

Projet conception et impression 3D

Sommaire

Introduction.....	1
Analyse du cahier des charges	2
Conception de nos pièces.....	3
Assemblage de notre support	7
Choix d'un sens d'impression.....	8
Fonctionnalités	9
Conclusion	10
Annexe.....	10

Introduction

Dans le cadre de l'unité d'enseignement SDI 1302, nous avons eu pour mission la conception d'un support de smartphone pour un cintre de vélo. Le projet a débuté le 2 décembre 2020, nous laissant 2 semaines et demie afin de finaliser cette étude.

Pour ce faire, nous avons à notre disposition un cahier des charges qui nous permet de comprendre les attentes de ce projet. C'est par une analyse complète de ce dernier que des idées pour la conception nous viendront. Nous justifierons ainsi la conception de notre pièce par son respect du cahier des charges, ce qui est primordial dans la réalisation d'un projet, que ce soit en cours ou dans un domaine plus général.

Ensuite, lors de la conception, nous appréhenderons déjà les imprécisions possibles de l'imprimante 3D. En effet, nous aurons en tête certains cas majeurs où nous savons à l'avance que le rendu à l'impression peut différer de la modélisation. Enfin, dans cette optique de précaution et de rigueur de travail, nous veillerons aussi à ce que nos pièces puissent s'imprimer correctement avec une impression 3D par fondu de matière (FDM). Pour cela, nous définirons un sens d'impression qui anticipe au mieux certains défauts pour l'impression de chacune de nos pièces.

Le développement qui suit retrace nos réflexions et nos analyses sur ce projet, énonçant ainsi la conception de notre assemblage et les fonctionnalités permises par notre support.

Analyse du cahier des charges

Tout d'abord, l'objectif du projet étant énoncé dans l'introduction, nous jugeons utile de commencer par rappeler le cahier des charges, et d'en tirer quelques conséquences. Les contraintes sont les suivantes :

- 4 pièces au maximum, à réaliser sans support d'impression
- Le montage du support se fait cintre équipé
- Le smartphone est installé sur le support sans démontage de ce dernier, ni besoin d'outils
- Le smartphone doit être sécurisé
- Le support doit permettre de recevoir différents smartphones
- L'orientation du smartphone est de 30° par rapport à l'horizontale
- L'extrémité basse du smartphone est située à 7 cm du cintre et il est placé à 15 cm du centre du guidon
- Le diamètre du cintre est de 22,2 mm
- La visserie utilisée sera exclusivement des vis M4 CHC ou M4 H, des rondelles plates et des écrous papillons ou auto-freinés, un ressort de traction peut être utilisé
- Le collage de pièces n'est pas autorisé
- Il est préférable d'avoir un support qui permet le réglage de l'orientation et de la position du smartphone après montage

La conception de nos pièces devra évidemment être adaptée à ce cahier des charges, nous imaginons déjà quelques points auxquels il faut prêter une attention particulière :

- Éviter les parties étendues en surplomb ou choisir un sens d'impression qui évite cela
- La pièce qui entoure le guidon ne se monte pas par un coulissement depuis l'extrémité du cintre
- Prévoir un système de montage du téléphone sur le support
- Vérifier que le smartphone ne pourra pas tomber
- Il est préférable que tous les boutons/prises du téléphone soient accessibles même avec le téléphone sur le support
- Contraintes liées à des distances à respecter lors de la CAO
- La pièce qui entoure le guidon doit pouvoir serrer le guidon pour que le support soit stable
- Prévoir des trous pour la visserie, le diamètre doit être adapté :
 - o Il doit être un peu plus grand pour que la vis passe dedans sans soucis
 - o Si le perçage pour les trous se fait sur une partie en surplomb, il faut anticiper le fait que la section droite ne sera pas parfaitement circulaire
- Envisager un système de réglage (position, orientation) une fois le téléphone installé sur le support

Nous justifierons ensuite nos choix de conception toujours dans le respect du cahier des charges et dans l'optique d'avoir finalement des pièces imprimées et fonctionnelles pour l'assemblage.

Conception de nos pièces

Nous avons imaginé la conception de notre support en 4 pièces : 2 pièces qui entourent le cintre et 2 autres pièces pour tenir le smartphone. Nous débutons ainsi notre conception par la réalisation des 2 pièces entourant le cintre.

Il n'y a pas de réelles difficultés pour cela mais il est primordial de concevoir nos pièces en fonction du diamètre du guidon qui est de 22,2 mm. Nous pensons ainsi modéliser 2 pièces qui seront fixées entre elles par des vis, ce qui permettra de monter le support cintre équipé (poignées, freins, etc...).

Dans un premier temps, la pièce du bas est alors conçue pour épouser la forme du cintre, elle possède donc un arrondi afin d'entourer le guidon du vélo. Le rayon de cet arrondi est de 10 mm et non 11,1 mm pour que cette pièce puisse être fixée au guidon lorsque la vis sera serrée dans la pièce du haut. Nous prévoyons 2 trous de 4,8 mm de diamètre pour passer des vis M4 à tête hexagonale de 25 mm. Le diamètre de la vis étant de 4 mm, elles passeront alors sans soucis dans le trou même en cas de défaut de perçage dans cette matière qui sera en surplomb. En effet, nous avons utilisé l'assistance au perçage intégré dans SolidWorks pour faire ces passages de vis, nous avons pris soin de spécifier « avec jeu » pour prévoir le cas où la matière s'affaissait sur le dessus du trou.

Pour la modélisation de cette pièce, nous avons utilisé un axe de symétrie qui est nettement visible au milieu de l'arrondi. L'épaisseur de notre pièce est de 2,5 cm, nous jugeons que cela sera assez grand pour avoir une bonne solidité. De plus, nous arrondissons notre pièce sur les côtés pour l'esthétique de celle-ci.

Enfin, nous terminons par casser les angles droits de notre pièce par des chanfreins suivis de congés car la surface sera tangente au plateau lors de l'impression. Cela évitera donc un possible décollement de notre pièce lors de l'impression. Du côté opposé, nous avons aussi mis des chanfreins suivis de congés bien que nous aurions pu simplement mettre des congés comme l'autre côté ne sera pas tangent au plateau lors de l'impression. C'est simplement un choix pour une question de symétrie de pièce.

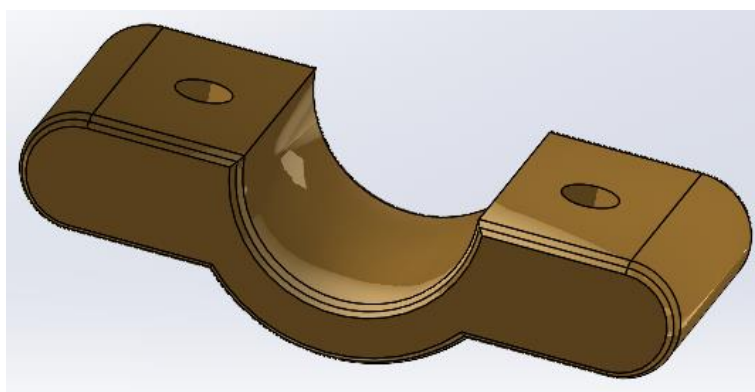


Figure 1 : Partie basse du cintre

Dans un second temps, nous pouvons maintenant modéliser la partie qui reposera au-dessus de cette dernière, entourant ainsi le guidon du vélo. Pour cette pièce, nous sommes partis de la même base que pour la pièce précédente. Le rayon de l'arrondi fait donc aussi 10 mm. Pour pouvoir serrer le guidon avec la partie basse du cintre ([Figure 1](#)), nous avons réalisé symétriquement deux trous de 4,8 mm de diamètre. Cependant, ici nous rajoutons deux autres trous au-dessus de chaque passage de vis

M4 de 25 mm de hauteur. Ces derniers ont pour objectif de noyer un écrou hexagonal auto freiné M4 pouvant bloquer la vis. L'écrou faisant une largeur de 7 mm arête à arête, les trous possèdent une largeur arête à arête de 7,3 mm. Cette largeur est pensée pour pallier un potentiel défaut d'impression mais aussi pour empêcher la rotation de l'écrou dans le trou. Ces trous ont une profondeur de 6 mm, adaptée pour recevoir les écrous qui ont une profondeur de 5 mm.

Ensuite, cette pièce possède une partie haute, au-dessus de l'arc de cercle, qui sert de lien entre les deux pièces qui entourent le guidon et les deux autres pièces servant de support au téléphone. Pour faire ce lien, nous avons pensé à une vis et un écrou noyé dans cette partie haute. Cependant, cette dernière possède des mesures respectant au mieux le cahier des charges. C'est à dire une inclinaison de 30° au niveau de la réception du support de téléphone et une hauteur de 18 mm entre le haut de l'arc de cercle et la surface inclinée à 30° . Cela nous permettra d'avoir une distance inférieure à 2 cm entre le haut du guidon et le dessous du support comme demandé. Nous choisissons pour cette partie haute une largeur de 22 mm. Elle est pensée pour donner au support une certaine stabilité mais en respectant aussi les contraintes liées aux trous de chaque côté qui réceptionnent les écrous et les vis. Comme évoqué plus tôt, cette partie haute fait le lien avec le support de téléphone grâce à une vis et un écrou. Nous avons donc fait un premier trou d'un diamètre de 4,8 mm pour réceptionner le corps de la vis et un deuxième trou hexagonal d'une largeur d'arête à arête de 7,3 mm. Ces deux trous sont dans un axe parallèle de ceux qui servent à serrer les deux pièces au guidon. Il sera alors très important de faire très attention à la longueur de la vis, qui ne doit pas toucher le cintre du vélo.

Enfin, ici aussi nous terminons par casser les angles droits avec des chanfreins et des congés de la même manière que précédemment.

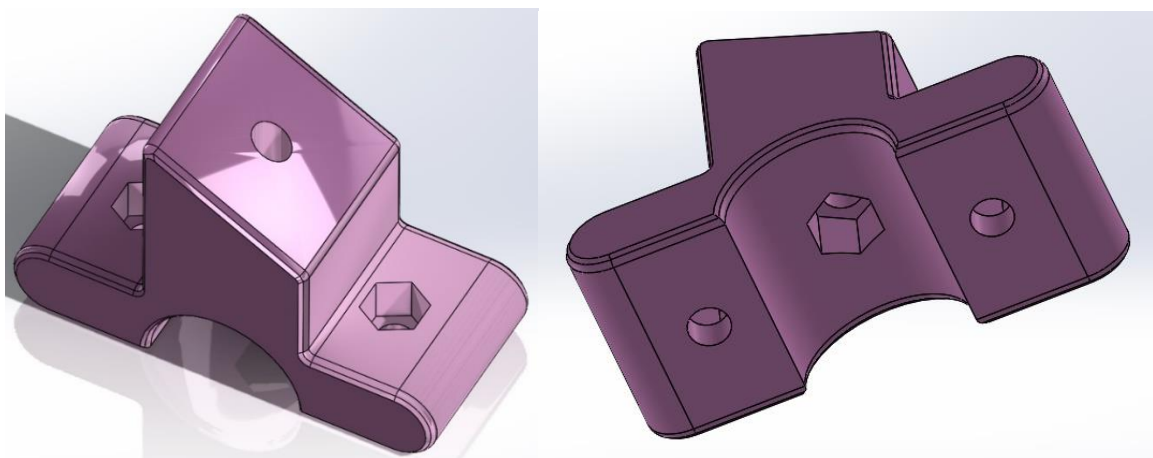


Figure 2 : Partie haute du cintre

Après avoir réalisés les deux pièces qui entourent le cintre, nous attaquons la conception des deux pièces servant de support au téléphone. Nous imaginons un système de rails pour relier ces deux pièces. Chaque rail sera tenu par une vis sur le dessus et un écrou papillon en dessous ce qui permettra de serrer le téléphone sur sa largeur. Nous commençons d'abord par la réalisation de la partie gauche de notre support. Cette partie est directement reliée à la partie haute du cintre.

Cette pièce se compose d'abord d'un pavé de 15 cm de long pour 5,5 cm de large et avec une profondeur de 1cm. Ces distances ont été choisies pour pouvoir, avec la deuxième pièce, tenir tous les téléphones donnés dans le cahier des charges. Nous avons estimé que 1 cm de profondeur suffisait pour rendre le support assez solide. Dans ce pavé, nous avons créé deux enfoncements pour

réceptionner les rails. Ces enfoncements avaient à l'origine comme longueur, la largeur du pavé. Cependant, grâce à l'assemblage de cette pièce et l'autre formant le support, nous nous sommes rendu compte qu'il était préférable d'avoir une longueur plus courte. Ces enfoncements font donc 4,9 cm de long pour 2 cm de large avec une profondeur de 6,8 mm. Ces dimensions sont choisies pour réceptionner les rails de l'autre pièce tout en gardant un certain jeu pour pallier les incertitudes de l'impression. Nous avons par la suite réalisé un trou dans chaque enfoncement. Chacun des deux trous a pour objectif de recevoir le corps de la vis qui sert à bloquer les rails. Ils ont aussi un diamètre de 4,8 mm.

Ensuite, nous avons réalisé le trou qui permet l'insertion de la vis à faisant le lien entre la partie haute du cintre et cette pièce (appelée partie gauche du support). Nous avons établi auparavant que la partie haute comporte une inclinaison à 30°. Pour pouvoir obtenir le maintien du support avec cette inclinaison, nous avons dû créer un trou dans la partie gauche du support avec comme direction un axe oblique. Pour réaliser ce trou nous avons créé un plan avec comme direction cet axe incliné et un axe parallèle à celui de la largeur du pavé. Ce plan était au départ placé au centre de notre pièce. De ce plan, nous avons fait deux trous. Un premier pour réceptionner le corps d'une vis CHC M4, c'est à dire d'un diamètre de 4,8 mm, traversant toute la pièce. Cette vis sera cette fois-ci à tête cylindrique car elle se visse avec une clé Allen et c'est un avantage en terme de place comparé à une clé à pipe. Le deuxième trou se forme d'un enfoncement de diamètre 9 mm pour pouvoir accueillir la tête de vis posée sur une rondelle plate de type Z. Ce trou et cet enfoncement étaient au départ centrés au milieu de notre pièce. Cependant, pour répondre à la contrainte des 7 cm d'écart entre le centre du guidon et la face inférieure du téléphone, nous avons remonté l'ensemble (trou + enfoncement). Nous nous sommes rendu compte de cela grâce au test d'intégration de notre pièce dans l'assemblage. L'assemblage nous a aussi permis d'identifier un problème majeur. Les trous dans les enfoncements pour les rails accueillent chacun une vis qui est serrée par en dessous à l'aide d'écrous papillons. Or, avec cet emplacement, les écrous à oreilles sont bloqués par la pièce "partie haute du cintre". Pour remédier à ce problème nous avons décalé l'ensemble sur le côté opposé aux trous faits dans l'enfoncement pour les rails. Toute cette étape a été pour nous la partie la plus difficile. Nous avons aussi peur que le support soit finalement asymétrique et qu'il puisse être fragilisé par des chocs sur la partie droite qui sera alors moins soutenue.

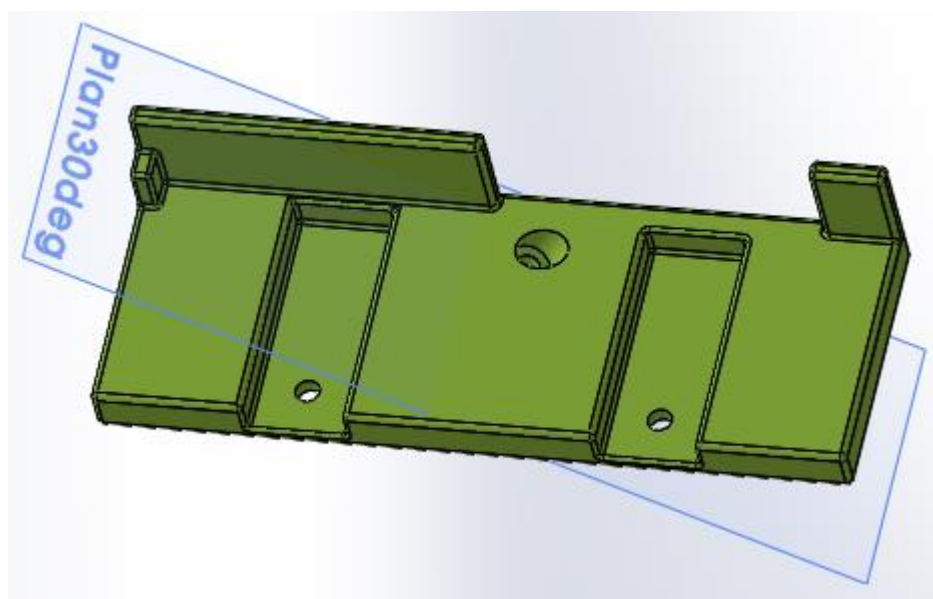


Figure 3 : Partie gauche du support

De plus, pour pouvoir tenir le téléphone, nous avons ajouté des rebords. Ils sont au nombre de 3 sur cette pièce. Nous avons placé deux rebords de longueurs différentes sur le côté gauche de la pièce. Ils ont une largeur de 4 mm pour une hauteur de 2 cm. Leur longueur est adaptée en fonction des potentiels boutons sur le côté, ils sont placés ici notamment sur l'iPhone 11. Nous savons que pour un rebord comme celui-ci, il est nécessaire de lui donner une épaisseur minimale de 2 mm pour que l'impression se réalise correctement. Nous avons donc anticipé ce problème en choisissant une épaisseur de 4 mm. De plus, leur hauteur permet de couvrir totalement le téléphone, nous avons anticipé aussi la possibilité d'une coque sous le téléphone, ce qui augmente son épaisseur et sa largeur. Le troisième rebord se situe en bas à gauche de la pièce. Il a pour objectif d'éviter que le téléphone glisse par le bas. Il est à noter que si le support est bien serré, le téléphone ne peut normalement pas bouger. Ce dernier rebord possède une hauteur plus courte que les précédents (1 cm de hauteur) pour que l'utilisateur puisse pleinement utiliser et voir son écran de téléphone. La longueur de ce rebord est adaptée pour ne pas bloquer une potentielle entrée Jack du téléphone.

Enfin, nous finalisons la conception par des chanfreins suivis de congés sur la face du dessous de la pièce. Le reste des angles droits de la pièce a été effacé par des congés, en distinguant les rails, les rebords de téléphone et le reste des congés. Nous avons choisi de ne pas mettre de congés dans les trous de visserie pour éviter des soucis dans les passages de vis.

Enfin, nous terminons notre conception par la dernière pièce, la partie droite du support. Cette dernière contient les 2 rails qui s'enfonceront dans la précédente pièce. La largeur de ces rails est de 2 mm plus petite que l'enfoncement prévu, ce qui permet un glissement pour le réglage de la largeur.

Nous prévoyons dans ces rails une double rainure. L'une permettra le passage du corps de la vis, l'autre servira à poser une rondelle plate en dessous la tête de vis. Nous choisissons de mettre ici une vis à tête hexagonale et non cylindrique. Nous avons pensé dans un premier temps que cela n'aurait aucune importance mais la tête de vis cylindrique est plus haute que celle hexagonale. Cette vis glissera donc dans ce rail sans dépasser de la rainure, ce qui permettra de serrer le support en fonction de la largeur du téléphone.

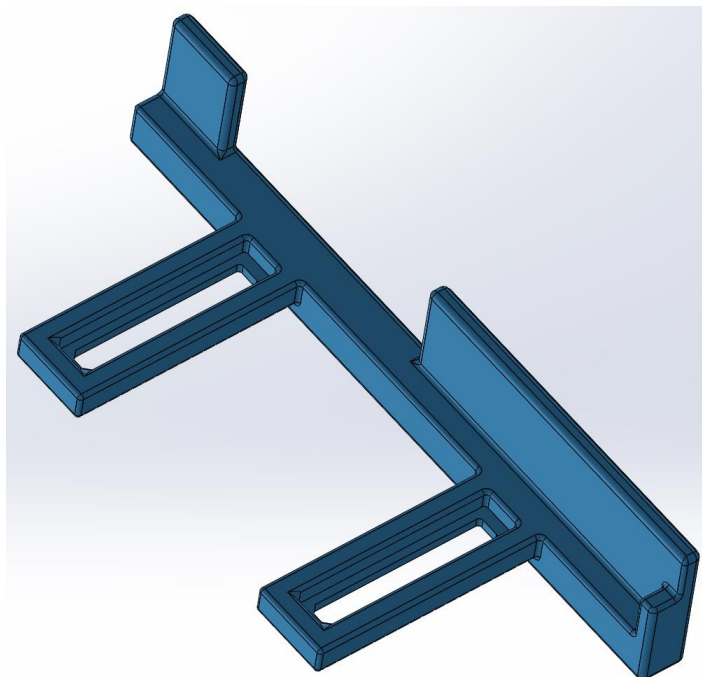


Figure 4 : Partie droite du support

Nous réalisons ensuite ici les 3 rebords de téléphone de la même manière que sur la partie gauche du support. Nous ne réexpliquons donc pas nos choix de conception ici, si ce n'est que ces 6 rebords ne gênent aucun des 5 téléphones proposés.

De la même manière, nous réutilisons notre méthode pour le choix des chanfreins et des congés. Nous avons utilisé ici des chanfreins pour un endroit de la pièce, leur rôle sera expliqué dans le choix du sens d'impression de cette pièce, qui pourrait poser un problème.

Assemblage de notre support

Tout au long de la réalisation de notre projet, nous travaillons d'un côté avec la modélisation des 4 pièces, qui se fait en réalisant des tests unitaires. De l'autre côté, nous créons différents assemblages, ils nous permettent de réaliser des tests d'intégration de nos pièces. Plus précisément, nous avons dans un premier temps fait un assemblage composé seulement de nos 4 pièces. Ensuite, nous l'avons étendu avec l'ajout de la visserie. Nous avons fini par ajouter le cintre du vélo et les différents smartphones qui ont été posés sur notre support comme ci-dessous.

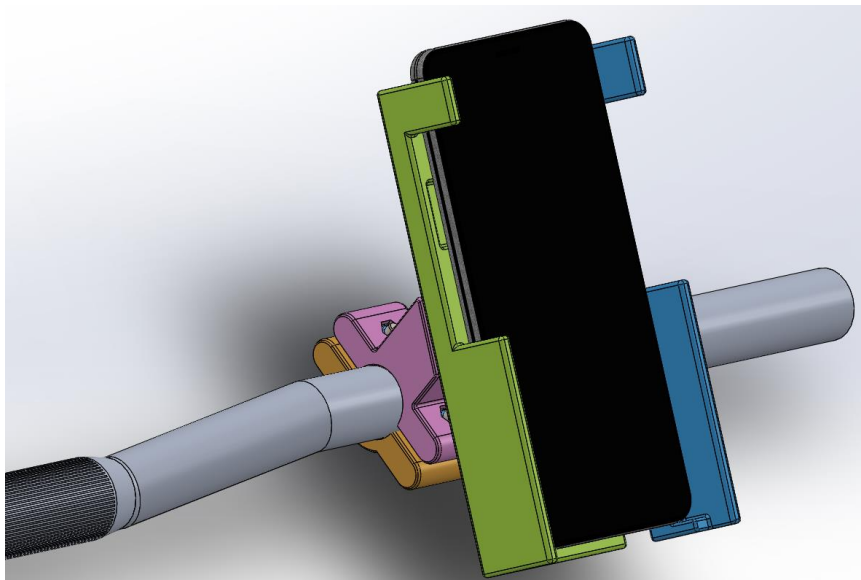


Figure 5 : Assemblage du projet

La réalisation de l'assemblage a été déterminante pour notre projet, elle nous a permis de toujours remettre en question nos choix de conception afin de nous adapter au cahier des charges. Différents essais et différentes vérifications ont donc été réalisés afin de tester notre support. Par exemple, nous avons pris soin de changer la couleur de nos différentes pièces afin de s'assurer que les trous étaient bien en face pour la visserie.

Une bonne conception des différentes pièces avec des esquisses toujours totalement contraintes a alors été primordiale pour qu'il soit possible de modifier facilement nos pièces. En effet, l'adaptation de nos pièces se faisait très rapidement, ce qui nous permettait d'enchaîner les essais à l'assemblage. Nous nous sommes donc aussi perfectionnés à la notion d'assemblage sur SolidWorks, avec des contraintes qui nous permettent de simuler une future utilisation de notre support.

Choix d'un sens d'impression

Après la modélisation, il s'en suit l'impression. Pour chacune de nos 4 pièces, nous allons donc définir le sens d'impression que nous recommandons. L'impression se fait sans support, il est donc important d'éviter au maximum d'avoir des parties à imprimer en surplomb. Ainsi, le choix du sens d'impression se doit d'être le plus judicieux possible.

Le sens d'impression pour nos 4 pièces sera le suivant :

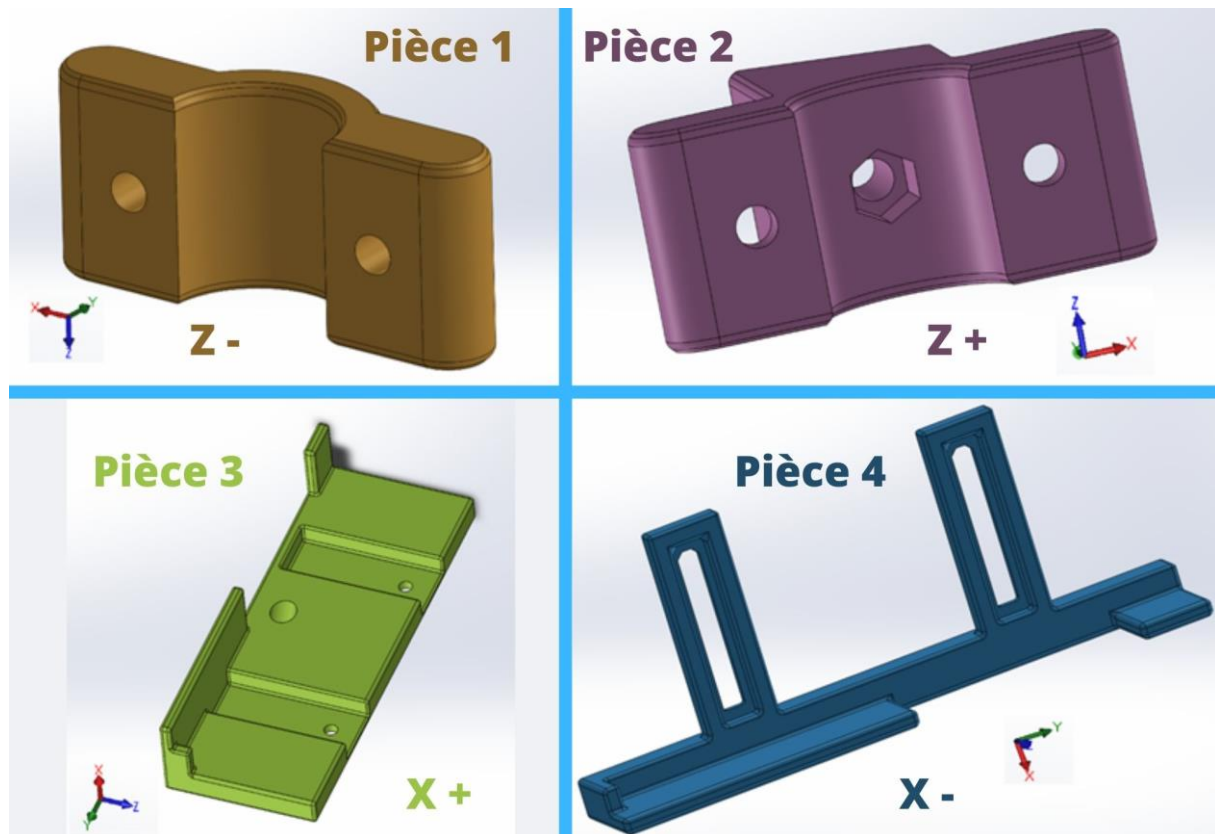


Figure 6 : Choix du sens d'impression pour nos 4 pièces

Pour les pièces 1 et 2, nous aurions pu imprimer dans le sens opposé (Z+ pour la 1 et Z- pour la 2), cela ne change rien. Les potentiels défauts se situeraient sur les enlèvements de matière pour les passages de vis. En effet, la moitié supérieure des trous circulaires s'imprimerait en surplomb, il se peut que la matière s'affaisse, c'est pourquoi nous avons prévu large pour ces trous (8 mm de plus). En revanche, il n'y a pas de soucis pour l'hexagone, ses angles étant de 30 degrés, la matière s'imprimerait en surplomb et nous avons pris soin de ne pas avoir une arête horizontale en haut de l'hexagone.

La pièce numéro 3 ne présentera pas de défauts majeurs, les dégagements pour les vis M4 se font dans l'axe de l'impression.

La pièce numéro 4 est la plus complexe à imprimer, ce sens d'impression est obligatoire depuis que nous avons rajouté les rebords. Le haut des rails tel qu'il est visible sur la [Figure 6](#) sera effectivement en surplomb. Cependant, nous avons prévu des chanfreins à 45 degrés pour soutenir ces ponts et nous espérons que cela suffira. Il n'est pas obligatoire que le rail soit fermé en haut, nous pourrions très bien l'ouvrir en cas de problèmes. De plus, cette pièce sera assez longue à imprimer à cause de sa hauteur.

Enfin, l'impression de nos 4 pièces est facilitée par le bon usage des fonctions congés et chanfreins mais aussi par des bases solides. Nous avons principalement respecté 4 principes :

- Ne pas utiliser de congé tangent au plateau (prévoir un chanfrein + congé)
- Remplacer les angles droits par des congés pour solidifier la pièce et éviter les décollements de matière
- Avoir au moins 2 mm d'épaisseur sur la base collée au plateau
- Faire des rebords d'au moins 2 mm et utiliser des multiples de la taille de buse ($\times 0.4$) lorsque des petits détails sont à imprimer (< 2 mm)

Nous espérons avoir anticipé le plus de défauts possibles, ce qui entrainerait une bonne impression de notre pièce et nous permettrait de l'utiliser sans soucis.

Fonctionnalités

Nous pensons avoir conçu un support fonctionnel. Premièrement, au niveau des tailles de smartphone, notre support est adapté à ceux dont la largeur est comprise entre 6 et 8,4 cm. Au-delà de 2 millimètres d'écart avec cet intervalle, notre support n'est plus fonctionnel car le téléphone ne sera plus serré. Pour la hauteur du téléphone, il n'y a pas de réels soucis, nous préconisons cependant de ne pas dépasser le support de plus de 5 cm. Notre support fait 15 cm de haut, il faut savoir que tous les centimètres en plus dépasseront du support.

Notre support est donc adapté à la grande majorité des smartphones de nos jours. En effet, leur largeur moyenne est de 7-7,5 cm et leur hauteur est souvent proche des 15 cm. Une potentielle coque sur le téléphone n'est pas non plus gênante sur le support. En ce qui concerne l'accessibilité aux prises et aux boutons, nos rebords sont adaptés aux principaux emplacements choisis par les constructeurs de téléphones.

Cependant, l'orientation du téléphone n'est pas possible sur le support. Nous pouvons tout de même supposer qu'il est possible de serrer la partie de gauche du support à la pièce supérieure qui entoure le cintre dans l'orientation voulue. Mais si l'orientation est trop importante, alors la vis bloquera car les 2 trous ont le même axe seulement quand le support est à la verticale, dans une position « normale » d'utilisation. Nous ne jugeons pas cela très dérangeant car un support de téléphone est rarement utilisé en mode paysage.

L'inclinaison du téléphone, elle, peut se gérer à tout moment en orientant la manière dont les 2 pièces qui entourent le cintre sont fixées. En effet, ces 2 pièces ne sont pas forcément serrées dans un plan horizontal qui, lui, donne une inclinaison de 30 degrés au téléphone.

En revanche, il est donc nécessaire d'utiliser des outils pour régler ces 2 paramètres, ce qui n'est pas idéal.

Une fois l'inclinaison du téléphone choisie, le montage du téléphone sur le support, préalablement fixé au guidon, se fait sans outils. En effet, il suffit de poser le téléphone sur le support en écartant le rail à droite. Ensuite, il faut serrer le rail de droite au maximum contre le téléphone et ainsi serrer les écrous papillons sur le dessous du support.

Enfin, notre support respecte donc les points importants du cahier des charges, une mise en plan du support est aussi disponible dans le dossier de notre CAO. Elle permet notamment la vérification des distances qui étaient inscrites dans le cahier des charges.

Conclusion

Ce projet s'est révélé très enrichissant dans la mesure où nous avons beaucoup appris, que ce soient des notions importantes sur la modélisation mais aussi une meilleure maîtrise du logiciel SolidWorks.

Au début, ce n'était pas forcément évident puisque la modélisation pour de l'impression 3D était quelque chose de nouveau pour nous, mais nous nous sommes investis dans ce projet et nous sommes plutôt satisfaits du résultat. Nous pensons avoir appris à travailler dans le cadre d'un projet, c'est-à-dire en appliquant des méthodes de travail rigoureuses. Nous pensons notamment au fait de devoir respecter un cahier des charges et d'anticiper des contraintes liées à l'imprimante 3D en elle-même. Nous avons aussi associé cela à la réalisation de tests unitaires et de tests d'intégration pour s'assurer du bon fonctionnement mécanique de nos pièces.

Nous sommes donc parvenus à créer un support de téléphone pour vélo fonctionnel, s'adaptant à de nombreux smartphones et assurant une sécurité à l'utilisateur. En revanche, il est dommage de s'arrêter à la modélisation de nos pièces, nous aurions aimé pouvoir appréhender l'impression de celles-ci, ce qui est un bon moyen de vérifier si nous avons anticipé tous les défauts éventuels pendant notre conception. De plus, notre support aurait pu être confronté à un vrai test, ce qui nous aurait permis de conclure sur de nombreux points.

Enfin, nous avons pris plaisir à travailler sur ce projet car nous avons réussi à nous adapter malgré le fait d'être à distance. En effet, nous avons pleinement utilisé le partage d'écran via Teams mais aussi son mode de contrôle à distance pour échanger et travailler à deux.

Annexe

Ce rapport est accompagné d'un dossier CAO qui contient :

- Nos 4 pièces créées pour le support
- 4 types d'assemblage (adaptabilité avec différents smartphones, détermination de la largeur maximale et minimale de téléphone, réglage de l'inclinaison, réglage de l'orientation)
- Toutes les pièces standards utilisées (cintre, smartphones, visserie)
- Une mise en plan pour illustrer le respect du cahier des charges

Les 3 derniers assemblages n'ont pas été totalement contraints afin de visualiser nos essais. Par exemple, il est possible de visualiser nos tests qui nous ont amené à déterminer l'intervalle en largeur d'utilisation de notre support. De plus, il est possible de faire pivoter les 2 pièces entourant le cintre afin de comprendre comment l'inclinaison se règle. Enfin, le dernier assemblage illustre ce qui empêche une grande rotation de notre support. Cela pourrait se régler dans le futur par un meilleur système.

Nous vous souhaitons une bonne analyse de la modélisation de notre support pour téléphone.