



Modèle de vol Astro Pi imprimé en 3D

Utilisez une imprimante 3D pour créer votre propre modèle de vol Astro Pi, identique à ceux embarqués à bord de l'ISS



Étape 1 Introduction

Le modèle de vol Astro Pi est l'un des boîtiers les plus recherchés de toute l'histoire de Raspberry Pi. Dans cette ressource, vous apprendrez comment imprimer en 3D votre propre boîtier et installer le matériel Astro Pi dedans. Vous disposerez alors de votre propre unité de vol Astro Pi, quasiment identique à celles utilisées actuellement à bord de la Station spatiale internationale.



Si vous participez à un concours Astro Pi, c'est un bon moyen de prototyper et de tester efficacement votre code, comme s'il devait être utilisé par l'équipage de l'ISS.

Vous pouvez consulter le tutoriel vidéo de cette ressource ici :

https://esero.fr/tutoriels-en-ligne/decouverte-du-kit-astro-pi/

Ce que vous allez réaliser :

Voici un exemple de ce à quoi votre modèle de vol Astro Pi imprimé en 3D peut ressembler une fois terminé :



Ce que vous allez apprendre :

En suivant cette ressource, vous allez apprendre :

- comment imprimer en 3D le flight case Astro Pi;
- de quels équipements et accessoires vous avez besoin pour installer le matériel Astro Pi ;
- comment installer correctement le matériel Astro Pi dans le boîtier.

Ce projet couvre des éléments des axes suivants du Raspberry Pi Digital Making Curriculum (http://rpf.io/curriculum):

• Utiliser des techniques et outils de fabrication pour créer un produit fini (https://curriculum.raspberryp
i.org/manufacture/developer/)

Étape 2 Ce dont vous avez besoin

Matériel

- · Raspberry Pi
- Raspberry Pi Camera Module ou NoIR Camera
- Module Sense HAT
- Kit de composants Astro Pi (http://cpc.farnell.com/ucreate/uc-apk-comp1/astro-pi-component-kit-budg
 et/dp/SC14158)

Autres

 Accès à une imprimante 3D. De nombreuses écoles ont aujourd'hui la leur mais si ce n'est pas le cas de votre établissement, vous pouvez en trouver une dans un FabLab près de chez vous (http://www.hackspace.org.uk/).
 Vous pouvez aussi trouver des services d'impression en 3D sur le site Web de 3D Hubs (https://www.3dhubs.com/).

Vous aurez aussi besoin des outils suivants :

- Petit tournevis cruciforme
- Petite pince
- Cutter ou scalpel
- Papier abrasif
- Ruban adhésif
- Pince à dénuder
- Pince coupe-fils

Étape 3 Récupérez les fichiers 3D

Les fichiers 3D sont au format STL (https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier de st%C3%A9r%C3%A9olithographie), très largement utilisé pour l'impression en 3D dans le monde entier. Le logiciel de votre imprimante 3D pourra les charger sans problème. L'importation doit se faire en millimètres métriques (mm) et sans ajustement d'échelle.

Pour chaque composant, vous pouvez choisir d'imprimer avec le fichier STL standard ou le fichier STL antidéformation. Les fichiers anti-déformation ajoutent un support supplémentaire autour du boîtier imprimé pour éviter qu'il ne se déforme pendant son refroidissement.

Imprimez un fichier de chaque section :

Partie 1 - Dissipateur thermique

Dissipateur thermique (https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/anti-warping/Astro-Pi-Heat Sink warp.stl)

 Dissipateur thermique (https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/anti-warping/Astro-Pi-Heat Sink warp.stl)

Partie 2 - Base

- Base pour le modèle B+ ou pour le modèle 2 (https://github.com/saspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/anti-warpi ng/Astro-Pi-Base-Pi1 or 2 warp.stl)
- Base pour le modèle 3 (https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-pr
 inted/STL/Astro Pi Base Pi3.stl) ou base anti-déformation pour le modèle 3 (https://github.com/raspberrypilearni
 ng/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/anti-warping/Astro Pi Base Pi3 warp.stl)

Partie 3 - Corps

Corps (https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/ST
 L/Astro Pi Middle.stl) ou corps anti-déformation (https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/anti-warping/Astro Pi Middle warp.stl)

Partie 4 - Couvercle

- Couvercle de 10 mm (https://github.com/raspberrypilearnin_g/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/anti-warping/Astro_Pi_Lid_10mm_Buttons
 warp.stl
 trous de 10 mm, à utiliser avec les boutons APEM
- Couvercle de 7 mm (https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/S
 <u>TL/Astro Pi Lid 7mm Buttons.stl</u>) ou couvercle de 7 mm anti-déformation (https://github.com/raspberrypilearning/ast ro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/anti-warping/Astro Pi Lid 7mm Buttons warp.stl) trous de 7 mm, à utiliser avec les boutons du sachet de composants contenu dans les kits Astro Pi de l'ESA, vendu séparément par CPC (http:/cpc.farnell.com/ucreate/uc-apk-comp1/astro-pi-component-kit-budget/dp/ SC14158).
 Couvercle de 3 mm (https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/Astro Pi Lid 3mm Pilot Holes.stl) ou couvercle de 3 mm anti-déformation (https://github.com/raspberrypilearnin g/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/STL/anti-warping/Astro Pi Lid 3mm Pilot Holes warp.stl) trous de guidage de 3 mm, pour un perçage adapté à toutes les tailles de boutons

Traduction ESERO France https://projects.raspberrypi.org/en/projects/astro-pi-flight-case/print

Partie 5 - Cache pour joysticks

Ce cache pour joysticks peut avoir besoin de légers ajustements en fonction de la taille de la buse et de la hauteur de couche de votre imprimante. Si vous avez du mal à l'ajuster sur l'ergot du joystick Sense HAT, essayez une hauteur de couche de 0,1 mm au lieu de 0,15 mm.

Joystick (https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/3d-printed/S
 TL/Astro Pi Joystick.stl)

Les fichiers 3D ne correspondent pas exactement à ceux utilisés pour réaliser les modèles de vol en aluminium de la Station spatiale internationale. Ils ont été modifiés pour être compatibles avec les imprimantes 3D, ce qui garantit la réussite de ce projet dans la plupart des cas.

Surtout, le boîtier a été divisé en quatre parties. Cela a permis de minimiser la quantité de radeaux et supports à imprimer en plus du modèle. Le temps passé à nettoyer les éléments finis est ainsi également réduit.

Étape 4 Imprimez chaque élément

Il est important de respecter les procédures de sécurité correctes spécifiées dans la fiche technique de votre imprimante 3D.

Dangers potentiels:

- Surfaces et thermoplastiques chauds (bloc de la tête d'impression et lampe)
- Rayonnement ultraviolet (lampe)
- Haute tension (connecteur de la lampe, prise électrique)
- Pièces mobiles (ensemble d'impression)

L'imprimante 3D que nous avons utilisée pour les pièces noires est un modèle Up Plus 2 (https:/www.3dhubs.com/3d-printers/up- plus-2), appelé Afinia H480 aux États-Unis, et qui utilise un filament ABS. Il existe de très nombreux modèles d'imprimantes 3D, et nous ne pouvons pas fournir des instructions pour chacun d'entre eux. Nous ne pouvons donner que des indications générales. Ce sera à vous d'adapter ces indications à votre modèle.

Voici quelques astuces :

- Prenez le temps de vous assurer que votre imprimante est correctement étalonnée et testée.
- Le PLA (https://fr.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadi%C3%A8ne_styr%C3%A8ne) est plus fiable et plus facile à imprimer que l'ABS (https://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene).
- Un plateau Zebra ou Buildtak (http://www.buildtak.eu/) constitue une bonne surface sur laquelle imprimer et ne nécessite pas d'adhésif supplémentaire.
- Si votre imprimante est équipée d'un capteur à sonde Z, cela peut permettre de compenser un plateau pas tout à fait de niveau dans ce cas, assurez-vous qu'elle fonctionne correctement.

Pour un beau rendu, nous vous conseillons de choisir un niveau de détail élevé pour votre impression.

Généralement, cela correspond à une valeur spécifiée en microns (https://fr.wikipedia.org/wiki/Microm%C3%A8tre) dans le logiciel de l'imprimante 3D. Plus cette valeur est faible, plus l'élément sera précis. Sachez que les impressions de précision prennent plus de temps et que chaque élément que vous allez réaliser peut prendre jusqu'à quatre heures. Assurez-vous que vous avez suffisamment de filament.

Les fichiers STL présentent normalement les pièces dans le bon sens par défaut, mais assurez-vous de les imprimer orientées comme ci-dessous pour minimiser les supports et les radeaux.

Dissipateur thermique



Base



Corps



Couvercle

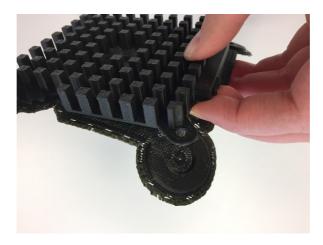


Étape 5 Retirez le support

Pour que l'élément reste structurellement solide pendant son impression, votre imprimante 3D crée ce que l'on appelle des supports et des radeaux, qui évitent que le thermoplastique chaud ne se courbe ou ne s'affaisse. Laissez l'élément refroidir jusqu'à température ambiante avant de le toucher.

Dissipateur thermique

Vous devez pouvoir retirer le support du dissipateur thermique simplement à la main. Cette pièce peut se courber légèrement, alors faites preuve de délicatesse lorsque vous retirez le matériau indésirable.



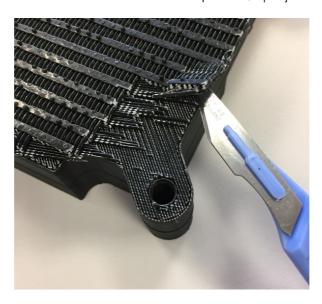
Vous pouvez choisir de ne pas imprimer cette pièce car elle n'est pas essentielle pour le reste du boîtier et parce qu'elle ne servira pas de dissipateur thermique, étant donné qu'elle est en plastique. Nous l'avons quand même incluse pour que vous puissiez réaliser le modèle de vol Astro Pi dans son design iconique.

Base

Comme pour le dissipateur thermique, le support de la base doit se retirer facilement.



Si le support se casse accidentellement, détachez le reste avec précaution à l'aide d'un scalpel et finissez de le retirer à la main.



Ne vous inquiétez pas si vous abîmez la surface avec le scalpel car le côté rugueux de la pièce ne sera pas visible une fois le boîtier assemblé.

N'oubliez pas de retirer le matériau autour de la fente pour carte SD. Pour cela, utilisez simplement une pince.



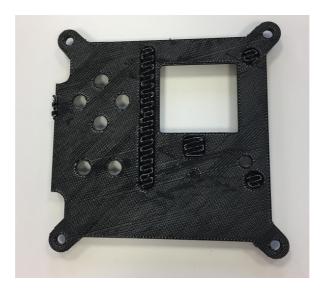
Corps

Une fois encore, le support doit pouvoir être retiré facilement à la main.

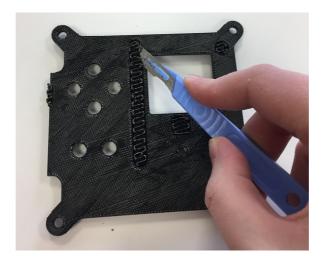


Couvercle

Retirez la couche inférieure du support comme précédemment.



Attention : cette pièce présente quelques trous marqués sur sa face inférieure dont le matériau doit être retiré. Ils sont prévus pour empêcher le couvercle de heurter le matériel Raspberry Pi lors de son installation dans le boîtier. Il vous faut un scalpel ou un cutter pour les creuser.



Dès que vous réussissez à en soulever une partie, utilisez une petite pince pour retirer le reste du matériau. Les zones avec une étoile rouge sur la photo ci-dessous doivent être traitées de la même manière.



Lorsque vous avez terminé, la pièce doit ressembler à ceci :



Étape 6 Vérifiez le bon ajustement

Avant de poursuivre, assemblez toutes les pièces pour vérifier qu'elles sont parfaitement ajustées. Vous devez faire particulièrement attention au bord à lèvre entre la base et le corps. Le dissipateur thermique et le couvercle doivent simplement s'aligner.



Ne vous inquiétez pas des imperfections ou résidus de support à ce stade ; vous pourrez les éliminer plus tard avec du papier abrasif.

Étape 7 Liste de contrôle des pièces

En dehors des éléments imprimés en 3D, vérifiez que vous avez toutes les pièces requises avant de commencer :



Part	Quantity	Info	Purpose
Raspberry Pi	1	B+, Pi 2, or Pi 3	Main computer
Camera Module	1	Normal or Pi NoIR	Main camera
Sense HAT	1		Main sensors

Si vous prévoyez de construire une unité de vol Astro Pi complète, vous pouvez acheter un kit contenant les composants nécessaires (http://cpc.farnell.com/ucreate/uc-apk-comp1/astro-pi-component-kit-budget/dp/SC14158) auprès de CPC.



Le kit contient déjà des boutons, mais si vous voulez acheter les boutons précisément utilisés pour l'unité de vol Astro Pi, les détails sont disponibles ci-dessous. Au prix de 9 £ pièce, ils sont onéreux — mais cela s'explique par le fait qu'ils sont conçus pour résister à un nombre considérable d'actionnements avant de s'user, un atout indispensable pour une mission spatiale de sept ans.

Fabricant : APEM

Référence fabricant : 104350003

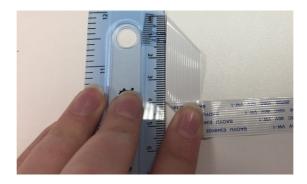
Étape 8 Installez la caméra

Une fois satisfait de vos pièces imprimées en 3D, vous pouvez passer à l'installation du matériel. L'installation de la caméra dans le boîtier peut s'avérer un peu compliquée, mais voici comment nous avons procédé pour les unités de vol :

- Tout d'abord, soulevez les deux languettes de chaque côté du module de caméra pour débrancher le câble plat de la caméra.
- Ensuite, pliez le câble plat. Ces plis permettront au câble de la caméra de remonter sur le côté du Raspberry Pi avec suffisamment de souplesse pour s'insérer dans le port CSI de la caméra (voir plus bas).
- Sortez le câble plat avec la face portant les inscriptions vers le haut et les connecteurs visibles sur la gauche. À 1 cm de longueur, pliez le câble plat vers le bas.



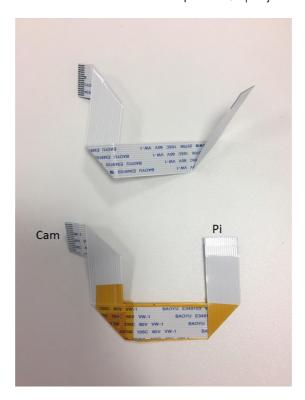
À présent, mesurez 4 cm depuis le haut du câble plat et pliez-le vers la droite.



• Enfin, mesurez 4 cm depuis le coin inférieur gauche et pliez le câble plat vers le haut.



• Appliquez du ruban adhésif sur le bas du câble plat pour éviter qu'il ne se déploie. Nous avons utilisé du ruban adhésif Kapton, mais n'importe quelle marque fera l'affaire.



Il n'est pas nécessaire que ce soit parfait pour fonctionner, mais essayez d'être aussi précis que possible.

- Reconnectez l'extrémité Cam du câble plat au module de caméra. Assurez-vous que les connecteurs étamés sont tournés vers l'avant et que la languette bleue est à l'arrière.
- Avant de poursuivre, alignez le module de caméra sur les trous de guidage des colonnettes et regardez à
 travers l'ouverture dans la base pour vérifier l'alignement de l'objectif. Le bloc objectif du module de caméra est
 en fait collé en position en usine ; aussi, son alignement peut varier légèrement d'une caméra à l'autre. Si vous
 constatez un problème d'alignement, vous devez pouvoir manipuler le bloc objectif entre le pouce et l'index
 avant de l'installer définitivement dans le boîtier.
- Lorsque vous êtes satisfait, utilisez les petites vis cruciformes M2 noires pour installer le module de caméra. Les vis ménagent leur propre filetage dans les trous de guidage des colonnettes mais après quelques tours, vous aurez certainement besoin d'un petit tournevis pour poursuivre.



Arrêtez de tourner dès que la vis touche le module de caméra. Si vous serrez trop la vis, la colonnette peut se fendre horizontalement le long du grain de l'élément imprimé. De plus, évitez de retirer et de remettre trop souvent les vis pour ne pas créer un nouveau filetage, ce qui risquerait d'abîmer l'intérieur des colonnettes de sorte que les vis ne tiendraient plus.

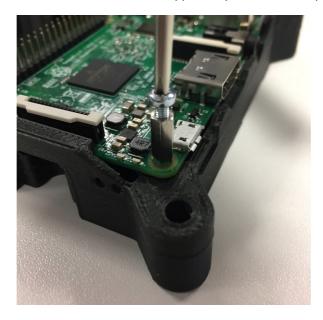
Étape 9 Installez le Raspberry Pi

- Tout d'abord, assurez-vous qu'il n'y a pas, autour de la fente pour la carte SD ou des trous pour les LED, de résidus de matériau de support susceptibles d'empêcher le Raspberry Pi de s'aligner sur les colonnettes de montage.
- Lorsque vous êtes satisfaits, alignez le Raspberry Pi et vérifiez son bon ajustement. Vérifiez qu'il ne touche pas le module de caméra en-dessous. N'insérez pas encore le câble plat de la caméra, ce qui compliquerait beaucoup la tâche suivante.



• Ensuite, vissez les supports M2.5 de 11 mm à chaque coin du module Pi. Exercez une légère pression manuelle afin que les supports ménagent leur propre filetage dans les trous de guidage des colonnettes. Après quelques tours, vous aurez besoin d'une petite pince pour continuer à les tourner. Essayez de visser les supports dans les colonnettes bien verticalement, en évitant un angle, même léger, pour éviter les problèmes d'alignement avec le module Sense HAT plus tard. Procédez avec précaution et, une fois encore, arrêtez de tourner dès que le support touche le Raspberry Pi pour éviter que les colonnettes ne se fendent horizontalement le long du grain de l'élément imprimé.

Si vous avez du mal à visser les supports, vissez l'une des vis cruciformes M2.5 argentées dans le support, puis utilisez le tournevis pour visser le support dans le boîtier. Une fois le support en place, n'oubliez pas de retirer la vis.



• Vous pouvez à présent insérer le câble plat de la caméra dans le port CSI du Raspberry Pi. Assurez-vous que les connecteurs étamés sont le plus de niveau possible, afin de garantir une bonne connexion.

Étape 10 Installez les supports du module Sense HAT

A partir de cette étape, nous allons nous écarter de ce que contient l'unité de vol Astro Pi. Les unités de vol sont dotées d'une autre carte de circuits imprimés entre le Raspberry Pi et le module Sense HAT, avec une horloge en temps réel, un quartz d'oscillateur et une batterie de secours. La carte RTC dispose aussi de quelques broches avec six boutons-poussoirs connectés. Malheureusement, cette carte n'est pas accessible au grand public.

Notre objectif étant d'obtenir un modèle de vol imprimé en 3D aussi fidèle que possible à l'original, nous avons décidé de ne pas le modifier et de nous adapter à l'absence de cette carte. Nous serons peut-être amenés à publier les fichiers Gerber correspondants dans le futur, afin que tout le monde puisse réaliser sa propre carte. Nous allons utiliser des écrous hexagonaux de la même profondeur que la carte RTC pour compenser son absence.

- Ajoutez le connecteur étendu à 23 broches aux broches GPIO du Raspberry Pi, à l'extrémité opposée aux ports USB.
- Ensuite, prenez un support M2.5 de 8 mm et posez un écrou hexagonal sur son filetage, avant de le visser dans le trou du support de 11 mm, comme illustré ci-dessous. Procédez de la même manière pour les trois autres supports.



Remarque pour les utilisateurs de Pi 3. L'utilisation d'un support métallique à proximité de l'antenne sans fil dégradera les performances et la portée de cette dernière. Il est donc conseillé soit de ne pas poser ce support, soit d'utiliser un support en nylon et une vis en nylon.

 N'installez pas le module Sense HAT tout de suite, pour ne pas être gêné pendant la connexion des broches GPIO aux boutons.

Étape 11 Installez les boutons-poussoirs

Pour cette étape, on suppose que vous utilisez les boutons du kit de composants Astro Pi (http://cpc.farnell.com/ucrea te/uc-apk-comp1/astro-pi-component-kit-budget/dp/SC14158) de CPC. Si vous utilisez les boutons APEM ou un autre type de boutons, leur installation peut être légèrement différente.

• Prenez un bouton, puis dévissez et retirez l'écrou. L'écrou est parfois coincé sur le capuchon de bouton, mais il devrait se décoincer si vous le secouez.



- En gardant la rondelle sur le filetage, insérez le bouton par la face inférieure du couvercle.
- Ensuite, sur la face supérieure du couvercle, repositionnez l'écrou et serrez-le à la main. Vérifiez que les connecteurs sont alignés horizontalement sur la face inférieure avant de serrer complètement.



 Procédez de la même manière pour les boutons restants. Lorsque vous avez terminé, l'élément doit ressembler à ceci :



Si vous utilisez le couvercle avec les trous de guidage, vous devez vérifier le diamètre de bague filetée de votre type de bouton dans la fiche technique correspondante. Ensuite, vous pouvez sélectionner une mèche de ce diamètre, plus 1 mm de jeu, et percer les six trous. Nous vous conseillons d'utiliser un étau ou un serre-joint pour maintenir le couvercle en place pendant le perçage. Vous pouvez installer les boutons en fonction de vos besoins.

Étape 12 Préparez les fils des boutons

Tout d'abord, vous devez préparer les fils des boutons pour pouvoir les fixer sur les boutons. Dans l'unité de vol réelle, nous avons soudé les fils des boutons pour qu'ils soient plus fiables — dans le kit, vous trouverez des fils volants qui ont le même rôle. La couleur des fils n'est pas importante car ils sont tous strictement identiques à l'intérieur.

- Prenez un fil de couleur et, sans le couper, retirez la gaine en plastique noir à une extrémité. Pour cela, vous pouvez tirer dessus à l'aide de la pince coupe-fils, ou bien tirer la petite languette vers le haut et retirer la gaine manuellement. Cela permet de dévoiler un connecteur à broche.
- Passez d'abord un élément isolant en plastique sur l'extrémité étroite du connecteur à broche, puis faites-le glisser le long du fil. Placez ensuite le connecteur dans un élément à sertir.



- En alternant l'angle des pinces, écrasez l'élément à sertir autour du fil jusqu'à ce que le connecteur à broche ne bouge plus du tout dans l'élément à sertir. Faites ensuite glisser l'élément isolant sur le fil et l'élément à sertir.
- Répétez cette opération avec les fils volants colorés pour préparer les fils qui seront connectés aux six boutons.



Au lieu de connecter six autres fils au Raspberry Pi en tant que fils de mise à la terre, vous allez créer une boucle de mise à la terre qui se connecte à tous les boutons. Cette technique est aussi utilisée pour les unités de vol réelles.

- Prenez un morceau de fil noir d'environ 50 cm de long. À l'aide d'une règle et d'une pince coupe-fils, coupez cinq longueurs de 10 cm.
- Pour chaque longueur, utilisez la pince à dénuder pour exposer au moins 1 cm de fil nu à chaque extrémité, puis courbez le fil en forme de U.



• À présent, prenez un fil volant noir et retirez la gaine en plastique noir à une extrémité pour exposer le connecteur, comme vous l'avez déjà fait auparavant.

Traduction ESERO France https://projects.raspberrypi.org/en/projects/astro-pi-flight-case/print

- Maintenez le connecteur à côté de l'extrémité de l'un des fils noirs de 10 cm de long et passez les deux fils dans l'extrémité étroite d'un élément isolant.
- Insérez les deux fils ensemble dans un élément à sertir et serrez ce dernier comme précédemment.



• Connectez les quatre longueurs restantes de fil noir afin de créer une chaîne, en sertissant ensemble un nouveau fil avec l'extrémité dénudée du fil précédent. Il reste alors un fil dénudé, comme illustré sur la photo ci-dessous.

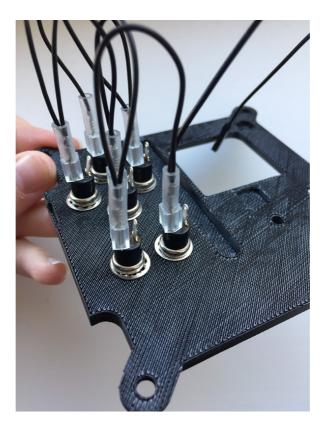


 Pour l'extrémité finale, utilisez une pince pour replier le fil dénudé sur lui-même afin qu'il soit deux fois plus épais, puis insérez-le tout seul dans un élément à sertir et resserrez-le comme précédemment. Au final, vous vous retrouvez avec une chaîne contenant six extrémités serties et l'extrémité d'un fil volant en plastique noir.

Étape 13 Connectez les fils aux bornes des boutons

Pour commencer, connectez votre boucle de mise à la terre aux boutons.

- En commençant par le bouton du haut, prenez l'extrémité sertie du fil la plus éloignée du fil volant en plastique noir. Faites glisser l'élément isolant vers le bas, maintenez l'élément à sertir entre le pouce et l'index et poussez le tout sur la borne du bouton. Une fois l'élément à sertir fermement en place, faites de nouveau glisser l'élément isolant en position.
- Répétez l'opération pour fixer une connexion de la boucle de mise à la terre noire sur chacun des six boutons.



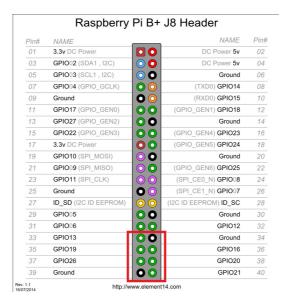
• À présent, prenez les fils colorés que vous avez préparés précédemment et connectez une extrémité sertie à la borne de réserve de chaque bouton, en procédant exactement de la même manière.

Étape 14 Connectez les boutons au Raspberry Pi

 Positionnez le corps du boîtier Astro Pi sur la base. Vous devez le faire à ce stade parce que les fils GPIO vous empêcheront de le faire plus tard.

À présent, vous allez connecter les boutons aux broches GPIO libres au bas du connecteur.

 Tournez le boîtier Astro Pi de manière à ce que les ports Ethernet et USB soient en bas et les broches GPIO sur le côté droit du Raspberry Pi.



Les broches marquées en rouge sont celles auxquelles vous allez connecter les boutons, le bas du schéma correspondant aux broches les plus proches des ports USB.

- Regardez la face inférieure du couvercle, avec les boutons sur la gauche et le trou d'affichage sur la droite.
 Connectez le fil coloré de chaque bouton à la broche correspondante ci-dessous :
- · Quatre boutons supérieurs

Haut : GPIO 26

• Bas : GPIO 13

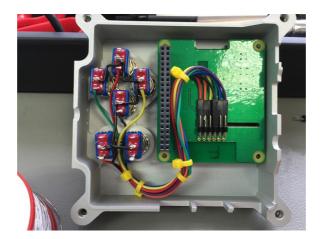
Gauche : GPIO 19Droite : GPIO 20

Deux boutons inférieurs

Gauche : GPIO 21Droite : GPIO 16

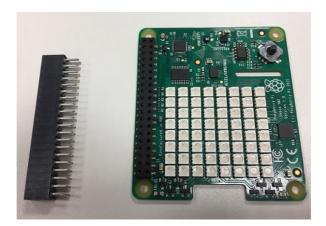
Enfin, connectez le fil de mise à la terre à la broche 34 ou 39 (étiquetées Ground sur le schéma PIO). Le couvercle va à présent être un peu gênant tant que vous n'aurez pas terminé, mais essayez de le positionner doucement de manière à ce qu'il prenne le moins de place possible.

La photo ci-dessous représente une unité de vol qui est allée dans l'espace. Sur la droite, vous pouvez voir la base de la carte RTC avec les broches des connecteurs pour les boutons. Si vous observez les contacts des boutons, vous constatez que nous n'avons utilisé qu'un seul fil de mise à la terre noir qui passe de bouton en bouton.



Étape 15 Installez le module Sense HAT

- Retirez le connecteur GPIO fourni avec le module Sense HAT. Vous pouvez le secouer latéralement pour le retirer sans trop d'effort.
- Le module Sense HAT peut être fixé sur le connecteur étendu. Les broches du connecteur ne doivent pas dépasser en haut du module Sense HAT. Si elles dépassent, la hauteur est incorrecte.



• Enfin, utilisez les vis cruciformes M2.5 pour fixer le module Sense HAT sur les supports ci-dessous.



Étape 16 Assemblez-le

Lorsque vous êtes satisfait de ce que contient le boîtier, vous pouvez passer à l'assemblage final.

- Prenez le couvercle et rentrez doucement les fils dans l'espace sur la droite du Pi aussi minutieusement que possible.
- Placez le couvercle sur le boîtier et alignez le dissipateur thermique sur le bas.
- Prenez les boulons filetés M4 noires et insérez-en un dans chaque trou dans les angles du boîtier. Insérer les quatre boulons à ce stade va permettre de tout aligner et faciliter la fixation du boîtier à l'aide des écrous.
- Prenez un des grands écrous hexagonaux et utilisez l'index pour le positionner contre le bas du boulon.
 Poussez le boulon vers le haut afin que l'écrou affleure au bas du boîtier, puis tournez la tête de l'écrou entre le pouce et l'index pour qu'elle saisisse le filetage du boulon. Serrez l'écrou à la main exclusivement.



- Une fois les quatre écrous en place, vous pouvez procéder au serrage final avec un tournevis.
- Votre Astro Pi est presque terminé il ne vous reste plus qu'à installer le cache pour joystick imprimé en 3D en l'enfonçant sur le joystick. Pour cela, les unités de vol réelles utilisent un cache TrackPoint récupéré sur un ordinateur portable ThinkPad de Lenovo!



Étape 17 Testez-le

• Une fois l'Astro Pi assemblé, démarrez-le en connectant un moniteur, un clavier et une souris.

Si vous disposez du kit Astro Pi de l'ESA, le motif arc-en-ciel sur la matrice à LED doit disparaître quelques secondes après la mise sous tension de l'Astro Pi, et les boutons-poussoirs doivent permettre de saisir des lettres. Vous pouvez tester cela sur le terminal en exécutant le programme de test au bas de cette section.

Si vous ne disposez pas du kit Astro Pi de l'ESA, le motif arc-en-ciel sur la matrice à LED reste visible après la mise sous tension de l'Astro Pi et les boutons ne fonctionnent pas encore.

Vous allez devoir télécharger des fichiers et modifier des paramètres de configuration ; vous devez donc vous assurer que votre Astro Pi est en ligne.

 Tout d'abord, téléchargez le calque Device Tree qui associe les boutons-poussoirs aux touches correspondantes du clavier. Pour cela, ouvrez une fenêtre sur le terminal et saisissez les commandes suivantes :

```
cd /boot/overlays
sudo wget https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/dtb/astropi-keys.dtbo --no-check-
certificate
```

Saisissez les et vérifiez que le fichier astropi-keys.dtbo apparaît désormais dans la liste des fichiers.

• Ensuite, configurez config.txt pour charger ce calque. Ouvrez le fichier de texte en saisissant :

```
sudo nano /boot/config.txt
```

• Accédez au bas du fichier et saisissez les deux lignes ci-dessous :

```
dtoverlay=rpi-sense
dtoverlay=astropi-keys
```

- Appuyez sur Ctrl + O pour enregistrer, puis sur Ctrl + X pour quitter la fenêtre
- À présent, redémarrez l'Astro Pi.

```
sudo reboot
```

Vous allez maintenant télécharger et exécuter un programme de test Python pour vérifier que tout fonctionne. Le code de test utilise Pygame (ht tp://pygame.org/wiki/tutorials), ce qui signifie que vous devez effectuer ce test sur un moniteur directement connecté. Il ne fonctionnera pas via un accès à distance.

Ouvrez une fenêtre sur le terminal et saisissez les commandes suivantes :

```
cd ~
wget https://github.com/raspberrypilearning/astro-pi-flight-case/raw/master/data/test_code/pygame_test.py --no-check-certificate
chmod +x pygame_test.py
./pygame_test.py
```

Actionnez le joystick et appuyez sur tous les boutons-poussoirs. Si tout fonctionne, le joystick donne une indication
de direction et les boutons affichent la lettre correspondante sur la matrice à LED. Appuyez sur Escape pour quitter
la fenêtre.

Étape 18 Défi : améliorez votre boîtier

Nous avons choisi de ne pas montrer un boîtier parfaitement fini parce que nous espérons que vous ferez un effort supplémentaire et que vous nous époustouflerez avec le vôtre! Montrez-nous votre boîtier fini en tweetant des photos sur @astro_pi (https:/ twit ter.com/astro_pi) et @raspberry_pi (https://twitter.com/Raspberry_Pi).

Voici d'autres idées de personnalisation pour votre boîtier :

- Utilisez une bombe de peinture gris métallisé
- Utilisez du papier abrasif pour créer le fini mat des flight cases en aluminium grenaillé Gravez
- · des insignes sur le boîtier
- Utilisez une couleur de filament différente pour chaque pièce

Les fichiers STL sont publiés sous licence d'attribution Creative Commons (https://creativecommons.org/license/s/by-sa/4.0/); vous pouvez donc les modifier à votre guise. GitHub propose une super visionneuse STL (https://github.com/blog/1465-stl-file-viewing), ainsi qu'un fichier différentiel 3D (https://github.com/blog/1633-3d-file-diffs), qui peut vous être utile pour le suivi de vos modifications.

Le plus gros avantage à disposer d'une réplique de l'unité de vol Astro Pi est incontestablement la possibilité de prototyper et de tester le code qui pourrait être exécuté sur la Station spatiale internationale. Mettez le cap sur le site Web Astro Pi (https://esero.fr/projets/astro-pi/) dès à présent pour participer !

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

Consulter les projets et les licences sur le site de GitHub (https://github.com/RaspberryPiLearning/astro-pi-flight-case)