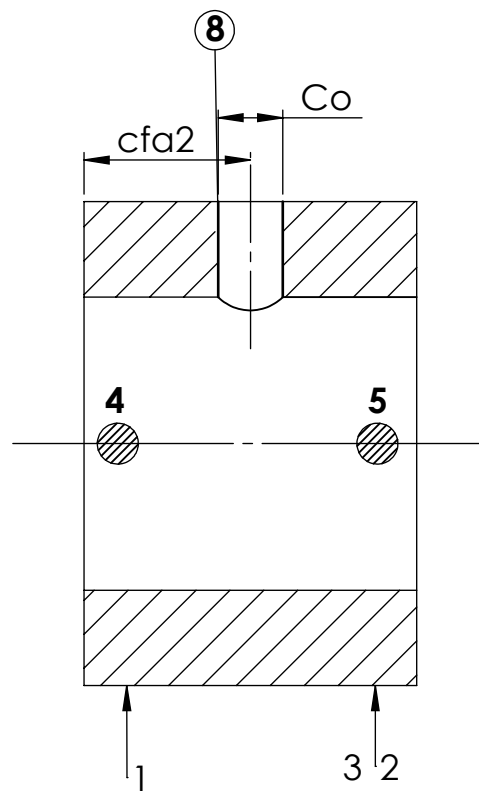
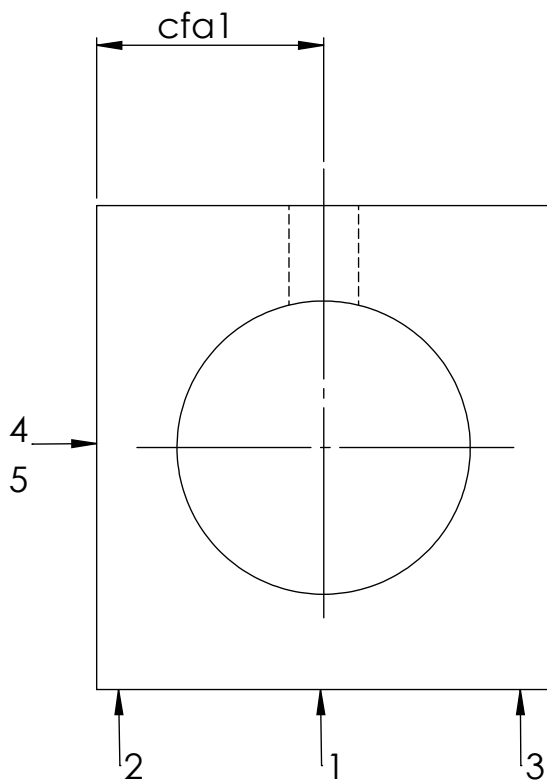
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Perçage Sous phase: 270 Référentiel défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3) -Appui linéaire, en 02 normales (4,5) - Appui ponctuel, en 01 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis) Op 271: Perçage de 7F Cfa1 = 15 ± 0.25 Cfa2 = 16 ± 0.25 Co = 18.5	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique - Foret en ARS $\varnothing 18.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



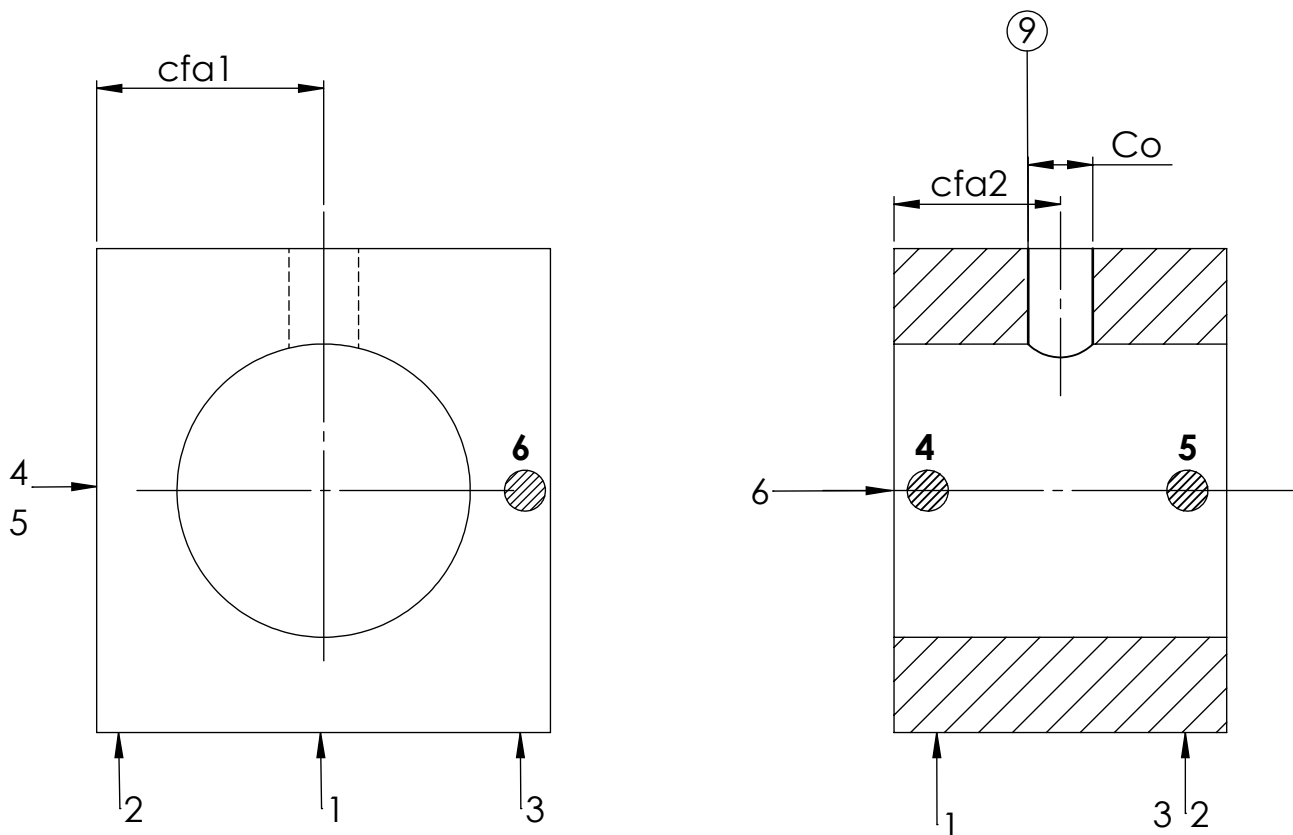
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Perçage Sous phase:280 Référentiel défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3) -Appui linéaire , en 02 normales (4,5) - Appui ponctuel, en 01 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis) Op 281: Perçage de 8F Cfa1 = 15 ± 0.25 Cfa2 = 11 ± 0.25 Co = 4.5	Fraiseuse verticale	- Etou mécanique - Foret en ARS $\phi 4,5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



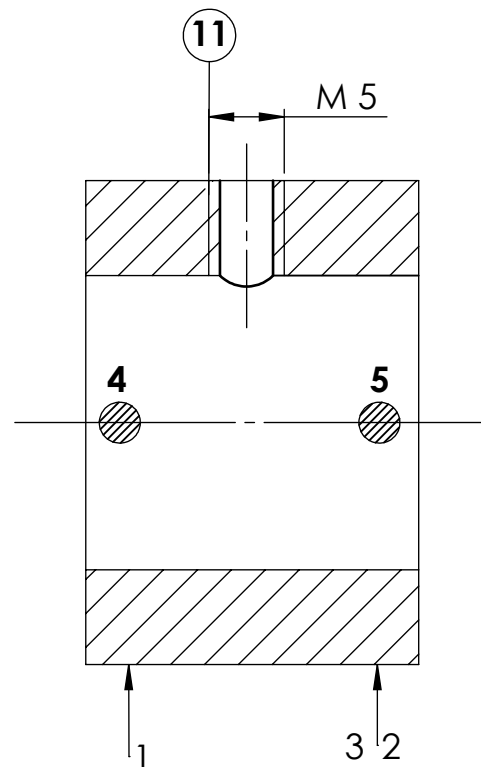
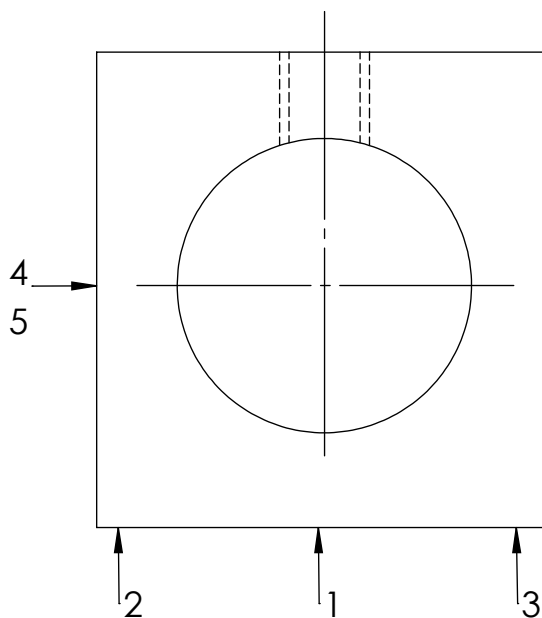
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation de sous phase & opération	Machine utilisée	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Sous phase:290 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3) -Appui linéaire , en 02 normales (4,5) - Appui ponctuel, en 01 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis) Op 291: Perçage de 9F $Cfa1 = 16 \pm 0.25$ $Cfa2 = 11 \pm 0.25$ $Co = 4.5$	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique - Foret en ARS $\phi 4.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



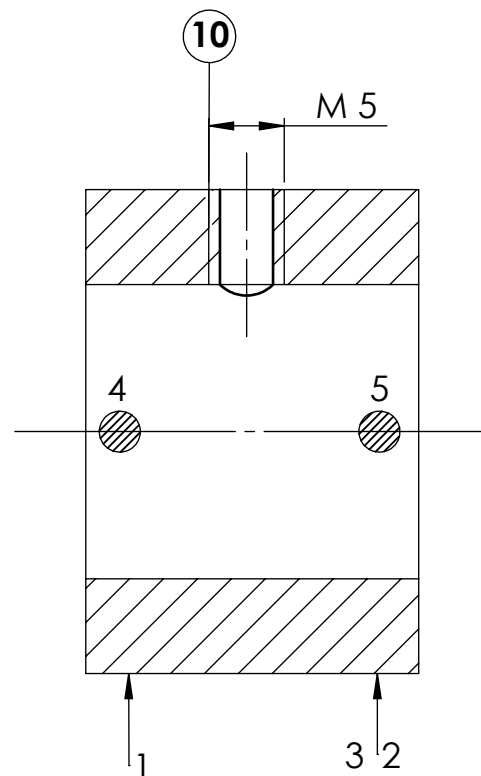
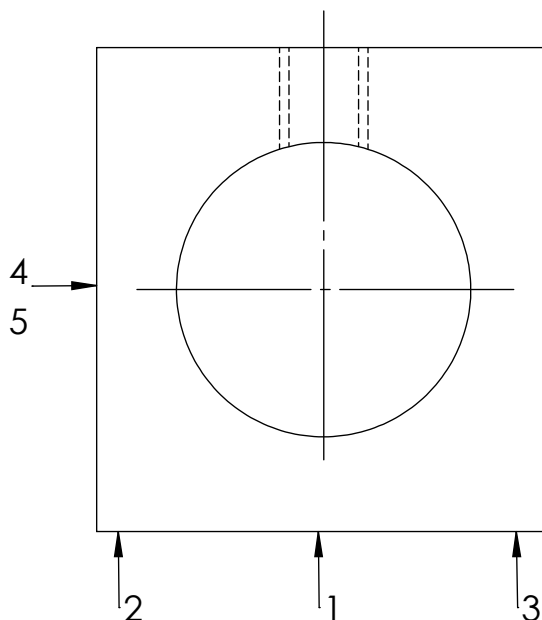
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support marteau		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Taraudage Manuel Sous phase: 320 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3). -Appui linéaire, en 02 normales (4,5). -Appui ponctuel, en 01 normale (6). -Serrage (opposé aux appuis). 321: Taraudage de 11F , en 03 opérations: - Ebauche. - Demi-finition. - Finition.	Taraudage Manuel	- Etau mécanique - Tarauds M5 (ébauche, demi-finition, finition).	Tampon fileté

Croquis de la pièce



Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Support marteaux		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Taraudage Manuel Sous phase: 310 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3). -Appui linéaire, en 02 normales (4,5). -Appui ponctuel, en 01 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis). Op 311: Taraudage de 10F , en 03 opérations - Ebauche - Demi-finition. - Finition.	Taraudage Manuel	- Etau mécanique - Tarauds M5 (ébauche, demi-finition, finition).	Tompon fileté

Croquis de la pièce

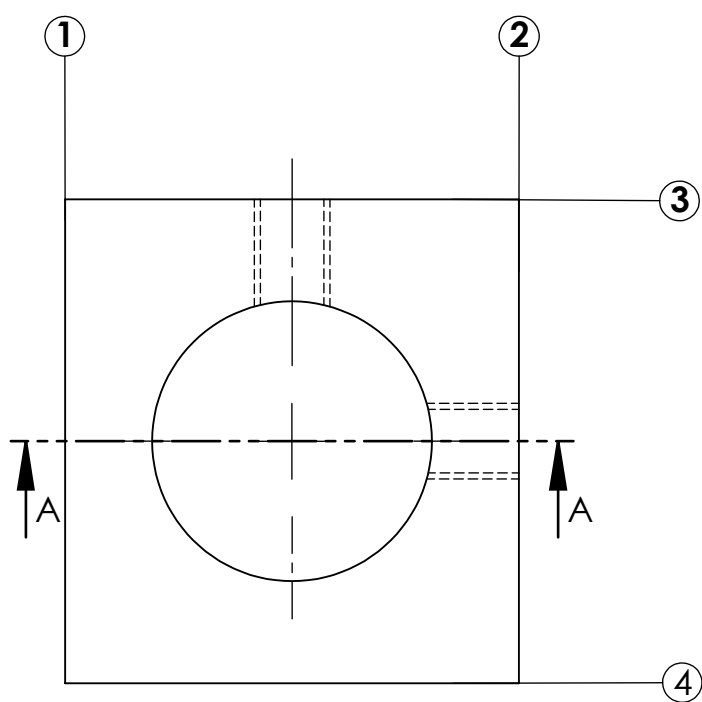
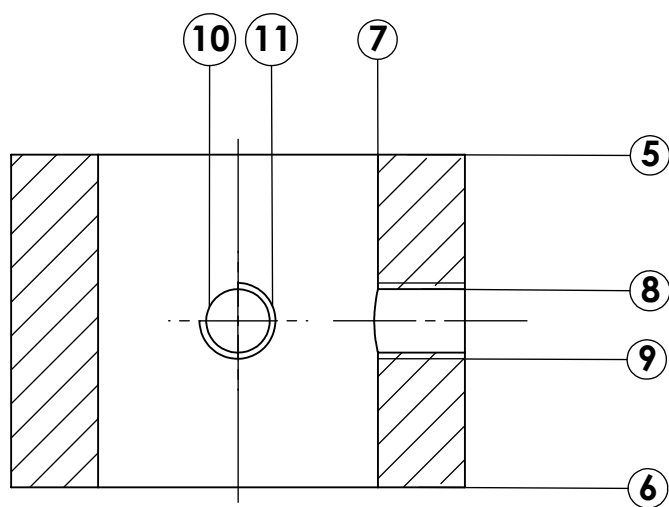


Feuille d'analyse de fabrication

Support racloir

Repérage des surfaces élémentaires de support racloirs

COUPE A-A

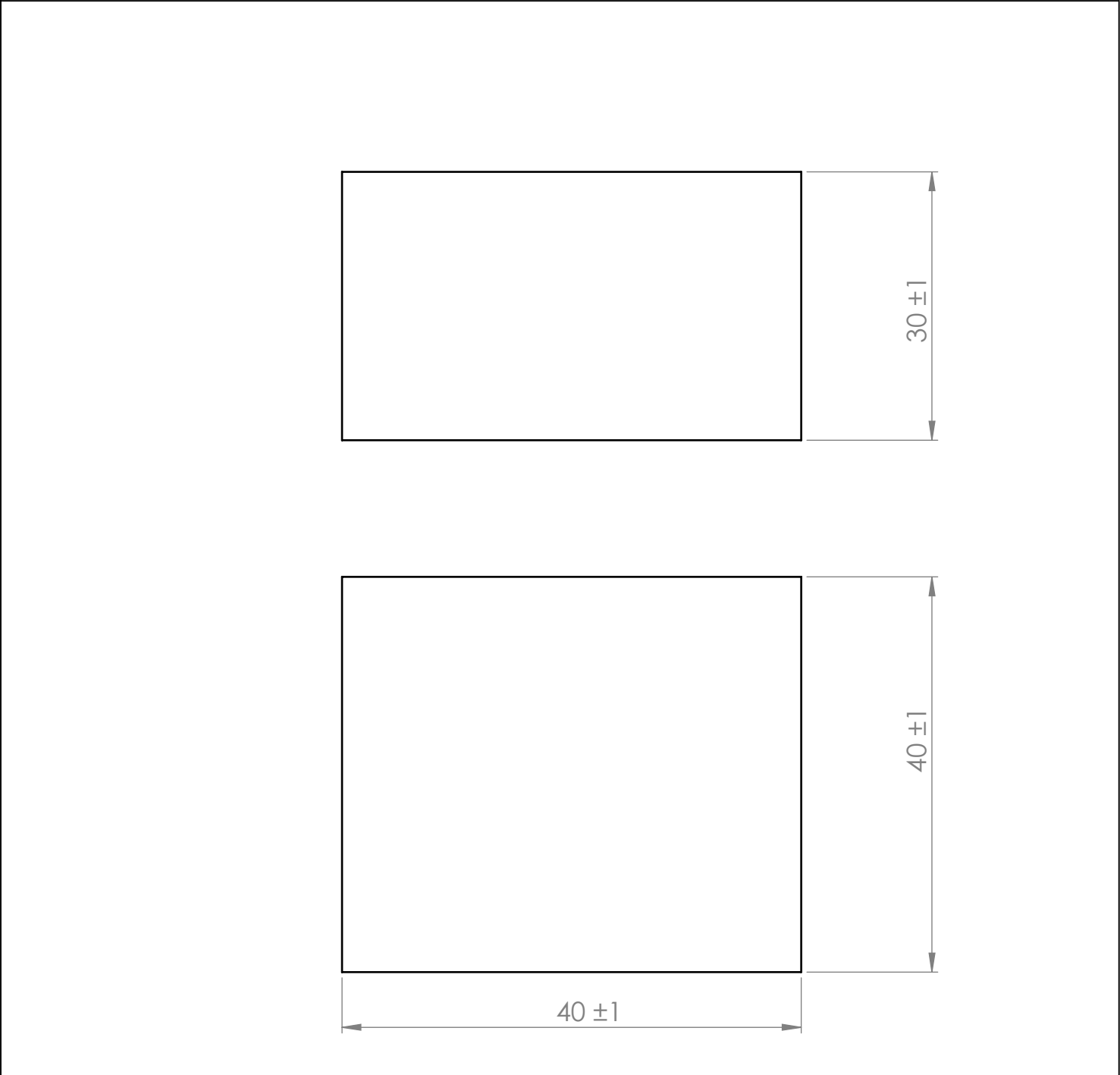


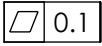
Les feuilles d'analyse de fabrication:

B- Feuille d'analyse de support racloir:

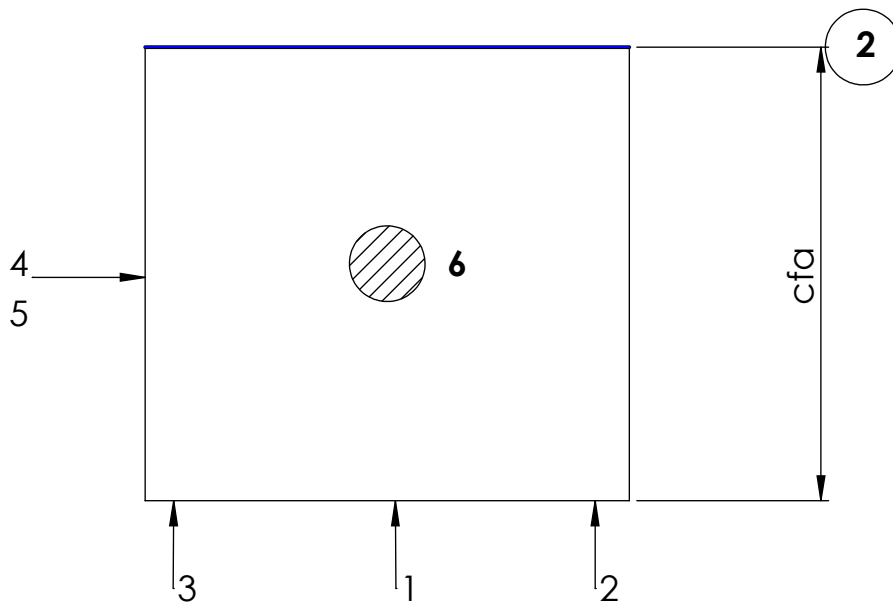
Ensemble: Réacteur de mécanofusion		Matière: Z6CND17 12	
Organe: Support racloir		Brut: Laminé	
		Cadence: travail unitaire	
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisée	Moyens de contrôles
100	Tronçonnage du brut	Scie mécanique	Règle graduée

Croquis de la pièce



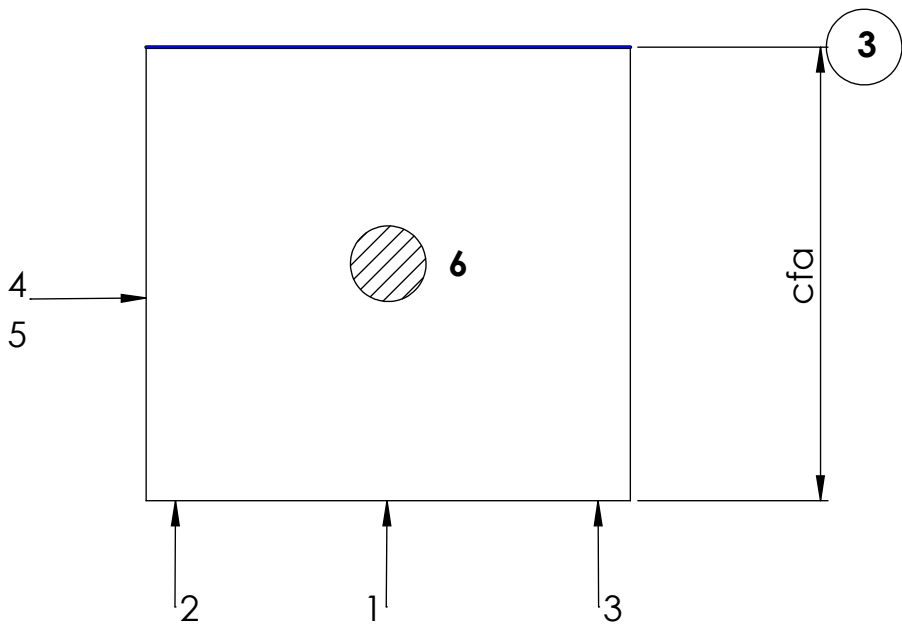
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Support Racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation de sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: sous phase:220 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3). -Appui linéaire, en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel,en 01 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis) Op 221: Surfaçage de 2E cfa= 31 Op 221: Surfaçage de 2 en1/2 F cfa= 30.5 Op 221: Surfaçage de 2F cfa= 30±0.5 1.6/ ✓ 	Fraiseuse Verticale	- Etou mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



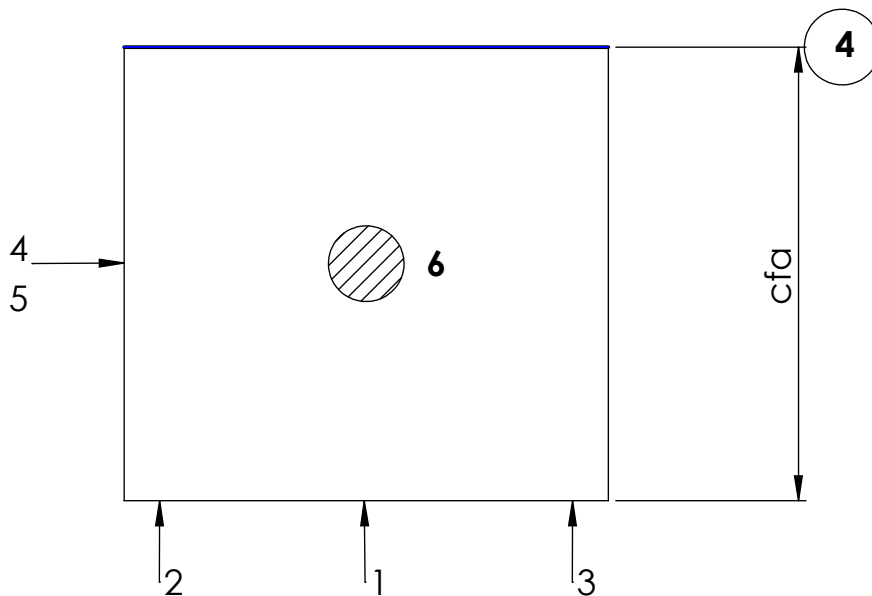
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation de sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase: 230 Référentiel de mise en position défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3). - Appui linéaire, en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel en 01 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) Op231: Surfaçage de 3E cfa = 35 Op232: Surfaçage de 3 en 1/2F cfa = 34.5 Op233: Surfaçage de 3F cfa = 34 ± 0.5 1.6 ✓	Fraiseuse Verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



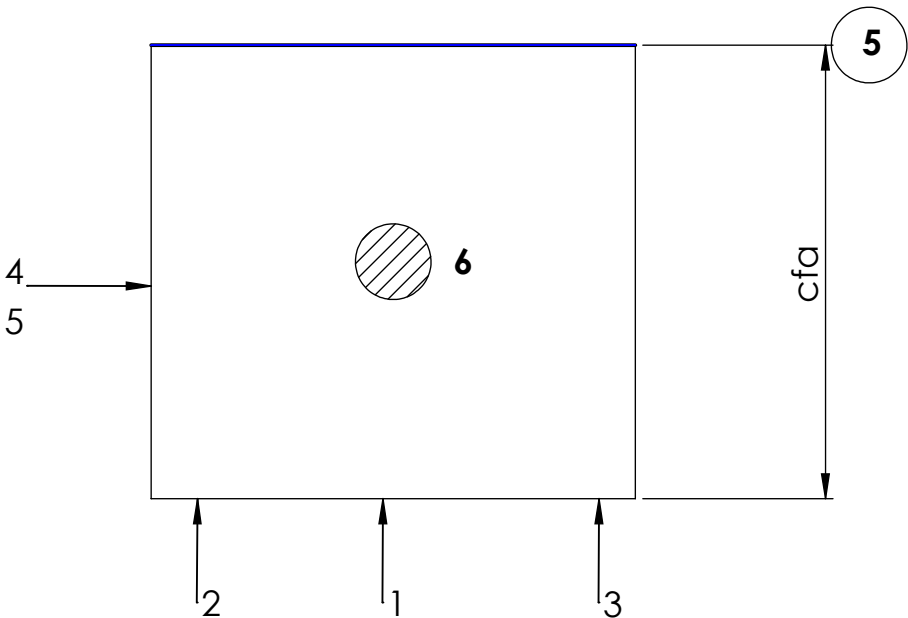
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase: 240 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3). -Appui linéaire, en 02 normales (4,5). -Appui ponctuel, en 01 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis) Op 241: Surfaçage de 4E cfa= 32 Op 242: Surfaçage de 4 en 1/2F cfa= 31.5 Op 243: Surfaçage de 4F cfa= 31 ±0.5 1.6/√	Fraiseuse verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



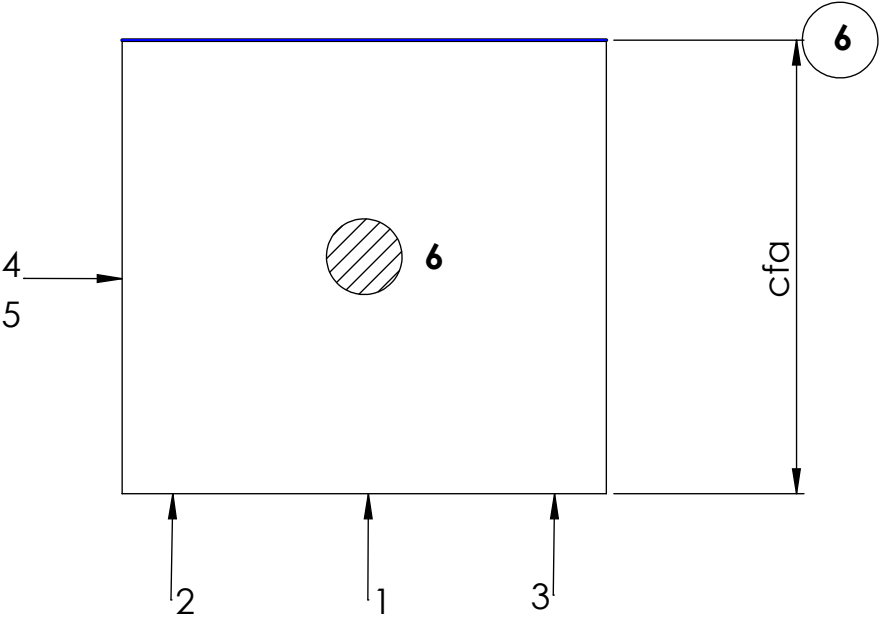
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Support racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase: 250 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3). -Appui linéaire, en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel, en 1 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis) Op 251: Surfaçage de 5E cfa= 26 Op 252: Surfaçage de 5 en 1/2F cfa= 25.5 Op 253: Surfaçage de 5F cfa= 25 ± 0.5	Fraiseuse Verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



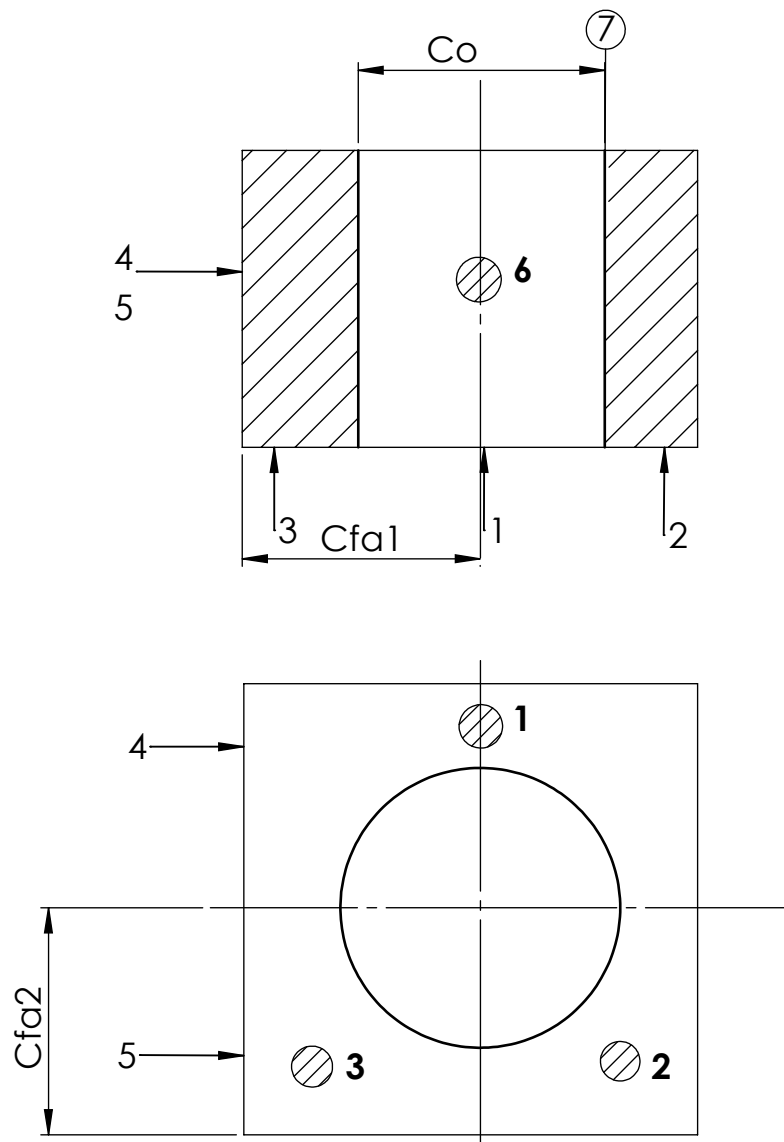
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Support racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase: 260 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan, en 03 normales (1,2,3). -Appui linéaire ,en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel, en 01 normale (6) -Serrage (opposé aux appuis) Op 261: Surfaçage de 6E cfa= 23 Op 262: Surfaçage de 6F cfa= 22.5 Op 263: Surfaçage de 6F cfa= 22 ± 0.5	Fraiseuse Verticale	- Etau mécanique - Fraise à plaquettes amovible en carbure métallique de $\varnothing 80$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



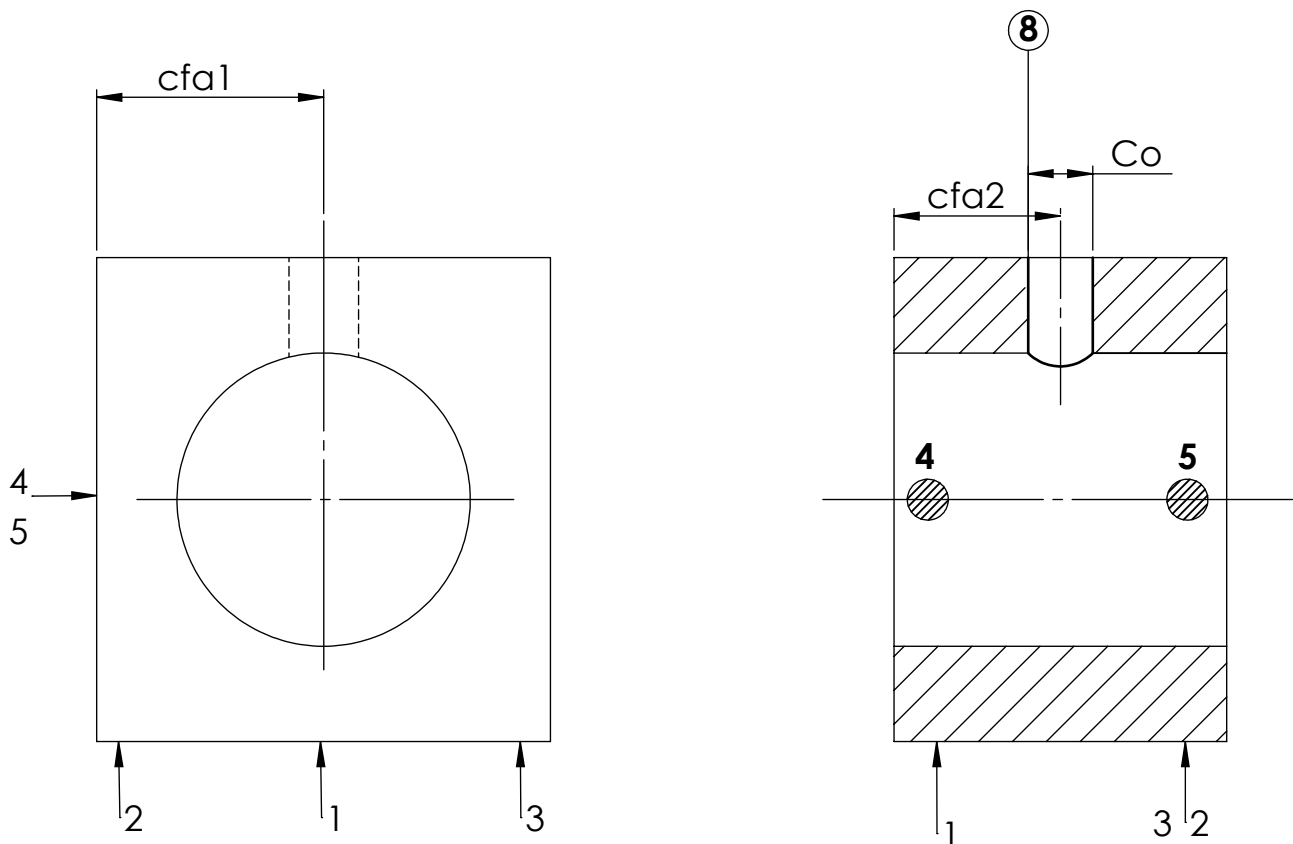
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Support racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Cadence: travail unitaire		
N° Phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Perçage Sous phase: 270 Référentiel de mise en position défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3). - Appui linéaire, en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel, en 01 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) Op 271: Perçage de 7F $Cfa1 = 15 \pm 0.25$ $Cfa2 = 15.5 \pm 0.25$ $Co = 12.5$	Fraiseuse Verticale	- Etau mécanique - Foret en ARS $\phi 12.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



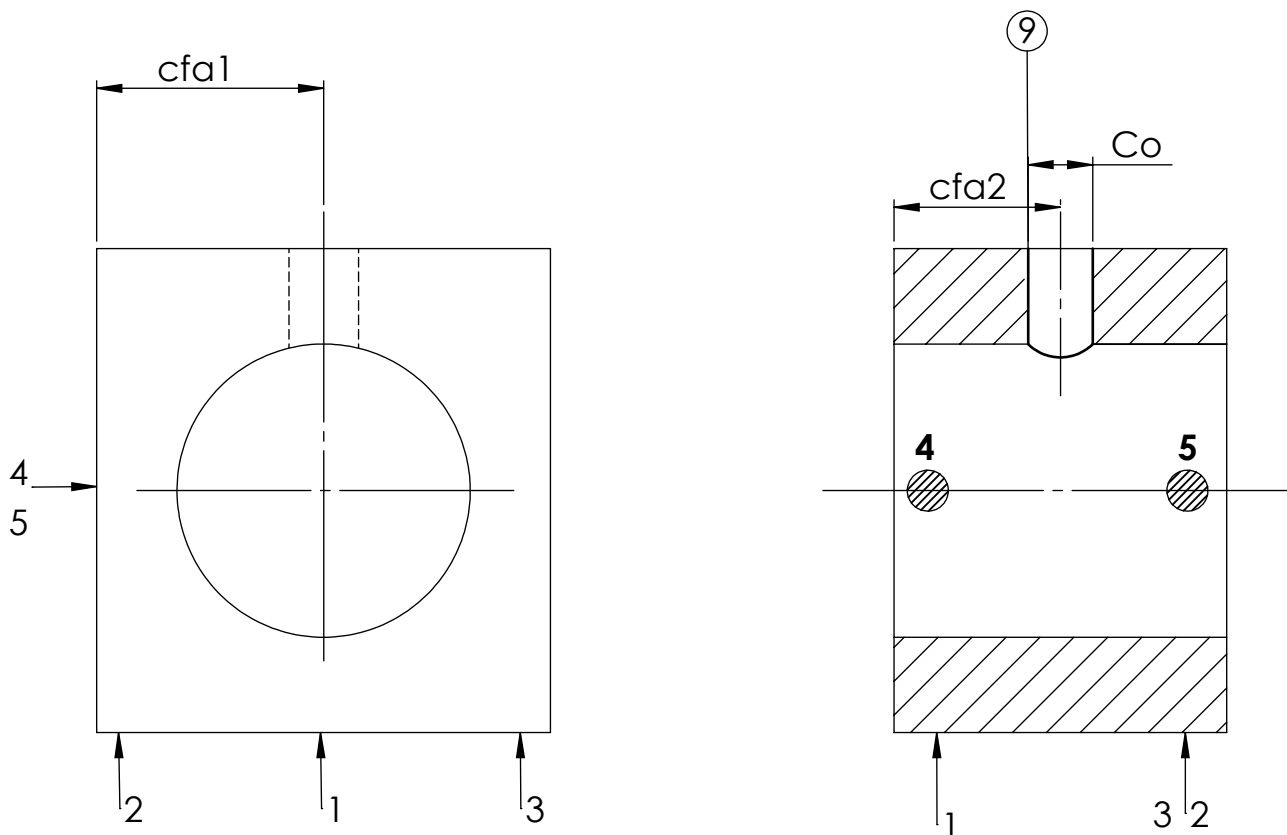
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Support racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Perçage Sous phase: 280 Référentiel de mise en position défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3). - Appui linéaire, en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel, en 01 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) Op 281: Perçage de 8F Cfa1 = 15 ± 0.25 Cfa2 = 11 ± 0.25 Co = 4.5	Fraiseuse Verticale	- Etau mécanique - Foret en ARS $\phi 4,5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



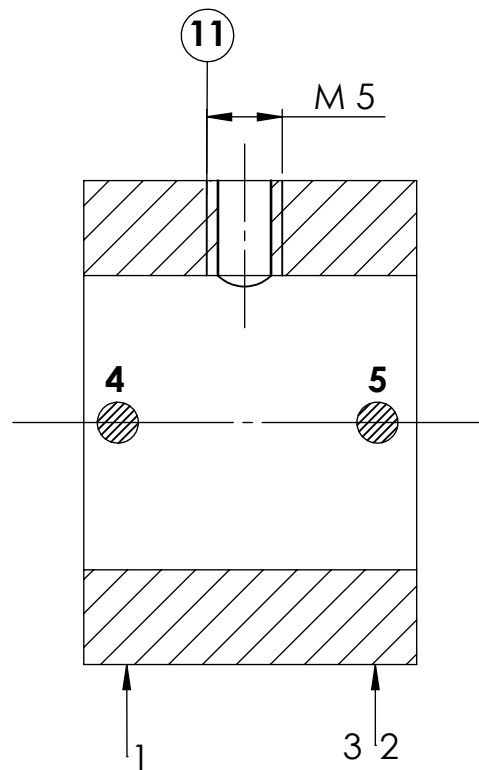
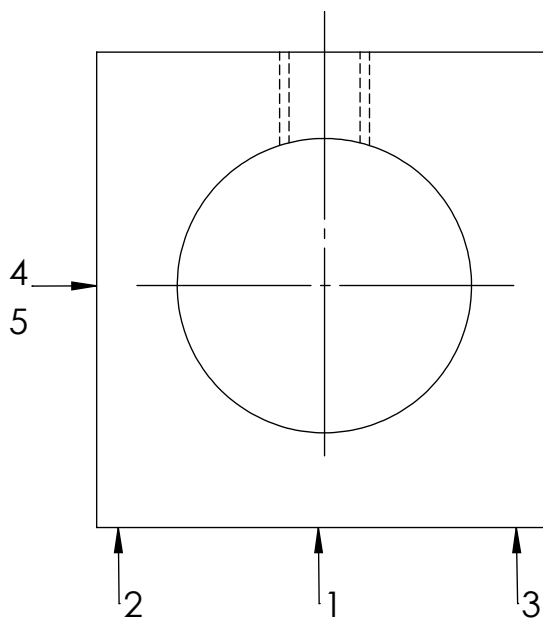
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Support marteaux		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Perçage Sous phase: 290 Référentiel de mise en position défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3). - Appui linéaire, en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel, en 01 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) Op 291: Perçage de 9F Cfa1 = 15.5 ± 0.25 Cfa2 = 11 ± 0.25 Co = 4.5	Fraiseuse Verticale	- Etau mécanique - Foret en ARS $\phi 4.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



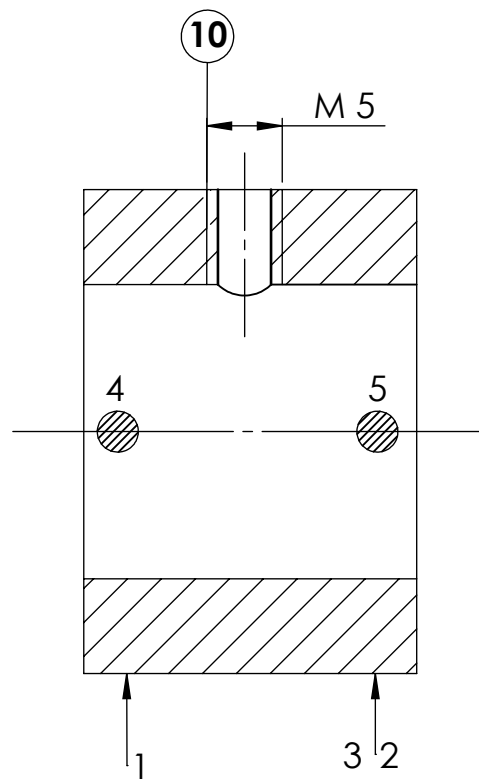
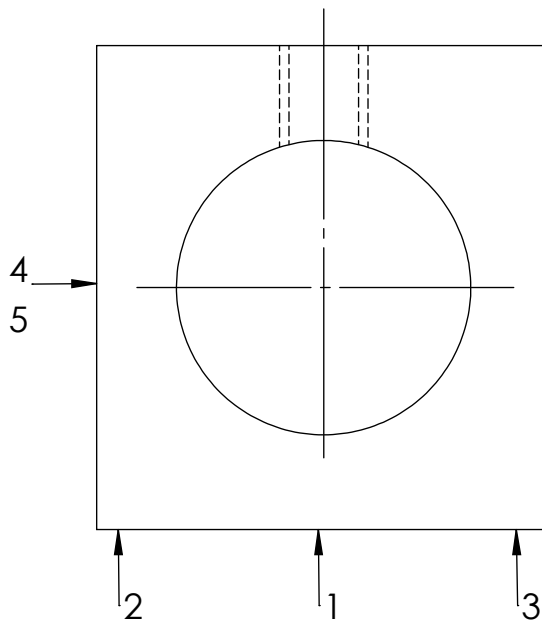
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Support racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Taraudage: Sous phase: 320 Référentiel de mise en position défini par: - Appui plan, en 03 normales (1,2,3). - Appui linéaire, en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel, en 01 normale (6) - Serrage (opposé aux appuis) 321: Taraudage de 11F , en 03 opératio: - Ebauche. - Demi-finition. - Finition.	Taraudage Manuel	- Etau mécanique - Tarauds M5 (ébauche, demi-finition, finition)	tampon fileté

Croquis de la phase



Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Support racloir		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation du sous phase & opération	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Taraudage: Sous phase: 310 Référentiel de mise en potion défini par: - Appui plan, en 30 normales (1,2,3). - Appui linéaire, en 02 normales (4,5). - Appui ponctuel, en 01 normale (6). - Serrage (opposé aux appuis) Op 311: Taraudage de 10F , en 03 opérations - Ebauche. - Demi-finition. - Finition.	Taraudage Manuel	- Etau mécanique - Tarauds M5 (ébauche, demi-finition, finition).	Tampon fileté

Croquis de la pièce

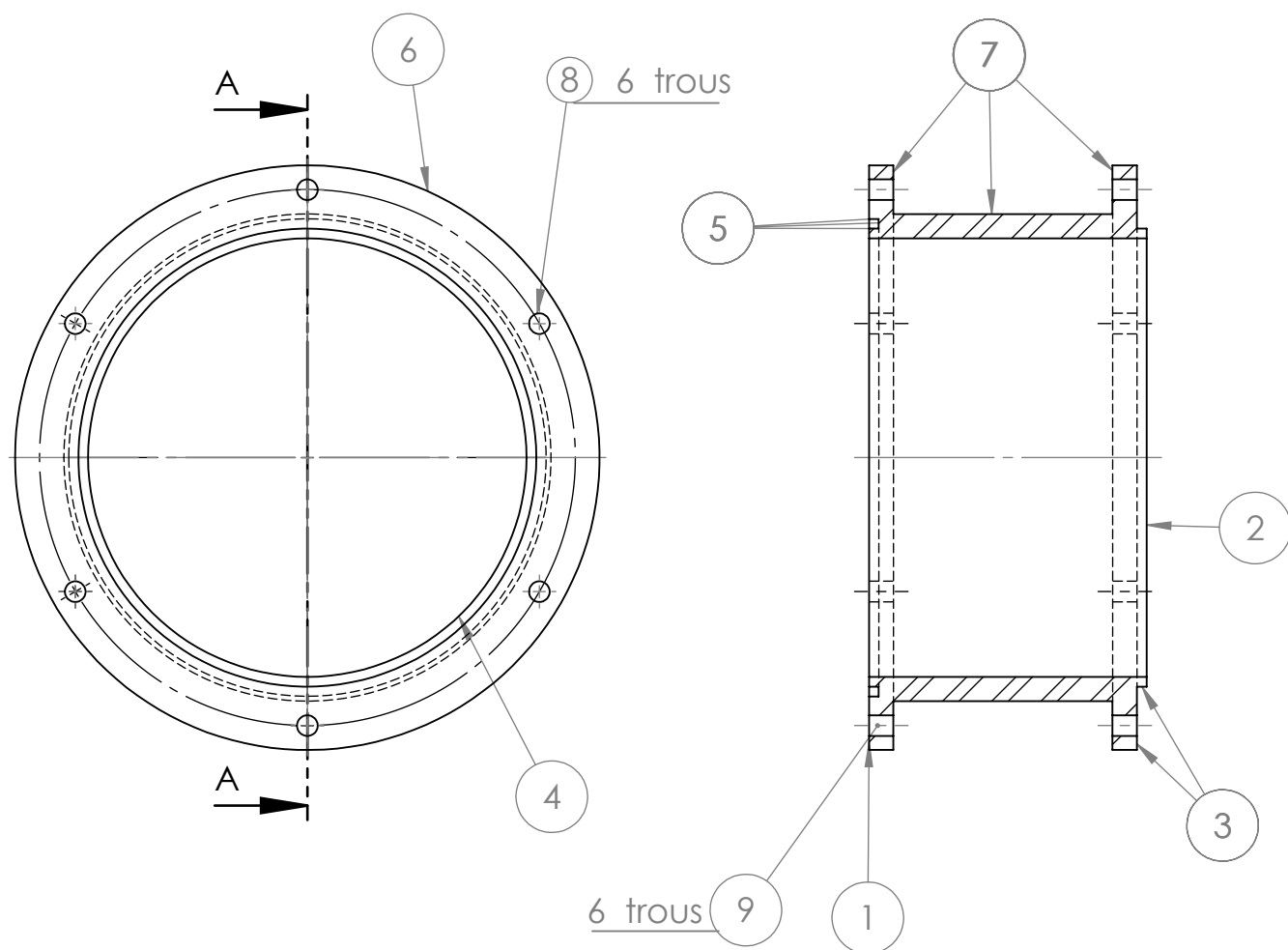


Feuille d'analyse de fabrication

Corps inferieur

Repérage des surfaces élémentaires de corps inférieur

COUPE A-A

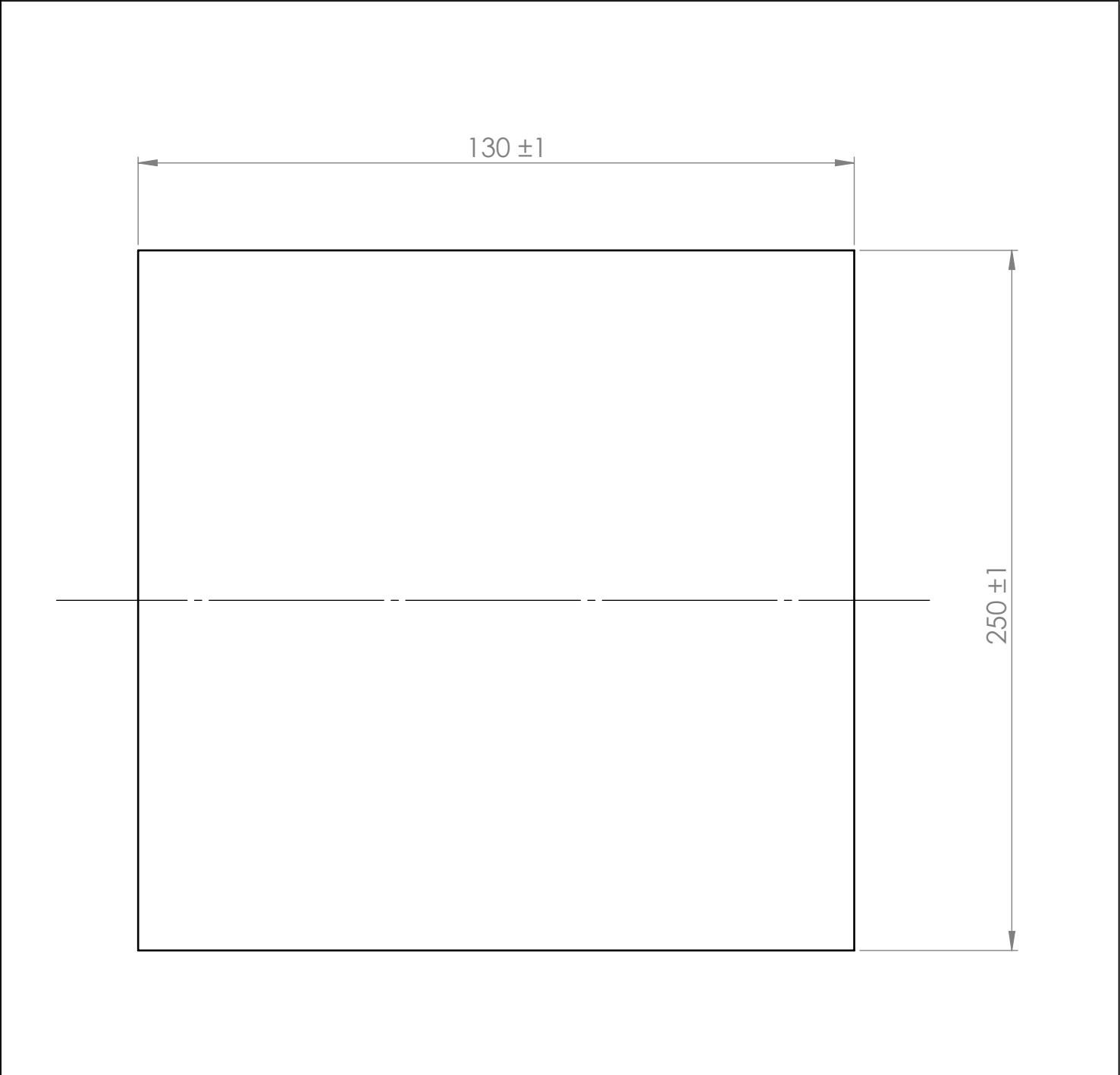


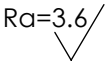
Les feuilles d'analyse de fabrication:

C- Feuille d'analyse de corps inférieur:

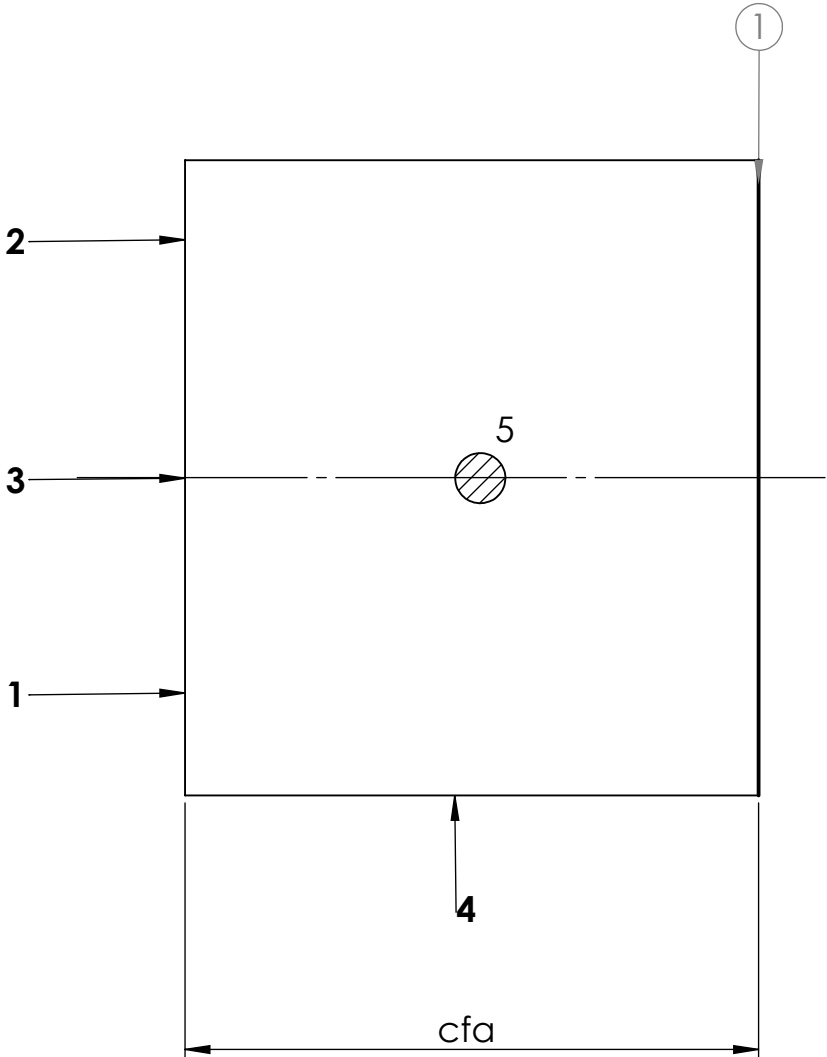
Ensemble: Réacteur de mecanofusion		Matière: Alliage d'aluminium	
Organe: Corps inferieur		Brut: Moulage	
		Cadence: travail unitaire	
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisée	Moyens de contrôles
100	Contrôle du brut	Scie mécanique	Règle graduée

Croquis de la pièce



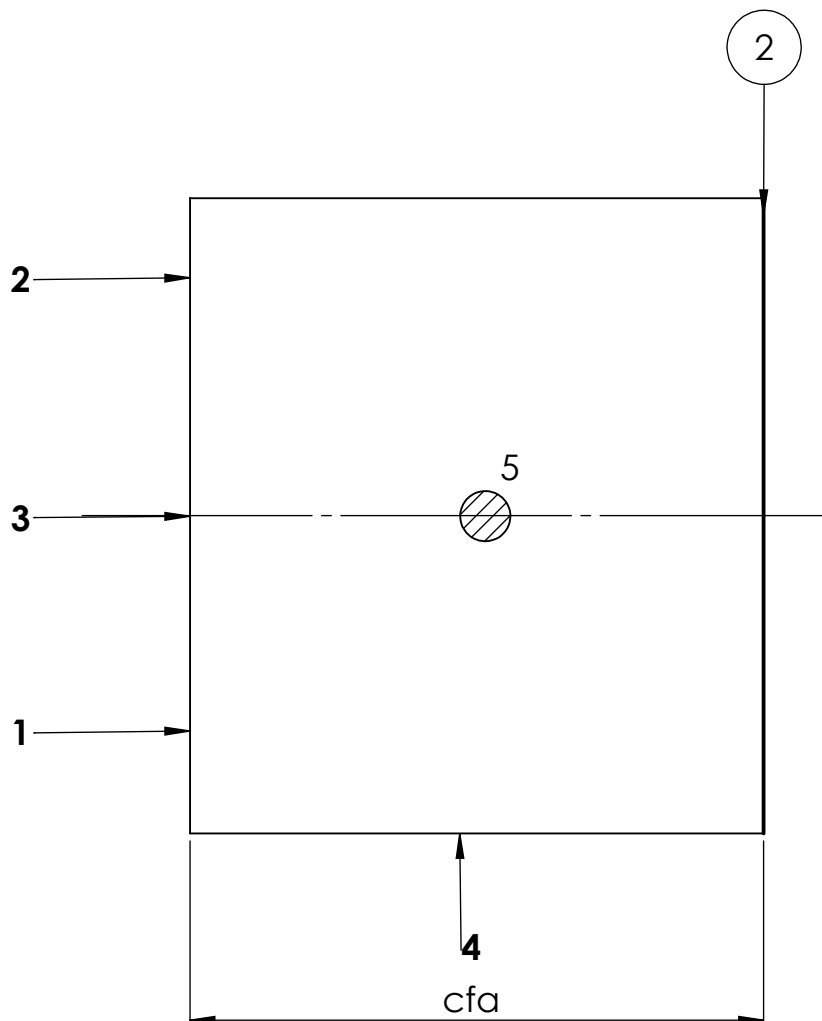
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps inferieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 210: Référentiel de départ défini par: -Appui plans sur (2), en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur (6), en 2 normales (4,5). - Serrage concentrique. Op 211: Dressage de 1F Cfa = 117 ± 0.5 $Ra=3.6$ 	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à dresser à plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Pieds à coulisse

Croquis de la pièce

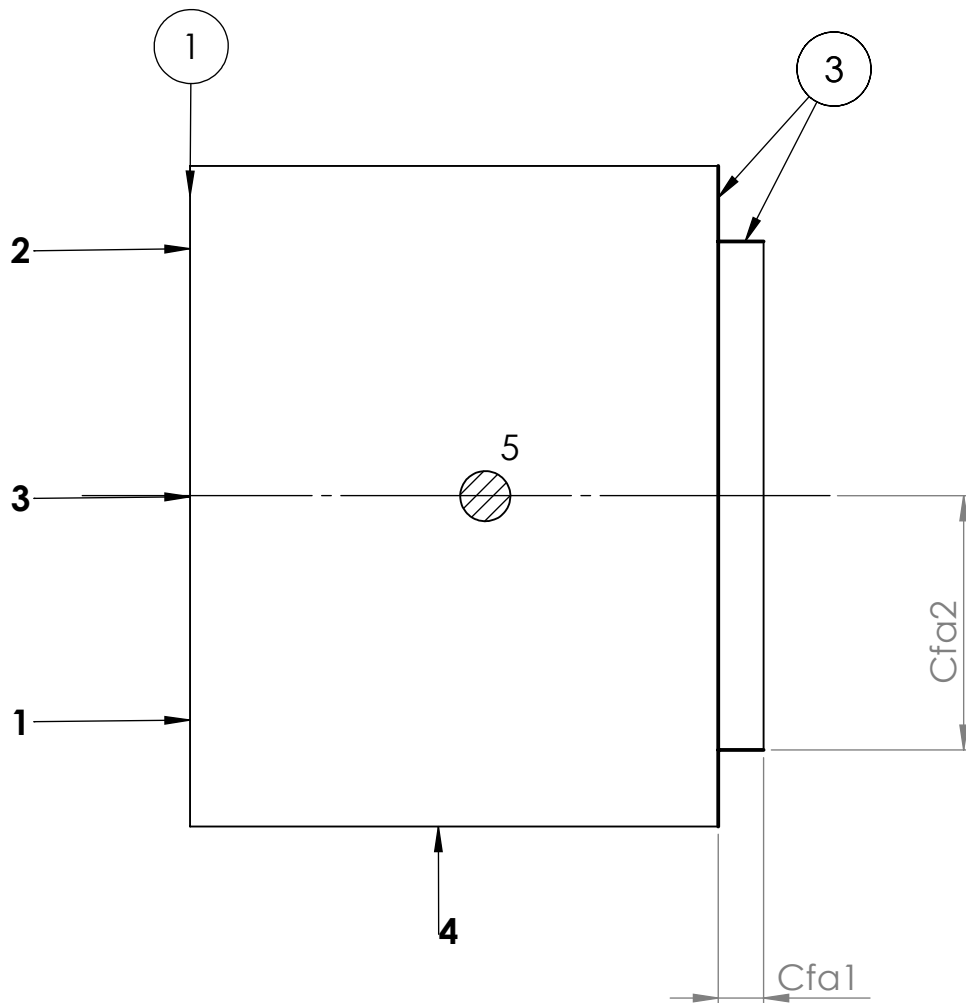


Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps inferieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:220 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①,en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥,en 02 normales. - Serrage concentrique. Op 221: Dressage de 2F cfa = 114 ± 0.5 $Ra=6.3$ ✓	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Pieds à coulisse

Croquis de la pièce

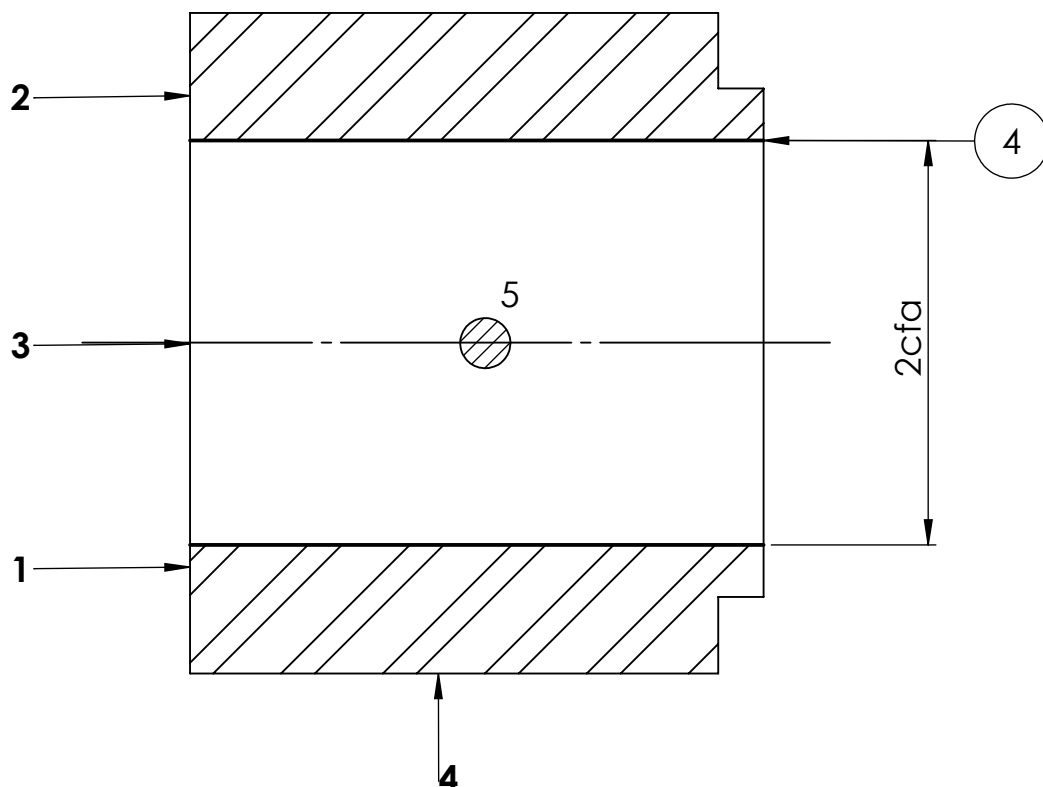


Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps inferieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:230 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥, en 02 normales. - Serrage concentrique. Op 231: Réalisation d'epaulement 3F (groupement de surfaces) $cfa1 = 4 \pm 0.5$ $cfa2 = 94 \pm 0.5$ $Ra=6.3$	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à chariotier à plaquette amovible en carbure métallique	Pieds à coulisse



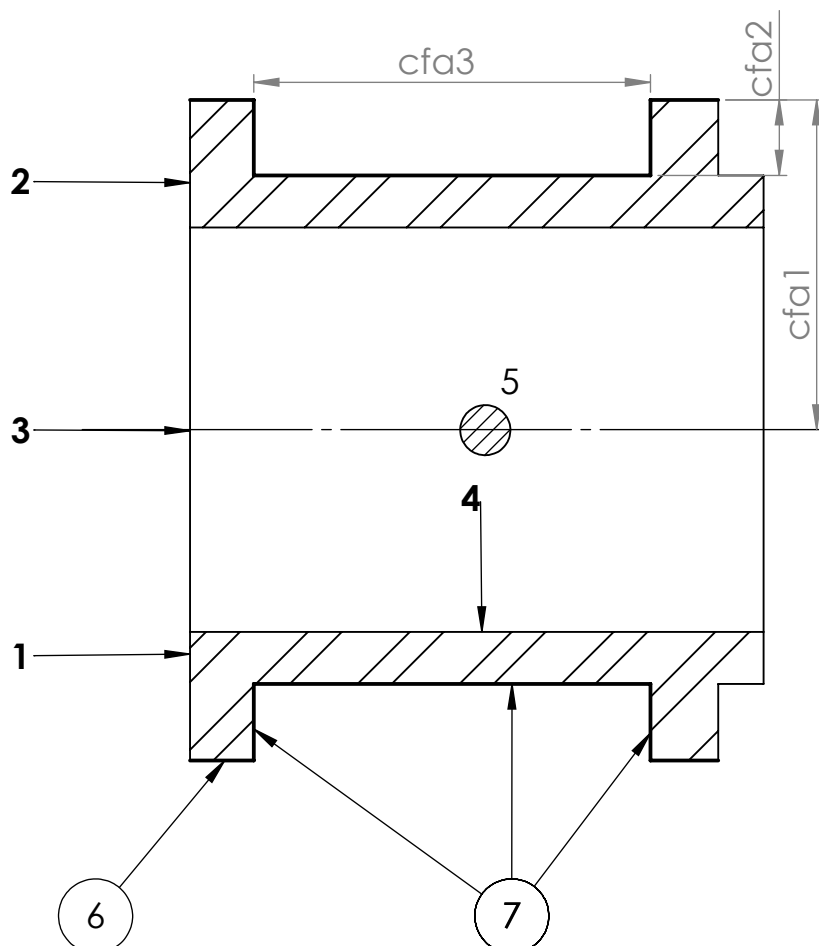
Ensemble: Réacteur de mécano fusion Organe: Corps inferieur		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:240 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥, en 02 normales. -Serrage concentrique. Op 241: Perçage de 4F . cfa = 180 ± 0.5 $Ra=6.3$ ✓	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Forets à queue conique en ARS, jusqu'au $\varnothing 30$ - Barre d'alésage à plaquette amovible	Pieds à coulisse

Croquis de la pièce



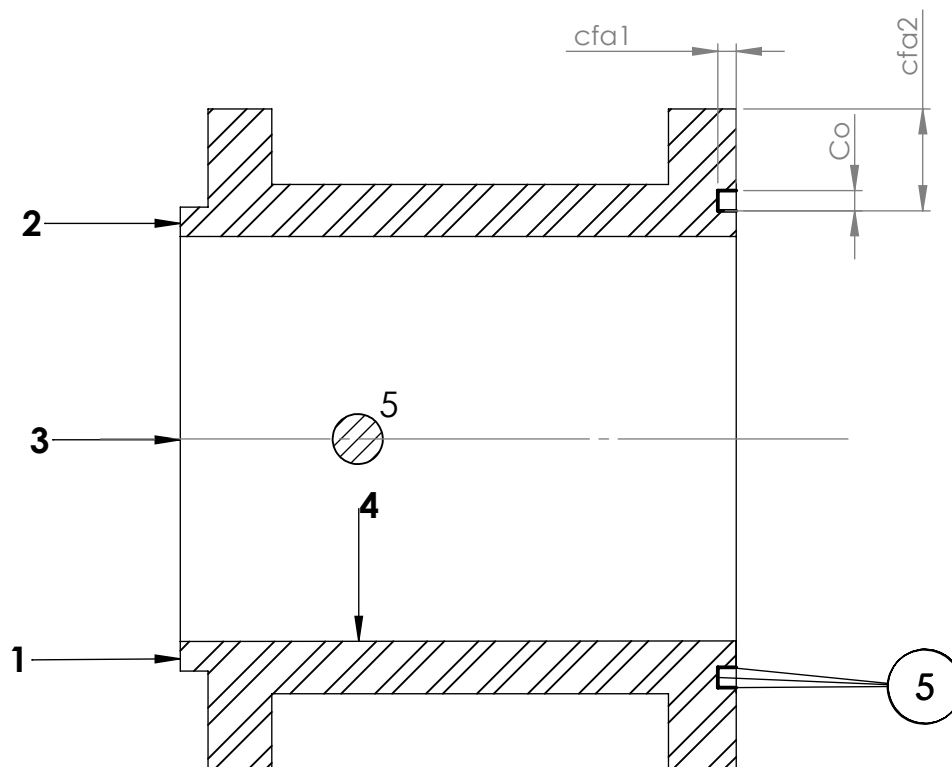
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps inferieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:250 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ④, en 02 normales. - Serrage concentrique. Op 251: Chariotage de 6F . 2cfa1 = 240 ± 0.5 6.3 ✓ Op:252: Réalisation d'une gorge 7F (groupement de surfaces) Cfa2 = 20 ± 0.5 Cfa3 = 100 ± 0.5 6.3 ✓	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à charioter - Outil à gorge	Pieds à coulisse

croquis de la pièce



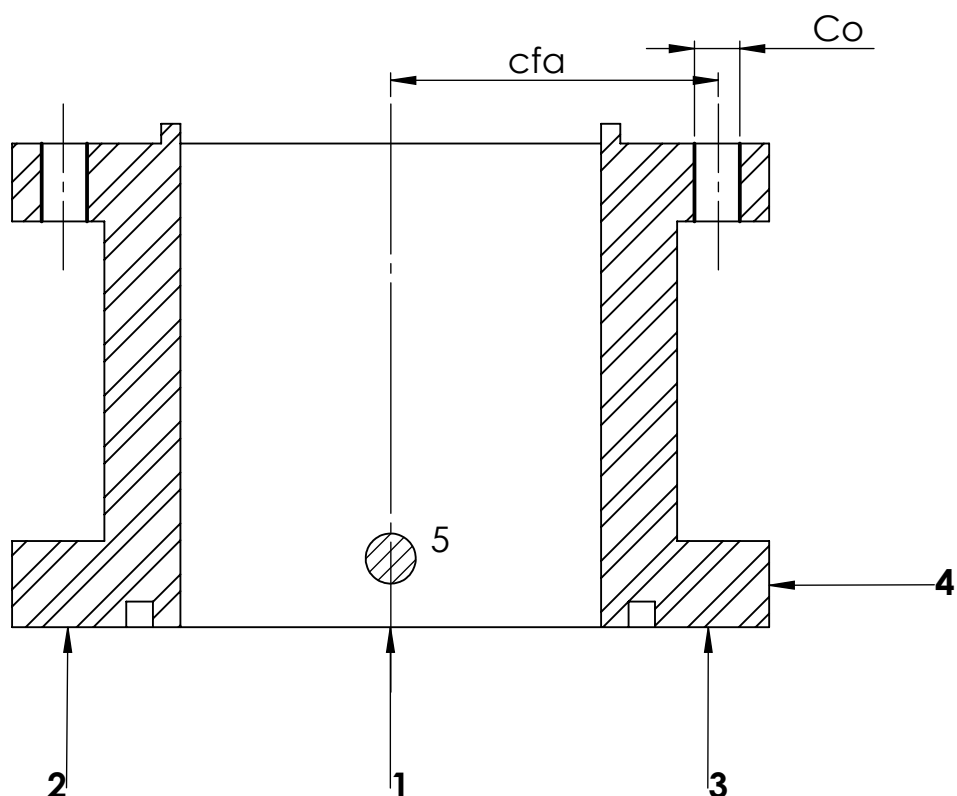
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps inferieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:260 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur (2), en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur (4) en 02 normales. - Serrage concentrique. Op:261: Réalisation de gorge 5F (groupement de surfaces) cfa1 = 4 ± 0.5 cfa2 = 25.5 ± 0.5 Co = 4 $Ra=6.3$ ✓	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil de forme	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



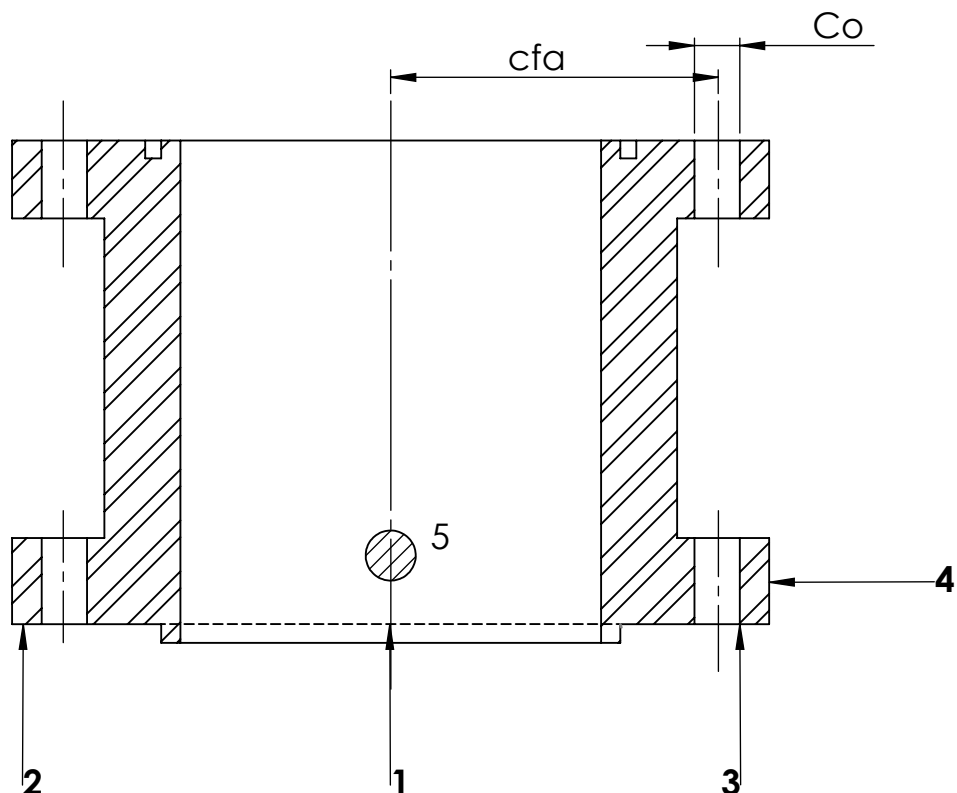
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps inferieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Fraisage: Sous phase:310 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan sur ①, en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥, en 02 normales. - Serrage contre les appuis. Op:311: Perçage de 8F. (6 trous, avec un décalage de 60°) Cfa = 220 ± 0.5 Co = $\varnothing 8.5$ Ra=6.3/	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Plateau circulaire avec brides de fixation. -Outils coupants: - Foret $\varnothing 8.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps inferieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Sous phase:320 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan sur (2), en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur (6), en 02 normales. - Serrage contre les appuis. Op:232: Perçage de 9F. (6 trous, avec une rotation de 60°) Cfa = 220 ± 0.5 Co = $\varnothing 8.5$ 6.3/	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Plateau circulaire avec brides de fixation. -Outils coupants: - Foret $\varnothing 8.5$	Pied à coulisse

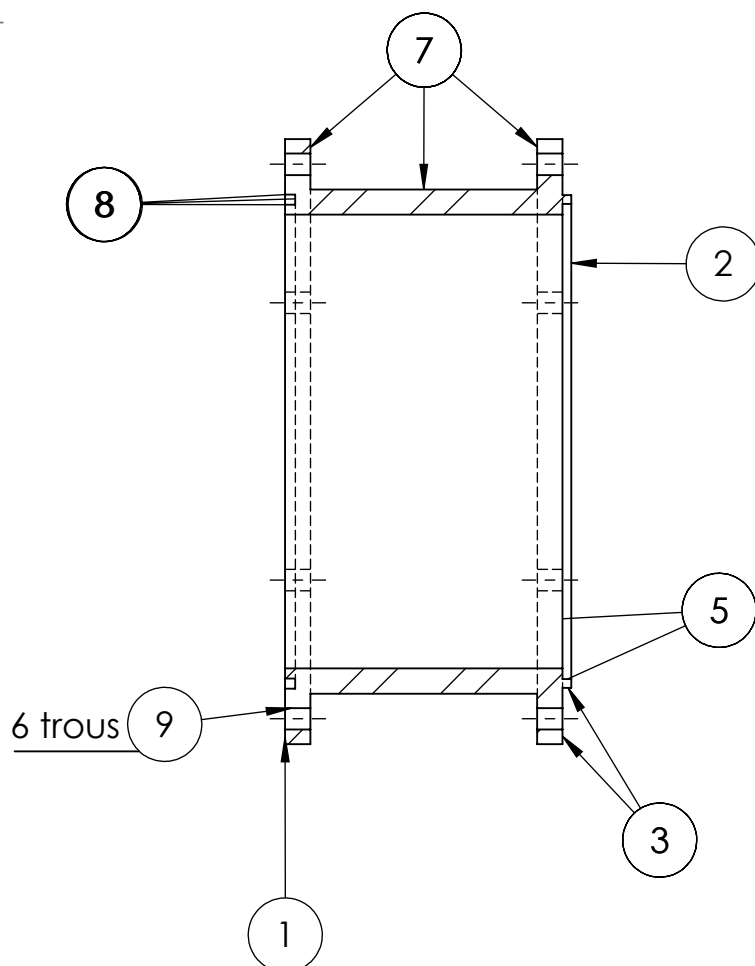
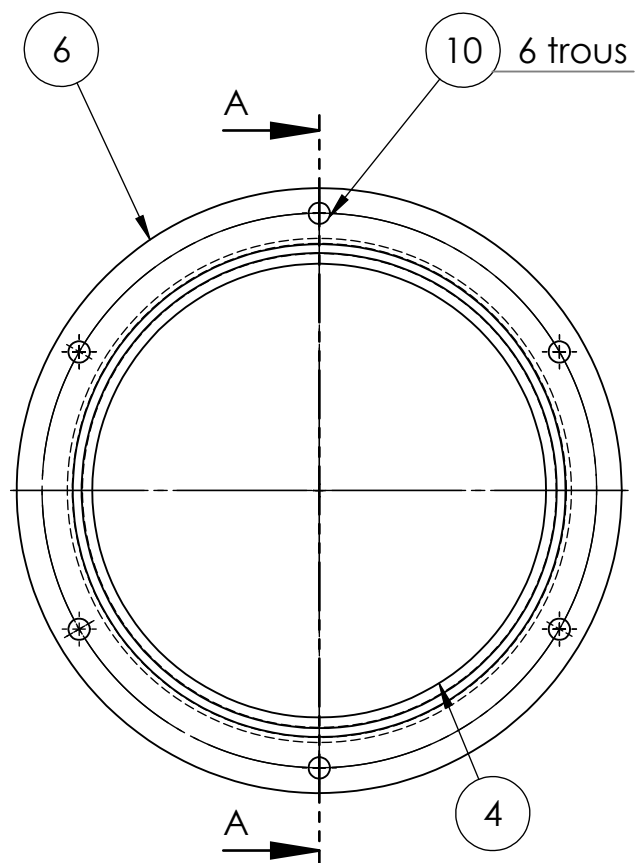
Croquis de la pièce



Feuille d'analyse de fabrication
Corps supérieur

Repérage des surfaces élémentaires de corps supérieur

COUPE A-A

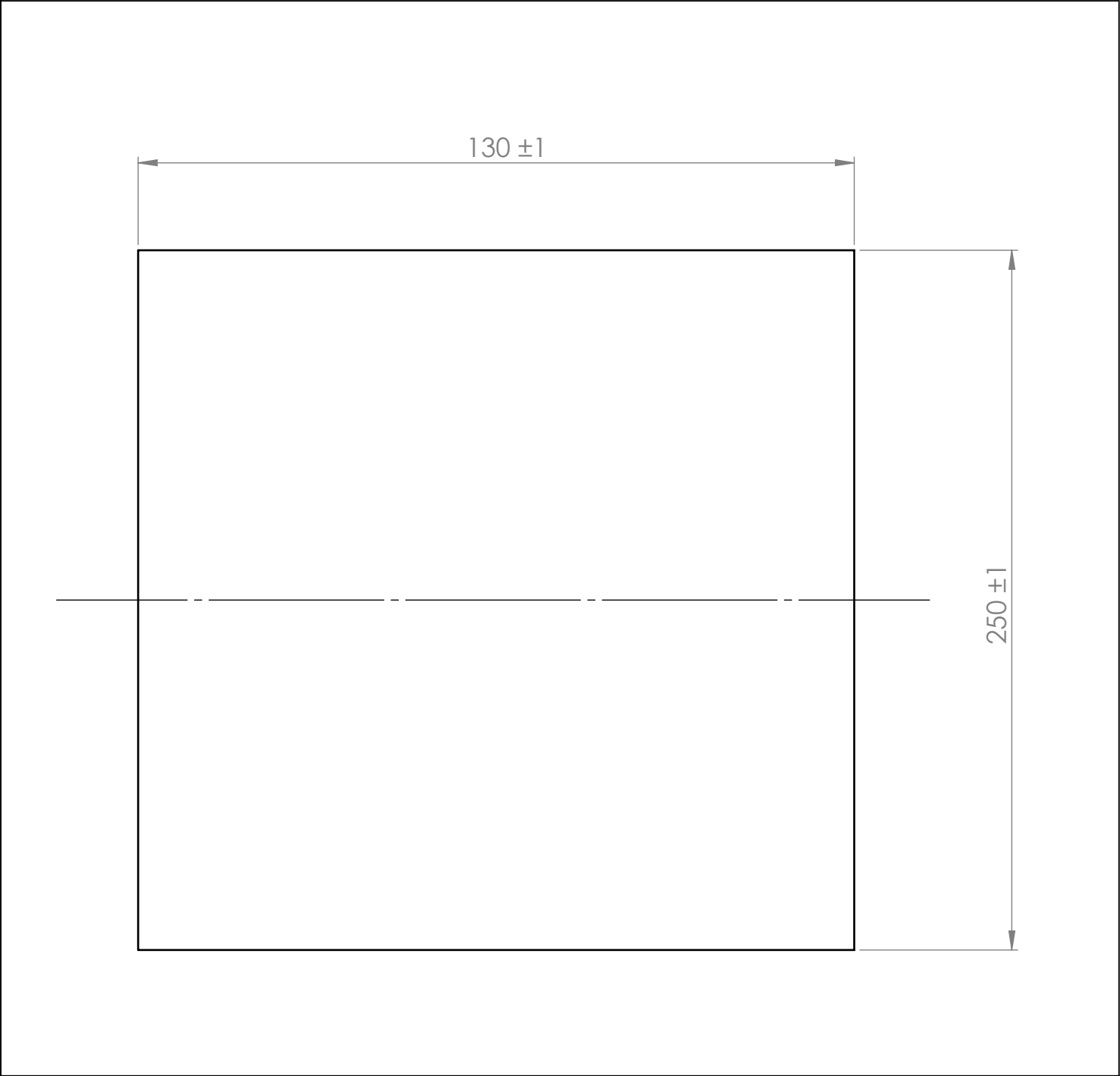


Les feuilles d'analyse de fabrication:

D- Feuille d'analyse de corps supérieur:

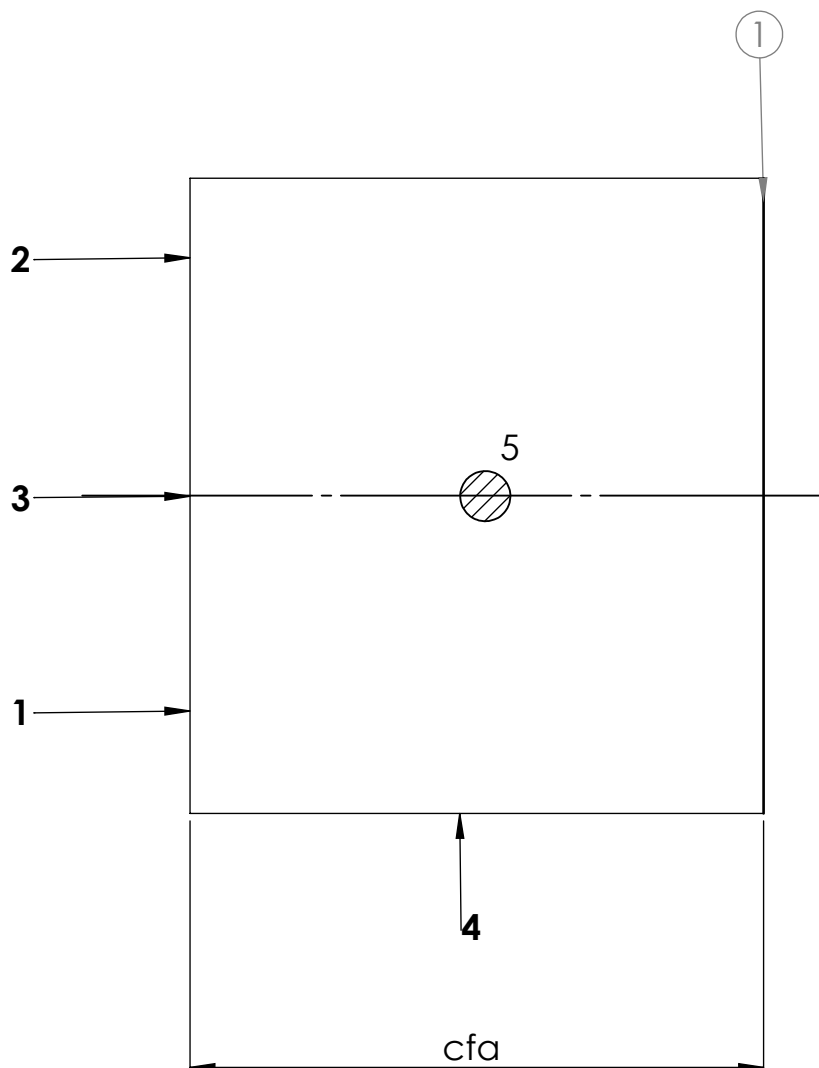
Ensemble: <i>Réacteur de mécanofusion</i>		Matiere: <i>Alliage d'aluminium</i>	
Organe: <i>Corps supérieur</i>		Brut: <i>Moulage</i>	
		Cadence: <i>travail unitaire</i>	
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisée	Moyens de contrôles
100	Tronçonnage du brut	Scie mécanique	Règle graduée

Croquis de la pièce



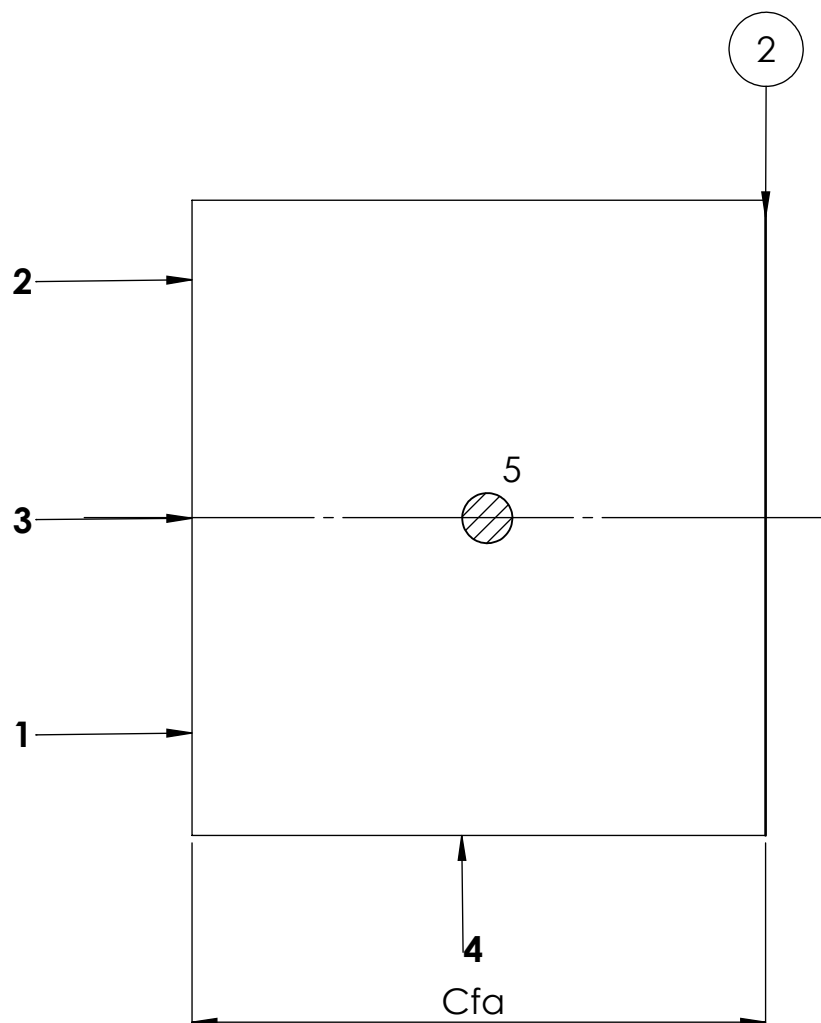
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps superieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 210: Référentiel de départ défini par: -Appui plans sur ②, en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥, en 02 normales. - Serrage concentrique. Op 211: Dressage de 1F Cfa = 117 ± 0.5 3.6/ 	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à dresser à plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



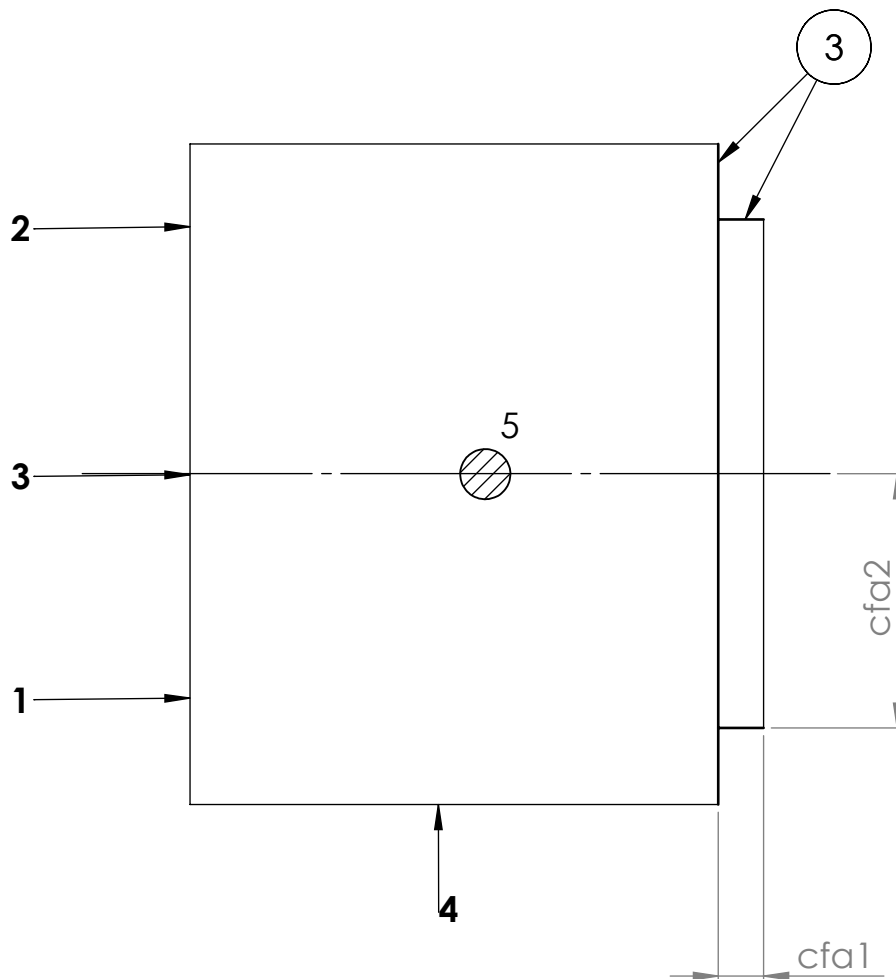
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps superieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:220 Pièce au montage: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥, en 02 normales. - Serrage concentrique. Op 221: Dressage de 2F Cfa = 113.5 ± 0.5 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à dresser avec plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



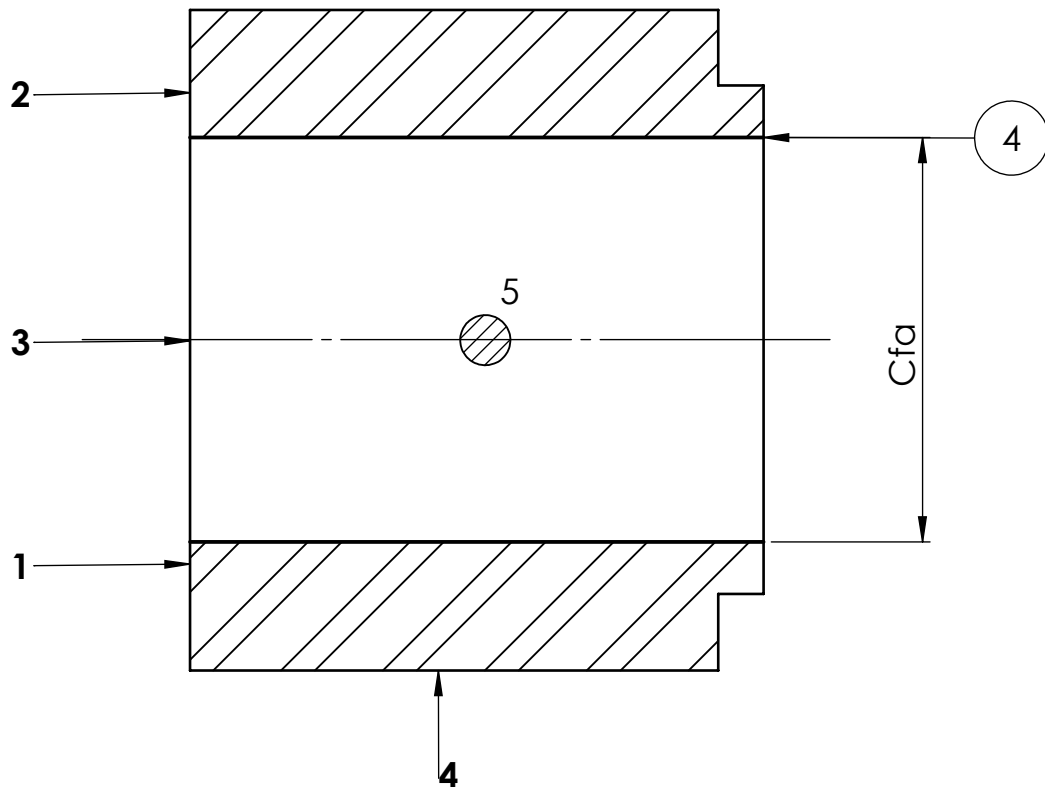
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Corps superieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: Travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:230 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥, en 02 normales. - Serrage concentrique. Op 231: Réalisation d'un épaulement 3F (groupement de surfaces) $cfa1 = 3.5 \pm 0.5$ $2cfa2 = 195.5 \pm 0.5$ 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à chariotier à plaquette amovible, en carbure métallique	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



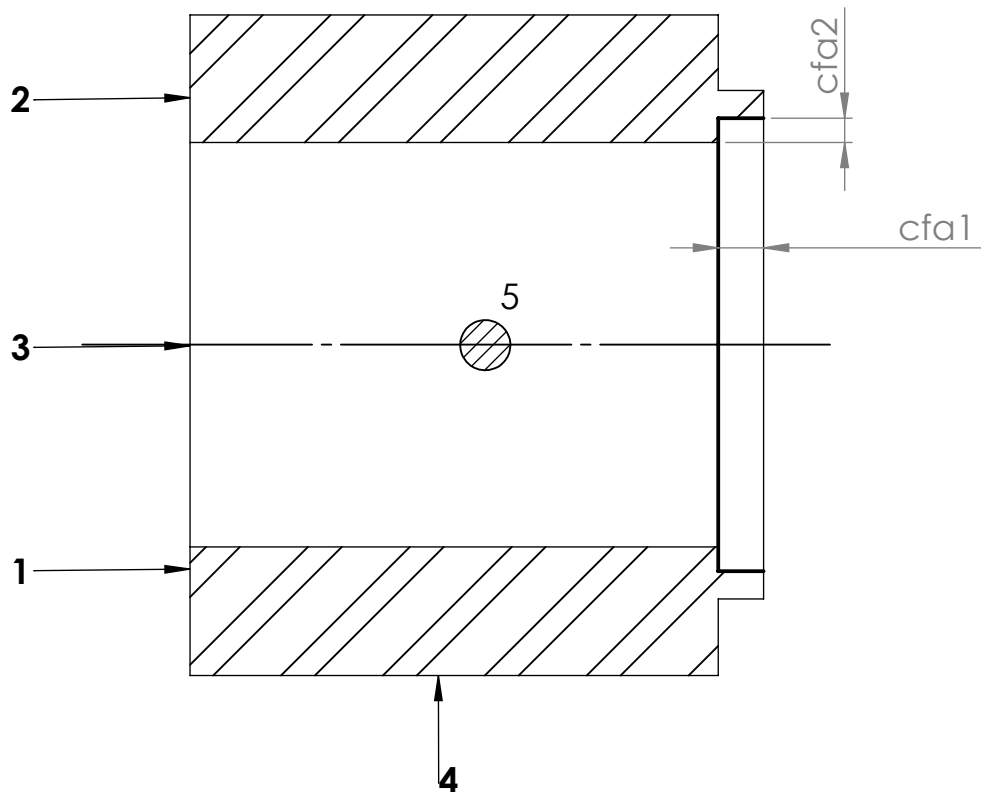
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps superieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:240 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥ avec 2 normales. - Serrage concentrique. Op 241: Perçage de 5F . Cfa = 180 ± 0.5 6.3/ √	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Forets à queue conique en ARS,jusqu'au $\varnothing 30$ - Barre d'alésage à plaquette amovible	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



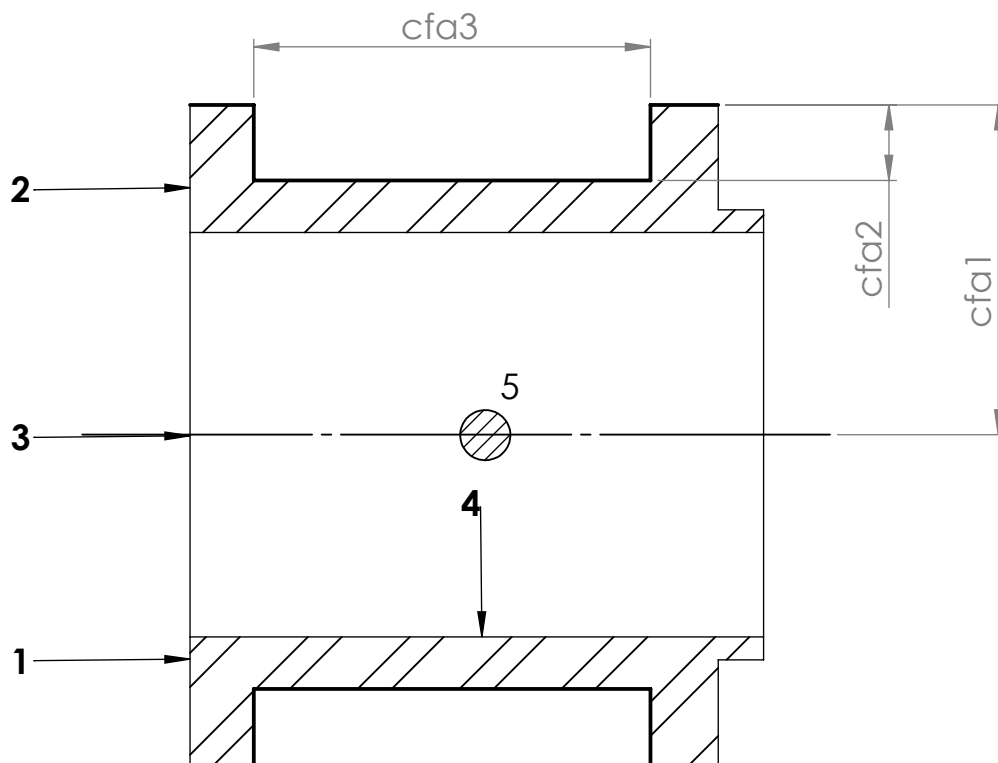
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps superieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: Travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:250 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur (1), en 03 normales (1,2,3). -Centrage court sur (6), en 02 normales. - Serrage concentrique. Op 251: Epaulement intérieur de 5F (groupement de surfaces.) $Cfa1 = 3 \pm 0.25$ $Cfa2 = 4.25 \pm 0.25$ 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Barre d'alésage à plaquette amovible	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



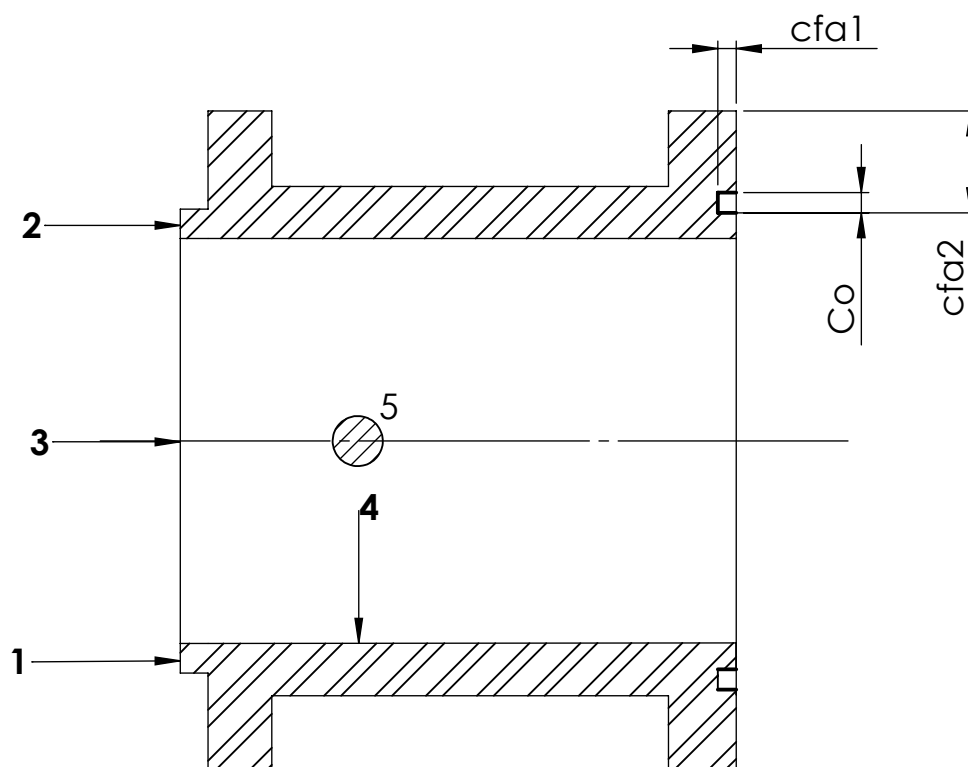
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps superieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:260 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ④, en 2 normales. - Serrage concentrique. Op 261:Chariotage de 6F . 2cfa1 = 240 ± 0.5 6.3/ √ Op:262:Réalisation d'une gorge7F (groupement de surfaces) Cfa2 = 20 ± 0.5 Cfa3 = 90 ± 0.5 6.3/ √	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à charioter - Outil à gorge	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



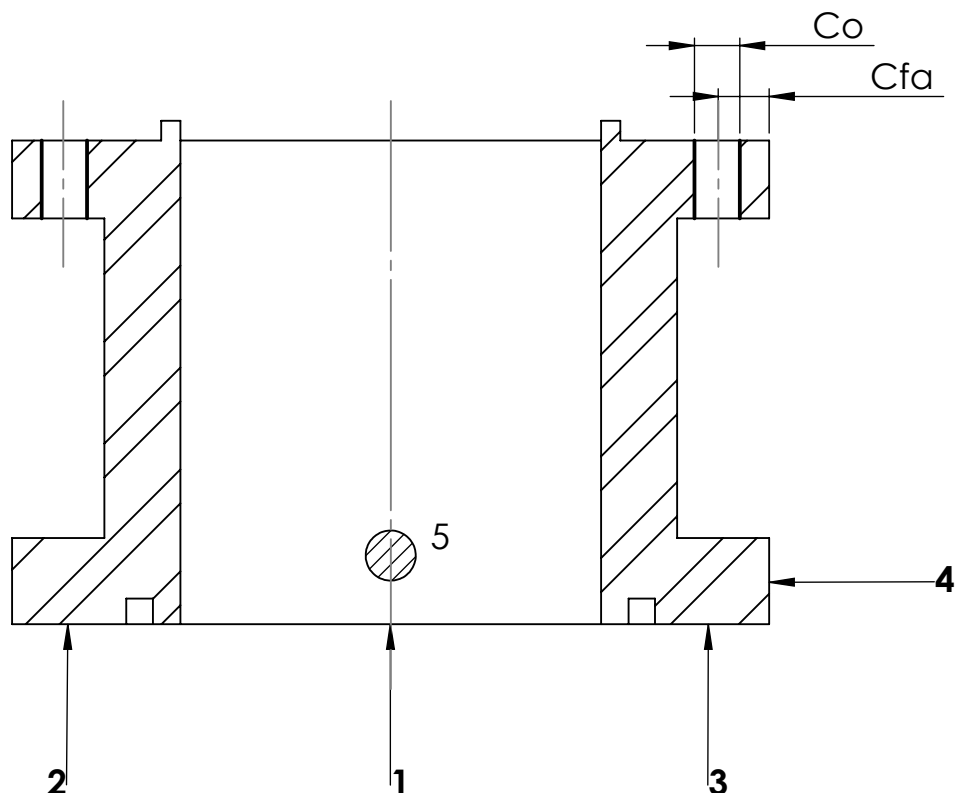
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps supérieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:270 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur (2), en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur (4), en 2 normales. - Serrage concentrique. Op:271: Réalisation d'une gorge 8F (groupement de surfaces) $Cfa1 = 4 \pm 0.5$ $Cfa2 = 22 \pm 0.5$ $Co = 4$ 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: Outil de forme	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



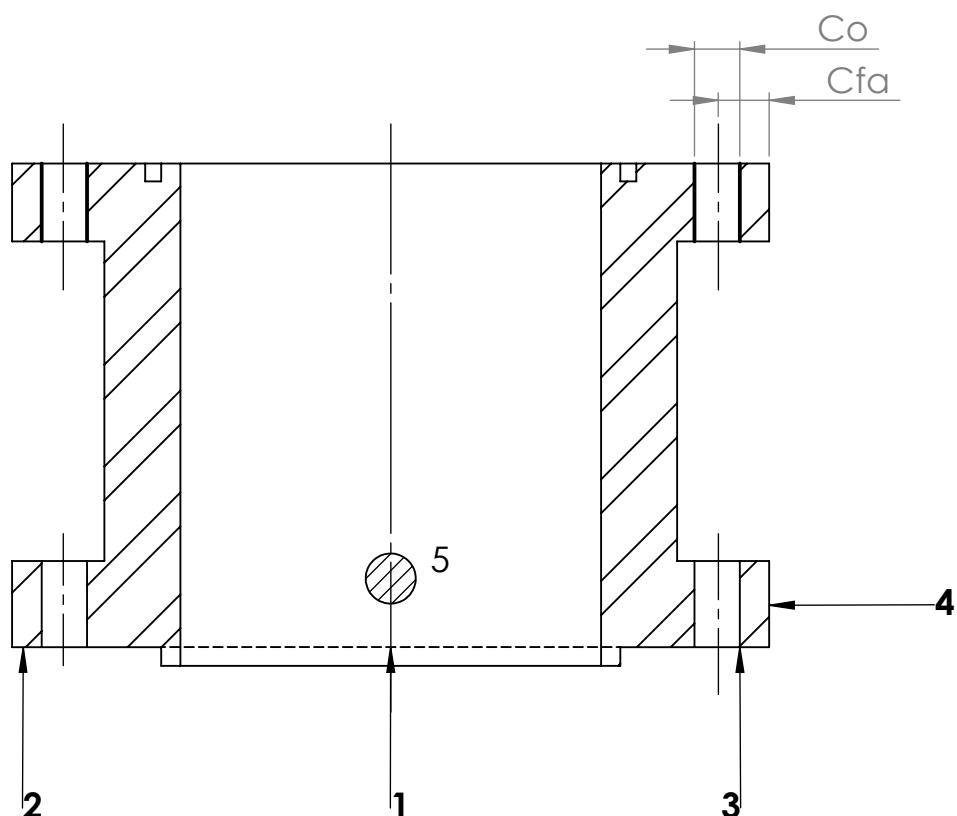
Ensemble: Réacteur de mecanofusion Organe: Corps supérieur		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Fraisage: Sous phase:310 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan sur ①, en3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥, en 2 normales. - Serrage contre les appuis. Op:311: Perçage de 9F. (6 trous,avec un décalage de 60°) Cfa = 20 ± 0.5 Co = $\phi 8.5$ 6.3/	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Plateau circulaire avec brides de fixation. -Outils coupants: - Foret $\phi 8.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



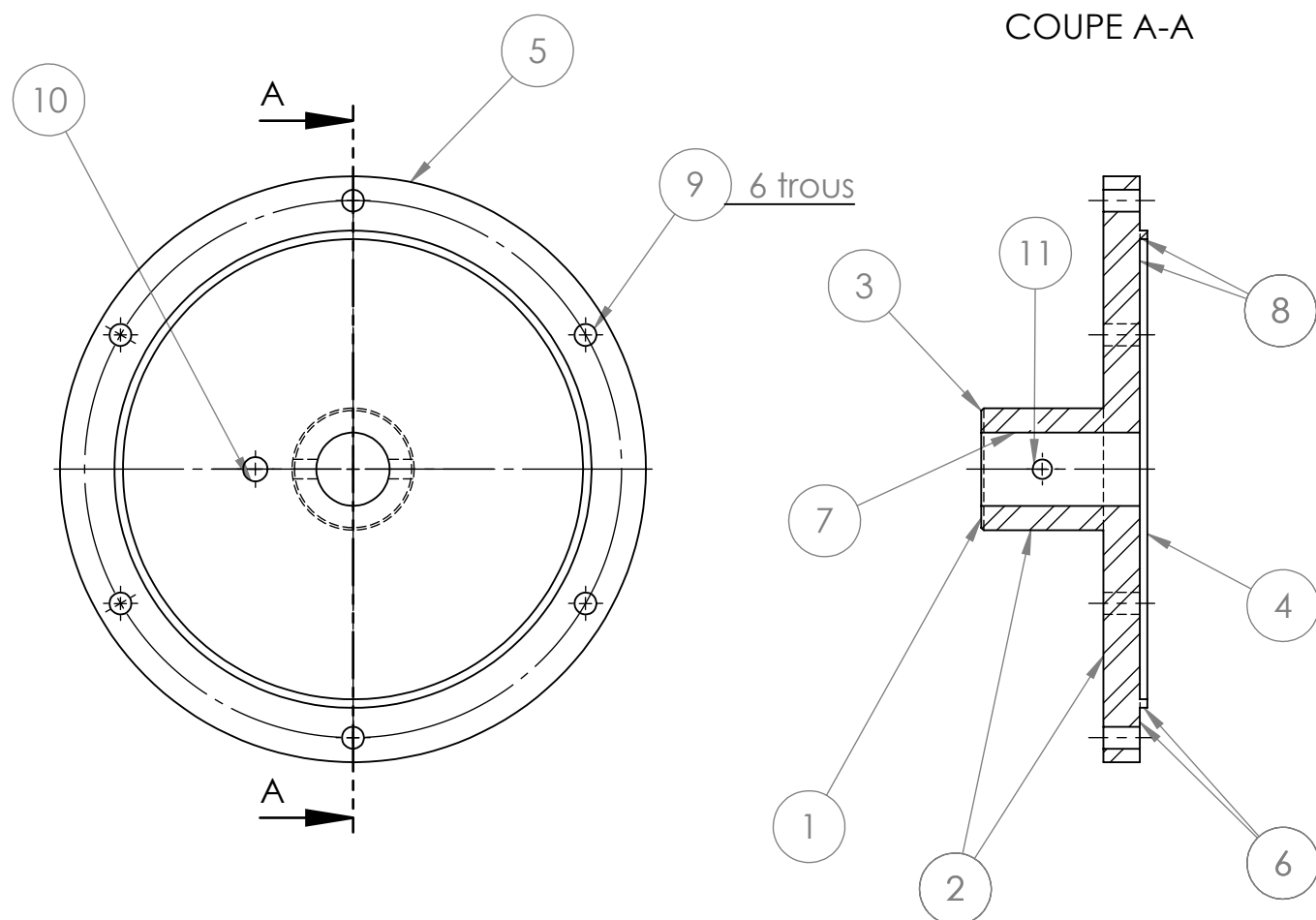
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Corps supérieur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Fraisage: Sous phase:320 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan sur ②, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑥, en 2 normales. - Serrage contre les appuis. Op:321: Perçage de 10F. (6 trous,rotation de plateau chaque 60°) Cfa = 20 ± 0.5 Co = $\varnothing 8.5$ 6.3/	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Plateau diviseur avec brides. -Outils coupants: - Foret $\varnothing 8.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



Feuille d'analyse de fabrication
Couvercle supérieur de corps

Repérage des surfaces de couvercle de corps

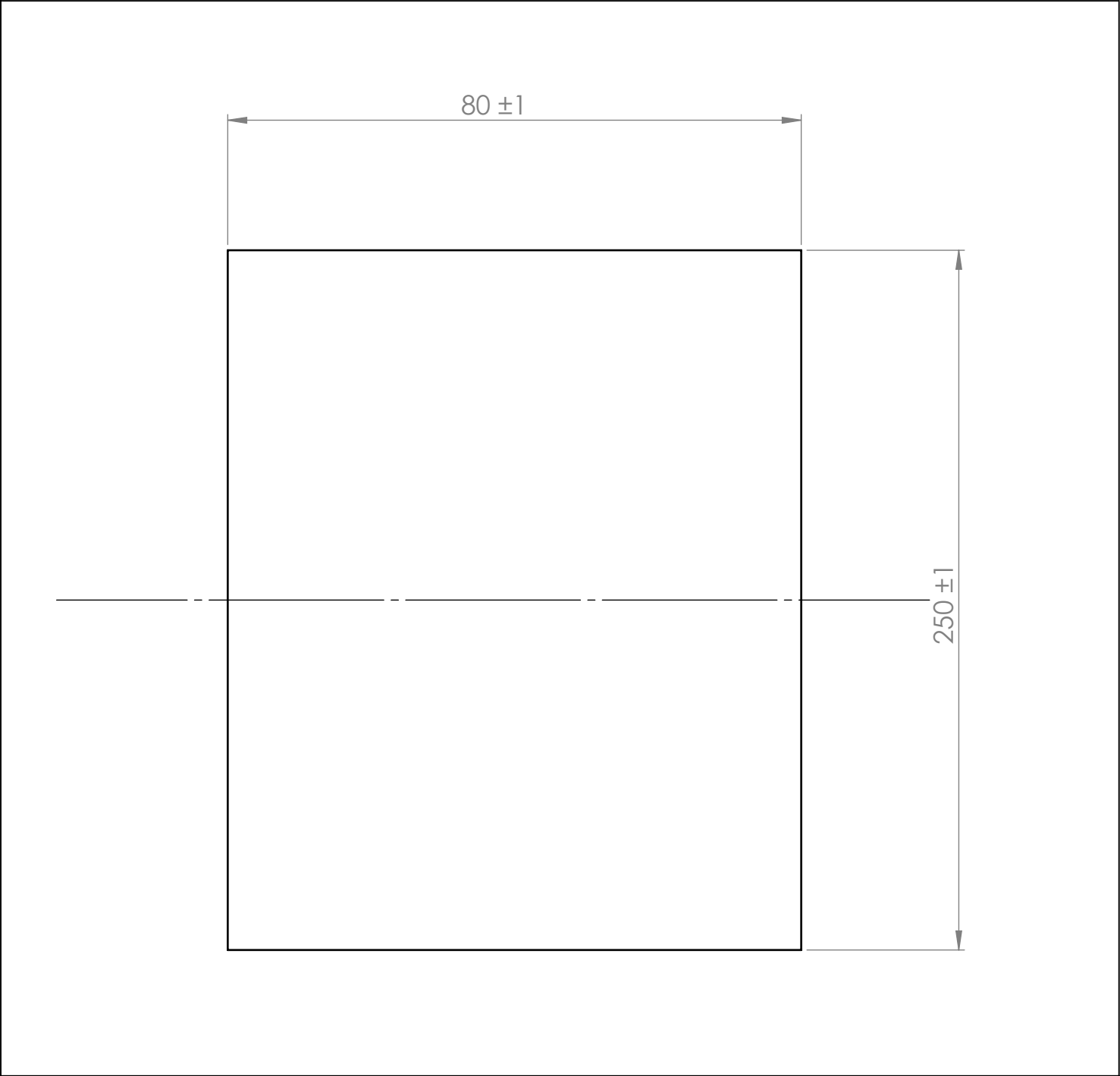


Les feuilles d'analyse de fabrication:

E- Feuille d'analyse de couvercle supérieur du corps:

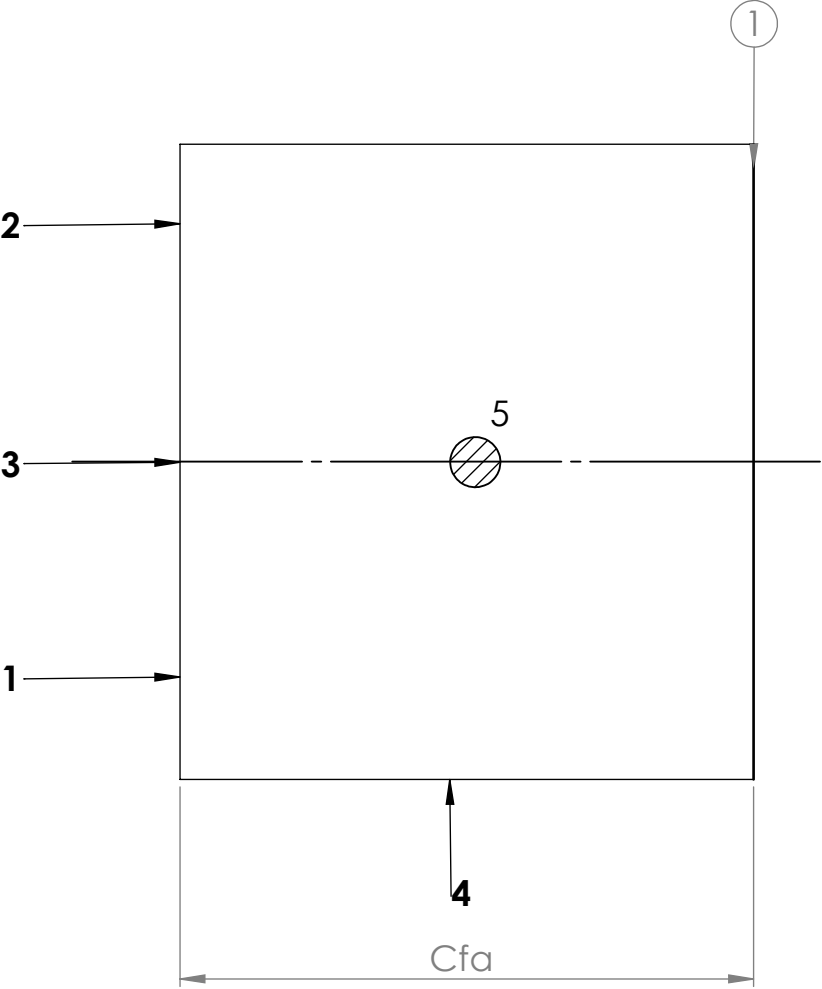
Ensemble: Réacteur de mécanofusion		Matière: Alliage d'aluminium	
Organe: Couvercle supérieur du corps		Brut: Moulage	
		Cadence: travail unitaire	
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisée	Moyens de contrôles
100	Tronçonnage du brut	Scie mécanique	Règle graduée

Croquis de la pièce



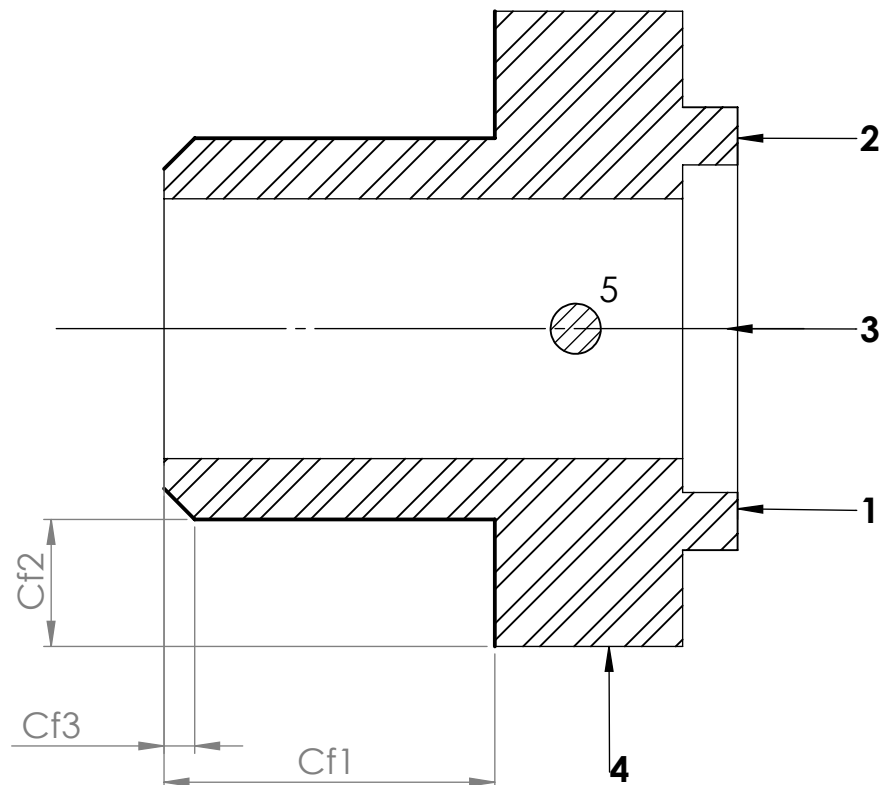
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 210: Référentiel de départ défini par: -Appui plans sur (4), en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur (5), en 2 normales. - Serrage concentrique. Op 211: Dressage de 1F Cfa = 80 ± 0.5 3.6/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à dresser à plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



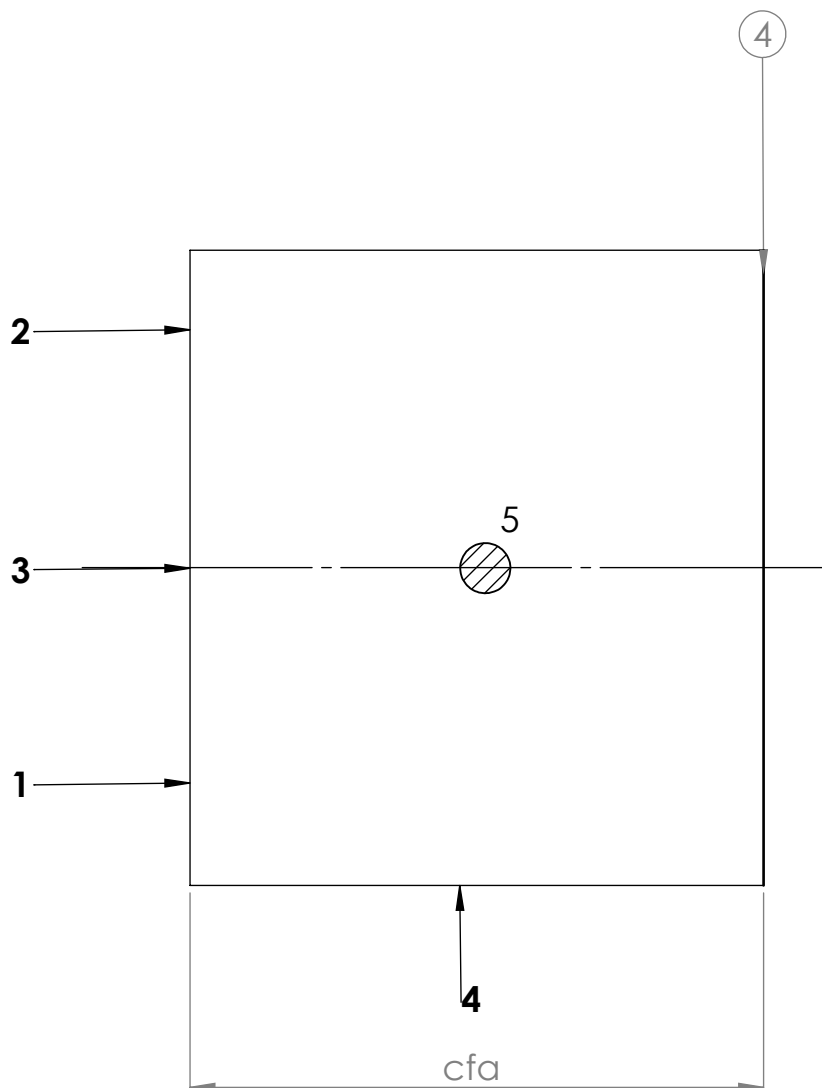
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 260: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur (4), en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur (5), en 2 normales. - Serrage concentrique. Op 261: Epaulement 2F Cf1 = 50 ± 0.5 Cf2 = 95 ± 0.5 Op 262: Chanfrein 3F Cf3 = 2 ± 0.5 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à charioter à 90°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



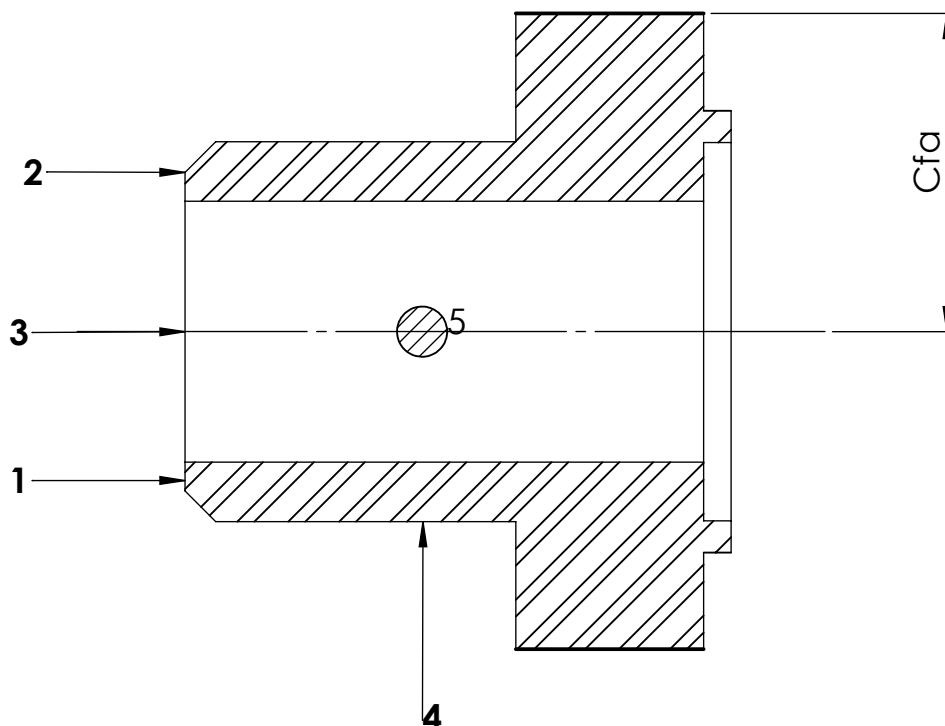
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 220: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑤, en 2 normales. - Serrage concentrique. Op 221: Dressage de 4F Cfa = 68 ± 0.5 6.3/ √	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à dresser à plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



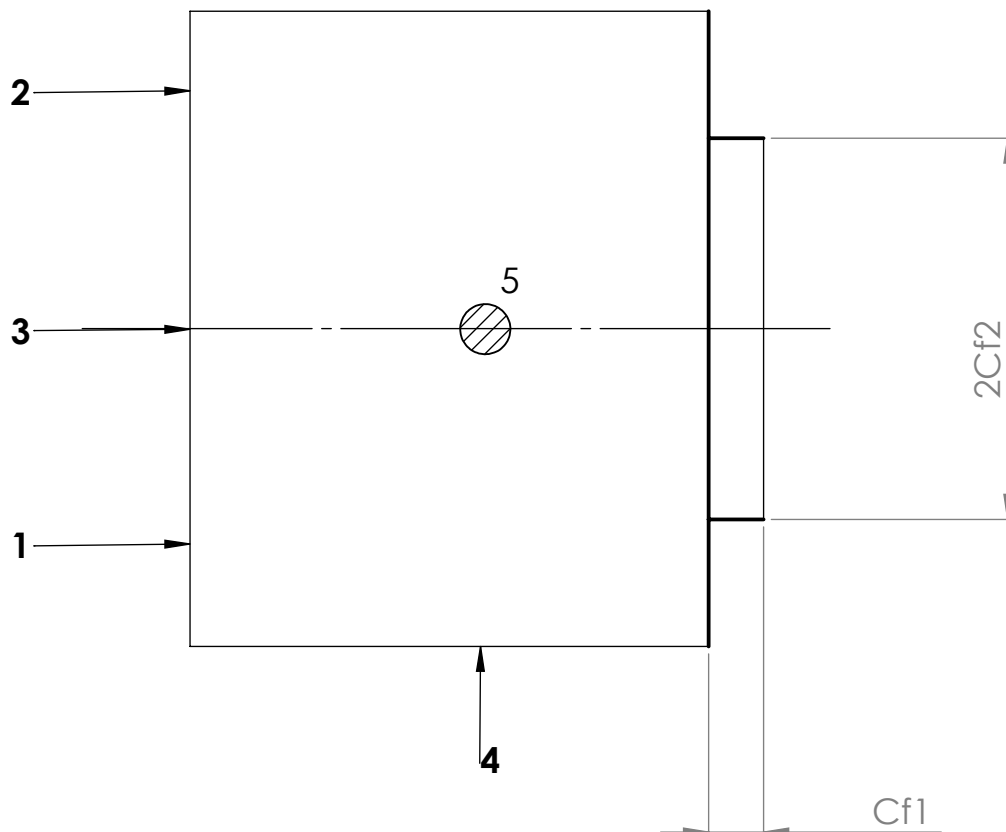
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Sous phase 270: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ②, en 2 normales. - Serrage concentrique. Op 271: Chariotage 5F 2Cfa = 240 ± 0.5 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à charioter à 90°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



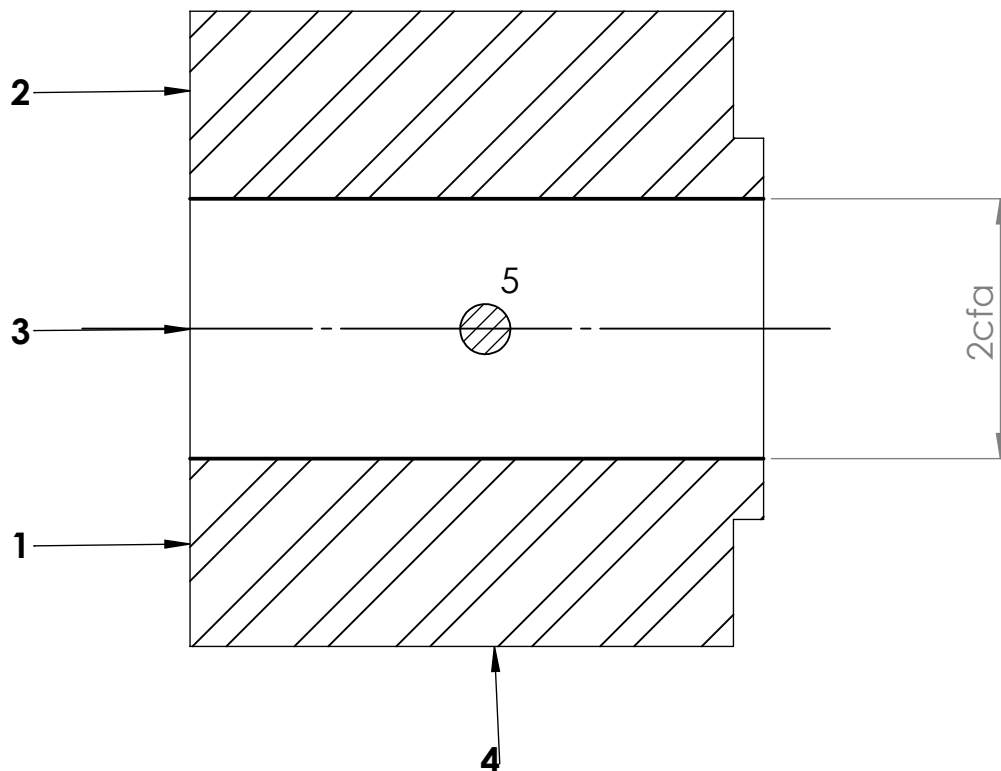
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 230: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑤, en 2 normales. - Serrage concentrique. Op 231: Epaulement 6F (groupement de surfaces) $cfa1 = 3 \pm 0.5$ $2cfa2 = 195.5 \pm 0.5$ 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à charioter à plaquette amovible en carbure métallique à 90°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



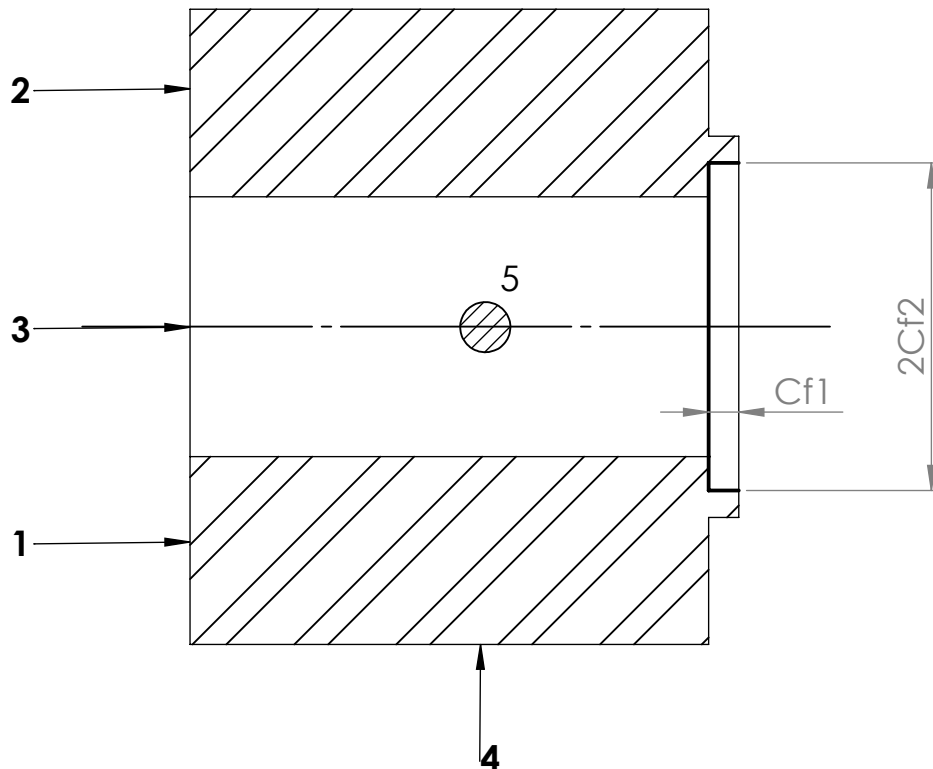
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 240: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑤, en 2 normales. - Serrage concentrique. Op 241: Perçage 7E Co = $\varnothing 25$ Op 242: Alesage 7F Cfa = 30H6 0.05 A $\sqrt{3.2}$	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Foret jusqu'au $\varnothing 25$ - Outil à alser	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



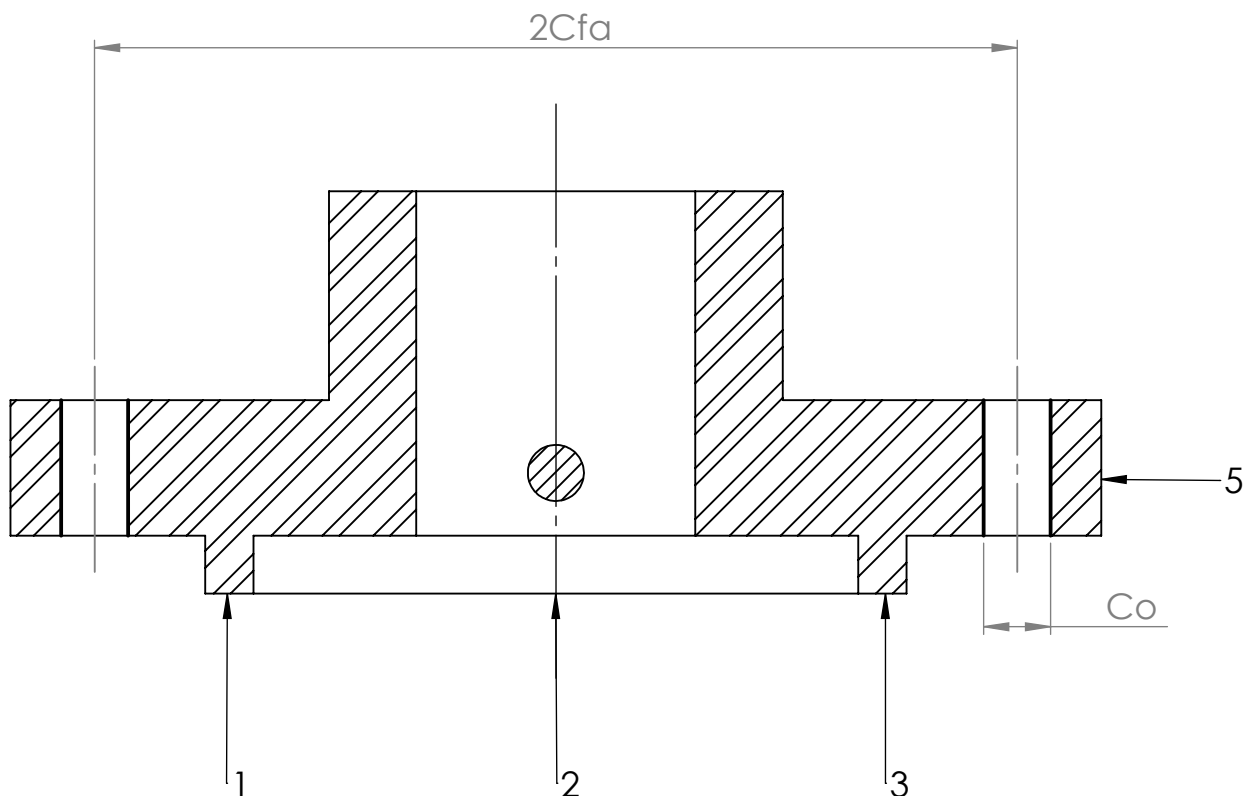
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 250: Pièce au montage: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑤, en 2 normales. - Serrage concentrique. Op 251: Epaulement intérieur 8F $Cf1 = 3 \pm 0.5$ $Cf2 = 220 \pm 0.5$ 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à alser	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



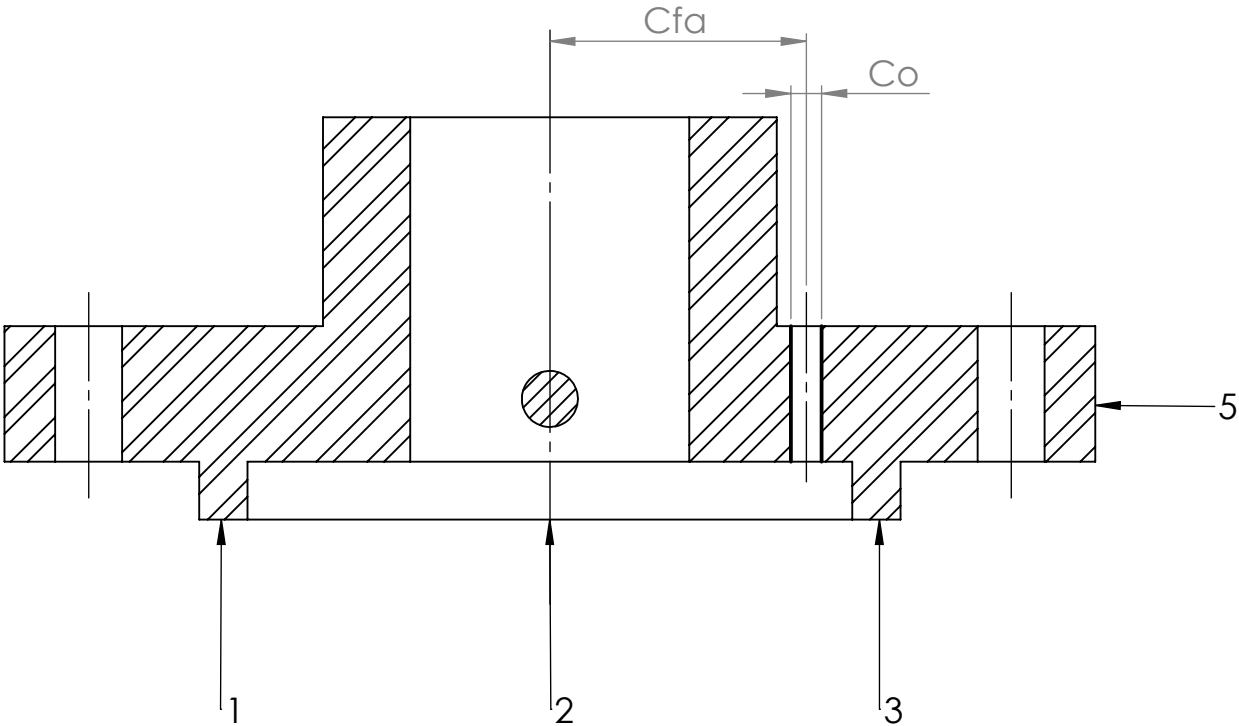
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Fraisage: Sous phase 310: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur (4), en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur (5), en 2 normales. - Serrage contre les appuis. Op 311: Perçage de 6 trous 9F (Rotation de plateau chaque 60°) Cf1= 220 ± 0.5 C0 = $\varnothing 8.5$ 6.3/	Freuseuse verticale	- Moyens de prise: Plateau circulaire et brides -Outils coupants: - Foret à queue cylindrique $\varnothing 8.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de corps		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Moulage Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Fraisage: Sous phase 320: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur (4), en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur (5), en 2 normales. - Serrage contre les appuis. Op 321: Perçage de 10F $Cfa = 40 \pm 0.5$ $Co = \varnothing 10$ 6.3/	Perceuse verticale	- Moyens de prise: Plateau circulaire et brides -Outils coupants: - Foret à queue cylindrique $\varnothing 10$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce

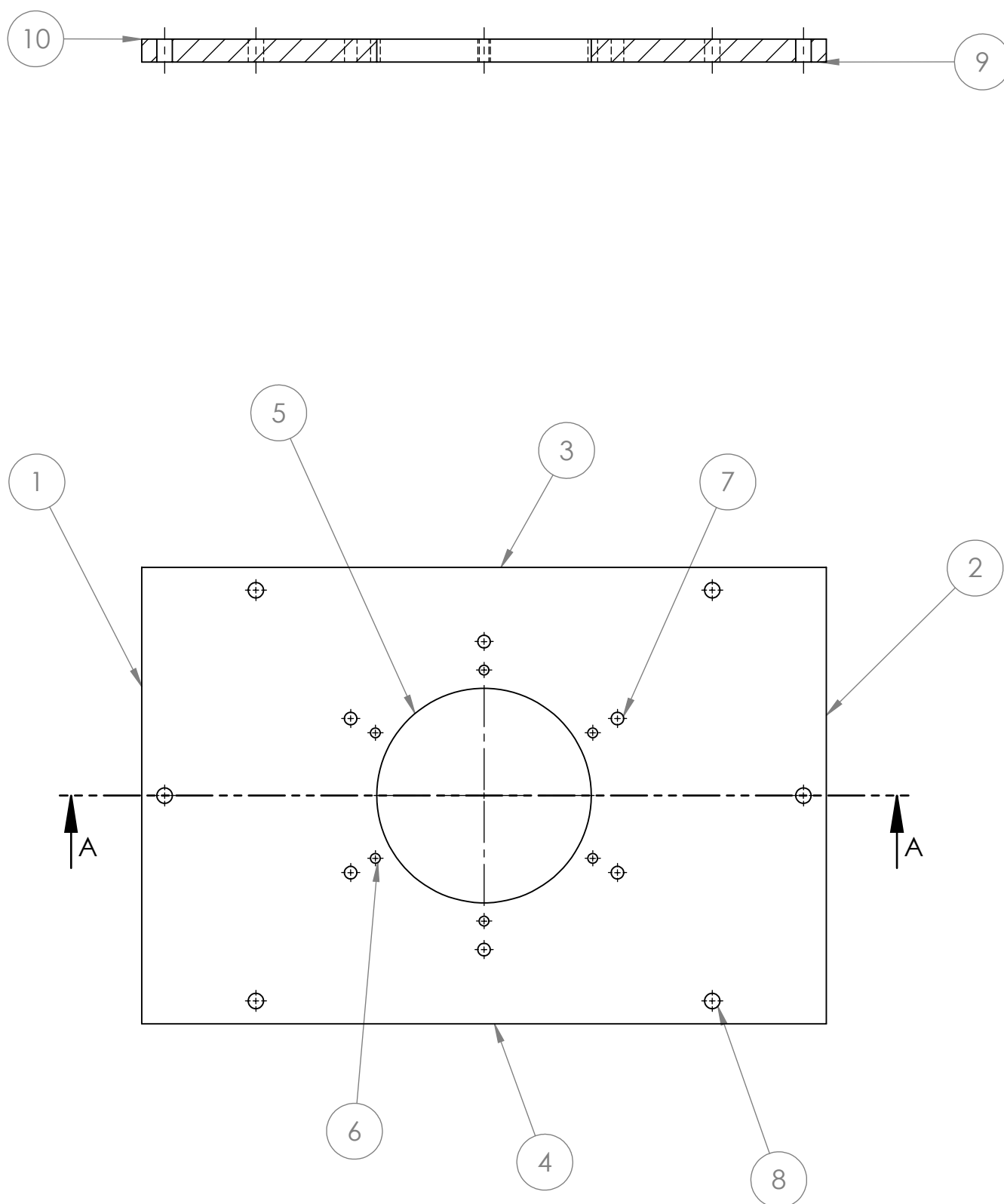


Feuille d'analyse de fabrication

Plaque porte réacteur

Réperage des surfaces élémentaires de la plaque porte réacteur

COUPEA-A

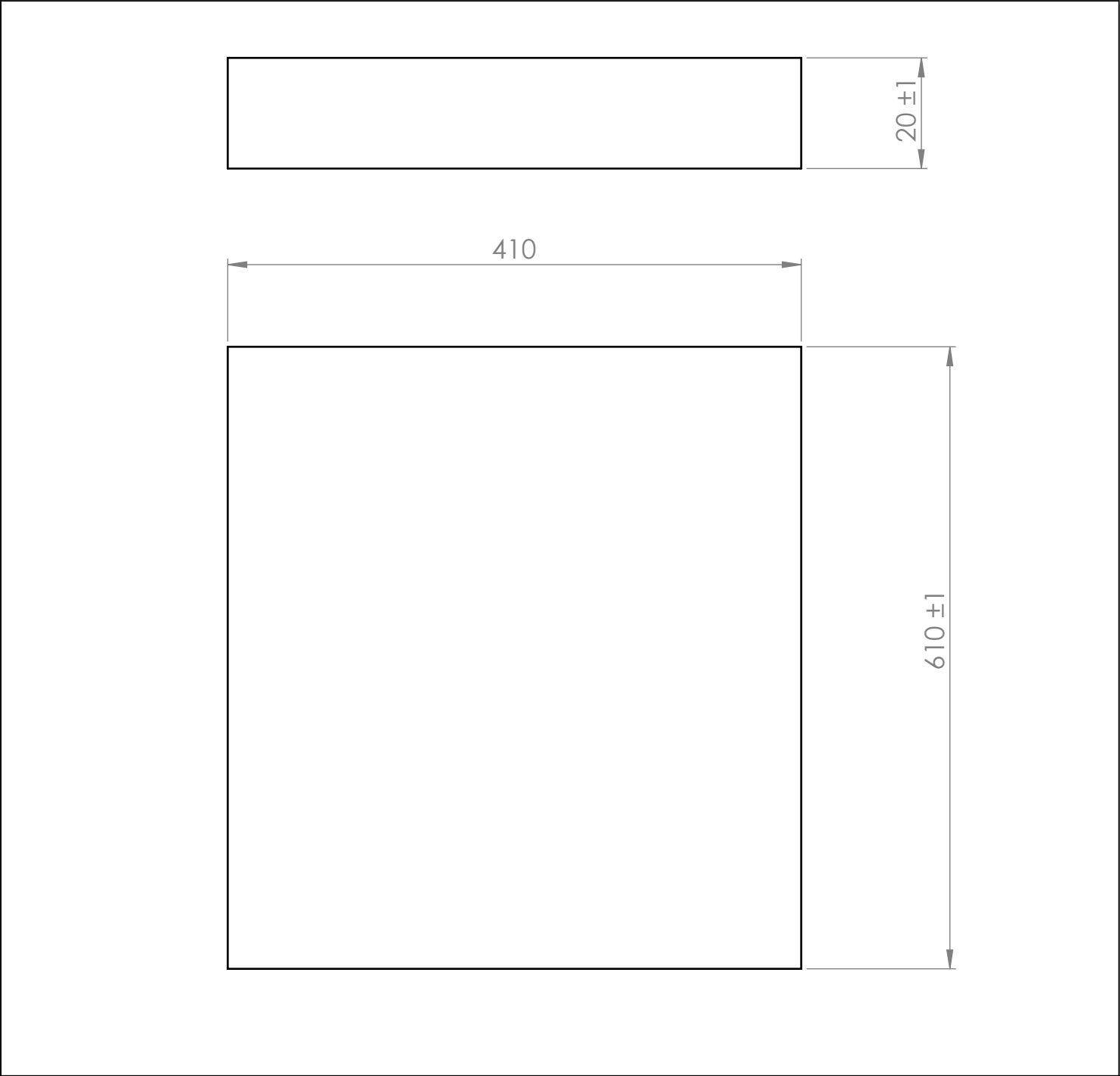


Les feuilles d'analyse de fabrication:

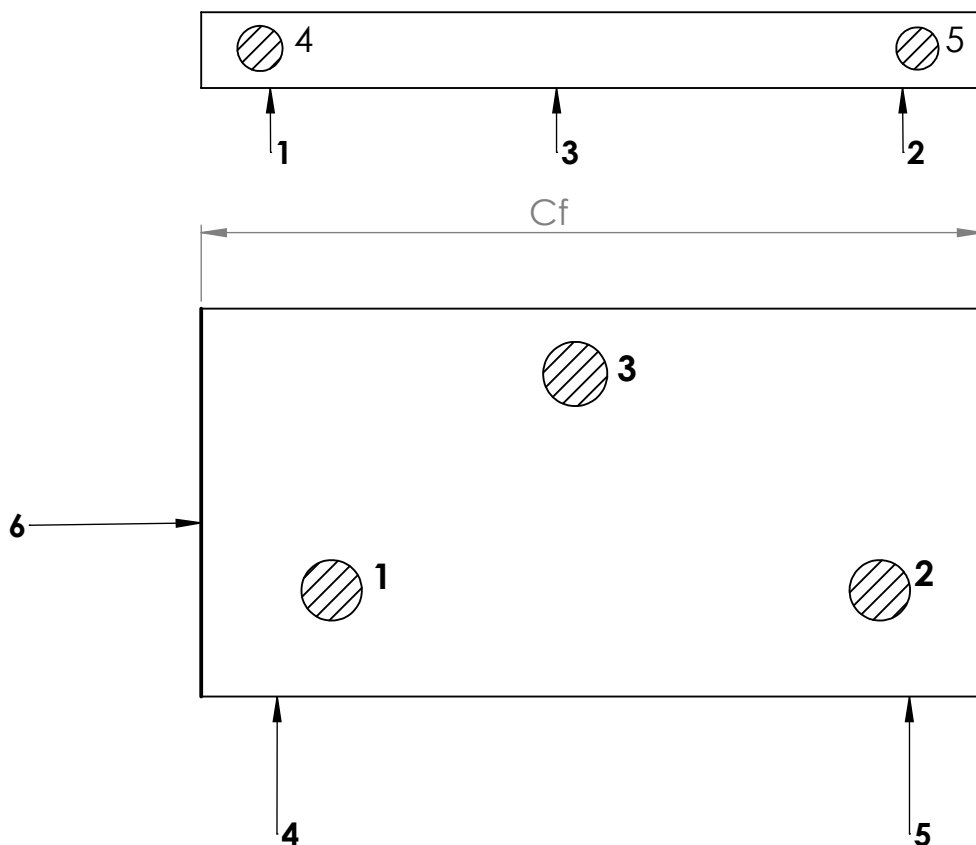
F- Feuille d'analyse de plaque porte réacteur:

Ensemble: Réacteur de mécanofusion		Matière: Alliage d'aluminium	
Organe: Plaque porte réacteur		Brut: Laminé	
		Cadence: travail unitaire	
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisée	Moyens de contrôles
100	Tronçonnage du brut	Tronçonneuse portatif	Règle graduée

Croquis de la pièce

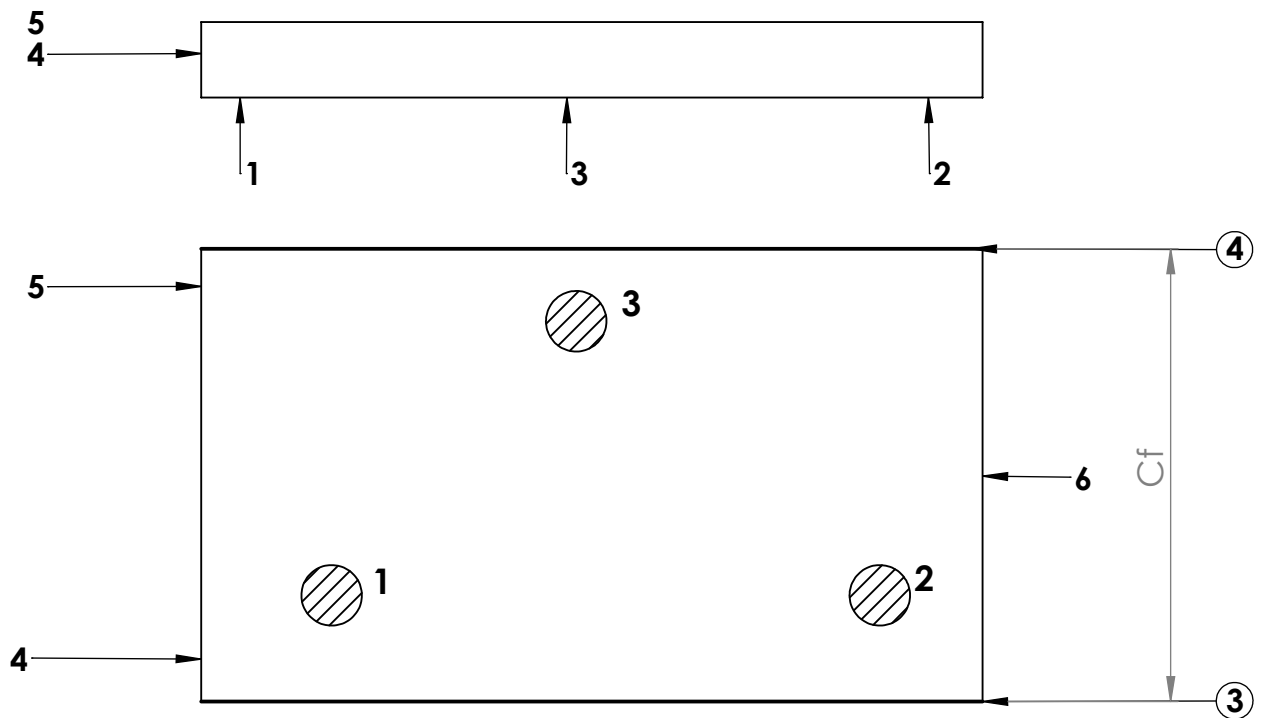


Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Plaque porte réacteur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase 210: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ⑨, en 3 normals (1,2,3). -Appui linéaire sur ③, en 2 normals (4,5). -Appui ponctuel sur ④, en 1 normal (6). - Serrage opposé aux appuis. Op 211: Dressage de 1F Cfa = $605 \pm 0,5$ Ra=6.3/ Op 212: Dressage de 2F Cfa = $600 \pm 0,5$ Ra=6.3/	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Brides de fixation . -Outils coupants: - Fraise à deux taille $\varnothing 30$	Règle graduée

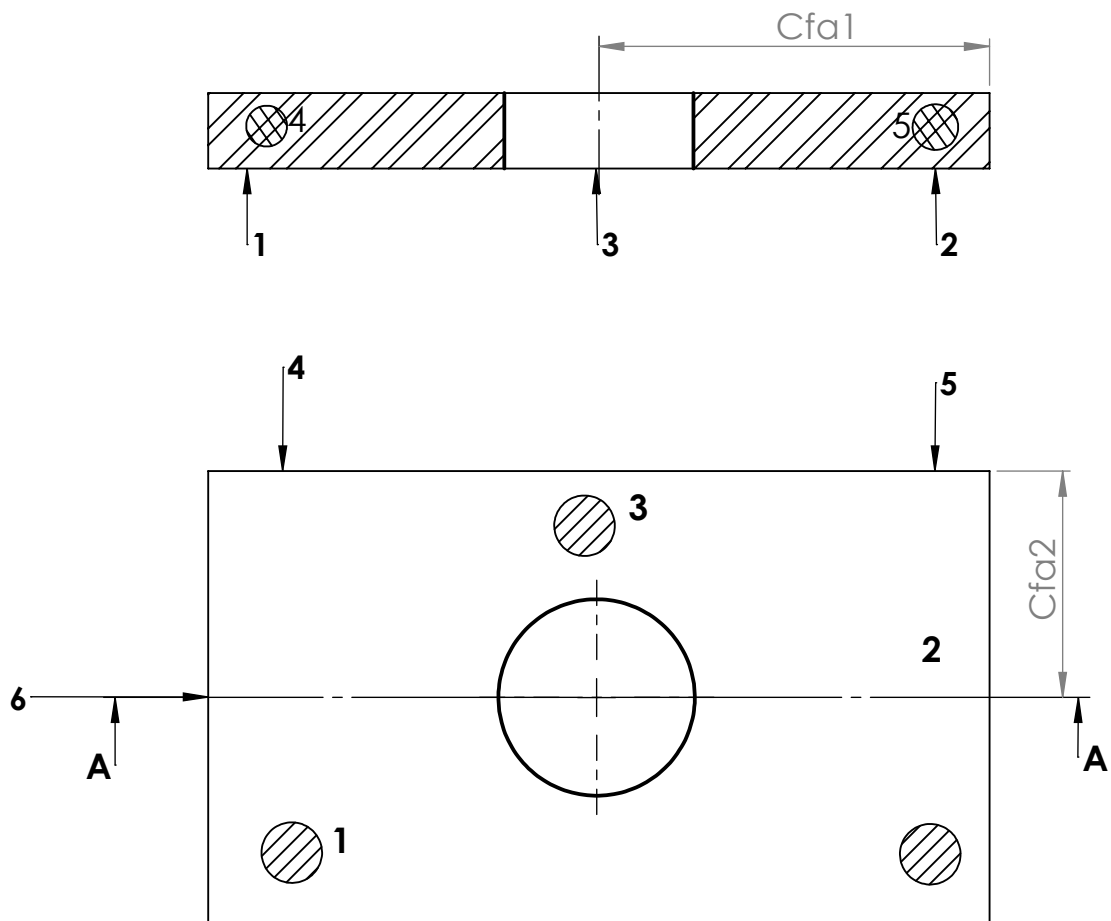


Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Plaque porte réacteur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase 220: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ⑨, en 3 normales (1,2,3). -Appui linéaire sur ①, en 2 normales (4,5). -Appui ponctuel sur ②, en 1 normale (6). - Serrage opposé aux appuis. Op 221: Dressage de 3F $Cf = 405 \pm 0,5$ Op 222: Dressage de 4F $Cf = 400 \pm 0,5$	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Brides de fixation . -Outils coupants: - Fraise à deux tailles $\varnothing 30$	Règle graduée

Croquis de la pièce

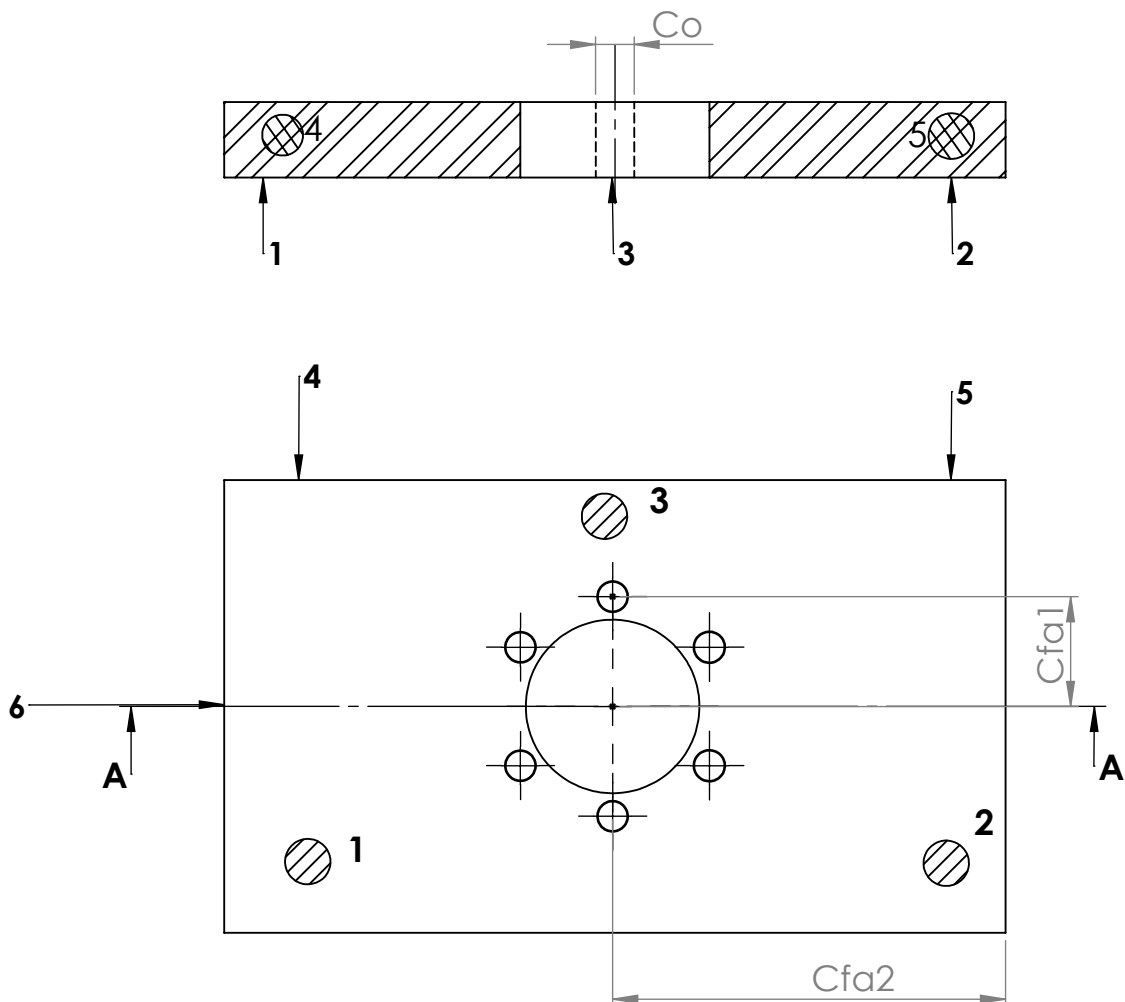


Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Plaque porte réacteur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase 230: Pièce au montage: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ⑨, en 3 normales (1,2,3). -Appui linéaire sur ③, en 2 normales (4,5). - Appui ponctuel sur ①, en 1 normale (6). - Serrage opposé aux appuis. Op 231: Perçage de 5F $Cfa1 = 300 \pm 0,5$ $Cfa2 = 200 \pm 0.5$ $Ra=6.3$	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Brides de fixation . -Outils coupants: - Foret jusqu'au $\phi 30$ -Outil à aliser	Pieds à coulisse



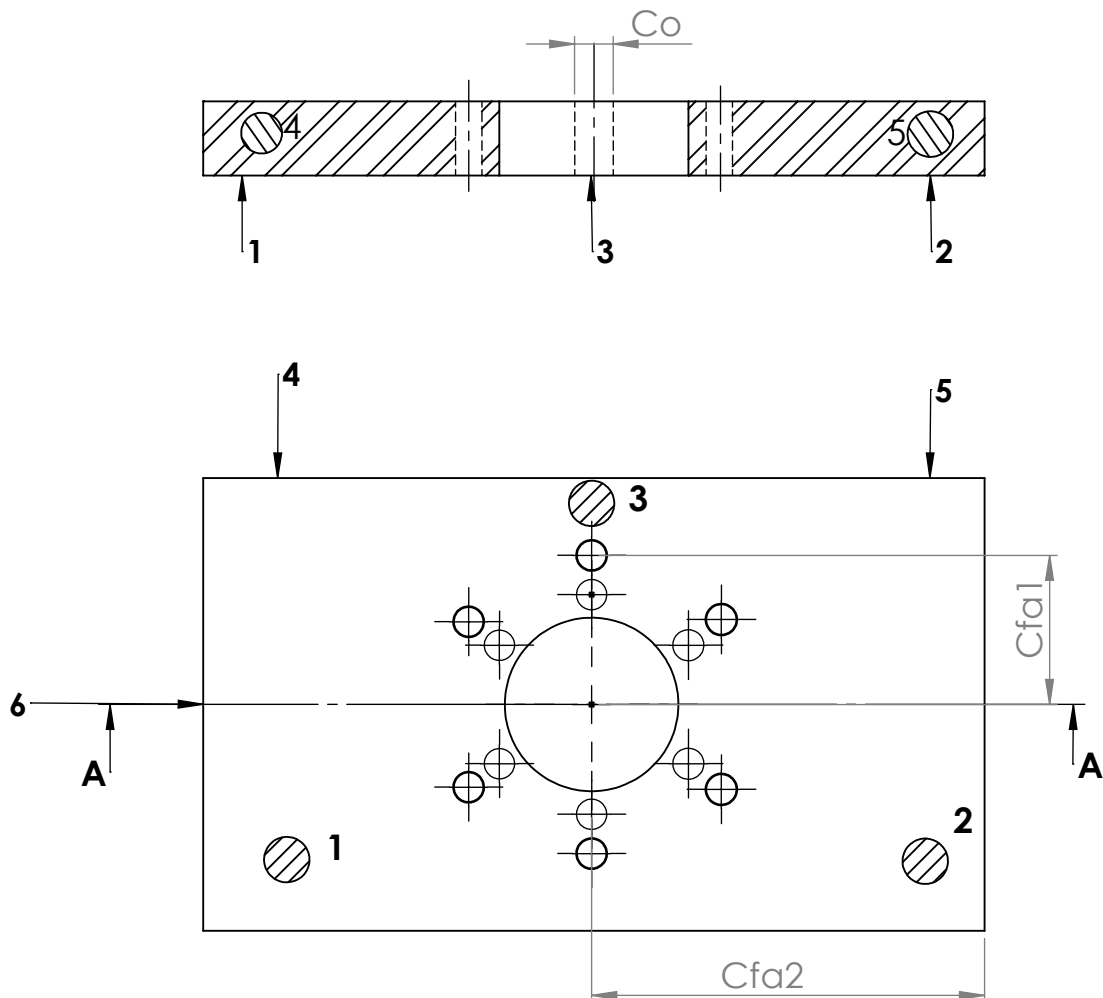
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Plaque porte réacteur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase 240: Référentiel de mise en position défini par : -Appui plans sur (9), en 3 normales (1,2,3). -Appui linéaire sur (3), en 2 normales (4,5). -Appui ponctuel su (2), en 1 normale (6). - Serrage opposé aux appuis. Op 241: Perçage de six trous 5F (Traçage des trous manuel avec un décalage entre eux de 60°) Cfa1 = $110 \pm 0,25$ Cfa2 = 300 ± 0.25 Co = $\varnothing 8.5$	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Brides de fixation . - Outils coupants: - Foret à queue cylindrique, $\varnothing 8.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Plaque porte réacteur		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Fraisage: Sous phase 250: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur (9), en 3 normales (1,2,3). -Appui linéaire sur (3), en 2 normales (4,5). - Appui ponctuel sur (1) en 1 normale (6). - Serrage opposé aux appuis. Op 251: Perçage de six trous 6F (Traçage des trous manuel avec un décalage de 60°) Cfa1 = 135 ± 0.25 Cfa2 = 300 ± 0.25 Co = $\varnothing 11$	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Brides de fixation . - Outils coupants: - Foret à queue cylindrique, $\varnothing 11$	Pied à coulisse

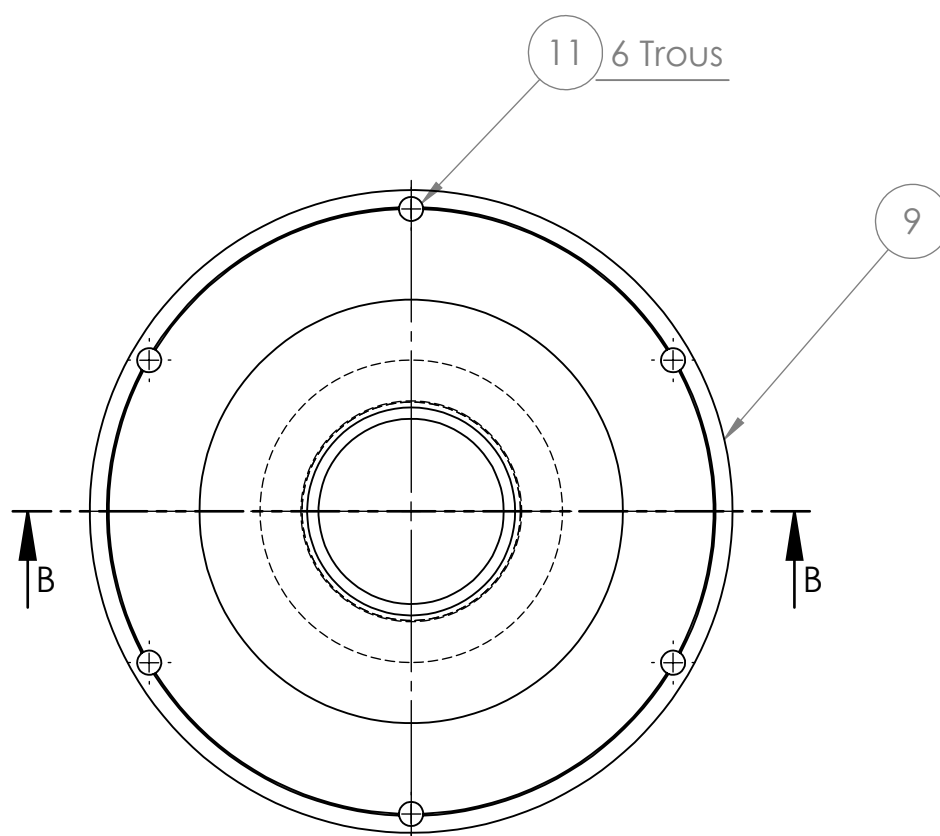
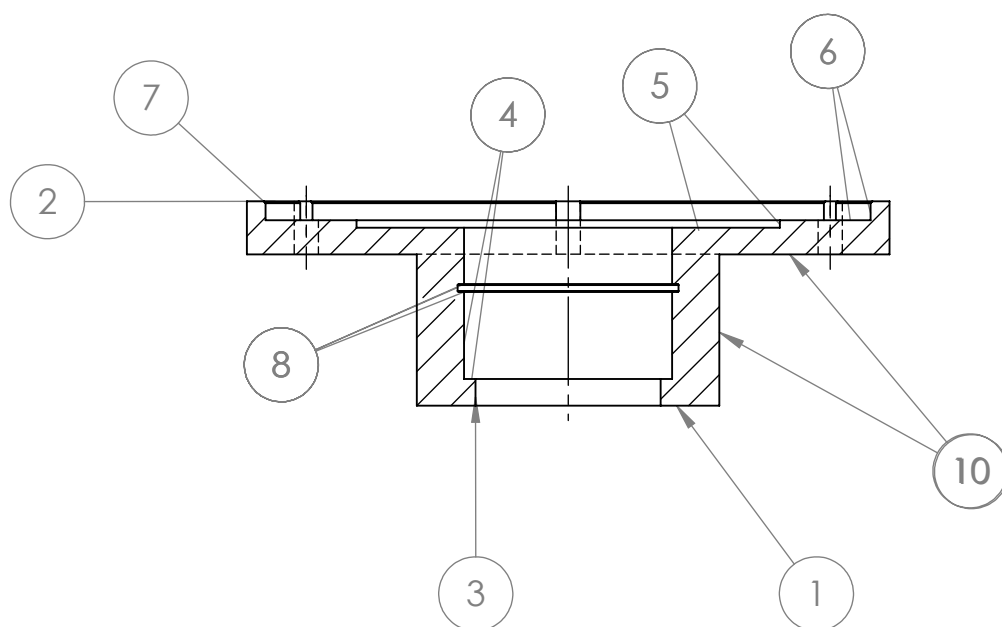
Croquis de la pièce



Feuille d'analyse de fabrication
Couvercle de la chambre réacteur

Réperage des surfaces élémentaires de couvercle de chambre réacteur

COUPE B-B

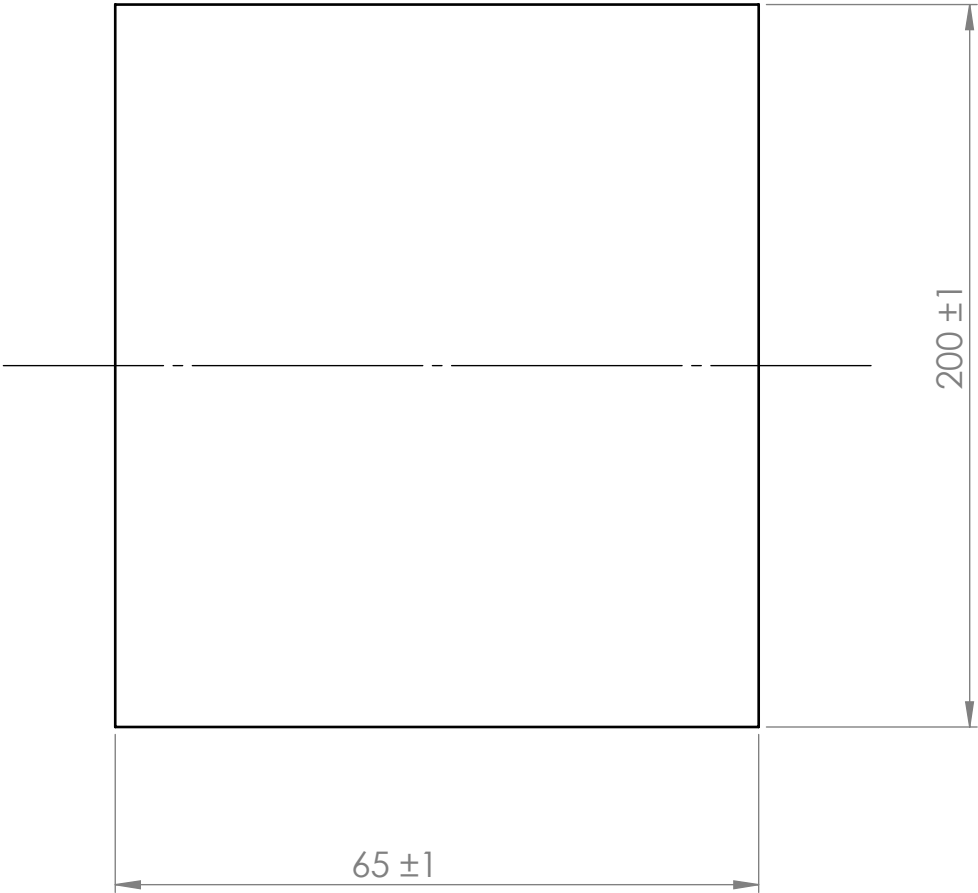


Les feuilles d'analyse de fabrication:

G- Feuille d'analyse de couvercle de la chambre réacteur:

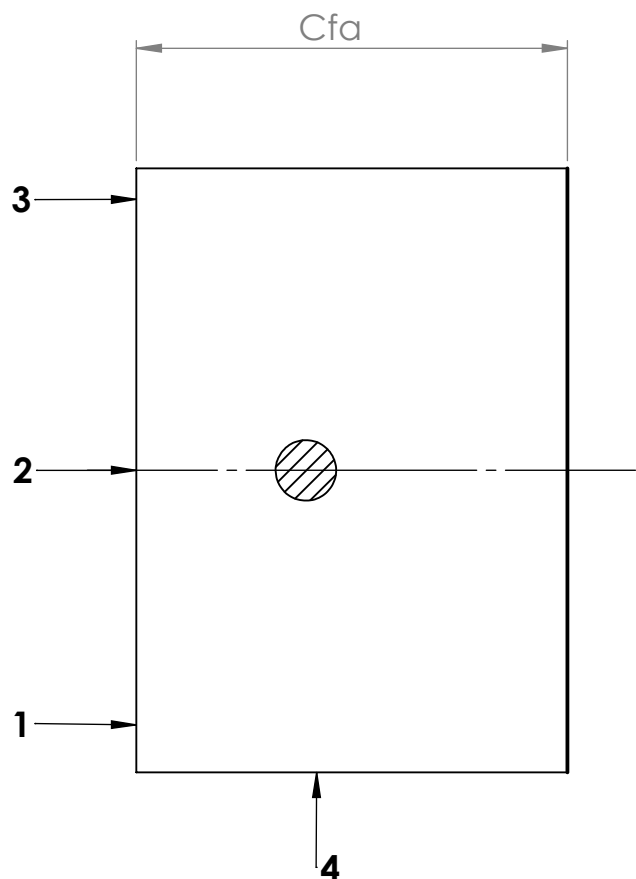
Ensemble: Réacteur de mécanofusion		Matière: Z6CND17 12	
Organe: Couvercle de la chambre		Brut: Laminé	
		Cadence: travail unitaire	
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisée	Moyens de contrôles
100	Tronçonnage du brut	Scie mécanique	Règle graduée

Croquis de la pièce



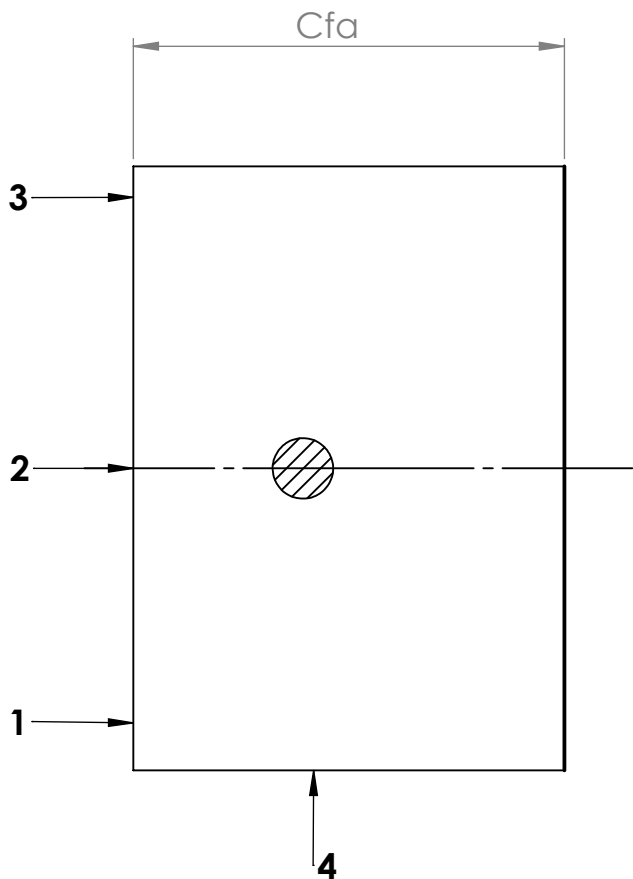
Ensemble: <i>Reacteur de mecanofusion</i> Organe: <i>Couvercle de la chambre</i>		Matiere: <i>Z6CND17 12</i> Brut: <i>Laminé</i> Cadence: <i>travail unitaire</i>		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 210: Référentiel de départ défini par: -Appui plans sur ②, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑨, en 2 normales (4,5). - Serrage concentrique. Op 211: Dressage de 1F Cfa = 60 ± 0.5	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors concentrique . -Outils coupants: - Outil à dresser à plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



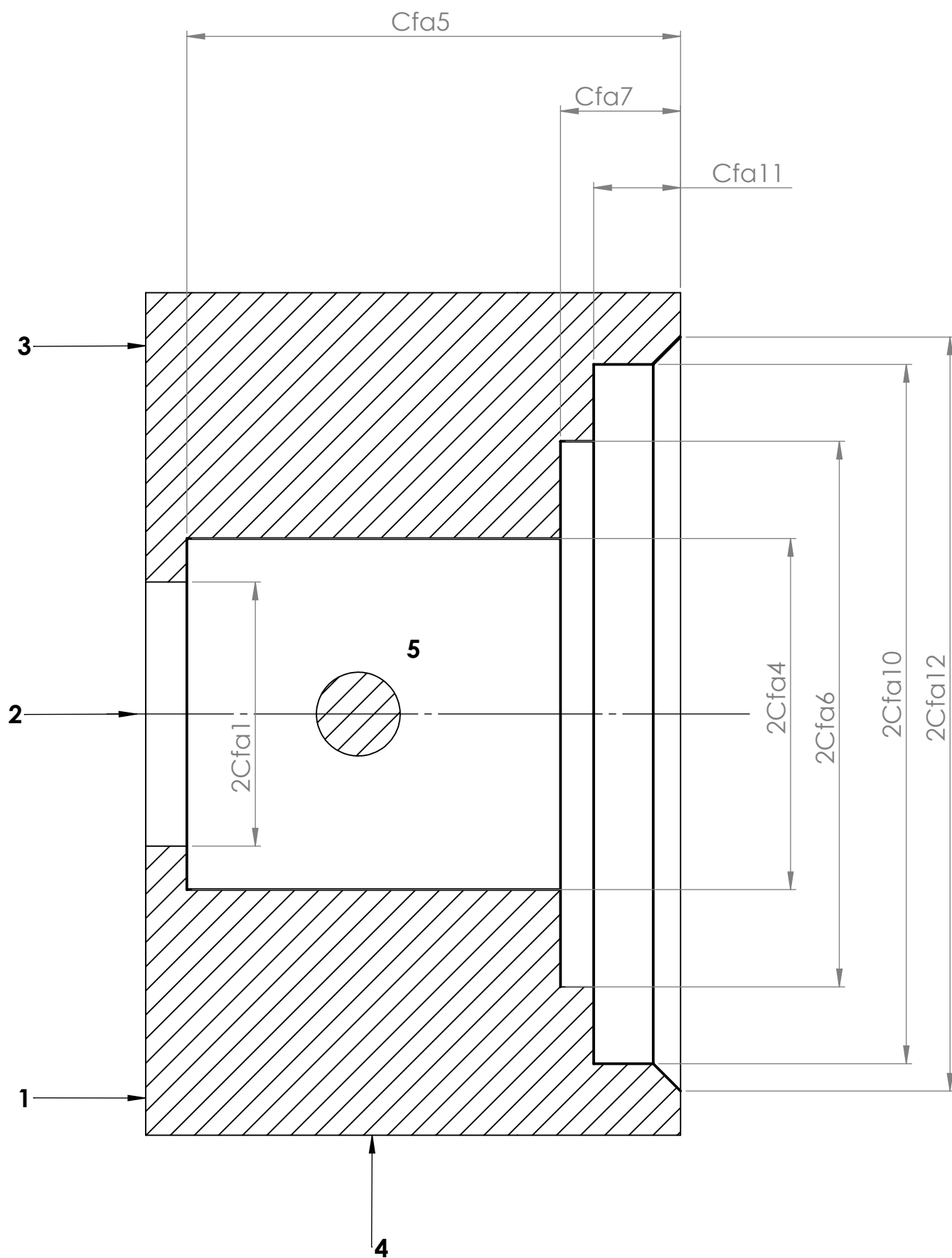
Ensemble: <i>Reacteur de mecanofusion</i> Organe: <i>Couvercle de la chambre</i>		Matiere: <i>Z6CND17 12</i> Brut: <i>Laminé</i> Cadence: <i>travail unitaire</i>		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 220: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑨, en 2 normales (4,5). - Serrage concentrique. Op 221: Dressage de 2F Cfa= 54 ± 0.5 6.3/	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors concentrique . -Outils coupants: - Outil à dresser à plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



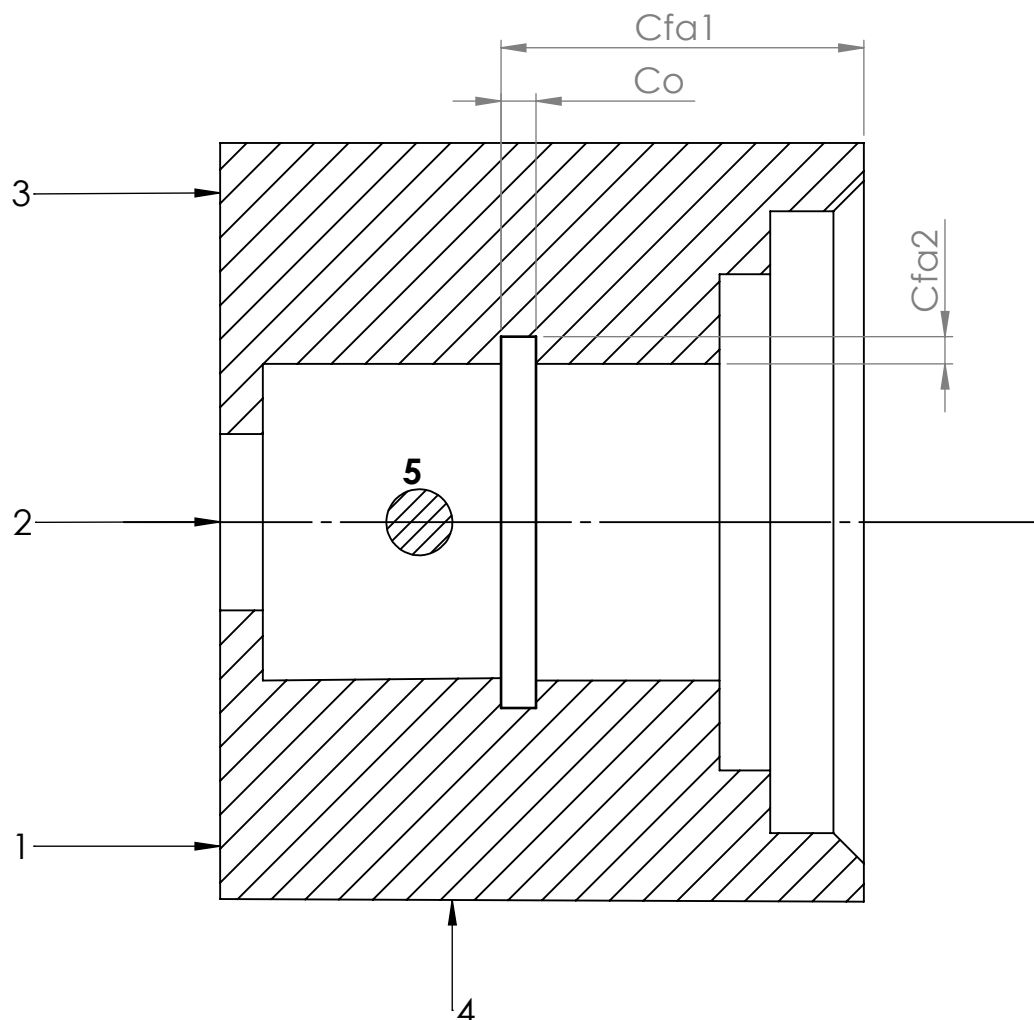
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Couvercle de la chambre		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 230: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑨, en 2 normales (4,5). - Serrage concentrique. Op 231: Pérçage de 3F $2Cfa1 = 49 \pm 0.5$ $\sqrt{6.3}$ Op 232: Alésage de 4E $2Cfa2 = 54 \pm 0.5$ Op 233: Alésage de 4\2F $2Cfa3 = 54.5 \pm 0.2$ Op 234: Alésage de 4F $2Cfa4 = 55H6$ $Cfa5 = 47 \pm 0.1$ $\sqrt{1.6}$ Op 235: Alésage de 5F $Cm6 = 112JS13$ $Cm7 = 7 \pm 0.5$ $\sqrt{6.3}$ Op 246: Alésage de 6E $Cm8 = 159 \pm 0.5$ Op 237: Alésage de 6\2F $Cm9 = 159.5 \pm 0.3$ Op 238: Alésage de 6F $Cm10 = 160H7$ $Cm11 = 5 \pm 0.2$ $\sqrt{1.6}$  0.05 4 Op239: Chanfreiner de 7F $2Cfa12 = 161 \pm 0.5$	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors concentrique . -Outils coupants: - Barre d'alésage à plaquette en carbure métallique.	Pied à coulisse, Mécrometre

Croquis de la pièce



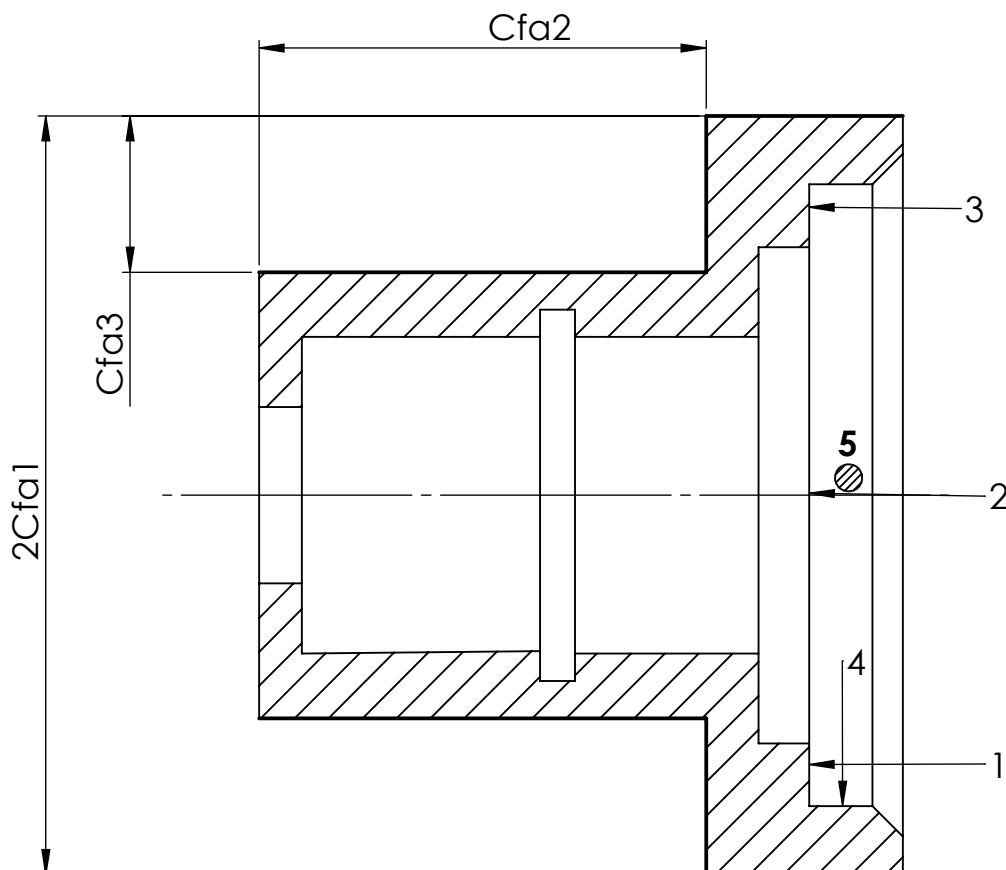
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Couvercle de la chambre		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 240: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ①, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑨, en 2 normales (4,5). - Serrage concentrique. Op 241: Gorge de circlips. $Cfa1 = 24 \pm 0.1$ $Cfa2 = 1.7$ $Co = 2.15$ $6.3/\checkmark$	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors concentrique . -Outils coupants: - Outil de gorge (Forme)	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



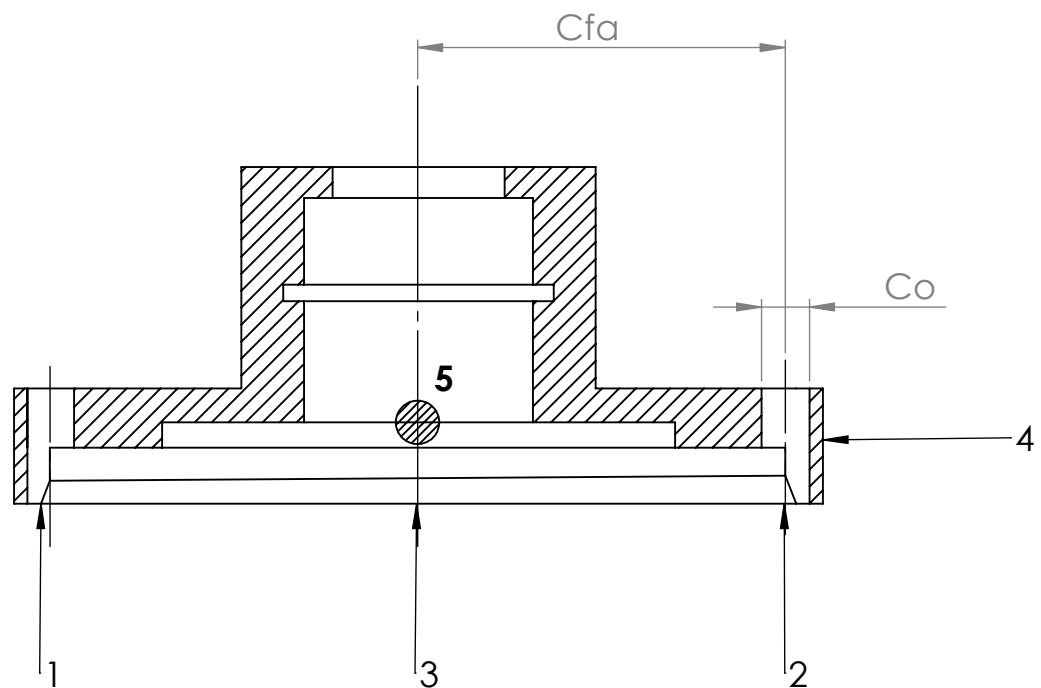
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Couvercle de la chambre		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase 250: Pièce au montage: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur (6) avec 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur (6') avec 2 normales (4,5). - Serrage concentrique. Op 251: Chariotage de 9F. $2Cfa1 = 170 \pm 0.5$ Op 252: Epaulement 10F $Cfa2 = 40 \pm 0.5$ $Cfa3 = 45 \pm 0.5$	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors extérieur, à serrage concentrique . -Outils coupants: - Outil à charioter à plaquette en crbure métallique, fixer mécaniquement	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



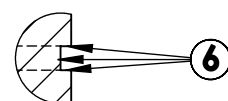
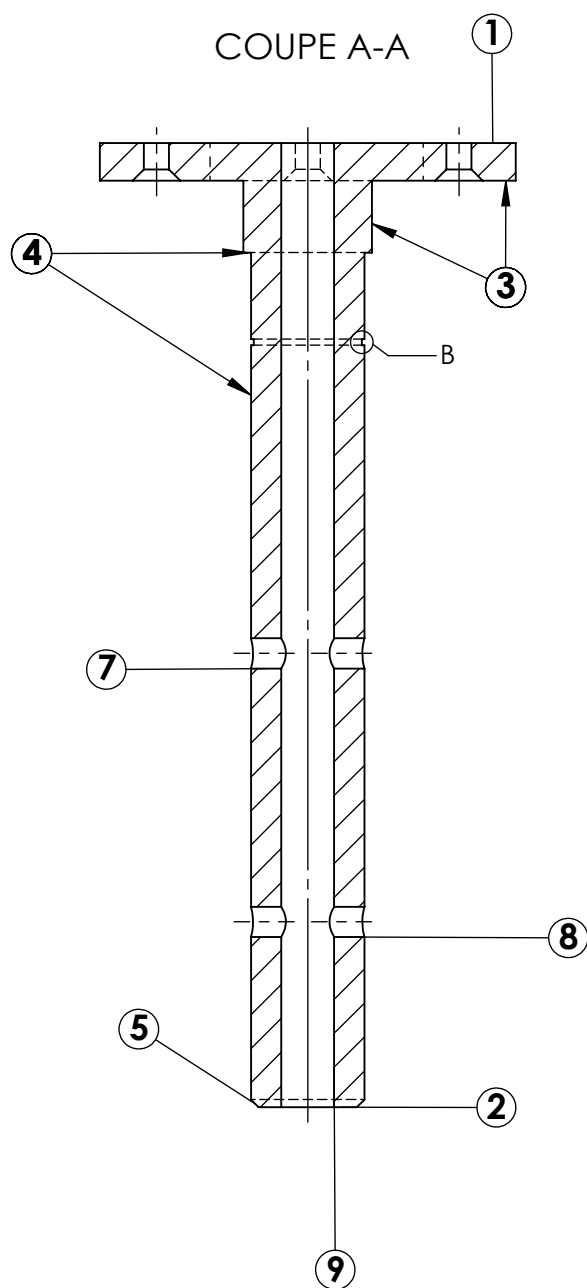
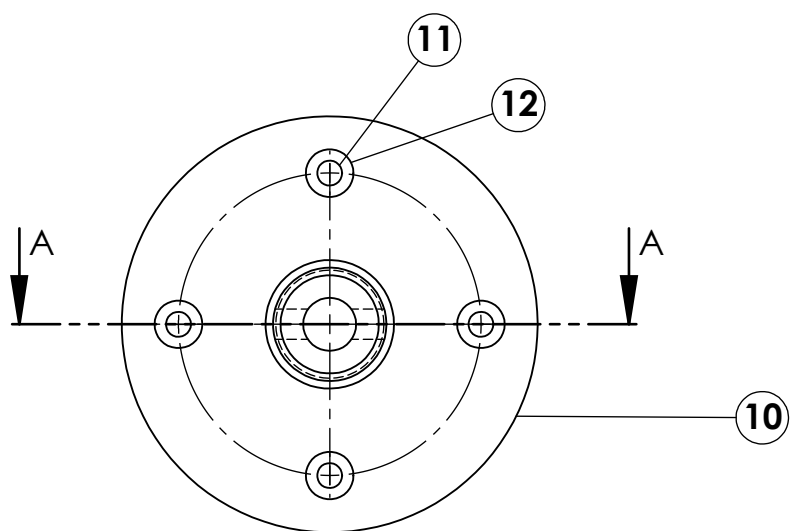
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Couvercle de la chambre		Matiere: Z6CND17 12 Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Fraisage: Sous phase 310: Référentiel de mise en position défini par: -Appui plans sur ②, en 3 normales (1,2,3). -Centrage court sur ⑨, en 2 normales (4,5). - Serrage contre les appuis. Op 311: Perçage de 10F. (6 trous, distance entre eux 60°) Cfa = 80H7 Co = ϕ 6.5	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: Plateau circulaire, serrage avec brides. -Outils coupants: - Forets ϕ 6.5	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



Feuille d'analyse de fabrication l'arbre fixe

Repérage des surfaces élémentaires de l'arbre fixe



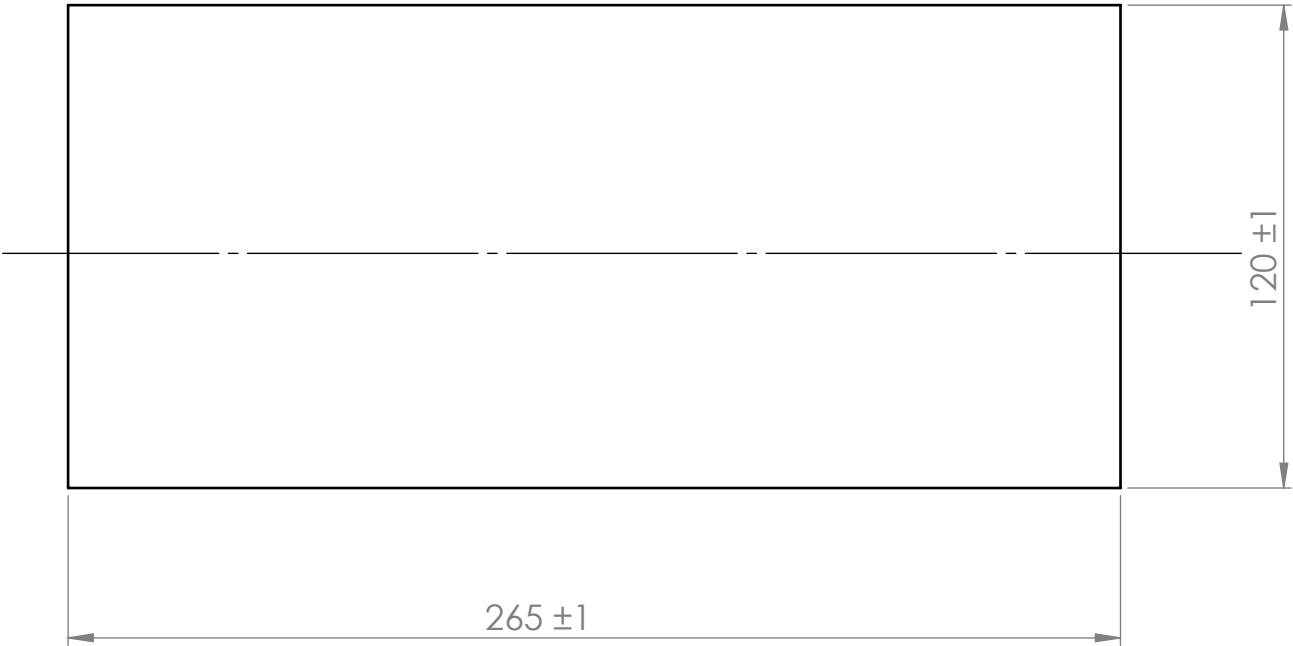
DÉTAIL B
ECHELLE 2 : 1

Les feuilles d'analyse de fabrication:

H- Feuille d'analyse de l'arbre fixe de réacteur:

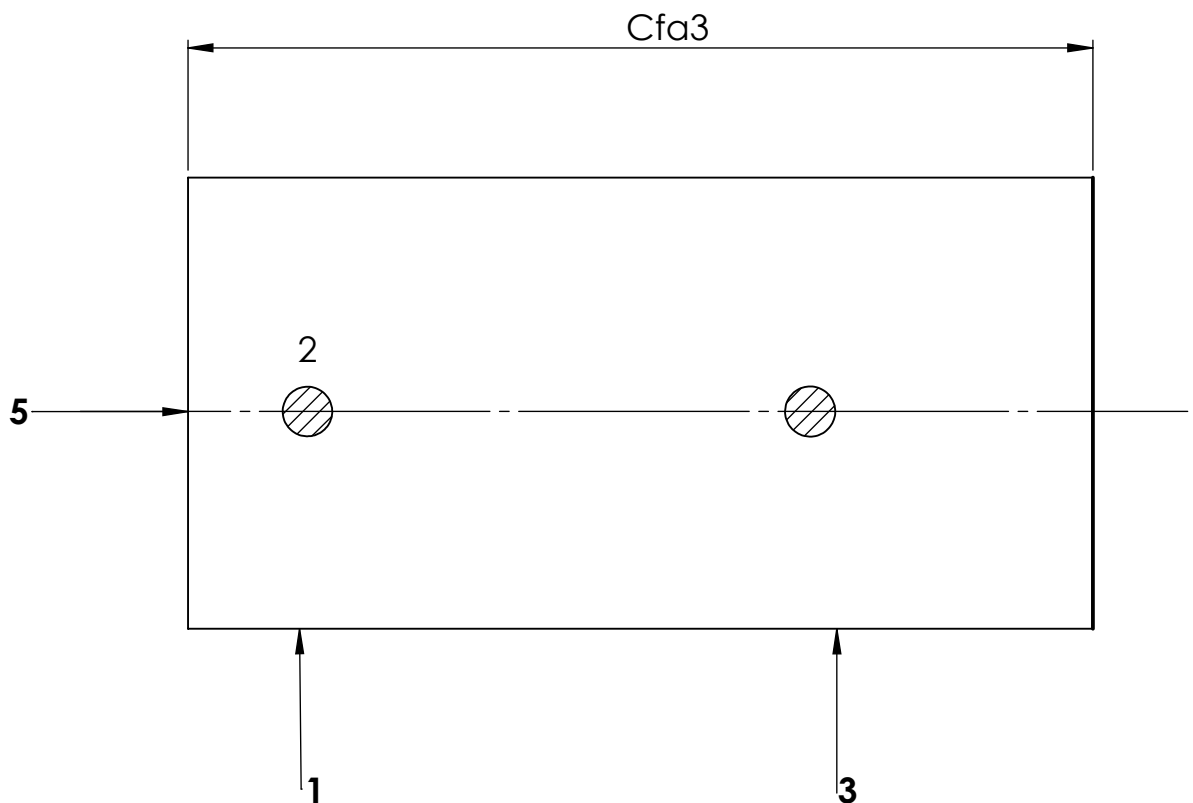
Ensemble: Réacteur de mécanofusion		Matière: Z6CND17 12	
Organe: Arbre fixe		Brut: Laminé	
		Cadence: travail unitaire	
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisée	Moyens de contrôles
100	Tronçonnage du brut	Scie mécanique	Règle graduée

Croquis de la pièce



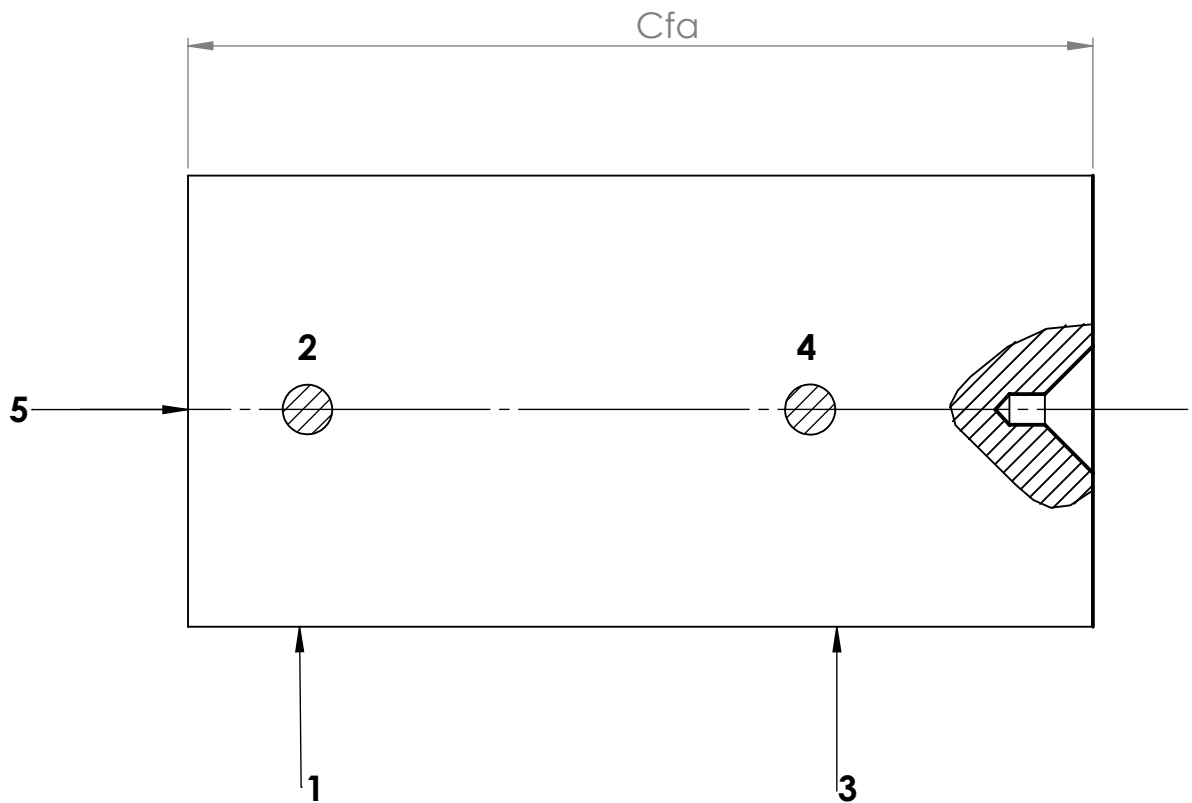
Ensemble: Reacteur de mecanofusion Organe: Arbre fixe		Matiere: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:210 Référentiel de départ défini par: -Centrage long sur (10),en 04 normales (1,2,3,4). - Appui ponctuel (2),en 02 normales(5). - Serrage concentrique. Op 211: Dressage de 1E cfa1 = 260 ± 0.5 Op 212: Dressage de 1F/2 cfa2 = 259 ± 0.5 Op 213: Dressage de 1F cfa3 = 258 ± 0.5 1.6/✓  0.1	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à plaquette amovible en carbure métallique à 45°	Régle graduée

Croquis de la pièce



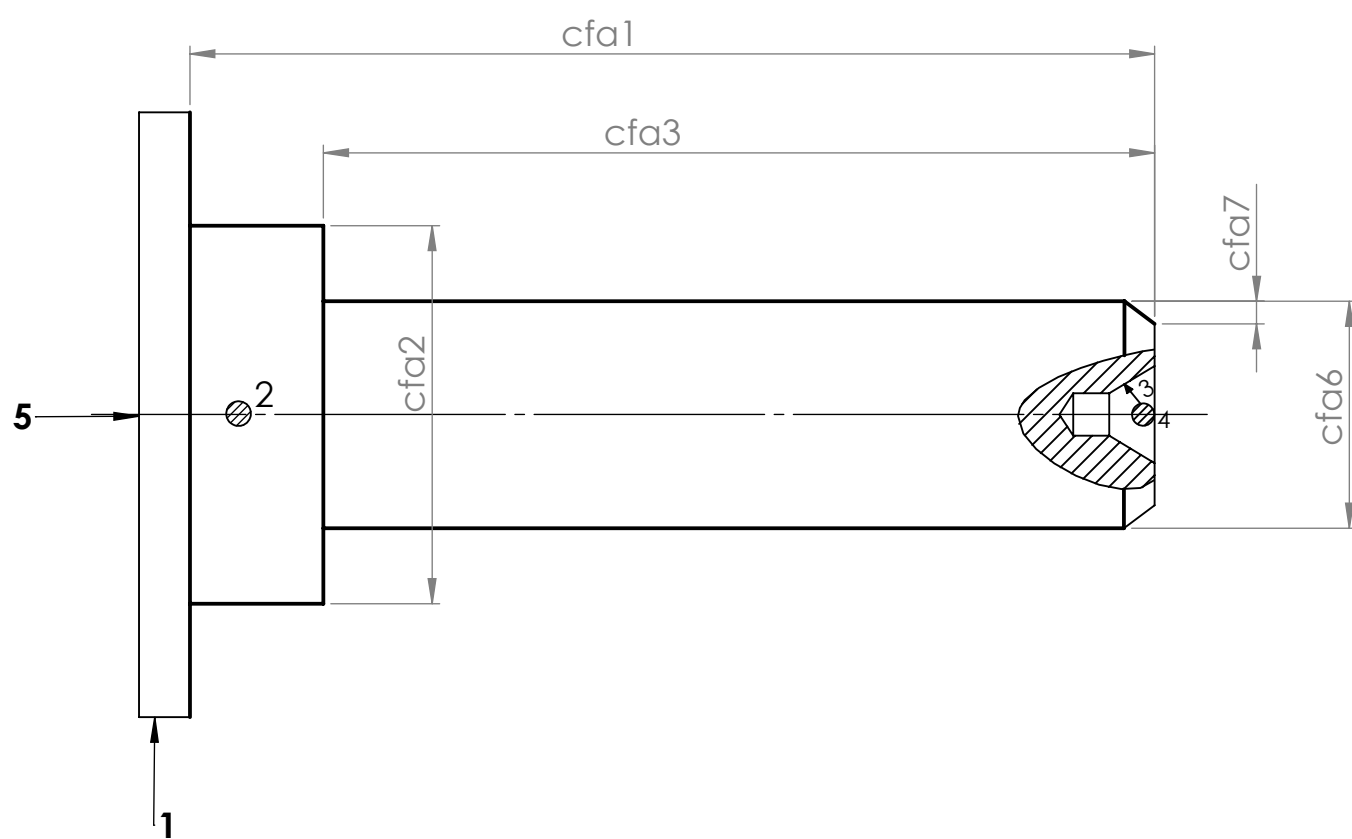
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Arbre fixe		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:220 Référentiel de départ défini par: -Centrage long sur (10),en 04 normales (1,2,3,4). - Appui ponctuel sur (1),en 01 normale (5). - Serrage concentrique. Op 221: Dressage de 2F $\sqrt[6.3]{}$ cfa = 255 ± 0.5 Op 222: Réalisation de trou de centrage	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Outil à plaquette amovible en carbure métallique à 45° - Outil à centré	Règle graduée

Croquis de la pièce



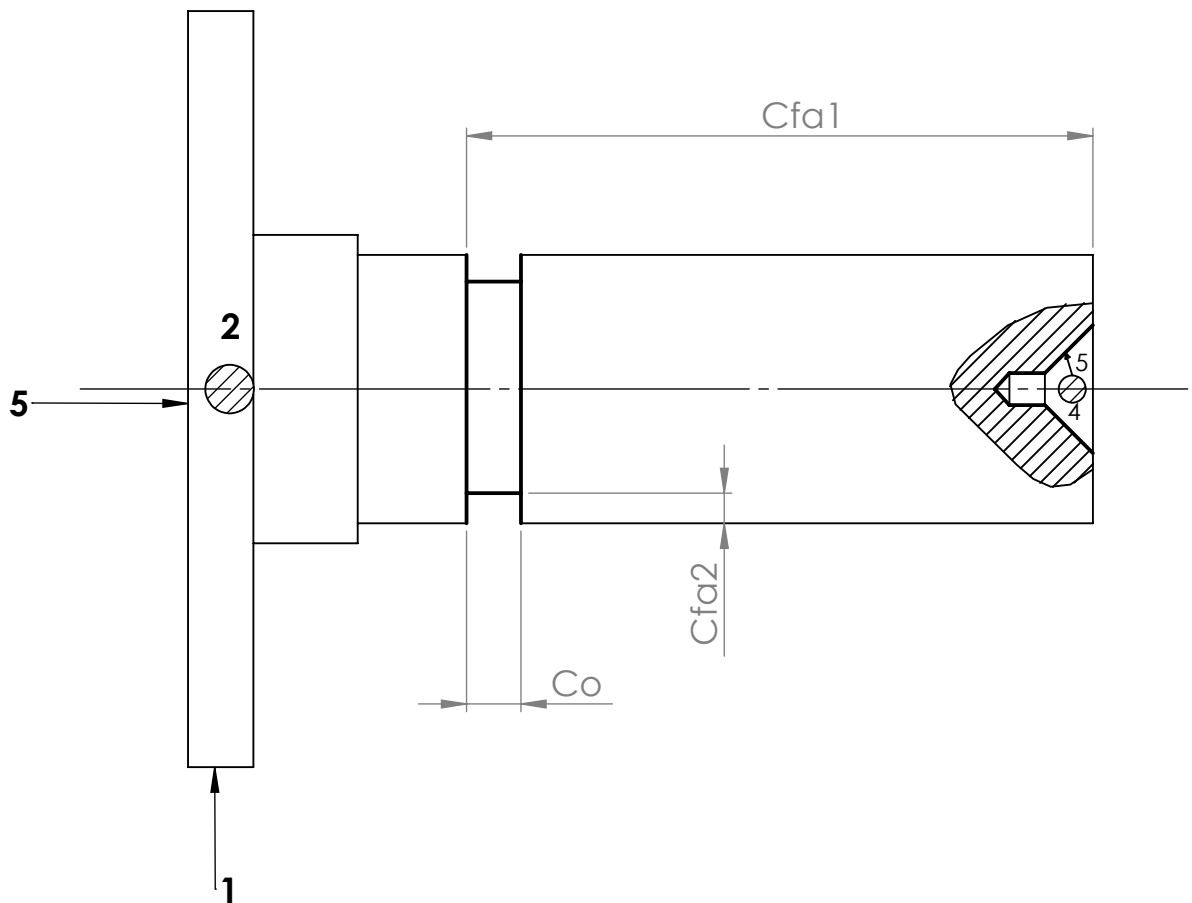
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Arbre fixe		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:230 Référentiel de mise en position défini par: - Centrage court sur (10), en 02 normales (1,2). - Pointe tournante sur (2), en 02 normale (3,4) - Appui ponctuel sur (1), en 01 normale (5). - Serrage concentrique. Op 231: usinage d'épaulement 3F 3.2/ ✓ cfa = 245 ± 0.5 cfa = 34js13 Op 232: usinage d'épaulement 4E cfa3 = 226 ± 0.5 cfa4 = 31 ± 0.5 Op 233: usinage d'épaulement 4 F/2 cfa3 = 226 ± 0.5 cfa5 = 30.5 ± 0.1 Op 234: usinage d'épaulement 4F 1.6/ ✓ cfa3 = 226 ± 0.5 cfa6 = 30h6 ⊥ 0.02 1 Op 235: chanfreiner de 5F cfa7 = 26 ± 0.1	Tour	- Moyens de prise: Mandrin à trois mors à serrage concentrique. - Outils coupants: - Outil à charioter à plaquette amovible en carbure métallique 90°	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



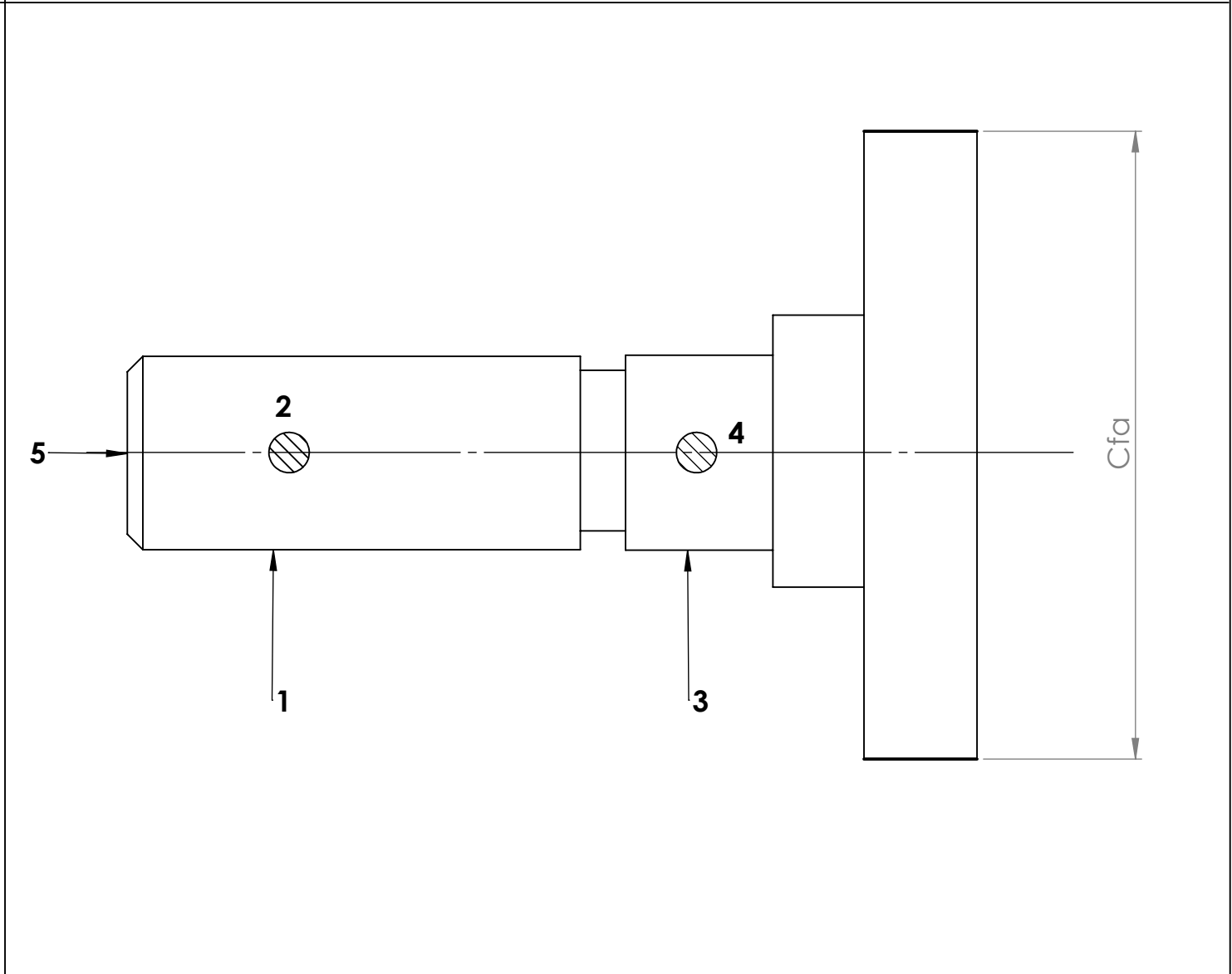
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Arbre fixe		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:240 Référentiel de départ défini par: -Centrage court sur (10),en 02 normales (1,2). -Pointe tournante sur (2), avec 02 normales (3,4) - Appui ponctuel sur (1),en 01 normale (5). - Serrage concentrique. Op 241: usinage de gorge 6F $Cfa1 = 203.1 \pm 0.1$ $Cfa2 = 0.7 \pm 0.1$ $Co = 1.6$	Tour	- Moyens de prise: - Mandrin à trois mors à serrage concentrique. - Popie tournante -Outils coupants: - outil de gorge (forme)	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



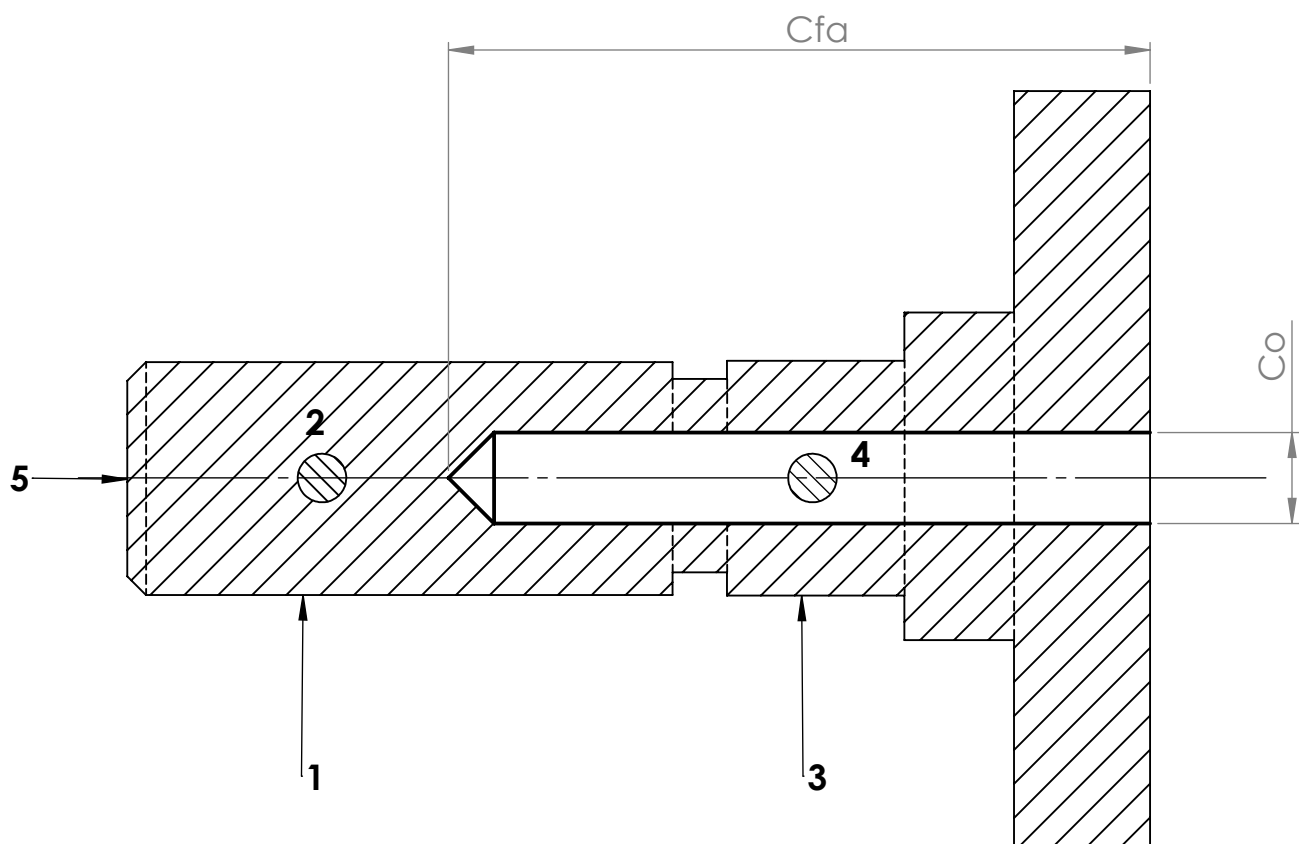
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Arbre fixe		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:250 Référentiel de mise en position défini par: -Centrage long sur ④,en 04 normales (1,2,3,4). - Appui ponctuel sur ②,en 01 normale (5). - Serrage concentrique. Op 251: chariotage de 10F $Cfa = 110 \pm 0.5$ 0.01 4 $3.2 \sqrt{}$	Tour	- Moyens de prise: - Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - outil à charioter	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



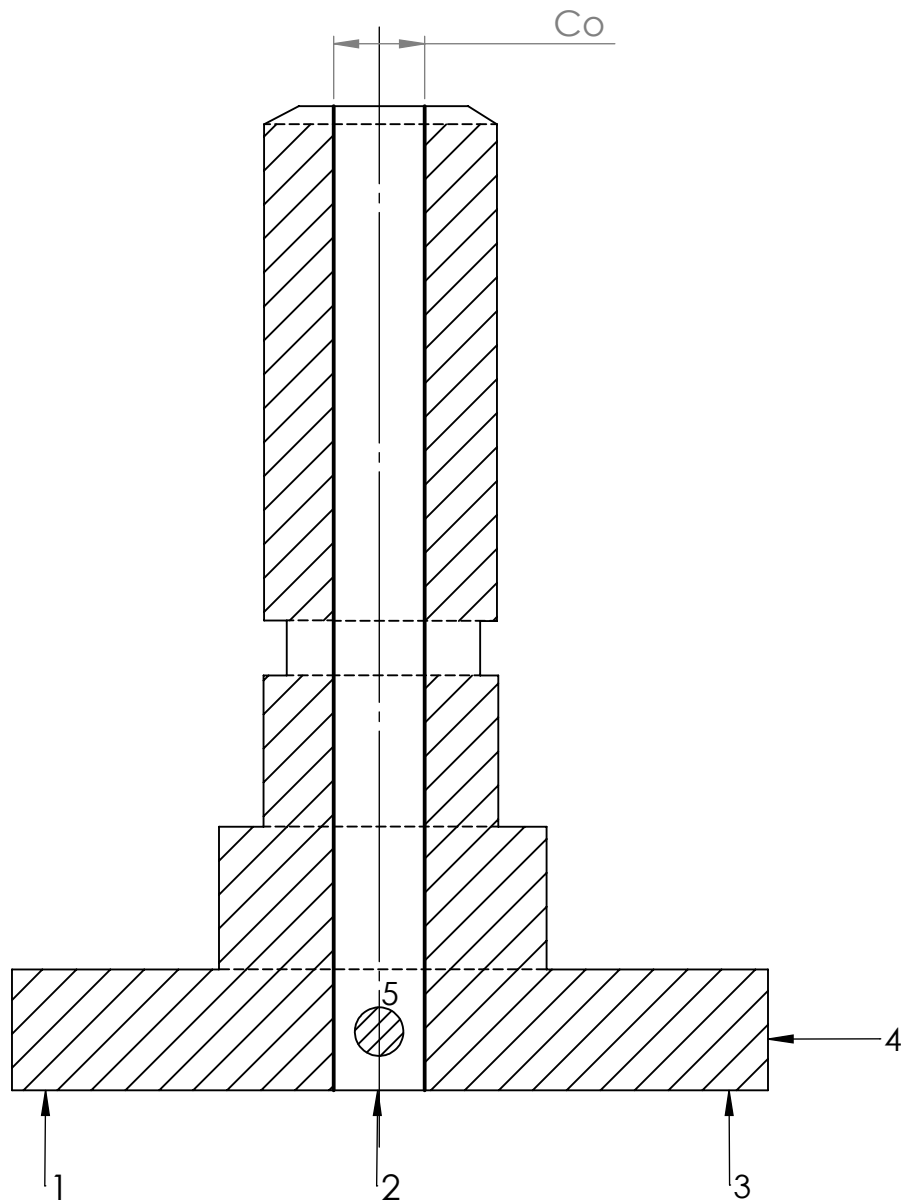
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Arbre fixe		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:260 Référentiel de mise en position défini par: -Centrage long sur ④, en 04 normales (1,2,3,4). - Appui ponctuel sur ②, en 01 normale (5). - Serrage concentrique. Op 261: perçage de 9F première partie Cfa = 150 Co = $\varnothing 14$	Tour	- Moyens de prise: - Mandrin à trois mors à serrage concentrique. -Outils coupants: - Foret (série long)	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



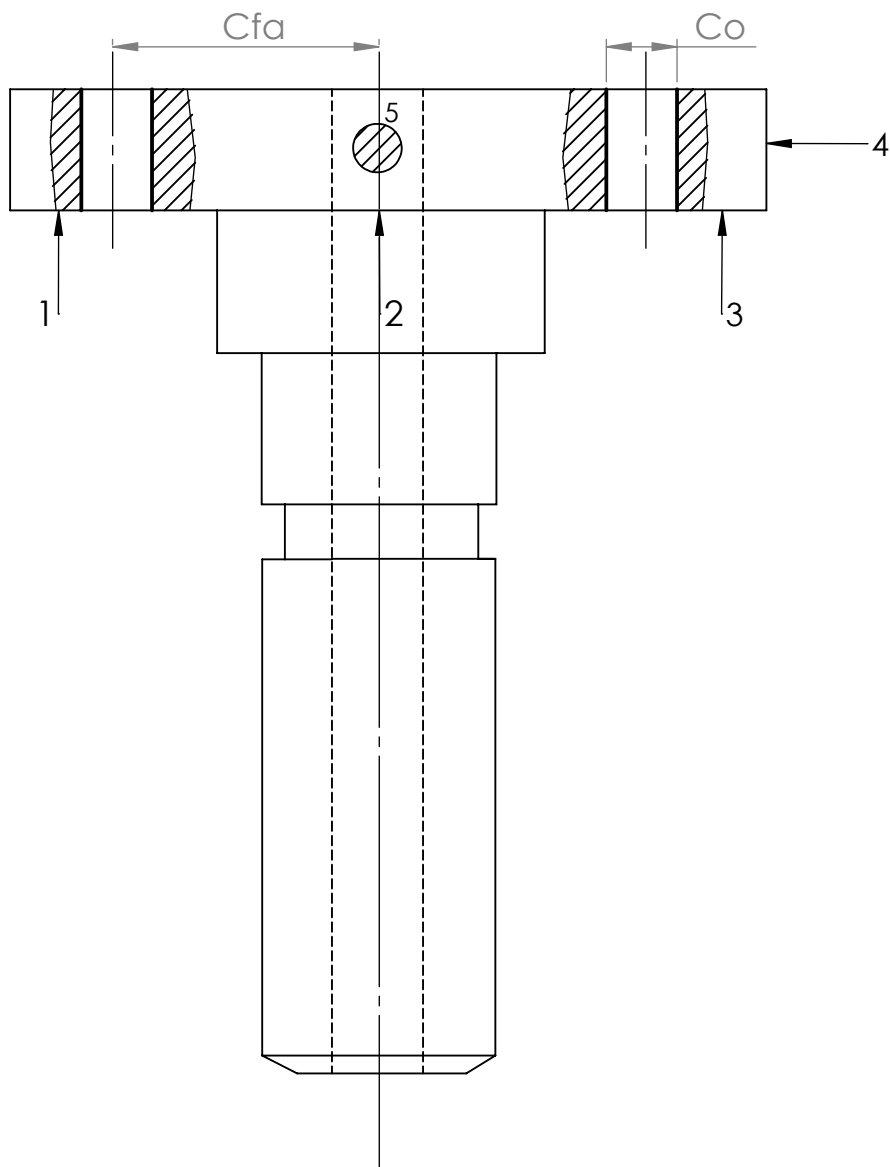
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Arbre fixe		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Perçage: Sous phase:310 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan sur ①, en 03 normales (1,2,3) -Centrage court sur ⑩,en 02 normales (1,2). - Serrage contre les appuis. Op 311: perçage de 9F Deuxième partie: (rotation de la pièce) Co = $\varnothing 14$	Fraiseuse verticale	Moyens de prise: - Brides de fixations. Outils coupants: - Foret (série long)	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



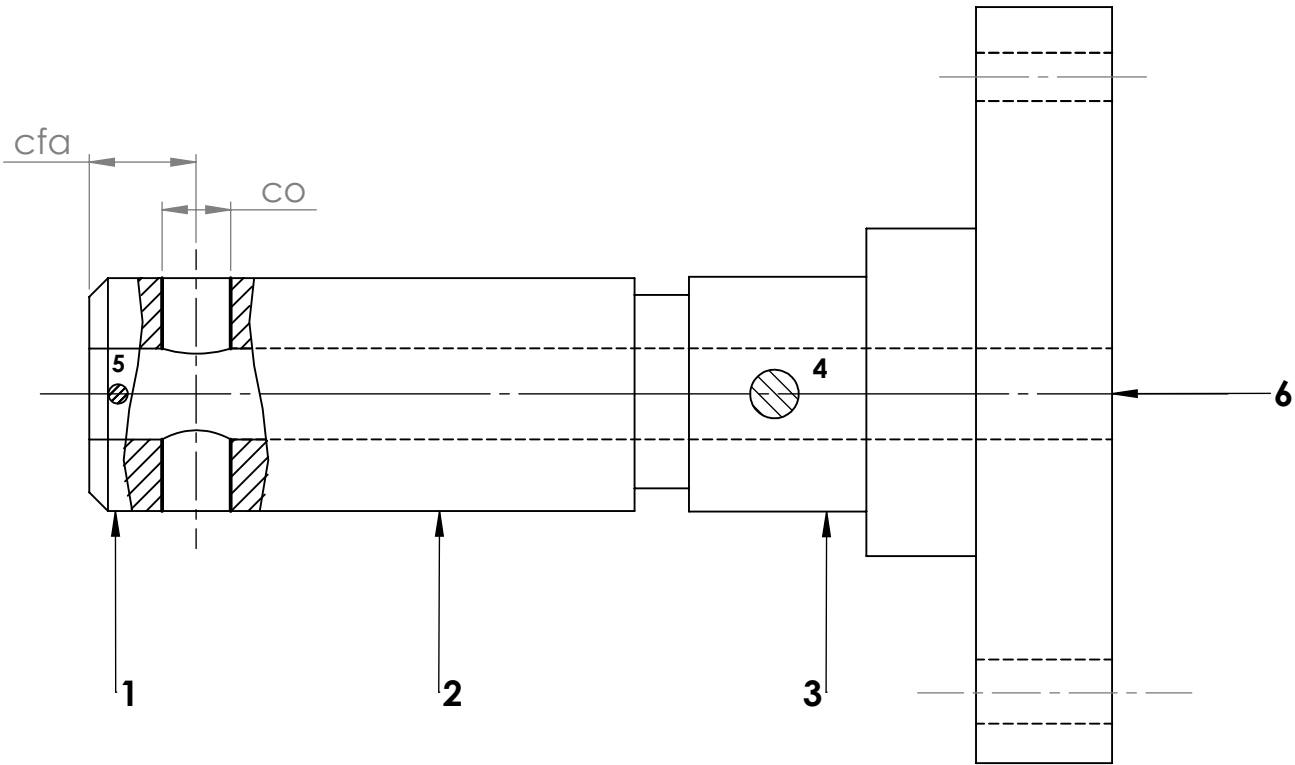
Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Arbre fixe		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
300	Perçage: Sous phase:320 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan sur (3), en 03 normales (1,2,3) -Centrage court sur (10),en 02 normales (4,5). - Serrage contre les appuis. Op 321: perçage de 11F (4 trous,avec undécalage de 90°) Cfa = 40 ± 0.1 Co = $\varnothing 6;5$	Fraiseuse verticale	Moyens de prise: - Brides de fixations. Outils coupants: - Foret $\varnothing 6.5$	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



Ensemble: Réacteur de mécanofusion Organe: Arbre fixe		Matière: Alliage d'aluminium Brut: Laminé Cadence: travail unitaire		
N°de phase	Désignation des opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils coupants	Contrôles
200	Tournage: Sous phase:330 Référentiel de mise en position défini par: -Appui plan sur (4), en 03 normales (1,2,3). - Appui ponctuel sur (4), en 02 normale (4,5). - Serrage opposés aux appuis. Op 331: perçage de 8F $Cfa = 49 \pm 0.5$ $Co = \varnothing 8$	Fraiseuse verticale	- Moyens de prise: - Etau mécanique. -Outils coupants: - Foret (série long)	Pied à coulisse

Croquis de la pièce



Conclusion générale

Conclusion générale

La protection d'un matériau contre la corrosion peut être améliorée en apportant un dépôt de matériau anti-corrosion à la surface de la pièce à protéger. Cependant, l'usure et les contacts mécaniques peuvent endommager le revêtement ce qui met la pièce en contact avec le milieu corrosif environnant.

Dans ce travail nous nous sommes fixés l'objectif d'étudier la possibilité d'enrober les particules d'une poudre, une à une, par un matériau convenable à l'effet d'élaborer par frittage un matériau dense et résistant à la corrosion.

L'idée principale était de concevoir un dispositif mécanique pouvant assurer un enrobage continu sur chaque particule d'une poudre. Cet appareil doit faire passer les particules d'un mélange de poudre dans un entrefer à grande vitesse afin de générer des forces de frottement capables d'étaler les particules fines dites « invitées » sur de grosses particules dites « hottes ». La friction aux interfaces augmente la température et mène à un enrobage des grosses particules par le métal des fines particules. Ceci est rendu possible par rotation d'une chambre contenant les poudres à traiter. Les particules sont plaquées alors par des pièces fixes contre la paroi de la chambre ce qui les oblige à passer dans un entrefer réglable. Ce dispositif est appelé réacteur de mécanofusion qui permet un enrobage des particules.

Le dispositif est réalisé au hall de technologie du département de Génie Mécanique selon les exigences fonctionnelles établies dans notre étude. Les différentes pièces fonctionnelles qui seront en contact direct avec les poudres sont en acier inoxydable tandis que les autres pièces sont fabriquées en acier fortement allié Z200C12 ou en acier XC42.

Les dessins de définitions des pièces ont été réalisés selon les normes ce qui nous a amenés à décrire sur des feuilles d'analyse les différentes opérations d'usinage ainsi que leur ordre d'exécution.

Nous espérons que ce réacteur de mécanofusion puisse être utilisé au laboratoire pour l'enrobage des poudres métalliques.

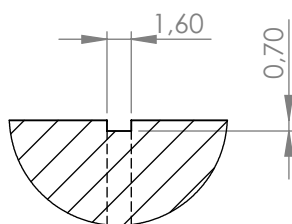
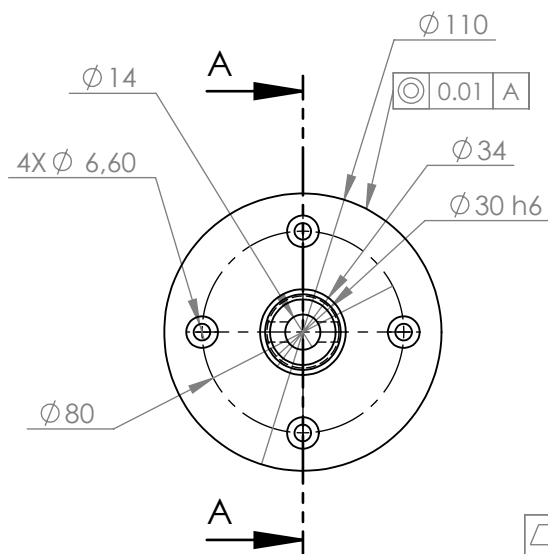
Références bibliographiques

- [1]: Hersey liver: Particle-Particle Adhesion in Pharmaceutical Powder Handling ,1975
- [2]: Egermann et Orr liver :Pharmaceutical Blending and Mixing,1983
- [3]: Bannister et Harnby, livre :power techno,1983
- [4]: Koishi et al, livre:Biotechnology and Food Process Engineering,1984
- [5]: Olivier LECOQ , Caractérisation des milieux complexes et mise en forme,2013
- [6]: Ichikawa et al, Fanny Cavailles, thèse :génération par enrobage à sec de particules composites a propriétés d'usages contrôlées,1990
- [7]: Podczek , livre: Pharmaceutical Capsules;1999
- [8]: R. Ouakour et A.Hamecha ,mémoire :conception d'un réacteur mécanofusion,2015
- [9]: Yokoyama et al, livre : Sciences et techniques 1987
- [10]: Pfeffer R., Dave R. N., Dongguang W., Ramlakhan M,Synthesis of engineered particulates with tailored properties using dry particle coating, Powder Technology, (2001).
- [11]: Y. Ouabbas, thèse : Procèdes mécaniques d'élaboration a sec de particules,2008
Composites a propriétés d'usage contrôlées .Caractérisation et stabilité d'un gel de silice
- [12]: Frederic Jay, thèse : Des particules revêtues aux matériaux massifs : par mécanofusion et dépôt chimique en phase vapeur, caractérisation et étude de l'oxydation a haute température,2006
- [13]: Saber, livre : Analyse de fabrication
- [14] :R.Dietruchi et D.Garsaud,edition Afnor1998, livre :précis de méthode d'usinage

Annexe

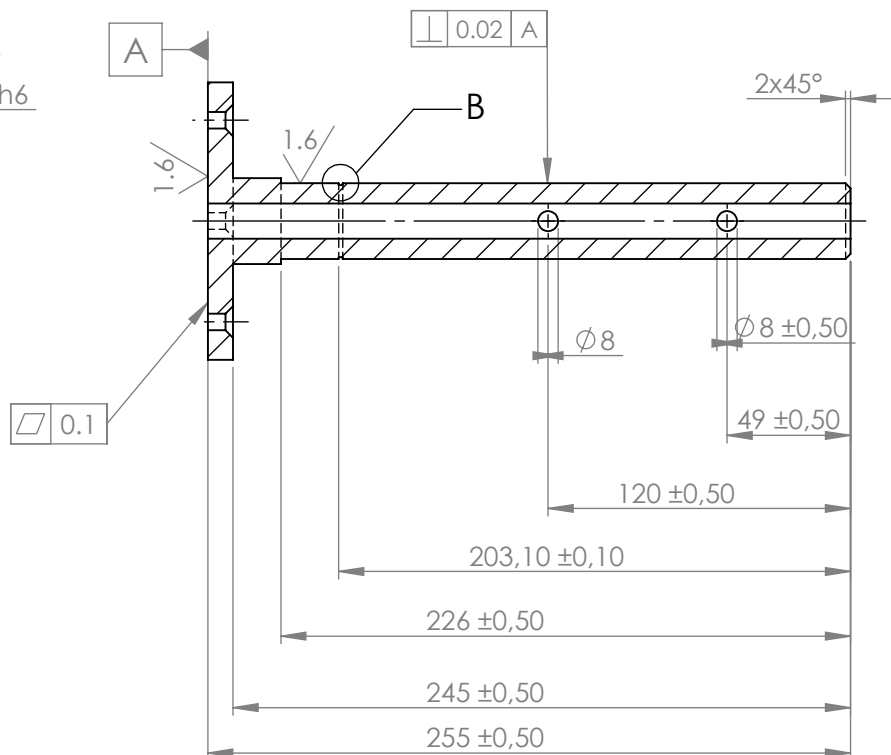
Liste des dessins de définition et d'assemblages.

N°	Nomination	page
01	Arbre fixe	116
02	Support marteau	117
03	Support racloire	118
04	Racloir	119
09	Marteaux	120
12	Couvercle de la chambre	121
13	Chambre	122
14	Arbre tournant	123
16	Entretoise	124
18	Porte arbre tournant	125
20	Couvercle supérieur du corps	126
21	Corps supérieur	127
22	Corps inférieur	128
23	Plaque porte du réacteur	129
42	Bague de réglage de l'entrefer	130
24	Assemblage de table	131
	Couvercle de table	132
	Support moteur courroie	133
	Support moteur accouplement	134
	Assemblage partie supérieur	135
	Assemblage de partie supérieur et inférieur	136
	Assemblage de l'arbre fixe	137
	Montage de roulement	138
	Assemblage réacteur en 3D	139
	Assemblage réacteur de mécanofusion	140



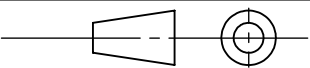
DÉTAIL B
2 : 1

COUPE A-A

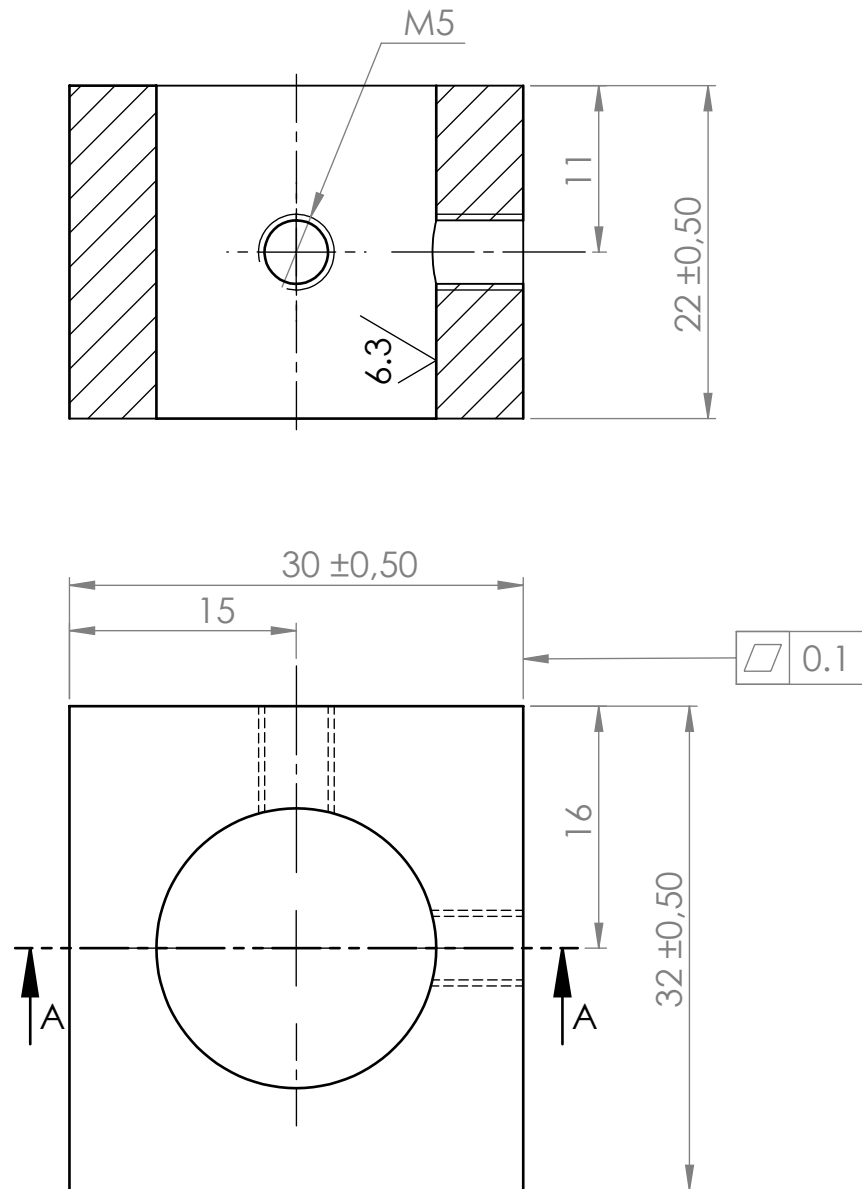


Remarque: les cotes sans tolérances sont usinées à js 13

Ra=3.2/
partout, sauf indications

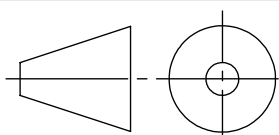
1	1	Arbre fixe	Z6CND17 12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:3		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par: SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre 2017

COUPE A-A

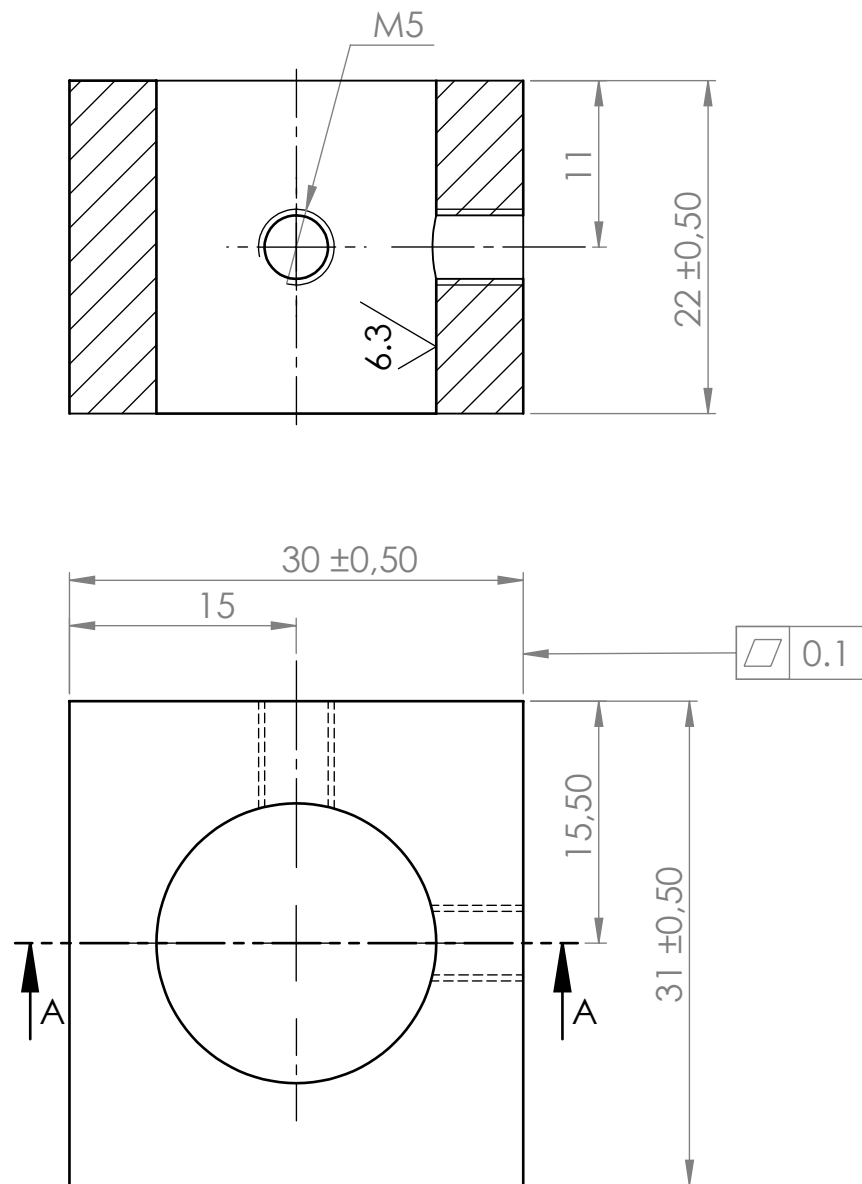


Remarque:

$Ra=1.6$ partout sauf indications;

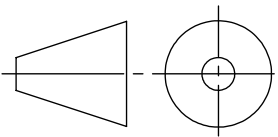
2	2	Support MARTEAU	Z6CND17 12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observatio
Echelle: 2:1		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par:
				SLIMANI - L ZIANI - A
A4		UMM- TO		Octobre 2017

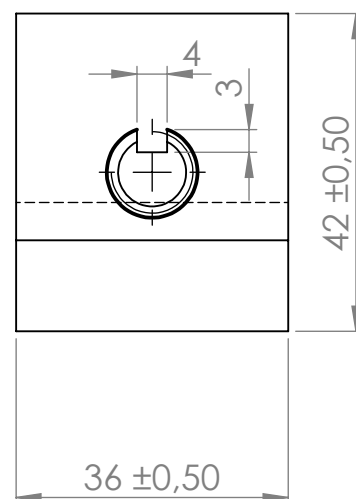
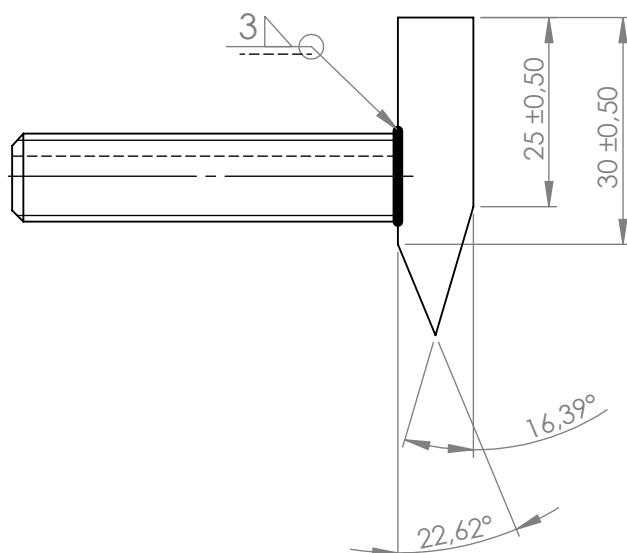
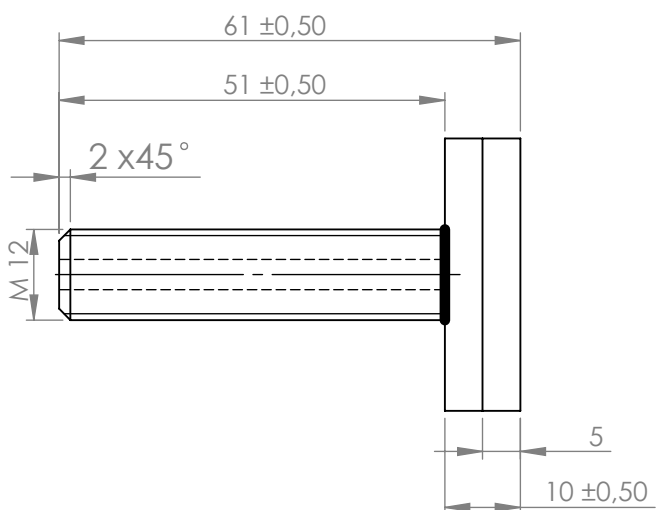
COUPE A-A



Remarque:

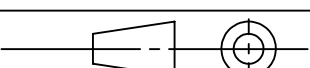
$Ra=1.6$ partout sauf indications;

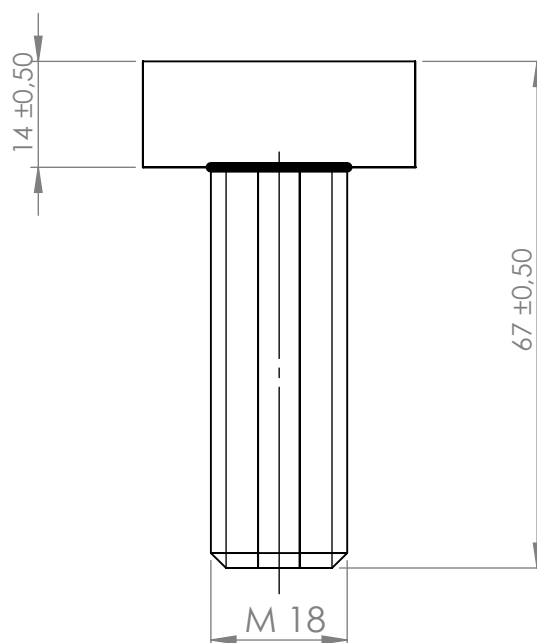
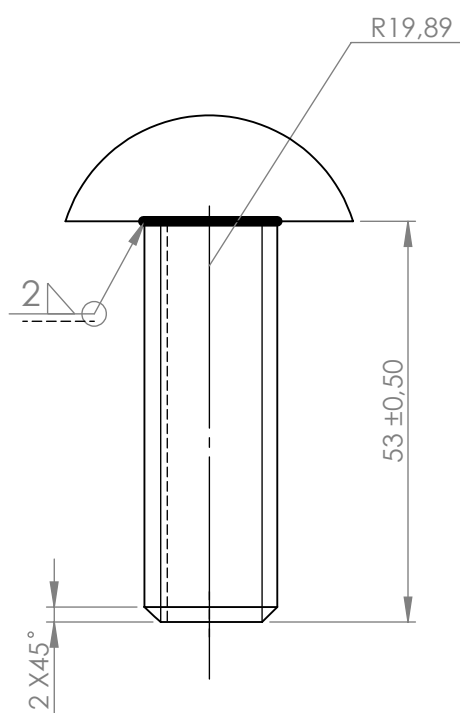
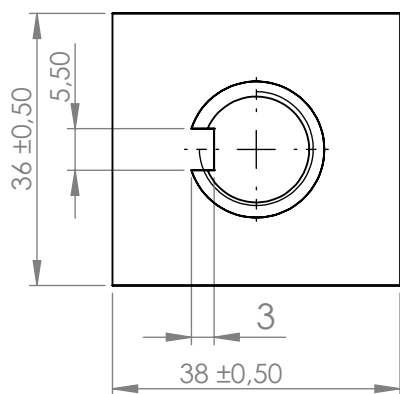
3	2	Support racloir	Z6CND17 12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observatio
Echelle: 2:1		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par:
				SLIMANI - L ZIANI - A
A4		UMM- TO		Octobre 2017



Remarque;

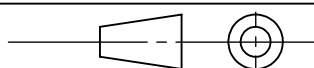
$Ra=1.6$ partout, sauf indications

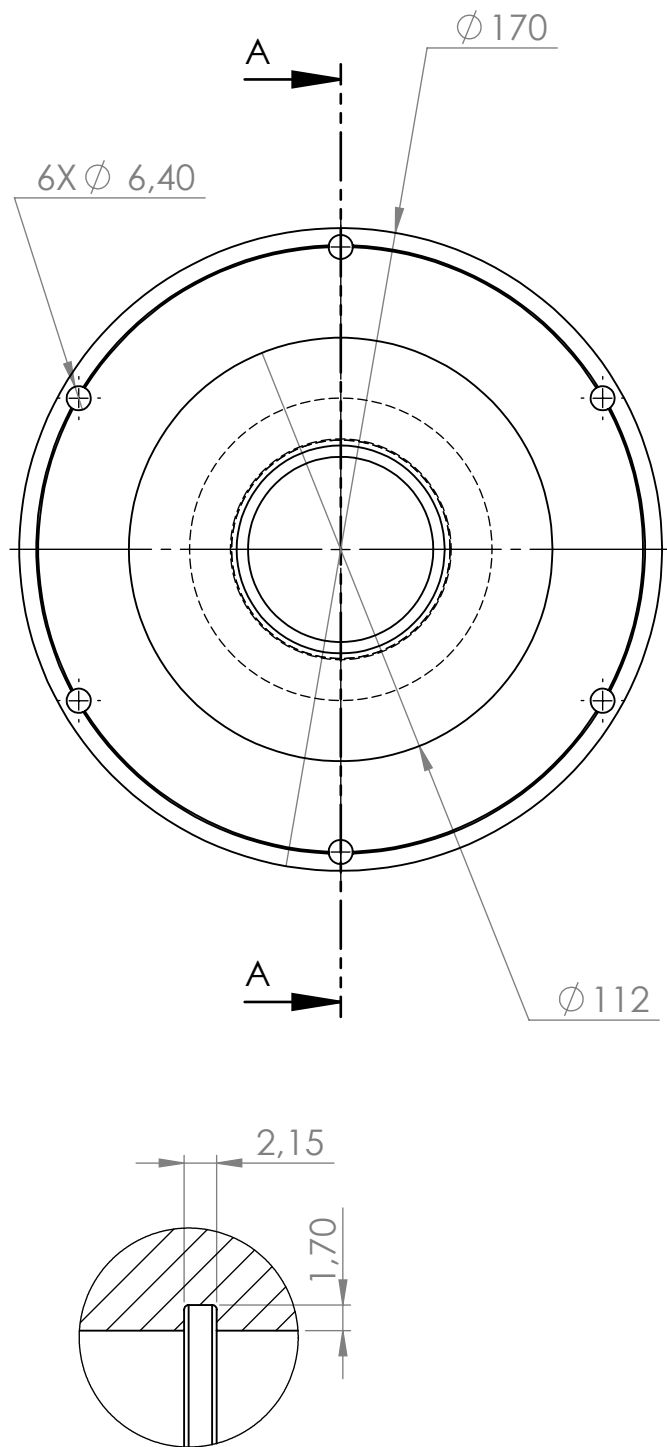
4	2	Racloir	Z6CND17 12	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalié par: SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre2017



Remarque: les cotes sans tolérances sont usinées à js13

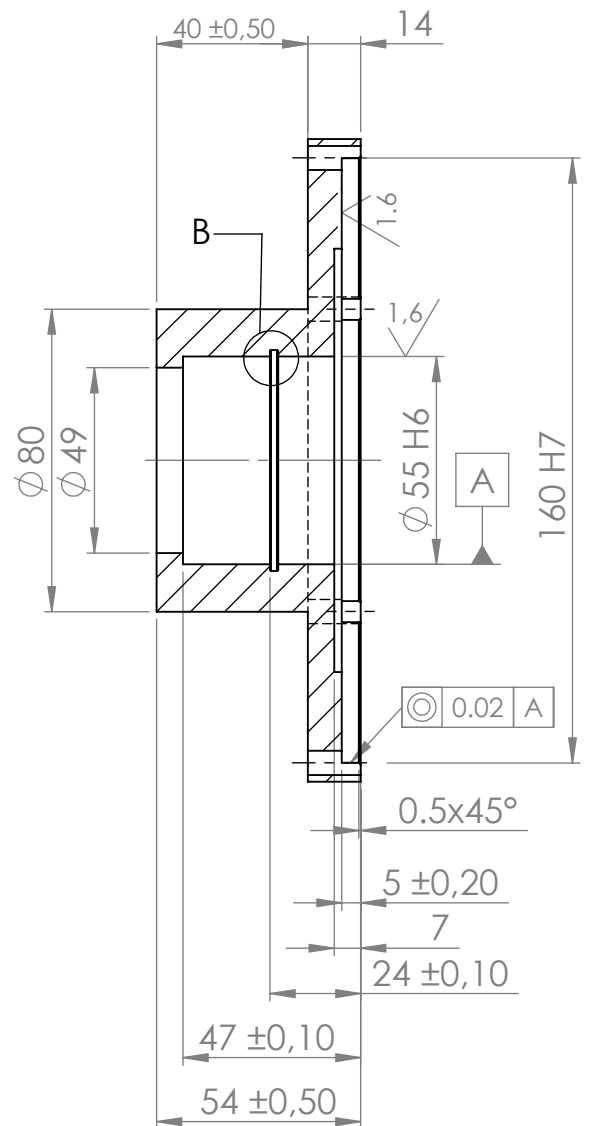
$Ra=1.6$, sauf indications

9	2	Marteaux	Z6CND17 12	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par:
				SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
A4		U M M T O		Octobre2017



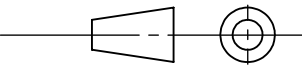
DÉTAIL B

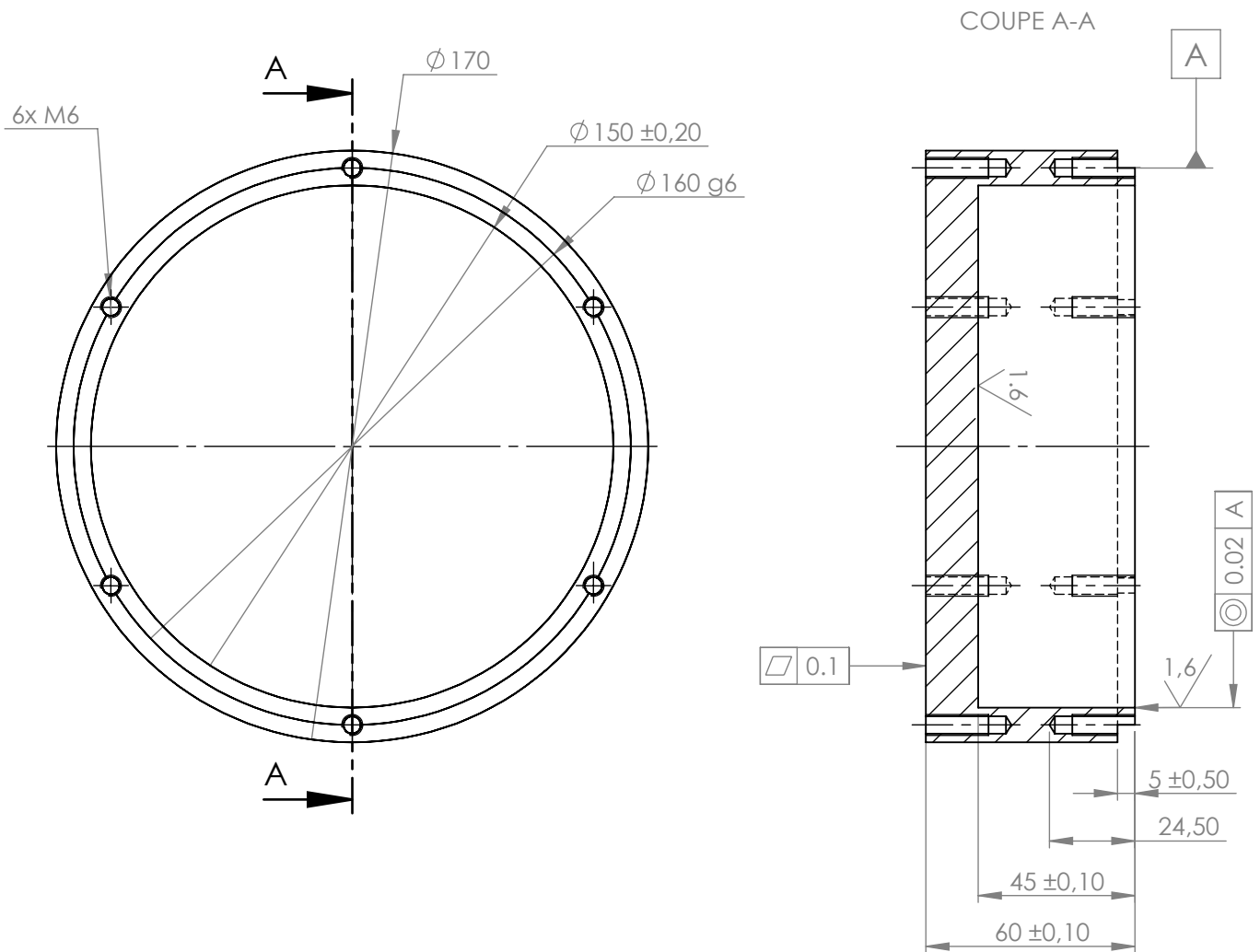
COUPE A-A



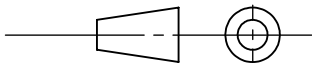
Remarque; les cotes sans tolérances sont usinées à js13

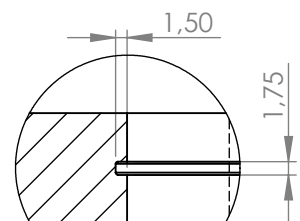
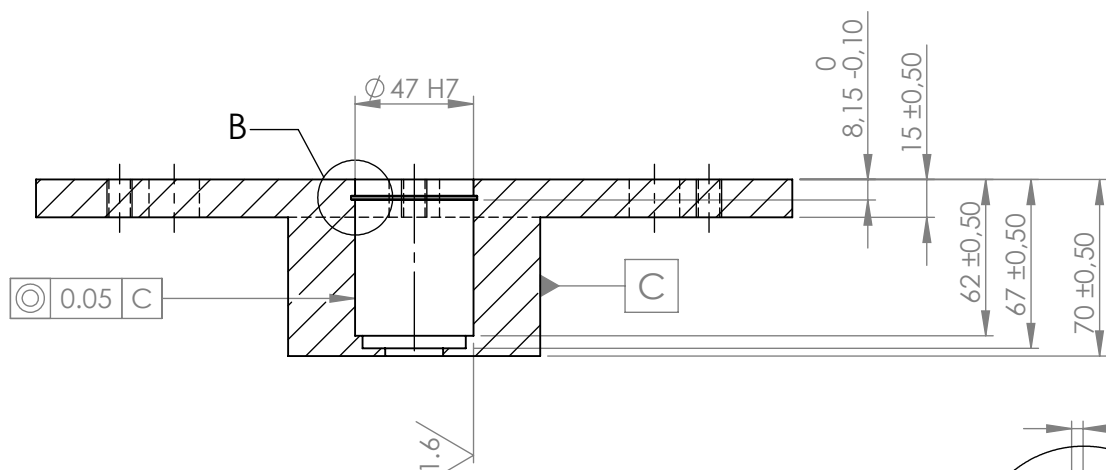
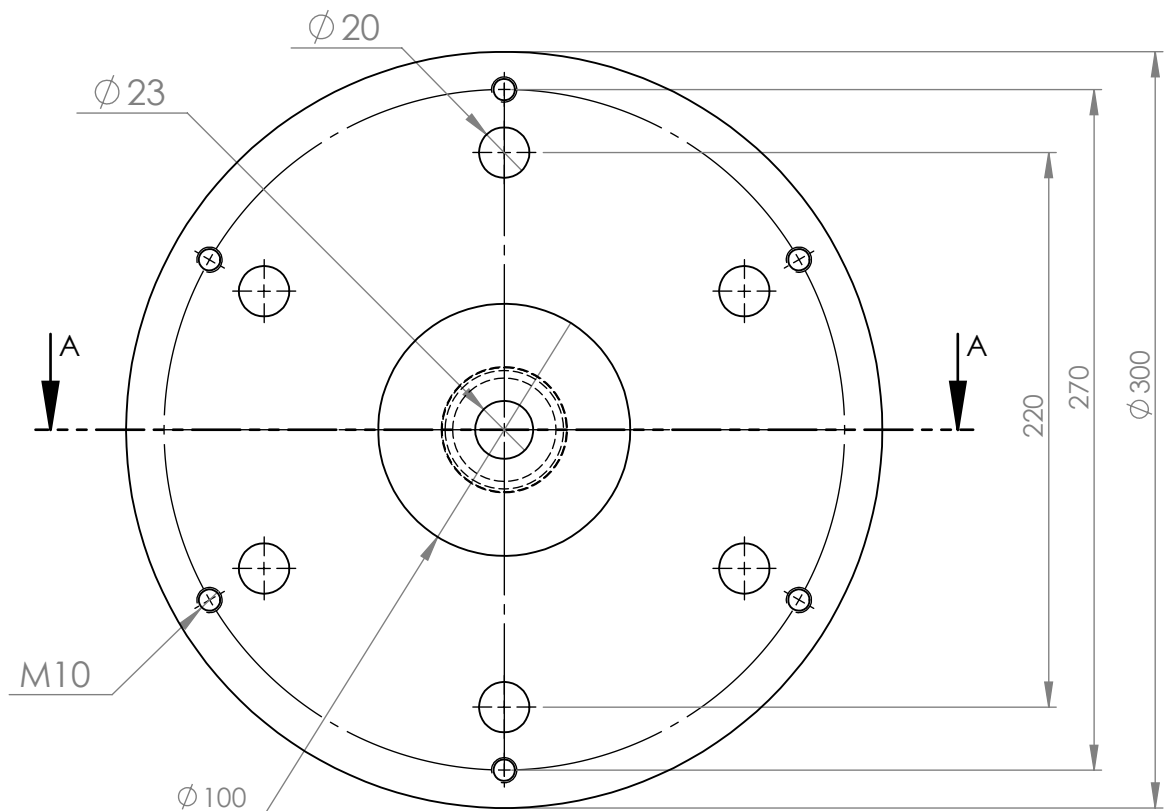
$Ra=6,3/100$ partout , sauf indications

12	1	Couvercle de la chambre	Z6CND17 12	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
1:2		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par:
				SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
A4		U M M T O		Octobre2017



Remarque: les cotes sans tolérances sont usinées à js 13
 $Ra = 6,3$ partout, sauf indications

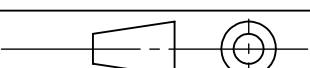
13	1	Chambre	Z6CND17 12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:2		REACTEUR DE MECANOFUSION		SLIMANI Liazid
				ZIANI Amine
A4		U M M T O		Octobre 2017

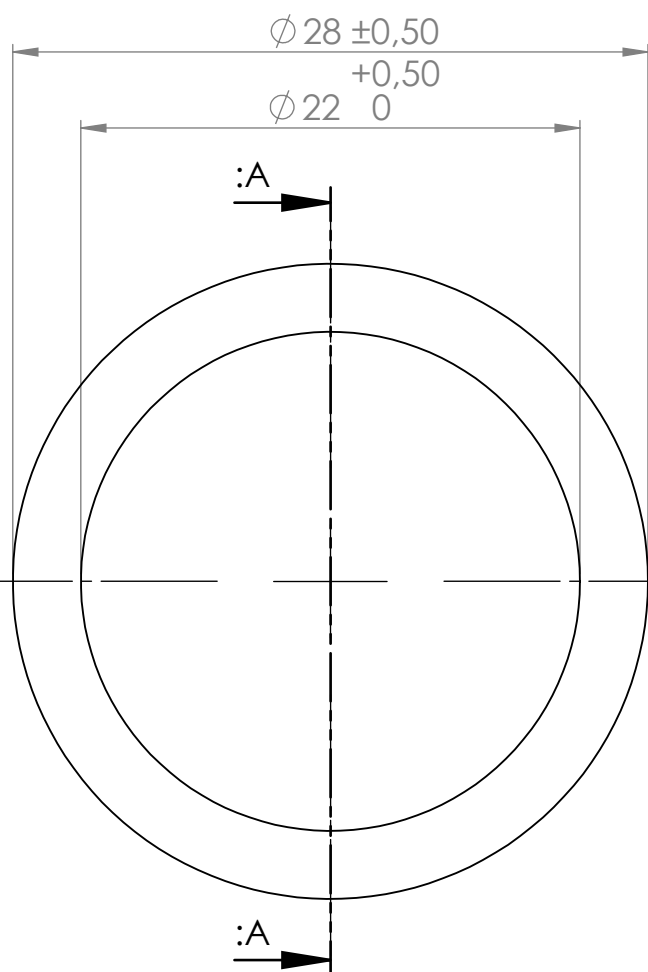


Détail- B-

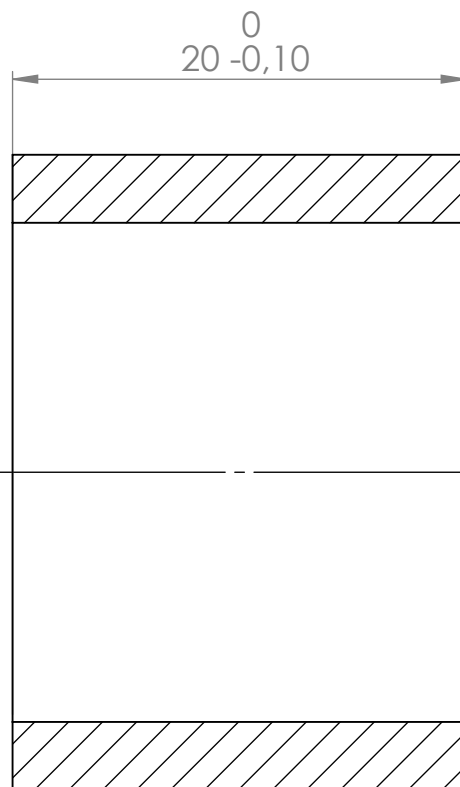
Remarque: les cotes sans tolérances sont usinées à js13

Ra=6,3/
partout, sauf indications

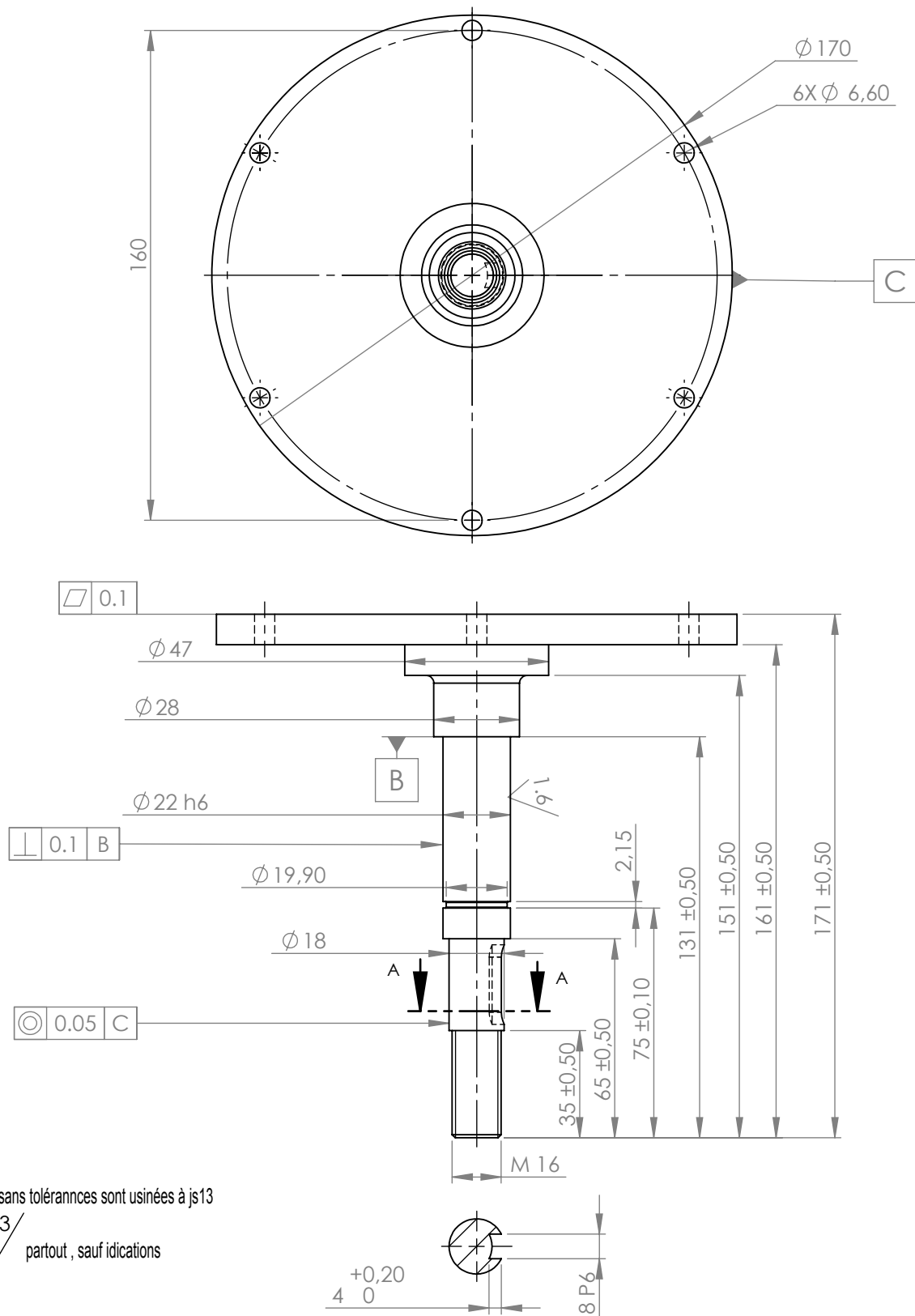
18	1	Porte arbre tournant	Z 200C12	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:3		REACTEUR DE MECANOFUSION		SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre2017

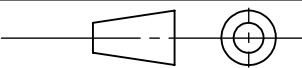


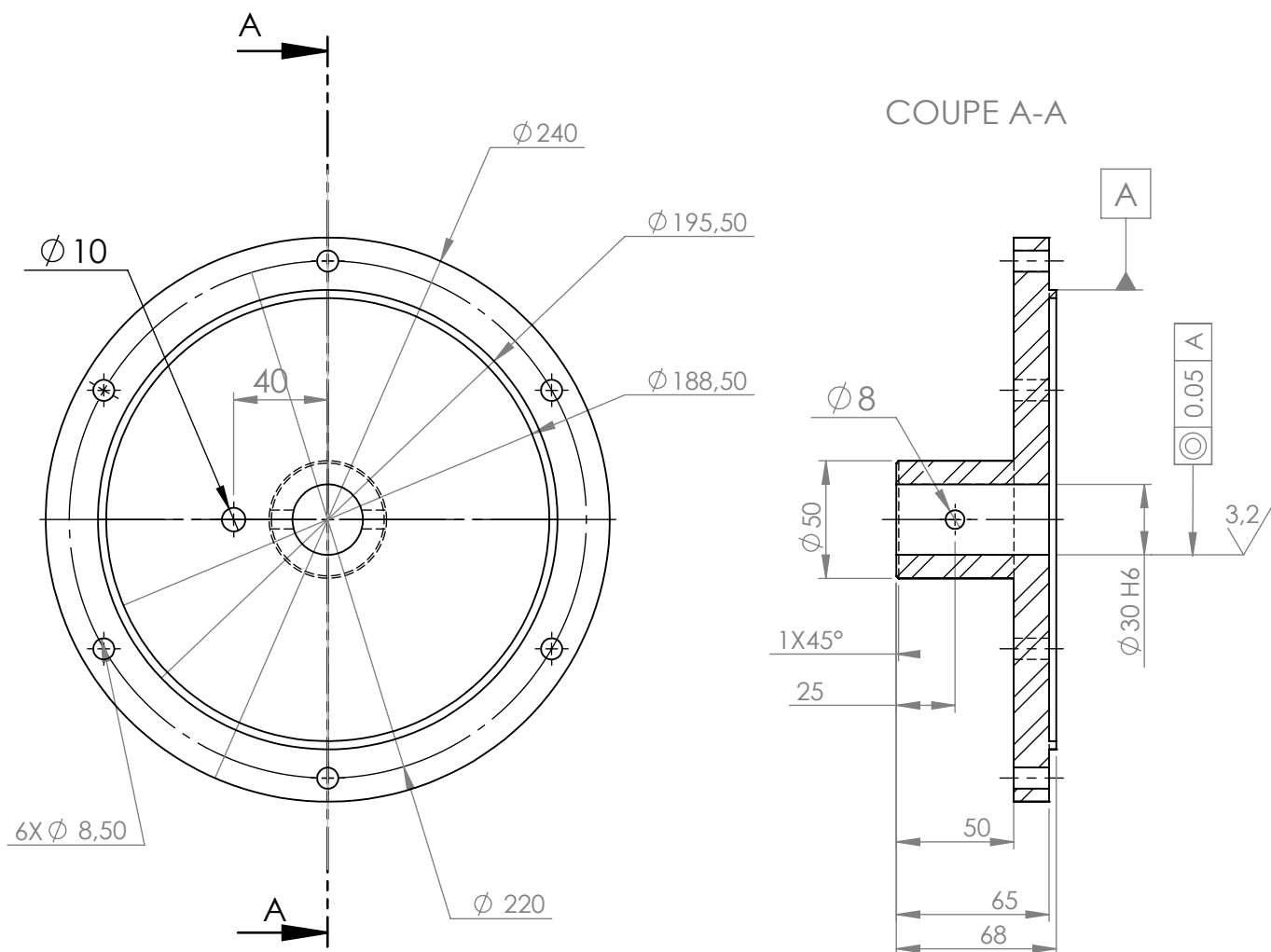
COUPE :A-A



16	1	Entretoise	Z 200	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 3:1		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par: SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre2017

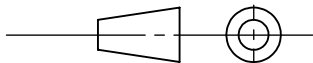


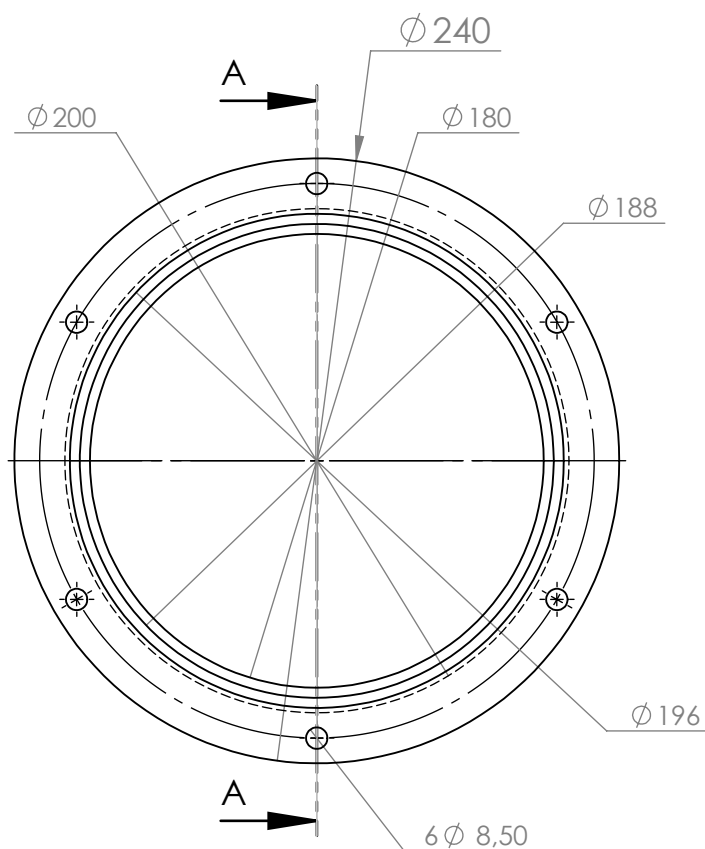
14	1	Arbre tournant	Z 200C12	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:2		REACTEUR DE MECANOFUSION		SLIMANI LIAZID
				ZIANI AMINE
A4		U M M T O		Octobre2017



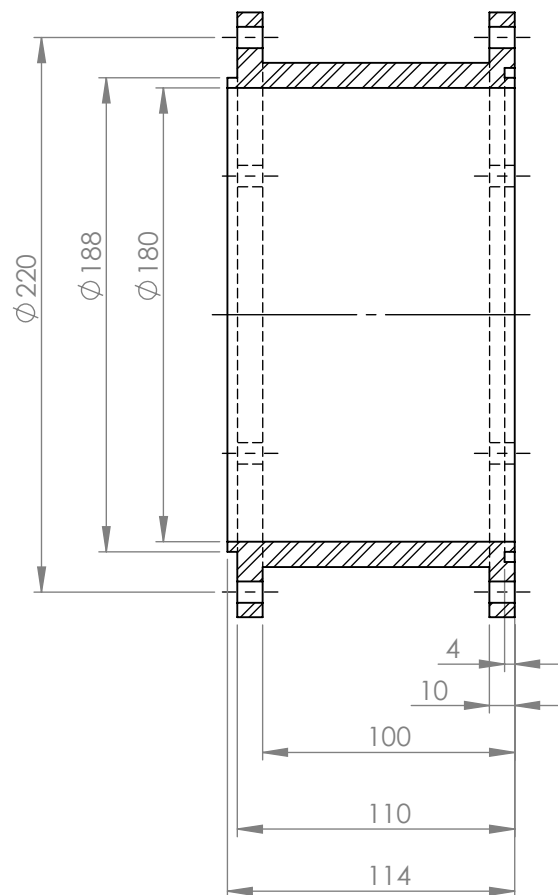
Remarque: les cotes sans tolérances sont usinées à ± 0.5

$Ra=6,3$
partout, sauf indications

20	1	Couvercle superieur du corps	Alliage d'aluminium	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:3		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par: SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre2017

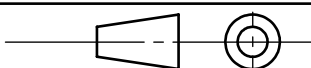


COUPE A-A

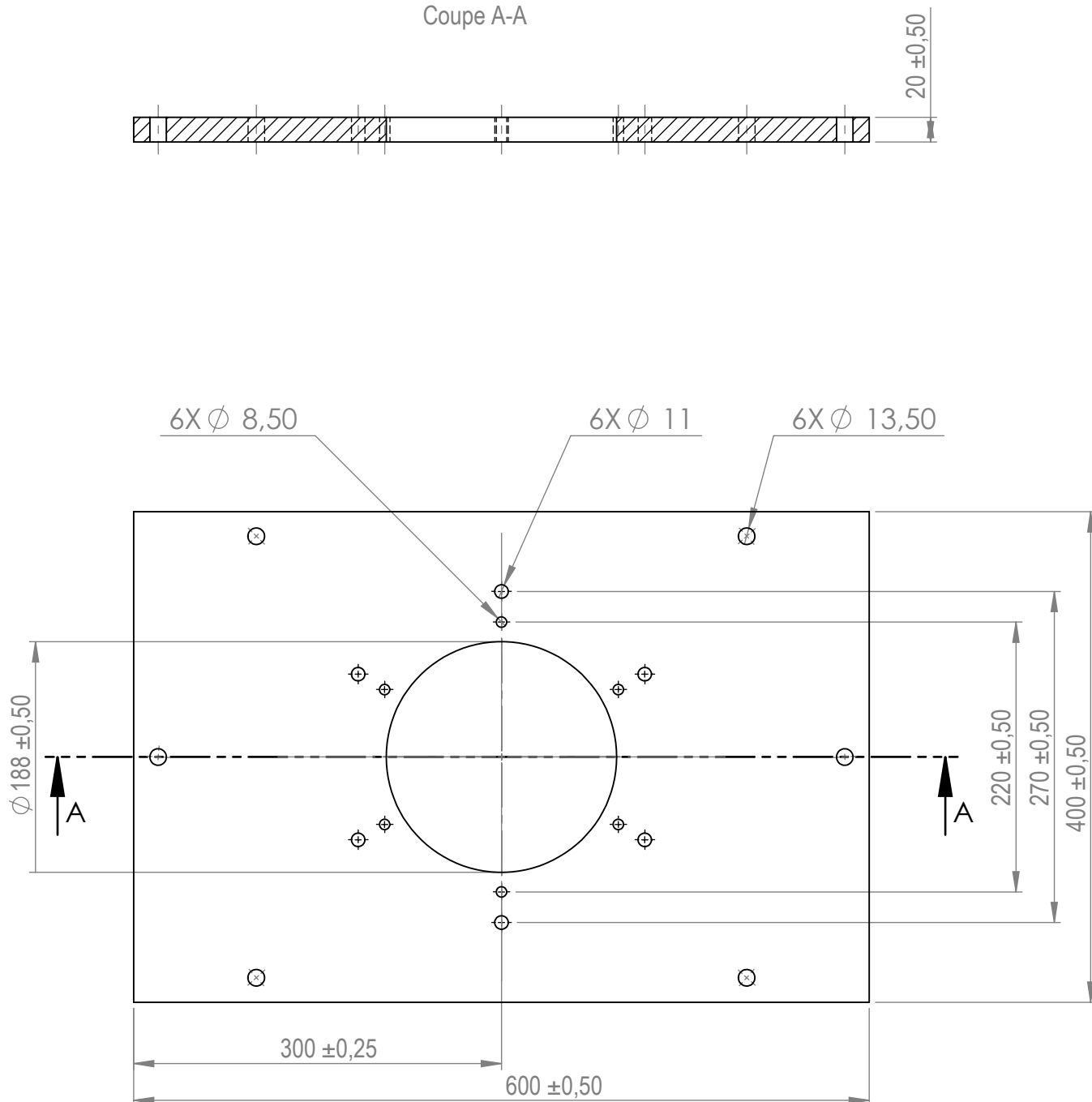


Remarque: les cotes sans tolérances sont usinées à ± 0.5

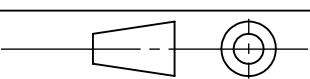
$Ra = 6,3$ partout. sauf indications

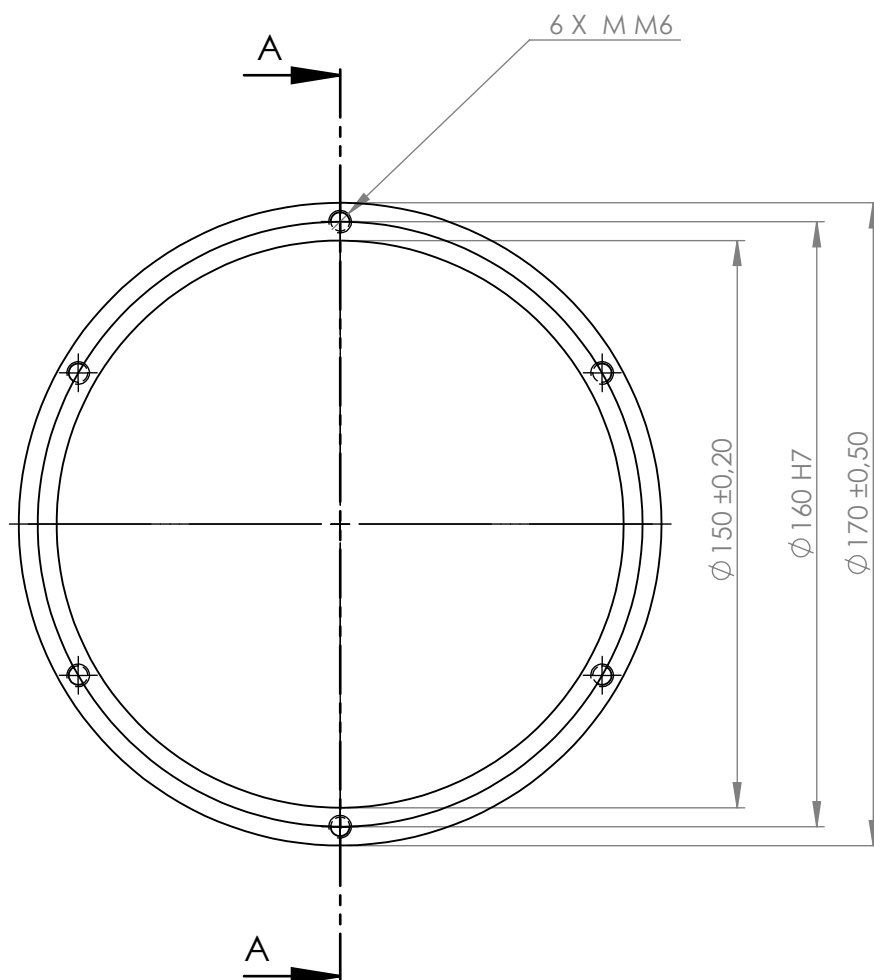
22	1	Corps inferieur	Alliage d'aluminium	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:3		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réaliser par: SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octàbre 2017

Coupe A-A

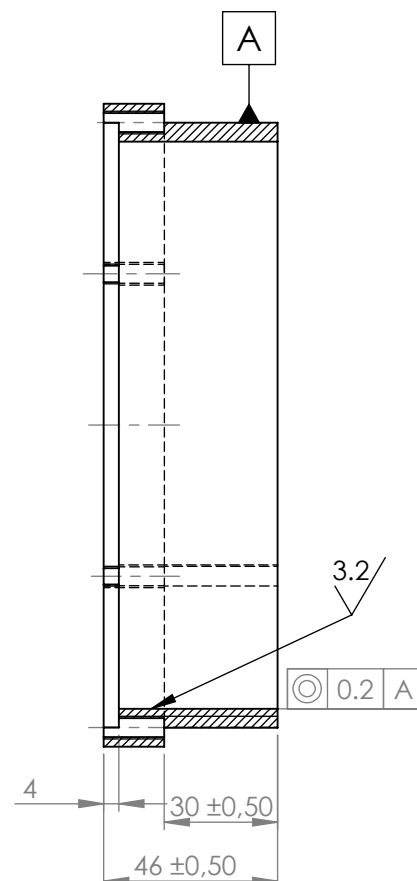


Remarque: $\sqrt[6,3]{}$ partout .

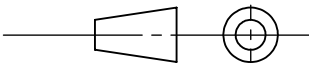
23	1	Plaque porte du réacteur	Alliage d'aluminium	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:5		REACTEUR DE MECANOFUSION		SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre2017

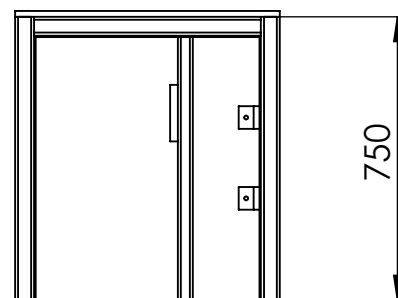
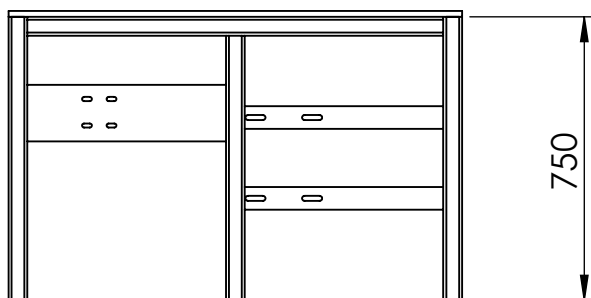
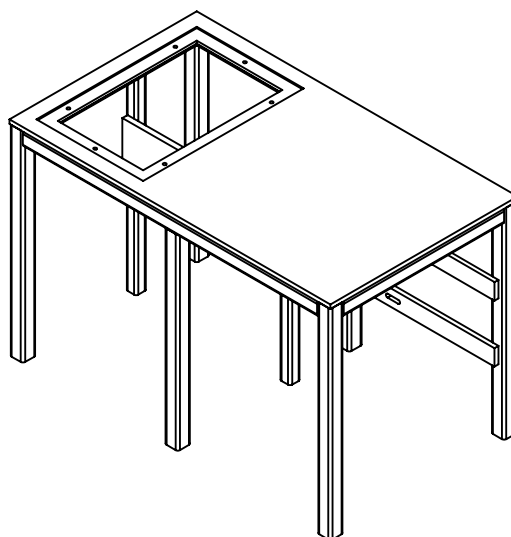
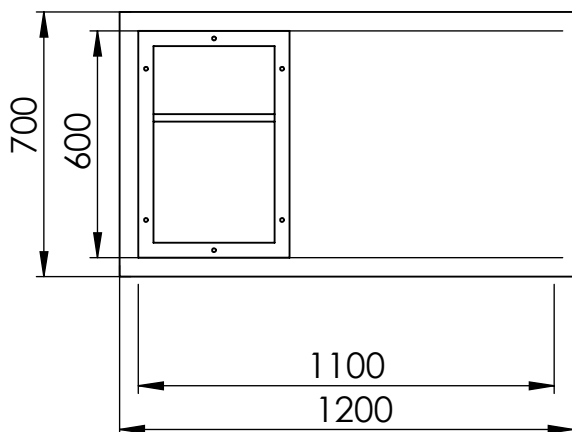


COUPE A-A

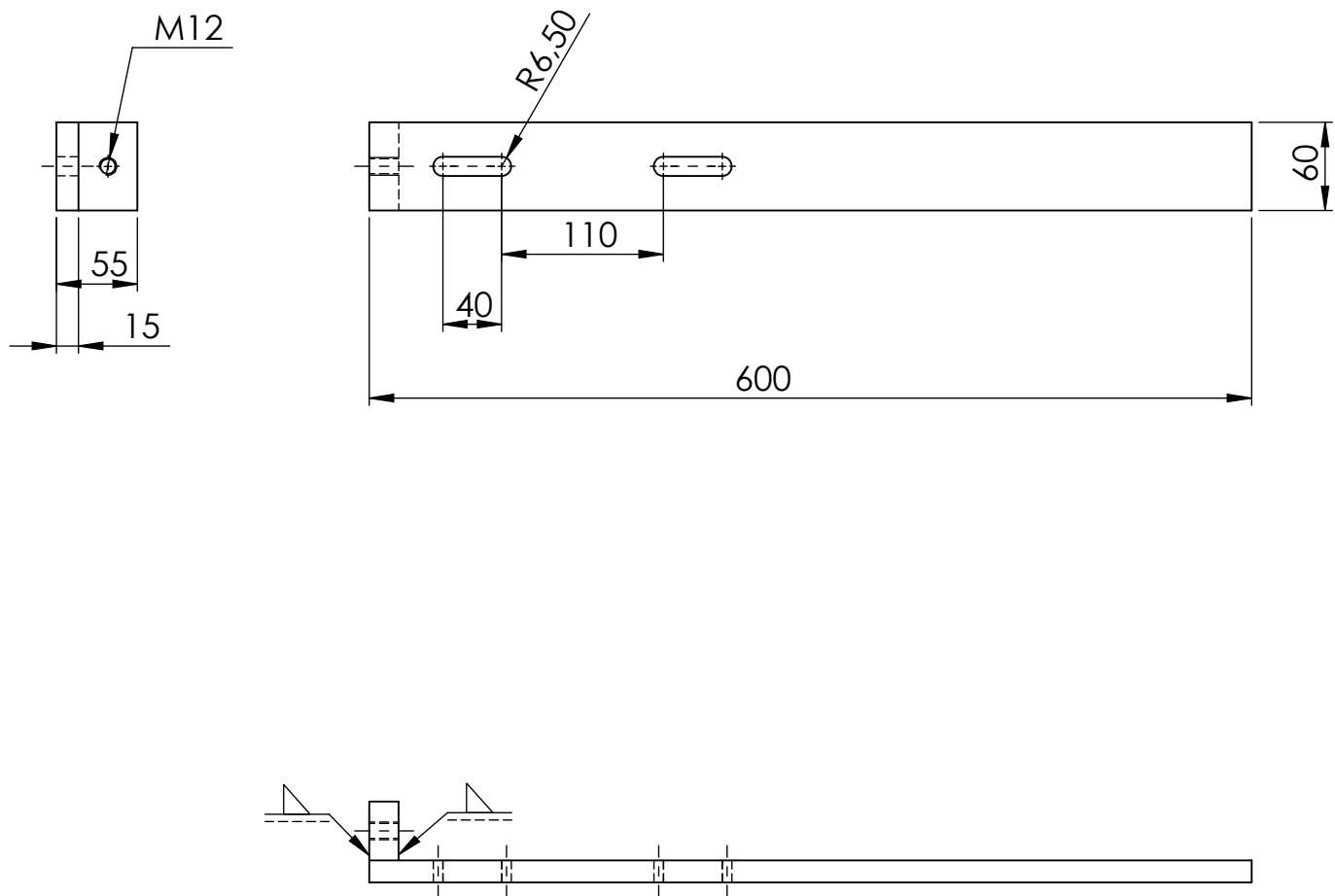


Remarque: $Ra=6,3$ partout, sauf indications

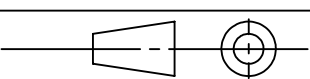
42	1	Bague de réglage de l'entrefer	Z200	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:2		REACTEUR DE MECANOFUSION		SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre2017

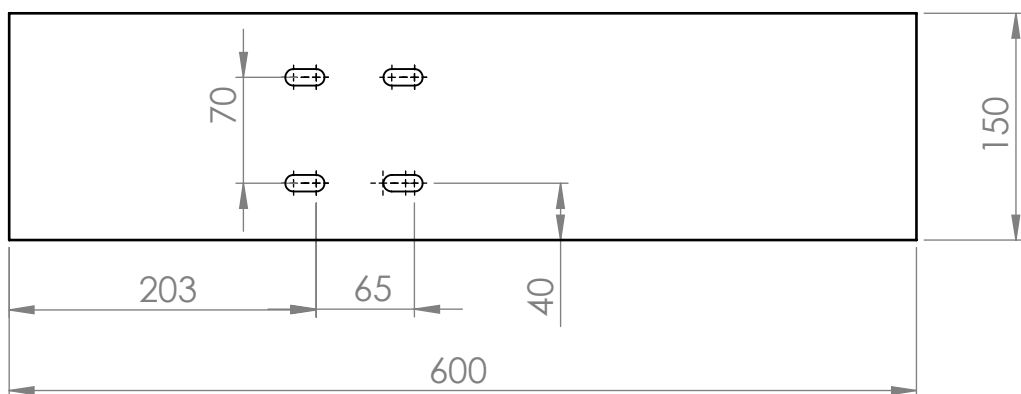
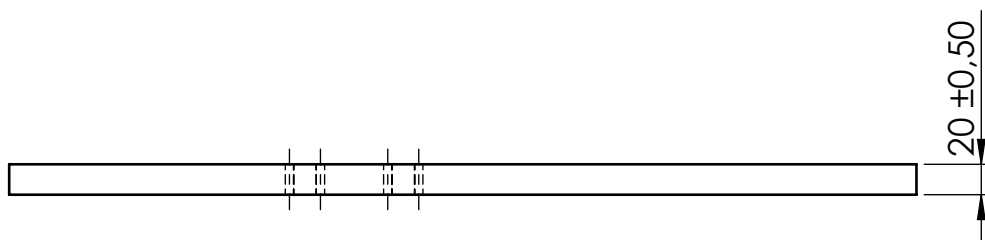


24	1	Table assemblée	Acier ordinaire	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		REACTEUR DE MECANOFUSION		SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre2017

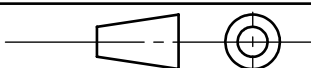


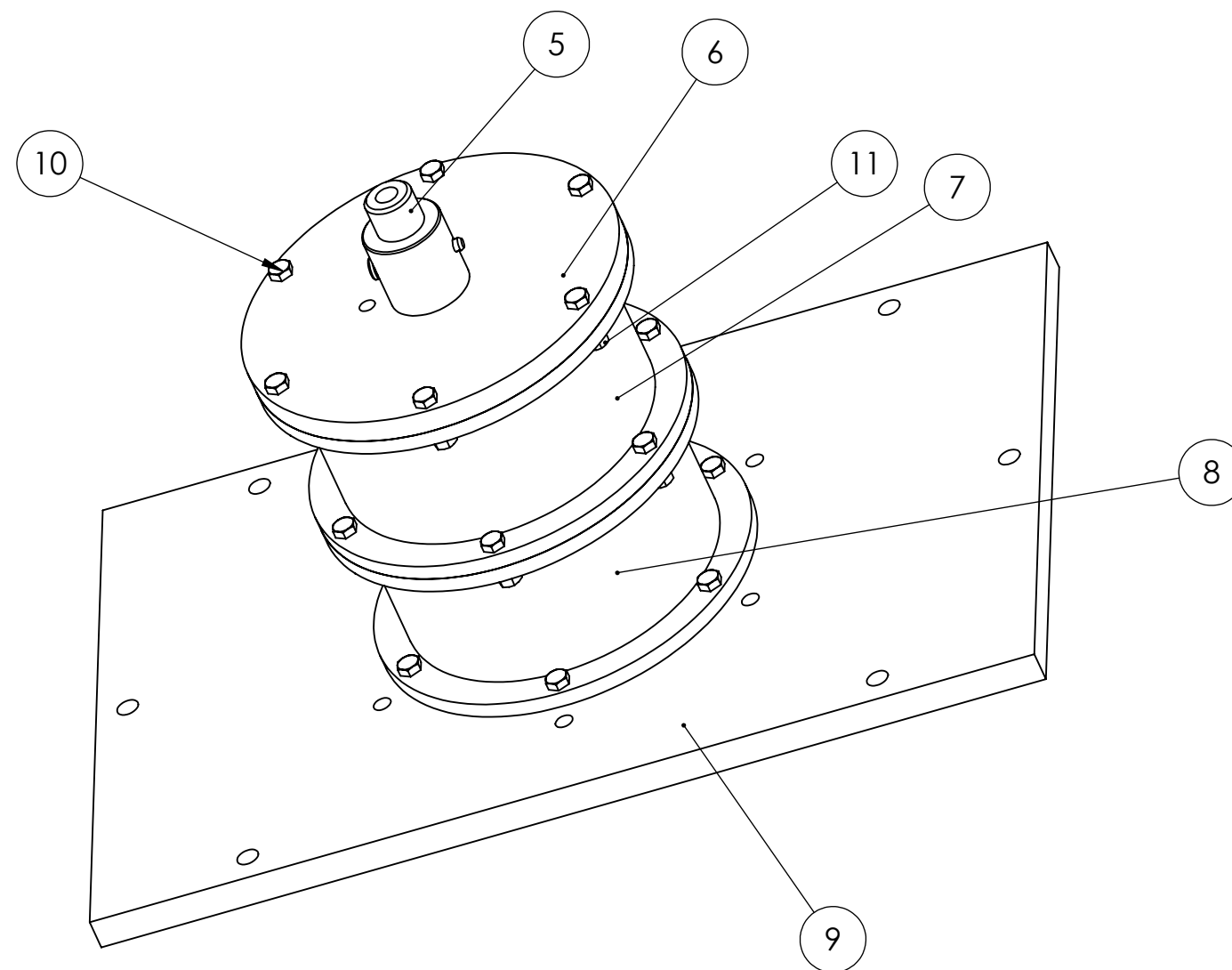
Remarque; les cotes sans tolérances sont usinées à ± 0.5

24	2	Support moteur courroie	Acier ordinaire	
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:5		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalié par: SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octobre2017

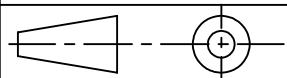


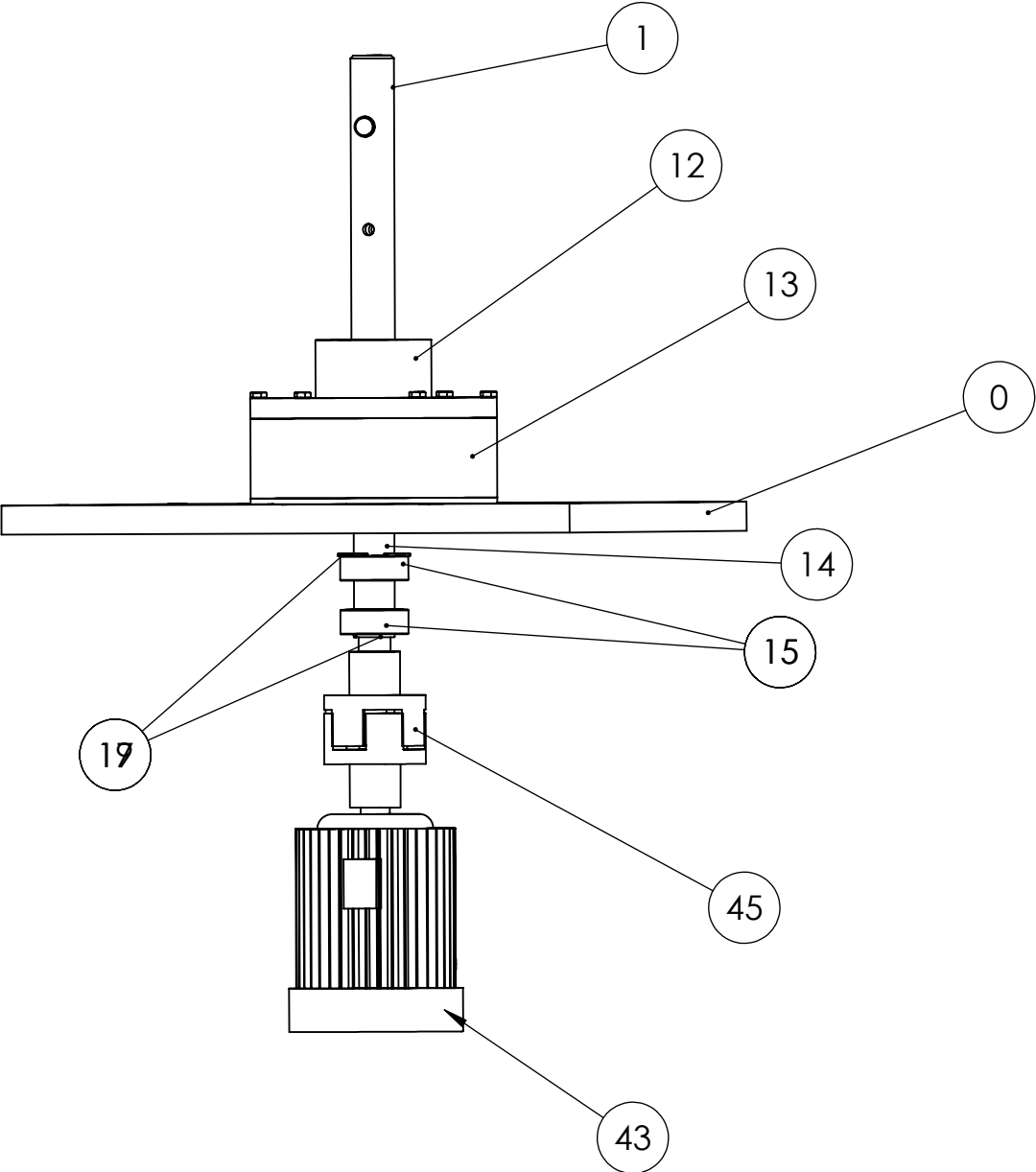
Remarque: les cotes sans tolérances sont usinées à ± 0.5

24	1	Support moteur accouplement	Acier xc	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:5		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réaliser par: SLIMANI LIAZID ZIANI AMINE
				
A4		U M M T O		Octàbre 2017

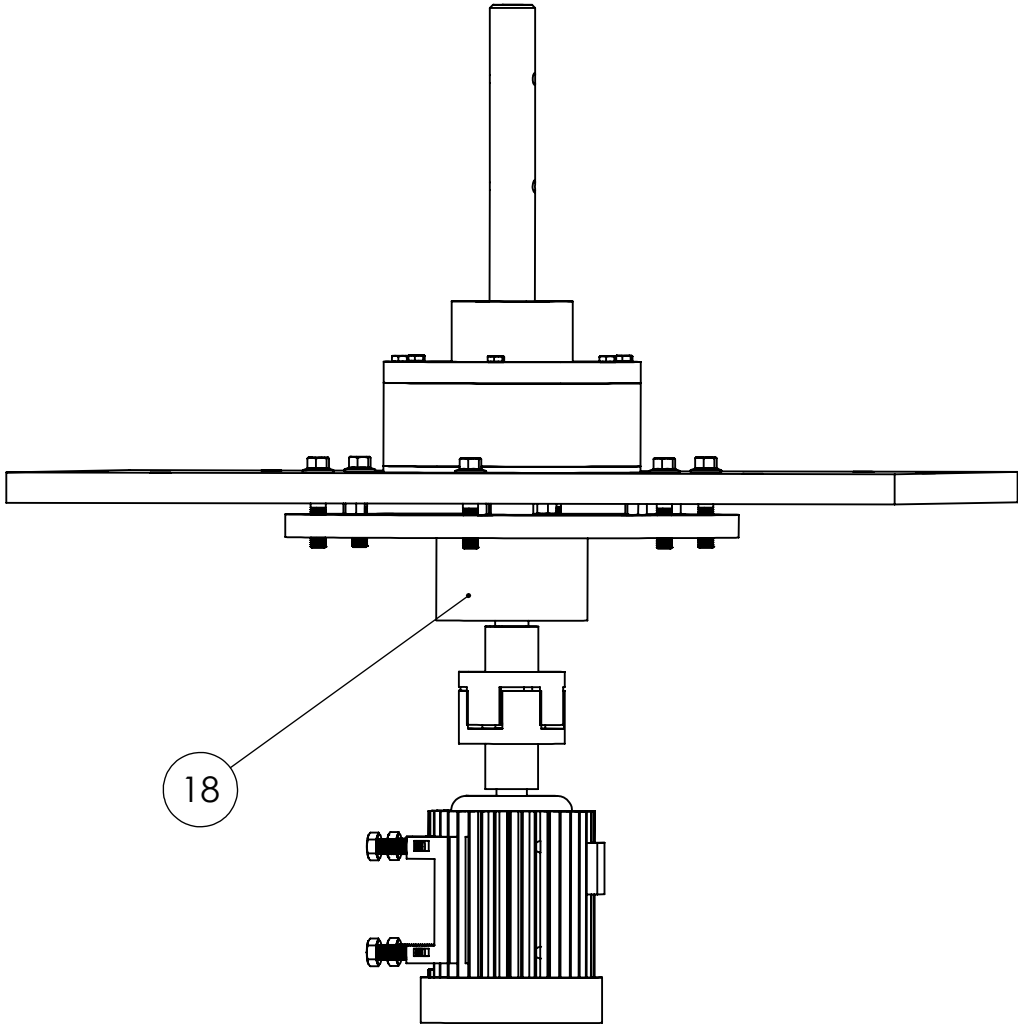


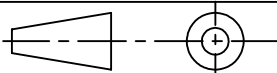
Partie supérieur de réacteur

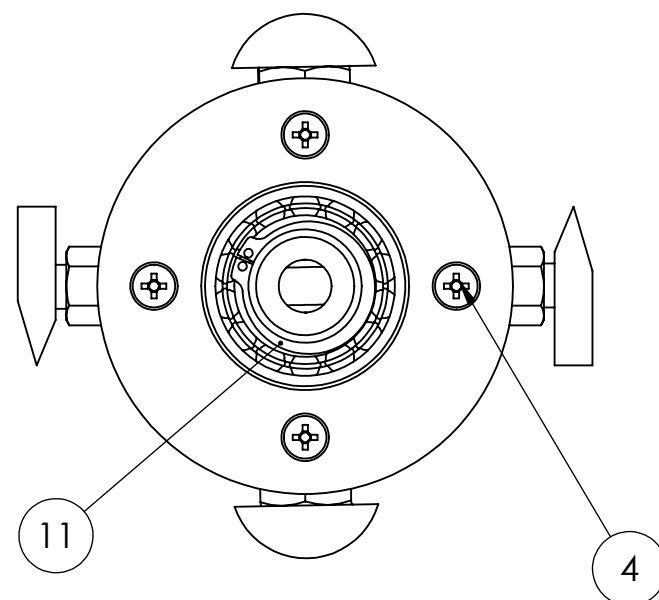
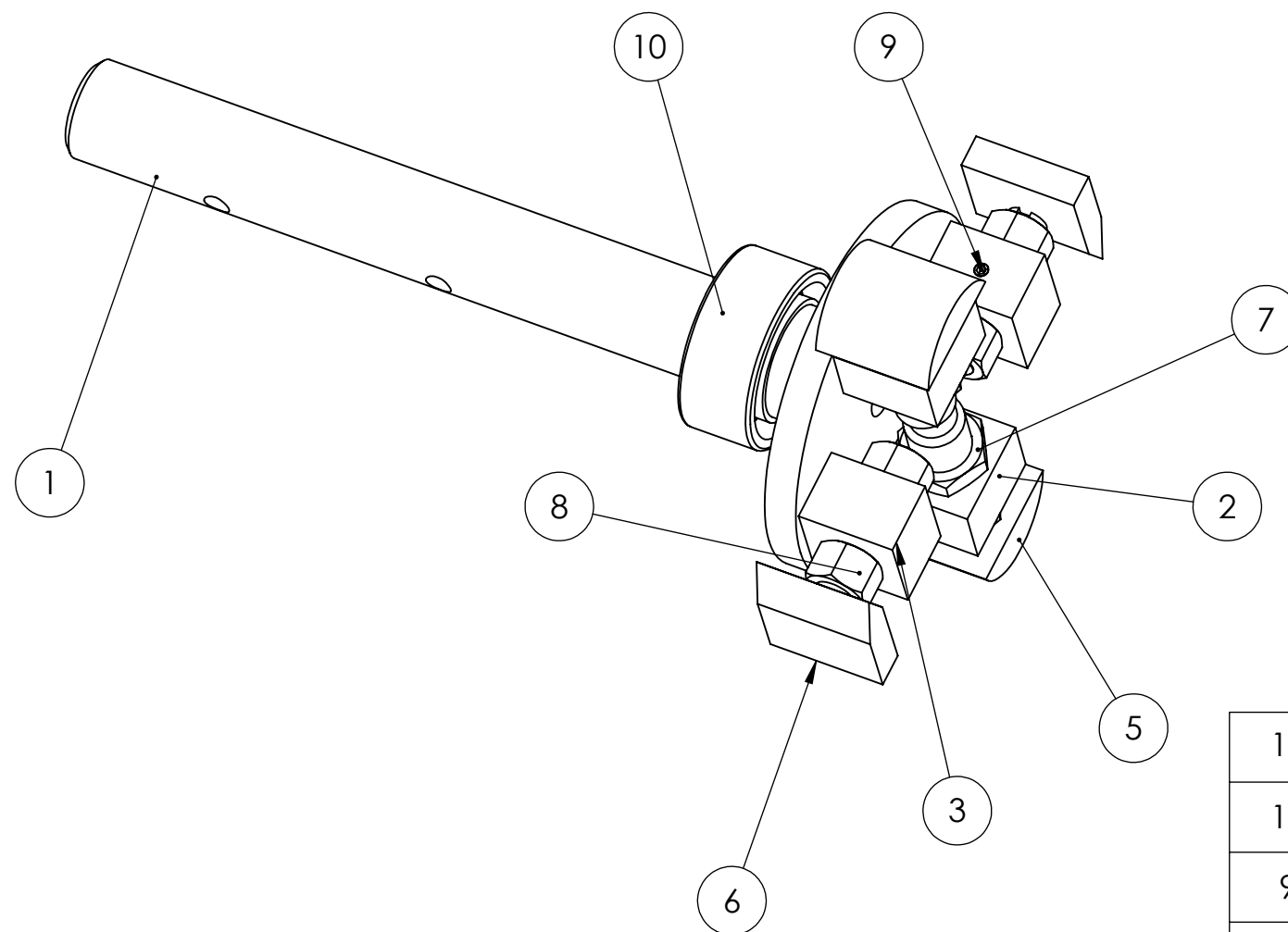
11	18	Ecrous HM8	Acier	
10	18	Vis H M8 40	Acier	
9	1	Plaque porte réacteur	Aliage d'aluminium	
8	1	corps inférieur du réacteur	Aliage d'aluminium	
7	1	corps supérieur du réacteur	Aliage d'aluminium	
6	1	Couvercle de corps supérieur	Aliage d'aluminium	
5	1	Arbre fixe	Acier inox	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/4		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par: SLIMANI - L ZIANI - A
				
A3		UMM - TO		Octobre 2017



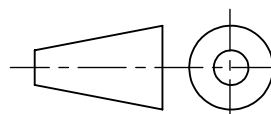
Partie inferieur et superieur

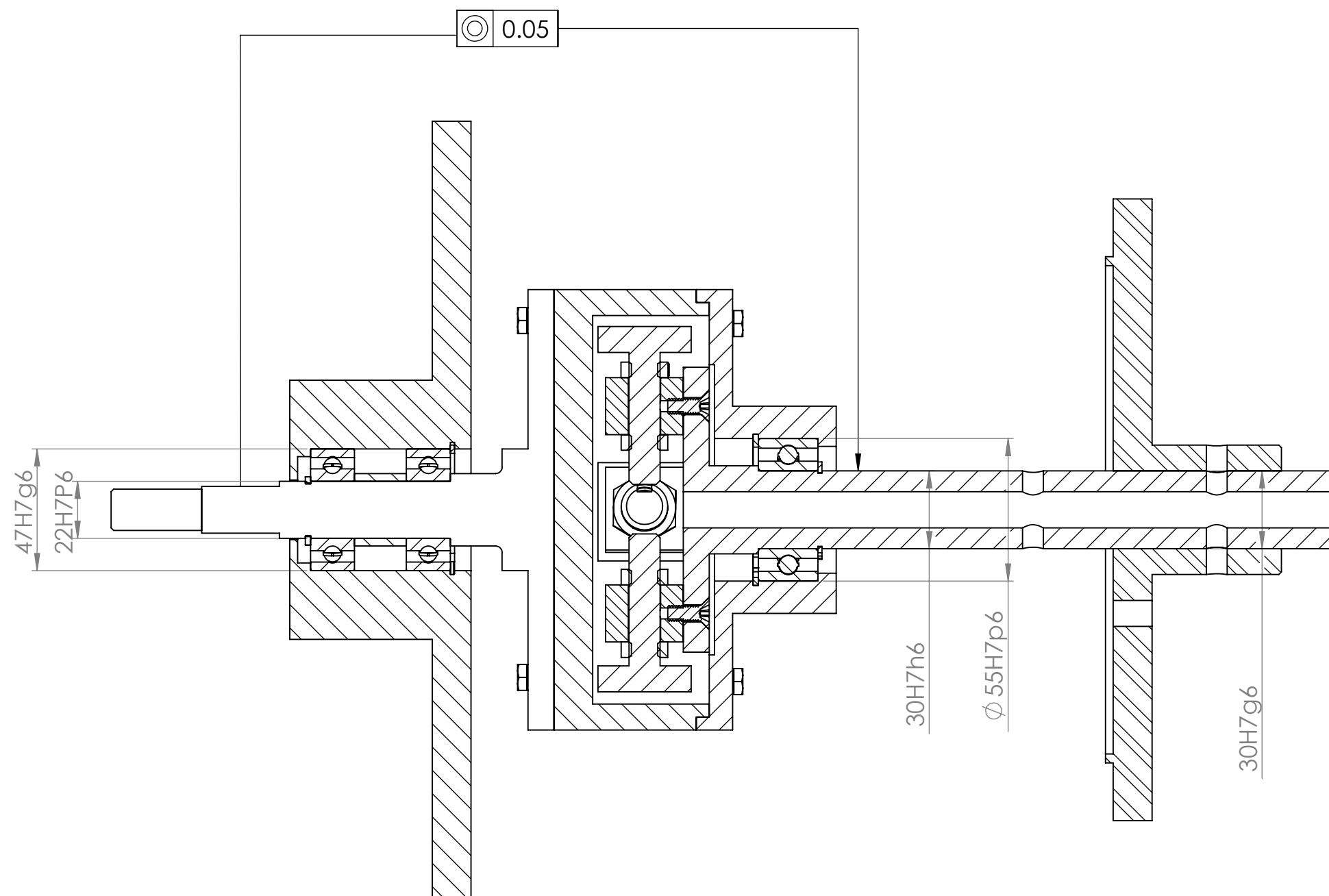


	1	Porte arbre tournant	Acier allié	
	1	Arber tournant	Acier allie	
	1	Couvercle de la chambre	Acierinox	
11	1	Chambre de réacteur	Acier inox	
10	1	Plaque porte réacteur	Alliage d'aluminium	
9	2	Circlips interieur et exterieure	Acier	
8	2	Roulement à contact radiale BC22 47 02	Acier	
7	1	Accouplement élastiquee	Acier	
6	1	Moteur électrique		
5	1	Arbre fixe	Acier inox	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/5		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par: SLIMANI - L ZIANI - A
				
A3		UMM - TO		Octobre 2017

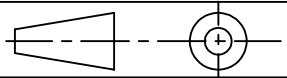


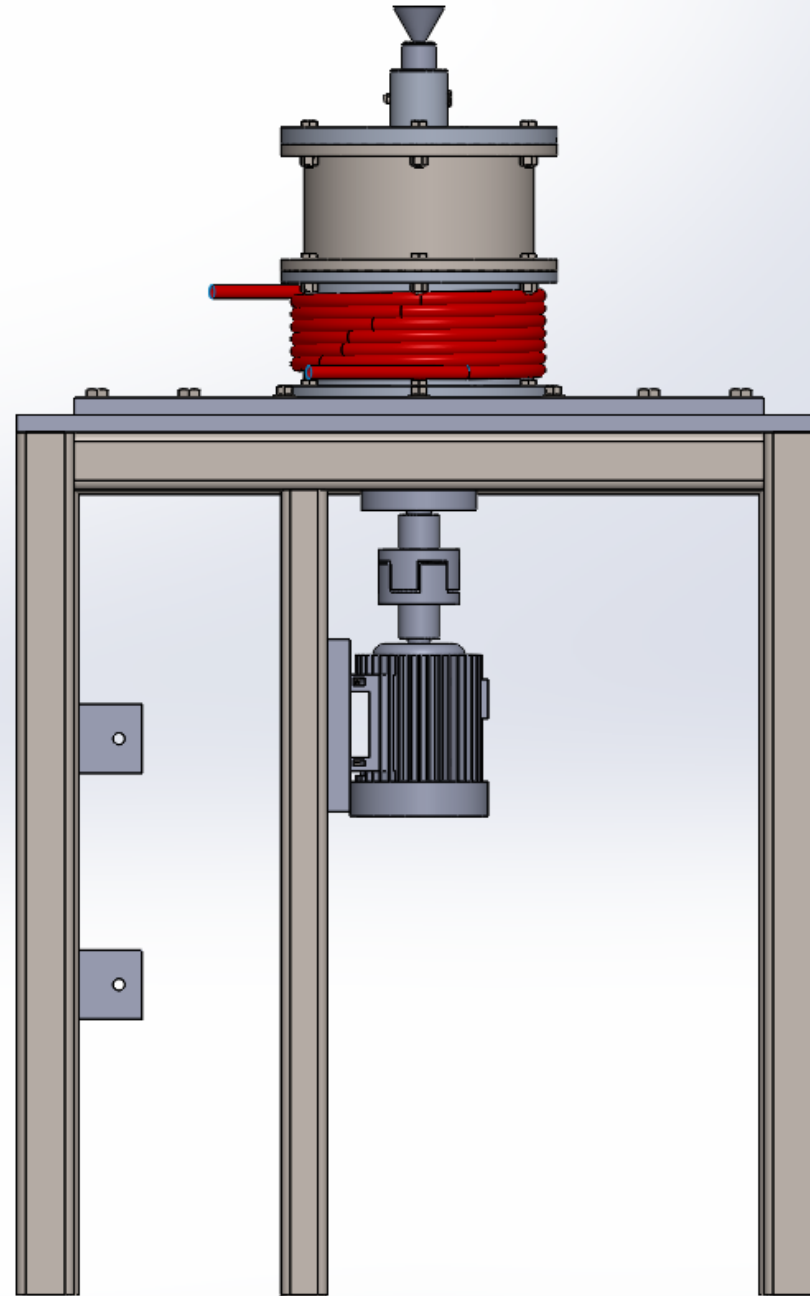
Arbre fixe assemblé

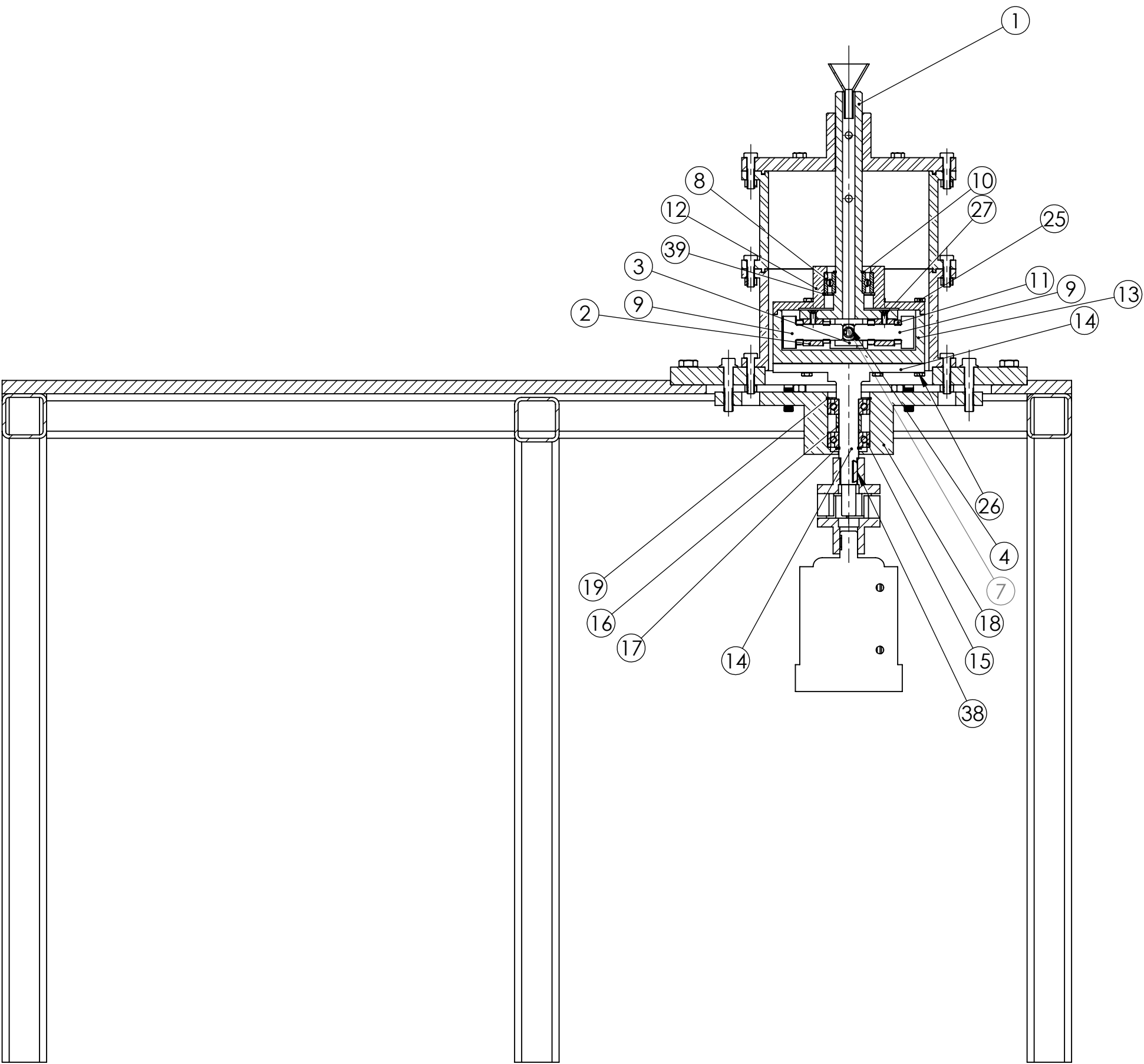
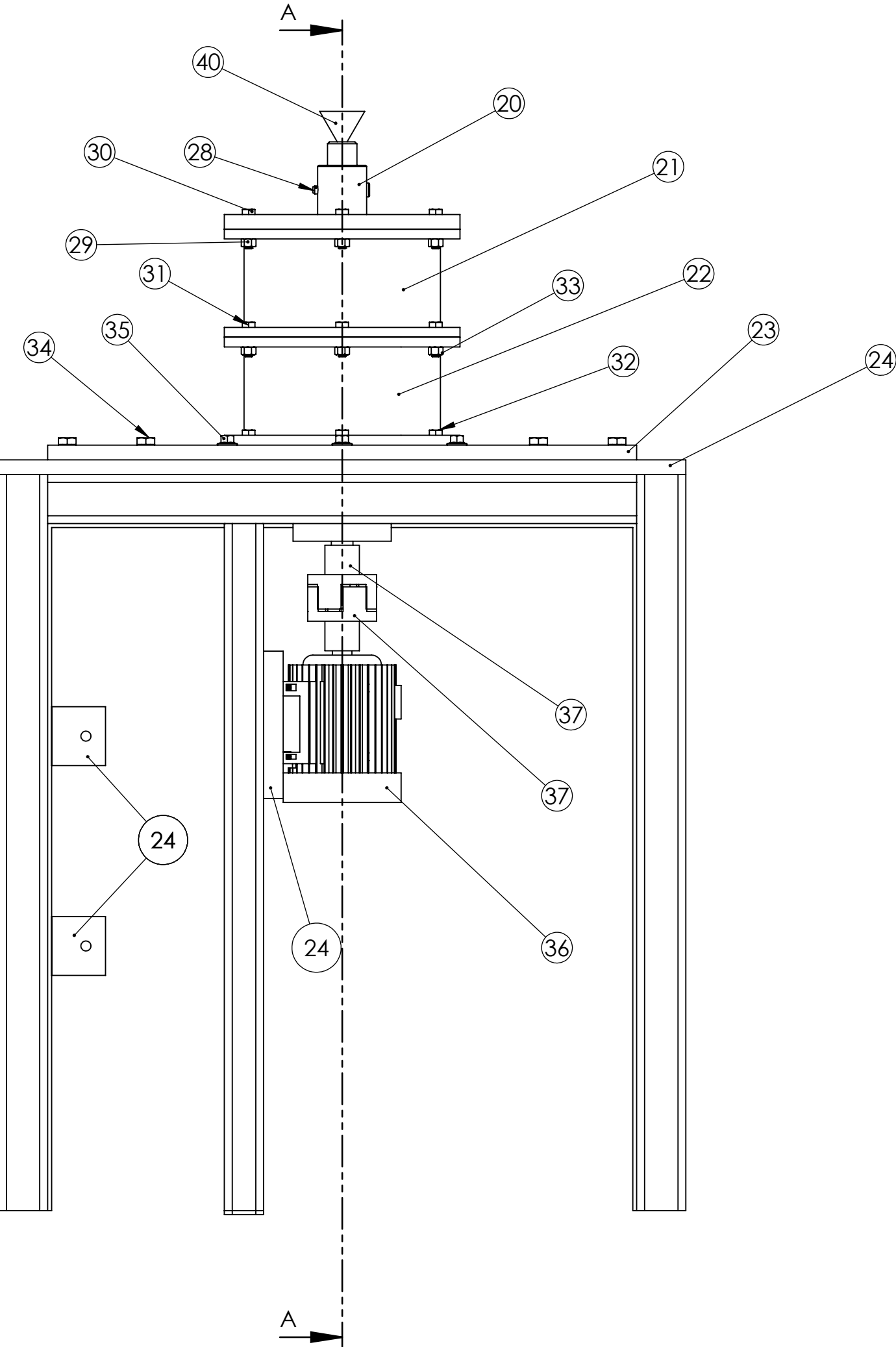
11	1	Circlips 30x1.5		
10	1	Roulement à billes BC30 55 68		
9	4	Vis sans tete CHC M5 x 10		
8	4	Ecrou hexagon M12		
7	4	Ecrou hexagon M18		
6	2	RACLOIR		
5	2	MARTEAU		
4	4	Vis à tete conique FSM6 x 16		
3	2	SUPPORT RACLOIR		
2	2	SUPPORT MARTEAU		
1	1	ARBRE FIXE		
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1: 2		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par: SLImANI - L ZIANI - A
				P.F.E
A3				UMM - TO

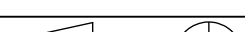


Remarque: Condition de montage des roulements

Echelle: 1/2	REACTEUR DE MECANOFUSION	Réalisé par: SLIMANI - L ZIANI - A
		
A3	UMM - TO	Octobre 2017





Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/5		REACTEUR DE MECANOFUSION		Réalisé par:
				SLIMANI - L ZIANI - A
A2		U MM - TO		Octobre 2017

La nomenclature du dessin d'ensemble

Rep	Nbr	Désignation	matière	Observation
01	01	Arbre fixe	inox	
02	02	Support Marteaux	inox	
03	02	Support Racloirs	inox	
04	02	Racloirs	inox	
05	02	Vis sans tête à six pans M5	inox	
06	02	Vis sans tête à six pans M5	inox	
07	02	Ecrous M12	inox	
08	1	Roulement à billes étanche à contact radial BC		
09	02	Marteaux	inox	
10	01	Sert clips	acier	
11	04	Ecrous M18	inox	
12	1	Couvercle de chambre	inox	
13	11	Chambre de réacteur	inox	
14	1	Arbre tournant	acier	
15	2	Roulement à billes BC22		
16	1	Entretoise	acier	
17	1	Sert clips	acier	
18	1	Porte arbre tournant	acier	
19	1	Sert clips	acier	
20	1	Couvercle supérieur de la chambre	aluminium	

21	1	Corps supérieur	aluminium	
22	1	Corps inférieur	aluminium	
23	1	Plaque porte de réacteur	aluminium	
24		Eléments de table	acier	
25	6	Vis H M6 x30	acier	
26	6	Vis H M6x30	acier	
27	4	Vis à tête fraisé	acier	
28	1	Goupille	acier	
29	7	Ecrous HM8	acier	
30	6	Vis H M8x35	acier	
31	6	Vis H M8x30	acier	
32	6	Vis H M8x40	acier	
33	11	Ecrous HM8	acier	
34	6	Vis HM12x30	acier	
35	6	Vis HM10X50	acier	
36	1	Moteur		
37	2	Accouplement élastique	acier	
38	1	Clavette	acier	
39	1	Sert clips	acier	
40	1	Entretoise	acier	
41	1	Système de refroidissement	Cuivre	