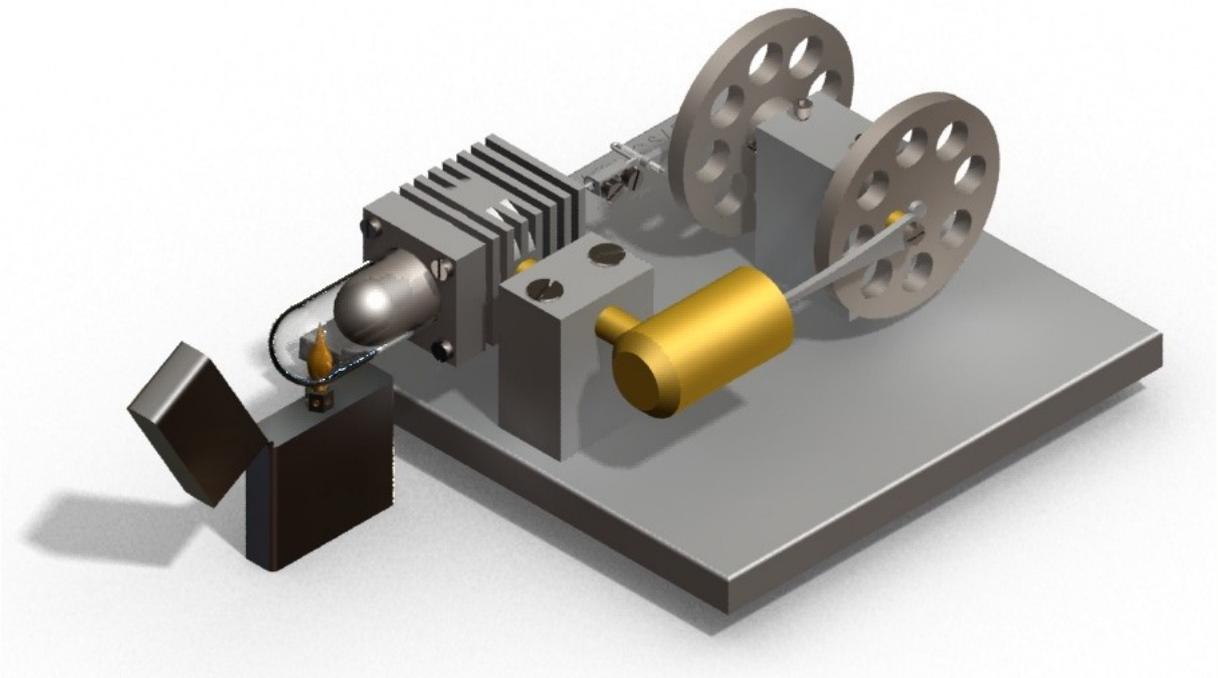


CONCEPTION ET ANIMATION D'UN MOTEUR A AIR CHAUD SOUS SOLIDWORKS



Etudiants :

Orlane BREANT

Stéphane CHAPELAT

Ambroise DUGOUCHET

Hugo GUERARD

Marion JAUMAUX

Jean KERMANI

Baptiste LAVIRON

Enseignant-responsable du projet :

Fauzi DHAOUADI

Date de remise du rapport : 18/06/11

Référence du projet : STPI/P6-3/2011 – 023

Intitulé du projet : *Conception et animation d'un moteur à air chaud sous SolidWorks*

Type de projet : *Conception assistée par ordinateur, simulation.*

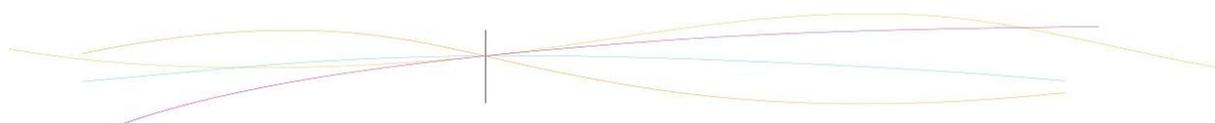
Objectifs du projet :

Ce projet a comme principal objectif de nous faire travailler en groupe sur un sujet concret, ici la modélisation d'un moteur Stirling. Mais aussi de nous familiariser avec la conception assistée par ordinateur à l'aide de logiciel tel que SolidWorks. Nous avons également cerné le fonctionnement des différentes pièces qui composent le moteur à air chaud.

Mots-clefs du projet : *CAO, Moteur Stirling.*

TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	5
2.	Méthodologie et Organisation au sein du groupe	6
3.	Présentation du moteur Stirling	8
3.1.	Historique du moteur Stirling	8
3.2.	Différents types de moteur Stirling.....	9
3.2.1.	Les principaux moteurs	9
3.2.1.1.	Le moteur Alpha	9
3.2.1.2.	Le moteur Bêta	9
3.2.1.3.	Le moteur Gamma.....	9
3.2.2.	Autres moteurs.....	10
3.2.2.1.	Le moteur à piston libre	10
3.2.2.2.	Le moteur à déplaceur libre ou Ringbom	10
3.2.2.3.	Le moteur à piston et déplaceur libres	10
3.2.2.4.	Le moteur à double effet.....	10
3.2.2.5.	Le moteur rotatif	11
3.3.	Fonctionnement d'un moteur Stirling	11
3.4.	Avantages et inconvénients de ce moteur	13
3.4.1.	Avantages.....	13
3.4.2.	Inconvénients.....	13
4.	Conception de notre moteur	14
4.1.	Découverte et présentation de SolidWorks.....	14
4.1.1.	Découverte de SolidWorks.....	14
4.1.2.	Présentation de SolidWorks	14
4.2.	Conception des pièces	16
4.3.	Réalisation de l'assemblage.....	17
4.4.	Problèmes rencontrés	18
5.	Présentation de notre moteur	20
5.1.	Vue éclatée	20
5.2.	Rendu réaliste.....	21
6.	Conclusions et perspectives.....	22
7.	Bibliographie	24
8.	Annexes.....	25
8.1.	Biographie de Robert Stirling.....	25
8.2.	Schémas de montages, plans de conception.	26
8.3.	Plans des différentes pièces avec vues en coupes.	42



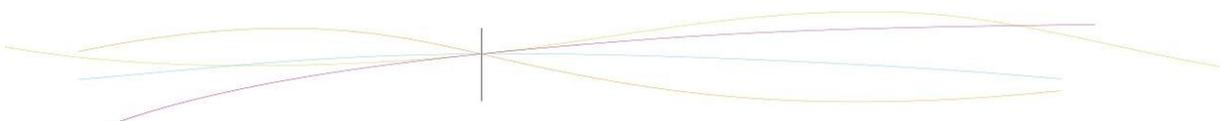
1. INTRODUCTION

Au cours de ce semestre 4, nous avons réalisé un projet en groupe portant sur le sujet « Conception et animation d'un moteur Stirling avec le logiciel SolidWorks ». Celui-ci consistait donc à maîtriser le logiciel SolidWorks afin de numériser les différentes pièces du moteur puis de les assembler afin de pouvoir lancer une animation.

Ce projet a donc eu comme principal but de nous faire découvrir un logiciel de conception, ou pour certain, d'approfondir leurs connaissances concernant SolidWorks. Mais ce projet nous a également permis de travailler en groupe sur un problème technique et concret. Nous avons d'ailleurs rencontré certaines difficultés d'ordre pratique et technique auxquelles nous n'avons généralement pas à faire face lors de projets plus théoriques. Nous avons également découvert les différentes fonctionnalités d'un logiciel de conception assistée par ordinateur et avons constaté que celles-ci sont nombreuses et permettent un très large panel de possibilité et d'application.

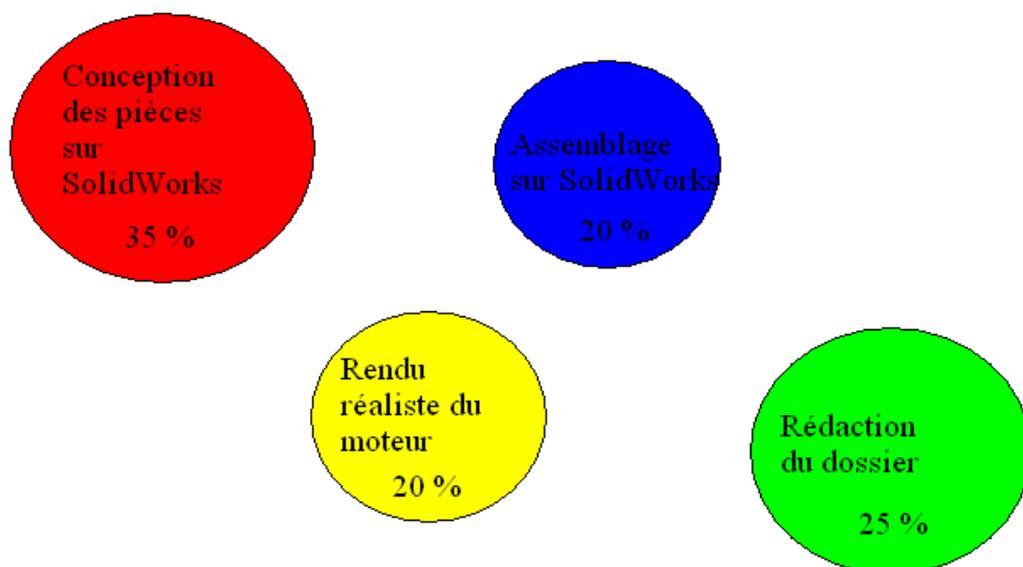
Dans notre rapport, nous verrons dans un premier temps la méthodologie appliquée ainsi que l'organisation au sein du groupe, puis nous approfondirons nos connaissances concernant le moteur Stirling en général, d'un point de vue historique mais aussi technique avec les différents types de moteur et son fonctionnement. Ensuite nous exposerons notre travail effectué sur SolidWorks. Dans un troisième temps, nous verrons les différentes étapes concernant la conception des pièces et l'assemblage, puis les difficultés rencontrées. Enfin nous présenterons notre moteur en vue éclatée et dans un rendu réaliste.

Nous souhaiterions également remercier M. Dhaouadi, notre responsable de projet, pour son aide tout au long du semestre.



2. METHODOLOGIE ET ORGANISATION AU SEIN DU GROUPE

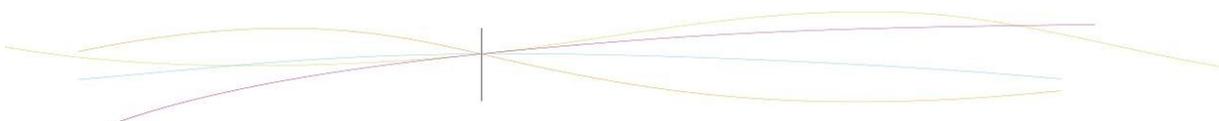
Globalement, dans un premier temps voici un diagramme représentant proportionnellement le temps passé sur chaque étape de notre projet.

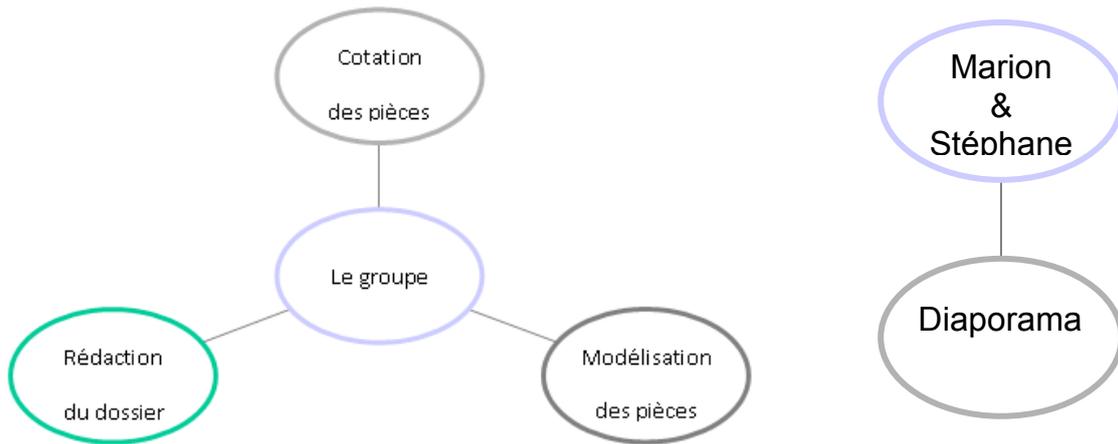


Nous remarquons que la conception des pièces fut la partie la plus importante de notre projet. Cela s'explique par le fait qu'il a fallu étudier chaque pièce, mesurer les dimensions, avant de commencer l'esquisse. L'assemblage fut rapide dans son ensemble bien que nous ayons dû plusieurs fois changer quelques cotations afin de pouvoir assembler parfaitement les pièces. Le rendu réaliste consiste à mettre en couleur les pièces du moteur, y graver nos noms, mettre le moteur dans une situation convenable. Cette étape ne nous a posé aucun problème. Enfin la rédaction du dossier est l'étape par laquelle nous avons terminé notre projet, bien que nous ayons commencé la rédaction avant la fin de celui-ci (mise en place du plan, prise des captures d'écran...)

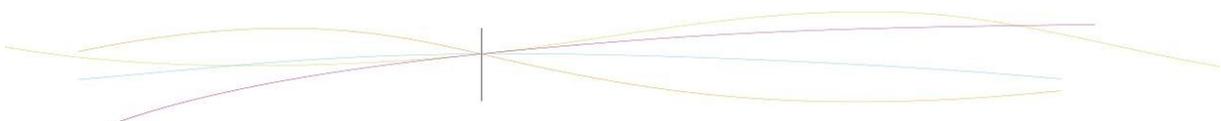
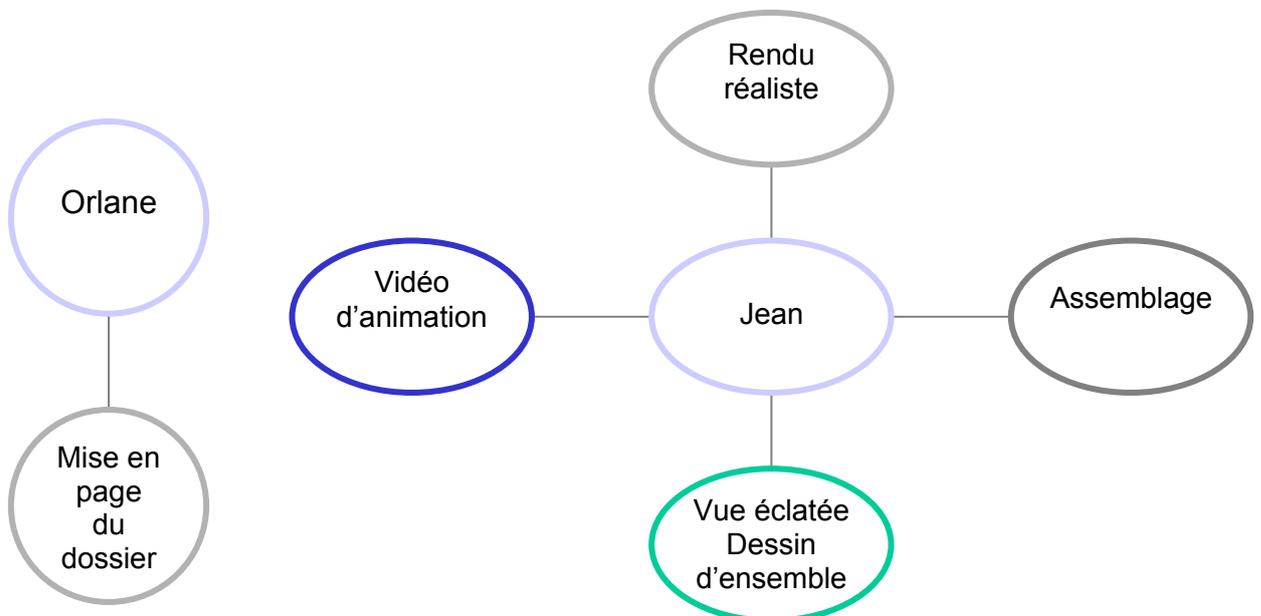
Nous avons tenu, par soucis d'égalité mais aussi pour permettre à chacun de nous de découvrir de nouvelles choses, à ce que chaque membre du groupe participe à chaque étape.

Ainsi, la conception des pièces fut l'affaire de tous, même si bien sûr, certain maîtrisant déjà SolidWorks ont avancé plus vite que d'autres ou se sont attardés sur les quelques pièces qui paraissaient plus complexes à réaliser. Ensuite l'assemblage fut principalement fait par Jean Kermani, avec l'aide de la plupart des membres du groupe, qui ont créé divers sous assemblages. En effet, nous avons opté pour un assemblage composé de plusieurs sous assemblages afin de gagner du temps et de respecter au mieux les différentes liaisons mécaniques.





Par la suite, chacun de nous a apporté sa touche, son idée pour le rendu réaliste du moteur. Finalement la rédaction du dossier a été divisée, chacun de nous a rédigé quelques parties. C'est ainsi que Orlane Bréant s'est occupée de l'introduction et de l'historique du moteur Stirling alors que Baptiste Laviron a comparé les différents types de moteur Stirling. Et conclut en dernier lieu, notre rapport. Ambroise Dugouchet a ensuite explicité le fonctionnement d'un moteur Stirling ainsi que les matériaux utilisés pour sa construction que nous n'avons pas pu réaliser par manque de matériaux. Hugo Guerard s'est ensuite occupé du rapport avantages/inconvénients concernant ce moteur. Stéphane Chapelat et Marion Jaumaux ont expliqué ce que nous avons fait pour réaliser le moteur sous SolidWorks, ils ont aussi rédigé l'organisation du travail dans le groupe. Jean Kermani s'est occupé de la présentation du moteur, avec sa légende. Enfin, nous avons chacun de notre côté, rédigé un petit paragraphe afin d'expliquer ce qui nous a plu ou déplu dans ce projet.



3. PRESENTATION DU MOTEUR STIRLING

3.1. Historique du moteur Stirling

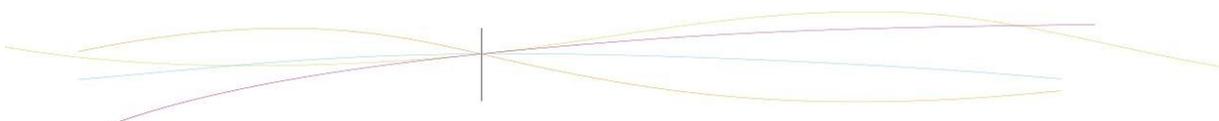
Le moteur Stirling fut inventé en 1816 par Robert Stirling, un pasteur Ecossais (cf. annexe 1). A cette époque, les chaudières à vapeur, très régulièrement utilisées avait tendance à exploser et occasionnaient ainsi des accidents graves et réguliers. Cela était en majeure partie dû aux problèmes de conception, la qualité encore médiocre des matériaux, ainsi qu'au manque de règles d'utilisation et de maintenance.

Pour répondre à ce problème, Robert Stirling inventa un moteur sans chaudière soumise à de trop fortes pressions : le « moteur à air chaud » ou « moteur à combustion interne ». Celui-ci sera plus tard renommé « Moteur Stirling » en hommage à son inventeur et à son frère James qui industrialisa ce moteur en 1843 pour pouvoir l'utiliser dans l'usine où il travaillait en temps qu'ingénieur. Grâce à ce nouveau système (qui sera étudié plus en détail par la suite) chauffer de l'air ambiant par combustion suffit pour alimenter ce moteur en énergie. Il devient donc superflu de faire chauffer l'eau dans une chaudière à haute pression, ce qui réduit considérablement le risque d'explosion. Plus tard, Robert Stirling eut aussi l'idée d'un régénérateur de chaleur permettant d'améliorer le rendement global de l'installation.

Cependant, bien que le brevet soit effectif dès le 20 janvier 1817 (quelques mois après son invention) celui-ci ne rencontra pas le succès qu'il méritait. Face au moteur à vapeur de James Watt, pourtant plus dangereux à l'époque, le moteur Stirling ne fait pas le poids en ce qui concerne la notoriété et la puissance. Un différent type de moteur Stirling, le moteur alpha (le fonctionnement sera également étudié dans la suite du dossier) fut inventé au cours des années 1820 par l'américain Ericsson qui reçut, lui, un prix pour cette invention. Le développement industriel fut également faible, notamment à cause de la rareté des matériaux tels que l'acier, nécessaire pour rendre le moteur plus performant. Pour en revenir au moteur Stirling, l'adaptation faite par son frère eu, quant à elle, un peu plus d'applications, notamment dans le monde agricole et dans l'industrie jusqu'en 1922, pour pomper de l'eau ou entraîner des générateurs de courant électrique. Puis, vers la fin du dix-neuvième siècle, le moteur Stirling commença à s'imposer. Durant cette période de creux entre 1850 et 1870 le moteur Stirling n'est plus qu'un sujet d'étude pour les physiciens, qui, avec l'avènement de la thermodynamique commencent à mieux comprendre et expliquer son fonctionnement. Comme par exemple Gustav Schmidt qui décrit mathématiquement le cycle de Stirling en 1871.

Il faudra ensuite attendre les années 1930 pour que le moteur soit de nouveau étudié, cette fois par la société *Philips* qui avait alors besoin d'un générateur compact et silencieux pour alimenter ses émetteurs à tubes. La compagnie décida que le moteur Stirling était le plus prometteur. Les années de recherche qui suivirent amenèrent le moteur Stirling à son niveau actuel. Des applications furent également développées dans le domaine de l'automobile, et en 1938 un moteur Stirling de plus de 200 chevaux (semblable aux moteurs à essence actuels) vu le jour, avec un rendement supérieur à 30%. Un prototype destiné à motoriser un véhicule fut aussi construit pour Ford, mais l'avènement des transistors, moins gourmands en énergie, mit un frein au développement du moteur Stirling.

C'est sans doute le vingt-et-unième siècle, avec son besoin croissant en énergie alternative, qui remettra le moteur Stirling sur le devant de la scène. En effet, ses propriétés uniques en font un candidat sérieux pour l'exploitation des nouvelles énergies. Le gaz utilisé dans le moteur n'est pas rejeté à l'extérieur, ce moteur ne présente donc aucun danger pour l'environnement. Seules les sources de chaleur peuvent alors polluer (Fuel, nucléaire...). Et ce n'est pas parce que Robert Stirling utilisait la combustion pour alimenter son moteur en énergie thermique qu'il n'est pas possible d'utiliser d'autres sources d'énergie : énergie solaire, géothermique, nucléaire, chaleur rejetée par les usines, etc. Ce principe rend donc ce moteur extrêmement intéressant, d'autant plus que les nouvelles technologies



et les nouveaux matériaux, améliorent grandement le transfert de chaleur et la résistance du moteur. Ainsi de nombreuses sociétés essayent aujourd'hui de relancer le moteur Stirling comme source d'énergie, par exemple la N.A.S.A. qui développe un projet de générateur spatial ayant comme base un moteur Stirling, ou plusieurs entreprises spécialisées en énergie. Robert Stirling a donc longtemps attendu son heure, celle-ci arrivera, sans aucun doute, plus de deux siècles après sa naissance.

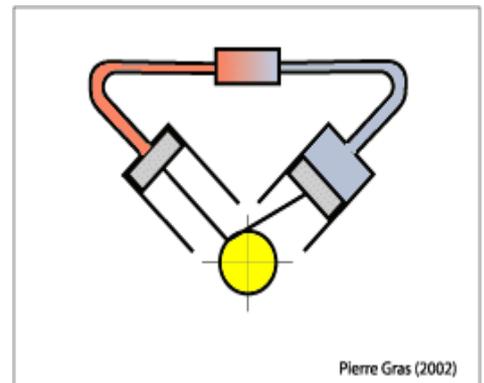
3.2. Différents types de moteur Stirling

3.2.1. Les principaux moteurs

3.2.1.1. Le moteur Alpha

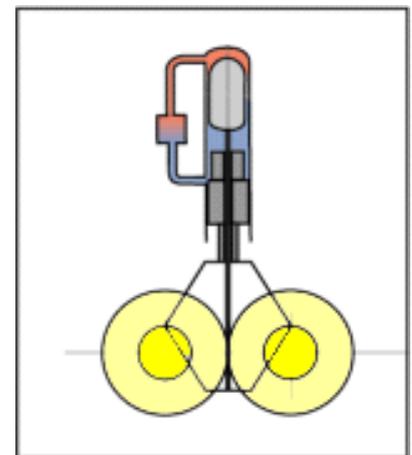
Le moteur alpha est composé de deux pistons, un relié à la source froide et un à la source chaude, et d'un régénérateur. Ce type de moteur bénéficie d'un rapport puissance-volume élevé. En revanche les hautes températures imposées au piston « chaud » sont sources de nombreux problèmes techniques (problèmes lié aux joints).

La particularité du moteur de type Alpha est de dissocier très distinctement la partie froide et la partie chaude du moteur.



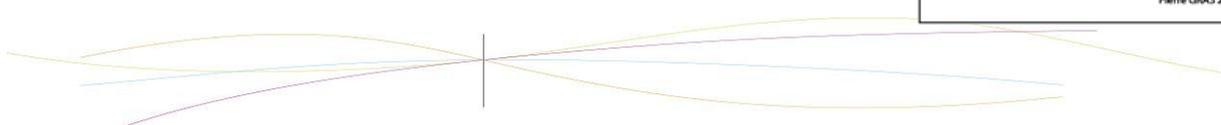
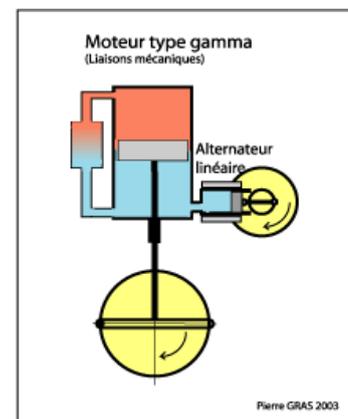
3.2.1.2. Le moteur Bêta

Le moteur Beta lui est composé de deux pistons mais dans le même cylindre. Ce cylindre est relié à la fois à la source chaude en haut du cylindre et à la source froide à sa base. Le piston situé à la base est le piston moteur, celui situé dans le cylindre est le piston de déplacement. Ce dernier a pour fonction de diriger le gaz soit vers la source froide soit vers la source chaude suivant le cycle. Ce moteur est compact et subit peu de pertes aérodynamiques.



3.2.1.3. Le moteur Gamma

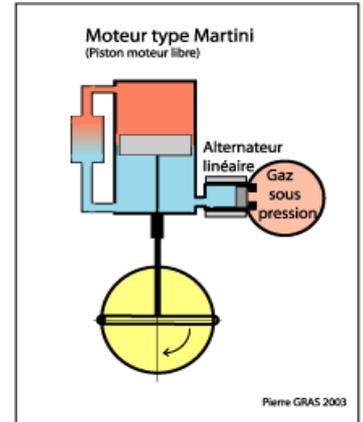
Le moteur Gamma est une alternative entre le moteur Alpha et le moteur Beta. Comme le moteur Beta, il dispose d'un piston de déplacement et d'un piston de puissance, cependant ces deux pistons sont placés dans deux cylindres différents reliés entre eux. Le piston de puissance fait varier le volume.



3.2.2. **Autres moteurs**

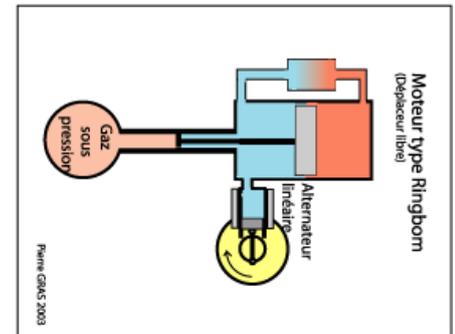
3.2.2.1. *Le moteur à piston libre*

Le piston moteur se déplace en fonction de la pression du moteur. Quand la pression monte, il est poussé dans un sens. Quand la pression baisse, il revient dans l'autre sens, à sa position initiale. Ceci nécessite la présence d'une force moyenne sur la face "extérieure" du piston, elle est générée par un gaz enfermé dans une enceinte ou par le tarage d'un ressort. Si le piston moteur est un aimant, on peut installer en périphérie un alternateur linéaire et générer du courant électrique.



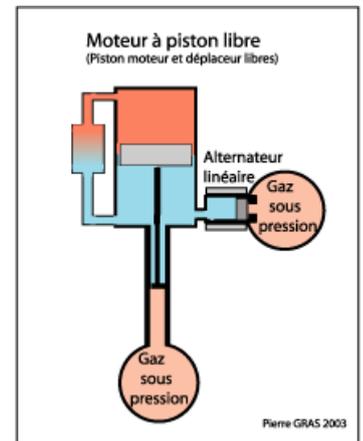
3.2.2.2. *Le moteur à déplaceur libre ou Ringbom*

A l'inverse du précédent, le piston moteur est entraîné mécaniquement. Par contre, le déplaceur se positionne en fonction de la pression du gaz enfermé dans une capacité et de la pression du moteur



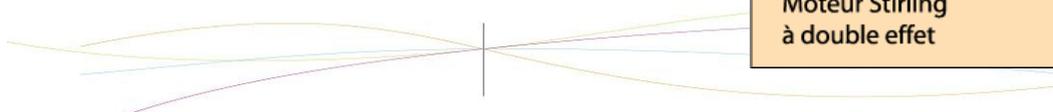
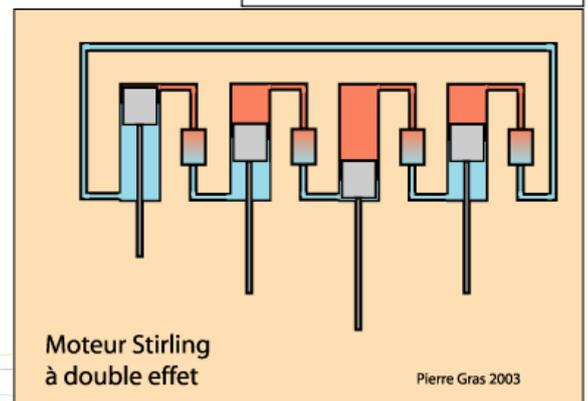
3.2.2.3. *Le moteur à piston et déplaceur libres*

Ce moteur cumule les avantages des deux précédents. Le gros avantage est qu'on peut obtenir une étanchéité absolue car il n'existe aucune liaison mécanique avec l'extérieur. L'énergie produite est évacuée par un alternateur linéaire totalement étanche (Voir schéma ci-dessus et l'animation ci-contre de la N.A.S.A.).



3.2.2.4. *Le moteur à double effet*

Le principe consiste à mettre des moteurs de type Alpha en "série". Il y a un seul piston par cylindre qui joue le rôle de déplaceur et de piston moteur. Le déphasage entre chacun des pistons est de 90°.



3.2.2.5. Le moteur rotatif

Ce moteur, en cours de développement, est basé sur le même principe, a priori et si on en reste à la géométrie, que le moteur rotatif Wankel ou qu'un compresseur à palettes. C'est un "carré" qui se déplace dans une ellipse. Le gaz est enfermé entre ces deux éléments et voit les quatre phases du cycle Stirling.

3.3. Fonctionnement d'un moteur Stirling

Ce fonctionnement est relativement simple, il peut se décomposer en quatre phases constituant un cycle. Au cours de ce cycle, c'est un gaz qui travaille afin de créer de l'énergie mécanique à partir d'énergie thermique.

On considèrera pour l'étude du moteur un cylindre dont l'extrémité supérieure est fermée et chauffée fortement alors que la partie basse est refroidie. On utilisera aussi un déplaceur dont le rôle est de déplacer l'air et de changer la pression dans le cylindre, il n'entraîne pas le moteur en rotation.

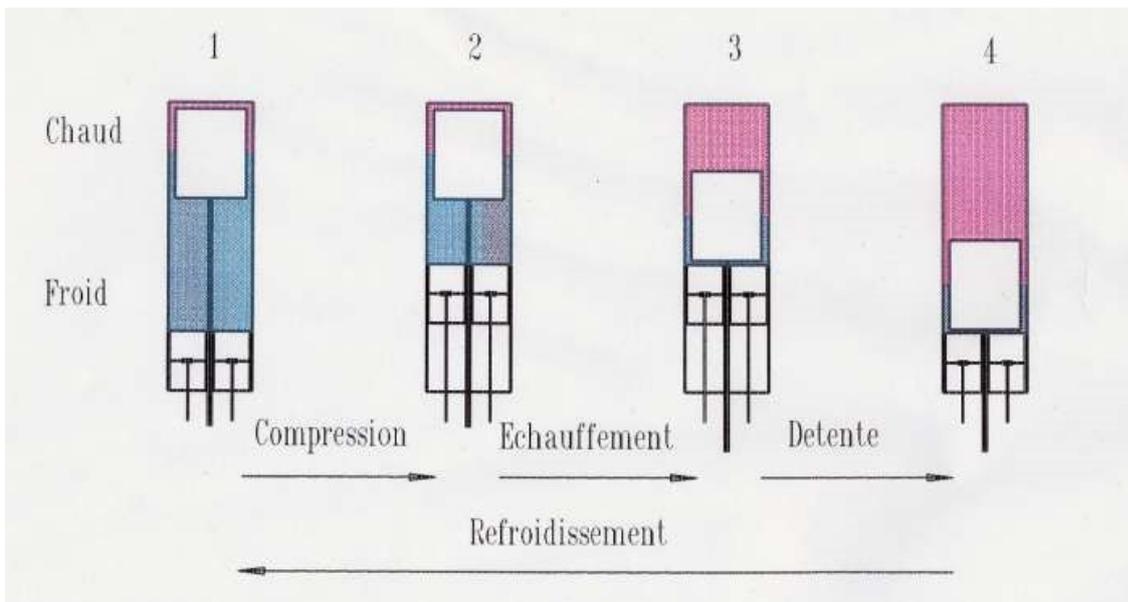


Figure 1 : Système décrivant le moteur Stirling.

Description du système :

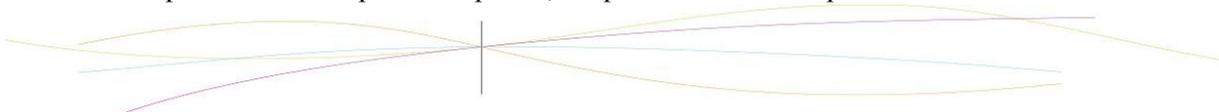
Dans le cylindre, le « déplaceur » laisse passer l'air autour de lui. Sous ce déplaceur se trouve un piston de travail ajusté dans le cylindre et sur la tige du déplaceur.

Description du cycle :

De 1 à 2 : Le déplaceur est en position haute, le piston remonte et comprime légèrement le gaz.

De 2 à 3 : Le déplaceur descend et transfère l'air de la partie froide à la partie chaude ; l'air s'échauffe, tend à se dilater, mais contenu dans un volume limité, sa pression augmente.

De 3 à 4 : La pression de l'air pousse le piston, ce qui constitue le temps moteur.



De 4 à 1 : Le déplaceur remonte à sa position basse et transfère l'air dans la position froide ; ce dernier voit sa pression baisser.

Quand la pression du moteur est arrivée à son maximum sous l'effet du déplaceur, le piston moteur fournit un mouvement de rotation à l'axe du moteur. Le déphasage entre le déplaceur et le piston est de 90 degrés

Le diagramme (P,V)

Le principe de fonctionnement peut se représenter sur un schéma appelé "diagramme Pression-Volume" ou diagramme (P,V) de Clapeyron.

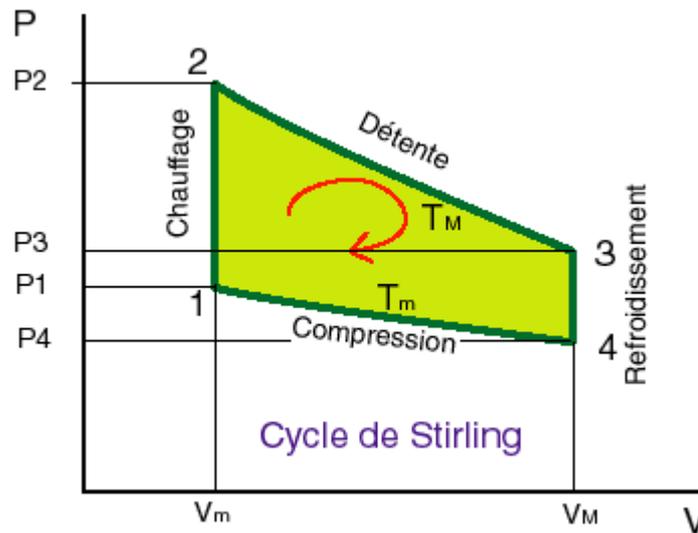
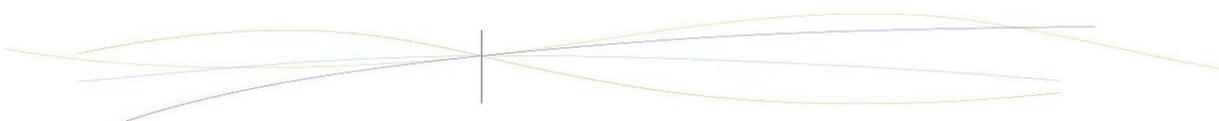


Figure 2 : Diagramme (P,V) de Clapeyron.

- Points 1 à 2 : chauffage isochore. Le gaz circule dans le régénérateur et prélève de la chaleur.
- Points 2 à 3 : détente isotherme. La zone de détente est chauffée par l'extérieur, ainsi le gaz suit une détente isotherme.
- Points 3 à 4 : refroidissement à volume constant (isochore). Le gaz passe dans le régénérateur, se refroidit en lui transférant sa chaleur qui sera utilisée pour le cycle suivant.
- Points 4 à 1 : compression isotherme. La zone de compression est refroidie, ainsi le gaz suit une compression isotherme.

Notre projet consistant à réaliser et animer un moteur Stirling sur SolidWorks, nous avons laissé le soin à l'autre groupe de le concevoir réellement.

En revanche, si nous avions du le faire également, nous aurions opté pour certains matériaux. L'aluminium possède un bon rapport qualité/prix et a, de plus, la propriété d'être facile à usiner, il est donc le plus adapté à la fabrication d'une grande partie des pièces. Pour les pièces sensées conduire la chaleur dans le moteur (tel que le déplaceur), le matériau adéquat est le laiton au vu de ses propriétés thermodynamiques. On peut également utiliser le verre pour transmettre la chaleur.



3.4. Avantages et inconvénients de ce moteur

3.4.1. *Avantages*

Lorsqu'on observe le mode de fonctionnement du moteur Stirling, on peut lui trouver de significatives différences par rapport à d'autres moteurs comme les moteurs à injections de carburant et à combustion interne.

Premier point important et grosse différence avec les moteurs à combustion, c'est que le moteur Stirling produit de l'énergie avec n'importe quelle source de chaleur, en effet (son fonctionnement est détaillé dans ce rapport) il fonctionne grâce aux dilatations successives d'un même gaz.

De plus, toujours au contraire des moteurs à combustion, il n'émet pas de gaz polluants. Les seuls gaz susceptibles d'être nocifs sont ceux produits par la source chaude, et il nous est facile de ne pas utiliser de combustibles polluants.

Et si nous souhaitions utiliser le même combustible que dans un moteur diesel ou à essence, les émissions sont plus faibles car on les maîtrise mieux dans un système de combustion à flux continu que dans un système à flux alternatif. La combustion complète du carburant est plus facilement envisageable.

Le rendement d'un moteur Stirling est, aussi surprenant que cela puisse paraître, supérieur aux moteurs à allumage commandé et égal au rendement d'un moteur diesel.

Au-delà de son rendement et de ses avantages écologiques (répond plus facilement aux exigences environnementales vis-à-vis de la pollution atmosphérique, et une plus grande adaptabilité au besoin de l'utilisateur), le moteur Stirling est aussi plus silencieux qu'un autre moteur à combustion (bruit dû à l'explosion), en effet ses mouvements engendrent peu de vibrations d'où un moindre besoin de main-d'œuvre que les autres moteurs.

3.4.2. *Inconvénients*

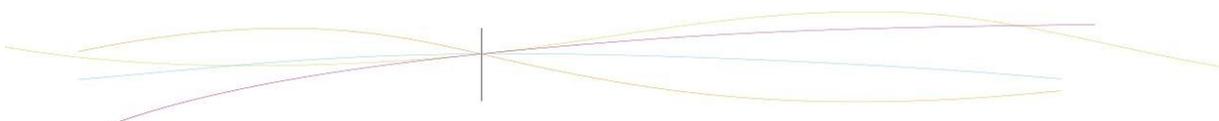
Cependant, malgré ses nombreux avantages écologiques, pratiques et mécaniques, le moteur Stirling possède malheureusement des inconvénients qui empêchent une diffusion de ce mode de fonctionnement dans l'industrie.

En effet, il est peu répandu, donc sa conception est caractérisée par un prix élevé dû à une absence de conception en série (en effet de nombreuses versions du moteur Stirling existent c'est aussi un frein quant à une uniformisation de ce moteur pour une utilisation de grande échelle). Cependant une généralisation de son emploi devrait pallier ce problème inhérent à la nouveauté.

La taille de ce moteur est aussi significative, car les échangeurs de chaleur sont plus encombrants que le système de piston et d'injection.

Et c'est pourquoi il est difficile de compacter ce moteur, or le souci de l'encombrement dans l'industrie automobile ou aérienne, bref là où ce moteur pourrait avoir sa place, est primordial, c'est pourquoi ce moteur souffre encore de cette lacune.

Il existe aussi des problèmes plus techniques mal résolus qui perturbent son développement, notamment l'étanchéité lorsque le moteur travaille à des hautes pressions (>50 bars) et lorsque l'on utilise des fluides de travail qui ne présentent pas d'avantages pour les pièces du moteur.



Et un des points qui l'empêche de rivaliser avec ses concurrents qui font les beaux jours de l'industrie automobile, à savoir des moteurs diesel ou à essence voir même le moteur électrique, c'est son manque de souplesse. C'est à dire que des variations rapides et efficaces de puissance sont difficiles à obtenir puisque le moteur Stirling est plus apte à marcher à puissance nominale constante.

Mais pour conclure, il est reconnu que le moteur Stirling peut être très efficace lorsqu'il est couplé à un moteur solaire, et ce pour produire de l'électricité.

4. CONCEPTION DE NOTRE MOTEUR

4.1. Découverte et présentation de SolidWorks

4.1.1. *Découverte de SolidWorks*

Pour la plupart des personnes de notre groupe, SolidWorks était un logiciel inconnu. Nous en avons eu une vague approche l'année dernière en CTI. Quelques-uns étaient avantagés du fait de leur baccalauréat S-SI, puis ensuite d'autres ont assez rapidement maîtrisé le logiciel grâce notamment au cours de CTI3. Finalement nous avons tous su réaliser les pièces et faire l'assemblage des différentes parties. Nous remarquons que ce logiciel est assez complet et qu'il permet de faire bien plus qu'un simple montage de pièce. Nous pouvons modéliser de nombreux mouvements entre différentes pièces mais aussi faire diverses études (statique, dynamique et cinétique).

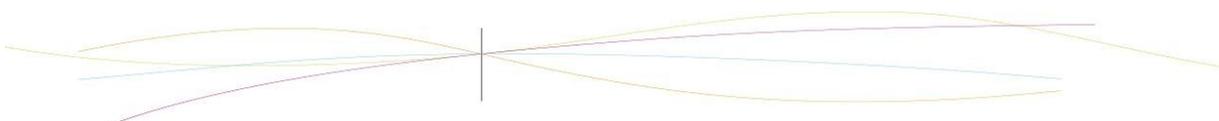
4.1.2. *Présentation de SolidWorks*

SolidWorks est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) dont la première ébauche est apparue en 1993. Ce modéleur 3D utilise la conception paramétrique (définition d'une entité grâce à des paramètres facilement modifiables comme les angles et les longueurs). Ce logiciel permet l'aboutissement à trois fichiers relatifs à trois concepts de base qui sont la pièce, l'assemblage et la mise en plan. Il est évident que toute modification d'un système dans l'un de ces trois fichiers a des répercussions dans les deux autres !

On appelle maquette numérique un dossier complet contenant les trois fichiers relatifs à un même système. SolidWorks peut ensuite être complété par de nombreux logiciels orientés métiers (bois, BTP, tôlerie...) mais aussi des applications de simulations numériques.

Les pièces sont un monobloc 3D. Il s'agit de dessiner une esquisse, aux contours fermés à laquelle on va associer différentes fonctions comme :

- l'extrusion (déplacement de l'esquisse dans une direction perpendiculaire à celle-ci : crée un volume)
- l'enlèvement de matière
- le perçage (fonctions permettant la réalisation d'un perçage suivant le type de vis et de normes que l'on utilisera)
- la révolution (déplacement d'une section de droite autour d'un axe, ou extrusion suivant un arc de cercle)
- et bien d'autres ! (exemples : le balayage, le bossage, les congés, les nervures, les coques...).



Pour faciliter la conception de l'esquisse nous pouvons aussi faire appel à des fonctions telles que la répétition linéaire, circulaire, entités symétriques par rapport à un axe... La cotation intelligente permet de donner aux pièces les dimensions voulues mais aussi de les lier entre elles afin de créer des « familles de pièces ». Ainsi lorsque l'on voudra avoir le même objet mais deux fois plus grand par exemple, il suffira de modifier le seul paramètre donnant la hauteur pour que l'objet prenne les dimensions attendues. Grâce à des outils de mesure il est possible de connaître le volume de la pièce créée ou encore son poids, ses dimensions... Il faut savoir que chacune de nos actions (création d'esquisse, utilisation de fonction, etc.) est inscrite dans un arbre de construction. On peut ainsi connaître le cheminement du concepteur pour arriver à la pièce finale, cet arbre nous permet aussi de pouvoir revenir à tout moment sur une fonction pour la modifier.

Les assemblages résultent de la juxtaposition de différentes pièces. Pour cela on les lie entre elles grâce à des contraintes d'assemblage : création de liaisons géométriques entre deux pièces (coïncidence, parallélisme, coaxialité, tangence...). Cela s'apparente fortement aux liaisons mécaniques des pièces. On peut donc ensuite procéder à différents réglages (jeux, interférences...) On retrouve ici aussi un arbre de création qui comporte en plus des contraintes fixées etc., l'arbre de création de chaque pièce. Comme il est possible d'assembler des assemblages, on peut se retrouver avec des sous-groupes de pièces.

La conception intégrée permet de lier la géométrie des pièces entre elles de telle sorte qu'une modification sur une pièce est répercutée sur toutes les autres pièces. Il est aussi possible de créer des pièces enfants à partir de la pièce parent tout comme modifier la pièce parent en fonction de la pièce enfant.

La mise en plan concerne à la fois les pièces et les assemblages. SolidWorks exécute une projection de l'objet ce qui simplifie énormément le travail du dessinateur par rapport au travail qu'il aurait du fournir avec un outil DAO.

SolidWorks exécute sans aucun problème la projection des pièces : les vues en coupes, partielles, les perspectives sont effectuées d'un simple clic ! Cependant la représentation des filetages et taraudages requièrent un peu plus d'attention.

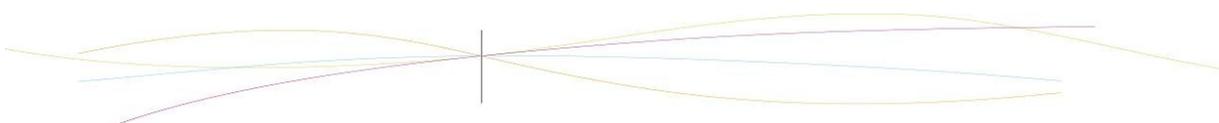
L'ensemble des spécifications géométriques des pièces est regroupée sous le terme de cotation. Il faut savoir que même à ce niveau, la modification des valeurs de cotes est toujours possible. Le logiciel propose des fonds de plan déjà établit, mais il est possible de les réaliser soi-même. Il en existe deux types :

- Fond de plan statique : Il faut remplir à la main chacun des champs.
- Fond de plan dynamique : Remplissage automatique suivant les paramètres mis dans les pièces et assemblages.

Enfin, nous retrouvons aussi la nomenclature. En effet le fichier assemblage contient toutes les pièces présentes dans l'assemblage, de ce fait il est facile de sortir la nomenclature appartenant à la maquette 3D.

Le logiciel SolidWorks possède ses propres extensions de fichiers :

- .sldprt : fichier pièce
- .sldasm : fichier assemblage
- .slddrw : fichier plan
- .sldprt : fichier fond de plan



Terminons cette brève présentation par quelques exemples.

Voici quelques exemples de logiciels complémentaires au logiciel de conception 3D SolidWorks, édités par SolidWorks :

- SolidWorks Simulation : vérifie la conception dans les domaines statique, thermique, flambement, fréquentiel, fatigue, dynamique, test de chute, etc.
- SolidWorks Flowmotion : analyse des fluides.
- SolidWorks Motion : Simulation cinématique.
- SolidWorks Routing : Conçoit des tuyauteries, des tubes, des câblages, des harnais...
- CircuitWorks : Importe et exporte des données électriques et électroniques.
- TolAnalyst : Analyse les tolérances sur les assemblages tolérancés.

Les exemples suivants n'ont pas été édités par SolidWorks :

- Meca3D : logiciel de mécanique générale (statique, cinématique, dynamique).
- SolidWatch : logiciel de conception dédié aux métiers de l'horlogerie.

Enfin, notons ici quelques concurrents de SolidWorks : CATIA, AutoCAD, TopSolid...

4.2. Conception des pièces

Pour la conception de notre moteur Stirling sous SolidWorks, nous avons du créer 27 modèles de pièces différents, afin d'assembler finalement 44 pièces (cf. annexe).

La conception d'une pièce se constitue, tout d'abord, d'une phase où l'on définit l'esquisse, puis d'une phase de mise en relief de cette esquisse.

Si nous prenons l'exemple de la conception de la « bielle motrice » de notre moteur Stirling, voici l'esquisse obtenue lors d'une première étape, à l'aide des outils de dessin et de dimensionnement sous SolidWorks :



Figure 3 : Outils de dessin et de dimensionnement.

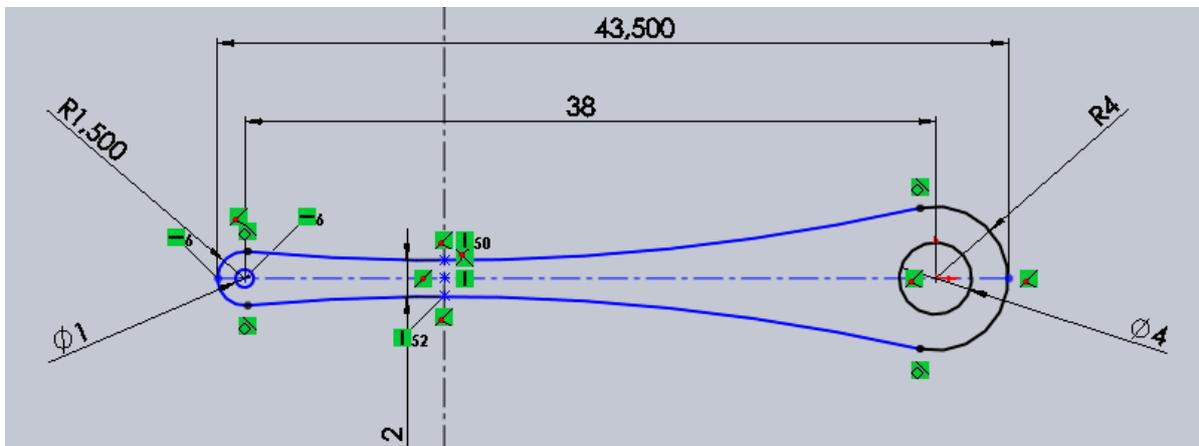
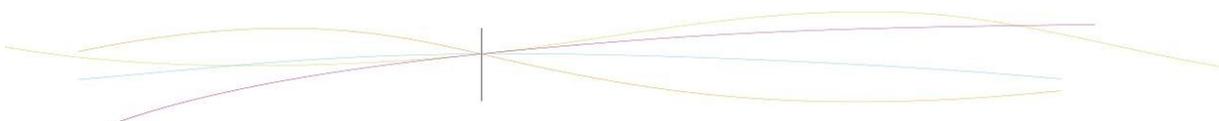


Figure 4 : Esquisse de la « bielle motrice »



Lors d'une seconde étape, grâce aux outils de mise en relief (ici « Base/Bossage extrudé ») nous donnons du volume à notre esquisse et définissons sa largeur :

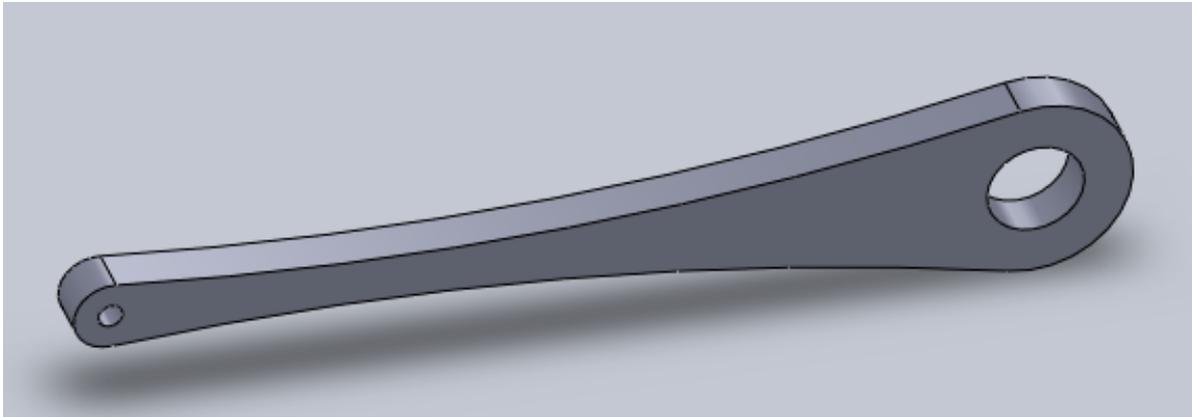


Figure 5 : Bielle motrice.

4.3. Réalisation de l'assemblage

La conception de notre moteur Stirling s'accompagne ensuite de l'assemblage de toutes les pièces. Pour assembler chaque pièce il faut les juxtaposer, puis établir des contraintes entre elles. La modification d'une pièce en amont de l'assemblage entraîne ensuite sa modification dans l'assemblage. Grâce aux mobilités restantes, il nous est alors possible de mettre notre moteur en mouvement. Cette étape d'assemblage permet de repérer les derniers défauts de pièces, lorsque ces dernières ne se montent pas les unes aux autres, par exemple.

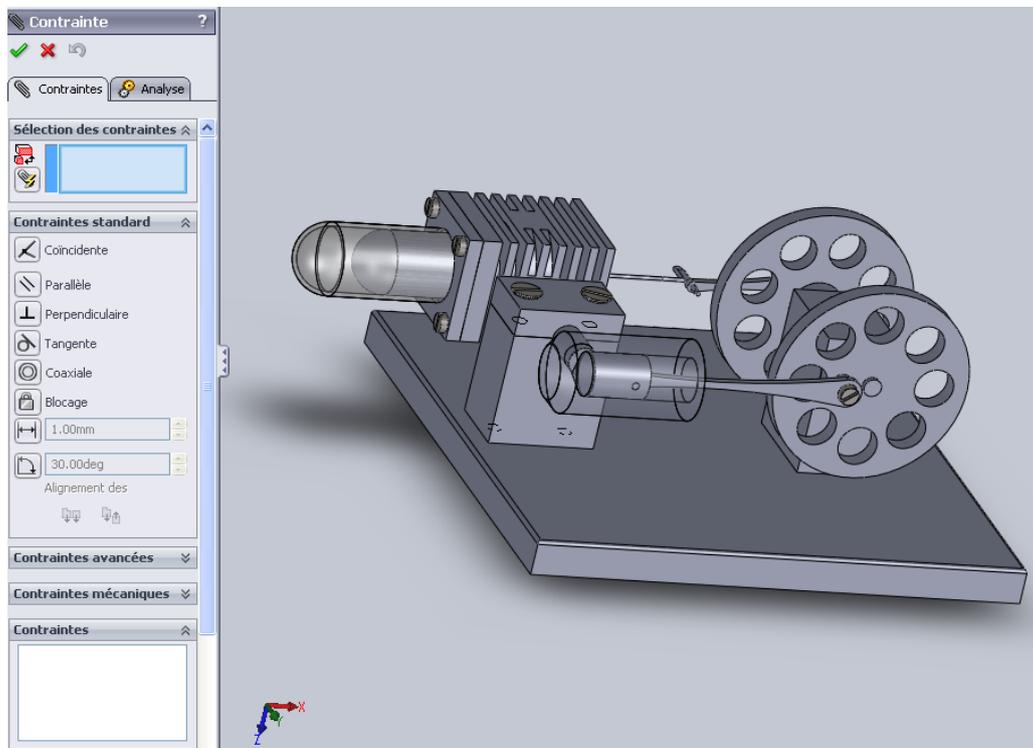
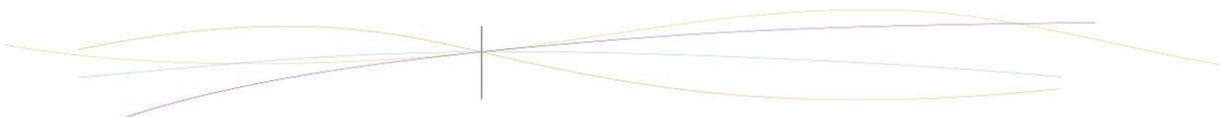


Figure 6 : Moteur Stirling assemblé.



4.4. Problèmes rencontrés

Concernant les difficultés rencontrées par chacun lors de la réalisation du moteur, nous avons fait face à deux cas de figure :

Tout d’abord, certains d’entre nous n’avaient jamais vraiment travaillé sur SolidWorks. Ils n’avaient appréhendé ce logiciel que brièvement, lors des cours de CTI1 en STPI 1. Ils eurent donc plus de difficultés à concevoir des pièces que les autres membres du groupe qui suivent le cours de CTI3 en STPI 2 et qui, pour certains, connaissent ce logiciel de CAO depuis le lycée. C’est pour cette raison que dès le début de notre travail, lors de la décision de notre organisation, nous avons réparti les pièces en fonction de leur complexité et des compétences de chacun sur SolidWorks.

Ensuite, et plus généralement, chaque membre du groupe fut confronté au moins une fois, à des difficultés. Par exemple, les pièces 14 « bielle – piston de refoulement » et « Crochet » nous ont contraint à créer une première esquisse avec la trajectoire de notre pièce.

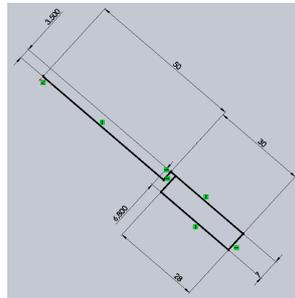


Figure 7 : Première esquisse du « crochet »

Puis une seconde esquisse fut mise au point avec les cercles définissant le futur volume de la pièce.

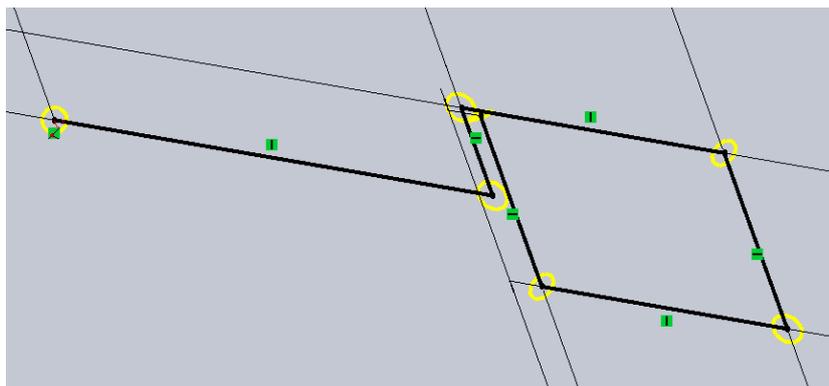
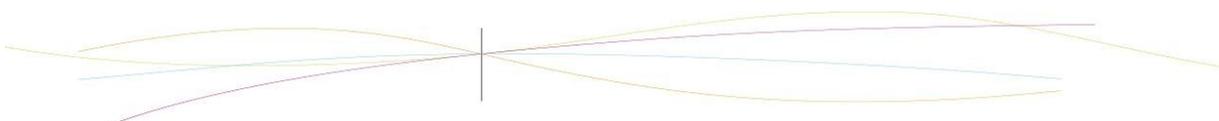


Figure 8 : Seconde esquisse du « crochet »



Enfin, grâce à la fonction « Bossage/Base avec révolution » nous sommes parvenus à ce résultat.

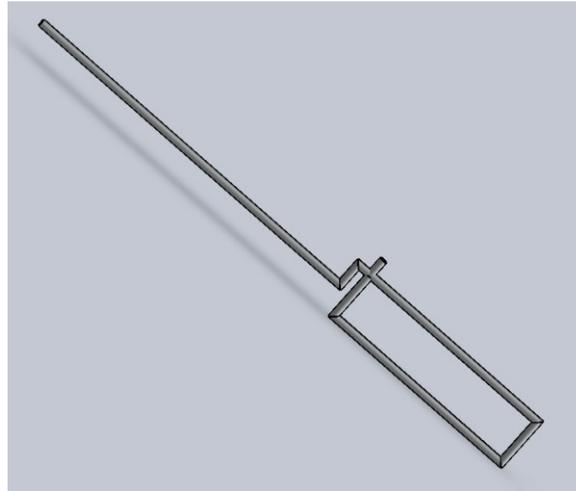


Figure 9 : Pièce 14 « bielle – piston de refoulement »

Un deuxième exemple est celui de la pièce 2 « radiateur ». Cette pièce fut une pièce compliquée à réaliser. Premièrement, nous ne possédons aucune mesure, si ce n'est le cadre extérieur. Nous avons donc pris des mesures sur un radiateur déjà usiné. Ceci fut difficile et nous avons à plusieurs reprises recommencé un perçage ou l'autre. Ensuite la difficulté principale résidait dans le fait de créer du vide dans le rectangle brut, tout en suivant le contour du perçage central. Après plusieurs essais, nous avons finalement opté pour une succession de plan. Une fois le cylindre percé, nous avons intégré des plans à intervalles réguliers, sur lesquels nous avons interposé des rectangles et des cercles extrudés.

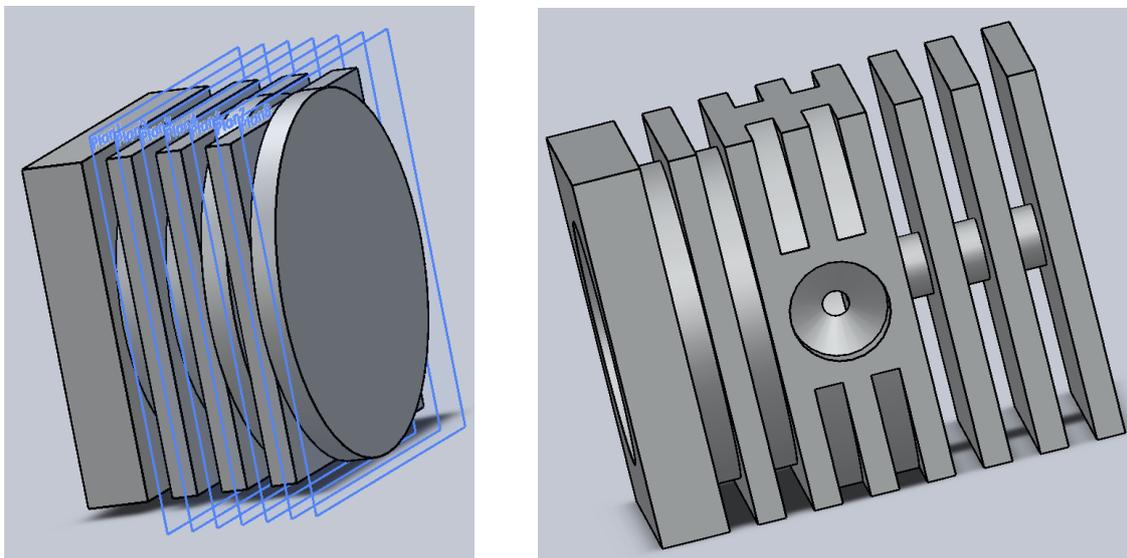
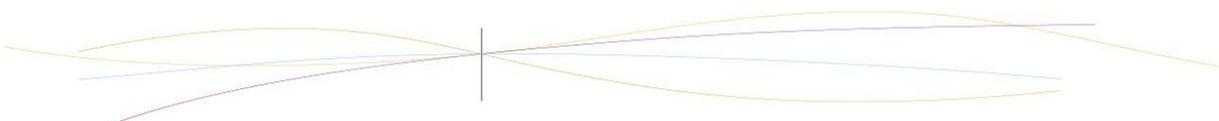
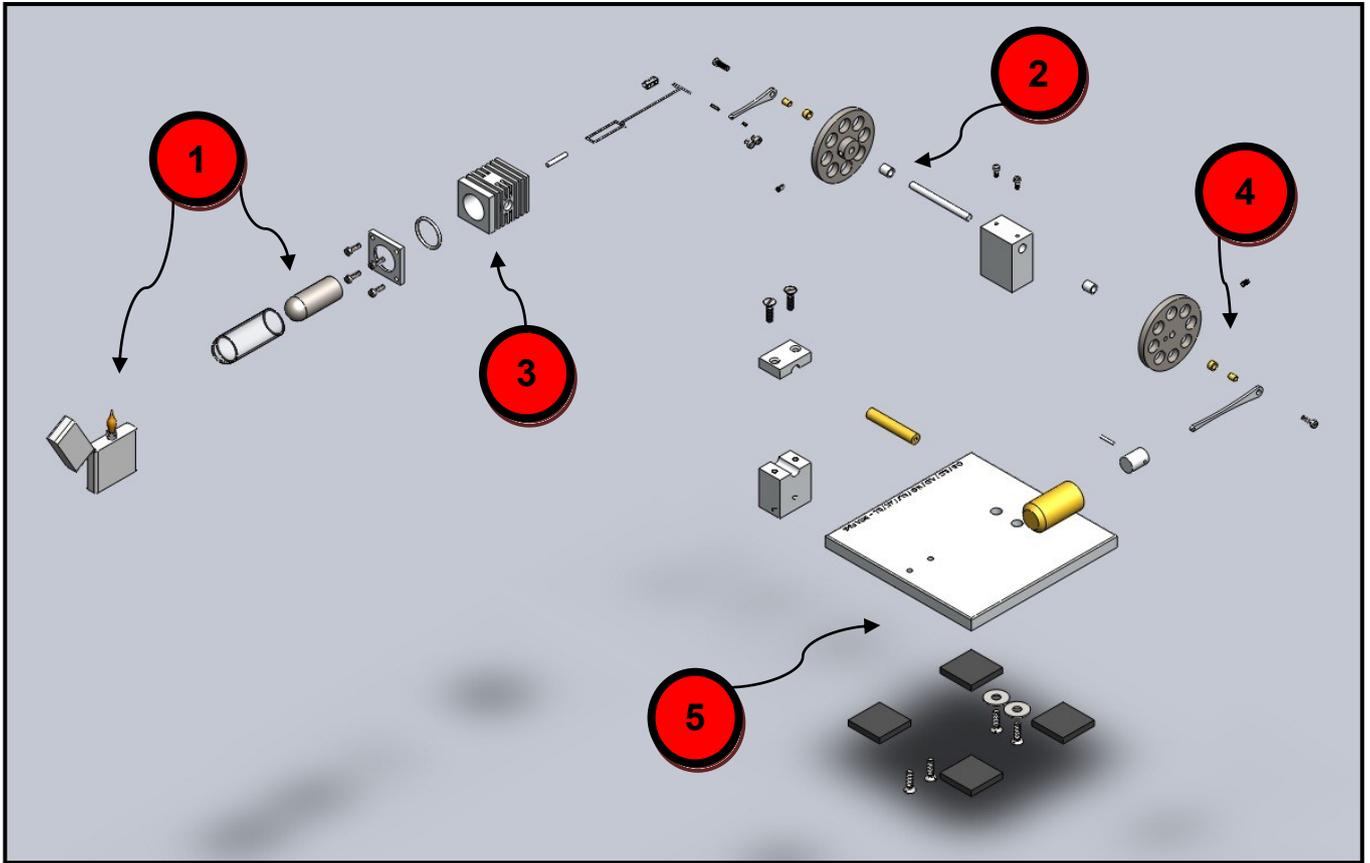


Figure 10 : Pièce 2 « radiateur »

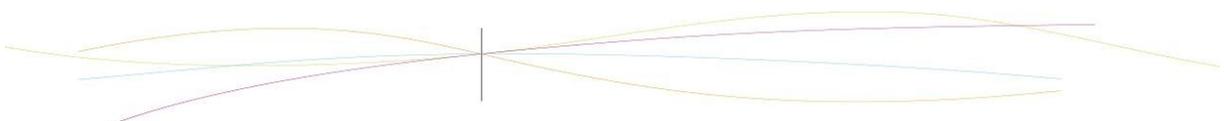


5. PRESENTATION DE NOTRE MOTEUR

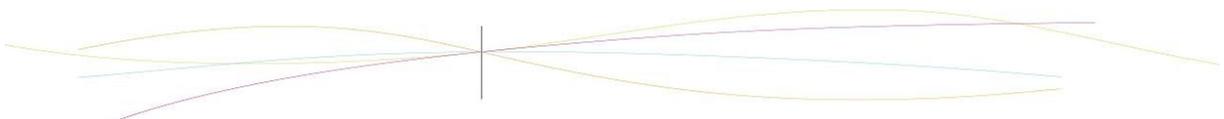
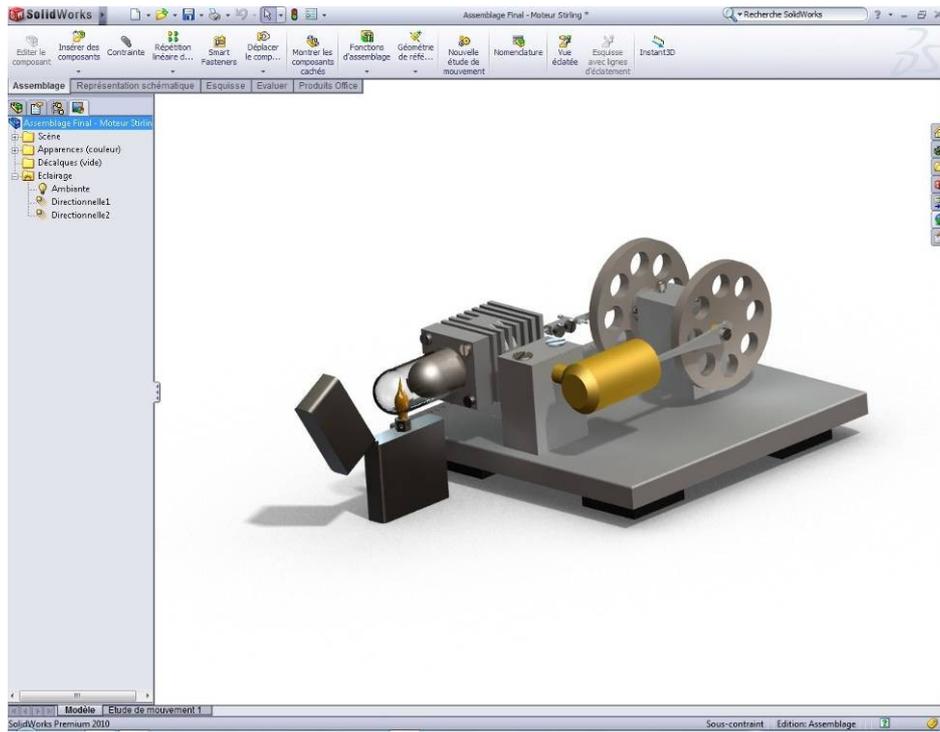
5.1. Vue éclatée



NUMERO DE L'ENSEMBLE	FONCTION DE L'ENSEMBLE
1	Chauffer l'air pour décaler le piston
2	Refouler l'air
3	Refroidir l'air chaud refoulé
4	Créer de l'énergie mécanique de rotation
5	Soutenir l'ensemble du moteur



5.2. Rendu réaliste



6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Conclusions sur le travail réalisé

Avec ce projet nous avons pu non seulement comprendre le fonctionnement d'un moteur Stirling dans le détail mais surtout acquérir des connaissances en CAO lors de sa modélisation sous SolidWorks. Certains d'entre nous ont approfondi et partagé leurs connaissances acquises en CTI-3. Ces connaissances s'avéreront utiles pour les futurs ingénieurs qui devront modéliser ou concevoir par ordinateur comme les ingénieurs en mécanique, génie civil ou énergétique et propulsion.

Le projet fut aussi un travail d'équipe où nous avons pu partager notre opinion mais aussi nous adapter à celle des autres afin de trouver une voie commune pour sa réalisation. La gestion du temps, le partage des tâches et donc la gestion des conflits ont été au cœur du projet. En divisant le travail et assemblant le fruit de chacun nous avons pu finir dans les temps. Et c'est avec une bonne communication, élément majeur au sein du projet, que la réunion du travail de chaque membre a permis l'assemblage du projet final.

Nous aurions bien aimé pouvoir également réaliser le moteur en réel après la modélisation, mais une autre équipe avait déjà pour projet cette réalisation.

Finalement le projet nous a enseigné une fois de plus les notions importantes du futur travail d'ingénieur : le travail d'équipe avec l'écoute des autres, la gestion du temps et le partage des tâches.

Conclusions sur l'apport personnel

Marion Jaumaux :

Pour ma part, ce projet de P6-3 était celui que je souhaitais avoir. En effet, je savais que j'allais apprendre à utiliser SolidWorks et donc faire un projet sur ce logiciel me permettrait de mettre en pratique dans un autre contexte que les TD de CTI3 ce que j'aurais appris ; et ce fut le cas. Faire ce projet fut bénéfique à tout point de vue. Premièrement nous étions un bon groupe, il y régnait une bonne ambiance de travail et d'aide. Deuxièmement, nous avons su nous organiser correctement afin de ne pas se retrouver avec une charge importante de travail à réaliser en peu de temps. Enfin, j'ai pu perfectionner mes connaissances du logiciel en découvrant de nouvelles fonctions et astuces afin de travailler d'une manière plus efficace, ce qui me semble être une chose importante. En plus du logiciel, je me suis familiarisée avec les différents moteurs Stirling, je dois avouer que je ne connaissais pas vraiment leur système de fonctionnement avant ce projet.

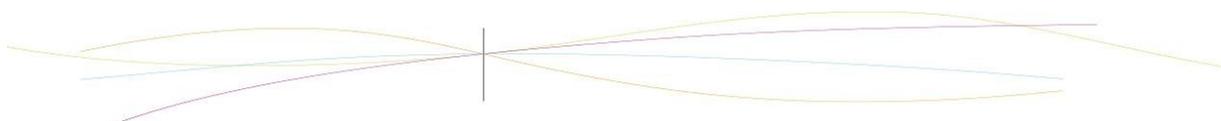
Pour conclure, ce projet est celui que j'ai préféré réaliser depuis que je suis à l'INSA.

Ambroise Dugouchet :

Ce projet nous a permis de comprendre et d'appréhender le moteur Stirling et son cycle d'une manière pratique, après les cours théoriques de P1 que nous avons eu à son sujet. Il a également été l'occasion de mettre en application toutes les connaissances acquises en CTI 3 (cours de conception assistée par ordinateur), notamment sur le fonctionnement du logiciel SolidWorks.

De plus, comme dans tous les projets, notre animation d'un moteur Stirling nous aura permis de travailler en équipe afin de répartir au mieux les tâches et d'être ainsi plus efficace. La communication aura donc été un outil primordial dans la réussite de ce projet de P6-3.

Pour finir, nous avons tous enrichis nos connaissances dans des domaines tels que la mécanique, la thermodynamique ou encore la conception assistée par ordinateur.



Stéphane Chapelat :

Durant ce projet, j'ai pu mettre en application mes connaissances apprises sur SolidWorks pendant le cours de CTI3. J'ai également découvert les bases du fonctionnement d'un moteur Stirling. Si ce projet m'a beaucoup apporté dans mes connaissances scientifiques ainsi que dans l'utilisation d'un logiciel de CAO, il m'a été tout aussi enrichissant pour le travail de groupe. En effet, il nous a fallu nous organiser afin de réaliser notre projet dans le temps requis et sans aide extérieure venant d'un professeur ou autre. Nous avons dû gérer nos différents et être à l'écoute de chacun. Ces compétences seront très importantes dans notre carrière d'ingénieur, c'est pour cela qu'il fut très intéressant de les aborder durant notre projet.

Orlane Bréant :

Etant en thématique CFI/MRI ce projet ne cadrerait pas vraiment avec mon projet professionnel, mais il est toujours intéressant de découvrir le fonctionnement d'un logiciel de CAO, tel que SolidWorks, qui facilite grandement le travail de modélisation. De plus ayant redoublé j'ai déjà effectué ce type de projet et je constate que chaque nouvelle équipe organise son travail différemment. Cela montre que l'on peut être toujours aussi efficace même avec des méthodes de travail différentes. Pouvoir faire ce constat est, selon moi, important pour un futur ingénieur qui aura sans doute à gérer des équipes selon ses membres et non selon sa conception personnelle de l'organisation du travail.

Baptiste Laviron

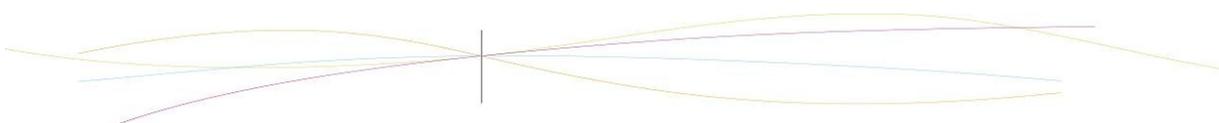
La modélisation du moteur sous SolidWorks m'a permis de me familiariser avec le logiciel, le travail d'équipe et le partage de nos connaissances nous ont permis de venir à bout du projet. Avec la communication et l'entraide dans l'équipe j'ai pu bénéficier des connaissances des membres suivant le cours de CTI3 afin de m'améliorer au niveau du logiciel. Nous avons une fois de plus mis en pratique les éléments importants de l'ingénieur, à savoir le travail d'équipe, la gestion du temps et des problèmes imprévus.

Hugo Guerard

Ce projet m'a tout d'abord permis de consolider mon expérience avec le logiciel SolidWorks, suivant la spécialisation Mécanique et ayant choisi l'option CTI-3 ce genre de travaux m'intéresse et cela m'a permis de progresser davantage. De plus, l'entente qui régnait dans le groupe était propice au travail, l'ambiance était également conviviale et détendue; ce qui nous a permis d'évoluer au sein d'un groupe et de gérer toute les responsabilités que cela implique (répartition du travail, écoute, synthèse, organisation personnelle). Pour conclure je dirais que ce projet fut intéressant à réaliser, complet et complet à réaliser et dans la continuation des cours de physique suivis au premier semestre.

Jean Kermani

J'ai aimé travailler sur ce projet de P6-3 puisqu'il m'a beaucoup appris. En effet, j'ai approfondi mes connaissances en SolidWorks acquises au lycée, en utilisant de nouvelles fonctions comme le rendu réaliste, l'animation, etc... pour parfaire la modélisation 3D. Comme tout projet réalisé à l'INSA, j'ai renforcé mes aptitudes à travailler en groupe : communication, coordination, écoute, etc... De plus, ce projet nous a permis d'être autonome, dans le sens où nous pouvions avoir recours aux aides du professeur encadrant et que le travail n'était pas mâché.



7. BIBLIOGRAPHIE

Liens internet :

<http://www.solidworks.fr/>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Moteur_Stirling

<http://www.moteurstirling.com/>

<http://www.ecoren.fr/moteur-stirling.php>

<http://www.pile-au-methanol.com/Systemes-alternatifs.htm>

<http://cm1cm2.ceyreste.free.fr/stirling.html>

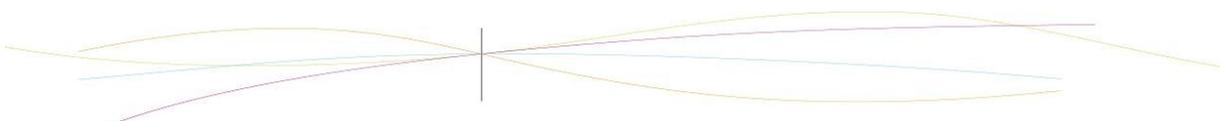
<http://cogeneration.discutforum.com/t3-comprendre-le-moteur-stirling>

<http://www.moteur-stirling.com/stirling.htm>

http://technoargia.free.fr/cms2/?Moteur_Stirling

<http://www.creusot.net/archives/idee/stirling/histoire.htm>

http://fr.wikipedia.org/wiki/Robert_Stirling



8. ANNEXES

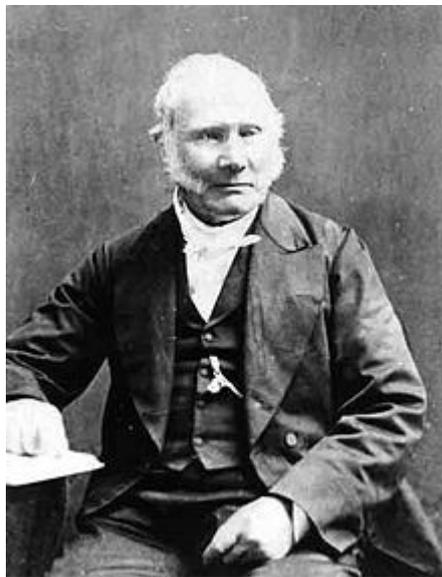
8.1. Biographie de Robert Stirling

La vie de Robert Stirling se déroule durant le dix-neuvième siècle qui voit de nombreuses découvertes scientifiques et techniques. C'est probablement ce bouillonnement d'idées, sa curiosité naturelle et son pragmatisme qui pousseront Robert Stirling à inventer "le moteur à air chaud".

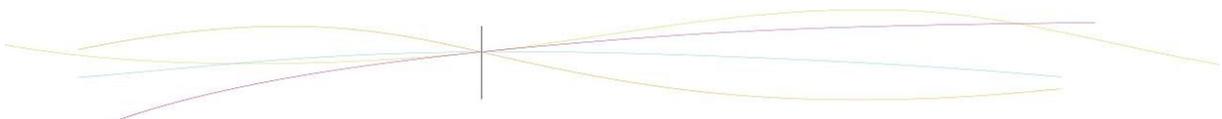
Le Pasteur Robert Stirling est né le 25 octobre 1790, à Gloag dans le comté de Perthshire en Ecosse. Il était le troisième enfant d'une famille en comprenant huit. Son grand-père paternel fabriquait des batteuses, son grand-père maternel était agriculteur.

Il poursuivit de brillantes études à l'université d'Edimbourg de 1805 à 1808. Ensuite, il se tourna vers des études de théologie à l'université de Glasgow pour devenir pasteur.

Il se maria le 10 juillet 1819 avec Jean Rankin. Ils eurent sept enfants. Quatre garçons devinrent ingénieurs dans les chemins de fer (Patrick, William, Robert et James), un autre choisit de devenir à son tour pasteur (David). Quant aux deux filles, l'une fit profiter ses frères de ses idées (Jane) et l'autre se consacra au métier d'artiste (Agnes). L'inventeur est mort le 6 juin 1878 à Galston, ville située à 30 km environ au sud de Glasgow.



Robert Stirling



8.2. Schémas de montages, plans de conception.

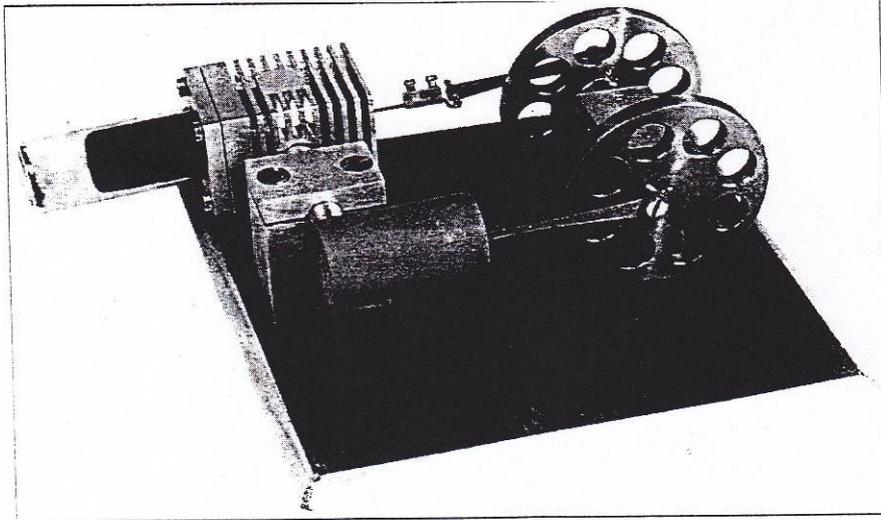


Table des matières:

1. Dossier technique
2. Matériaux
3. Outillage
4. Avant-propos
5. Fonctionnement du moteur Stirling
6. Liste des outils
7. Liste du matériel
8. Préparation des pièces
9. Assemblage
10. Mise en service

4. Avant-propos

Depuis 1872, le moteur à air chaud est la deuxième invention de moteurs actionnés avec la chaleur, après la machine à vapeur. Depuis le début de ce siècle, ces deux inventions ont été victimes de l'engouement pour les moteurs Otto et Diesel. Alors que la machine à vapeur a pris le chemin des musées, le moteur à air chaud (moteur Stirling) continue de retenir l'attention des ingénieurs. La raison est à rechercher dans les avantages commerciaux qu'il présente face aux moteurs à pistons et à combustion.

Avantages:

- Carburants multiples

La chaleur est produite par des combustibles solides, liquides ou gazeux. Ainsi que par des accumulateurs thermiques et par l'énergie solaire.

- Degré d'efficacité plus élevé

Il se situe à 40%.

- Un système fermé

La plupart des gaz conviennent (p.ex. air, hélium, argon, hydrogène ...). Une fois en mouvement, l'appareil fonctionne comme machine à produire du froid (sans CFC). Les résidus de la combustion n'entrent pas en contact avec les éléments mobiles.

- Combustion externe et régulière

Du fait de sa combustion le moteur Stirling n'a que très peu d'émissions polluantes. D'autre part, le système a un niveau sonore très bas.

- Pauvre en vibrations

En raison du mode de combustion, il n'y a pas de pics de pression. Même à grande vitesse, on n'enregistre qu'un minimum de vibrations. Le moteur reste très silencieux.

- Entretien limité

Le moteur Stirling peut être construit avec un nombre restreint de pièces. Comme on a peu de vibrations, les éléments internes fonctionnent presque sans huile donc le service d'entretien est limité.

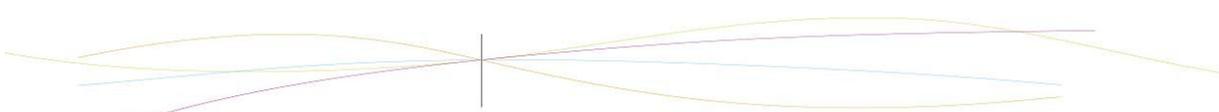
- Différentes possibilités d'applications

Les moteurs Stirling sont utilisés par ex. pour produire du froid	
Moteurs pour les pays en voie de développement	→ modèles à l'essai
Propulsion de générateurs	--> modèles à l'essai
Propulsion de bateau	--> prototypes
Voitures	--> prototypes
Vois interplanétaires	--> prototypes

Inconvénients du moteur Stirling:

- poids trop élevé
- hautes pressions
- radiateurs importants (échange calorique)
- problèmes d'étanchéité
- matériel très sollicité
- concept peu répandu dans le public
- jusqu'à présent, avantages économiques mal définis.

Malgré ces inconvénients, le moteur Stirling pourrait au cours des prochaines années conquérir une place plus importante sur le marché. Les machines susceptibles de fonctionner avec ce moteur prendront de plus en plus d'importance. Au niveau de la technique du froid, ce moteur s'est déjà assuré une place non négligeable sur le marché.



5. Fonctionnement du moteur Stirling

Le montage et le mode de fonctionnement sont présentés sur le schéma 1. Le modèle à construire se compose de deux cylindres reliés par un tube. Le piston mécanique est ouvert à l'une de ses extrémités. Entre le piston de refoulement et le cylindre de combustion il y a un petit espace d'air où celui-ci peut circuler. Les deux pistons travaillent en s'opposant à 90°. Ils reposent sur un vilebrequin. L'arrivée d'air chaud a lieu à l'extrémité du cylindre de refoulement (cylindre de combustion). Le radiateur est garant d'une plus rapide chute de température et, partant, d'une meilleure efficacité. Pour mieux expliquer le fonctionnement, on part d'une situation momentanée.

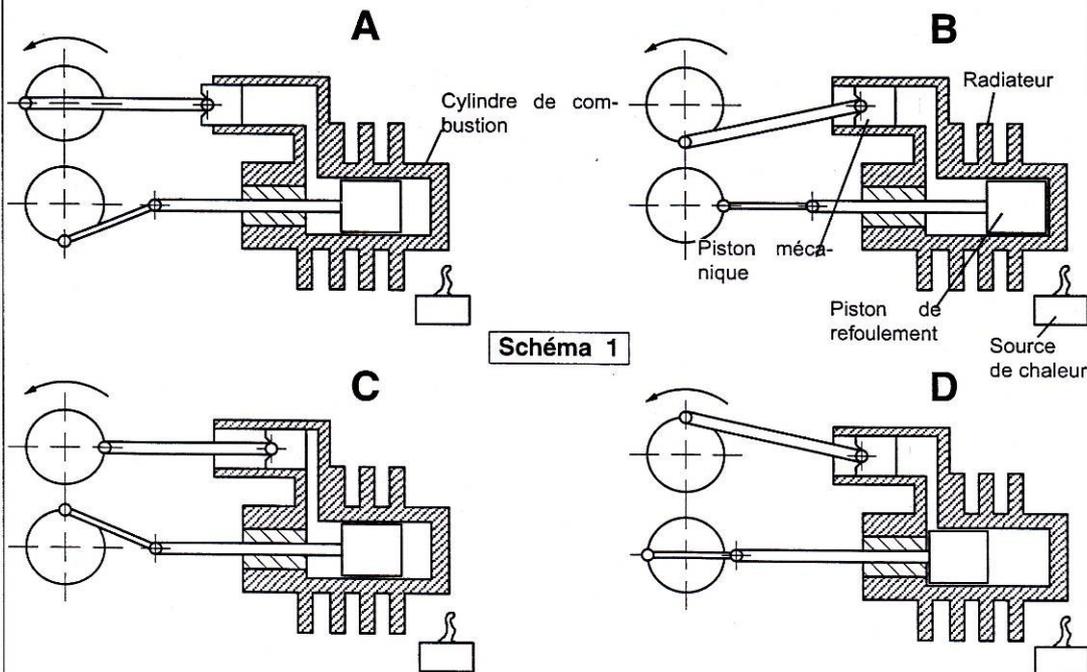


Schéma 1

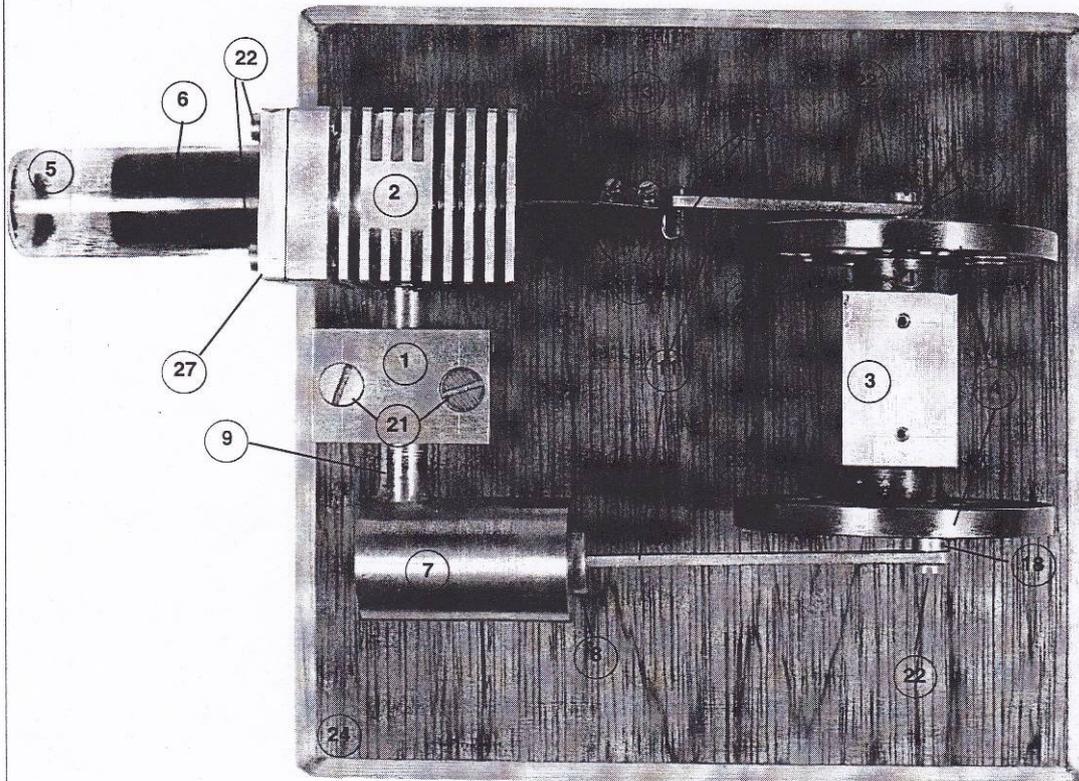
- A:** L'air à l'intérieur du cylindre mécanique est refroidi. Du fait d'une légère compression, le piston est aspiré dans le cylindre. Le volume d'air est à son maximum. Le piston de refoulement se déplace vers l'extrémité réchauffée du tube et expulse l'air chaud vers la zone plus froide, impliquant un travail mécanique.
- B:** Le piston de refoulement se trouve alors à sa hauteur maximale, il a refoulé l'air chaud vers le piston mécanique. Les deux roues motrices veillent à ce que le piston mécanique se déplace dans son cylindre.
- C:** Alors que dans la phase C, le piston mécanique refoule l'air refroidi dans le cylindre à combustion, le piston de refoulement se déplace vers la zone refroidie du cylindre de refoulement. L'air accède à la zone chaude du tube, il se dilate en comprimant le piston mécanique, impliquant un travail mécanique.
- D:** Le piston de refoulement est à son point mort, cependant que le piston mécanique continue à se déplacer sous l'effet de la dilatation -> A.

7. Liste du matériel

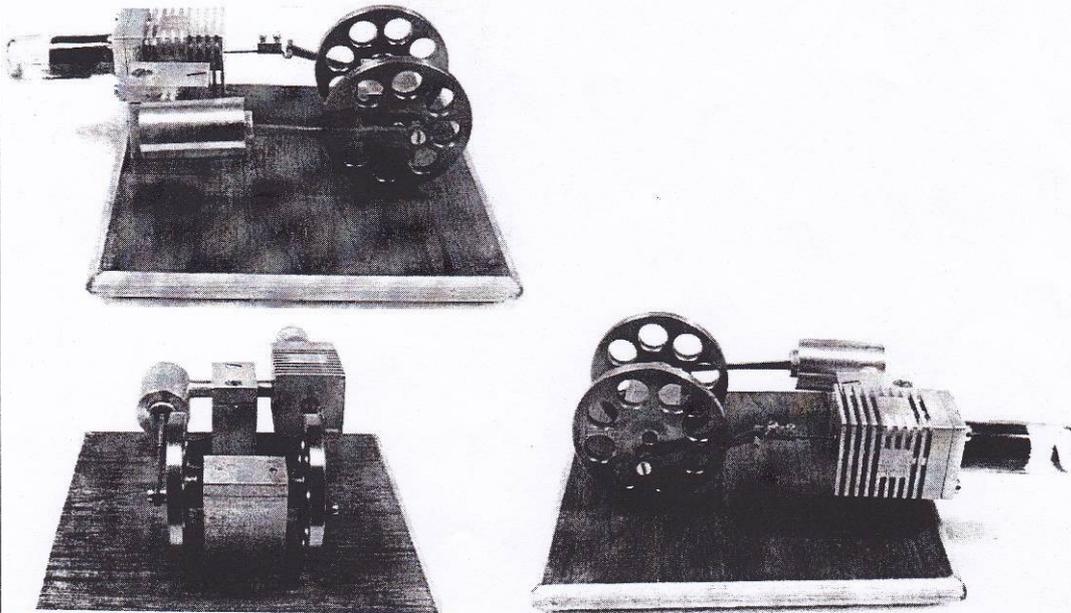
Pos.	Qté	Dénomination	Dimensions en mm	Application
1	1	Cadre aluminium	20x30x40	Support du moteur
2	1	Cadre aluminium, percé	30x30x38	Radiateur
3	1	Cadre aluminium	20x30x40	Armature
4	2	Roues motrices en acier	ø 55 x 5	Roues motrices
5	1	Tube à essais	(ø20x1,2)x55	Cylindre de refoulement
6	1	Refoulement, laine d'acier très fine	15x85x180	Piston de refoulement (Régénérateur)
7	1	Cylindre coulé percé	(22x5)x40	Cylindre mécanique
8	1	Cylindre aluminium percé	(12x2,5)x16	Piston mécanique
9	1	Tube en laiton	(8x2,5)x43,5	Tuyau de liaison
10	1	Tige en acier	ø5x55	Essieu ou axe
11	1	Barre plate	(10x2)x120	Bielle motrice 1/2
12	1	Anneau torique d'étanchéité	ø20x2	Joint entre radiateur, bride et cylindre de refoulement
13	1	Barrette de connexion & 2 vis	5x4x10	Raccord entre bielle motrice et bielle de refoulement
14	2	Fils en acier	ø1x200	Bielle p. piston de refoulement & liaison entre bielle motrice & autre bielle (crochet)
15	2	Douilles en laiton	(4x0,5)x6	Douille d'entraînement sur roue motrice
16	1	Tube en silicone	ø3x1x20 pour 2 pces) (3mm & 7mm de long)	Direction de la bielle motrice
17	2	Douille en laiton	(7x1)x7,5	Boîtes de glissement dans coussinet/support
18	2	Douille en laiton	(6x1)x3,5	Douille d'entraînement sur roue motrice
19	1	Tige d'adaptation	2x12	Réception bielle motrice dans piston mécanique
20	1	Caoutchouc mousse	env.96x100	Pieds pour plateau de base
21	6	Boulon à tête conique	M4x16	Fixation support du moteur, élément de serrage & armature
22	6	Vis à tête cylindrique	M3x10	Fixation douilles d'entraînement & bride
23	2	Vis sans tête	M3x6	Liaison entre roues motrices et essieux
24	1	Plateau de base	140x140x10	Plateau de montage de la maquette
25	1	Douille en laiton	3x1x18	Boîte de glissement dans radiateur
26	2	Rondelles d'écartement	ø18/6,4	Support pour armature
27	1	Bride	(30x30) avec trou ø20	Etanchéité radiateur & cylindre de combustion

8. Préparation des pièces

Vue d'en haut

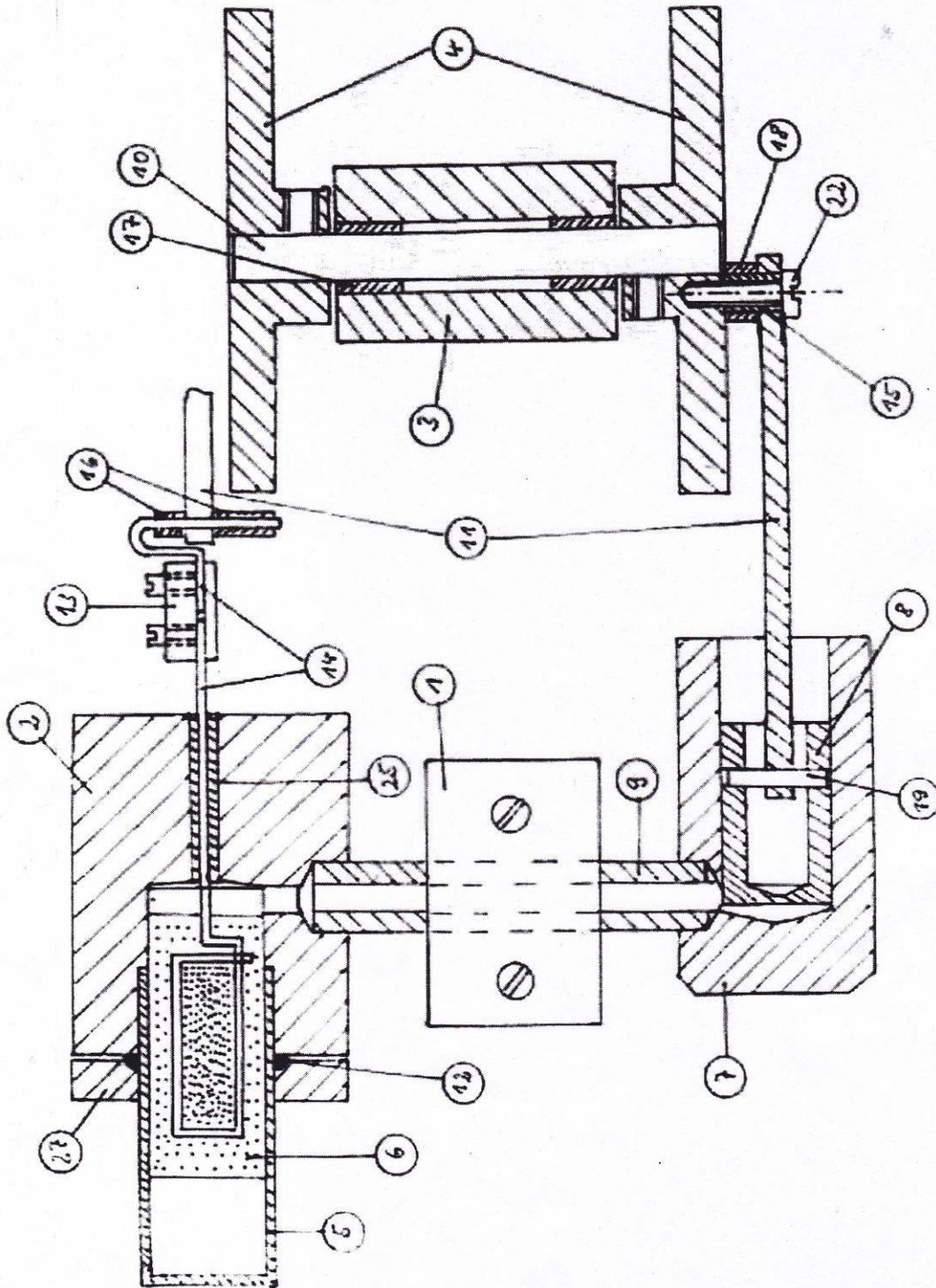


Vues de côté/latérales



8. Préparation des pièces

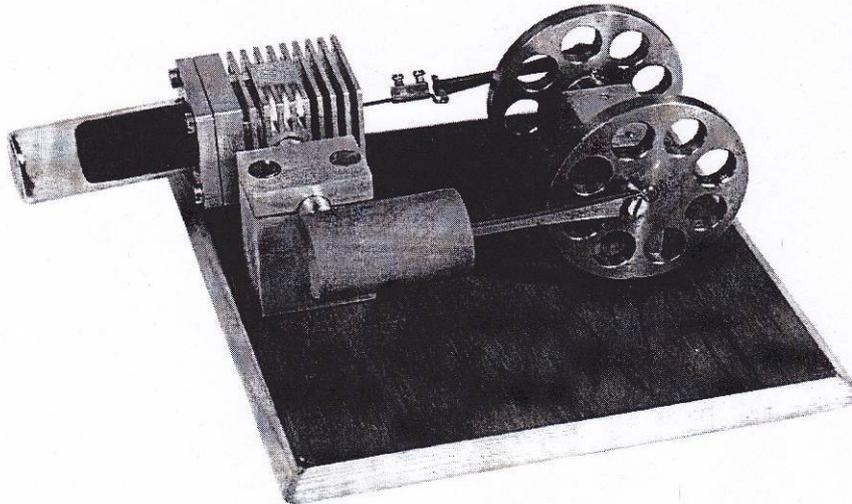
Vue d'en haut en coupe



F11278#1

8. Préparation des pièces

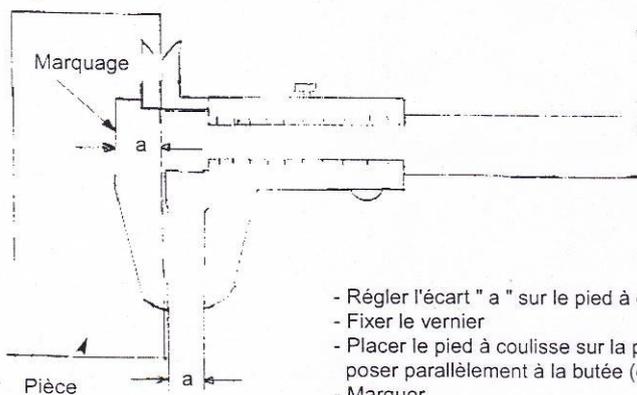
Vue tridimensionnelle



Données techniques:

Course cylindre mécanique :	$\varnothing 12 \times 14 \text{ mm}$
Course cylindre de refoulement:	$\varnothing 18 \times 18 \text{ mm}$
Vitesse de tours :	env. 1000 T/min.

Lors de la fabrication des pièces détachées, on accordera la plus grande attention au marquage précis. Avec un pied à coulisse, on procédera comme indiqué sur le croquis ci-dessous.

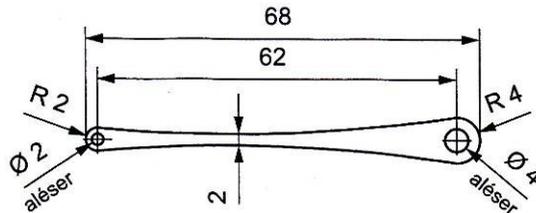


- Régler l'écart " a " sur le pied à coulisse
- Fixer le vernier
- Placer le pied à coulisse sur la pièce et en même temps, poser parallèlement à la butée (dos du pied à coulisse)
- Marquer

8. Préparation des pièces

8.1 Préparation de la bielle motrice (Pos. 11) pour le piston mécanique, selon dessin ci-dessous:

Pos. 11



- Raccourcir la barre plate d'acier (11) 10 x 2 x 110
- Limer les extrémités à 90°
- Marquer
- Amorcer au pointeau
- Ebarber
- Perforer les trous (Ø3,8 & Ø1,8, ensuite aléser sur Ø4 mm & Ø2mm)

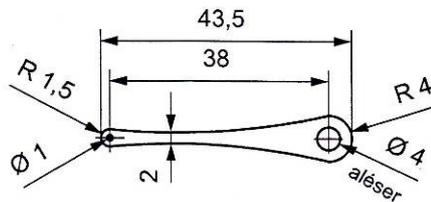
Remarque : Placer la pièce dans l'étau de machines!

- Limer les arrondis et ensuite poncer la pièce.

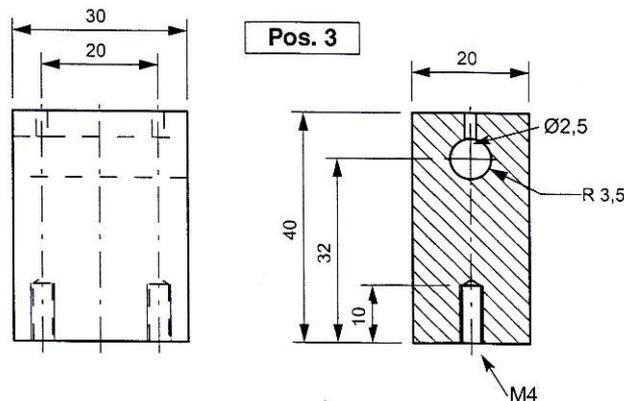
8.2 Préparation de la bielle motrice 2 (pos.11) pour le piston de refoulement, selon dessin ci-dessous:

Procéder comme pour 8.1:

Pos. 11



8.3 Préparation de l'armature (Pos.3) selon dessin ci-dessous



- Ebarber
- Marquer
- Perforer un trou de Ø 7 mm (avec mèche de centrage Ø 1,5 mm, absolument préparer la perforation)

Remarque : Placer la pièce en angle droit dans l'étau de machine.

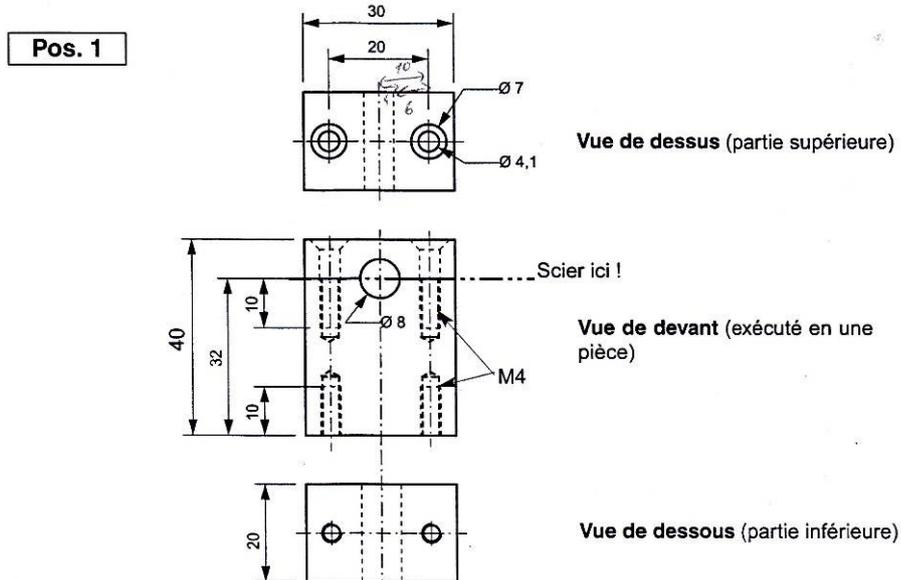
- Filetage intérieur M4, après perforation préliminaire avec mèche de 3,3 mm

Remarque : Serrer la pièce et visser le mandrin avec le taraud à la main.

- Le trou de graissage sera effectué ultérieurement.

8. Préparation des pièces

8.4 Préparation du support de moteur selon dessin ci-dessous:



- Ebarber
- Marquer
- Préparer les perforations au pointeau
- Percer des trous de filetage interne M4, 4 x ϕ 3,3 (le dessus et le fond)
- Déterminer la perforation ϕ 8 mm pour la réception du canal de liaison, préparer la perforation avec la mèche de centrage ϕ 1,5.

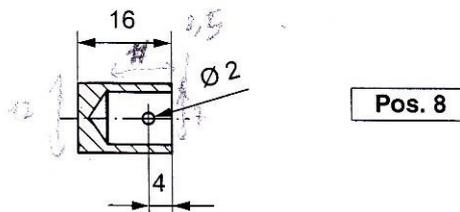
Remarque : Serrer la pièce en angle droit!

- Scier la partie supérieure (plus petite) de manière régulière, sur quatre côtés.
- Préparer les 4 filetages internes M4.

Remarque : Serrer la pièce et tourner le mandrin à la main!

- Les deux perforations supérieures de la pièce de serrage sont effectuées au ϕ de 4,1. Ensuite, enfoncer au pointeau conique ϕ 15. (Vérifier avec vis à tête conique M4).
- Ebarber et poncer la surface.
- Si cela est souhaité, on peut briser les arêtes.

8.5 Piston mécanique (Pos. 8)

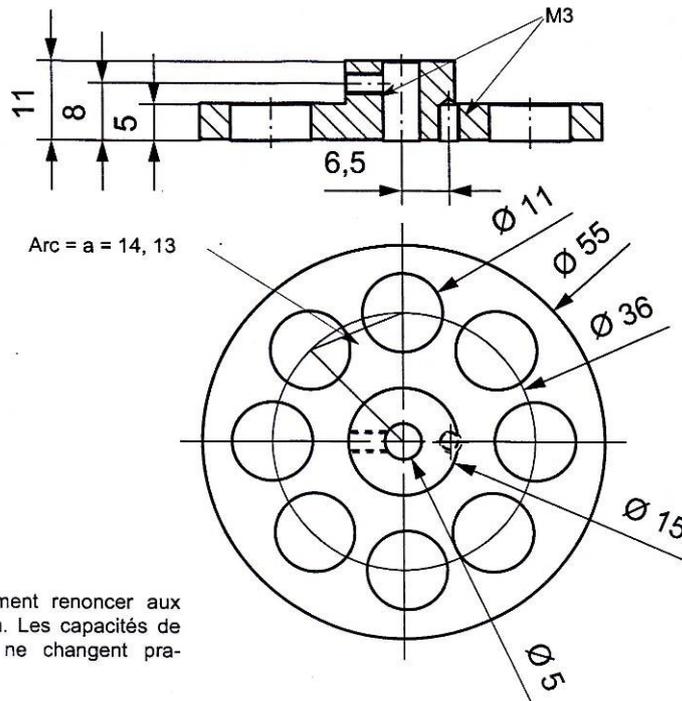


- Marquage de la perforation ϕ 2.
- **Remarque :** Serrer dans des mâchoires de bois ou de plastique, ne pas endommager la surface!
- Marquer au pointeau
- Préparer les perforations avec mèche ϕ 1,8
- **Remarque :** Veiller à bien centrer. Serrer dans l'étau parallèle!
- Frotter avec mandrin alésoir ϕ 2.
- Ebarber soigneusement.

8. Préparation des pièces

8.6 Préparation de la roue motrice du piston mécanique, selon dessin ci-dessous

Pos. 4



Conseil !

On peut également renoncer aux trous de 11 mm. Les capacités de fonctionnement ne changent pratiquement pas.

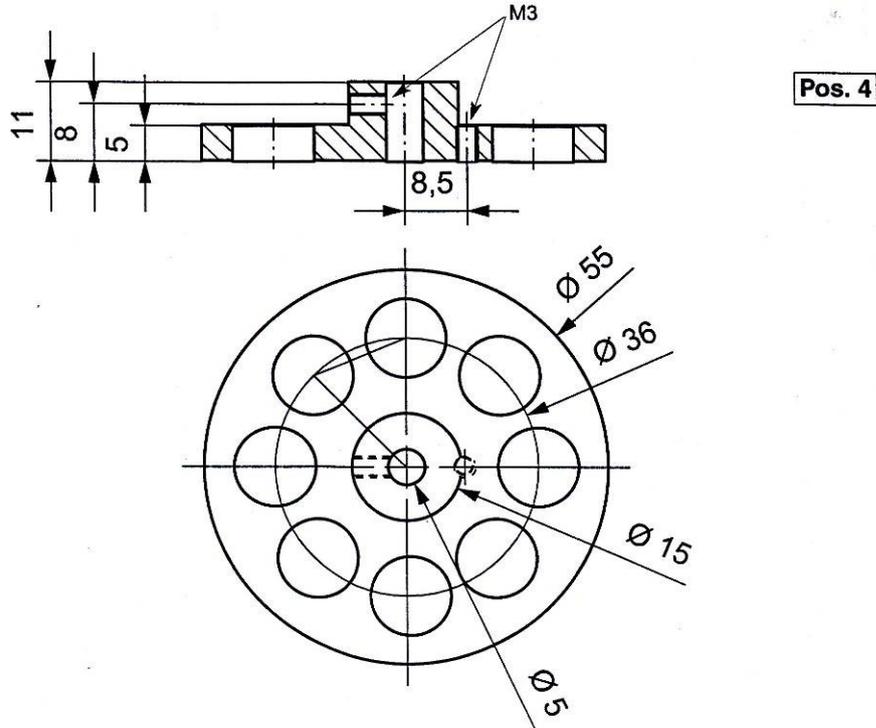
Avantage:

temps de construction raccourci

- Marquer les deux filetages internes M3
- Préparation de la perforation avec mèche de centrage $\varnothing 1,65$
- Perforer à 2,5 mm de diamètre
- Couper le filetage interne M3
- Introduire l'axe 5 dans la perforation $\varnothing 5$ mm.
- Marquer le centre de l'axe
- Marquer le cercle partiel R 18
- Déterminer les centres des 8 perforations (11) au moyen de la longueur de l'arc s-14, 13 mm (si nécessaire, corriger plusieurs fois)
- Marquer au pointeau
- Préparer la perforation avec $\varnothing 8$ mm (serrer la pièce, ne pas griffer les surfaces)
- Perforation définitive avec $\varnothing 11$ mm
- Ebarber avec pointeau conique

8. Préparation des pièces

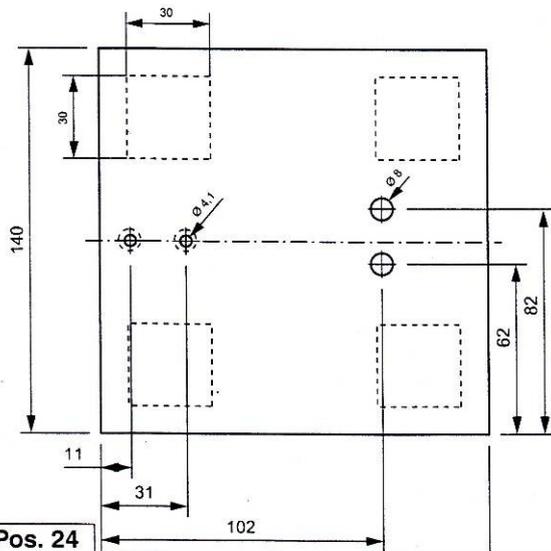
8.7 Réalisation de la roue motrice (Pos. 4) pour le piston de refoulement selon le dessin ci-dessous :



Etapas de travail comme sous Point 8.9

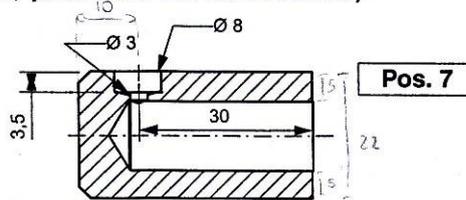
8.8 Réalisation du plateau de base (Pos. 24) selon le dessin ci-dessous :

- Tirer les lignes
- Effectuer 2 perforations $\varnothing 4,1$ mm
- Effectuer 2 perforation $\varnothing 8$
- Au dos, rentrer les perforations avec le pointeau conique (contrôle avec vis à tête conique M4).
- rentrer la rondelle d'écartement $\varnothing 18/6,4$ avec le pointeau conique (contrôle avec vis à tête cylindrique M4)



8. Préparation des pièces

8.9 Cylindre mécanique (Pos. 7, perforations de 3 mm et de 8 mm)-

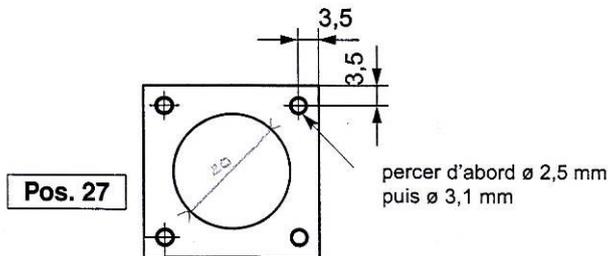


- Préparer les perforations de $\varnothing 3$ et $\varnothing 8$.
- Marquer au pointeau
- Procéder aux deux perforations ($\varnothing 3$ et $\varnothing 8$)

Remarque : Veiller à bien centrer -> utiliser la mèche de centrage 1,6 et tenir compte de la profondeur!

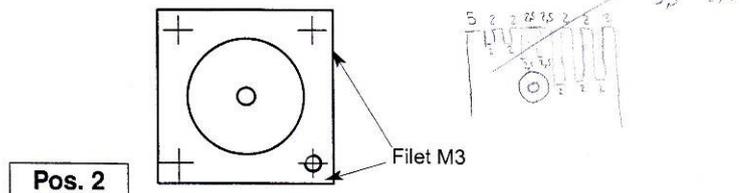
- Ebarber avec soin.

8.10 Préparation de la bride (Pos. 27) selon le dessin suivant : (30 x 30 x 4)



- Ebarber la bride préfabriquée
- Marquer les perforations et pointer
- Percer à travers $\varnothing 2,5$ mm (après que la bride ait été adaptée au radiateur, on va percer les 4 trous de $\varnothing 3,1$ mm)

8.11 Préparation du radiateur (pos. 2) selon dessin ci-dessous: (30 x 30 x 3)



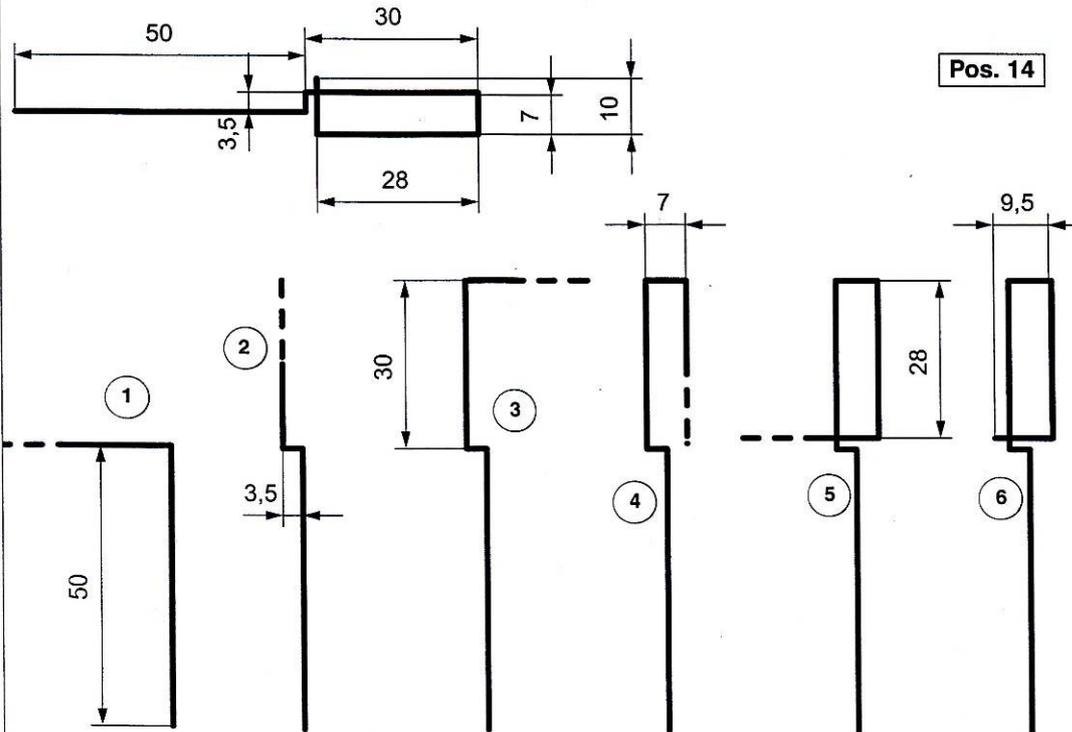
- Mettre le joint d'étanchéité (12) dans la bride et faire passer le tube à essais (5) à travers la bride
- Poser la bride (avec tube à essais + joint d'étanchéité) sur la face frontale avec le grand trou du radiateur et avec précaution, enfoncer le tube jusqu'à la butée dans le radiateur
- Serrer la bride et le radiateur dans l'étau de machine et veiller à ce que le tube à essais soit vertical par rapport au radiateur et que la bride et le radiateur soient fixés dans la bride.
- Reporter les 4 perforations $\varnothing 2,5$ mm dans la bride sur le radiateur (prépercer)
- Avec une trace (pointe de centrage) marquer sur un côté la position de la bride par rapport au radiateur
- Ôter la bride avec le tube à essais et percer à travers des trous de $\varnothing 2,5$ mm jusqu'à l'encoche du radiateur
- Taille 4 filets M3 dans le radiateur
- Retirer le radiateur de l'étau de machine et l'enfoncer dans la douille en laiton (25) 3 x 1 x 18 mm, dans le trou de 3 mm. (Si la douille devait avoir trop de jeu, alors il est conseillé de la coller) !
- Maintenant percer les 4 trous dans la bride $\varnothing 3,1$ mm
- Ebarber les pièces.

8. Préparation des pièces

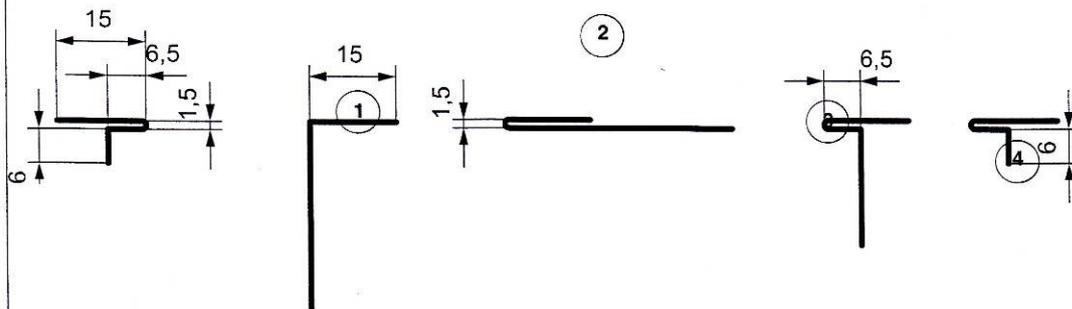
8.12 Réalisation de la bielle avec réception pour le refoulement et réalisation du crochet de liaison (Pos. 14), selon les dessins suivants :

- A l'aide d'une pince plate très étroite, on va plier le fil d'acier (14) selon le dessin suivant, vers la bielle, pour la réception du refoulement.

Remarque : Il faut absolument que la pièce entière soit droite !



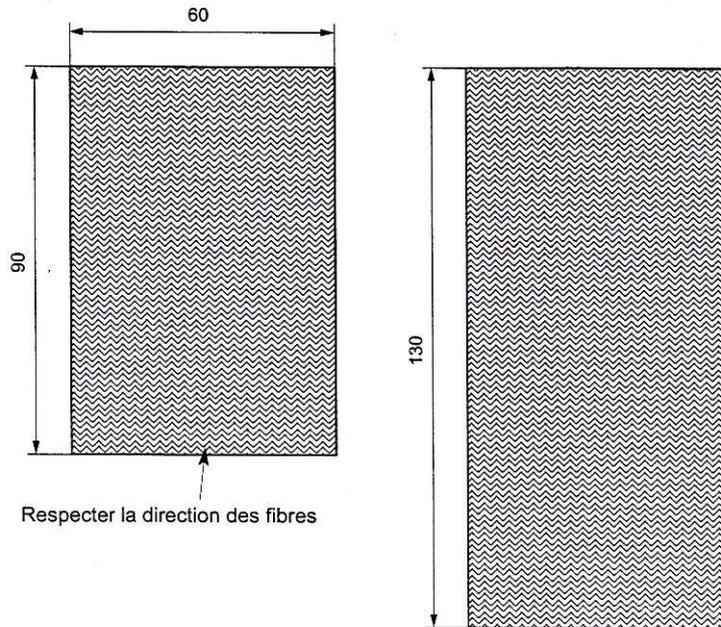
- Dans le morceau qui reste (14) selon le dessin, plier le crochet de liaison



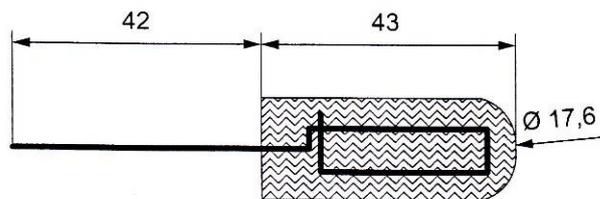
8. Préparation des pièces

8.13 Réalisation du refoulement (Pos. 6) selon les dessins suivants :

- Dans la laine d'acier (6), raccourcir un morceau de 60 x 90 mm (respecter la direction des fibres !)



- Etirer le morceau à env. 130 mm.
- On va enrouler env. 2/3 de la bande de laine (ne pas couper !) en un épais cylindre (noyau du refoulement). Ensuite on va enfoncer ce noyau dans l'espace intermédiaire (7 x 28 mm).
Maintenant le reste du matériel va être enroulé sans serrer autour du noyau. A la fin, le cylindre ainsi formé est posé sur la table et avec une petite planche, on va le bouger d'avant en arrière jusqu'à obtention de la longueur souhaitée de $\varnothing 17,6$ mm (le cas échéant il est peut-être nécessaire de couper un peu de matériel !).
- Découper pour obtenir la dimension finale (43 mm) selon le dessin



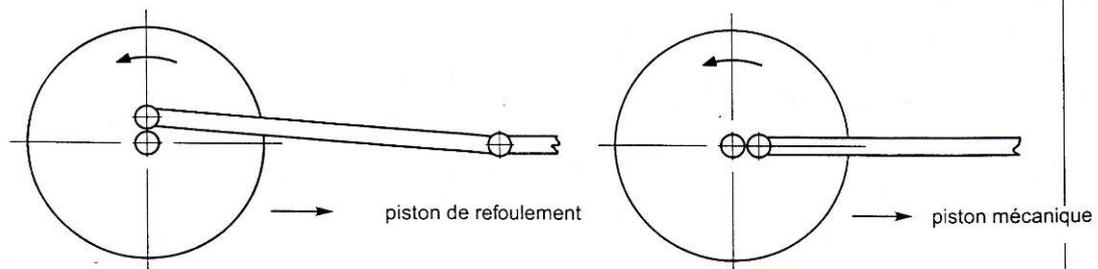
- Contrôle du refoulement:

- Lorsque le refoulement glisse juste encore du tube à essais, alors c'est que l'adhérence est suffisamment petite.
- Si ce n'est pas le cas, il faut encore ôter de la matière



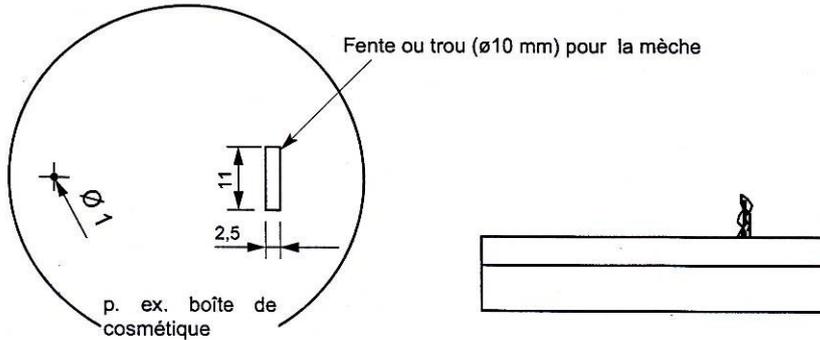
9. Assemblage du modèle

- Le cylindre mécanique (7), le radiateur (2) et le canal de liaison (9) sont collés ensemble (colle à deux composants). Les parties collées doivent rester étanches à l'air, mais sans que le passage du canal ne soit bouché. L'espace entre le radiateur et le cylindre mécanique est de 36 mm. Avant le collage définitif, vérifier les mesures et, le cas échéant, corriger. Les axes du radiateur et du cylindre mécanique doivent être en parallèle sur un niveau.
- Maintenant on va coller les deux douilles (17, $\varnothing 7 \times 17,5$) dans l'armature (3) pour les deux roues motrices avec de la colle à 2 composants et ensuite, on va percer les deux trous pour huiler ($\varnothing 2,5$). On ébarbe le manchon dans la douille (17) avec l'alésoir mécanique ($\varnothing 5$).
- Raccourcir l'essieu à 52 mm, ébarber et ensuite, l'adapter dans l'armature, éventuellement poncer un peu et bien huiler pour qu'il se tourne facilement.
- Limer la tige d'adaptation (19) à une extrémité à 11,7 mm (ou même encore un peu plus court) de manière à ce qu'après l'assemblage, il ne dépasse pas du cylindre mécanique ($\varnothing 12$ mm), ce qui pourrait provoquer des rainures dans le cylindre. Assembler la bielle motrice (11) et le piston mécanique (8) avec la tige d'adaptation (19).
- On procède maintenant au montage sur le plateau de base (24). Chanfreiner les rondelles (26) avec un pointeau ou un foret $\varnothing 8$, afin que les deux boulons à tête conique (21) ne dépassent pas. L'armature (3) avec les roues motrices (4) et le support de moteur (1) sont montés avec les vis coniques (21) et les rondelles (26). Ensuite, ce sont les deux bielles (11) qui sont reliées aux roues motrices avec les vis coniques (22) et les douilles (15/18).
- Dans le caoutchouc mousse (20) on va découper 4 pieds carrés ayant une arête longue d'env. 30 mm et les coller sous la planche de montage (24).
- Le cylindre de refoulement (6) est introduit dans le radiateur (2) jusqu'à la butée (on limera éventuellement légèrement le trou dans la douille (25) ($\varnothing 1$ mm)). Mettre l'anneau d'étanchéité (12) dans la bride et enfoncez le tube à essais (5) à travers la bride. Enfoncez le tube à essais jusqu'à la butée dans le radiateur et fixer régulièrement la bride avec 4 vis à tête cylindrique (22) le tube à essais et le radiateur doivent être placés verticalement l'un par rapport à l'autre. Le mouvement d'avant en arrière du refoulement doit être facilement manœuvrable.
- Relier la bielle motrice (11) avec le crochet (14) et ensuite relier les deux bielles avec la barrette de connexion. Fixer les deux bouts de tuyaux en silicone ($16/3+7$ mm) au crochet ; ils servent à contrôler le mouvement de la bielle motrice.
- En réglant l'écart des roues motrices (4) sur l'essieu (10) il faut veiller à ce que le piston mécanique et le piston de refoulement ne soient pas gênés dans leurs mouvements. Les deux bielles motrices doivent être parallèles (correction possible en poussant l'armature ou le radiateur avec le piston mécanique). Le piston de refoulement ne doit pas arriver jusqu'au point mort avant ou arrière.
- On termine en établissant un angle de 90° entre les deux bielles (11) qui sont sur les roues motrices (4), cela en s'inspirant du croquis ci-dessous :
Libérer tout d'abord les vis sans tête (23); resserrer après réglage.



10. Mise en service

- Tous les endroits mobiles du système seront huilés (piston mécanique, bielle et bielle motrice, liaisons et les trous de graissage) avec une pointe d'huile parfaitement pure, exempte de résine et d'acide (huile de pulvérisation).
- Comme source de chaleur on utilisera un petit brûleur d'alcool à brûler (réchaud à fondue; les lampes à pétrole parfumées sont insuffisantes). Si l'on ne dispose pas d'un brûleur, alors on peut fabriquer soi-même une source de chaleur en s'inspirant du dessin ci-dessous



La boîte n'est remplie qu'à moitié avec de l'alcool!
Placer la flamme sous le tube à essais à l'avant (10-15 mm)

Remarque : •Un tel brûleur que l'on fabrique soi-même ne répond PAS aux normes de sécurité. Vous êtes donc personnellement responsable de son utilisation!
•La prudence s'impose avec les matières liquides inflammables!

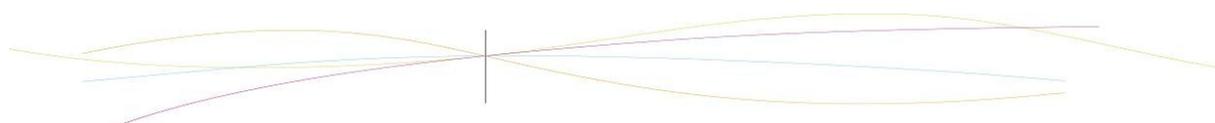
- Lors du premier essai il se peut que le moteur démarre avec difficulté. Souvent ce sont des problèmes de frottement sur le piston mécanique, l'essieu et les douilles. Si le frottement est moindre, le nombre de tours monte en général bien au delà de 1000U/min.

Sources d'erreur possibles si le moteur ne fonctionne pas :

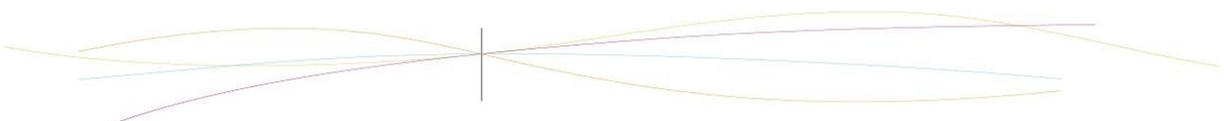
- L'angle de 90° des bielles (11) entre les roues motrices (4) n'est pas correctement réglé (éventuellement choisir un angle plus petit).
- L'étanchéité entre
 - le cylindre de combustion, le radiateur et la bride
 - la tige de propulsion et le radiateur
 - le canal de liaison avec le radiateur et le cylindre mécanique laisse à désirer.
- Une mauvaise huile a été utilisée
- Frottement exagéré aux points mobiles
- Le piston de refoulement touche le cylindre de combustion au point mort avant
- Le piston de refoulement touche le radiateur au point mort arrière
- Le piston de refoulement accroche trop le cylindre de combustion
- Chaleur insuffisante (n'utiliser que de l'alcool à brûler!)
- Le refoulement n'est pas correctement enroulé avec la laine d'acier.
- Le refoulement (laine d'acier) ne bouge pas en même temps que la bielle de propulsion – mauvaise commande

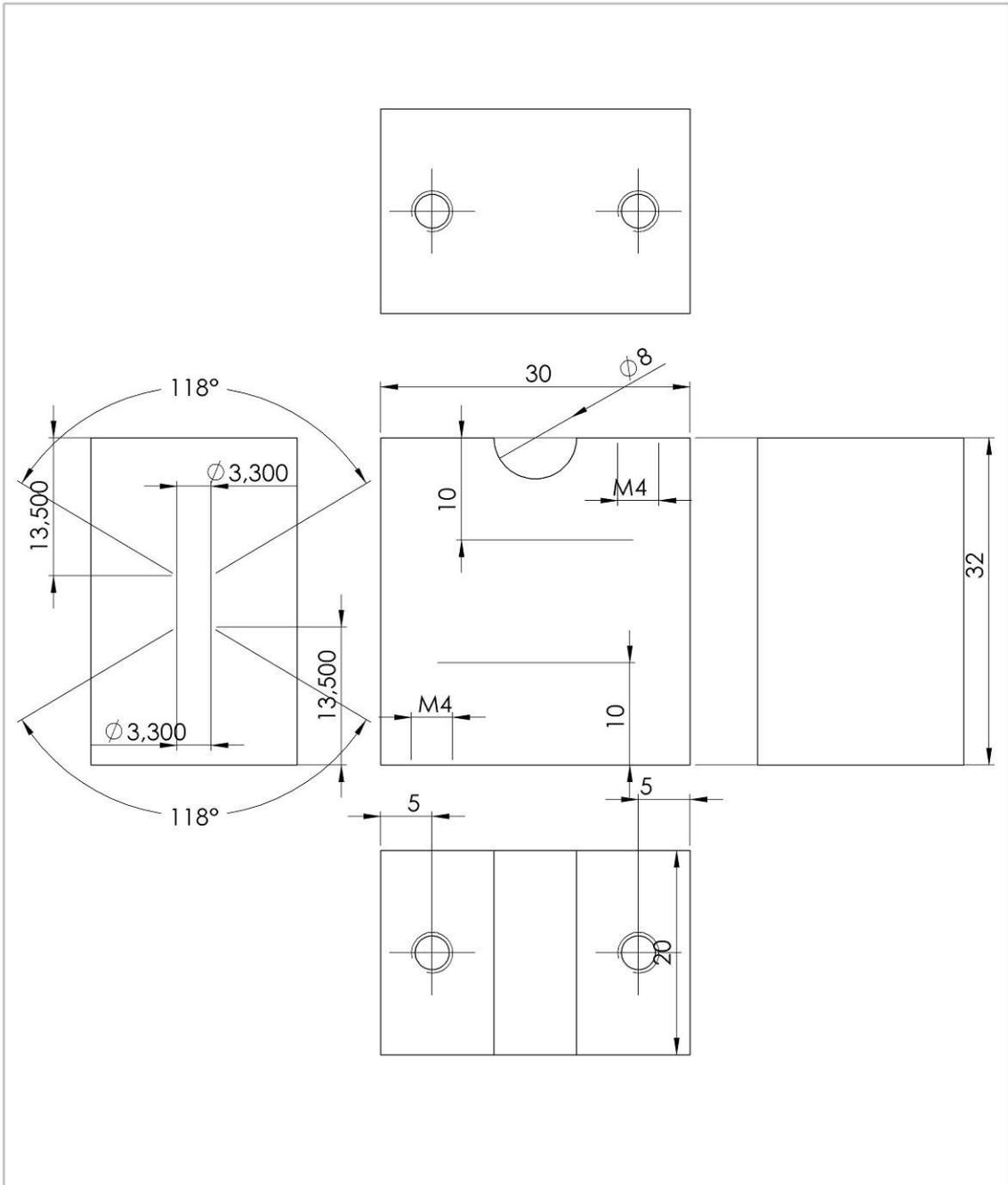
8.3. Plans des différentes pièces avec vues en coupes.

No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	QTE
1	24 - Plateau de montage de la maquette	1
2	1 - Support du moteur-Partie inférieure	1
3	3 - Armature	1
4	9 - Tuyau de liaison	1
5	7 - Cylindre mécanique	1
6	1 - Support du moteur-Partie supérieure	1
7	ISO 2009 - M4 x 16 --- 16S	6
8	26 - Support-Armature	2
9	2 - Radiateur	1
10	ISO 1207 - M3 x 10 --- 10S	6
11	5 - Cylindre de refoulement	1
12	12 - Joint Radiateur-Bride-Cylindre de refoulement	1
13	27 - (Bride) Etanchéité Radiateur-Cylindre de combustion	1
14	25 - Boîtier de glissement-Radiateur	1
15	ISO 4762 M2.5 x 6 --- 6S	2
16	20 - Pieds-Plateau de montage de la maquette	4
17	4 - Roue motrice-Piston de refoulement	1
18	4 - Roue motrice-Piston mécanique	1
19	10 - (Essieu) Axe	1
20	17 - Boîte de glissement dans coussinet-support	2
21	ISO 4766 - M3 x 6-S	2
22	15 - Douille d'entraînement-Roue motrice	2
23	18 - Douille d'entraînement-Roue motrice	2
24	6 - Piston de refoulement	1
25	13 - Raccord Bielle motrice-Bielle de refoulement	1
26	14 - Bielle-Piston de refoulement	1

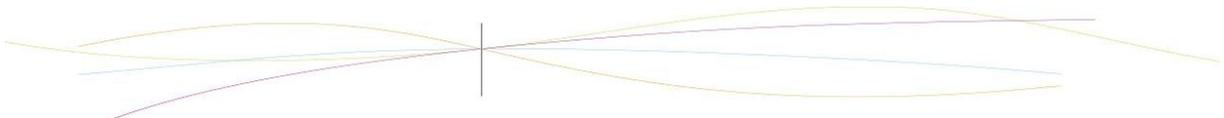


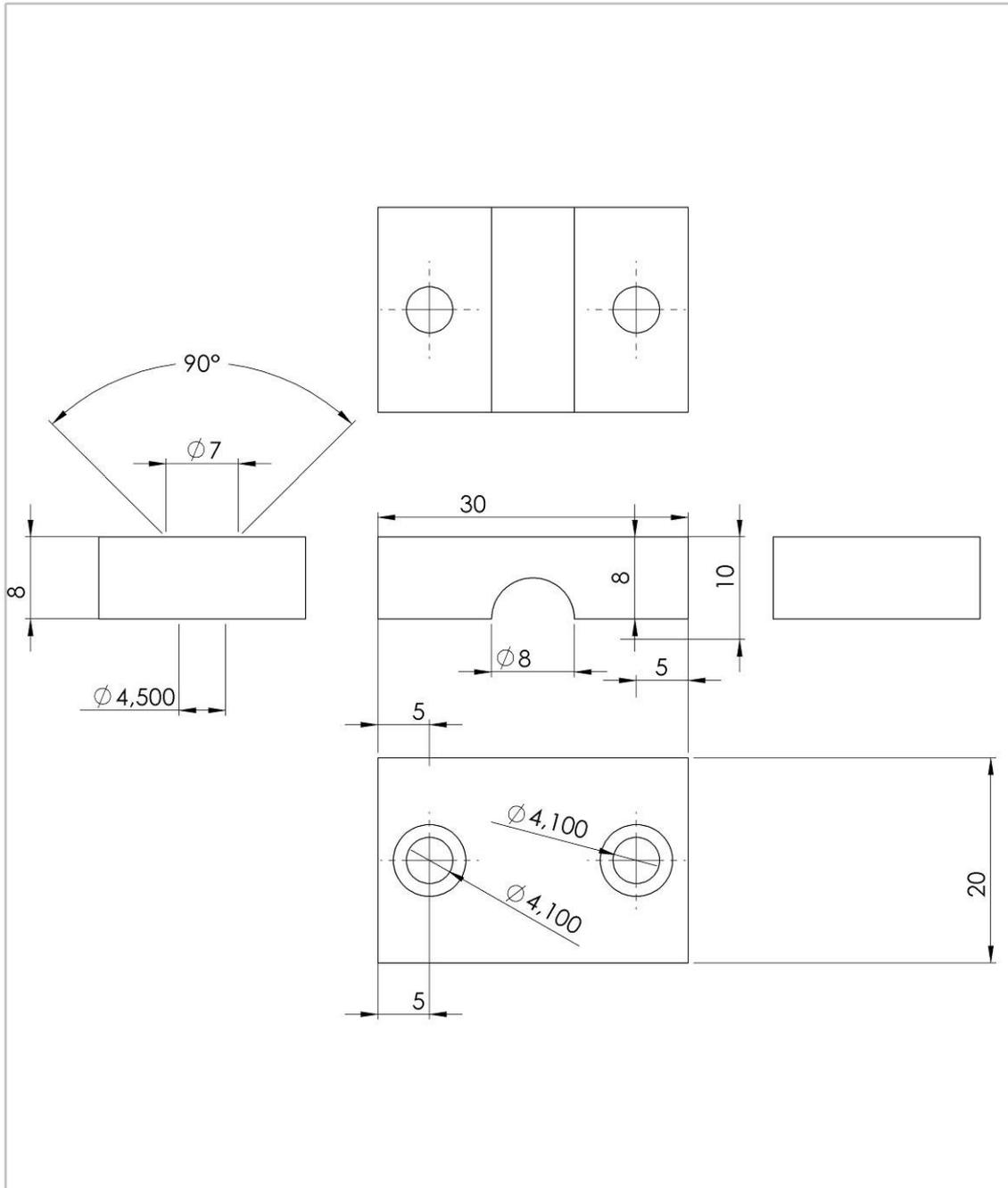
27	14 - Crochet	1
28	ISO 1207 - M3 x 4 --- 4S	2
29	16 - Direction-Bielle motrice 3mm	1
30	16 - Direction-Bielle motrice 7mm	1
31	8 - Piston mécanique	1
32	19 - Réception Bielle motrice-Piston mécanique	1
33	11- Bielle motrice 1	1
34	11- Bielle motrice 2	1
35	Briquet Zippo - Réservoir	1
36	Briquet Zippo - Bouchon	1
37	Briquet Zippo - Flamme	1



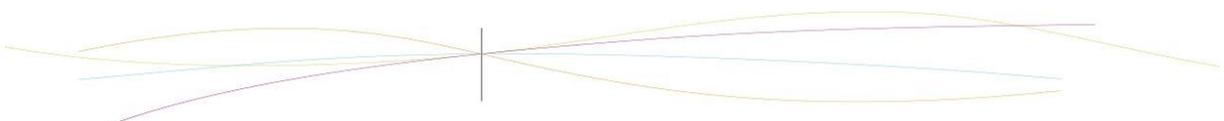


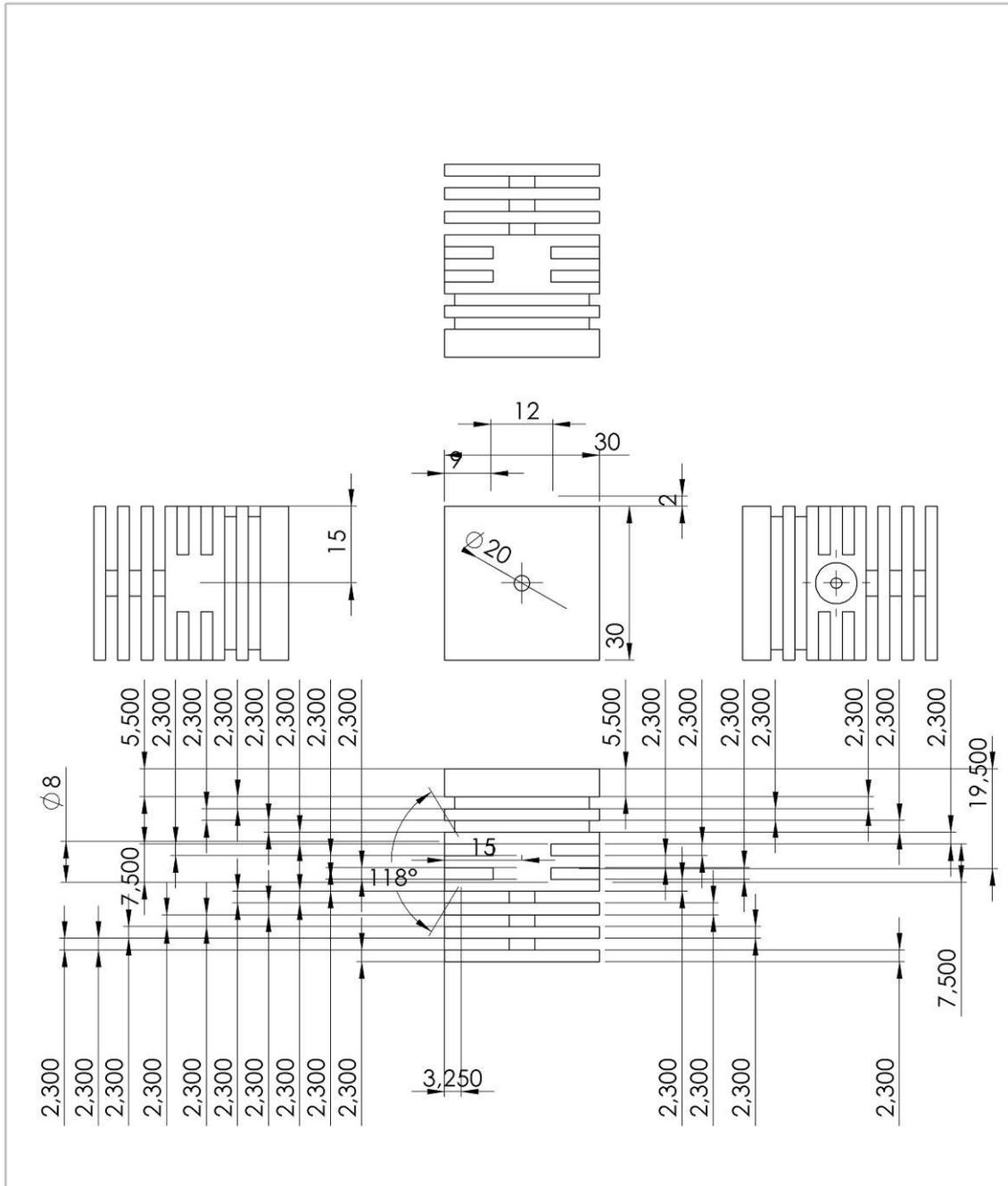
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	1 - Support du moteur-Partie inférieure	
PROJET P6-3 2010-2011		MATERIAU:	A4
		ECHELLE:2:1	FEUILLE 1 SUR 1



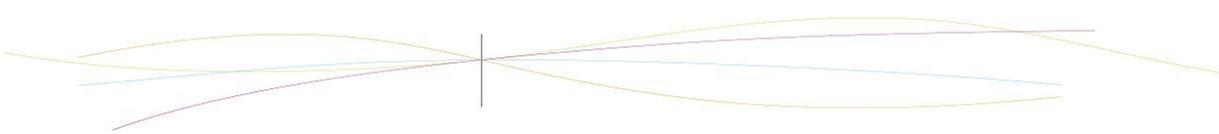


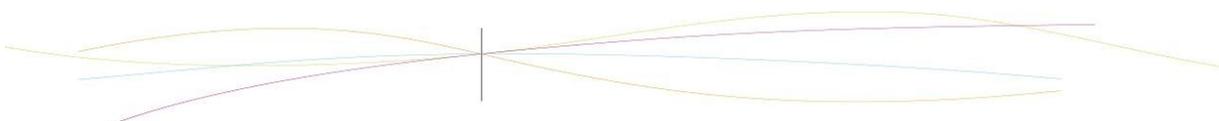
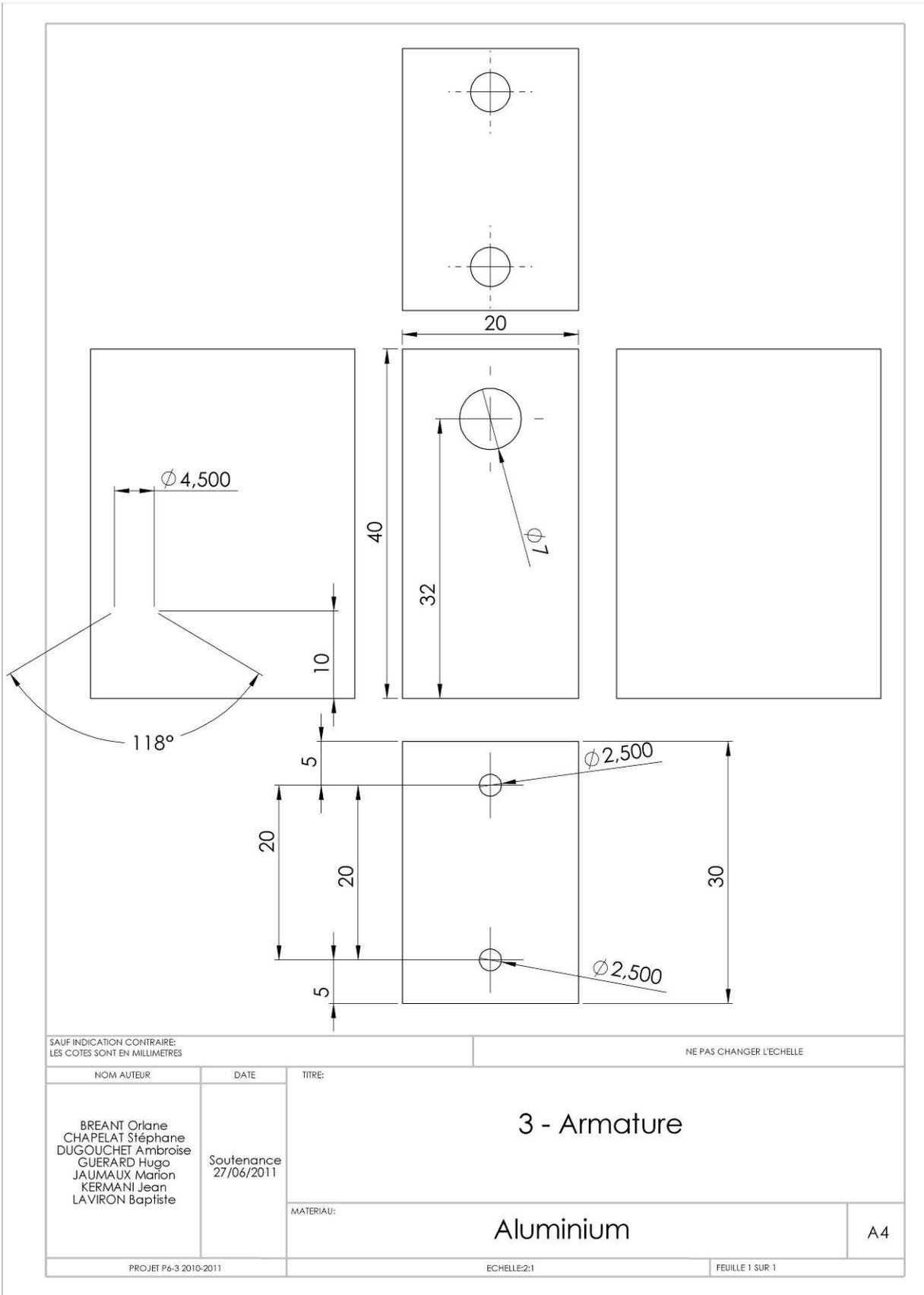
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	1 - Support du moteur-Partie supérieure	
PROJET P6-3 2010-2011		MATERIAU:	A4
		ECHELLE:2:1	FEUILLE 1 SUR 1

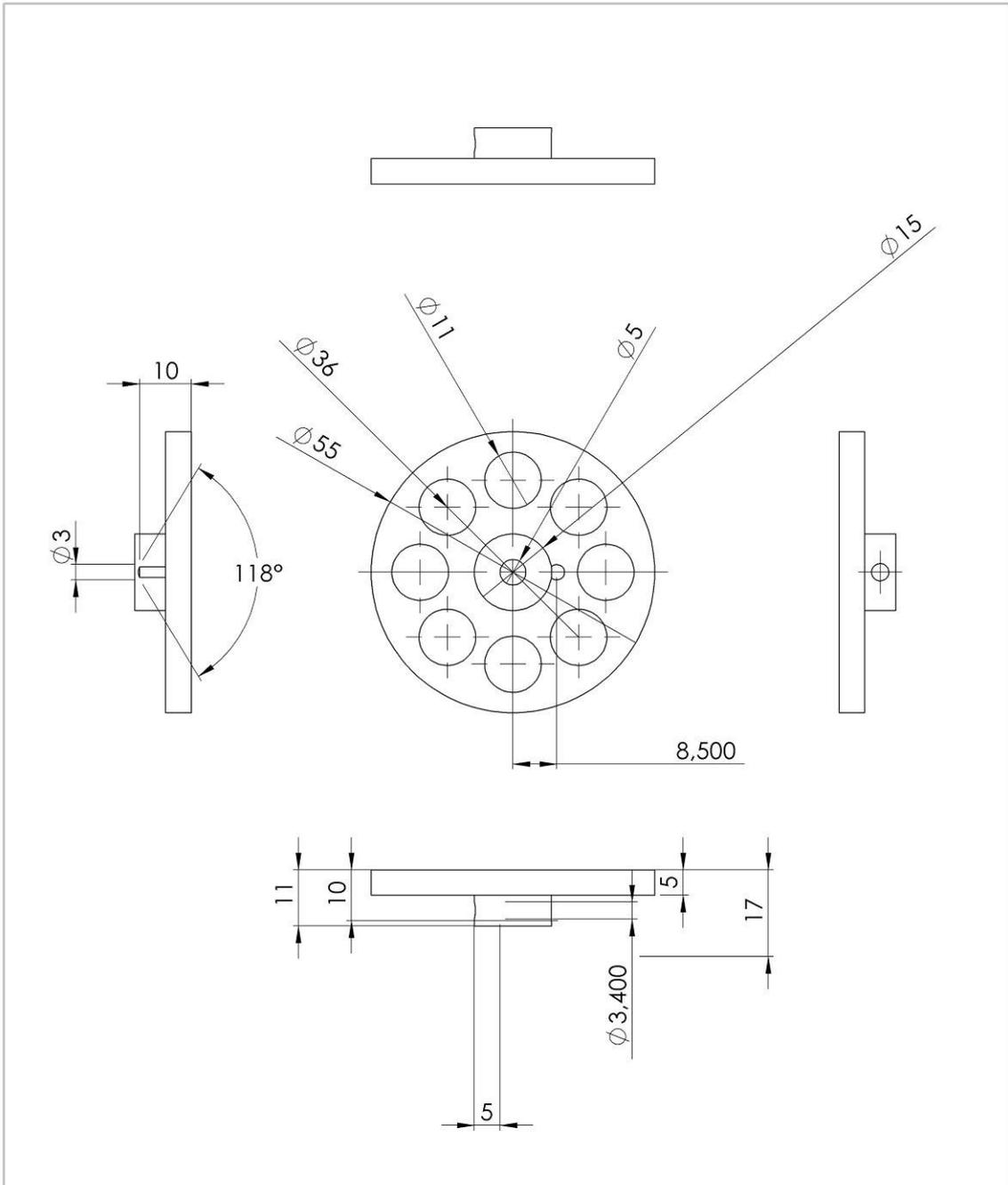




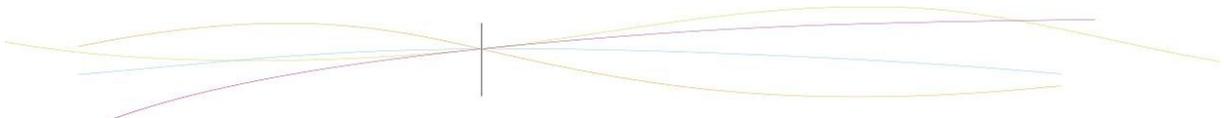
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	2 - Radiateur	
PROJET P6-3 2010-2011		MATERIAU:	A4
		ECHELLE:1:1	FEUILLE 1 SUR 1

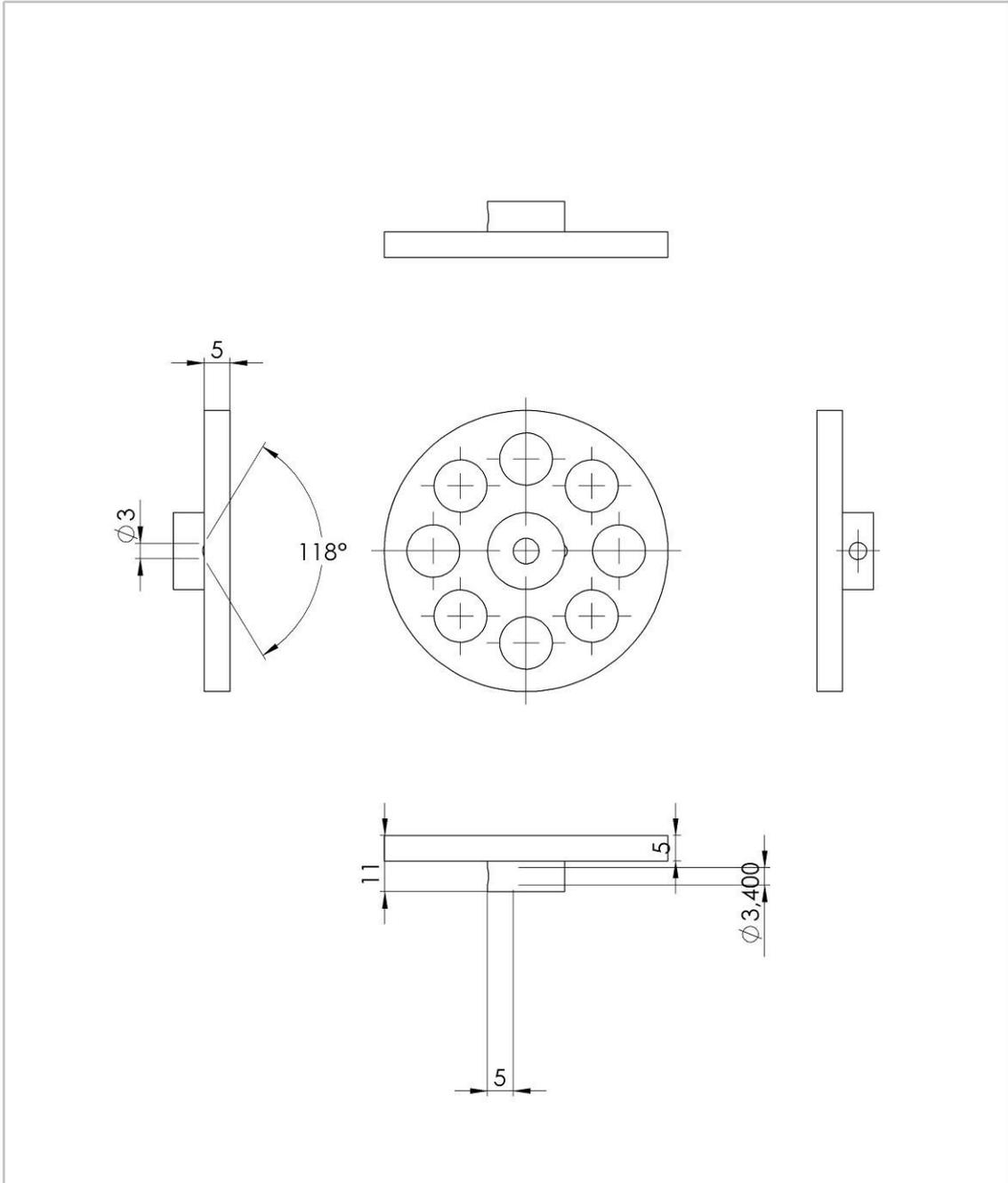




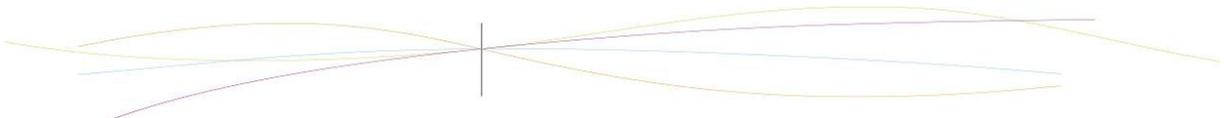


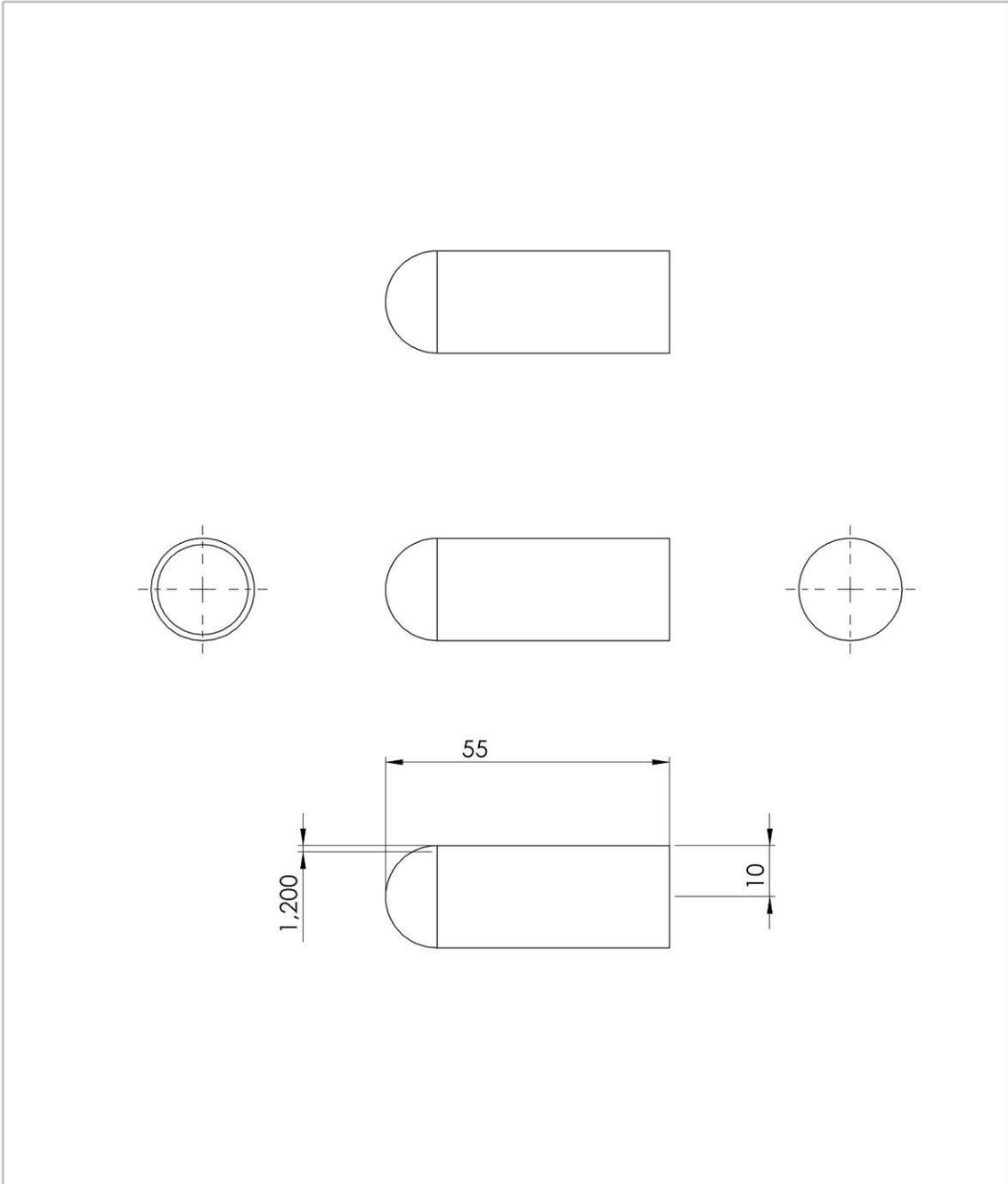
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	4 - Roue motrice-Piston de refoulement	
MATERIAU:		Acier	A4
PROJET P6-3 2010-2011	ECHELLE:1:1	FEUILLE 1 SUR 1	



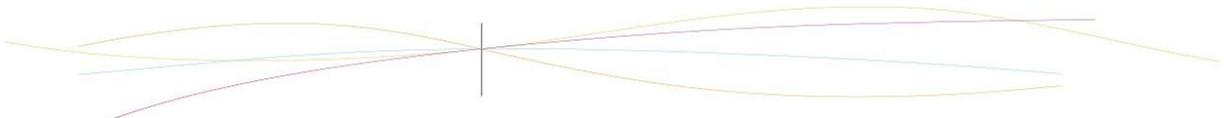


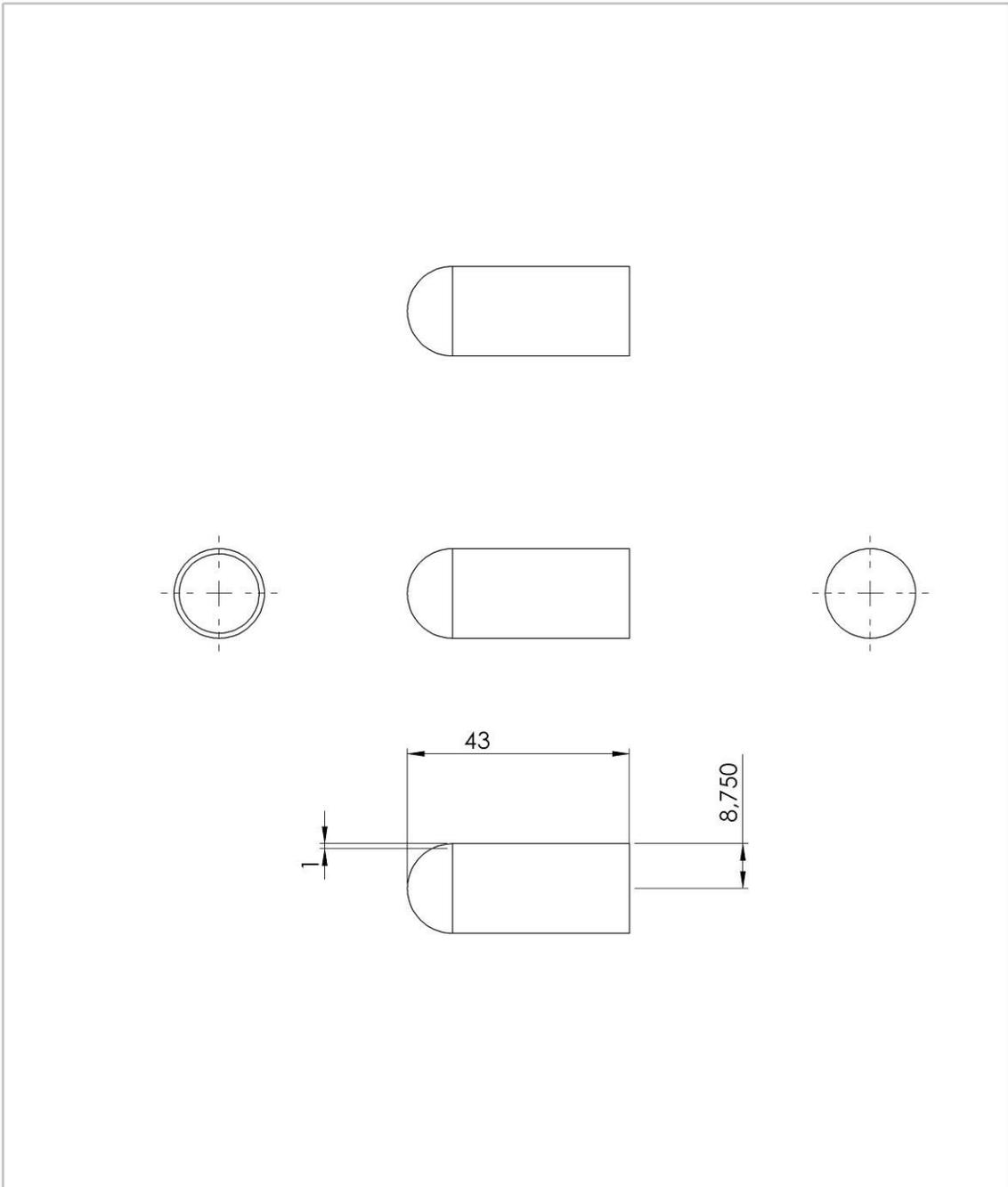
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	4 - Roue motrice-Piston mécanique	
MATERIAU:		Acier	A4
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:1:1	FEUILLE 1 SUR 1



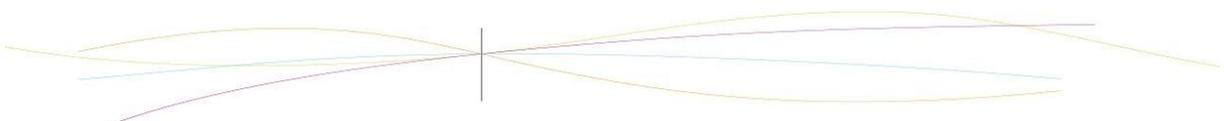


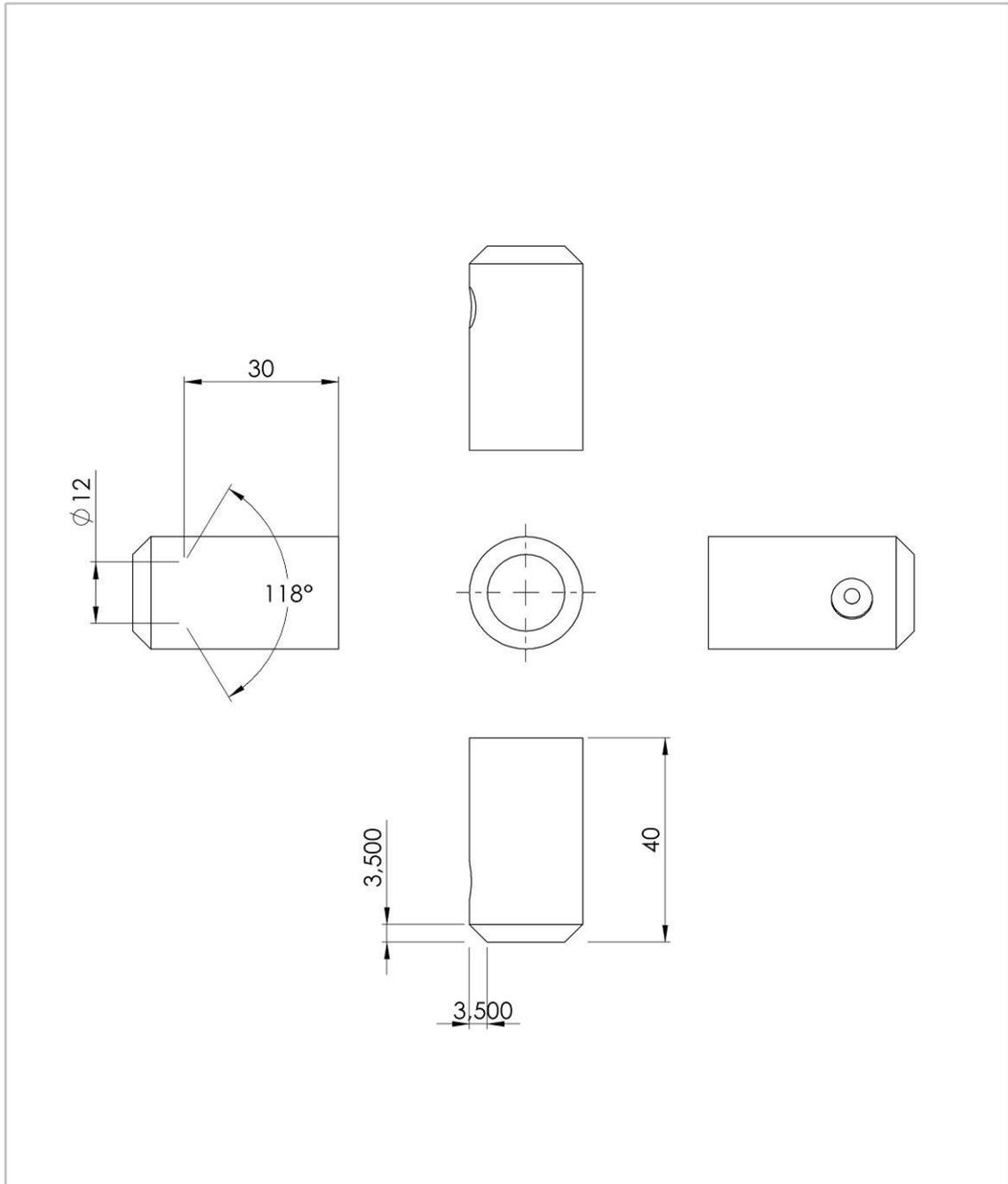
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	<h3>5 - Cylindre de refoulement</h3>	
		MATERIAU:	A4
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:1:1	FEUILLE 1 SUR 1



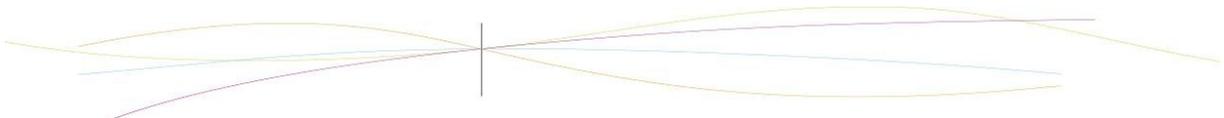


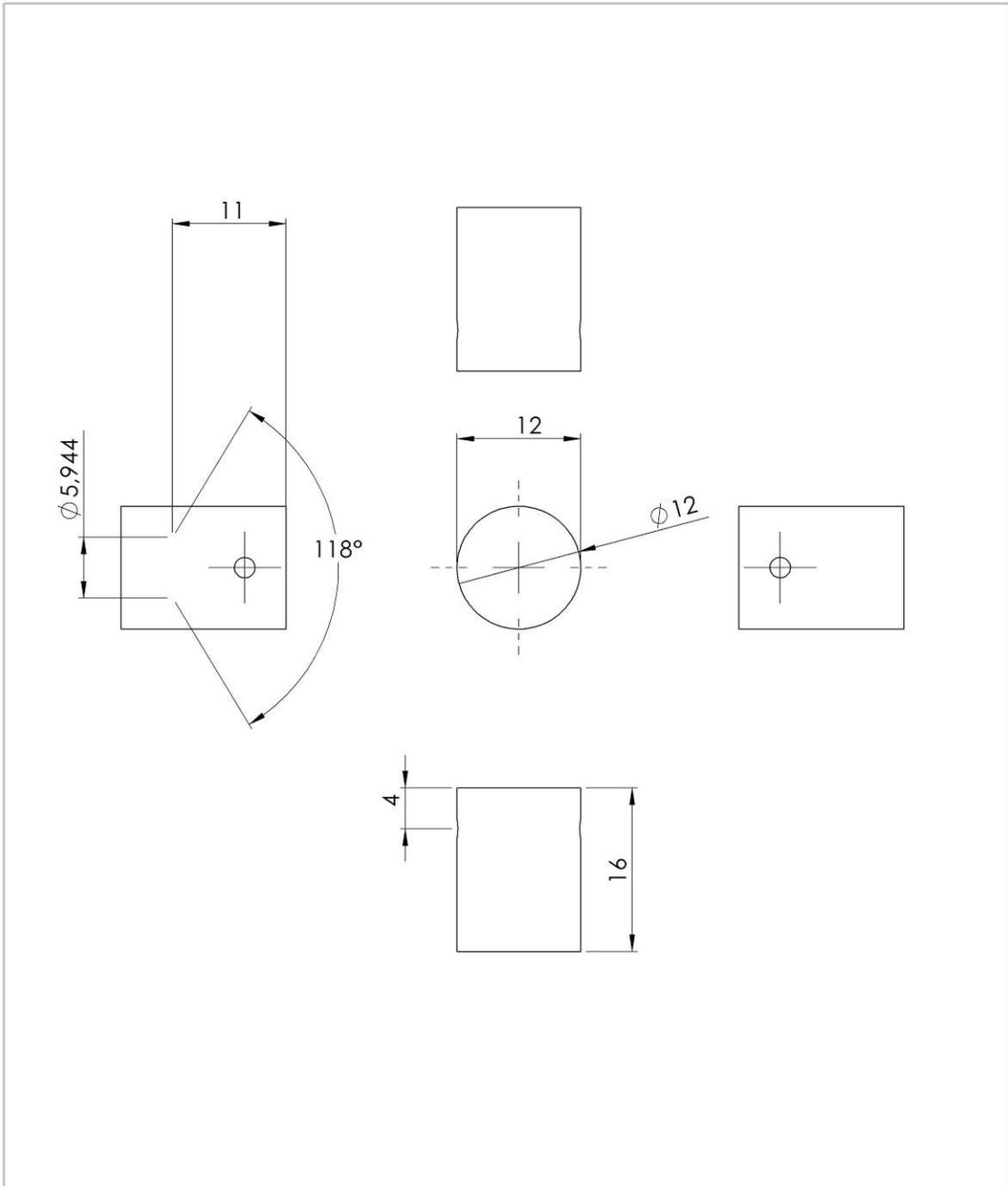
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	6 - Piston de refoulement	
		MATERIAU:	A4
		Laine d'acier	
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:1:1	FEUILLE 1 SUR 1



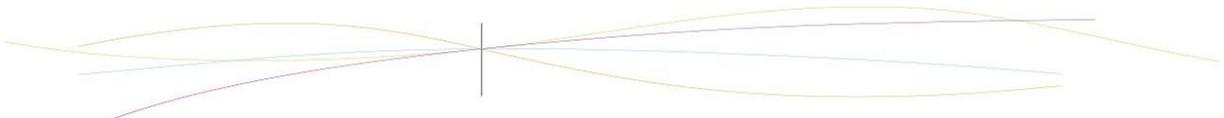


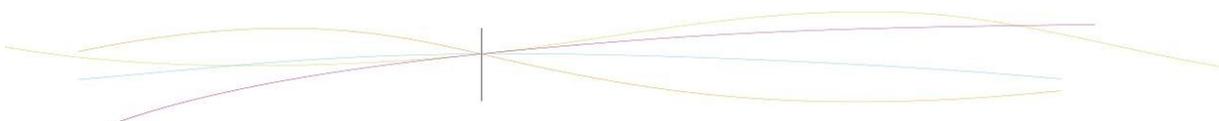
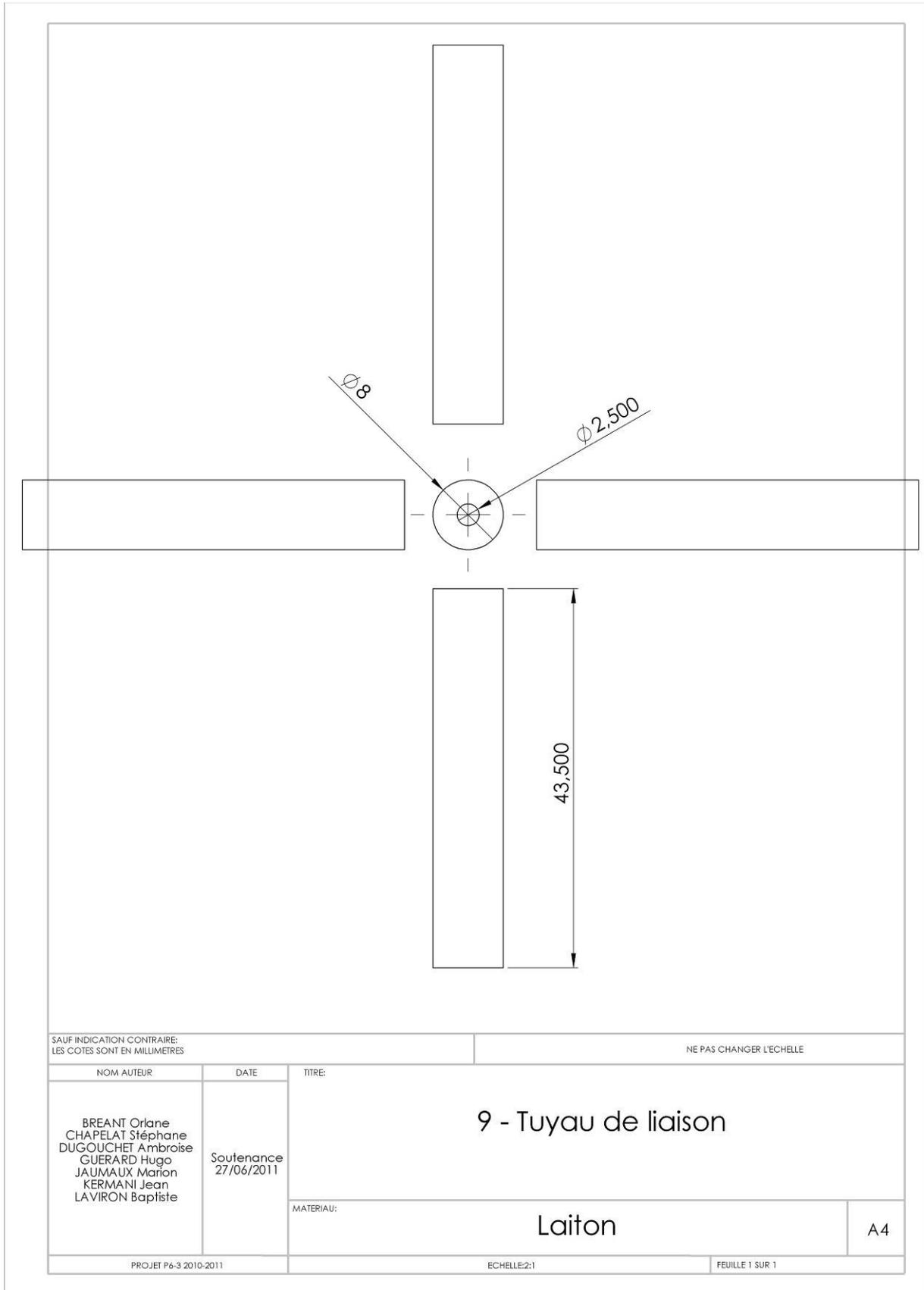
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	7 - Cylindre mécanique	
		MATERIAU:	A4
		Laiton	
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:1:1	FEUILLE 1 SUR 1

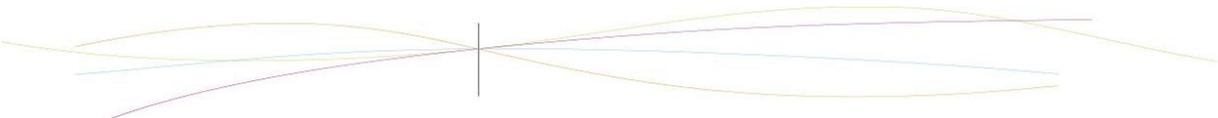
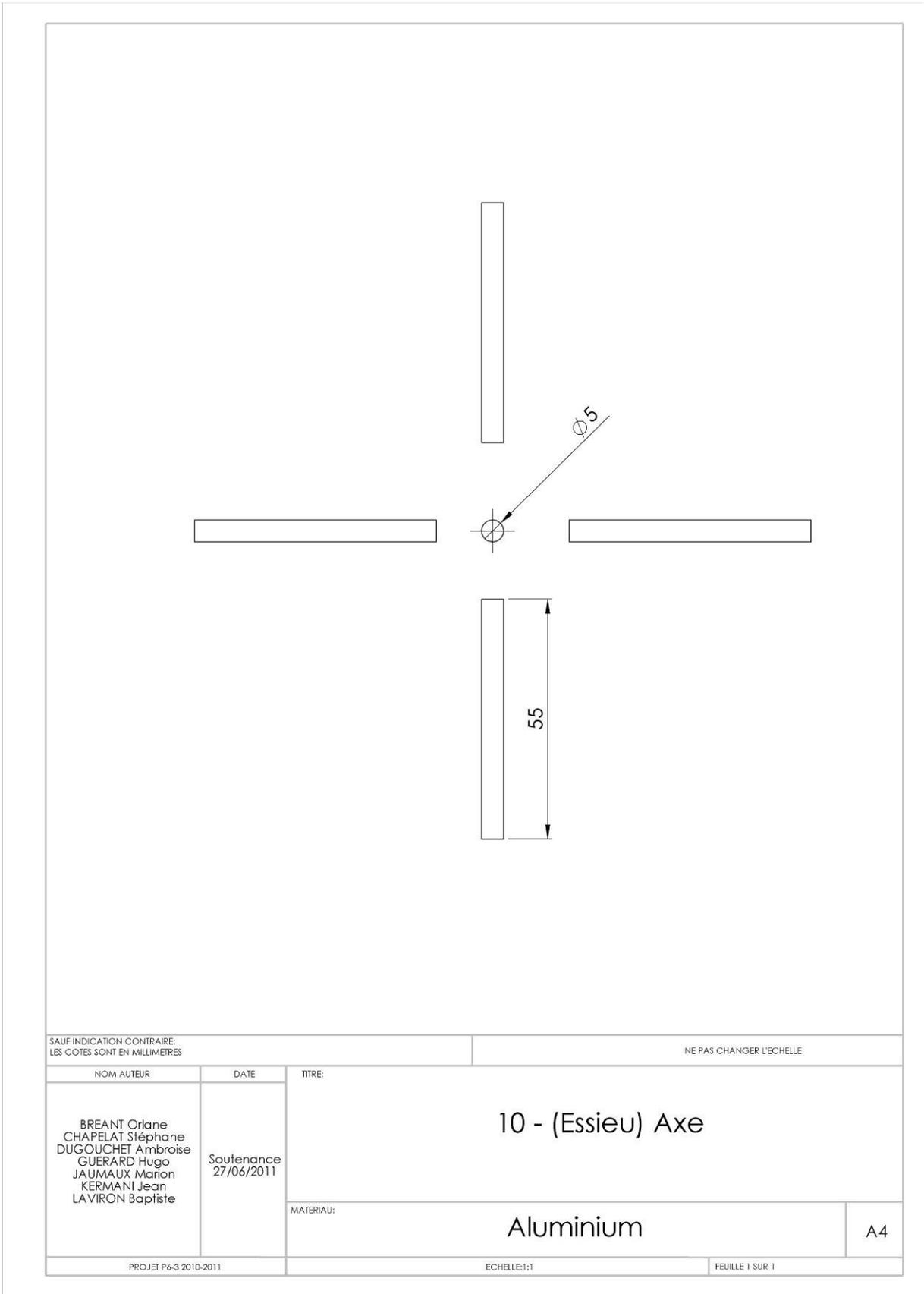


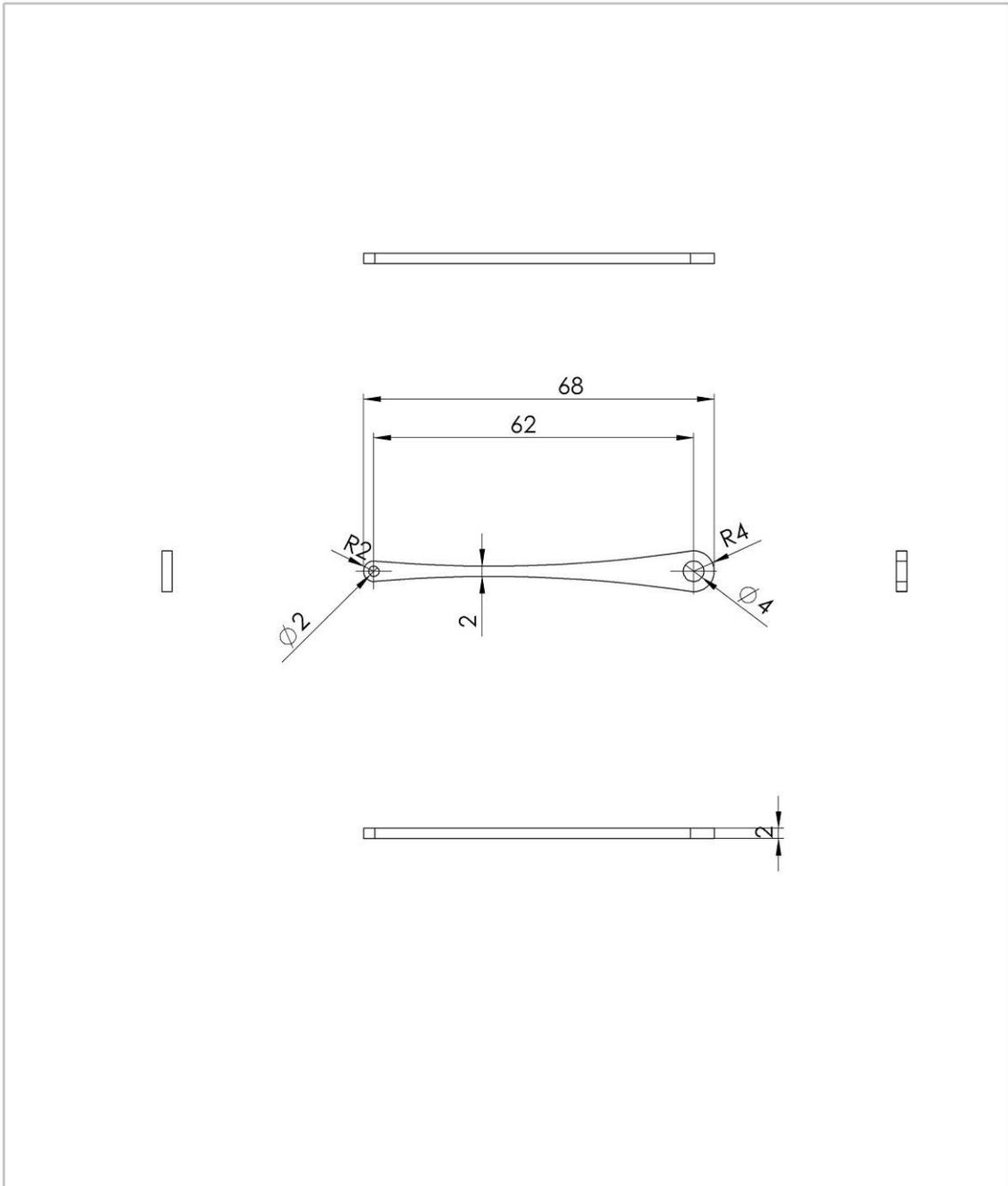


SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	8 - Piston mécanique	
		MATERIAU:	A4
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:2:1	FEUILLE 1 SUR 1

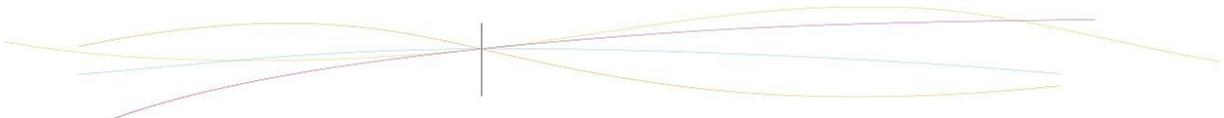


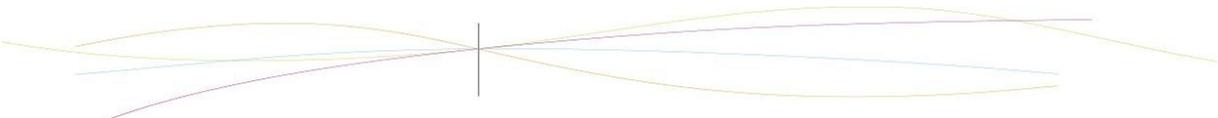
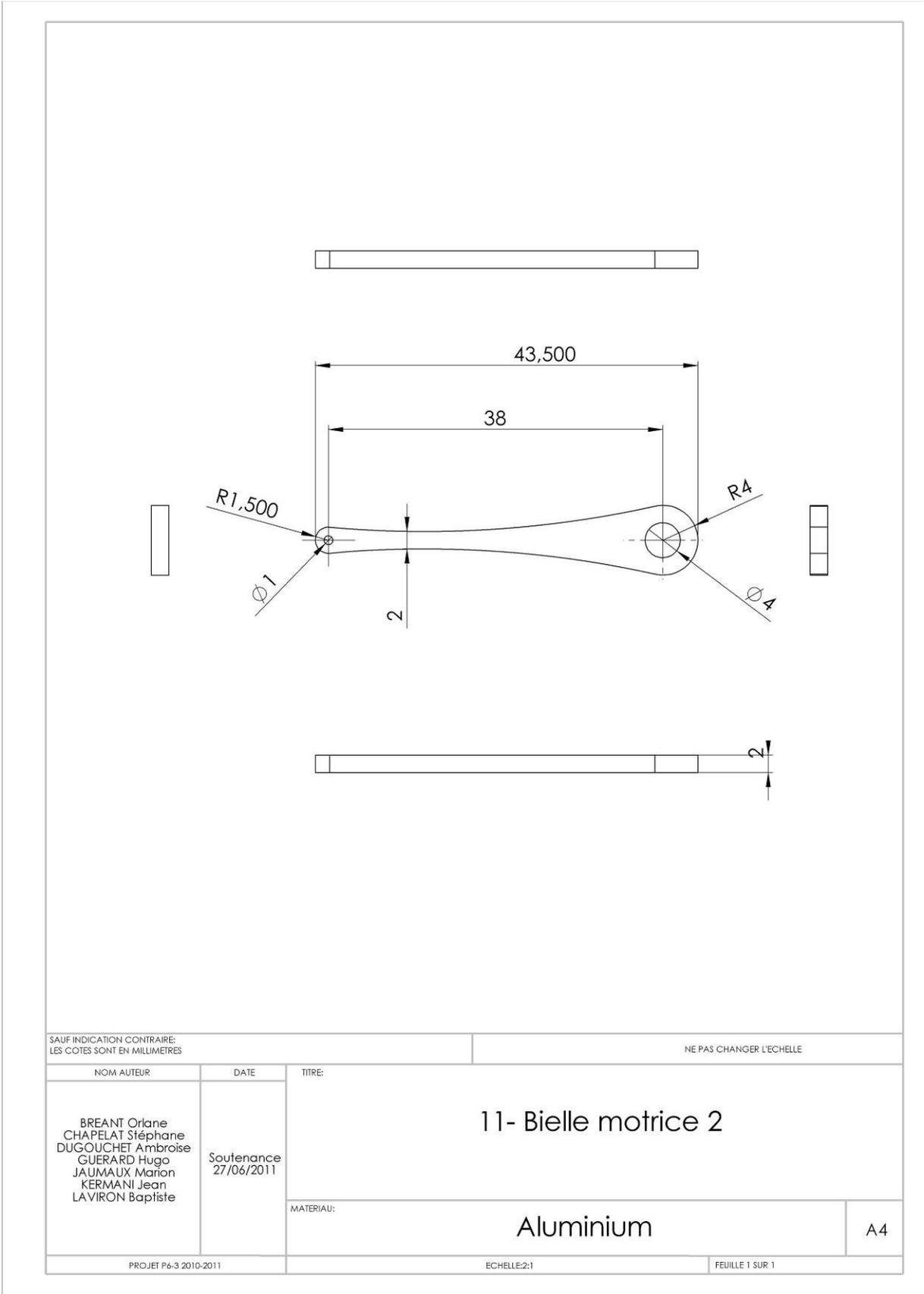


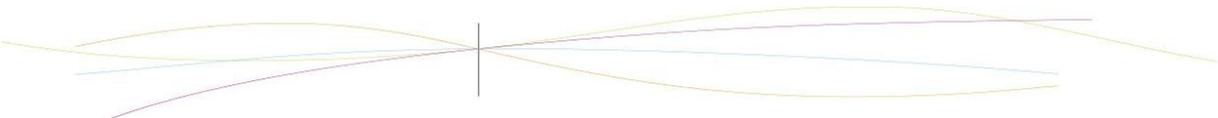
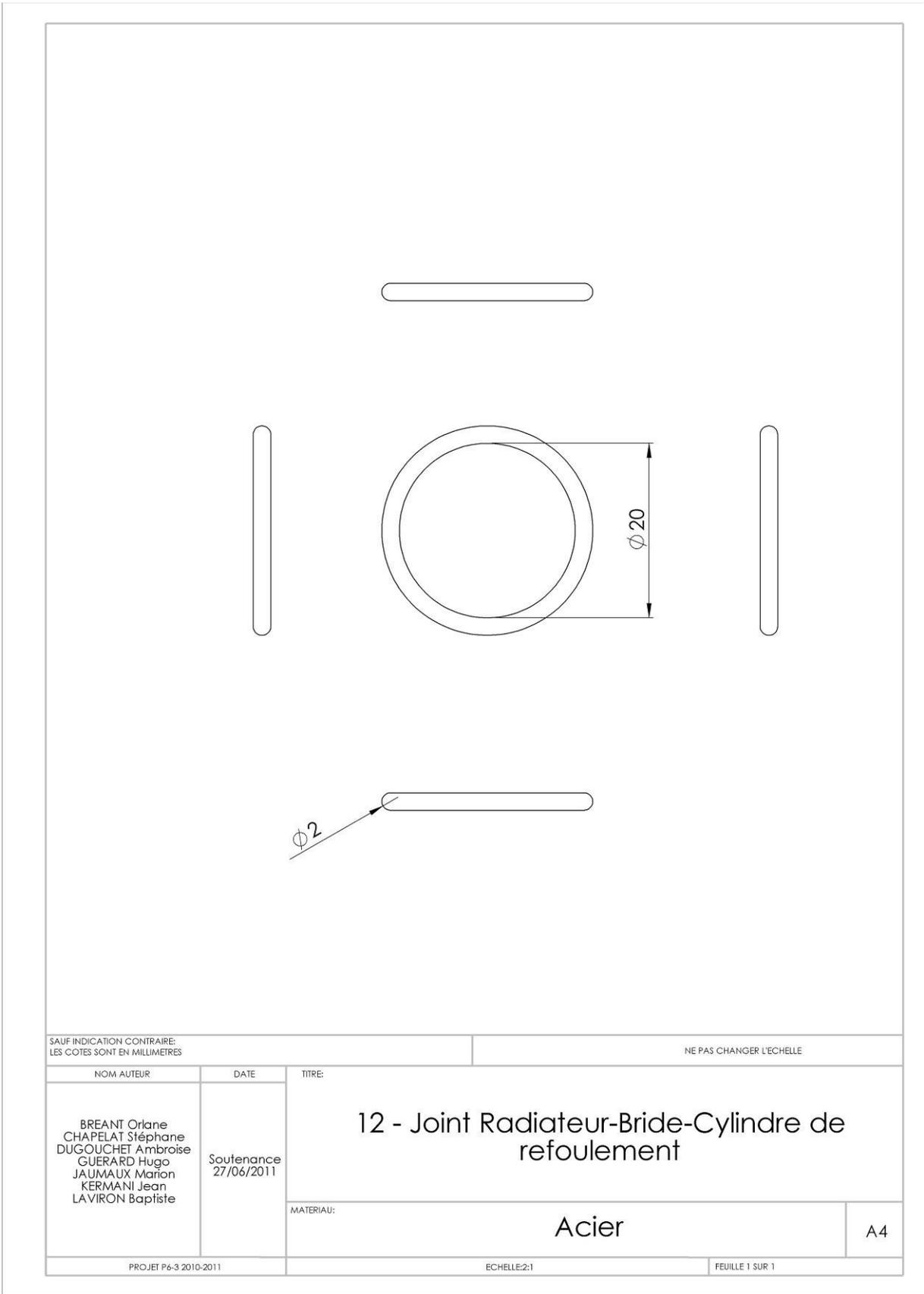


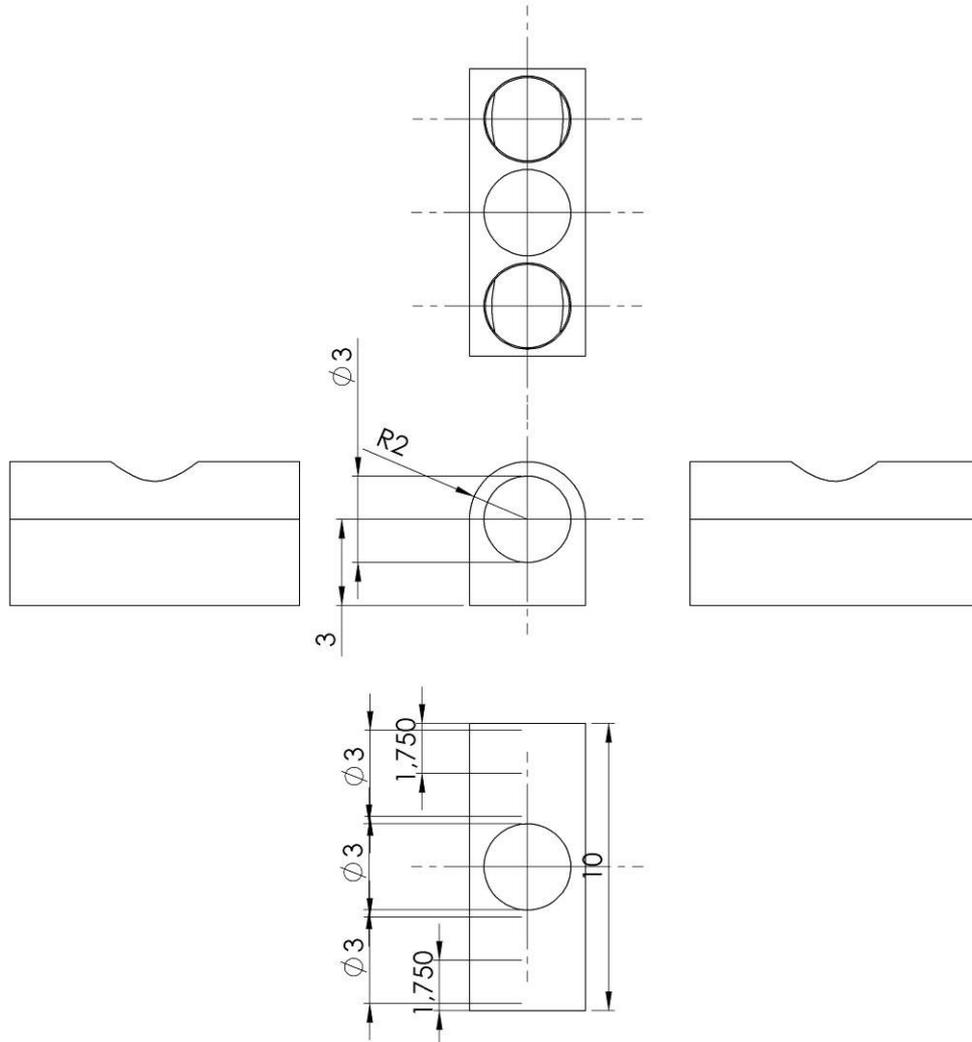


SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	11- Bielle motrice 1	
MATERIAU:		Aluminium	A4
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:1:1	FEUILLE 1 SUR 1





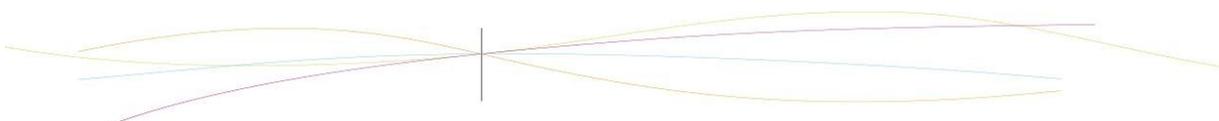


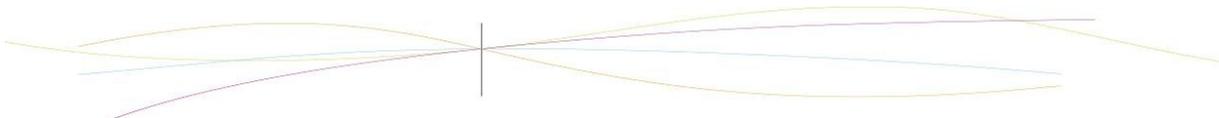
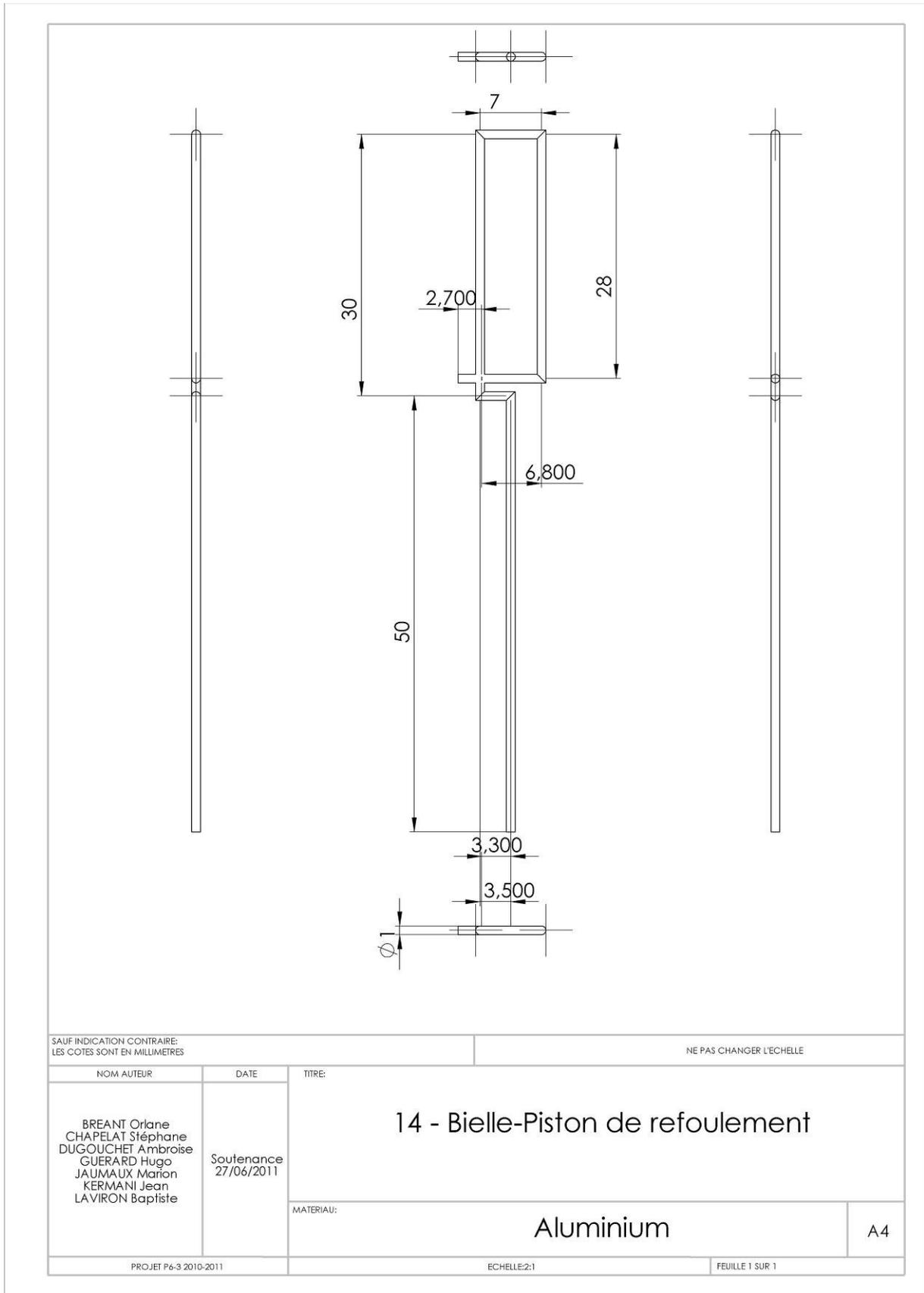


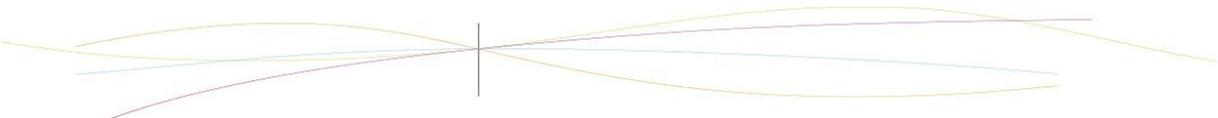
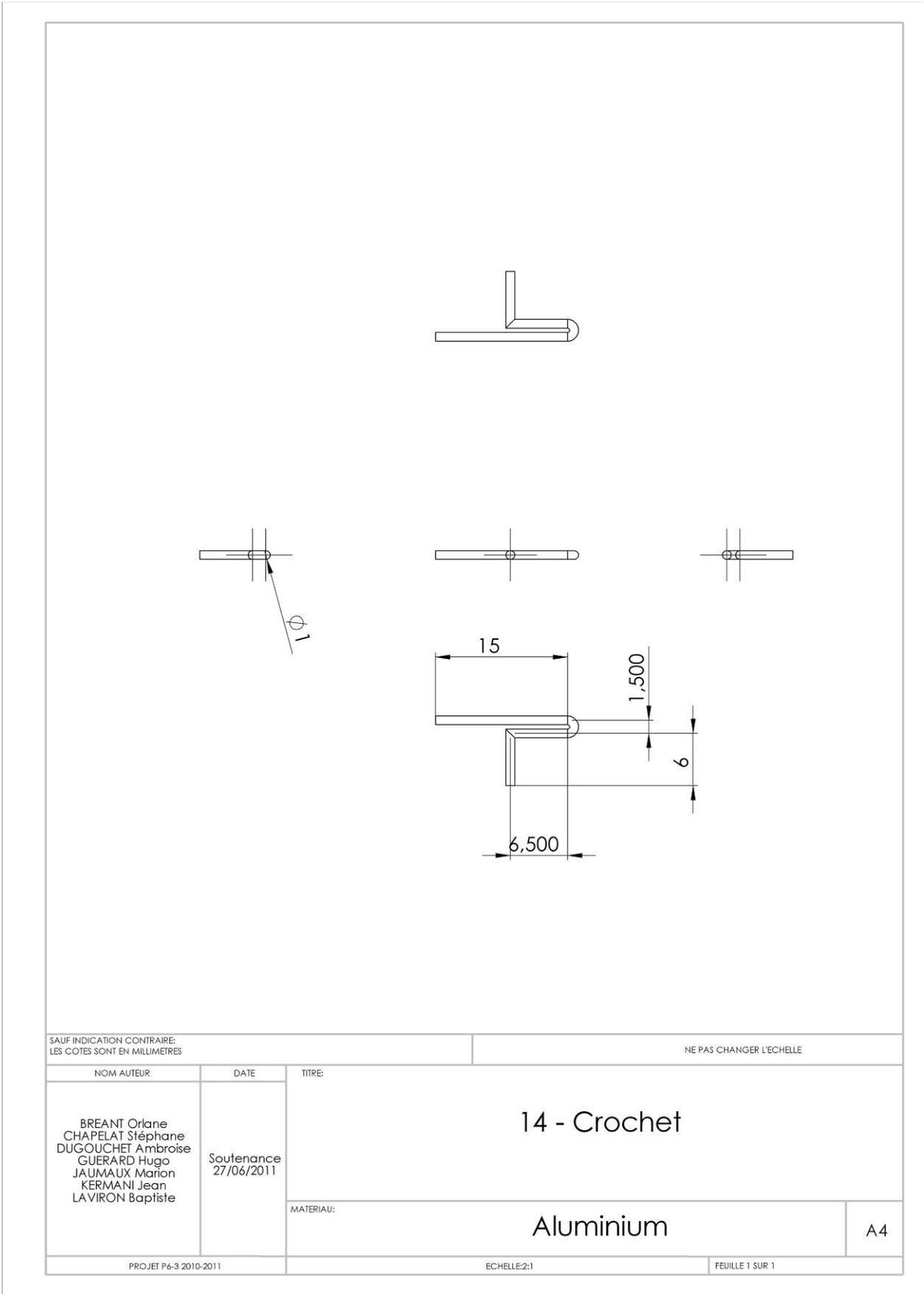
SAUF INDICATION CONTRAIRE:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES

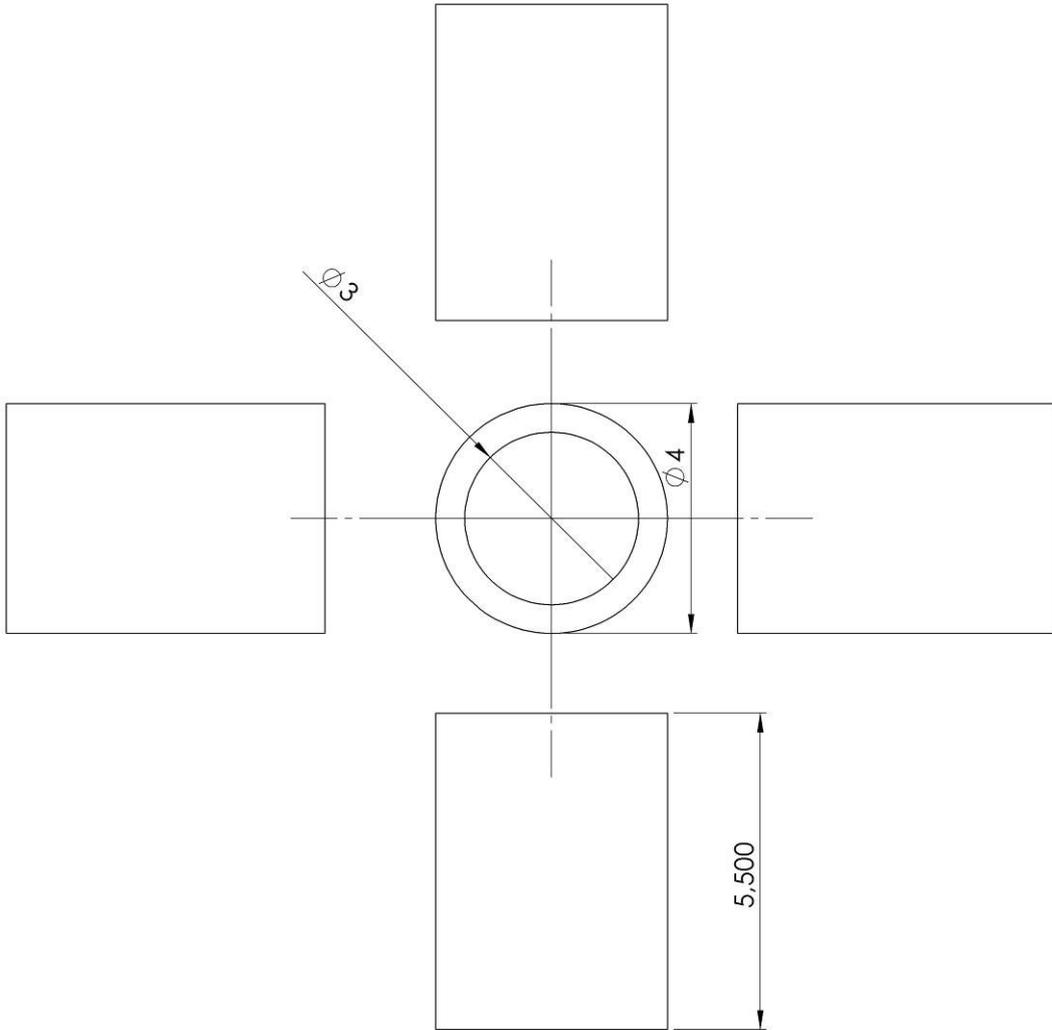
NE PAS CHANGER L'ECHELLE

NOM AUTEUR	DATE	TITRE:
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	13 - Raccord Bielle motrice-Bielle de refoulement
		MATERIAU: Aluminium
		A4
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:5:1
		FEUILLE 1 SUR 1





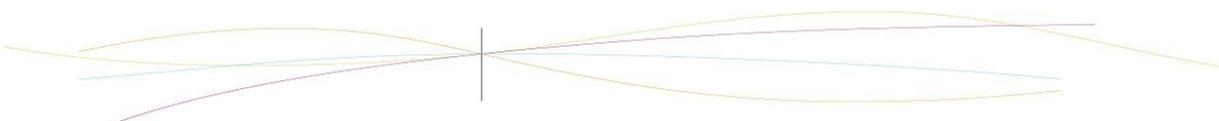


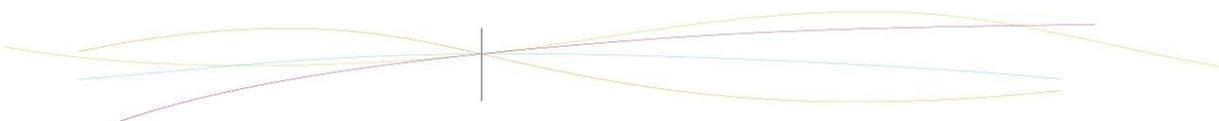
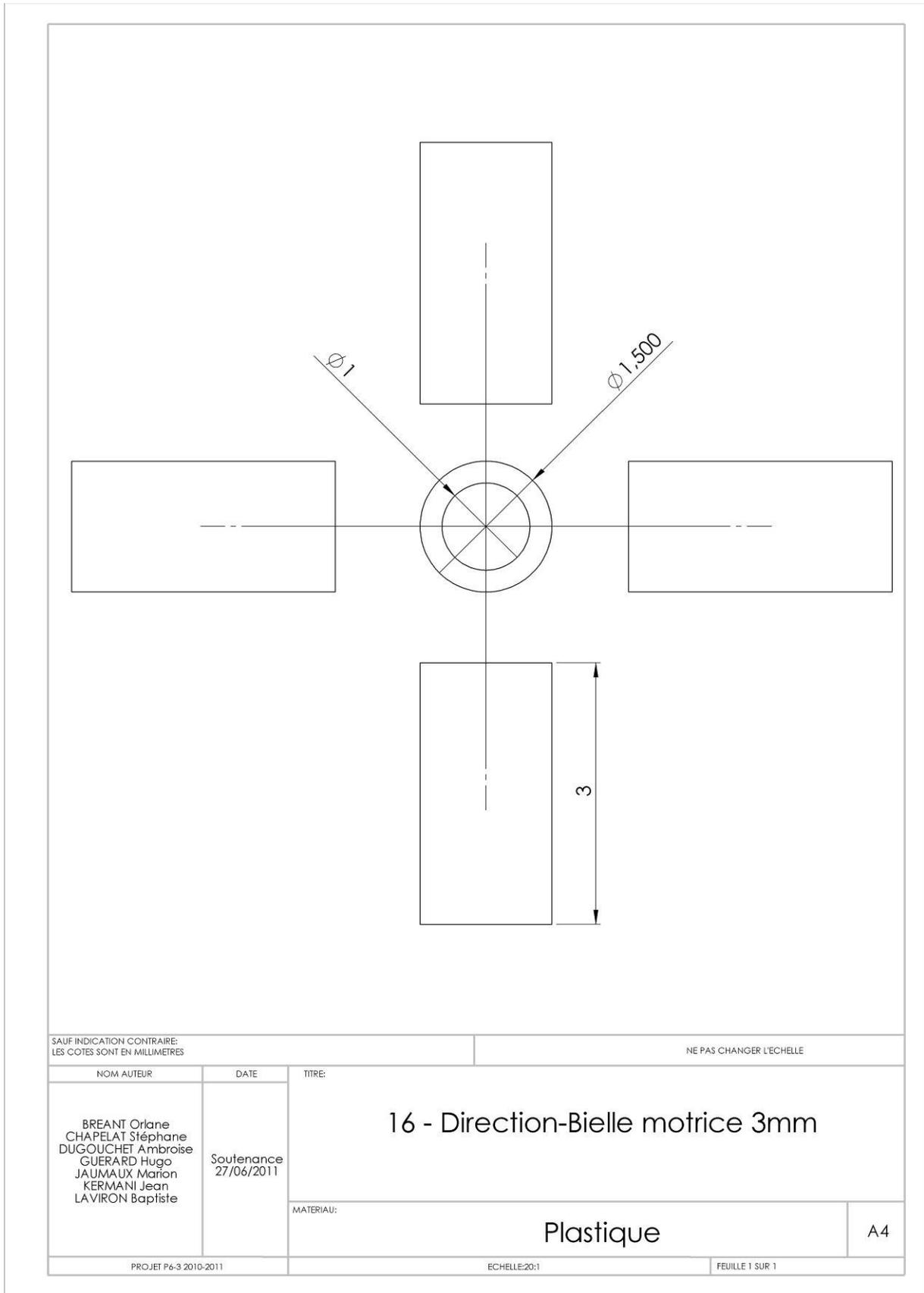


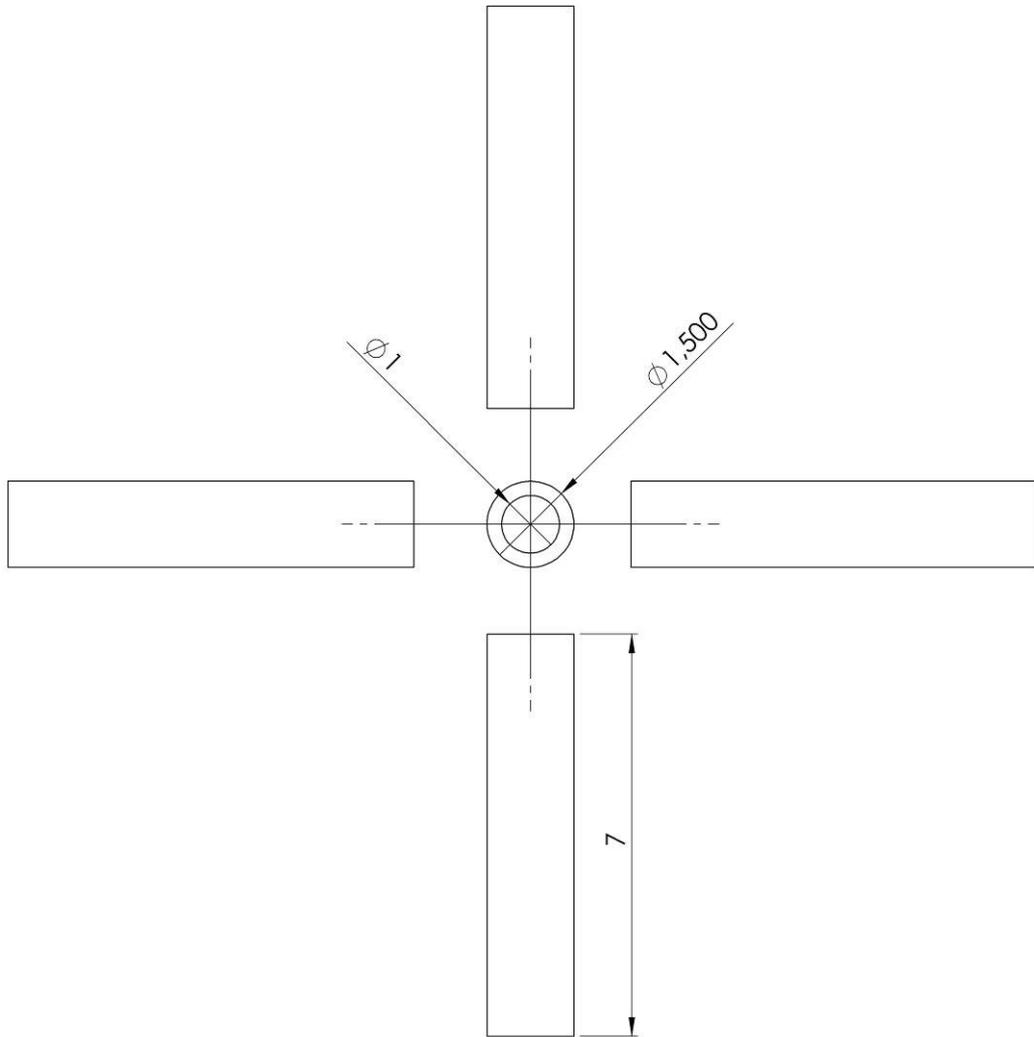
SAUF INDICATION CONTRAIRE:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

NOM AUTEUR	DATE	TITRE:
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soufenance 27/06/2011	<h2>15 - Douille d'entraînement-Roue motrice</h2>
		MATERIAU: Laiton
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:10:1 FEUILLE 1 SUR 1



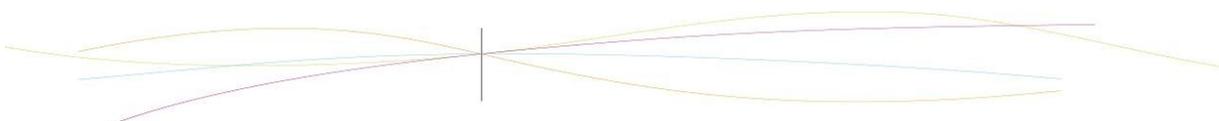


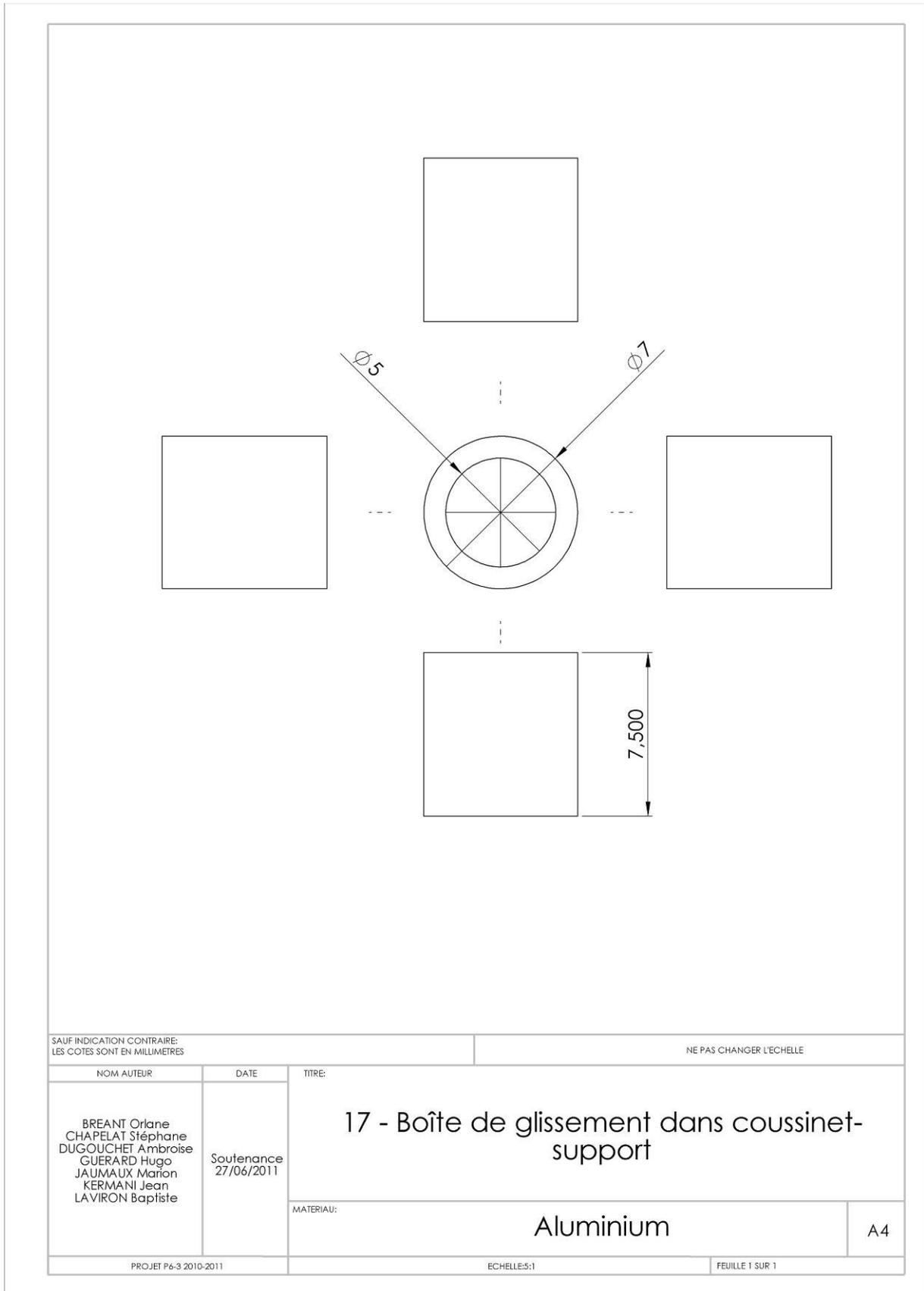


SAUF INDICATION CONTRAIRE:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES

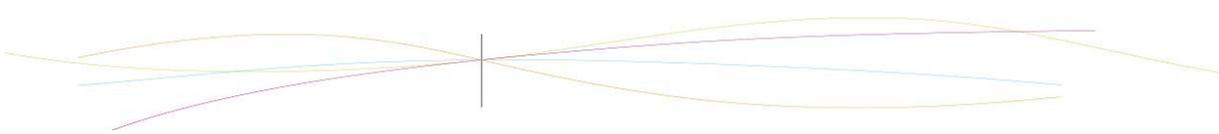
NE PAS CHANGER L'ECHELLE

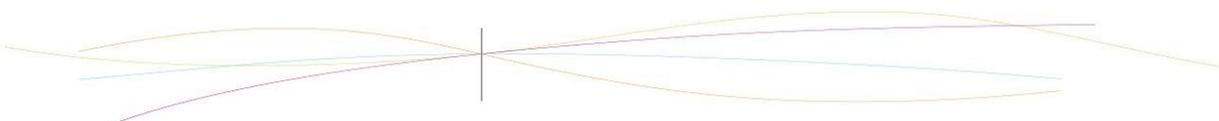
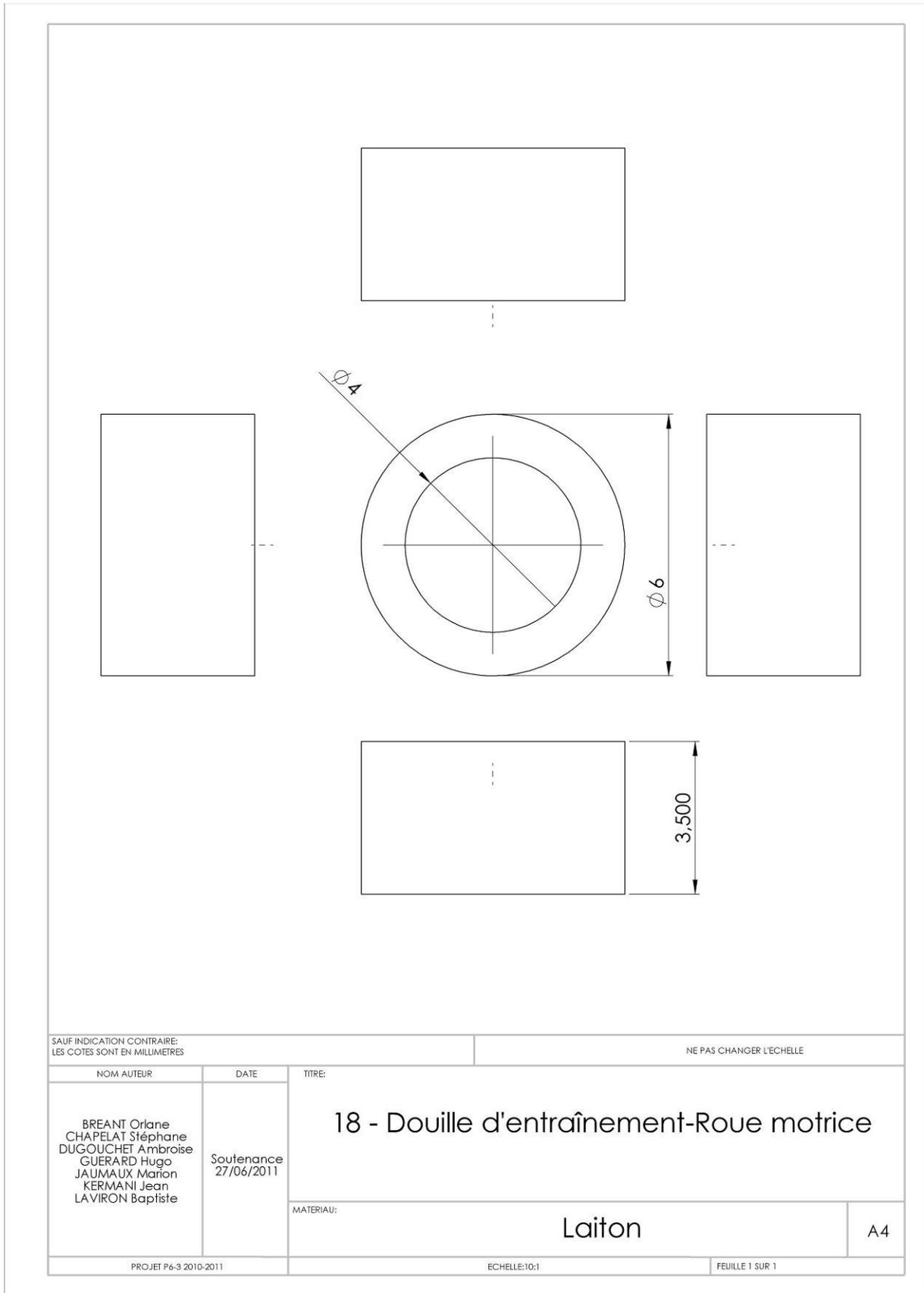
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	16 - Direction-Bielle motrice 7mm
PROJET P6-3 2010-2011		MATERIAU: Plastique
ECHELLE:10:1		A4
FEUILLE 1 SUR 1		

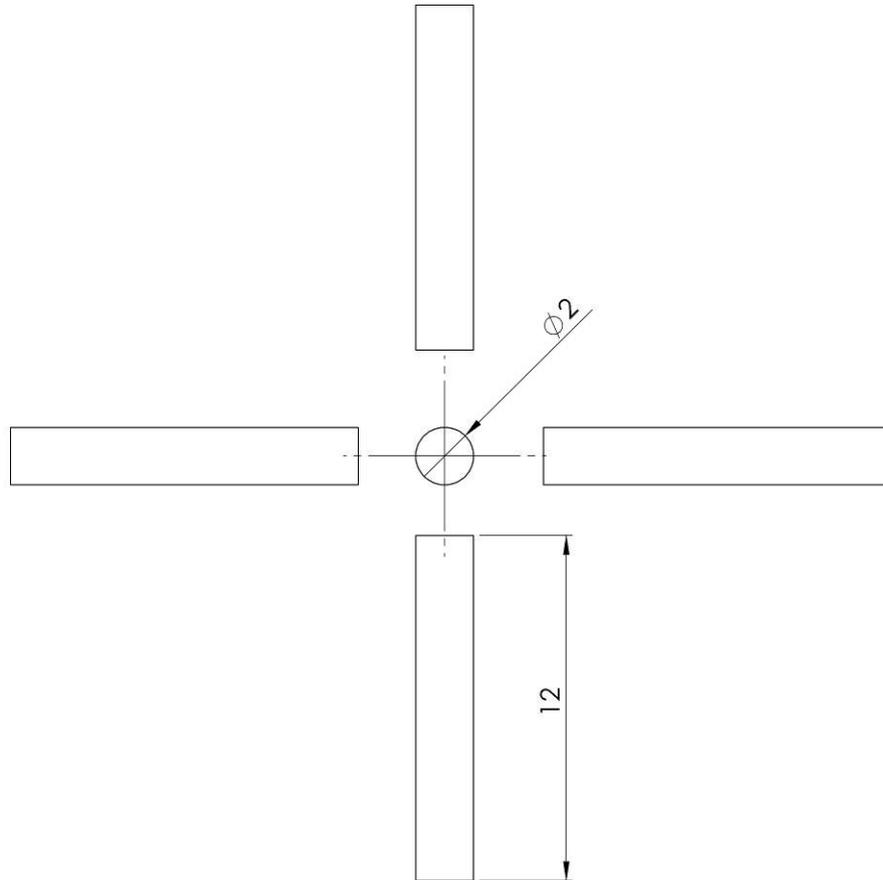




SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR:	DATE:	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	17 - Boîte de glissement dans coussinet-support	
MATERIAU:		Aluminium	A4
PROJET P6-3 2010-2011	ECHELLE:5:1	FEUILLE 1 SUR 1	



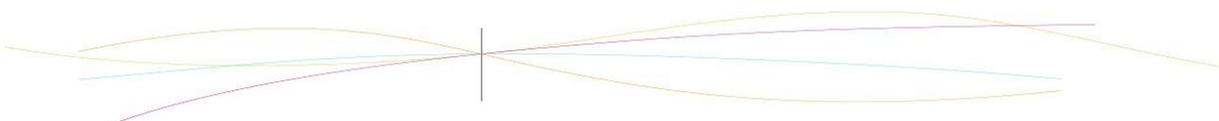


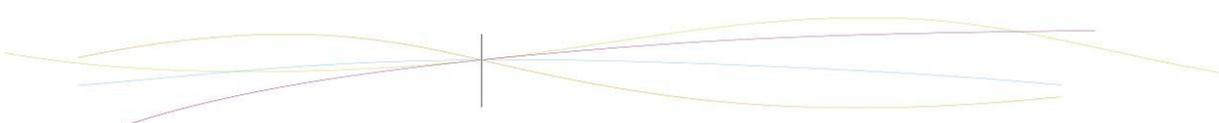
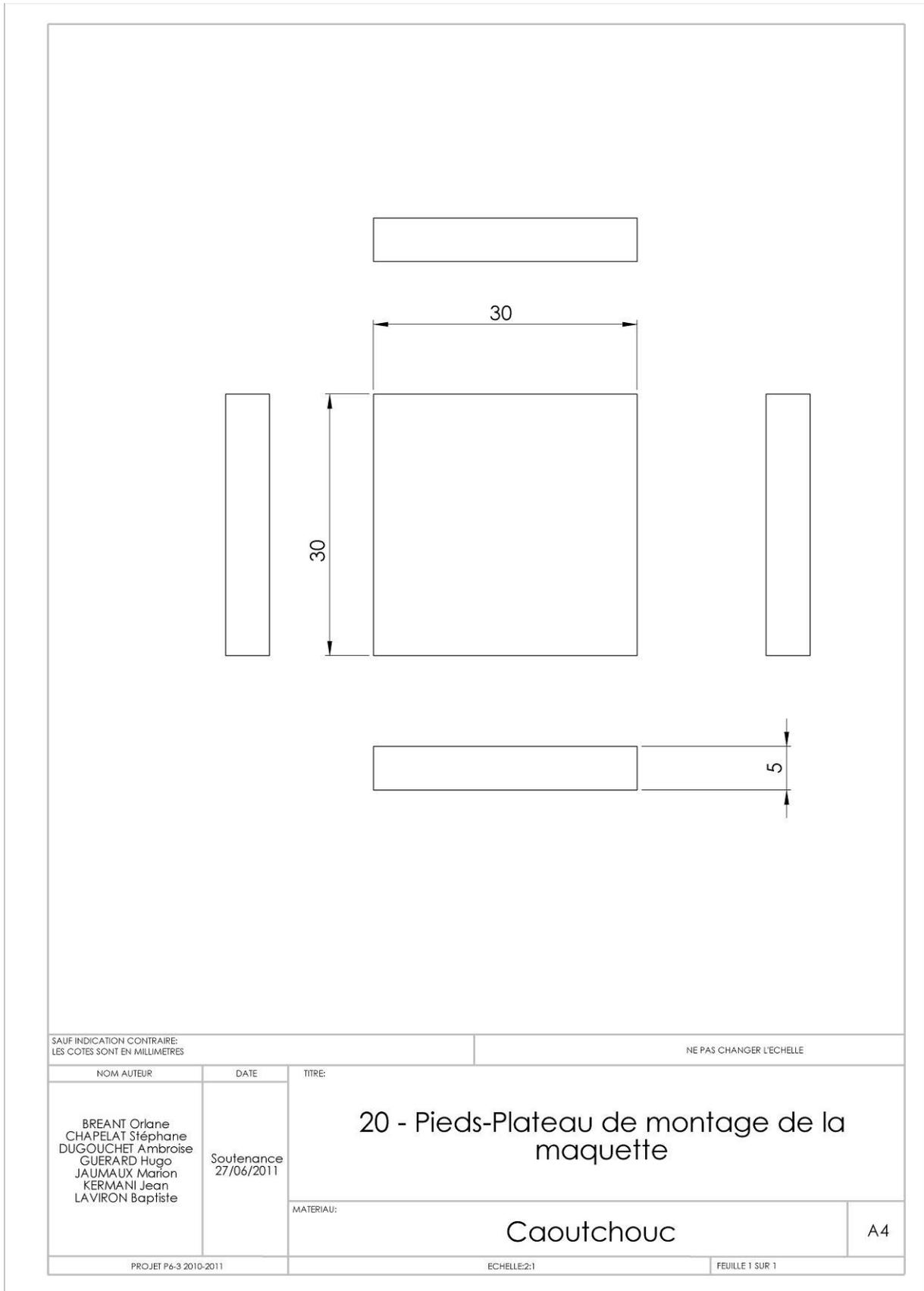


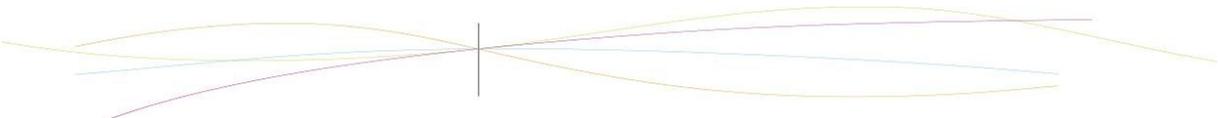
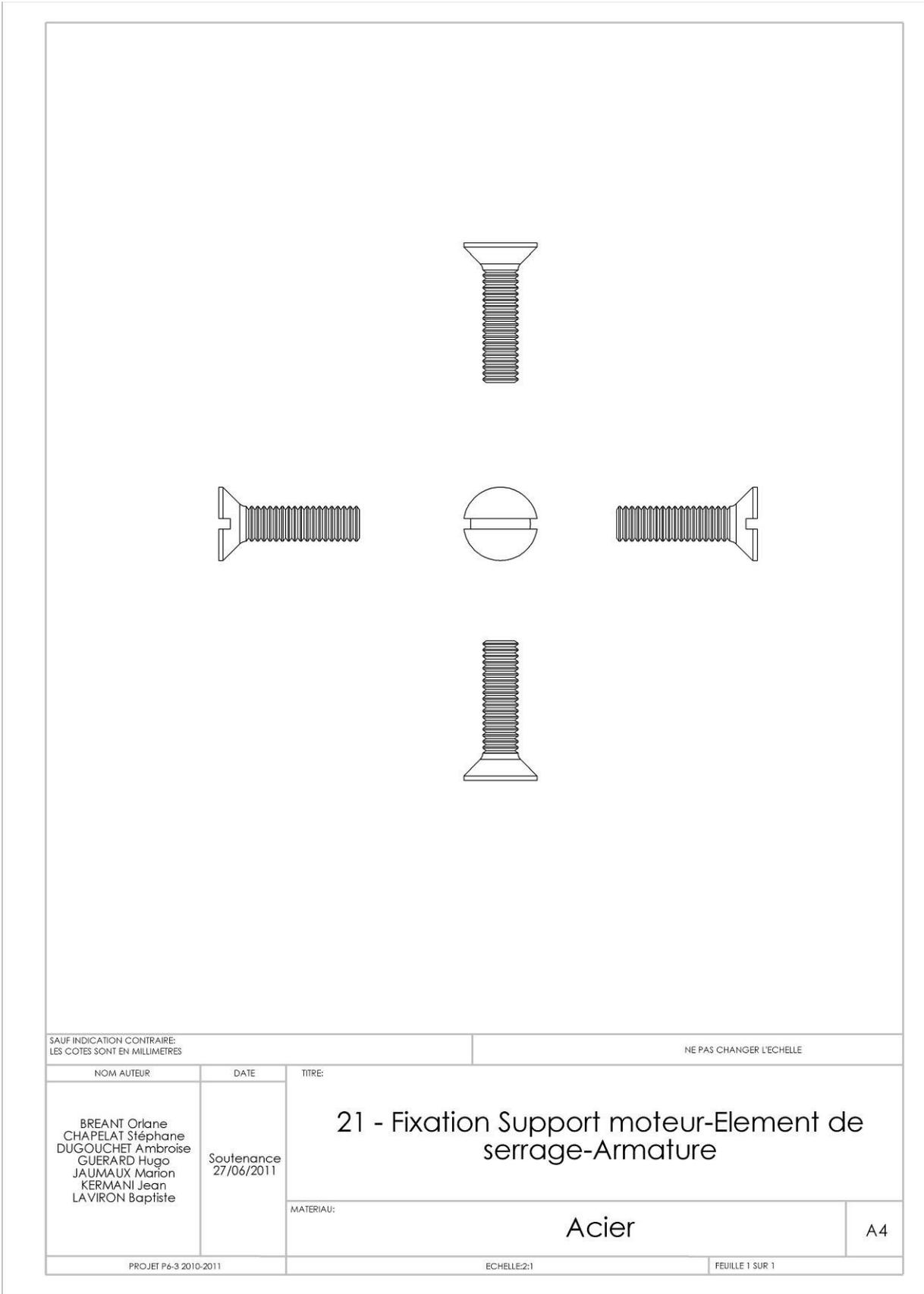
SAUF INDICATION CONTRAIRE:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES

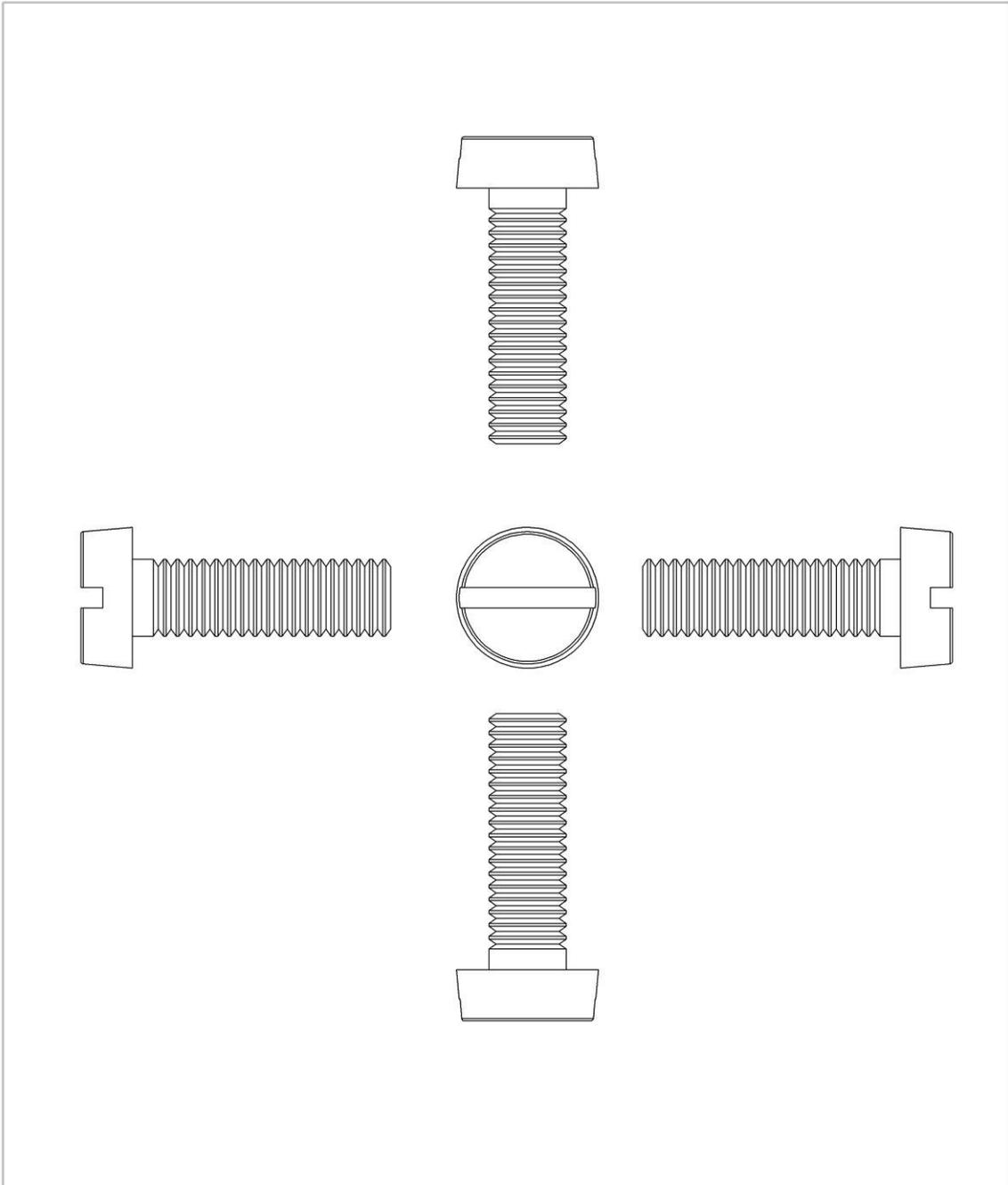
NE PAS CHANGER L'ECHELLE

NOM AUTEUR	DATE	TITRE:
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	19 - Réception Bielle motrice-Piston mécanique
PROJET P6-3 2010-2011		MATERIAU: Aluminium
ECHELLE:5:1		A4 FEUILLE 1 SUR 1

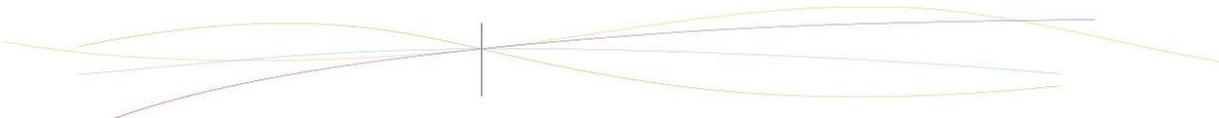


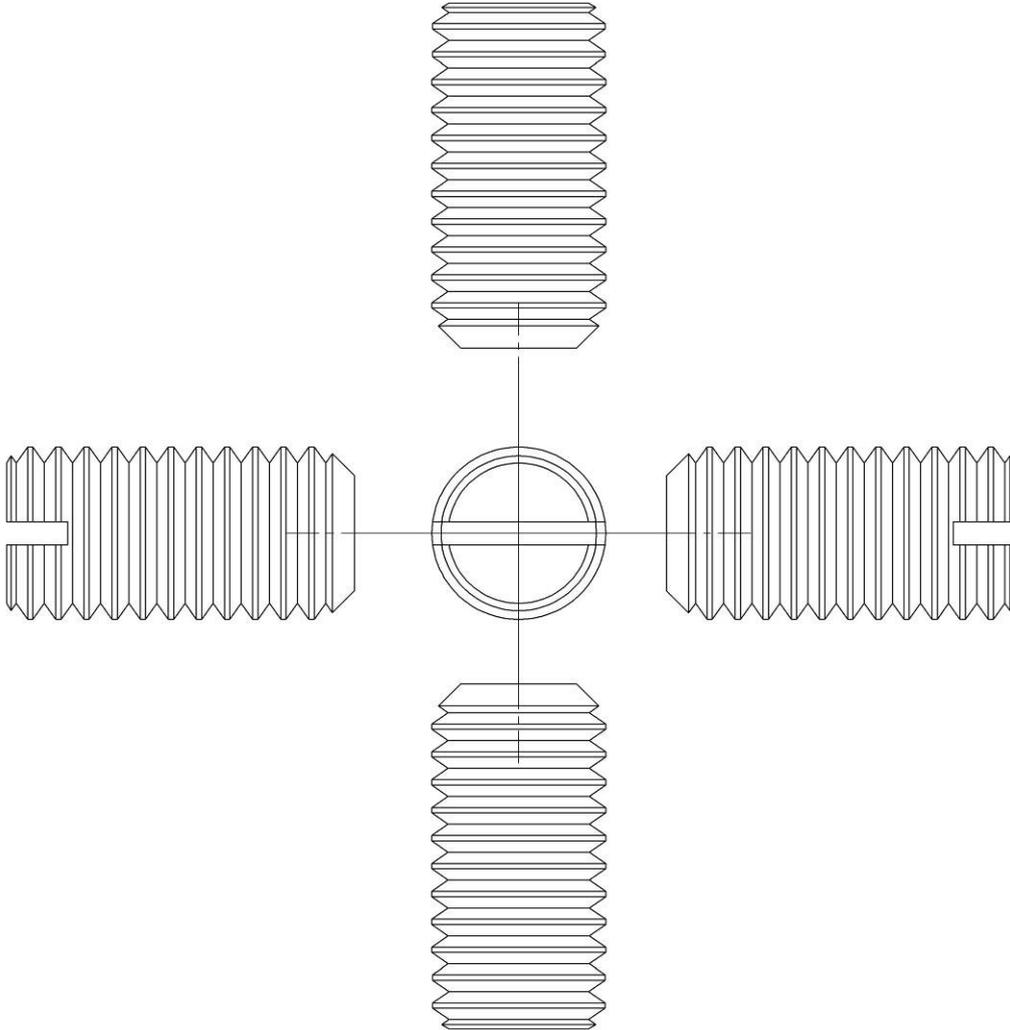






SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	22 - Fixation Douilles d'entraînement-Bride	
		MATERIAU:	A4
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:5:1	FEUILLE 1 SUR 1

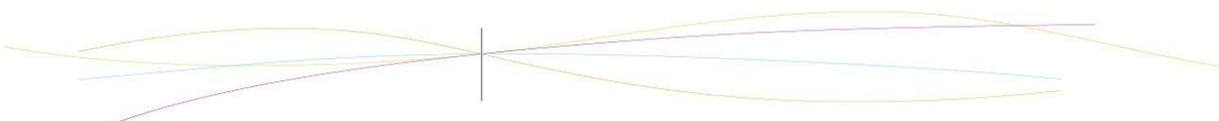


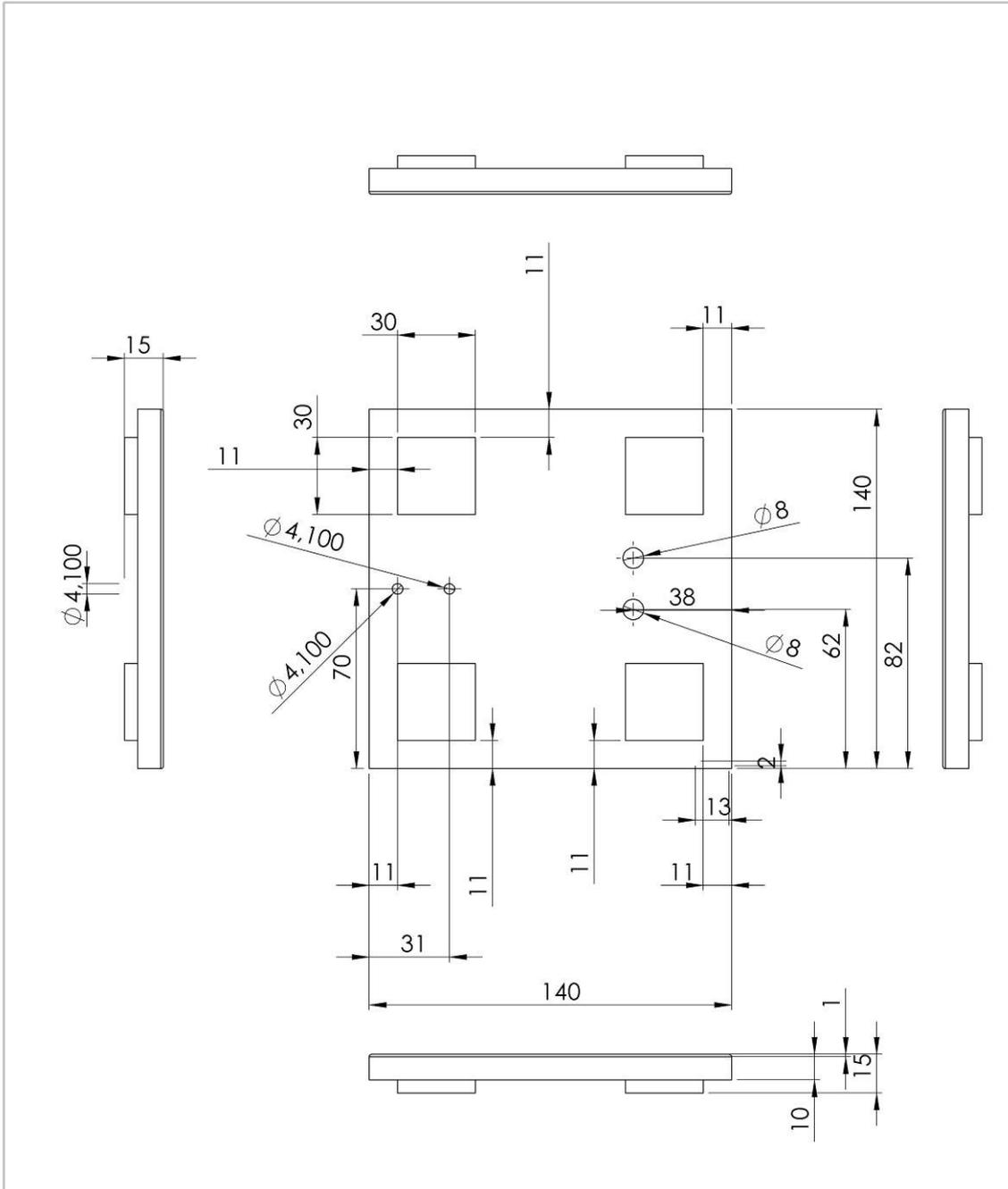


SAUF INDICATION CONTRAIRE:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

NOM AUTEUR	DATE	TITRE:
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soufenance 27/06/2011	<h2>23 - Liaison Pièce motrice-Essieu</h2>
		MATERIAU: Acier
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:10:1 FEUILLE 1 SUR 1



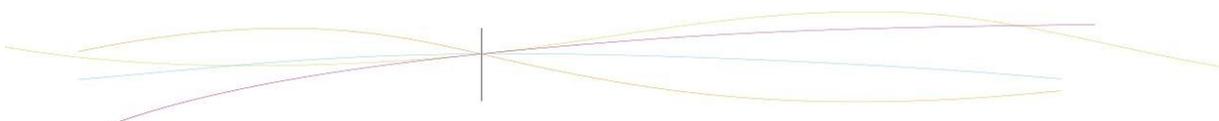
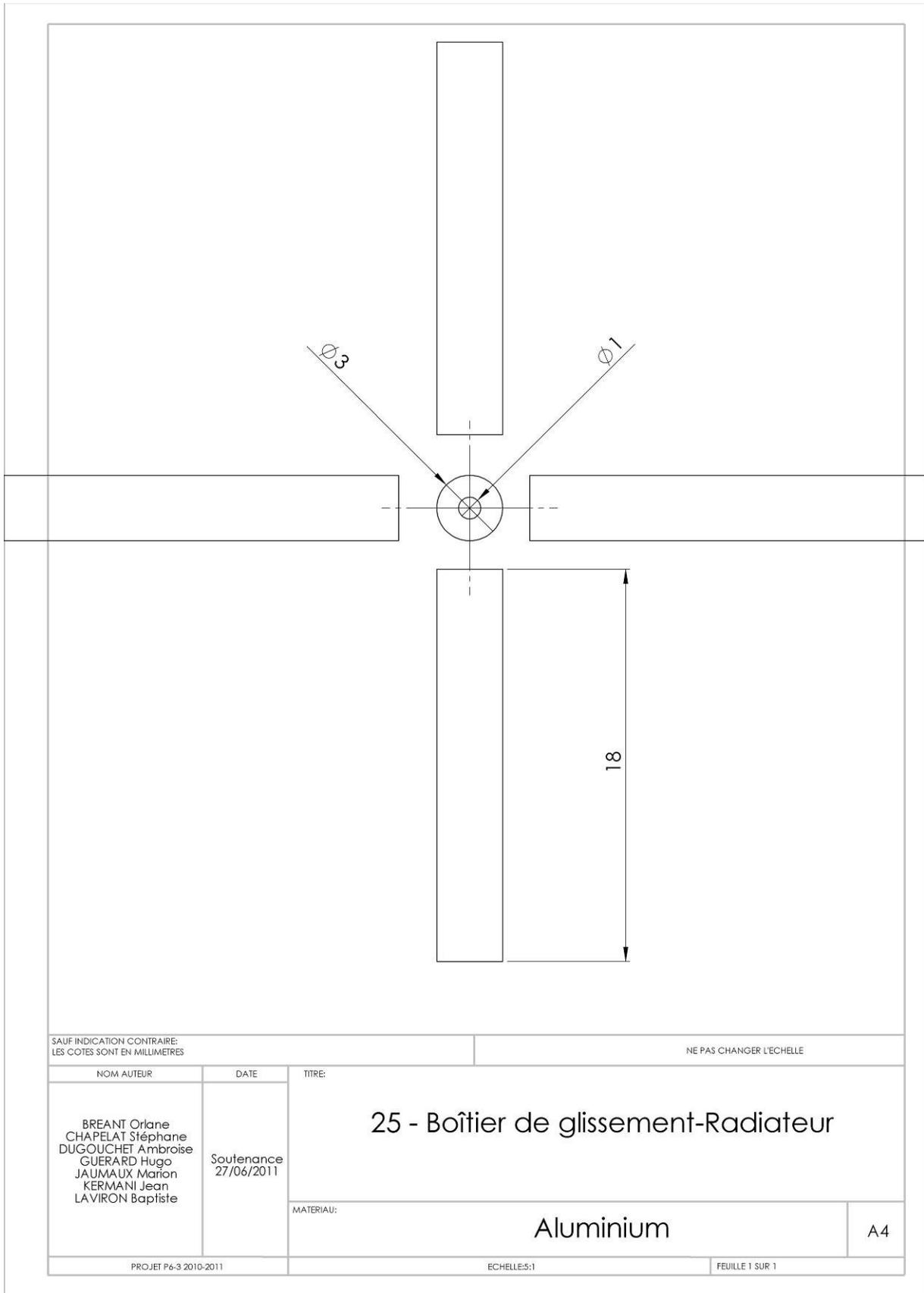


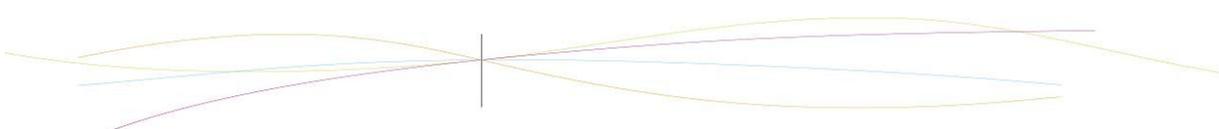
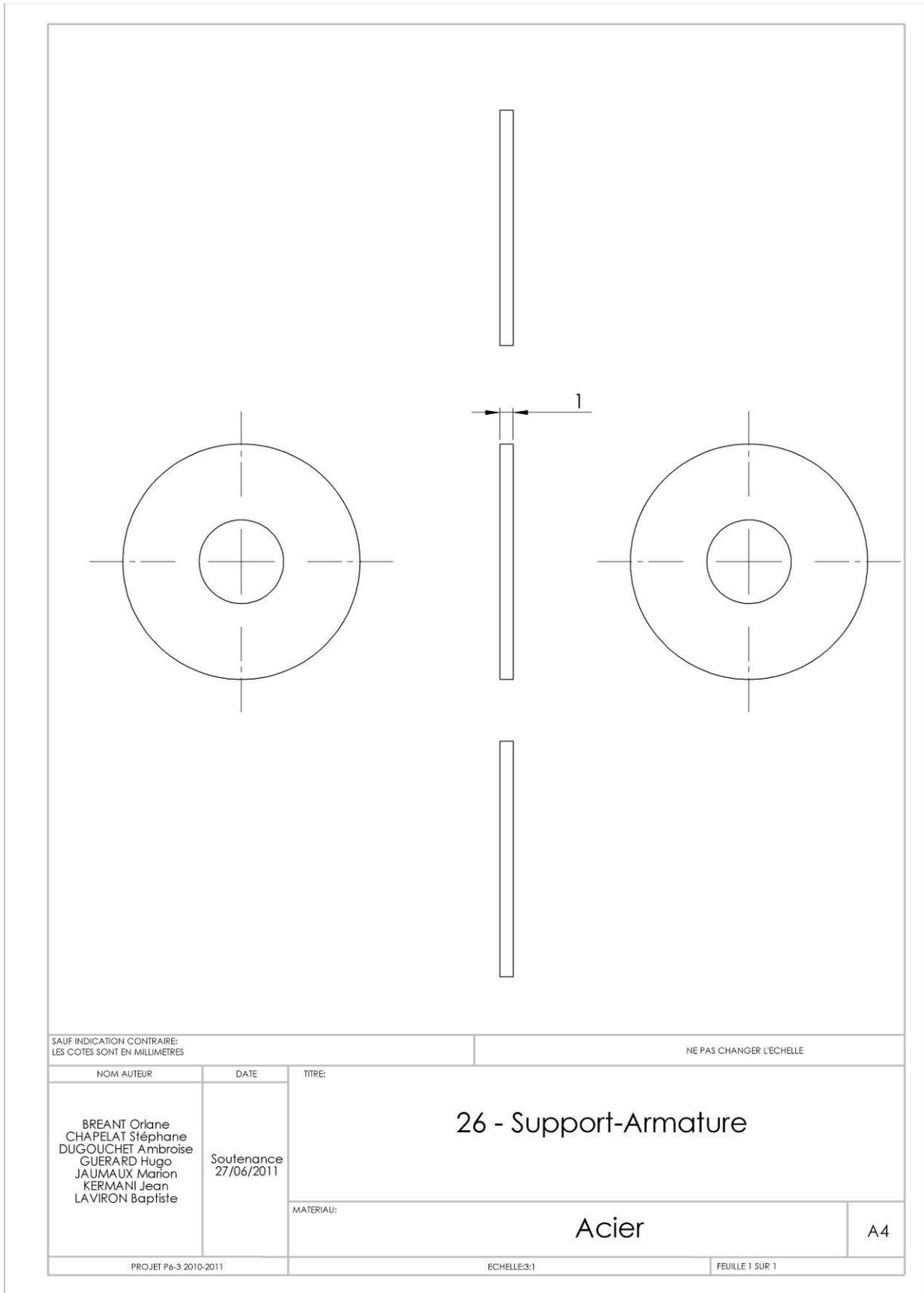
SAUF INDICATION CONTRAIRE:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES

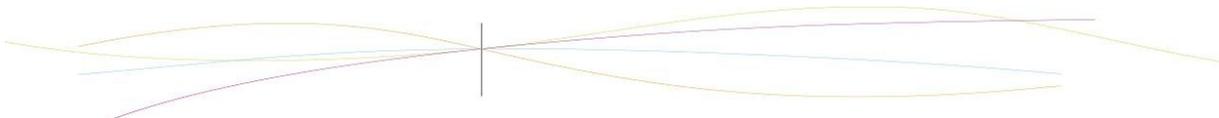
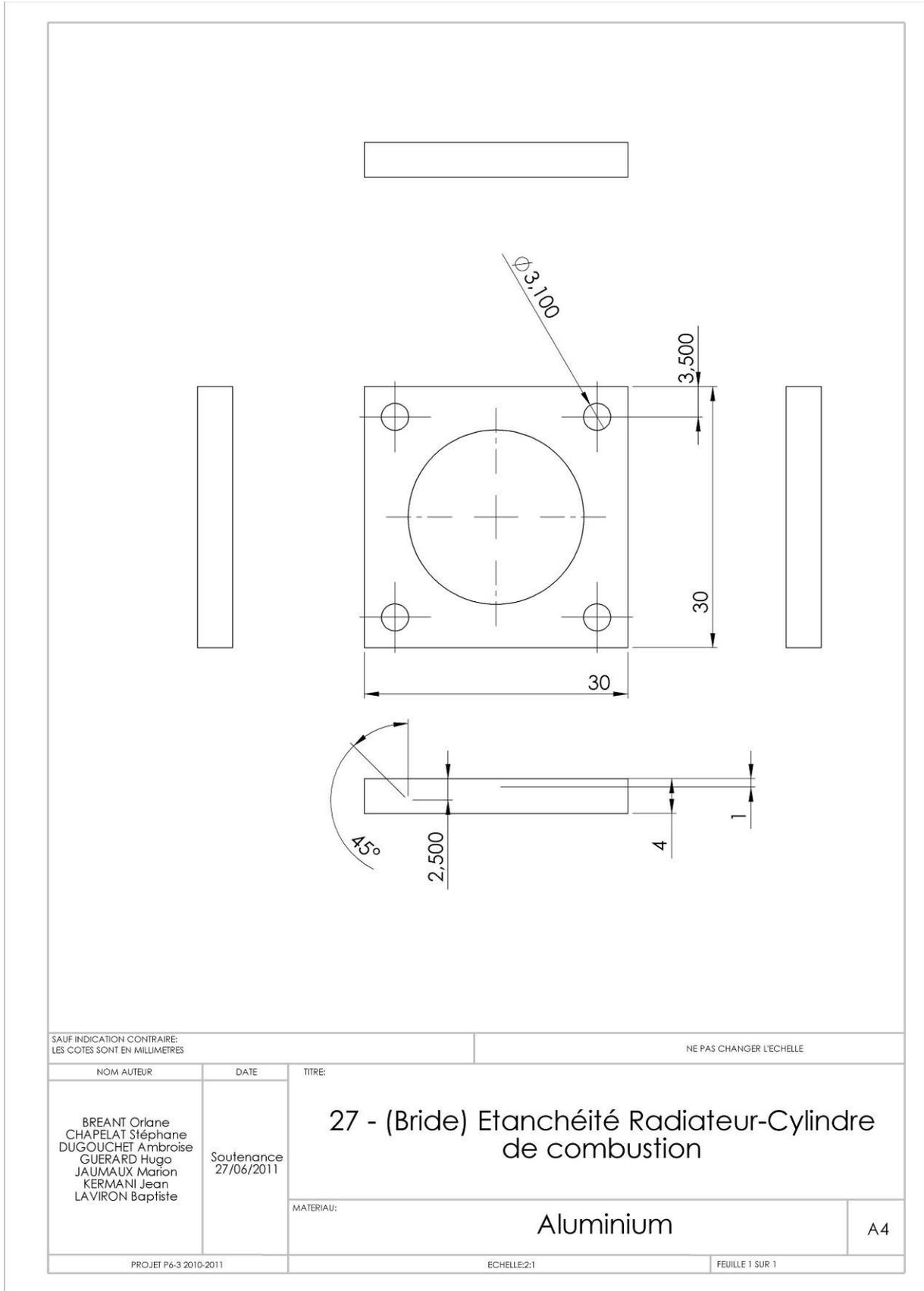
NE PAS CHANGER L'ECHELLE

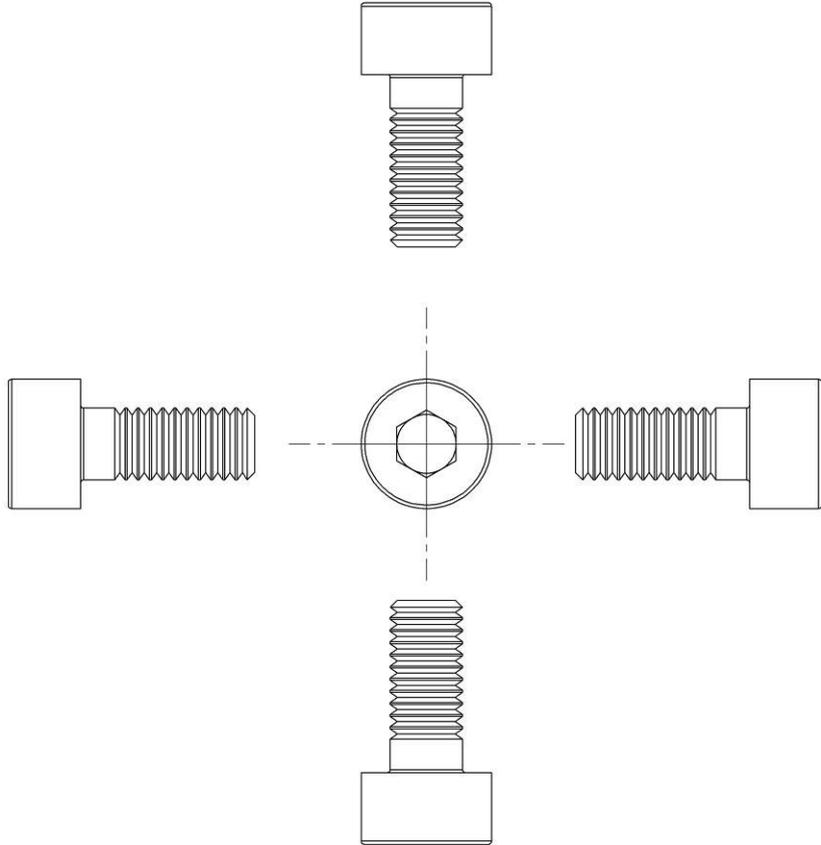
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	24 - Plateau de montage de la maquette
MATERIAU:		Aluminium
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:1:2
		FEUILLE 1 SUR 1
		A4



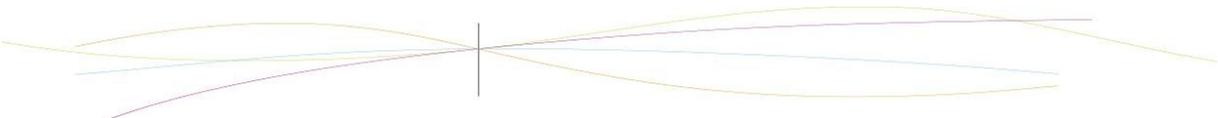


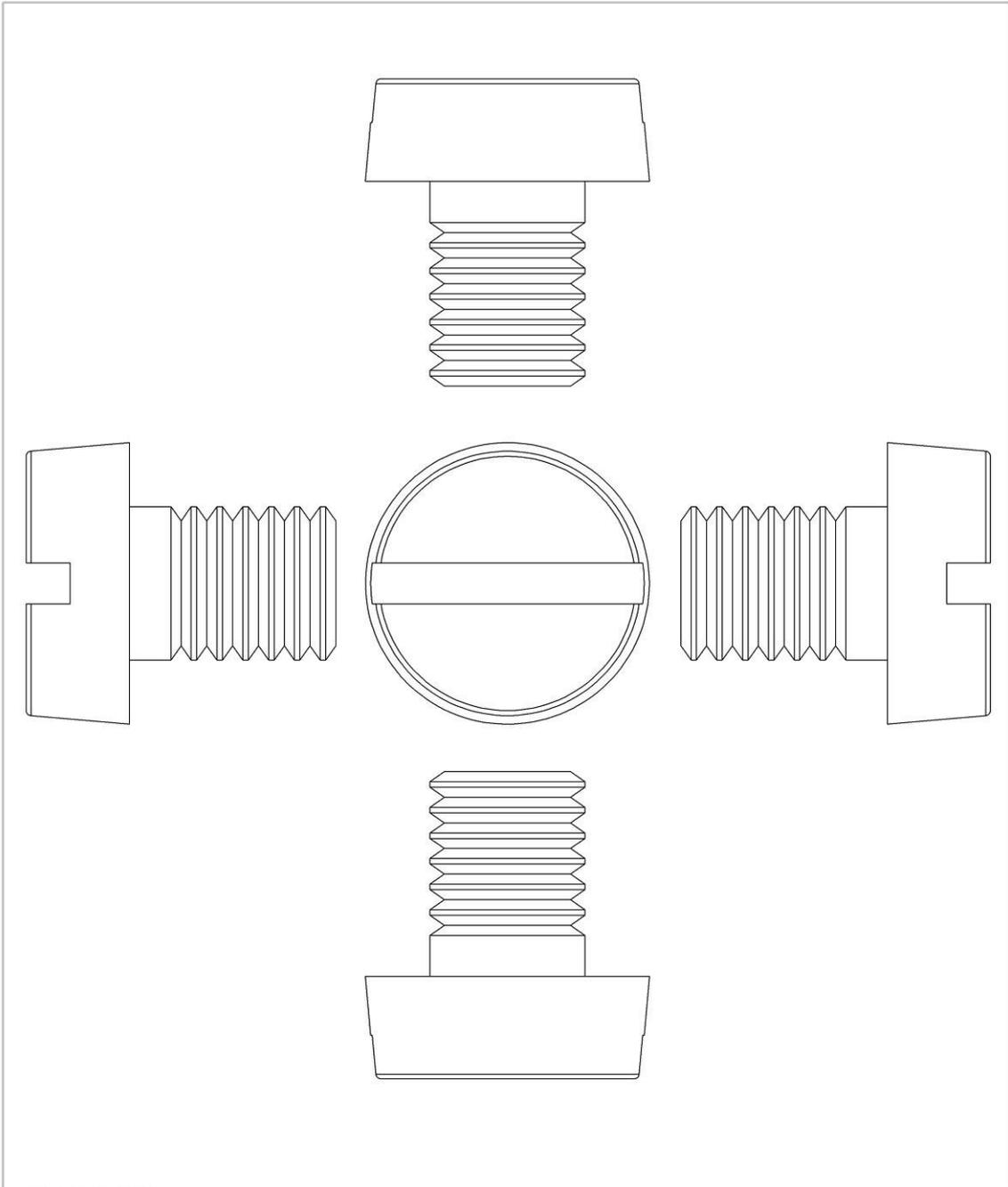




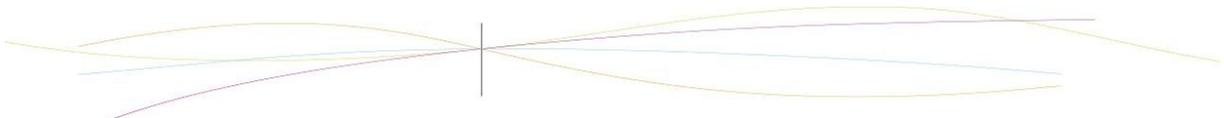


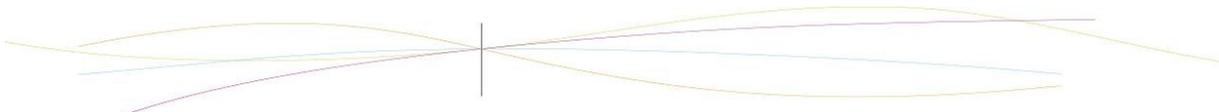
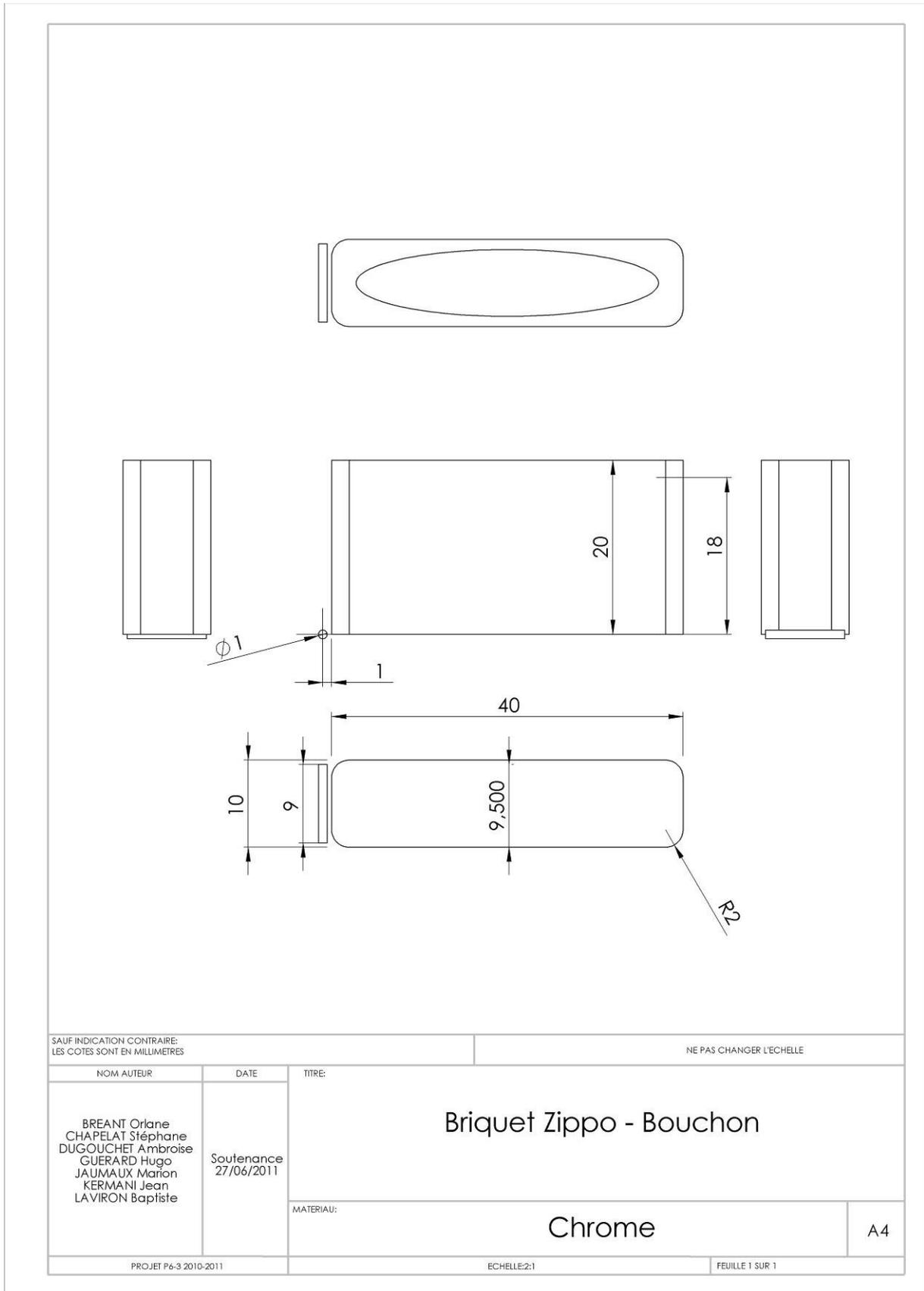
SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	28 - Fixation Essieu-Armature	
		MATERIAU:	Acier
			A4
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:5:1	FEUILLE 1 SUR 1

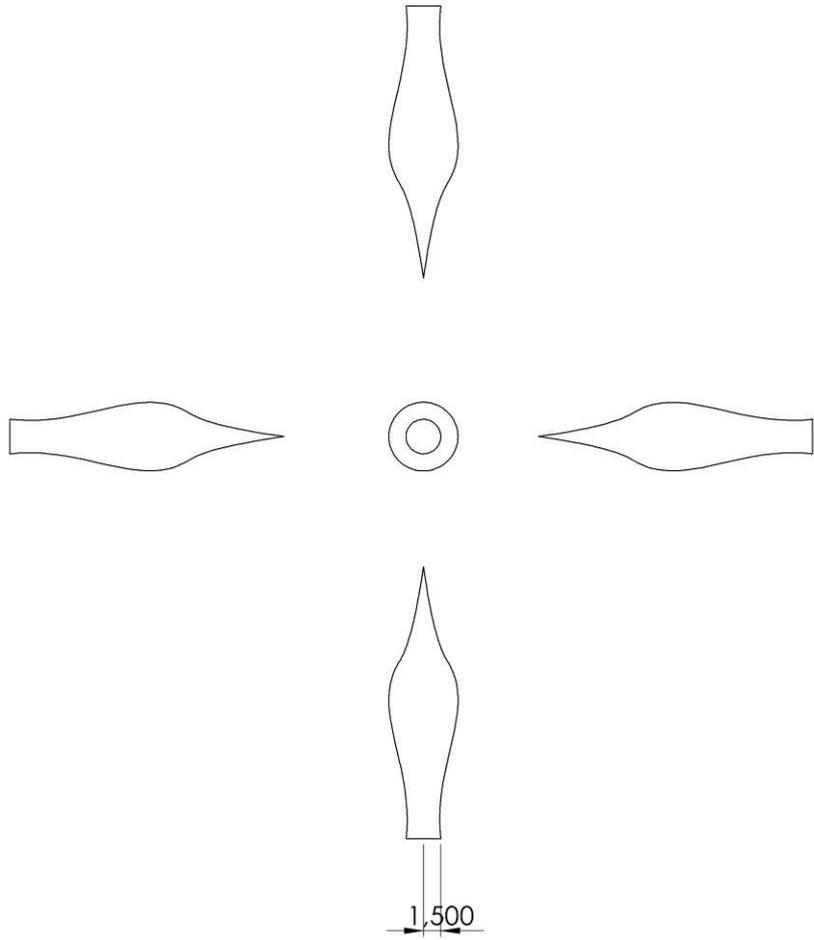




SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	29 - Fixation Raccord-Crochet	
		MATERIAU:	Acier
			A4
PROJET P6-3 2010-2011		ECHELLE:10:1	FEUILLE 1 SUR 1



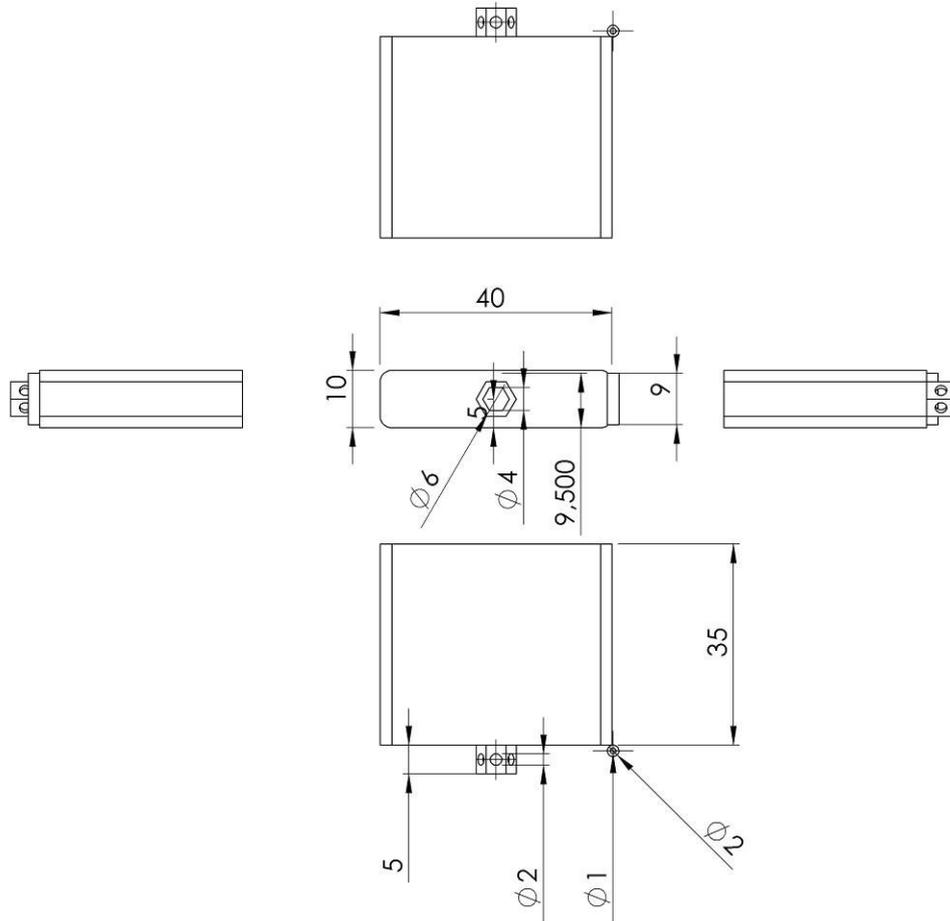




1,500

SAUF INDICATION CONTRAIRE: LES COTES SONT EN MILLIMETRES		NE PAS CHANGER L'ECHELLE	
NOM AUTEUR	DATE	TITRE:	
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	Briquet Zippo - Flamme	
MATERIAU:		Feu	A4
PROJET P6-3 2010-2011	ECHELLE:2:1	FEUILLE 1 SUR 1	





SAUF INDICATION CONTRAIRE:
LES COTES SONT EN MILLIMETRES

NE PAS CHANGER L'ECHELLE

NOM AUTEUR	DATE	TITRE
BREANT Orlane CHAPELAT Stéphane DUGOUCHET Ambroise GUERARD Hugo JAUMAUX Marion KERMANI Jean LAVIRON Baptiste	Soutenance 27/06/2011	Briquet Zippo - Réservoir
PROJET P6-3 2010-2011		MATERIAU: Chrome
ECHELLE:1:1		A4
FEUILLE 1 SUR 1		

