



Boîtier de vol Astro Pi Mark II imprimé en 3D

Utilise une imprimante 3D pour créer une réplique du boîtier de vol Astro Pi Mark II, comme celle envoyée à l'ISS en 2021.



Étape 1 Introduction

Le boîtier de vol Astro Pi est l'un des boîtiers les plus populaires de l'histoire du Raspberry Pi. Les unités de vol matériel Mark I d'origine sont en service sur la Station spatiale internationale (ISS) depuis 2015. En 2021, de nouveaux Astro Pis améliorés ont été envoyés en remplacement. Avec l'ajout d'un Raspberry Pi plus puissant, de nouveaux capteurs et de la caméra haute qualité Raspberry Pi, une nouvelle conception du boîtier de vol était nécessaire.

Dans cette ressource, tu apprendras comment imprimer en 3D ton propre boîtier de vol Astro Pi Mark II et comment installer le matériel Astro Pi à l'intérieur. Tu auras alors ta propre unité de vol Astro Pi, presque identique en tous points aux nouvelles unités qui sont maintenant en service sur l'ISS.

Tu n'es pas obligé de suivre chaque étape exactement comme elle est décrite dans ce guide, qui a pour but de fournir un ensemble d'instructions fiables pour quelqu'un qui souhaiterait produire une réplique du boîtier. Il existe souvent de nombreuses façons de s'attaquer à des projets de ce type. Si tu as une autre technique préférée, ou si tu penses que quelque chose doit être fait d'une autre manière, tu devrais te lancer et essayer une autre approche. Cela est particulièrement vrai pour la partie impression 3D du projet : il existe de nombreuses imprimantes 3D et filaments différents et tu dois te préparer à modifier certaines des étapes afin de prendre en compte ces différences. Il s'agit d'un projet complexe et il faut t'attendre à devoir ajuster ton processus pour obtenir les meilleurs résultats. Prépare-toi à ce que les travaux d'impression ne produisent pas les meilleures pièces possibles du premier coup.

Ce que tu vas réaliser





Ce qu'il te faut

Matériel

- Raspberry Pi 4 (<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/>) et carte SD
- Caméra haute qualité Raspberry Pi (<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-high-quality-camera/>)
- Raspberry Pi Sense HAT (<https://www.raspberrypi.com/products/sense-hat/>)
- 2 boutons-poussoirs (fil de 10 mm de diamètre ou 7 mm – voir ci-dessous)
- Capteur infrarouge passif (PIR) Kemet (<https://uk.farnell.com/kemet/ss-430l-w/pir-sensor-5m-37deg-28deg-5-5vdc/dp/3027688>) ou Parallax (<https://www.parallax.com/product/pir-sensor-with-led-signal/>) (tel que fourni dans les kits officiels de Mission Space Lab)
- Si tu utilises le capteur PIR de Kemet, tu auras également besoin du câble correspondant (<https://www.digikey.co.uk/en/products/detail/jst-sales-america-inc/A05SR05SR30K152B/6708507>)
- Si tu utilises le capteur PIR de Parallax, tu auras besoin d'une borne de connexion électrique 3 fils
- Entretoises hexagonales filetées M2.5/M2.5 × 11 mm × 5 mm M/F
- Entretoises hexagonales filetées M2.5/M2.5 × 10mm × 5 mm M/F
- Connecteur haut à 26 broches (<https://thepihut.com/products/stacking-header-for-raspberry-pi-2x13-extra-tall>)
- Vis à tête cylindrique à filetage total M2.5 × 6 mm (DIN 912)
- Vis à tête cylindrique M2 X 16 mm (DIN 912)
- Écrous hexagonaux M2 (DIN 934) - Acier inoxydable
- Vis à tête cylindrique à filetage total M4 × 12 mm (DIN 912)
- Vis à tête cylindrique à filetage total M2 × 8 mm (DIN 912)
- 7 fils de connexion courts (environ 120 mm), avec une extrémité F
- Quelques gaines thermo rétractables de 2 mm de diamètre
- Une bande de filtre Rosco 98 Medium Greyde 90 × 50 mm (<https://us.rosco.com/en/products/filters/r98-medium-grey>)

Si tu veux acheter les mêmes boutons (<https://www.mouser.co.uk/datasheet/2/26/pushbutton-switches-serie-10400-1519227.pdf>) que ceux utilisés dans l'unité de vol Astro Pi, tu trouveras les détails ci-dessous. Cependant, ils sont coûteux – c'est parce qu'ils sont conçus pour résister à un très grand nombre de clics avant de s'user, une caractéristique nécessaire pour une mission spatiale de cinq ans.



- Fabricant : APEM
- Référence du fabricant : 104350003

Si tu veux utiliser des boutons différents (moins chers), n'hésite pas. Il existe deux versions différentes du panneau supérieur de l'unité de vol : une pour les boutons de 10 mm, l'autre pour ceux de 7 mm. Tu dois choisir tes boutons avant d'imprimer ton boîtier !

Exigences supplémentaires

- Accès à une imprimante 3D. De nombreuses écoles disposent désormais de leur propre imprimante 3D, ou bien tu peux en trouver une dans ton espace Maker le plus proche (<http://www.hackspace.org.uk/>). Tu peux également trouver des services d'impression 3D locaux sur le site Web Hubs 3D (<https://www.3dhubs.com/>).

Tu auras également besoin des outils suivants :

- Clé Allen 1,5 mm
- Clé Allen 2,5 mm
- Petite paire de pinces
- Cutter ou scalpel
- Papier de verre
- Ciseaux
- Ruban adhésif
- Pinces à dénuder
- Pince coupante
- Fer et fil à souder (si tu n'as jamais fait de soudure, regarde cette vidéo (<https://www.raspberrypi.com/news/getting-started-soldering/>) pour quelques conseils)
- Pistolet thermique

Logiciels

- Raspberry Pi OS

Téléchargements

- Logiciel d'auto-test (<https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643ad1d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/selftest.zip>)



Ce que tu vas apprendre

- Techniques d'impression 3D de formes irrégulières
- Comment connecter des composants électroniques à l'ordinateur Raspberry Pi à l'aide des broches GPIO.



Informations supplémentaires pour les enseignants

Si vous avez besoin d'imprimer ce projet, veuillez utiliser la version imprimable (<https://projects.raspberrypi.org/en/projects/astro-pi-flight-case-mk2/print>).

Étape 2 Obtenir les fichiers 3D

Les fichiers 3D sont au format STL ([https://en.wikipedia.org/wiki/STL_\(file_format\)](https://en.wikipedia.org/wiki/STL_(file_format))) qui est largement utilisé pour les impressions 3D dans le monde entier. Si tu les importes en utilisant les millimètres du système métrique (mm), aucun ajustement d'échelle ne sera nécessaire.

Si tu souhaites reproduire une copie authentique des boîtiers de vol Astro Pi, tu devras utiliser l'un des capteurs PIR Kemet qui sont inclus dans les appareils de l'ISS.

Cependant, si tu souhaites construire un boîtier de vol pour ton kit Astro Pi Mission Space Lab, tu peux utiliser les fichiers STL modifiés qui ont été réalisés afin de te permettre d'installer facilement le capteur PIR Parallax (fourni dans le kit) sur le panneau avant.

Cela signifie qu'il existe quatre options différentes pour le panneau avant : chaque option de capteur offre deux tailles de boutons possibles. Assure-toi de télécharger et d'imprimer le bon modèle pour ton projet.

Il est à noter que ces fichiers STL sont sous licence Creative Commons Attribution - Pas d'utilisation commerciale - Partage dans les mêmes conditions

4.0 International (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr>).



(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Télécharge chacun de ces fichiers et enregistre-les dans un dossier sur ton ordinateur :



Partie 1 : Panneau avant de l'unité de vol

Voici le panneau frontal du boîtier standard, qui correspond à ceux de l'ISS. Il a un trou carré dans le coin supérieur droit pour le capteur PIR de Kemet.

Version 1 : Trous pour boutons de 10 mm, à utiliser avec les boutons utilisés sur les unités de vol de l'ISS.



Astro_Pi_Mark_II_upper_kemet_1 (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_upper_kemet_1.STL)

Version 2 : Trous pour boutons de 7 mm



Astro_Pi_Mark_II_upper_kemet_small_buttons_1 (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_upper_kemet_small_buttons_1.STL)

Voici les versions modifiées, qui comportent un emplacement pour le montage du capteur PIR Parallax plus grand fourni dans les kits officiels des participants à la mission Astro Pi Space Lab.

Version 3 : Trous pour boutons de 10 mm, à utiliser avec les boutons utilisés sur les unités de vol de l'ISS.



Astro_Pi_Mark_II_upper_parallax_1 (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_upper_parallax_1.STL)

Version 4 : Trous pour boutons de 7 mm



Astro_Pi_Mark_II_upper_parallax_small_buttons_1 (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_upper_parallax_small_buttons_1.STL)

Partie 2 : Base de l'unité de vol



Astro_Pi_Mark_II_lower_1 (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_lower_1.STL)

Partie 3 : Support du capteur de caméra haute qualité



Astro_Pi_Mark_II_camera_1 (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_camera_1.STL)

Partie 4 : Fenêtre du capteur de lumière

Les fenêtres des unités de vol de l'ISS sont imprimées à l'aide d'une résine transparente. Cela peut être difficile à reproduire sans une imprimante plus spécialisée. Si tu construis une unité de vol à utiliser avec un kit d'entrée Astro Pi Mission Space Lab, nous te suggérons d'omettre la fenêtre afin d'obtenir des données utiles depuis le capteur de lumière du Sense HAT.

Si tu n'as pas besoin d'utiliser le capteur de lumière, ou si tu utilises un ancien Sense HAT qui n'en est pas équipé, tu peux imprimer la fenêtre en utilisant le filament de la même couleur que le reste du boîtier, ou bien tu peux utiliser une couleur différente pour un look personnalisé.



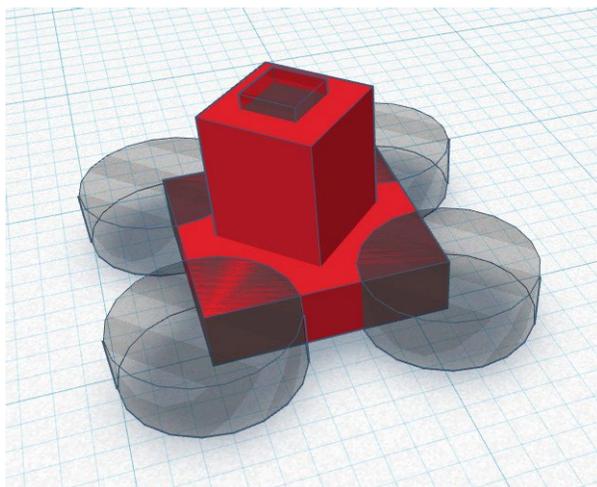
Astro_Pi_Mark_II_window_1 (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_window_1.STL)

Partie 5 : Capuchon de joystick



Astro_Pi_Mark_II_joystick_cap_1 (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_joystick_cap.stl)

Il est à noter que ce capuchon de joystick peut nécessiter de légers ajustements en fonction de la taille de la buse et de la hauteur de couche de ton imprimante. Si tu as du mal à l'adapter à la tige du joystick Sense HAT, essaie d'utiliser une hauteur de couche de 0,1 mm au lieu de 0,15 mm. La pièce étant particulièrement petite, elle est également sujette à la déformation par la chaleur. Le capuchon a été conçu à l'aide de Tinkercad et tu peux remodeler le design (<https://www.tinkercad.com/things/9LQoVurYOeM>) pour ajuster précisément les dimensions afin que le capuchon produit par ton imprimante s'adapte correctement à la tige du joystick du Sense HAT.



Partie 6 : Pieds

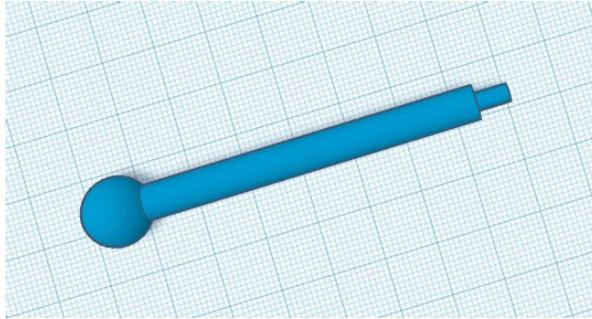
Pour protéger l'objectif et toute surface vitrée contre laquelle l'Astro Pi pourrait être placé à bord de l'ISS, l'unité de vol est dotée de quatre pieds amovibles en titane munis de boules en plastique à leur extrémité.



Astro_Pi_Mark_II_leg (https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/Astro_Pi_Mark_II_leg.stl)

Cette partie peut également être modifiée et remodelée sur Tinkercad

(https://www.tinkercad.com/things/flDuNtFK9Zh_Zh).



Étape 3 Imprimer chaque pièce

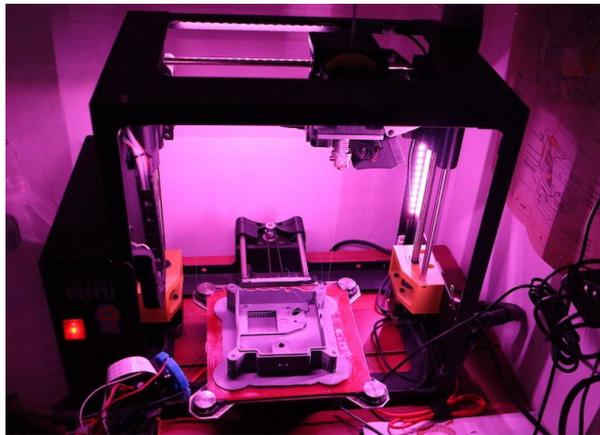
Il est important que tu respectes les procédures de sécurité appropriées spécifiées dans la fiche technique de ton imprimante 3D spécifique.

Les dangers potentiels comprennent notamment :

- Surfaces chaudes et thermoplastiques chauds (bloc de tête d'impression et lit d'impression)
- Composants mobiles (ensemble d'impression)

Nous avons testé ce projet sur une gamme d'imprimantes 3D comprenant les modèles suivants :

- Cel Robox (<https://cel-uk.com/shop/roboxdual/>).
- Lulzbot Taz 6 (<https://www.lulzbot.com/store/printers/lulzbot-taz-6>)
- Lulzbot Mini (<https://www.lulzbot.com/store/printers/lulzbot-mini>)



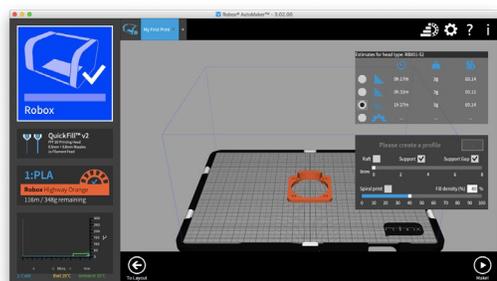
Nous avons principalement utilisé le filament PLA (acide polylactique) dans nos impressions, mais nous avons également imprimé des boîtiers tests en utilisant l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène). Il existe de nombreux modèles d'imprimantes 3D différents. Par conséquent, tu devras apporter les ajustements nécessaires aux instructions afin d'obtenir les meilleurs résultats avec ta machine particulière.

Toutes les pièces, à l'exception du capuchon du joystick, devront être imprimées avec un échafaudage de soutien, car il n'existe pas de surface complètement plane, quelle que soit son orientation. Pour la plupart des imprimantes, tu peux également ajouter un radeau, car cela facilite et accélère le retrait de l'échafaudage, notamment des ailettes du dissipateur thermique sur la base du boîtier de vol. Il empêche également les déformations dues à la chaleur et peut être utile pour les parties du joystick et des pieds. Cela augmentera toutefois le temps d'impression.

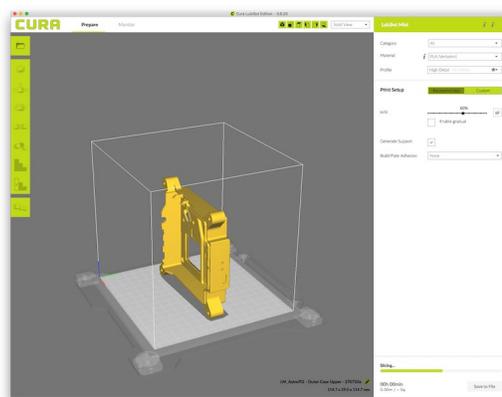
Les fichiers STL ont été générés à partir des conceptions CAO originales utilisées pour fabriquer les boîtiers de vol en aluminium Mark II de la Station spatiale internationale.



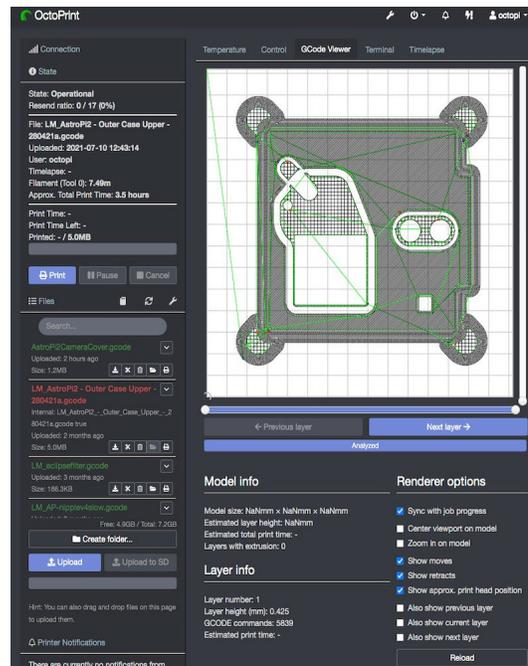
En fonction de ton imprimante et de la façon dont tu l'utilises, tu peux charger ces fichiers dans une application logicielle qui peut contrôler directement le matériel et qui générera tout le processus pour toi. Dans l'image ci-dessous, tu peux voir le fichier STL pour le support de la caméra chargé directement dans l'application Cel Robox.



Ou si tu utilises une interface web ou un autre logiciel client tel qu'Octoprint (<https://octoprint.org/>) pour contrôler une imprimante FDM/FFF (https://en.wikipedia.org/wiki/Fused_filament_fabrication#Fused_deposition_modeling), tu devras peut-être utiliser un logiciel de découpe distinct tel que Cura (<https://github.com/Ultimaker/Cura>), qui convertira le modèle en une série de couches fines pour produire un fichier de code G contenant des instructions. L'image ci-dessous provient de l'application de découpe populaire Cura.



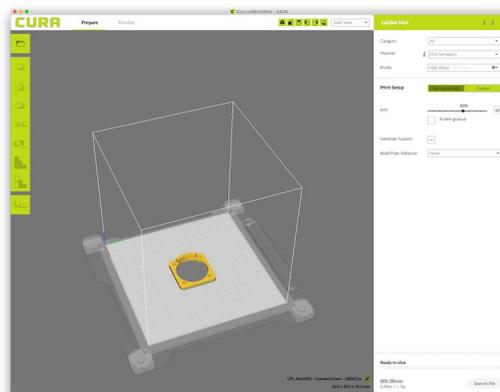
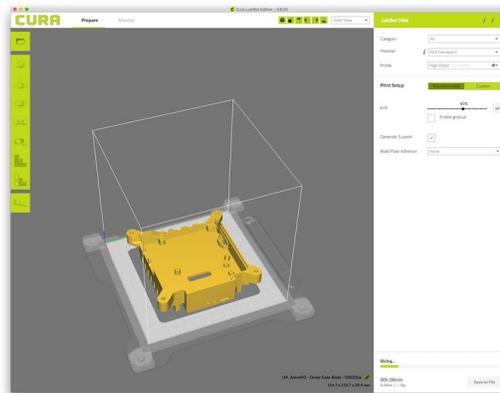
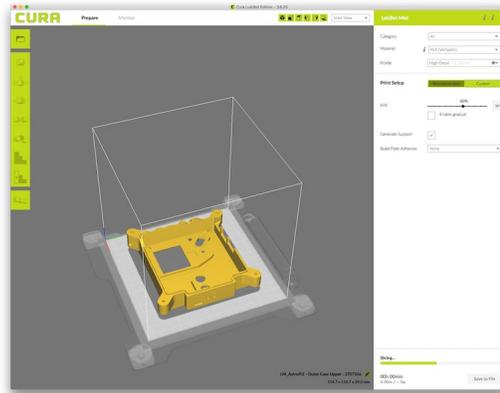
Ce fichier de code G peut ensuite être imprimé via le logiciel client, qui chargera le code G et l'utilisera pour donner des instructions

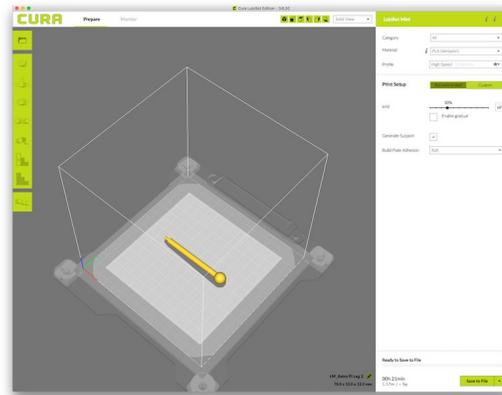
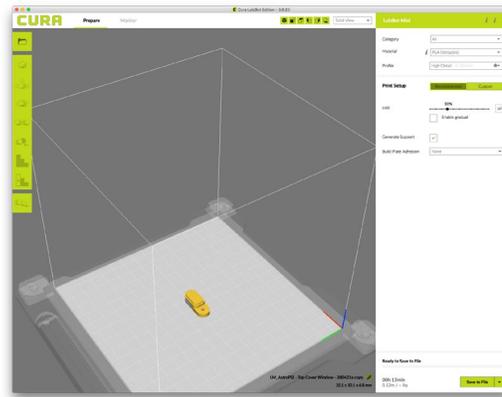


Pour obtenir une belle finition, nous te recommandons d'imprimer avec un niveau de détail élevé. Il s'agit généralement d'un nombre spécifié en microns (<https://en.wikipedia.org/wiki/Micrometre>) dans le logiciel de l'imprimante 3D. Plus ce nombre est bas, plus le modèle sera précis. Il faut également savoir que les impressions précises prennent plus de temps et que, pour les modèles que tu vas réaliser, chaque pièce peut prendre jusqu'à dix heures. Assure-toi d'avoir suffisamment de filament.

Cela dit, nos boîtiers de test ont également été imprimés en utilisant les paramètres par défaut de « qualité moyenne » des imprimantes et ils semblent tout à fait satisfaisants.

Que tu utilises une application capable de travailler directement à partir du fichier STL ou que tu crées un fichier de code G à l'aide d'un logiciel de découpe, tu dois t'assurer que tu ajustes l'orientation des pièces sur le lit de l'imprimante virtuelle de manière à ce qu'elles soient posées à plat comme indiqué ci-dessous. Cela permettra de minimiser l'utilisation d'échafaudages et de radeaux.



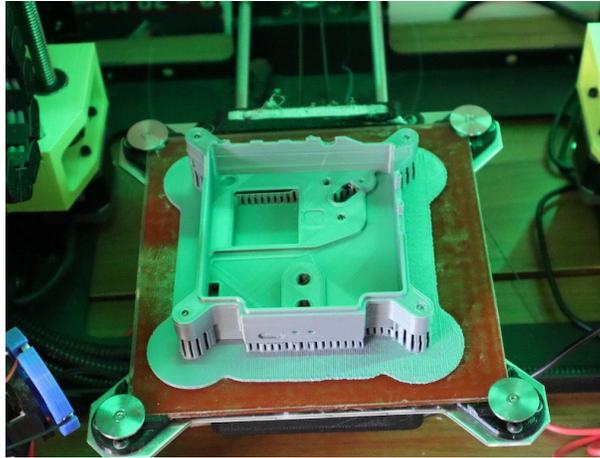


Une fois que tu as vérifié les différentes options, lance ton travail d'impression. Souviens-toi que certaines des pièces peuvent prendre plusieurs heures à réaliser et utiliser une bonne quantité de matériau. Assure-toi donc d'avoir suffisamment de temps et de filament disponible.

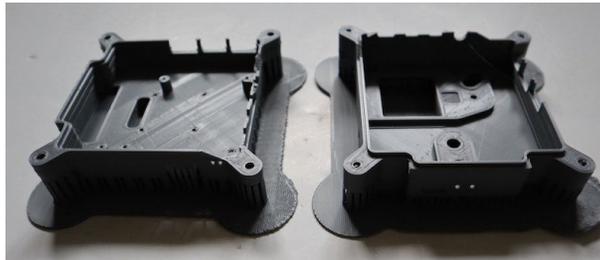


Étape 4 Retirer l'échafaudage

Lorsque les pièces ont fini d'être imprimées, essaie de les retirer du lit de ton imprimante, en gardant le radeau attaché. Laisse l'impression refroidir complètement à température ambiante avant de la toucher.



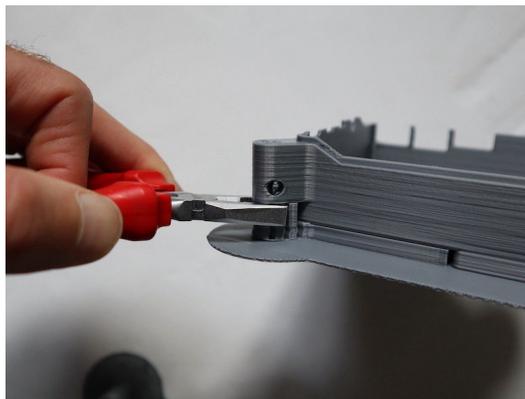
Pour que le modèle conserve sa forme pendant l'impression, ton imprimante 3D crée ce que l'on appelle des échafaudages et des radeaux pour empêcher les thermoplastiques chauds de se plier ou de s'affaisser.



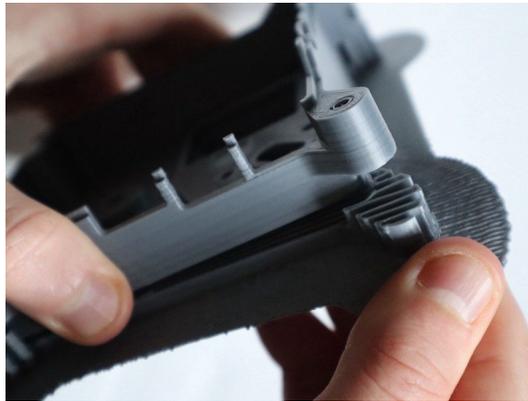
Panneau avant du boîtier de vol

Si tu as imprimé cette partie avec un radeau, tu devrais pouvoir séparer le radeau de la base et le décoller avec précaution pour qu'il emporte également l'échafaudage avec lui.

Commence par libérer l'échafaudage dans les coins à l'aide d'une petite paire de pinces.



Ensuite, utilise tes doigts pour dégager le radeau de sa base. Il te faudra peut-être glisser délicatement la lame d'un cutter dans l'interstice pour commencer.



Commence à décoller le radeau, en vérifiant que l'échafaudage s'enlève avec lui.

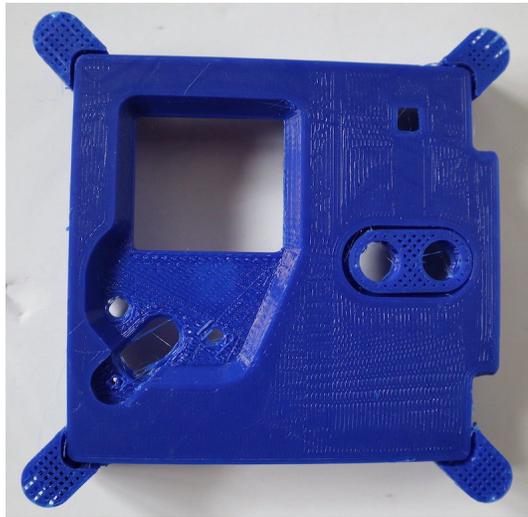


Continue à décoller lentement le radeau.

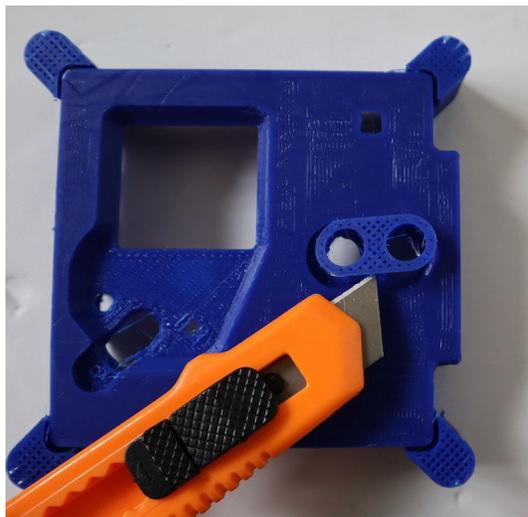


Si tu n'as pas utilisé de radeau pour ton impression, il y a trois principales zones d'échafaudage à manipuler.

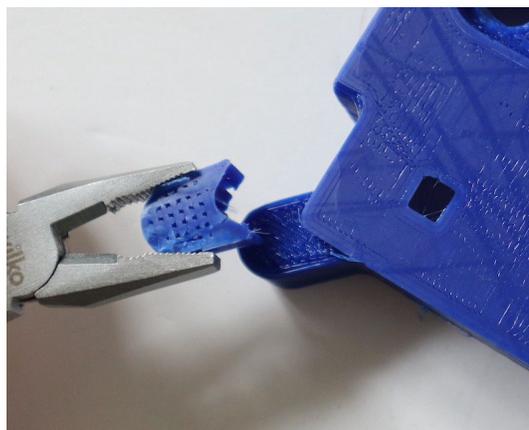
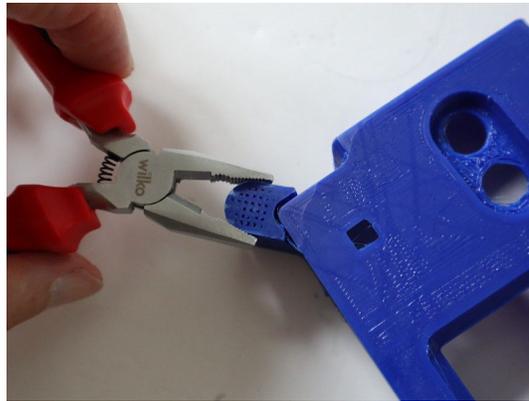
Commence par la zone située sous la fenêtre de la matrice LED. Tu devrais pouvoir glisser un cutter ou un petit tournevis sous le rebord de l'échafaudage et le décoller.



Ensuite, fais la même chose avec la région autour des trous des boutons.

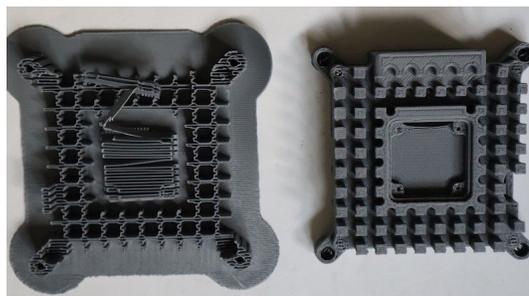


Enfin, occupe-toi des pièces de l'échafaudage dans les coins. Tu auras peut-être besoin d'une paire de petites pinces pour avoir suffisamment de prise, mais ensuite l'échafaudage devrait se détacher proprement.



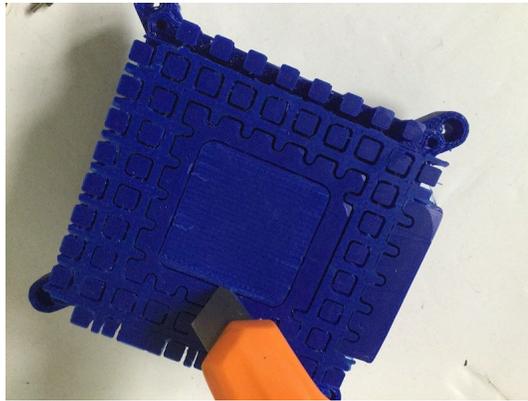
Base du boîtier de vol

Si tu as imprimé cette pièce avec un radeau, tu devrais pouvoir séparer le radeau de la base et retirer délicatement le radeau de façon à ce qu'il emporte également l'échafaudage. Fais-le très soigneusement pour éviter que les ailettes individuelles du dissipateur thermique ne se brisent. Si tu en casses une accidentellement, il est normalement possible de la rattacher avec de la colle forte, plutôt que de réimprimer le panneau entier.

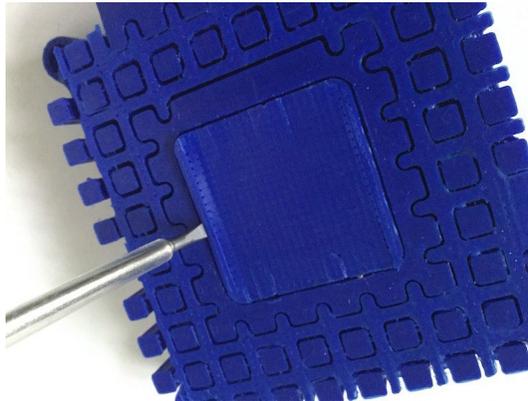


Si tu n'as pas utilisé de radeau, tu devras décoller l'échafaudage par sections.

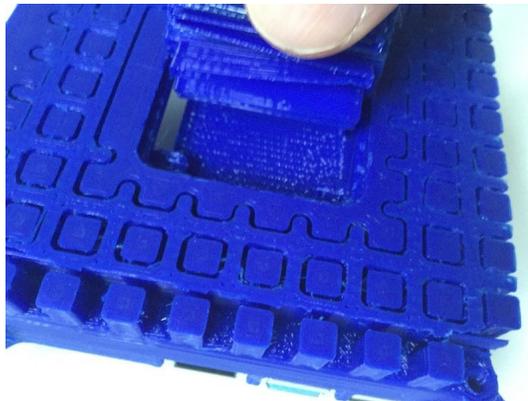
Commence par l'emplacement de la caméra haute qualité : utilise très délicatement un cutter ou un scalpel pour fendre les côtés de l'échafaudage qui remplit le renforcement. 



Un petit tournevis à tête plate peut être utilisé pour commencer à soulever un bord de l'échafaudage. 



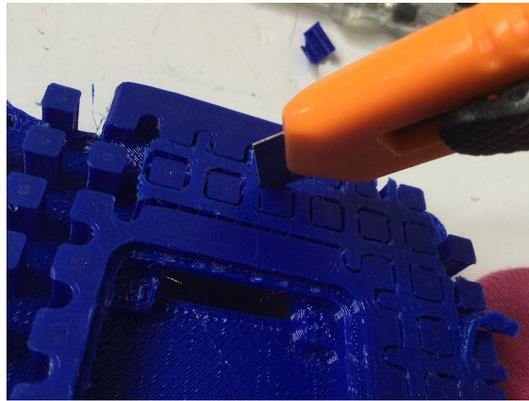
L'échafaudage devrait se détacher facilement si tu le décolles avec tes doigts. 



Retire ensuite le matériau autour de la fente de la carte SD : cela peut être fait facilement à l'aide d'un petit tournevis.



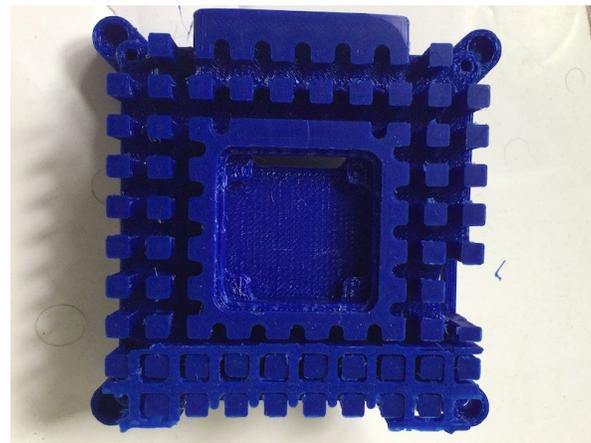
Enfin, l'échafaudage de base devrait se détacher facilement si tu le retires par sections. Avant de commencer, utilise avec précaution un cutter ou un scalpel pour séparer les côtés des ailettes de l'échafaudage.



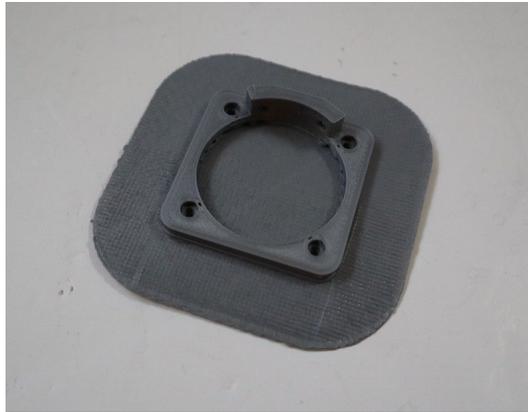
Tu peux aussi utiliser un tournevis étroit à tête plate comme levier pour libérer l'échafaudage du boîtier lui-même. Cela ne devrait pas demander beaucoup de force. Fais attention à ne pas casser l'une des ailettes.



Une fois que tu as coupé l'échafaudage en sections et que tu as séparé chaque pièce du reste et de la base, fais glisser délicatement l'échafaudage en le décollant des ailettes. Tu peux utiliser un cutter pour découper l'échafaudage en sections afin de pouvoir le retirer facilement par étapes.



Support de la caméra haute qualité

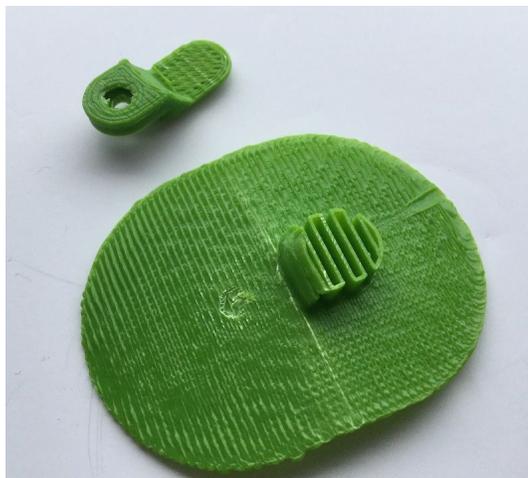


Si tu as utilisé un radeau, l'échafaudage devrait se détacher facilement en décollant le radeau avec tes doigts.



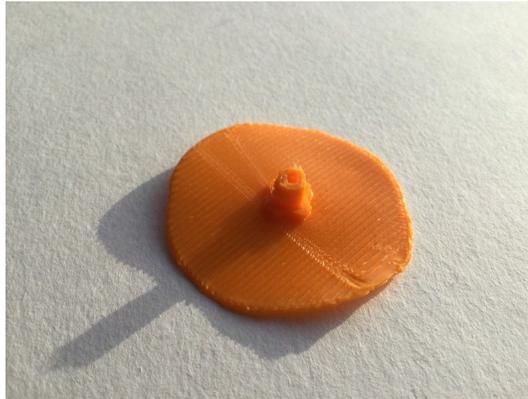
Fenêtre du capteur de lumière

Le petit morceau de matériau de support devrait se détacher facilement de la fenêtre. Tu devras peut-être retirer un peu d'excédent de matériau du trou.



Capuchon de joystick

En fonction de ton imprimante, tu pourras peut-être imprimer cette pièce sur un radeau. Comme elle est petite, elle est susceptible de se déformer au contact du lit d'impression thermique.



Pieds

Étant donné que cette pièce ne comporte aucune surface plane, elle devra être imprimée sur un support.



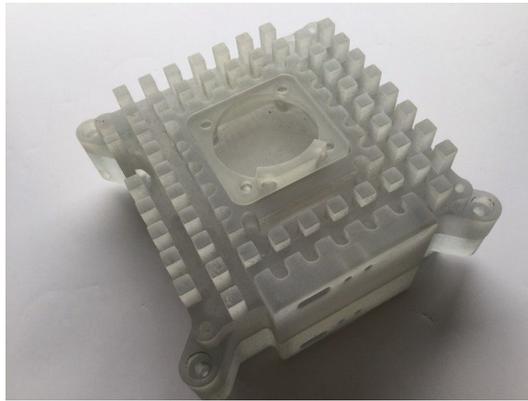
Une photo montrant un pied gris et le support d'échafaudage sur lequel il a été imprimé.

Elle devrait se décoller facilement. Tu devras peut-être utiliser du papier de verre pour lisser les surfaces courbes des pieds.

Une photo montrant un pied gris et l'échafaudage en train d'être décollé avec une pince.

Vérifier l'ajustement

Avant de poursuivre, assemble toutes les pièces pour vérifier qu'elles s'ajustent correctement. Fais surtout attention au rebord entre les pièces de la base et du dessus est ce qui importe le plus ici. Le support de la caméra doit s'adapter parfaitement à la base.



Ne te préoccupe pas des imperfections ou des résidus de l'échafaudage à ce stade. Tu pourras y remédier plus tard avec du papier de verre.

Étape 5 Installer la caméra

Lorsque tu es satisfait des pièces imprimées en 3D, tu peux procéder à l'installation du matériel.

Tout d'abord, soulève les deux languettes situées de chaque côté de la caméra haute qualité (HQC) pour reconnecter le câble plat de la caméra.



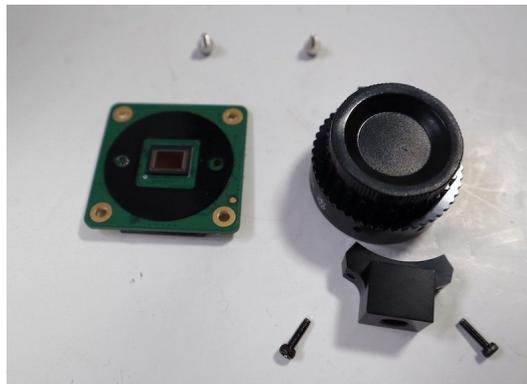
Ensuite, retire le support de trépied du capteur HQC en dévissant les deux boulons qui le fixent. Tu auras besoin d'une clé Allen de 1,5 mm pour cette tâche.



Dévisse alors les deux écrous bloquants hexagonaux de 1,5 mm situés sous la carte de circuit imprimé principale. Attention à ne pas perdre les rondelles. Il y a un joint légèrement collant entre le boîtier et la carte de circuit imprimé (PCB), qui nécessitera une certaine force pour être séparé.



Soulève la carte et place-la face vers le haut sur une surface très propre. Assure-toi que le capteur (le petit carré au milieu) ne touche pas la surface.



Fais glisser la pièce de support de caméra imprimée en 3D autour de l'enveloppe métallique noire du capteur HQC. Fixe-le en alignant les trous du rebord inférieur de la pièce imprimée en 3D avec les trous du support du trépied.



Fixe-le à l'aide de deux vis M2 x 5 mm (à noter que tu ne peux pas utiliser les vis d'origine qui maintenaient le montage du trépied en place car elles sont trop longues).



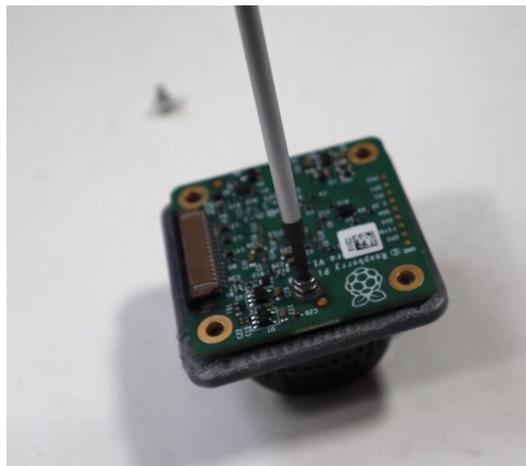
Repositionne le boîtier principal sur le circuit imprimé. Assure-toi d'aligner le boîtier à l'aide d'un joint qui reste sur la carte de circuit imprimé.



Photo montrant la PCB de la caméra haute qualité du Raspberry Pi alignée sur le support. https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/images/HQC_no_screws.jpg

La rondelle en nylon évite d'endommager la carte de circuit imprimé. Applique cette rondelle en premier. Ensuite, place la rondelle en acier, qui empêche d'endommager la rondelle en nylon.

Visse les deux écrous bloquants hexagonaux. Tant que les rondelles ont été montées dans le bon ordre, il n'est pas nécessaire de les visser très fermement.



Maintenant, soulève les deux languettes de chaque côté de la caméra haute qualité pour reconnecter le câble plat de la caméra. Il est à noter que le côté bleu du câble doit être orienté vers le haut, loin de la PCB, comme illustré.



Glisse le câble à travers la fente de la base. Assure-toi d'avoir la bonne orientation afin que le côté bleu soit orienté vers le bas du boîtier lorsqu'il est replié.



Photo montrant l'orientation correcte du câble de la caméra lorsque le capteur et le support sont insérés dans le boîtier.

Positionne le support de la caméra. L'ajustement sera précis, il faut donc t'assurer que tout échafaudage excédentaire a été retiré de la pièce elle-même et de la cavité de la partie plus grande du boîtier dans laquelle elle se trouve.

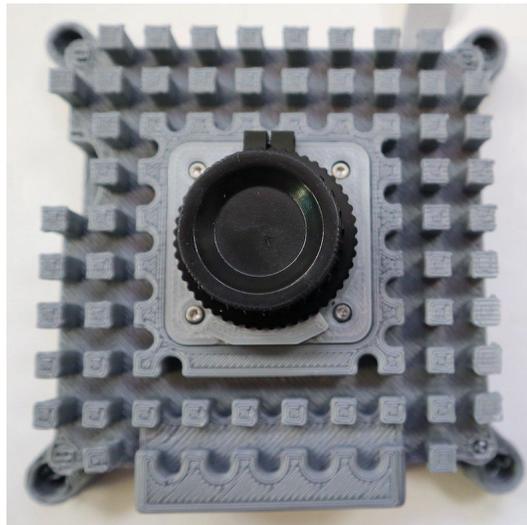


Photo montrant le support de la caméra installé dans la base du boîtier.

Plie le ruban et pose-le à plat le long de la partie intérieure de la base. Fixe-le avec un petit morceau de ruban adhésif comme illustré. Nous avons utilisé du ruban Kapton, mais n'importe quel type de ruban fonctionne sans problème.



Utilise des vis M2 × 16 et des écrous M2 pour fixer le support de caméra à la base. Les écrous doivent se trouver à l'intérieur du boîtier.

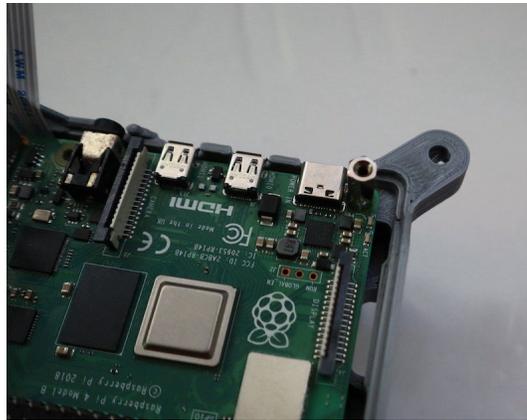


Étape 6 Installer le Raspberry Pi 4

Tout d'abord, assure-toi qu'il n'y a pas de matériau d'échafaudage résiduel autour de la fente pour carte SD ou des trous de LED qui pourraient empêcher le Raspberry Pi de s'aligner avec les piliers de montage. 

Une fois que tu es satisfait, aligne le Raspberry Pi et vérifie l'ajustement. N'insère pas encore le câble plat de la caméra. 

Ensuite, visse les entretoises M2.5 de 11 mm dans chaque angle du Raspberry Pi. En exerçant une légère pression du doigt, elles découperont leur propre filetage dans les trous de guidage du pilier de support. 



Après quelques tours, il te faudra utiliser une petite paire de pinces ou un tournevis pour continuer à les visser. Essaie de faire en sorte que les entretoises s'insèrent dans les piliers de support de manière verticale, et non avec un léger angle, car cela peut entraîner des problèmes d'alignement avec le Sense HAT par la suite. Fais attention lors de cette opération et, là encore, arrête de tourner dès que l'entretoise touche le Raspberry Pi pour éviter de fendre les piliers horizontalement le long du grain de l'impression.



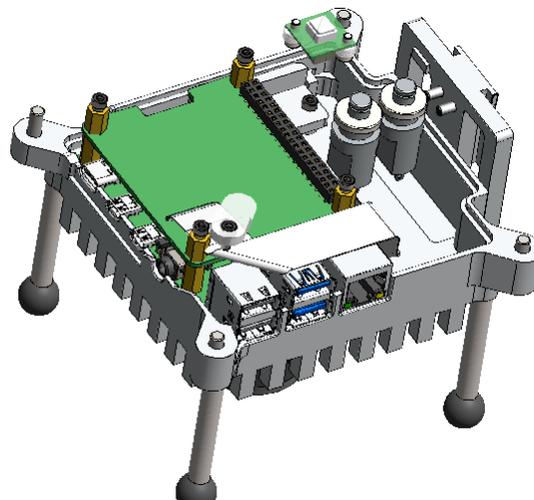
Si tu as du mal à visser les entretoises, visse l'une des vis argentées M2.5 à tête cruciforme dans l'entretoise, puis utilise la tête de la vis pour visser l'entretoise dans le boîtier. Une fois l'entretoise en place, n'oublie pas d'enlever la vis.

Tu peux maintenant insérer le câble plat de la caméra dans le port CSI (Camera Serial Interface) du Raspberry Pi. 



Installer les entretoises pour le Sense HAT

Les unités de vol Astro Pi à bord de l'ISS disposent d'une autre carte de circuit personnalisée située entre le Raspberry Pi et le Sense HAT. Cette carte dispose d'une horloge en temps réel avec batterie de secours. Cette carte mezzanine comporte également quelques broches permettant de connecter facilement les boutons poussoirs et le capteur PIR. Malheureusement, cette carte n'est pas produite en série et n'est donc pas disponible pour le public.



À la place, tu peux utiliser un autre niveau d'entretoises pour soutenir le Sense HAT à la bonne hauteur.

Ajoute une entretoise M2.5 x 10 mm à chacune des entretoises de 11 mm déjà installées.



Étape 7 Souder et installer les boutons-poussoirs

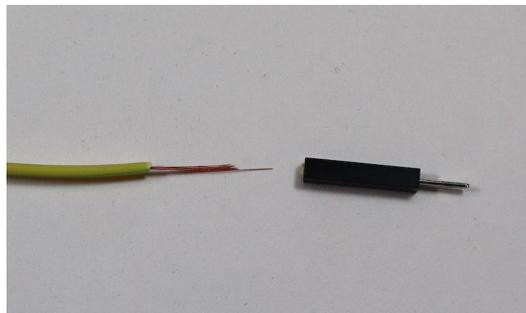
Nous avons créé deux options différentes de panneau avant pour s'adapter à deux tailles populaires de boutons. La plupart des photos montrent les boutons poussoirs momentanés APEM SPDT brillants utilisés sur les unités de vol de l'ISS. Cependant, tu peux utiliser n'importe quel bouton similaire, à condition qu'il ait le bon filetage pour la version du boîtier de vol que tu as imprimée. Il se peut que tu doives adapter les tâches de cette section en fonction des boutons que tu as choisis.

Souder les fils des boutons

Tout d'abord, tu dois préparer les fils des boutons pour pouvoir les attacher à ces derniers. Dans la véritable unité de vol, nous avons soudé les fils des boutons pour les rendre plus fiables. C'est la méthode la plus simple, mais tu peux aussi utiliser des connecteurs si tu souhaites une solution moins permanente. La couleur des fils n'a pas d'importance, car ils sont tous identiques à l'intérieur.



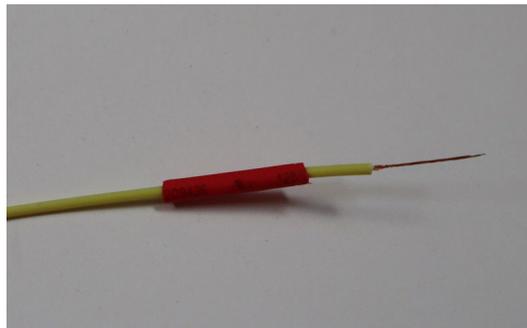
Prends un fil de couleur et retire la gaine en plastique noir sur une extrémité. Si ton fil a une extrémité pointue (M), et une extrémité avec un trou (F), tu dois retirer le connecteur à l'extrémité M. Tu peux le faire en le retirant avec une pince ou en coupant le fil juste en dessous du connecteur. Dénude environ 1 cm de la gaine isolante de ton fil. Répète cette opération pour trois autres fils.



Les boutons APEM possèdent trois bornes. Tu ne connecteras des fils qu'à deux d'entre elles, mais il faut que ce soit les bonnes. L'interrupteur situé entre les bornes 1 et 3 est fermé lorsque tu appuies sur le bouton, et c'est à ces bornes que tu dois connecter tes fils.



Torsade les fils de cuivre dénudés de sorte que tous les torons individuels soient étroitement entrelacés. Enfile ensuite l'extrémité dans un petit morceau de gaine thermo rétractable (1 cm de long).

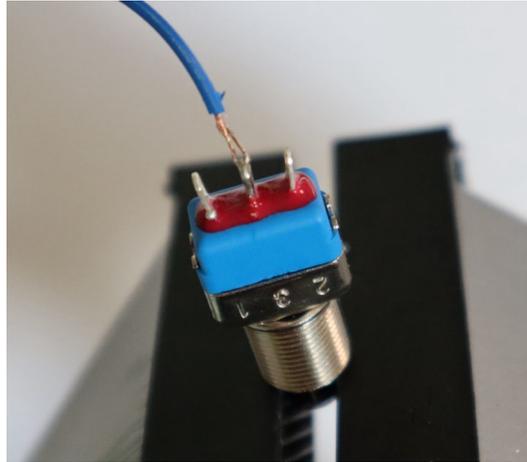


Bloque un bouton à l'aide d'un étau, d'un jeu de bras flexibles (pas attachés à un être humain) ou simplement d'un morceau d'adhésif, pour le maintenir en place pendant la soudure.



Insère un fil dans l'une des bornes correspondantes (voir ci-dessus) et fais une boucle avec, comme indiqué ci-dessous. Très délicatement, soude (<https://www.raspberrypi.com/news/getting-started-soldering/>) le fil à la borne.

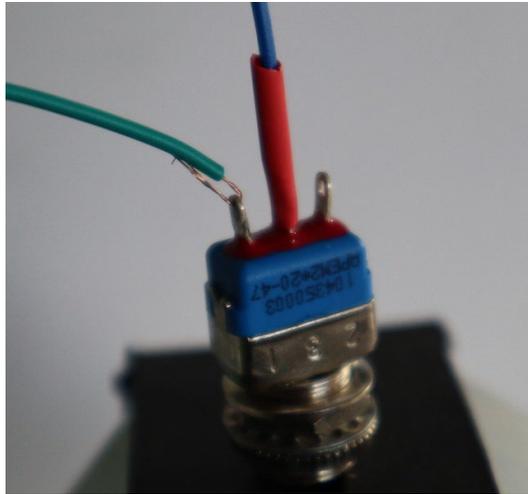
Avant que la soudure ne refroidisse et ne durcisse, tire doucement le fil vers le haut de façon à ce qu'il soit orienté vers le haut. Il sera ainsi beaucoup plus facile de faire glisser la gaine thermo rétractable vers le bas.



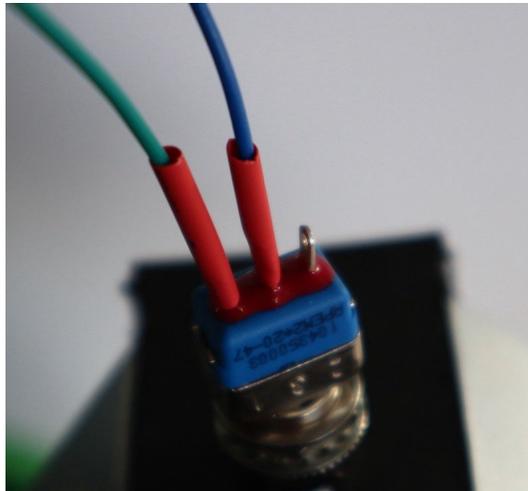
Fais glisser la gaine thermo rétractable vers le bas sur la borne. Assure-toi que tous les torons de fil libres sont repliés sous la gaine pour éviter tout court-circuit accidentel entre les boutons.



Répète maintenant ces étapes pour la deuxième borne, puis pour le deuxième bouton.



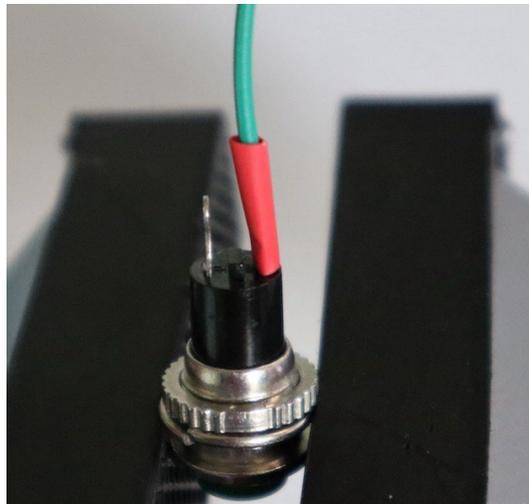
Utilise un pistolet thermique pour ramollir et rétracter la gaine thermo rétractable.



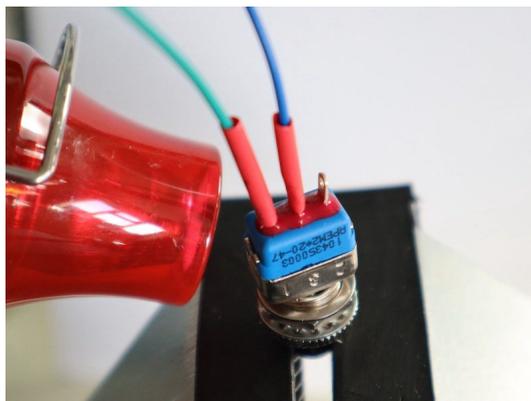
Si tu utilises des boutons différents, le processus doit être le même, bien qu'il soit possible que tu n'aies que deux bornes sur le bouton.



Utilise la gaine thermo rétractable pour protéger les contacts de la même manière.



Une fois que tu as soudé tous les fils des boutons, utilise un pistolet thermique pour rétracter la gaine thermo rétractable, en veillant à ce que les torons de fil libres soient repliés sous la gaine et ne puissent pas créer de court-circuit entre les bornes.



Installer les boutons dans le panneau avant

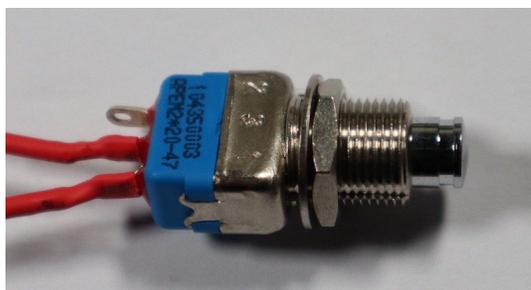
La plupart des boutons adaptés à l'unité de vol possèdent un écrou de blocage qui les maintient en place.

La description ci-dessous concerne les boutons APEM mais elle devrait être similaire pour la plupart des autres choix compatibles. Les boutons APEM sont livrés avec quatre fixations différentes.

Prends un bouton, puis dévisse et retire tous les écrous et rondelles. L'image ci-dessous montre les fixations à côté de numéros, qui serviront à identifier chacune d'elles dans les étapes ci-dessous.



Repositionne d'abord le clip de blocage (3), puis l'écrou de blocage hexagonal (1). Tu peux te débarrasser de la bague de retenue (4).



Fais glisser le bouton à travers le trou du panneau frontal. Bloque-le à l'aide de la bague de blocage circulaire (2).



Répète les étapes ci-dessus avec le deuxième bouton.

Photo montrant un bouton plus petit fixé sur le panneau avant du boîtier de vol.

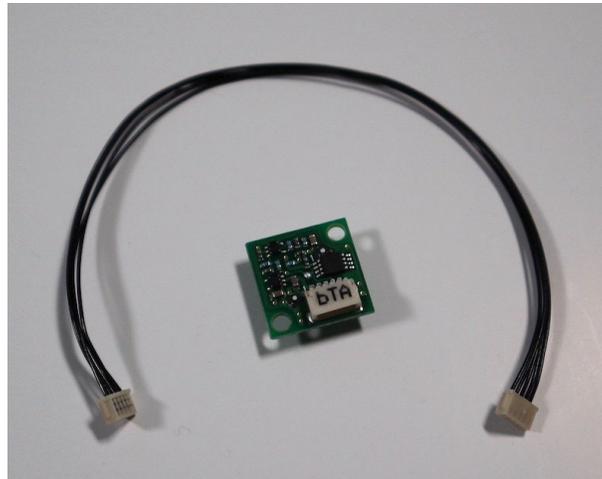
Étape 8 Installer le capteur PIR

Il y a deux étapes différentes à suivre ici, selon le capteur PIR que tu utilises. Tu dois avoir imprimé le panneau avant du boîtier de vol adapté au capteur PIR que tu as choisi.

Option 1 : Capteur PIR Kemet

Il s'agit du petit capteur PIR carré utilisé sur les Astro Pi de l'ISS. Il nécessite un câble spécifique adapté, qui doit être modifié pour permettre la connexion aux broches GPIO du Raspberry Pi.

Le capteur est doté d'un connecteur inhabituel de type JST à cinq broches et nécessite un câble adapté : ce câble comporte cinq torons individuels. Malheureusement, il n'existe pas de moyen simple d'utiliser ce connecteur directement avec les broches GPIO du Raspberry Pi. Les unités de vol de l'ISS possèdent des broches de connecteur dédiées sur la carte mezzanine pour permettre cette connexion.

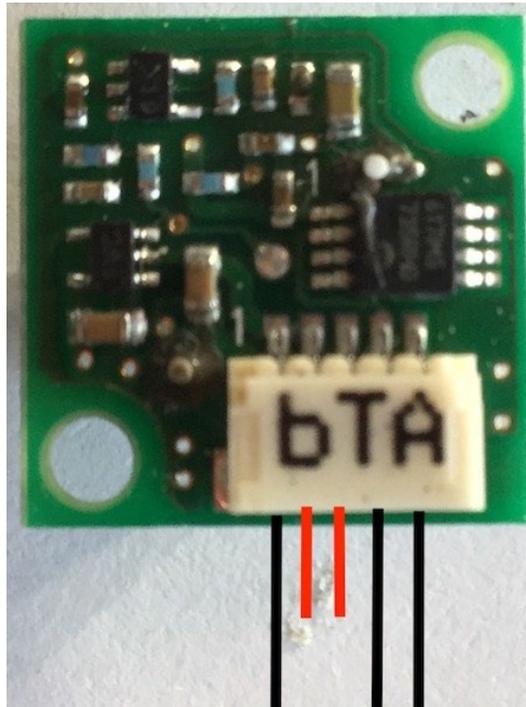


Une option consiste à retirer le connecteur d'une extrémité du câble et à souder le fil nu à un autre fil avec un connecteur Dupont F à l'autre extrémité. Cependant, les fils individuels du câble sont très fins et ce n'est pas une tâche facile. De plus, tu risques d'endommager le câble qui coûte cher. Une méthode moins risquée est décrite ci-dessous.

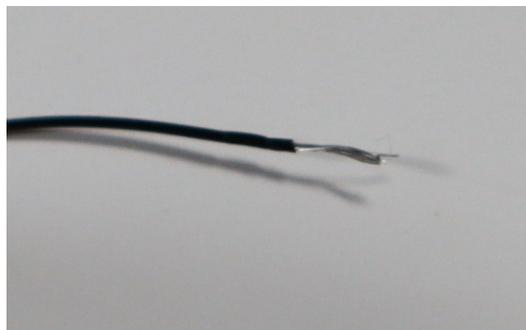
Coupe le connecteur d'une extrémité du câble PIR.



Seuls trois des torons individuels sont nécessaires, coupe donc les deux torons superflus. Assure-toi d'avoir correctement orienté le capteur PIR et de n'avoir coupé que les torons qui ne sont pas nécessaires (en rouge ci-dessous).



Coupe les fils restants de 30 mm. Ensuite, dénude soigneusement environ 7 à 10 mm d'isolant à l'extrémité de chaque toron.



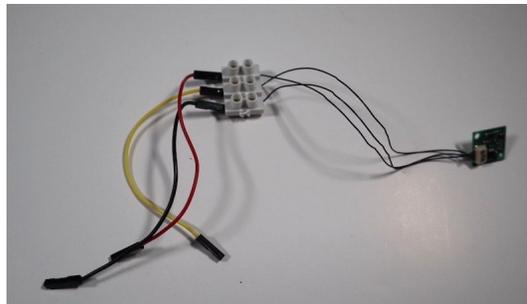
Découpe un bloc à trois segments dans une barrette de connecteurs de bornes électriques et insère les extrémités dénudées de chaque toron dans des blocs séparés. Serre les vis et assure-toi que les fils sont bien fixés.



Connecte trois fils de connexion Dupont M-F individuels à l'autre côté du bloc de connexion. Tu devrais pouvoir visser sur la partie pointue de l'extrémité M de chaque fil.



Une fois que tu as connecté le capteur PIR lui-même, ton assemblage complet devrait ressembler à ceci :

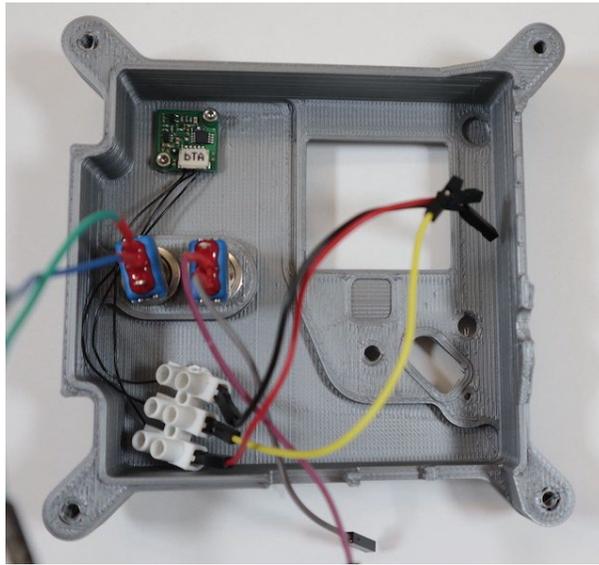


Insère le capteur PIR dans le trou du panneau avant du boîtier de vol et fixe-le en place à l'aide de deux vis M2.5 × 3 mm. Il se peut que tu doives d'abord retirer l'excédent de filament fondu des trous.



Place le câble PIR à gauche de la paire de boutons.

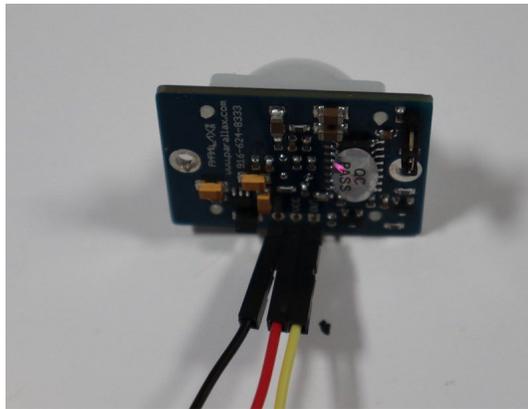




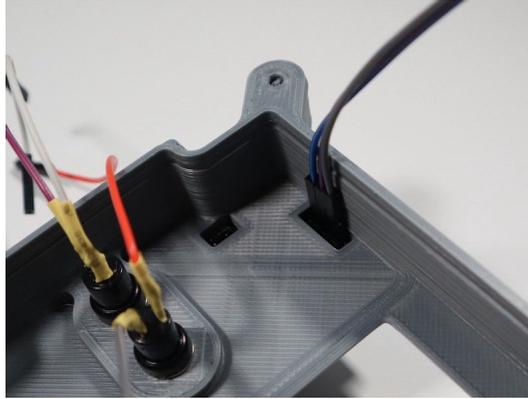
Option 2 : Capteur PIR Parallax

Il s'agit du capteur PIR bombé fourni dans les kits du Mission Space Lab.

Connecte trois fils de connexion Dupont individuels M-F aux broches à l'arrière de la PCB du capteur PIR.



Fais passer les fils à travers la fente dans le coin supérieur droit du panneau avant du boîtier de vol.



Retourne le panneau avant du boîtier et place le PIR dans la fente rectangulaire dans le coin supérieur droit. Fixe-le avec deux vis M2.5 × 6 mm. Il se peut que tu doives d'abord retirer l'excédent de filament fondu des trous.

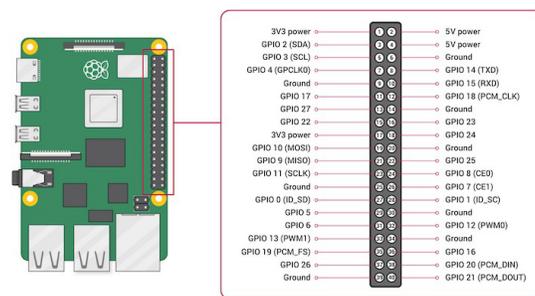


Étape 9 Connecter le câblage interne au Raspberry Pi

Comme mentionné précédemment, les Astro Pi de l'ISS possèdent une carte de circuit imprimé supplémentaire destinée à fournir des points de connexion aux boutons et au capteur PIR. Étant donné que cette carte personnalisée n'est pas disponible dans le commerce, tu devras adopter une approche différente.

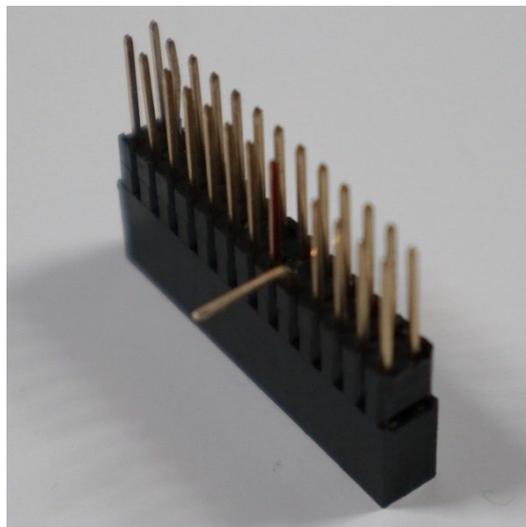
Heureusement, le Raspberry Pi Sense HAT n'utilise que les broches GPIO (https://pinout.xyz/pinout/sense_hat) parmi les 24 premières sur le connecteur. Cela nous permet d'utiliser une extension de tête à 26 broches pour monter le Sense HAT, ce qui laisse les 16 broches restantes libres.

Cependant, nous avons toujours besoin d'une broche 3V3 pour le capteur PIR. Sur les deux broches 3V3 disponibles, seule la broche numéro 1 est réellement utilisée par le Sense HAT, nous pouvons donc utiliser la broche numéro 17.



GPIO-Pinout-Diagram-2.png

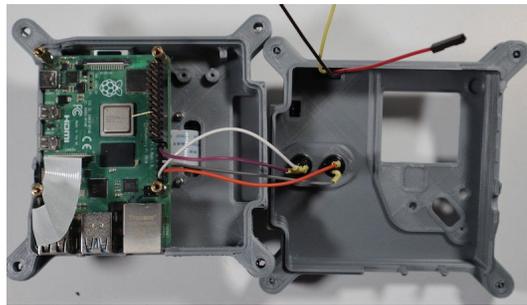
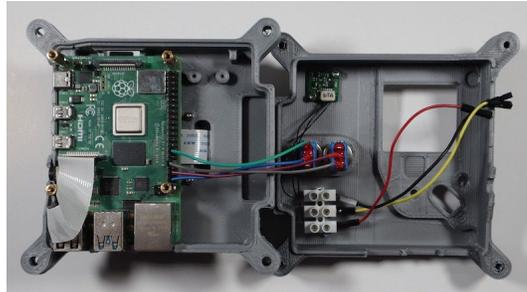
Prends le connecteur haut à 26 broches et utilise délicatement des pinces radio pour plier la neuvième broche sur un côté à 90 degrés.



Positionne les moitiés supérieure et inférieure du boîtier de vol côte à côte et connecte les fils de bouton aux broches GPIO. Un fil de chaque bouton doit aller à une broche de masse, l'autre à une broche GPIO numérotée. Tu peux utiliser la combinaison que tu veux, mais nous te recommandons :



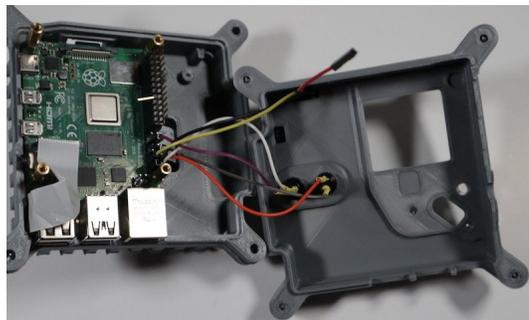
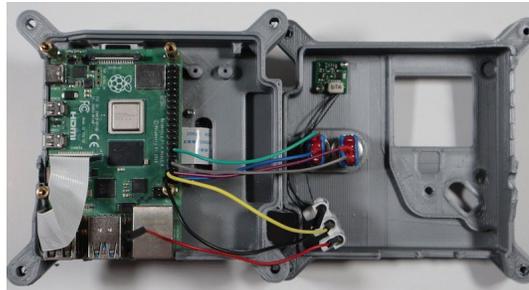
Fil	Broche GPIO	Numéro de la broche physique
Bouton A	20	38
Bouton A	34	
Bouton B	21	40
Bouton B	30	



Fais la même chose avec la broche de masse et les fils de signal du capteur PIR.

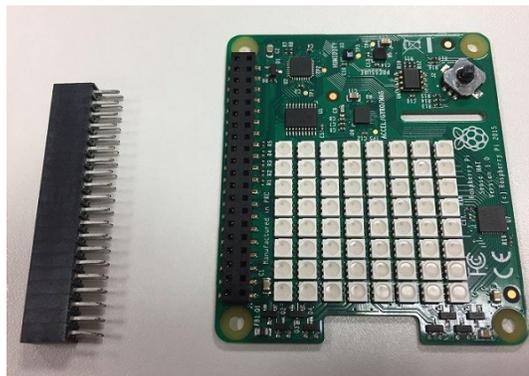


Fil	Broche GPIO	Numéro de la broche physique
Masse		39
Signal/Sortie	26	37

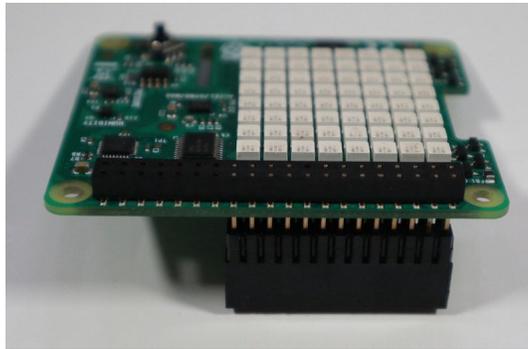


Installer le Sense HAT

Retire le connecteur GPIO fourni avec le Sense HAT. Tu peux le faire bouger d'un côté à l'autre, et il se détachera sans trop forcer.



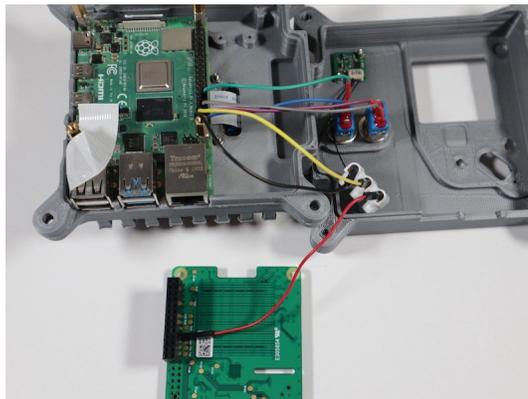
Insère le connecteur dans le Sense HAT, sur les broches physiques 1-26 comme indiqué. Assure-toi que la broche coudée est orientée



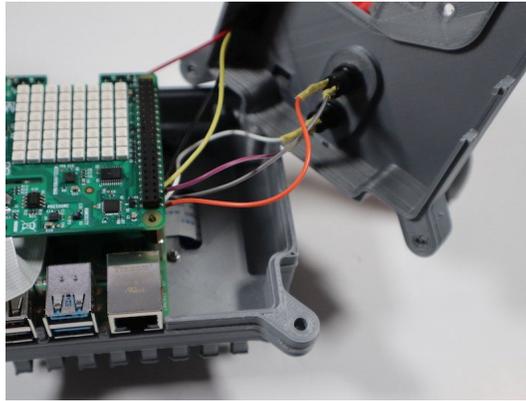
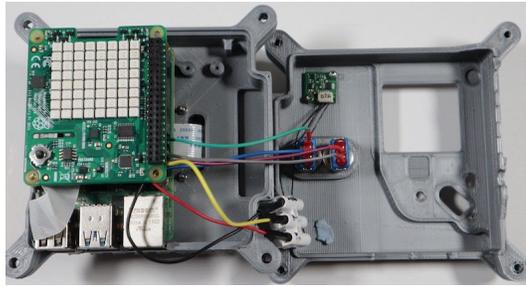
Il est à noter que les broches du connecteur ne doivent pas dépasser de la partie supérieure du Sense HAT. Si c'est le cas, la hauteur n'est pas correcte.



Connecte le fil 3V3 restant du capteur PIR à la broche coudée sur le connecteur.



Positionne le Sense HAT sur le Raspberry Pi. Assure-toi que l'orientation correspond à celle indiquée ci-dessous. Veille à aligner les deux rangées de broches avec les deux rangées de trous sur le connecteur.



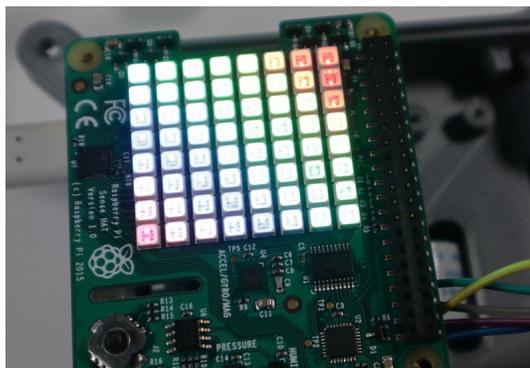
Maintiens le Sense HAT en place à l'aide de quatre vis M2.5 × 6 mm.



Pour vérifier que le Sense HAT est correctement connecté, il est conseillé à ce stade d'insérer une carte SD amorçable dans le Raspberry Pi et de connecter le câble d'alimentation USB-C.



Le Sense HAT devrait afficher un motif arc-en-ciel pendant quelques secondes.



Si tu as un kit Astro Pi Mission Space Lab et que tu utilises la carte SD fournie avec, le motif arc-en-ciel sur la matrice de LED devrait disparaître quelques secondes après la mise sous tension de l'Astro Pi.

Si tu utilises ta propre carte SD et un Sense HAT d'origine (sans le capteur de lumière), les LED émettront également un flash blanc brillant lors de la première mise sous tension. En outre, le motif arc-en-ciel de la matrice LED peut rester visible après avoir allumé l'Astro Pi.

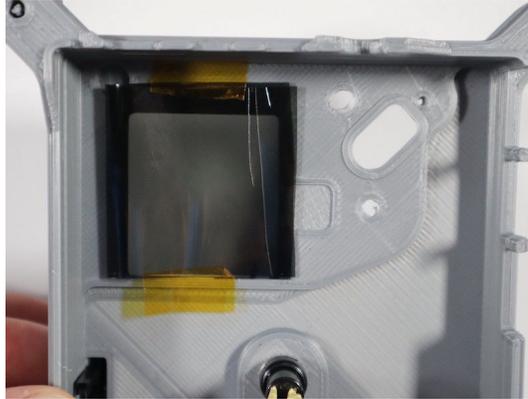
Si le motif arc-en-ciel ne disparaît pas une fois que le Raspberry Pi a fini de démarrer, ajoute la ligne suivante à la fin du fichier `/boot/config.txt`, puis redémarre.

```
dtoverlay=rpi-sense
```

Étape 10 Assembler le boîtier

Une fois que tu es satisfait et que les éléments internes du boîtier sont complets, tu peux passer à l'étape de l'assemblage final.

Découpe une bande de matériau filtrant Rosco gris de 45 mm × 90 mm et plie-la en deux. Utilise deux petits morceaux de ruban adhésif pour la fixer à l'intérieur du panneau supérieur, au-dessus de la fenêtre de la matrice LED. Assure-toi qu'aucune partie du ruban adhésif n'est visible de l'extérieur.



Prends le panneau supérieur et range délicatement les fils dans l'espace situé à droite du Raspberry Pi, aussi proprement que possible.

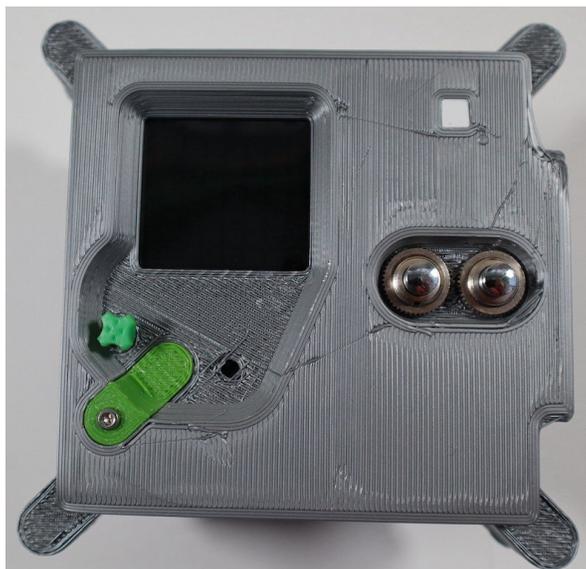
Positionne le panneau supérieur sur la partie inférieure du boîtier.

Visse les deux moitiés du boîtier à l'aide de vis M4 × 12 mm.

Installe ton capuchon de joystick imprimé 3D en le pressant sur le joystick Sense HAT. Tu auras probablement besoin de colle pour le maintenir en place, mais n'applique la colle qu'une fois que tu as tout testé et que tu es sûr que tout fonctionne comme prévu. Les Astro Pi de l'ISS utilisent également un capuchon imprimé en 3D !

Place les quatre pieds dans les trous du panneau arrière. Il se peut que tu doives utiliser de la colle pour les maintenir en place, ou tu peux essayer d'ajuster les dimensions de la pièce pour optimiser l'ajustement des pièces imprimées sur ton imprimante spécifique.

Ton unité de vol Astro Pi est presque terminée : la dernière chose à faire est d'ajouter la fenêtre du capteur de couleur. Place-la dans la fente et attache-la à l'aide d'une vis M2.5 × 6 mm.



Étape 11 Tester le matériel

Une fois que tu as assemblé l'Astro Pi, mets-le en marche avec un écran, un clavier et une souris connectés.



Pour les besoins de l'ISS, nous avons créé un programme qui effectue un test du matériel pour s'assurer que tout fonctionne. Tu peux télécharger une version de ce logiciel à exécuter sur ton Astro Pi imprimé en 3D pour vérifier ton câblage.

Télécharge le logiciel (<https://projects-static.raspberrypi.org/projects/astro-pi-flight-case-mk2/643adb51d7cac8d4a575d96696b4c917a084e3c9/en/resources/selftest.zip>), puis ouvre une fenêtre de terminal et entre ces commandes :



```
unzip selftest.zip
```

Ensuite, lance les tests :

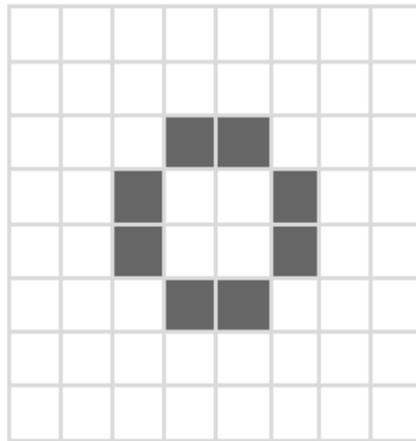


```
cd selftest
python3 selftest.py --timeout 20
```

Une série de tests va commencer, certains s'exécutent de manière autonome tandis que d'autres sont interactifs et nécessitent que l'utilisateur manipule physiquement l'unité Astro Pi lorsque cela lui est demandé. Si tu veux que chaque test soit plus long, augmente la valeur fournie dans le paramètre `timeout`.

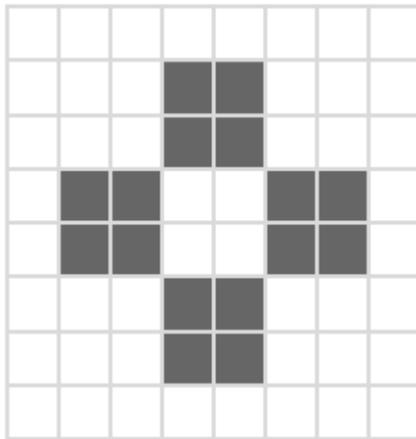
Au début, certaines LED de la matrice s'allument, indiquant les résultats des tests de diagnostic. Ensuite, une série d'icônes s'affichera pour indiquer quel test interactif est en cours.

Le premier sera le test du capteur d'humidité.



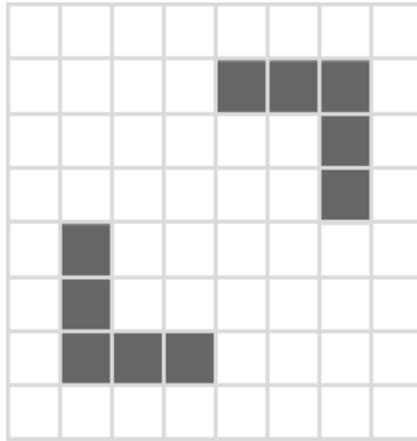
Lorsque cette icône apparaît en rouge, souffle sur le trou à droite de la fenêtre du capteur de lumière. Si le capteur fonctionne (et que tu as soufflé une bouffée d'air suffisamment humide), l'icône devrait devenir verte.

Le test suivant est celui du gyroscope.

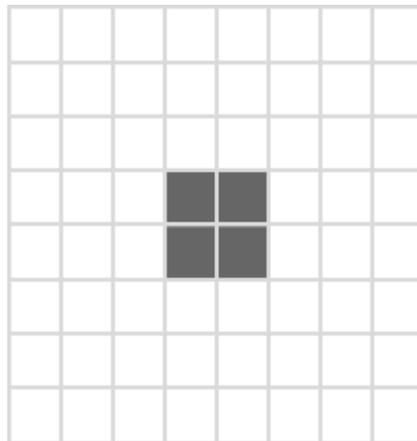


Lorsque tu vois cette icône en rouge, incline l'unité de vol Astro Pi vers l'une des quatre directions, dans n'importe quel ordre, jusqu'à ce que les quatre carrés qui composent l'icône soient devenus verts.

Ensuite, c'est au tour du test de l'accéléromètre.

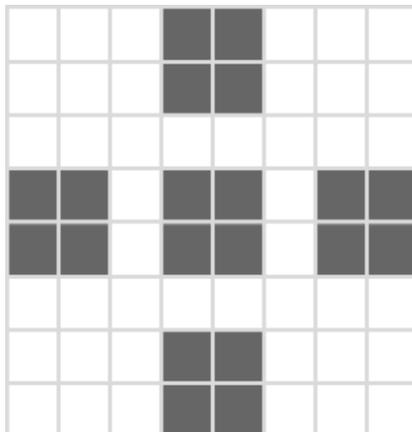


Lorsque tu vois cette icône en rouge, secoue l'unité de vol Astro Pi jusqu'à ce que l'icône devienne verte. L'étape suivante est le test du capteur de mouvement.

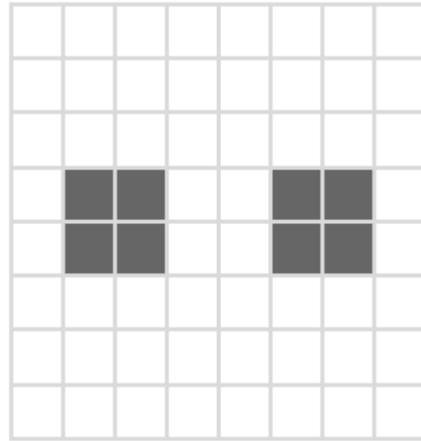


Lorsque tu vois cette icône en rouge, agite ta main devant l'unité de vol Astro Pi jusqu'à ce que l'icône devienne verte.

L'avant-dernier test concerne le joystick.



Lorsque tu vois cette icône en rouge, déplace le joystick dans l'une des quatre directions, dans n'importe quel ordre. Appuie ensuite sur le joystick (comme sur un bouton). Tous les éléments de l'icône doivent devenir verts.



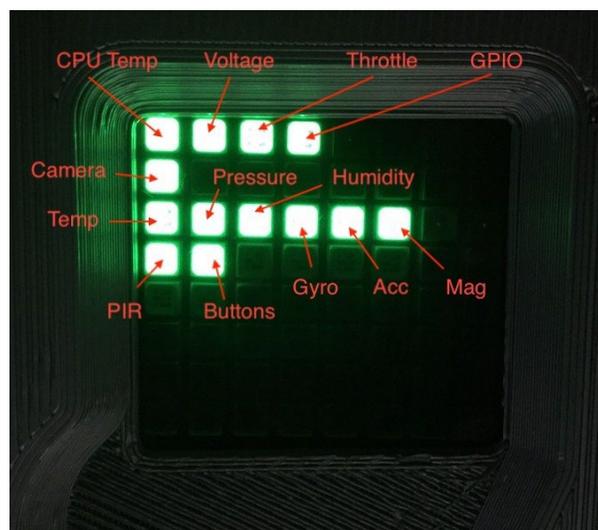
Lorsque tu vois cette icône en rouge, appuie sur les boutons A et B, dans n'importe quel ordre. Les deux carrés de l'icône doivent devenir

Une fois le programme terminé, l'état général s'affiche sur la matrice LED. Un pixel

vert indique que le test a réussi.

Un pixel bleu sarcelle indique qu'un test interactif n'a pas été mené à bien avant l'expiration du délai défini. Un pixel

rouge est utilisé pour identifier un test qui a échoué.



Test	Description
Temp	CPU La température du CPU du Raspberry Pi est-elle dans des limites de sécurité ?
Tension	Les valeurs de tension des blocs sont-elles comprises dans une plage raisonnable ?
Accélérateur	Y a-t-il eu une situation de sous-tension ?
GPIO	Les broches GPIO fonctionnent elles ?
Caméra	La caméra est-elle détectée ?

Les autres tests sont liés aux capteurs Sense HAT, aux boutons et au capteur PIR.

Pour plus de détails sur chaque test, reporte-toi aux commentaires de chaque fonction dans `functions.py` et à la documentation Raspberry Pi de la commande `vcgencmd`

(<https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html#vcgencmd>).

Si l'un des tests échoue, consulte les messages affichés dans le terminal pour trouver des indices sur ce qui a pu se passer. Si le test du capteur de mouvement ou des boutons échoue, vérifie que tu as connecté les fils de liaison aux bonnes broches GPIO comme décrit précédemment.

Si tu as choisi des broches différentes pour le capteur PIR ou les boutons, tu n'as pas besoin d'ajuster ton câblage, tu peux modifier l'attribution des broches `test_buttons` et `test_motion` dans le fichier dans les fonctions `functions.py`.

Étape 12 Défi : Améliore ton boîtier

Voici quelques idées supplémentaires pour personnaliser ton boîtier :

- Utilise de la peinture en bombe gris métallisé
- Utilise du papier de verre pour obtenir la finition mate des boîtiers de vol en aluminium microbillé
- Ajoute des décalcomanies sur le boîtier
- Utilise des couleurs de filament différentes pour chaque pièce
- Crée un capuchon de joystick sur mesure

Les fichiers STL sont publiés sous la licence d'attribution Creative Commons

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.fr>). Tu peux donc remodeler et adapter les modèles à des fins non commerciales, à condition de nous citer et d'accorder une licence identique à tes nouvelles créations. À noter que GitHub dispose d'une excellente visionneuse STL (<https://github.com/blog/1465-stl-file-viewing>), ainsi qu'un comparateur de fichier 3D (<https://github.com/blog/1633-3d-file-diffs>), qui pourrait être utile pour assurer le suivi de tes modifications.

Le plus grand avantage de posséder une réplique de l'unité de vol Astro Pi est, de loin, la possibilité réaliser un prototype et de tester un code qui pourrait être exécuté sur la Station spatiale internationale dans le cadre du Mission Space Lab. Rends-toi dès maintenant sur le site Web d'Astro Pi (<https://astro-pi.org/> ou <https://esero.fr/projets/astro-pi/>) pour participer !

Montre-nous ton boîtier terminé en envoyant des photos à @astro_pi (https://twitter.com/astro_pi) et @RaspberryPi_org (https://twitter.com/Raspberry_Pi ou à esero.france@cnes.fr).

Publié par la Raspberry Pi Foundation(<https://www.raspberrypi.org>) sous une licence Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

Voir le projet et la licence sur GitHub (<https://github.com/RaspberryPiLearning/astro-pi-flight-case-mk2>)