

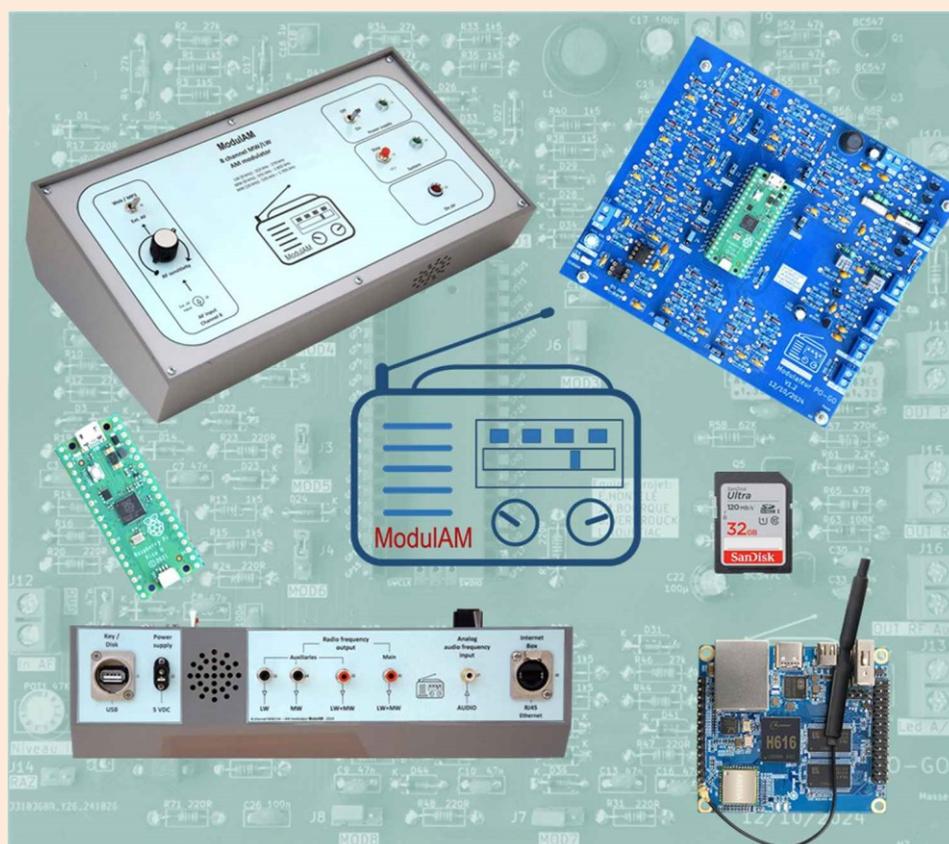


ModulAM

Modulateur AM 8 fréquences

Notice générale Montage et instructions

V1.2 – 2025-02



<https://modulam.retrotechnique.org/>



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

Cette notice présente les étapes essentielles du projet et vous guidera pour la réalisation et la mise en service du système **ModulAM**.

Cette notice est une synthèse des différents documents publiés et téléchargeables librement sur le site web du modulateur AM 8 fréquences ModulAM. Tout au long de ce document des liens vous permettront d'accéder aux instructions détaillées.



Peut-être avant de commencer, souhaitez-vous peut-être en savoir un peu plus sur la nature de ce projet ?
Ses concepteurs et auteurs ?
Son organisation ?
Son interface homme machine ?

Alors, une visite du site web s'impose au plus vite : <https://modulam.retrotechnique.org/>

Temps de lecture : une dizaine de minutes, pas davantage, à moins que vous ne soyez soudain pris dans les filets du simulateur IHM... ou dans la découverte des schémas synoptique et électronique ?



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions

I – Avant de commencer...

Pour réussir à coup sûr et simplement ce projet, il est vivement conseillé de suivre toutes les étapes de cette notice en respectant les consignes.

Ce projet mêle plusieurs domaines fort différents : électronique analogique, électronique digitale, informatique, câblage, mécanique.

Afin d'éviter les écueils, les documents ont été rédigés avec soin dans le langage le plus limpide possible, puis ont été relus, amendés et validés par des spécialistes mais aussi par des non spécialistes afin d'en limiter les ambiguïtés et d'en augmenter la clarté.

Mais le meilleur des documents n'a d'efficacité que s'il est suivi avec l'attention nécessaire par le lecteur !

Il est temps de vérifier cet adage en commençant l'aventure par une étape préliminaire générique à tous les projets Retrotechnique : prendre connaissance des éléments relatifs à la sécurité des personnes et des matériels, à l'outillage et à quelques conseils pour le câblage.

Le [vade-mecum](#) de l'amateur éclairé.

C'est fait ?

Alors direction page suivante pour découvrir l'aspect du matériel.

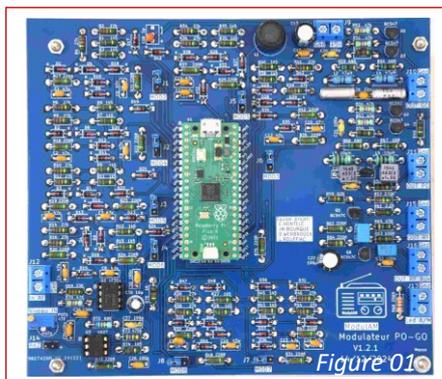


II – LE MATÉRIEL

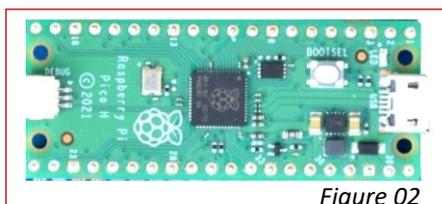
Le fonctionnement du modulateur **ModulAM** s'articule autour de trois sous-ensembles matériels essentiels :

- ✓ Une platine modulateur générant 8 porteuses AM réparties sur les gammes GO et PO normalisées, avec les dispositifs d'amplification RF et de filtrage par bande.

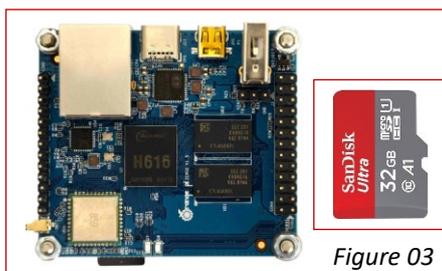
Cette platine est à câbler totalement à partir de plans et schémas précis et d'un outil d'aide au placement des composants, attaché à une nomenclature détaillée. C'est le « gros morceau » de ce projet (figure 01).



- ✓ Un module processeur du marché, le Raspberry Pi Pico H. C'est lui qui génère les porteuses au format digital suivant le principe de la SDR (figure 02).



- ✓ Un second module manufacturé, l'Orange Pi Zero 2. C'est un nano ordinateur qui assure le management de l'ensemble des fonctionnalités, la gestion des flux des programmes radio et l'accueil du logiciel IHM. Son disque dur supportant les logiciels est constitué d'une carte mémoire au format Micro SD 32 Go (figure 03).





ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

➔ Nomenclature des accessoires

Pour que l'ensemble soit fonctionnel, quelques composants supplémentaires d'interconnexion et de commande sont nécessaires.

La nomenclature du tableau suivant récapitule les éléments minimums indispensables pour constituer un exemplaire fonctionnel du **ModulAM**.

La colonne « fournisseur », propose un lien vers un distributeur possible de ces fournitures : bien entendu il y en a d'autres et chacun pourra s'adresser à son fournisseur préféré.

Item	Désignation	Marque	Référence	Q	Lien
1	Platine modulateur 8 fréquences	-	ModulAM v1.2.1	1	Chapitre III.1
2	Nano ordinateur - RAM 1Go	Orange Pi	Pi Zero 2	1	https://urls.fr/HbkauV
3	Processeur ⁽¹⁾	Raspberry	Pico H	1	https://urls.fr/XR7Mhz
4	Bloc d'alimentation	Sunshine	5 V – 4 A	1	http://tinyurl.com/3sxcbbbeb
5	Carte mémoire Micro-SD 32 Go	Divers	32 Go	1	https://urls.fr/E8ZVrn
6	Interrupteur bouton poussoir	ALIEXPRESS	PBS170	1	http://tinyurl.com/25xj6ukx
7	Cordon USB-A/USB micro B 30 cm	AS-DISCOUNT	95735	1	http://tinyurl.com/2s3bdh9w
8	Cordon DUPONT F/F 2 Br 70cm	TYNITRONICS	SKU:002051	2	http://tinyurl.com/2ypcfb2d
9	Tore ferrite anneau	FERROXCUBE	TN14/9/5-3E25	1 / +	http://tinyurl.com/2hrp4ryv

(1) : ce composant est déjà intégré dans la nomenclature générale niveau 1 de la platine ModulAM v1.2.1

Dans le cas d'une utilisation régulière il est vivement conseillé d'intégrer les sous-ensembles au sein d'un boîtier d'accueil supportant la connectique nécessaire au raccordement des liaisons externes ainsi que quelques composants de commande et de signalisation garantissant une exploitation plus confortable et surtout plus sécurisée.

Un dossier complet a été rédigé à cet effet, permettant d'obtenir une intégration et une présentation rationnelle du système (figures 04 et 05).



Figure 04 : face avant du boîtier d'accueil supportant les commandes et signalisations.

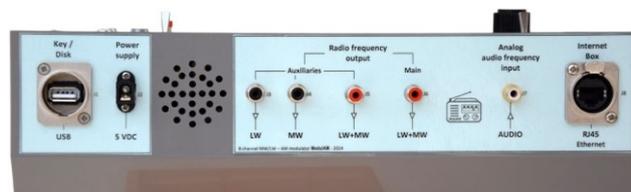


Figure 05 : face arrière du boîtier d'accueil supportant l'ensemble de la connectique des entrées et sorties.

Le dossier complet est disponible en téléchargement libre sur [cette page](#) du site du **ModulAM**.



ModuAM

Notice générale – Montage et instructions

II.1 – LA CARTE MODULATEUR 8 FRÉQUENCES

Cette carte constitue l'élément essentiel du projet.

Elle a été conçue à partir de composants électroniques standards aux références classiques et de type « traversant ». De nombreux distributeurs européens ou asiatiques sont susceptibles de proposer ce genre de fourniture.

L'amateur devra rassembler les composants ainsi que le circuit imprimé (v1.2.1) puis implanter et câbler l'ensemble pour obtenir une platine modulateur en état de fonctionner (figure 06).



Figure 06 : la platine du modulateur (v1.2.1) une fois l'ensemble des composants implanté et soudés.

→ Les composants

Là encore, des documents et outils d'assistance ont été conçus pour très nettement faciliter les étapes d'approvisionnement des composants (type, référence, proposition de fournisseurs) et de câblage, à l'aide d'une méthode très détaillée suivant le principe du pas à pas.

Trois niveaux de nomenclatures sont disponibles en téléchargement libre sur le site du [ModuAM](https://moduam.fr), en fonction du détail souhaité dans la description des composants.

Item	Repère schéma / CI	Designation	Valeur	Format	Quantité	Infos	Fournisseur possible	Lien direct
1	Circuit imprimé	CI ModuAM	v1.2	Circuit imprimé	1		JLCPCB - 5p	https://jlcpcb.com/
2	D1 à D48	Diode	1N4148	1N4148_P7.62mm_Horizontal	48		Ali Express - 100p	https://urls.fr/fxPPf3
3	R65	Résistance	47 Ω	R_10.16mm_0,25w - 5% ou moins	1			
4	R67, R60, R59, R66	Résistance	68 Ω	R_10.16mm_0,25w - 5% ou moins	4			
5	R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R31, R32, R37, R42, R47, R48, R62, R71, R75	Résistance	220 Ω	R_10.16mm_0,25w - 5% ou moins	19			
6	R68	Résistance	330 Ω	R_10.16mm_0,25w - 5% ou moins	1			
7	R49, R50, R55, R56, R76	Résistance	1 kΩ	R_10.16mm_0,25w - 5% ou moins	5			
8	R1, R3, R5, R7, R9, R11, R13, R15, R27, R29, R33, R35, R38, R40, R43, R45, R74	Résistance	1,5 kΩ	R_10.16mm_0,25w - 5% ou moins	17			
9	R61	Résistance	2,2 kΩ	R_10.16mm_0,25w - 5% ou moins	1			
10	R2, R4, R6, R8, R10, R12, R14, R16, R28, R30, R34, R36, R39, R41, R44, R46	Résistance	27 kΩ	R_10.16mm_0,25w - 5% ou moins	16		Ali Express - 1% - 100p	https://urls.fr/FuqpAu

Figure 07 : extrait de la nomenclature de niveau 1 de la platine du modulateur.

Nomenclatures complètes (niveaux 1 à 3) [téléchargeables librement sur cette page](https://moduam.fr).



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

→ Le circuit imprimé

Pour la fabrication du circuit imprimé, nous proposons le fournisseur qui a réalisé tous les prototypes de ce projet accompagné d'un dossier de fabrication complet sous forme d'un fichier compressé (format *.zip) qu'il suffit de lui transmettre pour valider l'aspect technique de la commande.

Dossier de fabrication (fichier Gerber) du circuit imprimé : [téléchargeable librement sur cette page](#).

Procédure de commande auprès du fournisseur JLCPCB : [téléchargeable librement sur cette page](#).

→ Adamo - logiciel d'aide au montage

Une fois le circuit imprimé reçu et tous les composants rassemblés, le câblage ne devrait pas poser de problème, sous réserve d'un peu d'attention au respect du sens d'implantation de certains composants.

Toutefois, nous conseillons d'utiliser l'outil d'aide au montage « adamo » qui a été conçu pour vous assister pas à pas, suivant une chronologie optimisée et un accompagnement à l'aide de clichés et de messages de sensibilisation lorsque le sens d'implantation d'un composant doit être rigoureusement respecté.

Cet outil est rassurant pour tous, quelle que soit votre expérience en matière de câblage, et permet de gagner du temps, de faire des pauses même de plusieurs jours et de retrouver son ouvrage là où on l'a laissé, la sauvegarde de votre session de travail étant automatiquement effectuée à l'endroit de la validation du composants implanté en dernier.

Découvrez et testez (même virtuellement) cet outil sur [la page adamo](#) du site web du **ModulAM**.

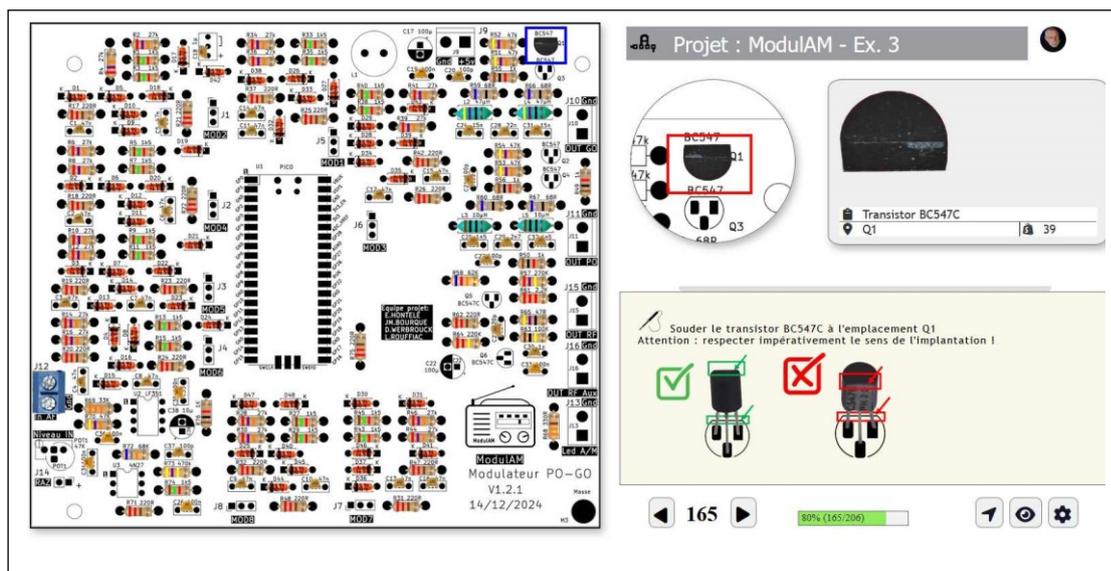


Figure 08 : copie de l'écran du logiciel d'aide au montage « adamo ».



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions

Une fois câblée et visuellement contrôlée, la platine du modulateur est prête à être intégrée au système, car elle ne nécessite aucun réglage ni mise au point particulière pour bénéficier de ces caractéristiques optimales.

II.2 – LE MODULE PROCESSEUR RASPBERRY PI PICO H

Ce module manufacturé est utilisable en l'état sans ajout de composants annexes ([item 3](#) de la nomenclature).

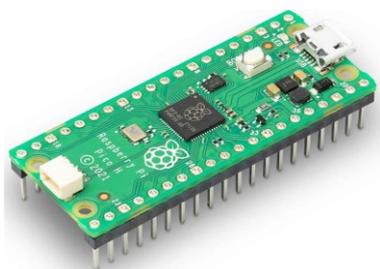


Figure 09

La version H dispose de deux rangées de 20 picots déjà soudés (figure 09) autorisant l'insertion directe du processeur sur le support câblé sur la carte du modulateur.

À cette étape du projet, ne pas encore mettre en place ce processeur sur la carte du modulateur, car une opération de téléchargement du logiciel de génération des porteuses doit d'abord être effectuée.

II.3 – LE MODULE NANO ORDINATEUR ORANGE PI ZERO2 (OPZ)

Ce module manufacturé ([item 2](#) de la nomenclature) réclame qu'on s'y attarde afin d'en découvrir les principales composantes.

Ce nano-ordinateur Orange Pi Zero2 comporte tous les éléments d'un ordinateur classique, organisés autour d'un puissant processeur Cortex-A53 en Quad-core de 64 bits, Allwinner H616, cadencé à 1,5 GHz.

Le module propose des interfaces et des connecteurs de communication standards ainsi que de nombreux ports d'entrées / sorties annexes, programmables.

L'ensemble est disposé sur un circuit imprimé aux dimensions réduites : 53 mm x 35 mm.

L'OPZ gère et traite les flux digitaux des programmes audio des stations de radiodiffusion sélectionnées, gère les fichiers audio au format mp3 et assure la communication avec le processeur Raspberry Pi Pico H placé sur la carte du modulateur générateur des porteuses.

Par ailleurs c'est ce module qui supporte le logiciel de l'IHM qui permet à l'utilisateur de configurer simplement les différents paramètres de fonctionnement et de diffusion du **ModuIAM**, à partir d'un simple navigateur internet.



Figure 10



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

➔ Position des principaux circuits et connecteurs sur le module OPZ

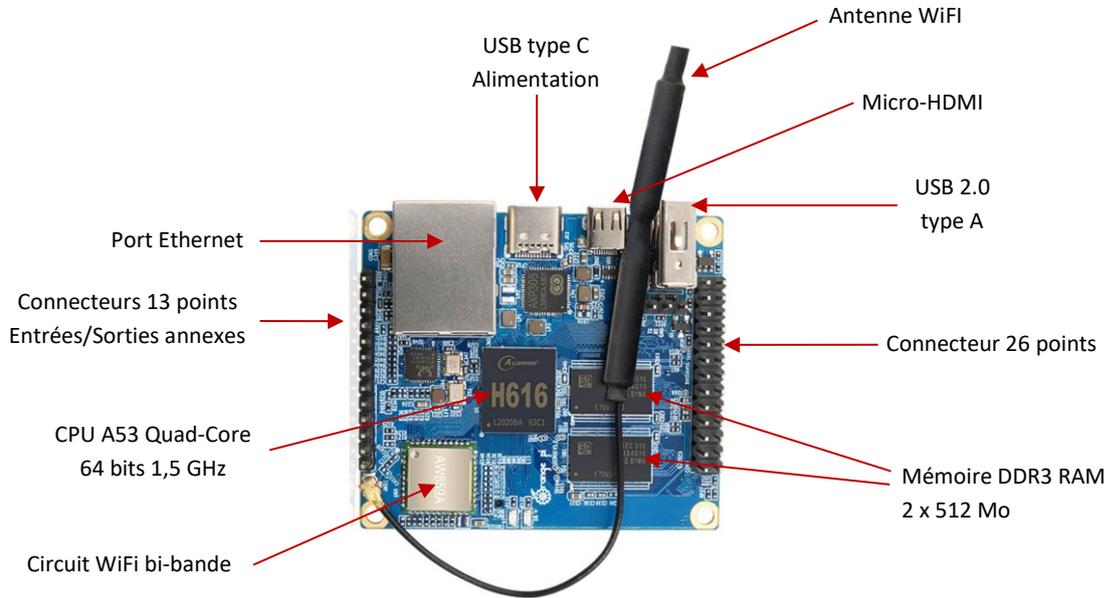


Figure 11

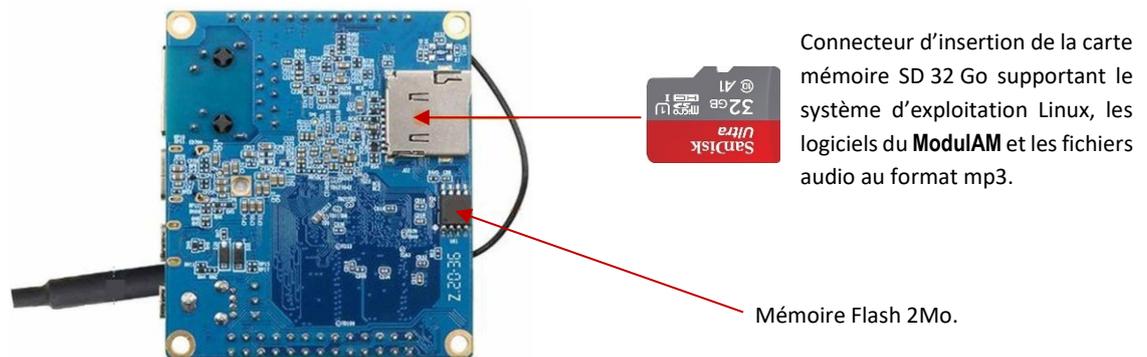


Figure 12



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

III – INSTALLATION DES LOGICIELS

Tous les modules étant maintenant disponibles et prêts, les étapes suivantes vont consister à télécharger puis installer au sein du processeur Raspberry et du nano ordinateur OPZ, les logiciels de l'application du système **ModulAM**.

Après cette opération, les sous-ensembles pourront être raccordés entre eux, puis vers le ou les récepteurs TSF afin de lancer la diffusion des programmes radio.

III.1 – PRÉREQUIS

Pour procéder à l'installation des logiciels, il est nécessaire de disposer des éléments externes suivants :

- ✓ Un ordinateur portable ou de bureau raccordé à une connexion à l'internet,
- ✓ Sur la box internet, un port de connexion disponible pour un raccordement filaire de type RJ45,
- ✓ Un adaptateur USB / Micro SD, si l'ordinateur portable ou de bureau ne dispose pas ce port d'accès,



La présente procédure a été rédigé à partir des commandes et écrans disponibles d'un ordinateur de type PC, équipé d'un système d'exploitation MS Windows 10®.

*Nous avons particulièrement travaillé l'aspect « simplicité » de l'installation des logiciels en partant du principe que l'utilisateur du **ModulAM** n'a pas de connaissance particulière du langage et/ou du codage informatique.*

➔ Les logiciels à installer

Sur le processeur Raspberry PI Pico :

- ✓ Un logiciel de génération des huit porteuses AM qui doit être copié au sein du processeur Raspberry PI Pico : le fichier de ce logiciel est nommé : **ModulAMv1.uf2**.

Sur l'ordinateur PC raccordé à l'internet :

- ✓ Un logiciel utilitaire de gestion de copie de fichier image : disponible en libre accès, ce logiciel permet d'effectuer la copie de l'image du paquet logiciel de l'OPZ sur la carte mémoire SD 32 Go. Il n'est utilisé que pour cette tâche, mais il est conseillé de le conserver sur le PC, afin de pouvoir télécharger d'éventuelles mises à jour ultérieures du **ModulAM**. Nom de ce logiciel : **Win32 Disk Imager**.

Sur le module Orange pi Zero2 (OPZ) :

- ✓ Un « paquet » logiciel se présentant sous la forme d'un seul fichier image, qui contient le système d'exploitation (Linux) et le logiciel d'exploitation du **ModulAM** supportant l'interface homme / machine (IHM), la gestion des flux audio issus du web, ainsi que l'ensemble des « utilitaires » nécessaires aux fonctions annexes (gestion des ports d'entrées et de sorties, pour les commandes et visualisations, notamment). Nom de ce fichier image : **ModulAM-2501-OPZ2-V1-0.img**. Ce fichier est à copier sur la carte SD 32 Go, via l'ordinateur PC et le logiciel utilitaire.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions



Pour les néophytes, voici quelques informations de base pour mieux comprendre le contexte de cette procédure d'installation des logiciels sur le module processeur Raspberry Pi Pico et le module nano ordinateur Orange Pi Zero 2.

De façon simpliste, mais explicite, comparons le matériel digital **ModulAM** avec un ordinateur de type PC, fonctionnant sous un environnement Windows et exécutant une application de bureautique, comme par exemple le traitement de texte Word :

- ✓ Le module Orange Pi Zero 2 : c'est le PC,
- ✓ La carte mémoire micro SD : c'est le disque dur du PC,
- ✓ Le système d'exploitation Linux de l'OPZ2 : c'est Windows,
- ✓ Le logiciel d'exploitation du **ModulAM** : c'est Word ou Excel,
- ✓ Le module Raspberry Pi Pico et son logiciel embarqué, en charge de fabriquer et de restituer les 8 porteuses : c'est un périphérique, comme l'est une imprimante reliée au PC intégrant son propre logiciel de gestion de ses fonctionnalités d'impression.

III.2 – INSTALLATION DU LOGICIEL DE GÉNÉRATION DES 8 PORTEUSES

Ce logiciel doit être installé directement sur le module processeur Raspberry PI Pico.

➔ Préparation matérielle du module Raspberry Pi Pico

Raccorder le module processeur Raspberry Pi Pico vers l'ordinateur via le port USB de chacun des équipements, via un câble USB-A vers USB-Micro B, en observant la procédure suivante :

- Raccorder l'extrémité micro USB du cordon sur le module RPI (A)
- Appuyer sur le petit bouton poussoir noté BOOTSEL situé sur le RPI (B) - voir figure 13 ci-dessous
- Tout en **maintenant ce bouton appuyé**, raccorder la fiche USB à l'ordinateur PC (C)
- Relâcher le bouton BOOTSEL.

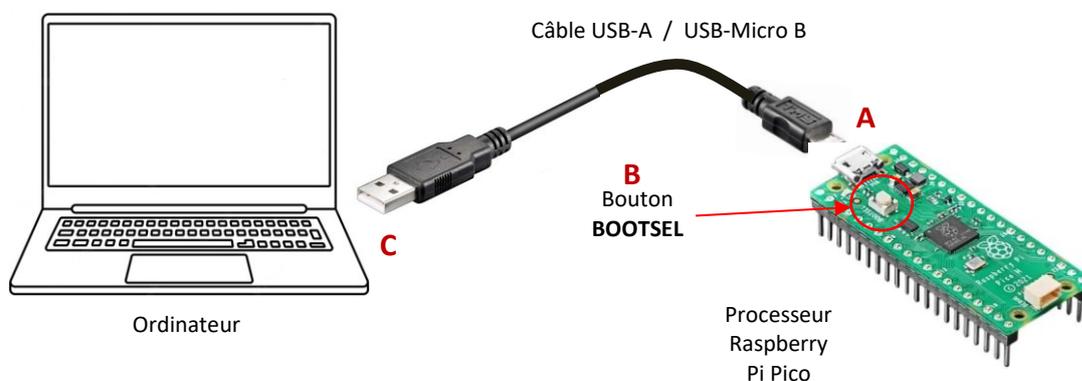


Figure 13 : raccordement du module Raspberry à l'ordinateur via une liaison USB.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

Après le raccordement, le processeur Raspberry Pi Pico (RPI) sera détecté par l'ordinateur comme une clé USB ou un disque dur externe sous le nom : **RPI-RP2**.

À l'aide de l'explorateur de fichiers de l'ordinateur, s'assurer que le module est bien détecté par l'ordinateur, puis repérer son emplacement.

Vous pourrez visualiser les noms des deux fichiers déjà présents d'origine dans le RPI :

INDEX.HTM et **INFO_UF2.TXT**. Ne pas intervenir sur ces fichiers.

➔ Téléchargement du logiciel de génération des 8 porteuses

Avec l'ordinateur raccordé à l'internet :

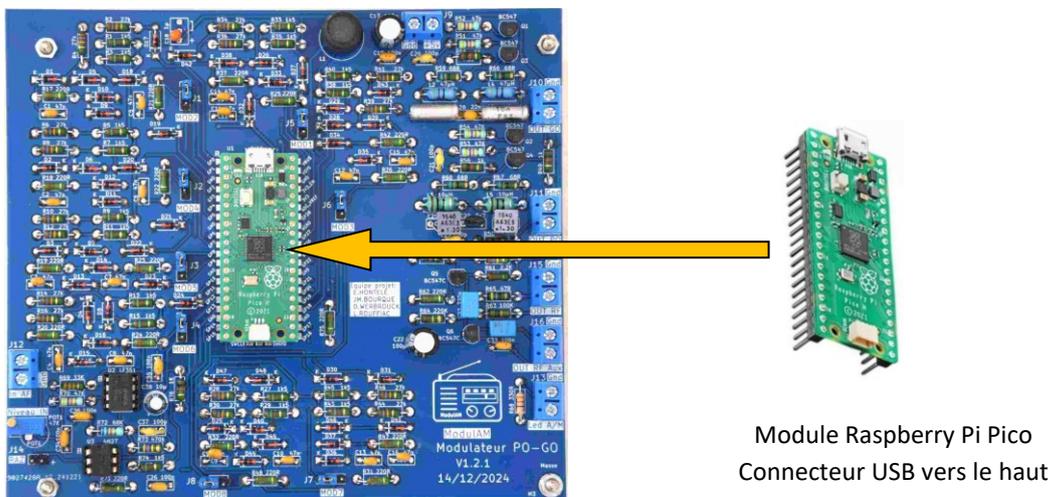
- ✓ Se connecter au serveur des logiciels et documents **ModulAM**, à l'adresse suivante : <https://modulam.retrotechnique.org/le-paquet-logiciel/>

Sur cette page, au chapitre I : « Exploitation : le paquet logiciel ModulAM »

- ✓ Cliquer sur le bouton « **Télécharger** » du paragraphe « Logiciel de génération 8 porteuses : **ModulAMv1.uf2** » (ou la version la plus récente compatible avec la version matérielle v1.2.1)
- ✓ Le téléchargement terminé (quasi instantané) ranger ce fichier **ModulAMv1.uf2**, dans un répertoire de l'ordinateur, afin d'en conserver la copie.

➔ Installation du logiciel sur le module RPI

- ✓ Faire glisser le fichier ainsi copié directement sous la racine du « disque » RPI (**RPI-RP2**). Cette copie est quasi instantanée, compte tenu de la faible taille du fichier (< 100 ko)
- ✓ Il est fort probable qu'après le court instant de copie de ce fichier, l'ordinateur PC éjecte automatiquement le disque **RPI-RP2**. Si ce n'était pas le cas, éjecter le module RPI suivant la procédure habituelle préconisée par le système d'exploitation de l'ordinateur
- ✓ Placer le module Raspberry Pi Pico sur le support situé sur la carte principale du **ModulAM**, en prenant soit de respecter le sens de montage, comme l'indique la figure 14.



Platine **ModulAM**, placée comme indiqué

Figure 14 : placement du module Raspberry Pi Pico 2 sur la platine **ModulAM**



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions



Une fois le fichier **ModuIAMv1.uf2** copié sur le module RPI, lors du redémarrage de celui-ci, ce fichier programme est transféré dans une autre zone de la mémoire du microcontrôleur RPI. Cela signifie qu'avec l'explorateur du PC, on ne le voit pas apparaître dans le répertoire accessible au format d'une clé USB, aux côtés des deux fichiers déjà présents au sein du RPI. Mais pas d'inquiétude, il est bien copié !

III.2 – INSTALLATION DU LOGICIEL DE COPIE DU FICHIER IMAGE

Plusieurs solutions sont proposées via différents éditeurs pour réaliser des copies « image » de fichiers. Nous avons retenu celui nommé **Win32 Disk Imager**.

➔ Téléchargement du logiciel Win32 Disk Imager

De nombreux sites proposent ce logiciel en téléchargement libre.

Le site officiel : <https://win32diskimager.org/>

Sur la page d'accueil du site, cliquer sur le lien de téléchargement : [Win32DiskImager-1.0.0-install.exe](#)

➔ Installation du logiciel Win32 Disk Imager

Une fois téléchargé (quelques secondes) il suffit de cliquer sur le fichier **win32DiskImager-1.0.0-install.exe** et suivre les quelques étapes d'acceptation des conditions de l'éditeur et des options proposées par défaut.

Cette installation prend quelques secondes et se termine par l'ouverture d'un fichier texte d'information.

Contrôler que le logiciel est bien installé en l'ouvrant (par défaut une icône **Win32DiskImager** est présente sur le bureau du PC.

L'ouverture du logiciel provoque l'affichage de la fenêtre de la figure 15 ci-contre.

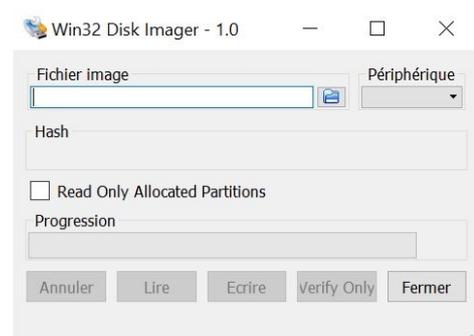


Figure 15

Le logiciel de copie est maintenant fonctionnel.

III.3 – INSTALLATION DU PAQUET LOGICIEL OPZ DU MODULAM

➔ Préparation matérielle

Si l'ordinateur ne possède pas de port pour le format micro SD, utiliser un adaptateur USB / Micro SD externe. Placer ensuite la carte mémoire micro SD 32 Go dans le lecteur (figure 16).



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

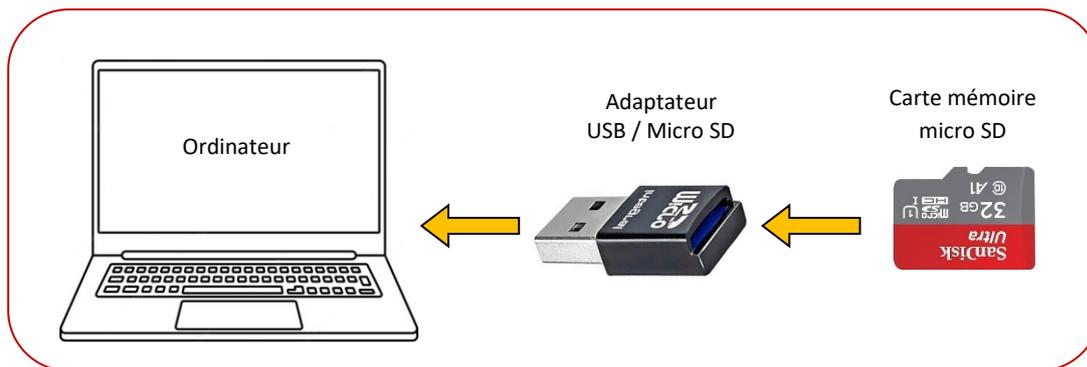


Figure 16 : raccordement de la carte mémoire micro SD à l'ordinateur.

À l'aide de l'explorateur de fichiers, contrôler que l'ordinateur a bien détecté le nouveau périphérique constitué de la carte micro SD 32 Go.

→ Téléchargement du paquet logiciel de l'OPZ

Avec l'ordinateur raccordé à l'internet :

- ✓ Se connecter au serveur des logiciels et documents **ModulAM**, à l'adresse suivante : <https://modulam.retrotechnique.org/le-paquet-logiciel/>

Sur cette page, au chapitre I : « Exploitation : le paquet logiciel ModulAM »

- ✓ Cliquer sur le bouton « **Télécharger** » du paragraphe « Logiciel d'exploitation. Référence : **ModulAM-2501-OPZ2-V1-0.img** » (ou la version la plus récente)
- ✓ Le téléchargement peut durer de 2 à 10 minutes, suivant la rapidité de la connexion internet
- ✓ Une fois le téléchargement achevé, ranger ce fichier **ModulAM-2501-OPZ2-V1-0.img**, dans un répertoire de l'ordinateur, afin d'en conserver la copie.

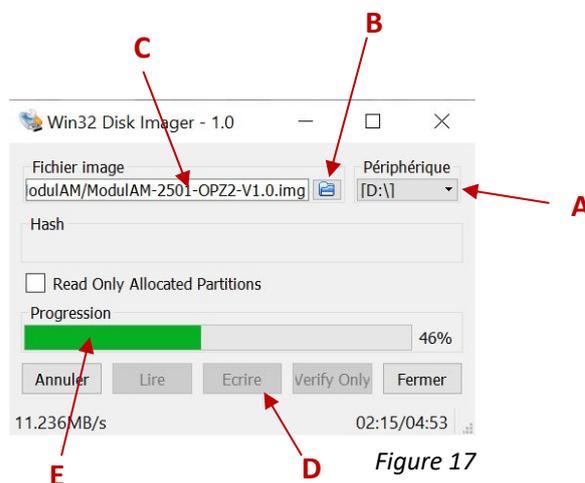


Pour les spécialistes qui souhaiteraient contrôler l'intégrité du logiciel téléchargé, la somme de contrôle suivant le protocole SHA256 est affichée sur la page du site **ModulAM**, juste à côté du bouton « Téléchargement », du logiciel **ModulAM-2501-OPZ2-V1-0.img** (ou version plus récente).

→ Copie de l'image du paquet logiciel sur la carte micro SD

Effectuer les actions dans l'ordre indiqué ci-après :

- S'assurer que la carte micro SD 32 Go est bien détectée par l'ordinateur PC
- Ouvrir le logiciel utilitaire **Win32DiskImager** installé précédemment afin de retrouver la fenêtre d'accueil de la figure 15
- Sélectionner, dans le cadre « Périphérique » (A) le lecteur de la carte micro SD 32 Go
- Sélectionner (B) le répertoire puis le fichier **ModulAM-2501-OPZ2-V1-0.img** précédemment téléchargé





ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions

- Le nom du fichier doit alors s'afficher dans la fenêtre « Fichier image » (C)
- Valider l'écriture de la copie du fichier image sur la carte micro SD 32 Go en appuyant sur le bouton « Ecrire » (D).
- Valider l'avertissement indiquant le risque de corruption du support afin de démarrer l'écriture
- La barre de progression (E) permet de suivre l'évolution de la copie (durée estimée environ 5 minutes, suivant la rapidité d votre ordinateur et de ses ports USB).

Après le délai de copie, le message de la figure 18 apparaît, indiquant que la copie est terminée.

Pour clôturer la procédure, éjecter la carte micro SD via la procédure habituelle préconisée par le système d'exploitation de l'ordinateur

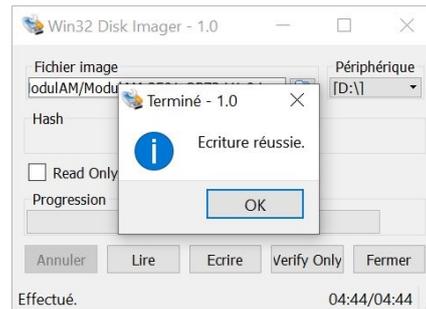
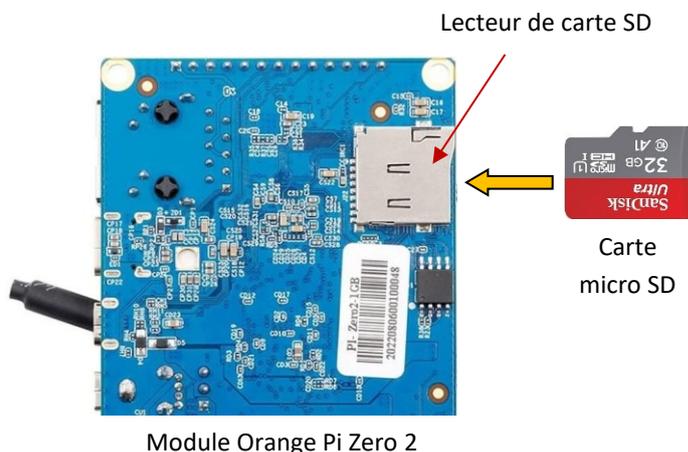


Figure 18

➔ Insertion de la carte micro SD dans le lecteur du module OPZ

La carte micro SD 32 Go contient maintenant le paquet logiciel nécessaire à l'exploitation du **ModuIAM**. Il suffit d'insérer cette carte dans le lecteur du module Orange Pi Zero 2 (OPZ2), comme indiqué en figure 19 ci-dessous.



Le lecteur de carte micro SD est situé au verso du module OPZ.

Un détrompeur empêche une insertion dans le mauvais sens.

Pour extraire la carte du lecteur, effectuer une pression sur celle-ci afin d'assurer le déverrouillage du lecteur et autoriser ainsi l'extraction de la carte.

Figure 19 : insertion de la carte mémoire micro SD 32 Go dans le lecteur du module OPZ.



IV – MONTAGE ET ASSEMBLAGE

Avant le raccordement entre les circuits, il est judicieux de créer les dispositifs qui, une fois reliés aux modules du **ModulAM**, vont permettre d'en assurer la mise en service.

IV.1 – RÉALISATION D'UNE LIGNE DE COUPLAGE RF

Cette ligne test de couplage RF va permettre de contrôler le fonctionnement du **ModulAM** et pourra servir de modèle, ensuite, pour la confection d'une ligne plus complète destinée à alimenter de nombreux récepteurs.

→ Principe

Les deux sorties RF (GO, PO), disponibles en **J10** et **J11** sur la platine du modulateur peuvent être utilisées pour alimenter les récepteurs avec les programmes de radiodiffusion affectés aux porteuses paramétrées via l'IHM, respectivement au sein de chacune de ces deux bandes de fréquence, via une ligne de transmission. Mais le plus intéressant est d'utiliser la sortie RF GO+PO disponible en **J15** du module, cette dernière autorisant la diffusion des bandes GO et PO, simultanément sur l'ensemble des récepteurs et à l'aide d'une seule ligne. Par ailleurs, cette sortie bénéficie d'une amplification du signal RF, garantissant un excellent confort d'écoute sur la totalité des récepteurs couplés, dans la mesure où ceux-ci sont parfaitement fonctionnels.

La ligne de couplage est constituée de deux fils aux caractéristiques quelconques, mais identiques, torsadés afin d'éviter tout rayonnement parasite, puis terminés par une charge résistive qui permet de stabiliser les caractéristiques de sortie de l'amplificateur.

La réalisation d'un câble d'essai permettant de valider la ligne de transmission, mais aussi le fonctionnement de l'ensemble du système **ModulAM**, est détaillée ci-après.

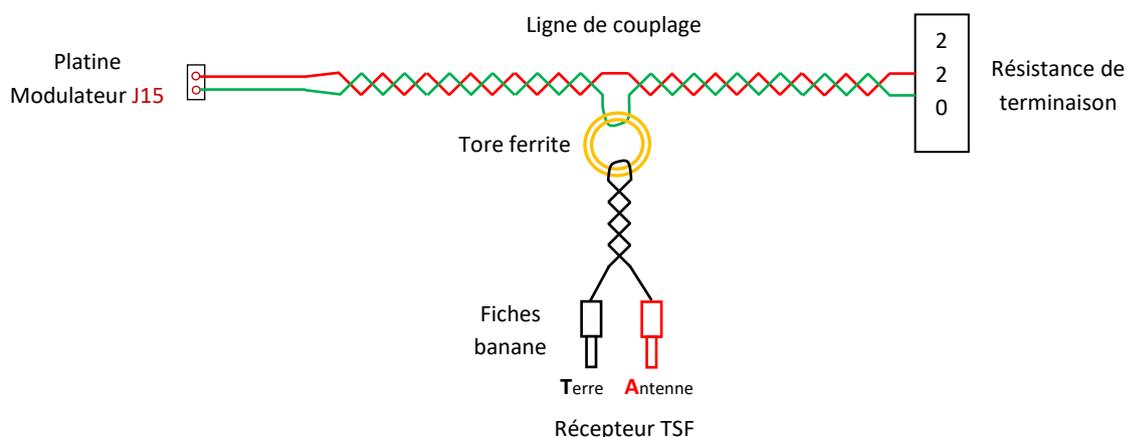


Figure 20 : schéma de principe de la ligne de couplage de test.



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions

→ Composants et outillage nécessaires

Réunir les composants suivants :

- ✓ Un tore ferrite suivant [item 9](#) de la nomenclature,
- ✓ Deux longueurs d'environ 2 mètres de fil de câblage souple de faible section (par exemple KY30-05 / EPDX00 – Jauge AWG22, section 0,34 mm²),
- ✓ Une longueur d'environ 50 centimètres de ce même fil,
- ✓ Une résistance de 220 Ω (Rouge / Rouge / Marron) ; peu importe la puissance, à partir du ¼ de watt,
- ✓ Gaine rétractable ou isolant,
- ✓ Une pince plate,
- ✓ Une pince coupante,
- ✓ Un fer à souder + soudure.



Fil pour la réalisation de la ligne de couplage : peu importe le diamètre et la nature du fil employé. Toutefois, il est bien plus simple de torsader des fils relativement fins et il est bien plus aisé de faire courir le câble de cette paire torsadée derrière les récepteurs TSF, s'il est confectionné à partir de fils souples multibrin, plus malléables que des fils rigides.

→ Réalisation de la ligne de couplage

Suivre les différentes étapes dans l'ordre énoncé ci-après, afin de réussir au mieux cette ligne de couplage.

- ✓ Préparer deux fils d'environ deux mètres pour la ligne de couplage,
- ✓ Insérer le tore ferrite dans l'un des deux fils et le positionner à peu près au milieu du fil (environ à un mètre d'une extrémité),
- ✓ Faire pivoter le tore sur le fil, sur 360 degrés, afin d'obtenir une spire serrée autour de l'anneau (figure 21),



Figure 21 : effectuer une spire dans le tore ferrite



Figure 22 : torsader la ligne de couplage

- ✓ Torsader les deux fils de la ligne de couplage sur la totalité de la longueur des deux mètres (figure 22).



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions



Méthode simple et efficace pour réaliser la torsade : joindre les deux fils à l'une des extrémités et les bloquer dans un étau (ou faire un nœud entre les deux fils et bloquer le tout sur une poignée de porte ou un crochet fixe). Tendre les deux fils et recouper le plus long (celui qui n'est pas équipé du tore) pour obtenir une équivalence des longueurs.

À l'aide d'une perceuse sans fil, bloquer ces deux nouvelles extrémités dans le mandrin. Tout en tirant légèrement pour maintenir les deux fils tendus, actionner la perceuse jusqu'au moment où la torsade est convenable. Inutile d'obtenir une tresse très serrée.

- ✓ Dénuder les deux fils aux quatre extrémités,
- ✓ D'un côté du câble torsadé, insérer un manchon thermorétractable (ou un manchon isolant) sur chacun des deux fils,
- ✓ Prendre la résistance de 220 Ω et, à l'aide de la pince plate, plier les pattes de la résistance à 90 degrés, au ras du corps de celle-ci,
- ✓ Couper les queues de la résistance pour ne laisser qu'environ 1,5 cm,
- ✓ Du côté libre du câble torsadé, insérer à nouveau un manchon thermorétractable (ou un manchon isolant) sur chacun des deux fils,
- ✓ Raccorder chaque fil sur chaque extrémité de la résistance, par une épissure,
- ✓ Souder chaque épissure,
- ✓ Placer un manchon sur chaque épissure, puis chauffer pour les rétracter.

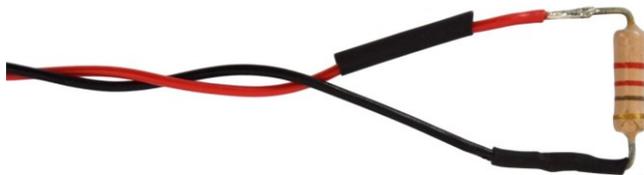


Figure 23 : réalisation en cours du raccordement de la ligne de couplage avec la résistance de terminaison de 220 Ω .

Gaine thermo, une fois chauffée et rétractée.

- ✓ Terminer en étamant les autres extrémités des 2 fils de la ligne de couplage à raccorder sur **J15**.



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions

➔ Réalisation du cordon de couplage avec un récepteur TSF

Pour les essais, cette procédure considère que l'amateur possède un récepteur fonctionnel sur les bandes GO et PO, disposant des entrées Antenne et Terre sur des embases de type « banane ».

Suivre les différentes étapes dans l'ordre énoncé ci-après.

- ✓ Prendre le fil de longueur environ 50 cm,
- ✓ Passer le fil à l'intérieur de l'anneau ferrite de la ligne de couplage,
- ✓ Le replier et égaliser les deux longueurs (donc, environ 25 cm),
- ✓ Torsader les deux parties de ce fil sur toute la longueur, en serrant bien au niveau du tore afin que la spire ainsi formée ne soit pas lâche,
- ✓ Dénuder les extrémités de la torsade obtenue, puis monter une fiche banane sur chacune d'elles.
- ✓



Figure 24 : effectuer une spire dans le tore ferrite



Figure 25 : ligne de couplage terminée



Le cordon de couplage allant du tore ferrite de la ligne de couplage vers le récepteur peut avoir une longueur indifférente (quelques centimètres à quelques mètres) sans incidence sur la qualité du signal transmis. Ceci reste vrai pour chaque récepteur couplé sur chacun des tores qui équipe la ligne de couplage. Certains préféreront passer la ligne proche de chaque récepteur, d'autres souhaiteront réaliser une ligne de couplage longeant un mur et ensuite distribuer chaque récepteur par un cordon de longueur adaptée à la position du récepteur.

IV.2 – RÉALISATION DE LA COMMANDE D'ARRÊT DU MODULATEUR

Chacun aura assimilé que le module générateur des huit porteuses est piloté de manière digitale par le second module qui est un nano-ordinateur (Orange Pi Zero2) ; « nano » par la taille plutôt que par les fonctions ou la puissance ou la rapidité. En effet, ce module est tout à fait comparable, sur le principe, à la « tour » d'un ordinateur de bureau aux performances basiques.

Il est donc nécessaire de raisonner en mode « informatique », notamment pour les opérations de Marche / Arrêt de l'ensemble du système.

Ainsi, sur un ordinateur, on n'arrête pas le fonctionnement en retirant la prise de courant... ! Mais soit en effectuant la bonne procédure via la souris et le clavier, soit en appuyant sur un bouton spécifique présent



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

sur le matériel, dont l'action va déclencher toute une série de commandes permettant de bien clôturer la session des travaux en cours, de fermer proprement tous les fichiers ouverts et de stopper les process de lecture/écriture sur les différents disques. Seulement une fois ces opérations effectuées l'alimentation est coupée.



Le risque de détériorer de manière irréversible certains disques et fichiers fondamentaux, existe bien. Même si le système d'exploitation (Linux) employé ici est relativement bien protégé pour éviter ce genre d'accident, **il est fortement recommandé de ne pas débrancher le bloc d'alimentation avant d'avoir arrêté proprement le système ModulAM.**

C'est pourquoi il est prévu un bouton **ARRÊT**, sous la forme d'un interrupteur à bouton poussoir à action fugitive, qui va « organiser » l'arrêt et la mise hors tension des modules suivant une procédure adaptée et sans aucun risque. Une fois cette commande d'arrêt prise en compte et effectuée, il est alors possible de débrancher le bloc secteur de l'alimentation électrique.

Pour la réalisation de cette commande, suivre les différentes étapes dans l'ordre énoncé ci-après.

- ✓ Sélectionner l'interrupteur à bouton poussoir ([item 6](#) de la nomenclature),
- ✓ Prendre l'un des deux cordons DUPONT ([item 8](#) de la nomenclature) composé d'une paire de fils (rouge et noir) terminés à chaque extrémité par un petit connecteur deux broches femelles de type DUPONT, le couper en deux parties à peu près égales (2 x 35 cm),
- ✓ Dénuder chaque extrémité des deux fils libres,
- ✓ Par précaution, insérer un manchon thermorétractable ou isolant sur chacun des fils,
- ✓ Souder chaque fil sur chacune des broches de sortie de l'interrupteur poussoir,
- ✓ Positionner chaque manchon pour recouvrir soudures et broches, puis chauffer pour les rétracter.

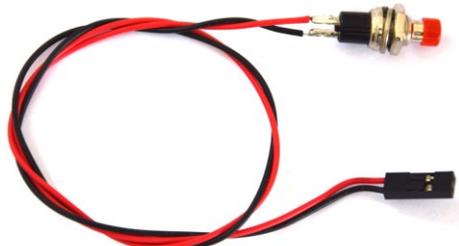


Figure 25bis : réalisation du cordon de commande de l'ARRÊT du système **ModulAM**, à l'aide de l'interrupteur à bouton poussoir.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

IV.3 – ASSEMBLAGE DES MODULES ET RACCORDEMENTS

Une fois ces étapes franchies, le matériel est prêt pour le raccordement, avant la première mise en service de contrôle.

→ Matériels et outillage nécessaires

Réunir les matériels et câbles suivants :

- ✓ Un accès à votre box internet et vérification qu'il reste au moins un port RJ45 disponible pour le raccordement du **ModulAM**,
- ✓ Un câble réseau standard de quelques mètres équipé à chaque extrémité d'un connecteur RJ45. En règle générale, le fournisseur de la box livre, avec celle-ci, un jeu de cordons RJ45.
- ✓ Un récepteur TSF fonctionnel et aux performances standards sur les bandes GO et PO, disposant de connecteurs d'entrée **Antenne** et **Terre**.

→ Préparation des circuits imprimés des deux modules

Toujours dans le but de protéger au mieux les modules, il est conseillé de monter chaque circuit imprimé sur des entretoises en s'aidant des trous de fixation prévus à cet effet.



Figure 27

X 8

Cela permettra, d'une part, de les fixer ultérieurement dans un boîtier d'accueil adapté et améliorera la sécurité des composants lors des manipulations à venir en évitant que la face inférieure des circuits ne risque de toucher un plan métallique ou des éléments pouvant provoquer des contacts électriques intempestifs. La figure 27 ci-contre montre un exemple de type d'entretoise pouvant être utilisé pour cette opération. Longueur : entre 5 et 15 mm, diamètre de la partie à visser : 3 mm.



ATTENTION : sur le circuit du nano-ordinateur, par précaution, monter des rondelles isolantes, car des pistes du circuit imprimé et certains composants sont dangereusement proches des trous de fixation.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

➔ Raccordements inter-modules

Cette étape consiste à assurer les liaisons entre les deux platines du **ModulAM** ainsi que le raccordement de la commande de RAZ, d'Arrêt et de la sortie vers la ligne de couplage, comme le montre la figure 28, ci-après.

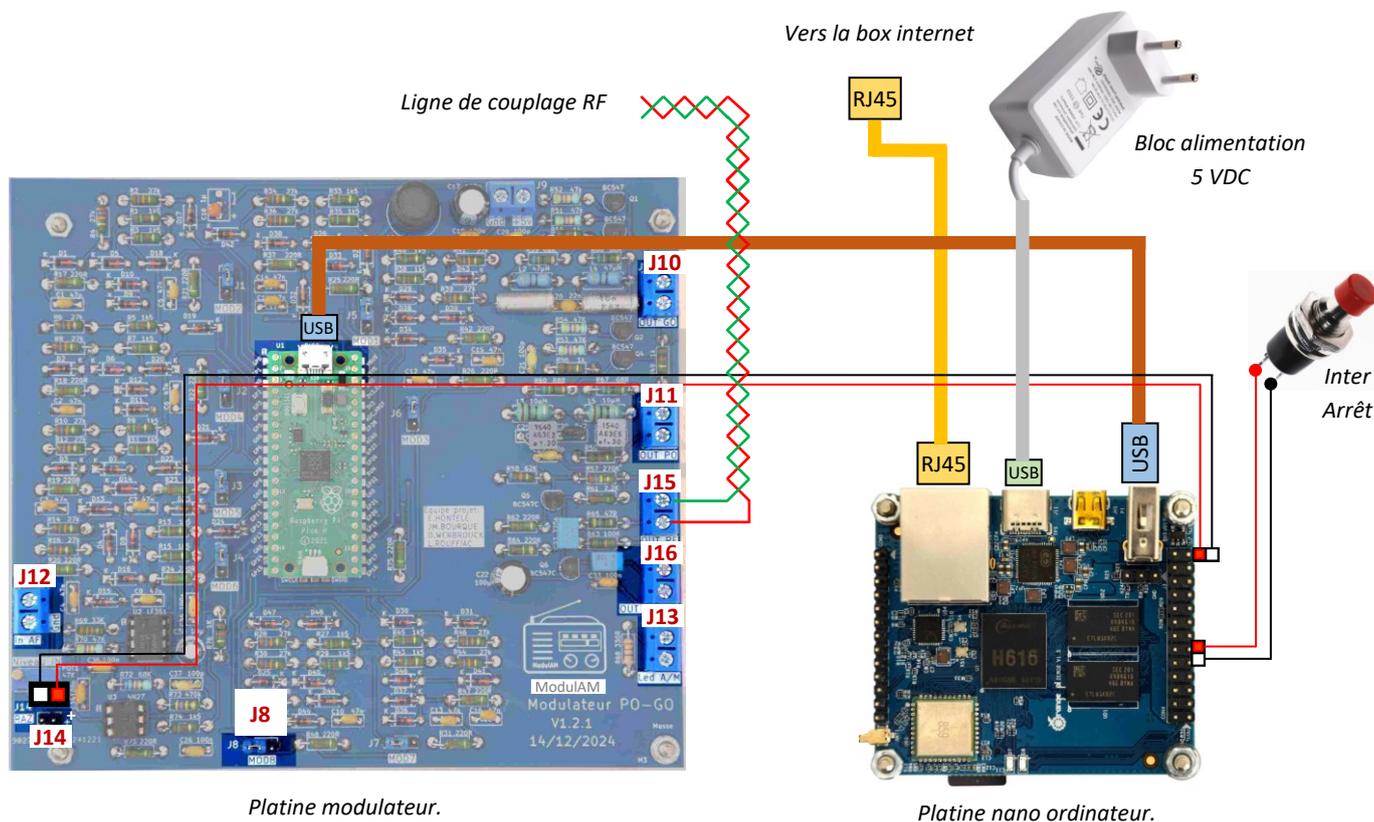


Figure 28 : raccordements à effectuer pour une première mise en service du **ModulAM**.

Chronologie pour effectuer ces divers raccordements :

Commande de RAZ – Cordon DUPONT-F / DUPONT-F 2 broches

Cette liaison entre les deux modules permet de commander le Reset du processeur en cas de dysfonctionnement d'un flux issu du web ou d'une réinitialisation du système.

Prendre le second cordon DUPONT 2 broches femelles / 2 broches femelles ([item 8](#) de la nomenclature), puis le raccorder comme suit :

- Côté platine modulateur v1.2.1, repérage du connecteur **J14**. Insérer la fiche femelle du cordon DUPONT en prenant soin de placer le fil rouge vers la droite du connecteur **J14**, comme l'indique la figure 29, page suivante.

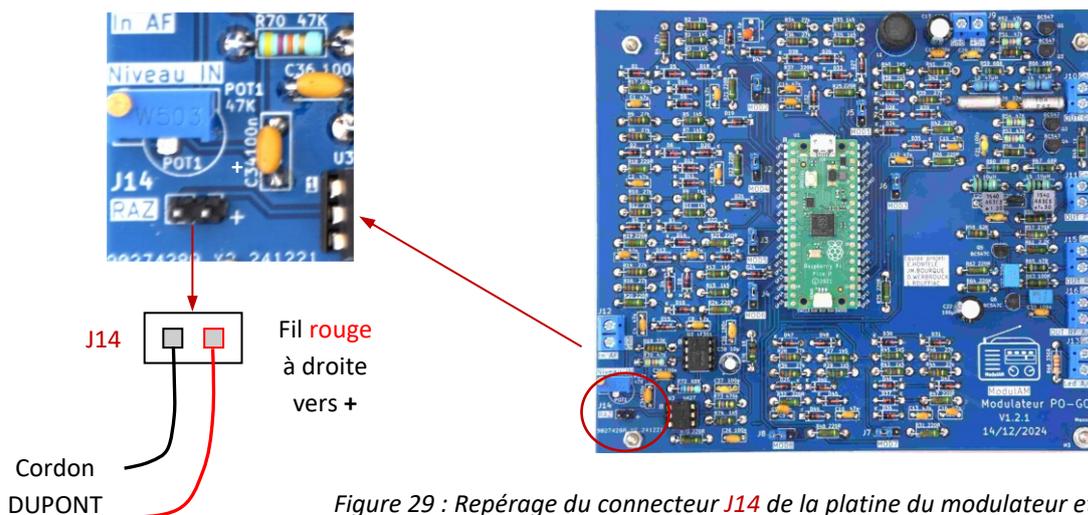


Figure 29 : Repérage du connecteur J14 de la platine du modulateur et du sens de raccordement du cordon DUPONT : fil rouge à droite vers le + de la sérigraphie.

➤ Côté module nano-ordinateur Orange Pi Zero2.

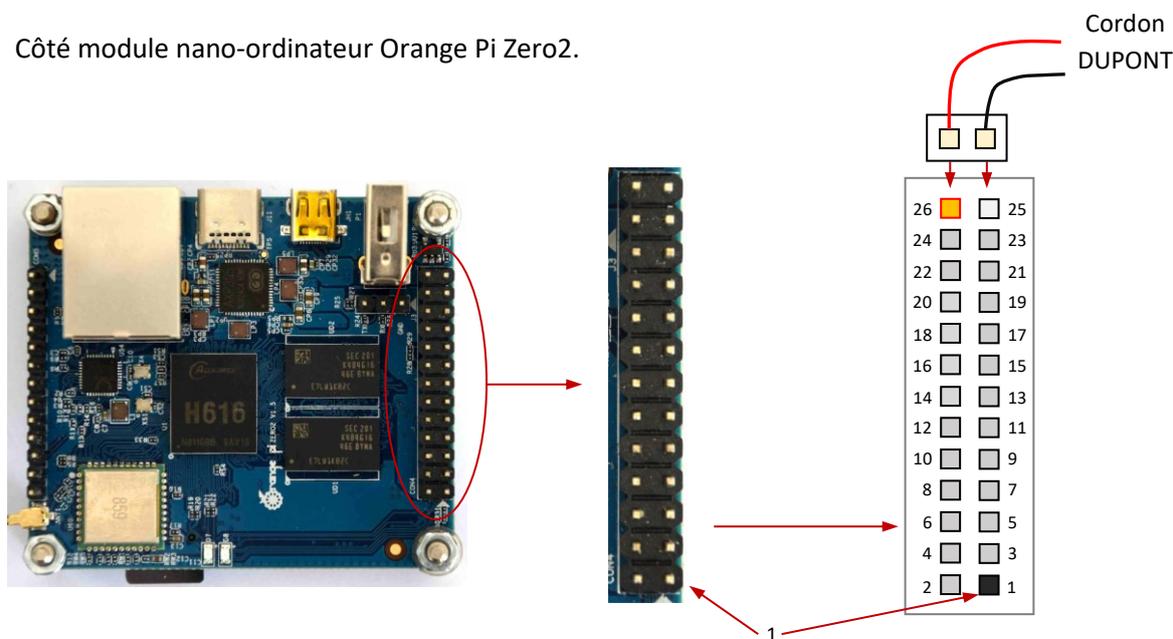


Figure 30 : Repérage des broches 25 et 26 du connecteur d'extension du module Orange Pi Zero2 et du sens de raccordement du cordon DUPONT : fil rouge à gauche.

Repérer les broches de raccordements sur le connecteur d'extension 26 broches disposé sur la droite du circuit imprimé, composé de deux rangées parallèles de 13 broches.

Le connecteur femelle de la seconde extrémité du câble DUPONT doit être raccordé aux broches 25 et 26 qui se situent à l'extrémité haute de chacune des deux rangées des broches.

Insérer la fiche femelle du cordon DUPONT en prenant soin de placer le fil rouge orienté vers l'intérieur du connecteur multibroche, sur la rangée intérieure, en broche 26, comme l'indique la figure 30.



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions



ATTENTION : pas de détrompeur et pas de repérage des numéros de broches sur le circuit de l'OPZ. La vigilance s'impose !

Commande d'arrêt – Interrupteur à bouton poussoir / DUPONT-F 2 broches

Il s'agit de raccorder l'interrupteur préparé ci-avant ([chapitre IV.2](#)).

Le connecteur DUPONT 2 broches femelles de l'extrémité du cordon câblé sur l'interrupteur à bouton poussoir doit être raccordé sur le module Orange Pi Zero2, suivant les indications de la figure 30 bis ci-après.

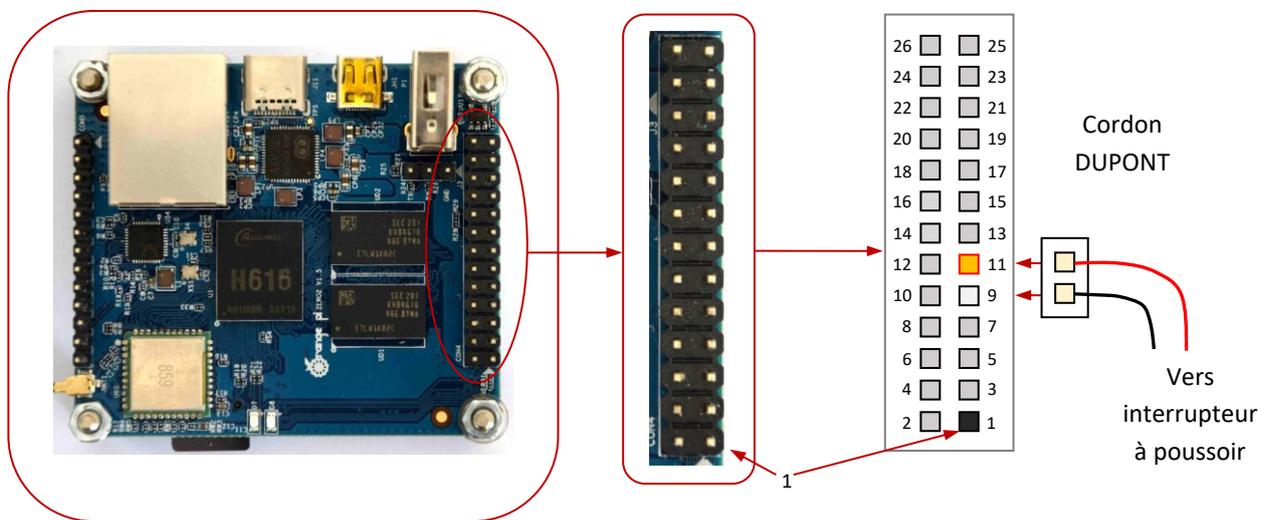


Figure 30 bis : raccordement de l'interrupteur de commande d'arrêt du système, vers le module Orange Pi Zero2.

Le connecteur femelle de l'extrémité du câble DUPONT doit être raccordé aux broches 9 et 11 qui se situent sur la rangée de droite du connecteur de l'OPZ (côté extérieur au module).

Peu importe le sens du connecteur DUPONT. Par convention, nous avons placé le fil **rouge** orienté **vers le haut**, sur la broche 11 du connecteur multibroche.

Il faut rester vigilant sur le repérage des broches sur le connecteur multibroche du module Orange Pi Zero2, car aucune numérotation n'est visible sur le circuit imprimé.

Bloc d'alimentation +5 VDC

Raccorder le bloc d'alimentation ([item 4](#) de la nomenclature) directement sur le connecteur USB du module Orange Pi Zero2 (représenté par une liaison en gris sur le schéma de la figure 28).

Cordon USB-A / USB-Micro B

Prendre le cordon USB-A / USB-Micro B de 30 cm ([item 7](#) de la nomenclature) qui assure la liaison de l'alimentation et du transfert des données du module nano-ordinateur Orange Pi Zero2 vers la platine modulateur via le processeur Raspberry Pi Pico.

Raccorder ce cordon comme indiqué sur la figure 28 (ce cordon est représenté en marron).



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions



Attention, si vous disposez déjà d'un cordon USB-A / USB-Micro B, il est essentiel de vous assurer qu'il comporte les liaisons électriques entre toutes les broches respectives des deux connecteurs. En effet, la plupart de ces câbles livrés avec des équipements périphériques sont destinés à la charge des batteries de ces derniers et n'assurent seulement que la liaison de la tension d'alimentation, mais ne comporte aucun fil de liaison de données ! Évidemment ce type de cordon ne convient pas ici...

Cordon RJ45

Raccorder le port RJ45 du module Orange Pi Zero2 vers un port RJ45 de votre box internet.

➔ Raccordement de la ligne de couplage au modulateur et au récepteur

Cette étape consiste à raccorder la ligne de couplage de test (voir réalisation de cette ligne au [chapitre V.1](#)) entre le connecteur **J15** du modulateur et les entrées **Antenne** et **Terre** du récepteur TSF disponible pour les essais.

Connecteur **J15** : sortie RF principale **GO + PO**

Raccorder le fil torsadé de la ligne de couplage aux deux extrémités dénudées et étamées, préparée précédemment, sur le bornier à visser **J15** de la platine modulateur en vissant le fil rouge sur la borne du bas du bornier et le fil noir sur la borne du haut repérée par la sérigraphie « Gnd », comme le montre la figure 28 (la ligne de couplage est représentée par deux fils rouge et vert torsadés).



Le cordon de couplage doit impérativement rester électriquement indépendant de tout autre montage externe. L'ensemble des signaux RF des 8 canaux radio sont diffusés vers les récepteurs exclusivement par couplage au travers des anneaux ferrites, donc avec un isolement galvanique total. Il faut noter que ces signaux RF sont superposés à une tension continue d'environ 5 volts. Tout contact électrique avec un autre montage, ou avec une masse commune au modulateur **serait destructif pour l'étage de sortie RF** du **ModulAM**. En cas de nécessité d'une liaison électrique directe, utiliser exclusivement la sortie auxiliaire GO+PO disponible sur le bornier **J16** de la platine du modulateur.

Raccordement vers le récepteur

Raccordement des deux fiches bananes sur les entrées **Antenne** et **Terre** du récepteur.

Il est inutile de dissocier le repérage des fiches bananes : le signal véhiculé par la boucle couplée via le tore ferrite à la ligne de couplage, est totalement « flottant » et symétrique, sans aucune référence à un potentiel quelconque. L'affectation des deux pôles n'a donc strictement aucune importance.

L'essentiel est que l'une des fiches bananes soit raccordée à l'embase **Antenne** du récepteur et l'autre, à l'embase **Terre** de ce même récepteur.

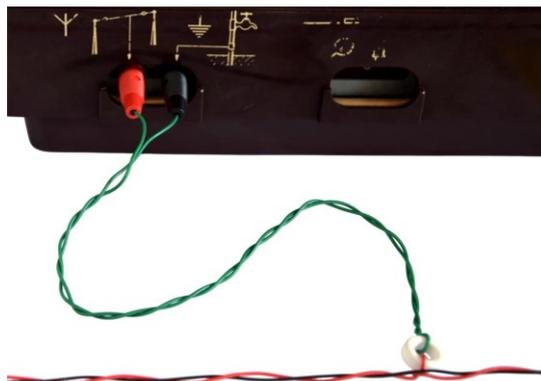


Figure 31 : exemple de raccordement de la boucle de couplage sur les bornes **Antenne** et **Terre** d'un récepteur TSF des années cinquante (Philips BF321A).



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

V – MISE EN SERVICE ET EXPLOITATION DE BASE

Afin de faciliter cette première mise en service, toutes les manipulations s'effectueront sans l'aide d'un ordinateur externe et donc sans l'assistance du logiciel d'Interface Homme Machine (IHM).

Cette mise en service utilisera la configuration « usine » qui a été programmée dans le logiciel téléchargé.

À ce stade, il est admis que toutes les actions détaillées dans les précédents chapitres ont été correctement effectuées et contrôlées.

V.1 – CONFIGURATION USINE

Le **ModulAM** bénéficie d'une configuration « par défaut » de l'ensemble de ses huit canaux de diffusion.

Cette liste préenregistrée au sein de la carte mémoire SD du système est nommée : **ModulAM_Usine**.

C'est cette liste qui est prise en compte lors de la première mise sous tension et lors de chaque nouvelle mise sous tension, tant que l'utilisateur ne décide pas de créer une ou plusieurs nouvelles listes, au sein desquelles il aura sélectionné celle qui deviendra la nouvelle liste en cours.

Nous avons choisi arbitrairement huit programmes de radiodiffusion tout en respectant, pour la bande des GO, les noms et les fréquences des quatre stations disparues, dont la couverture concernait la quasi-totalité du territoire français.

Pour la gamme des PO, la diffusion étant par principe régionale, nous avons placé quatre stations réparties de manière homogène sur la bande.

Le tableau de la figure 32 ci-après montre la programmation adoptée dans ce fichier « usine » nommé **ModulAM_Usine**.

CANAL	BANDE	PROGRAMME	FREQUENCE	LONGEUR D'ONDE
1	GO	France Inter	162 kHz	1 851 m
2	GO	Europe 1	183 kHz	1 638 m
3	GO	RMC Info Talk Sport	216 kHz	1 388 m
4	GO	RTL	234 kHz	1 281 m
5	PO	Jazz Radio	603 kHz	497 m
6	PO	Radio Classique	891 kHz	336 m
7	PO	FIP Nouveautés	1 278 kHz	235 m
8	PO	France Info	1 548 kHz	194 m

Figure 32 : tableau des programmes constitutifs de la liste **ModulAM_Usine**.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

V.2 – MISE EN SERVICE – MARCHE / ARRÊT

Toutes les étapes des chapitres précédents ayant été effectuées, il est possible de procéder à la mise sous tension du **ModulAM**.

Au préalable :

- ✓ Mettre le récepteur TSF de test sous tension afin d'assurer le contrôle de la réception des huit programmes,
- ✓ S'assurer que la connexion Internet est opérationnelle en vous rendant sur un site quelconque, à l'aide de votre ordinateur habituel,
- ✓ Repérer les deux minuscules led (une rouge et une verte) présentes sur le module nano-ordinateur OPZ (figure 33 ci-contre), car elles vont permettre de suivre l'évolution du démarrage de l'ensemble du système.

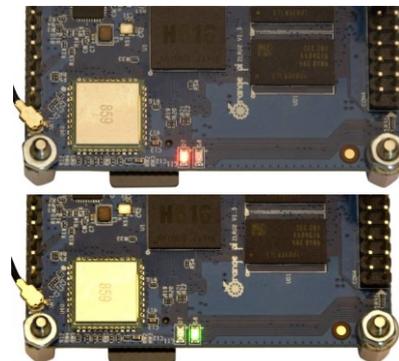


Figure 33

➔ Mise sous tension

Une fois ces ultimes repérages et contrôles effectués, raccorder le bloc secteur du **ModulAM** sur une prise 230 VAC.

Les évènements suivants doivent se produire, consécutivement :

- ✓ La petite led rouge présente sur le module nano-ordinateur s'allume quasi instantanément,
- ✓ Après environ 8 secondes, cette même led s'éteint et la led verte s'allume,
- ✓ Pendant environ 30 à 50 secondes, le logiciel du module nano-ordinateur, via la carte mémoire SD, procède à son initialisation, puis démarre l'application avant de communiquer avec la platine modulateur et lui fournir les fréquences de la liste de diffusion.

Parallèlement, des informations sont envoyées vers la box afin d'établir la communication, puis d'assurer la liaison avec les huit sites internet correspondant aux huit programmes radio de la liste **ModulAM_Usine**.

Figure 34 : les échanges avec la box et l'internet activent les deux leds présentes sur le connecteur RJ45 du module Orange Pi Zero2 en clignotant au rythme de la circulation des données.

À gauche : led jaune
À droite : led verte



- ✓ À ce stade, il faut patienter encore environ une dizaine de secondes, le temps que la mémoire tampon du **ModulAM** emmagasine quelques secondes de flux audio digitaux des huit programmes radio, dans l'objectif d'éviter des coupures sonores audibles, dans le cas où la liaison avec l'internet serait hachée.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

Une fois passé le cumul de ces délais, soit environ un peu plus d'une minute et demie (attention, lorsqu'on patiente devant un équipement, ce temps peut paraître infiniment long...), le moment est venu de syntoniser le récepteur TSF afin de contrôler la bonne réception des huit programmes aux fréquences indiquées et d'apprécier le réel confort d'écoute et la qualité de la modulation diffusée.

Cette fois le système **ModulAM** est opérationnel !

→ Arrêt et mise hors tension

Il est important de suivre et de mémoriser la procédure de mise EN et HORS tension de l'équipement.



L'arrêt / Marche du **ModulAM** réclame une certaine attention, car comme expliqué au [chapitre V.2](#), cet équipement peut se comparer à un ordinateur, que l'on n'arrête donc pas en coupant directement son alimentation secteur !

Il est fortement recommandé de ne pas débrancher le bloc d'alimentation avant d'avoir arrêté proprement l'équipement.

Pour arrêter proprement le **ModulAM** et le placer hors tension, respecter la procédure suivante :

- ✓ Appuyer durant au moins deux secondes sur le bouton poussoir à action fugitive qui a été précédemment raccordé. Cette commande impose au nano-ordinateur de terminer son dialogue avec la box, de fermer ses fichiers en cours, de clôturer proprement l'application et de positionner ses circuits en mode d'arrêt fonctionnel.
- ✓ Le déroulement de ces actions dure environ 6 à 7 secondes. Le constat de l'arrêt effectif du système est visible par l'extinction de la led verte présente sur le nano-ordinateur (figure 33).
- ✓ Une fois cette led éteinte, débrancher le bloc secteur du réseau 230 VAC.

Le système est désormais prêt à être mis une nouvelle fois en service en reprenant la procédure de mise sous tension ([chapitre précédent VI.2.1](#)). Toutefois, avant d'effectuer une nouvelle mise sous tension **immédiatement après** avoir réalisé une mise hors tension, lire attentivement la note d'information qui suit.



*Dès que le système est mis à l'arrêt via la commande du bouton poussoir, il ne consomme ensuite que très peu d'énergie car tous les circuits essentiels sont mis hors tension. Le fait de débrancher ensuite le bloc d'alimentation du réseau secteur ne va pas interrompre instantanément la tension 5 VDC, à cause des condensateurs de filtrage de forte capacité qui équipent le bloc. Cela signifie que la tension va rester présente pendant environ 1 minute et demie (temps mesuré de 1' 30'' pour que $U = 1\text{ V}$ et 2' 45'' pour que $U = 0,5\text{ V}$!), car la charge représentée par les circuits du **ModulAM** en mode veille est trop faible pour assurer la diminution rapide de cette tension.*



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

*Il est donc nécessaire d'attendre la décharge de l'alimentation (minimum 1 minute) avant de rebrancher le bloc secteur, sinon le **ModulAM** ne pourra pas « voir » cette mise hors tension et **ne redémarrera pas**. Le système doit absolument constater une disparition du 5 VDC, puis à nouveau la présence de l'alimentation 5 VDC, pour pouvoir initialiser sa procédure de démarrage.*

*Pour éviter ce phénomène, nous avons prévu, pour ceux qui souhaitent intégrer leur système **ModulAM** au sein d'un boîtier d'accueil, un interrupteur qui coupe non pas la tension secteur 230 VAC mais l'alimentation 5 VDC (voir par ailleurs le dossier « [Boîtier d'accueil](#) »).*

Pour ceux qui souhaitent garder le kit en l'état, une astuce est détaillée au [chapitre VII.2](#) pour réduire significativement le temps d'attente de la décharge.

En résumé, le cycle Marche / Arrêt / Marche du **ModulAM** doit s'effectuer comme suit :

- 1 – Raccorder le bloc secteur sur le réseau 230 VDC,
- 2 – Patienter environ une minute à une minute et demie (initialisation) avant que les programmes radio soient effectivement diffusés sur le récepteur,
- 3 – Arrêter le système en maintenant un appui de quelques secondes sur l'interrupteur à bouton poussoir d'arrêt,
- 4 – Débrancher le bloc secteur du réseau 230 VAC,
- 5 – Attendre la décharge du bloc d'alimentation (au moins une minute), avant une remise en service,
- 6 – Recommencer au point 1, pour une nouvelle mise en service.



VI – EXPLOITATION VIA LE LOGICIEL IHM

Le logiciel IHM (Interface Homme Machine) permet de paramétrer de manière intuitive l'ensemble des fonctionnalités du **ModulAM**. Son usage est simple et convivial.

Une fois paramétré, le **ModulAM** peut fonctionner de manière autonome sans l'aide de l'IHM, donc sans la nécessité de disposer d'un ordinateur, d'une tablette ou d'un Smartphone.

Toutefois, pour bénéficier de l'éventail des fonctions disponibles et permettre l'édition et la configuration des stations comme des listes de diffusion, il est nécessaire de disposer des commandes qui ont été développées au sein de cette interface logicielle.

Nous conseillons à l'amateur de découvrir l'organisation et les fonctionnalités et ce logiciel, au travers de notre simulateur en ligne, accessible librement à cette adresse : <https://modulam.retrotechnique.org/ihm/>. Vous pourrez y effectuer toutes les manipulations comme si vous disposiez d'un système **ModulAM** complet, ce qui constitue sans doute le meilleur moyen de se familiariser avec cet outil.

Le logiciel IHM se comporte comme un site Web qui serait embarqué dans le **ModulAM**.

Cela signifie que pour y accéder, il suffit de taper son adresse dans la barre d'adresse de votre navigateur préféré (Chrome, MS Edge, Firefox, etc.), à partir d'un ordinateur fixe ou portable raccordé à votre réseau personnel, via votre box, comme l'indique la figure 35, ci-après.

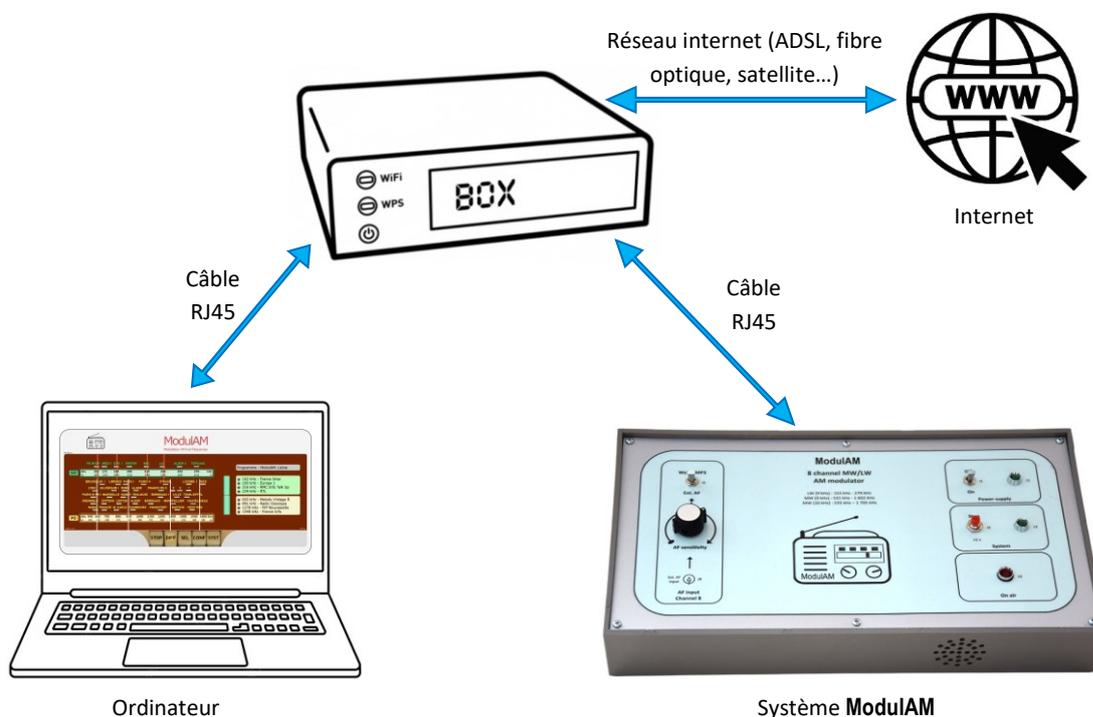


Figure 35 : principe de raccordement du **ModulAM** pour une exploitation à partir du logiciel IHM de configuration avancée et d'édition des stations, des fréquences et des flux audio de modulation, via le réseau local personnel d'une installation classique d'accès à l'internet.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

Le lancement de l'IHM doit respecter la procédure suivante :

- ✓ Le **ModulAM** est opérationnel suivant les indications de mise en service détaillées ci avant ;
- ✓ Contrôler à l'aide d'un récepteur témoin que le modulateur diffuse effectivement les huit stations des canaux de la configuration usine ;
- ✓ Sur l'ordinateur raccordé au réseau local, ouvrir un navigateur internet ;
- ✓ Dans la barre d'adresse, saisir : **modulam.local** (voir info ci-dessous) ;
- ✓ L'écran d'accueil de l'IHM (figure 36 ci-dessous) doit s'afficher très rapidement.



Si le navigateur n'affiche pas l'écran d'accueil de l'IHM avec le nom **modulam.local**, rechercher alors l'adresse IP du ModulAM.

Pour cela, passer en mode « Terminal » sur l'ordinateur.

Dans la fenêtre d'invite, saisir **ssh orangepi@modulam** (bien respecter l'espace après **ssh**) + Enter.

Un mot de passe sera demandé : saisir **orangepi** (attention, pas de vision de la saisie) + Enter.

L'adresse IP générée par le système (mode dynamique) s'affiche dans les informations.

Elle est au format : IP : **192.168.1.xx**.

Fermer le mode terminal et saisir ensuite cette adresse IP dans la barre d'adresse du navigateur.

VI.1 – ÉCRAN D'ACCUEIL

Dès que la connexion est établie avec le **ModulAM**, l'écran suivant apparaît.

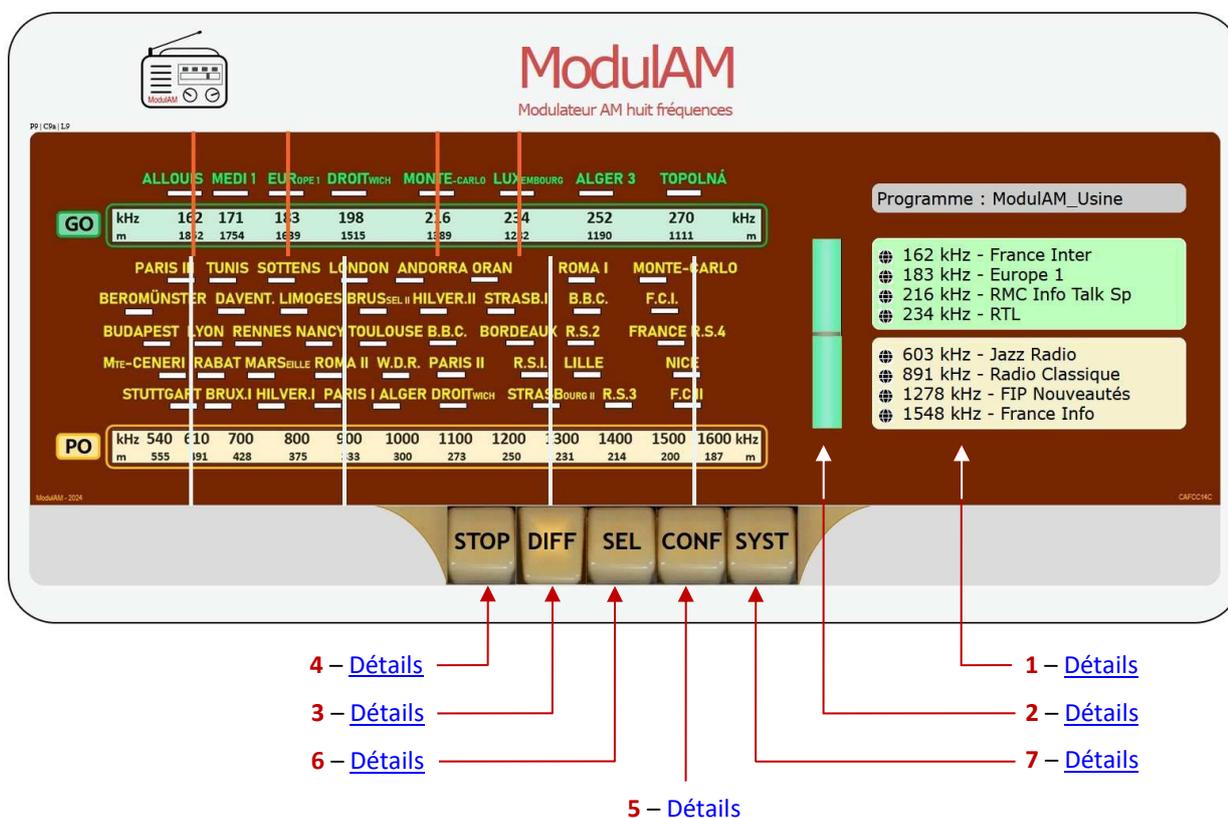


Figure 36 : écran d'accueil visible lors du lancement de l'IHM du **ModulAM**.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

VI.2 – EXPLOITATION

➔ Liste des stations actives

À droite de l'écran d'accueil, trois cadres mentionnent le récapitulatif des canaux en cours de diffusion sur les sorties RF de l'équipement.

Cadre du haut (fond gris) : le nom de la liste de diffusion en cours. Ici **ModulAM-Usine** correspond à la liste des stations figurant par défaut dans la configuration usine du **ModulAM**, lors de la première mise sous tension.

Cadre du centre (fond vert) : indique la fréquence (en kHz) suivie du nom de chacune des stations programmées sur la bande des Grandes Ondes (GO) – Ici 4 stations.

Cadre du bas (fond jaune) : indique la fréquence (en kHz) suivie du nom de chacune des stations programmées sur la bande des Petites Ondes (PO) – Ici 4 stations.

Chaque canal est précédé d'un repère, sous forme d'un pictogramme indiquant l'origine de la source audio du programme qui alimente le canal en cours de diffusion (figure 37) :

Mappemonde : programme à partir d'un flux audio issu du web.

Flèche entrante : programme issu d'un signal audio raccordé à l'entrée ligne extérieure.

Note de musique : programme issu d'un fichier MP3 enregistré dans le système (clé USB).

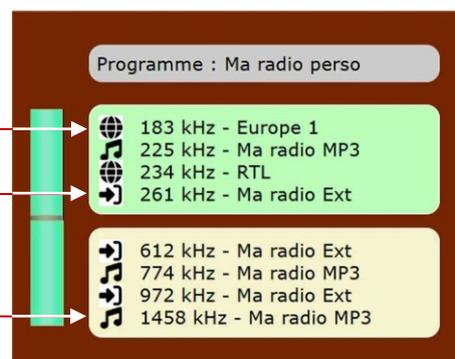


Figure 37 : signification et affectation des pictogrammes.

➔ Visualisation de l'état de la diffusion

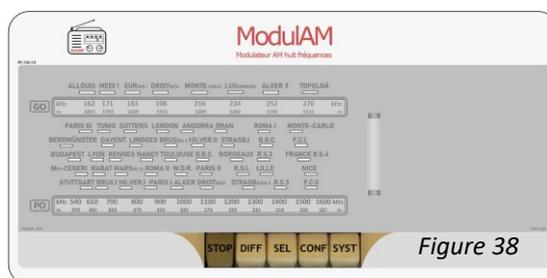
L'écran permet de différencier trois états distincts de l'exploitation.

État 1 : système à l'arrêt :

Le système est à l'arrêt, la touche STOP est activée.

L'écran, l'œil magique et les textes sont totalement grisés.

Aucune liste de diffusion n'est affichée sur la partie droite de l'écran.



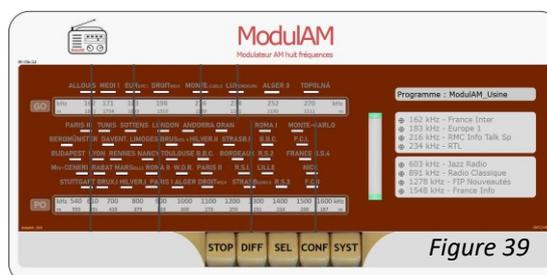
État 2 : système en service, diffusion à l'arrêt :

L'écran est coloré mais les textes sont totalement grisés.

La liste en attente de diffusion est affichée en caractères grisés sur la partie droite de l'écran.

L'œil magique est actif, mais ouvert.

Aucune touche du clavier n'est activée.





ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

État 2 : système en service, diffusion en cours :

La touche DIFF est enfoncée et allumée.

Sur le cadran, les noms des ststions sont colorés.

L'œil magique est fermé.

À droite de l'écran, la liste des stations diffusées :

– En vert : sur la bande des GO

– En jaune : sur la bande des PO.

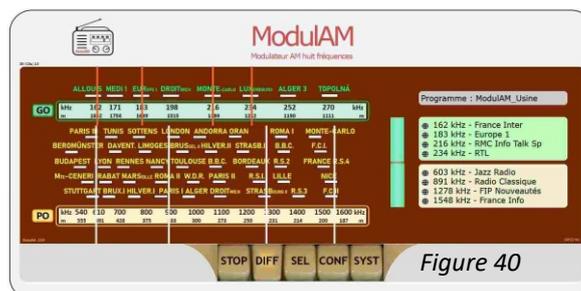


Figure 40

➔ Commande clavier : touche DIFF

La touche **DIFFUSION** permet de valider ou de stopper la diffusion des canaux en cours sur l'ensemble des sorties RF de l'équipement.

Sous réserve que le **ModulAM** soit en service, donc que l'œil magique ne soit pas grisé :

- Un appui sur la touche **DIFF** provoque la validation de la diffusion en cours : l'écran passe à l'état 3 (figure 40) et l'œil magique passe en mode vert-fermé ; la touche **DIFF** est enfoncée et allumée. Il faut patienter une vingtaine de secondes avant que les programmes soient réellement diffusés sur les sorties RF (initialisation du process au sein du nano ordinateur Orange Pi Zero2).
- Un second appui sur la touche **DIFF** arrête la diffusion en cours. L'écran passe à l'état 2 (figure 39) : les textes et repères sont grisés, la touche **DIFF** n'est pas enfoncée ni éclairée, donc l'envoi sur les ondes n'est plus validé et l'œil magique est ouvert.

➔ Commande clavier : touche STOP

La touche **STOP** permet d'arrêter et d'éteindre le **ModulAM**.

Un appui sur cette touche stoppe la diffusion en cours et provoque l'arrêt complet et l'extinction de l'équipement. L'écran passe alors à l'état 1 (figure 38).

Il est nécessaire ensuite de fermer le navigateur internet, car la liaison entre l'ordinateur et le **ModulAM** est maintenant rompue, l'équipement étant éteint. Dans le cas contraire, le navigateur indiquera un message mentionnant que ce site est inaccessible, ou indisponible, ou toute autre information similaire.

Si le souhait est de remettre en fonction l'équipement, il est nécessaire de suivre la procédure de mise en service détaillée à partir du [chapitre V.2](#) (page 28).



Après un arrêt effectué à partir de la touche **STOP** ou de l'interrupteur à bouton poussoir accessible sur le **ModulAM**, il est essentiel de débrancher le bloc secteur et d'attendre la décharge complète de ce dernier, avant de procéder à une remise sous tension du modulateur, comme mentionné dans l'information du [chapitre V.2.2](#) (page 28).

Seulement une fois que l'équipement a été remis sous tension suivant la procédure indiquée et que les canaux programmés sont en cours de diffusion, il est à nouveau possible de se reconnecter via le navigateur internet en saisissant l'expression **modulam.local** ou bien l'adresse IP du **ModulAM** identifiée ([voir info](#) du début du chapitre VI) : **192.168.1.xx** (ou **http://192.168.1.xx**).



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

VI.3 – CONFIGURATION

➔ Commande clavier : touche CONF

Au-delà de simples visualisations des états et des commandes de diffusion et d'arrêt du **ModulAM**, l'amateur peut construire, éditer, supprimer ses propres listes de diffusion en choisissant la nature et le nom des programmes, les fréquences de diffusion et l'organisation des canaux.

Une pression sur la touche **CONF** (Configuration) affiche la fenêtre de la figure 41 avec le choix de deux types de configuration (création, édition, suppression) :

- * De listes de diffusion simultanée de 1 à 8 stations
- * De sources sonores à affecter aux fréquences.

Configuration des listes de diffusion

Après avoir actionné le bouton **Choisir une liste de diffusion** de la fenêtre (figure 41), une liste déroulante propose le choix de toutes les listes déjà enregistrées.

Par défaut, ce menu déroulant permet de valider la liste **ModulAM-Usine** ou l'action **[nouvelle liste]**.

Dans le cas de la sélection de la liste **ModulAM-Usine**, celle-ci s'affiche dans une nouvelle fenêtre.

Une action sur le bouton **Sélectionner cette liste** bascule alors cette liste dans l'écran principal de diffusion du **ModuAM**.

Si l'option **[nouvelle liste]** est choisie, une fenêtre de paramétrage est proposée autorisant la création mais aussi la modification ou la suppression de listes de stations (exemple en figure 42)

- * **Fréquence** : sélection, via une liste déroulante, de la fréquence de diffusion en GO ou en PO.
- * **Station** : en face de chaque fréquence, sélection du nom de la station à diffuser à choisir parmi plus de 300 programmes + ceux créés par l'utilisateur
- * **Cadran** : choix du type de cadran à associer à la liste de diffusion.

Une fois la liste établie, il suffit soit de la **valider** soit d'**abandonner** l'action en cours.

Dans le cas d'une sélection d'une liste déjà existante le bouton supplémentaire **Suppression de la liste** permet son effacement définitif de la liste de diffusion.

Configuration des stations

L'amateur peut souhaiter créer ses propres stations de radio, s'il ne trouve pas son bonheur dans les listes de quelques 300 stations déjà proposées ou s'il souhaite créer une station à partir d'une source externe ou d'un fichier mp3.

Dans ce cas, à partir de la fenêtre la figure 41, la sélection de l'action **Choisir une station** permet la création mais aussi la modification ou la suppression de stations créées par l'utilisateur.

L'origine du signal sonore est choisie parmi 3 sources :



Figure 41



Figure 42



Figure 43



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

- * **Le Web**, via la saisie d'une adresse (URL),
- * **Un fichier MP3**, enregistré sur la carte MicroSD du système ou sur une clé USB externe,
- * **Une entrée audio externe**, au niveau ajustable, disponible sur le circuit du modulateur.

Une information indique dans quelle(s) liste(s) cette station (source) est présente (exemple en figure 43).

VI.4 – SÉLECTION D'UNE LISTE DE CANAUX À DIFFUSER

Une fois les éventuelles stations spécifiques créées et la ou les listes de diffusion élaborées et enregistrées, l'utilisateur doit maintenant sélectionner la liste qu'il souhaite diffuser sur les sorties RF du **ModulAM**.

Un appui sur la touche **SEL** (Sélection) permet de sélectionner celle souhaitée pour une prochaine diffusion, au travers du menu déroulant : Liste à diffuser.

La sélection effectuée (exemple figure 44 : liste **Musique vintage**, comportant 7 stations sur 8 possibles). Cette fenêtre en résume les attributs : Gamme ; Fréquence ; Nom ; Type de cadran.

Un appui sur le bouton **Sélectionner cette liste** transfère cette liste sur l'écran principal de diffusion.



Figure 44

VI.5 – FONCTIONS SYSTÈME

Une pression sur la touche **SYST** (Système) propose informations et paramétrages des fonctions génériques de l'interface (figure 45).

- * **Langue utilisateur** : Français, Espagnol, Anglais, Néerlandais. Possibilité d'enregistrer d'autres fichiers langues.
- * **Plan de fréquences** : 9 kHz (Europe) ou 10 kHz (USA, Canada).
- * **Choix du cadran** : à choisir parmi de nombreux modèles. Possibilité d'enregistrer des cadrans personnalisés.
- * **Type de repères** : Aucun, Aiguilles, Pointes. Permet de repérer sur le cadran les stations en cours de diffusion.
- * **Pastilles gammes d'ondes** : choix du pictogramme de repérage des bandes de fréquences GO et PO.

Liens vers le [site web officiel](#) du **ModulAM**, vers le serveur proposant les mises à jour et vers le texte (A propos) des conditions de la licence libre du logiciel (GNU).



Figure 45



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions

Davantage de détails sur les types de cadran, le type d'aiguille, l'identification des programmes en cours de diffusion, sont disponibles sur la page « [Documentation](#) » de notre site internet.

Par ailleurs nous invitons l'utilisateur à se familiariser avec cette interface d'exploitation du **ModuIAM** en manipulant les diverses commandes et fonctionnalités sur le [simulateur](#) disponible librement en ligne.

VI.6 – FONCTIONS ANNEXES

➔ Entrée audiofréquence externe

Le **ModuIAM** permet à l'utilisateur de créer son propre programme de diffusion sur l'un des 8 canaux de diffusion, à partir d'un signal audio analogique à raccorder sur la carte du modulateur.

Les modalités de câblage de cette entrée extérieure sont détaillées dans le document annexe nommé « Boîtier d'accueil pour le système **ModuIAM** – Partie 2 », téléchargeable librement sur l'espace [Documentation technique](#) de notre site internet.

L'utilisateur y trouvera à partir de la page 6, le plan de câblage et les consignes de raccordement.

Une fois la source audio analogique externe raccordée, ce programme sera à associer à une nouvelle station à créer via la fonction de [configuration des stations](#).

Ensuite il sera possible d'affecter cette station à une fréquence de diffusion (en GO u en PO) via la fonction de [configuration des listes de diffusion](#).

Une adaptation optimale du niveau audio peut être effectuée via le potentiomètre ajustable **POT1** câblé sur la platine du modulateur et accessible sur la partie inférieure gauche du circuit imprimé.

➔ Diffusion de fichiers audionumériques

Le système **ModuIAM** permet aussi la diffusion d'une source audio partir de fichiers aux formats mp3, ogc ou flac.

Cette diffusion à partir de fichiers mp3, ogc ou flac nécessite d'abord de télécharger ces derniers dans la mémoire du système. Plusieurs Go sont disponibles à cet effet sur la carte mémoire SD présente dans le lecteur du module nano ordinateur Orange Pi Zero2.

Mais le déversement de chaque fichier audio nécessite des manipulations « informatiques » réclamant une attention particulière quant au respect de la chronologie et de la syntaxe.

C'est pourquoi nous étudions à ce jour un complément de développement pour rendre plus intuitive cette manipulation.

Ce chapitre sera complété lors d'une prochaine mise à jour du logiciel où cette documentation sera actualisée en conséquence.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

VI.7 – LIAISON WIFI

Le module Orange Pi Zero2 dispose d'un routeur Wifi interne raccordé à une mini antenne déjà en place sur la module.

La validation du mode Wifi réclame un paramétrage particulier.

→ Préparation

Dégager la mini antenne raccordée sur le module Orange Pi Zero2 de toute proximité immédiate avec les composants du module OPZ en la posant à côté du circuit ou en la fixant avec un adhésif, le long de la face avant du boîtier d'accueil, pour ceux qui auront choisi cette solution d'intégration de leur **ModulAM**.

Placer le **ModulAM**, à proximité de la box (zone de confort du Wifi), le raccorder à la box par une liaison filaire (RJ45), le mettre en service et s'assurer que son fonctionnement est correct en se connectant via l'IHM pour obtenir l'écran d'accueil selon la [figure 36](#) (page 31).

→ Paramétrage du mode Wifi

- Ouvrir une fenêtre en mode « Terminal » sur le PC.
- Dans la fenêtre d'invite, saisir `ssh orangepi@modulam` (bien respecter l'espace après `ssh`) + Enter.
- Un mot de passe est demandé : saisir `orangepi` (attention, pas de vision de la saisie) + Enter. Diverses informations s'affichent concernant l'état et l'adresse du système.
- En suivant, saisir la commande : `sudo nmtui` (bien respecter l'espace après `sudo`) + Enter.
- Saisir à nouveau le mot de passe : `orangepi` (attention, pas de vision de la saisie) + Enter. Cette commande permet d'ouvrir le configurateur de connexion réseau de l'OPZ.

La fenêtre de la figure 46 ci-contre est alors affichée.

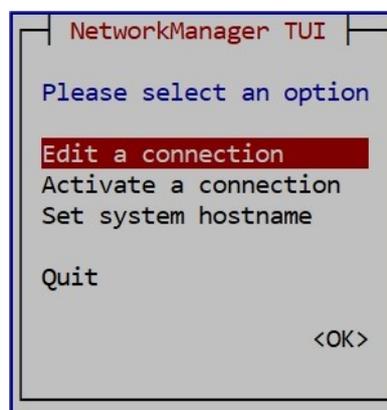


Figure 46

À l'aide des touches fléchées du clavier (déplacement haut / bas), sélectionner la fonction **Activate a connexion** (figure 47 ci-contre).

Valider ensuite par la touche Enter du clavier.

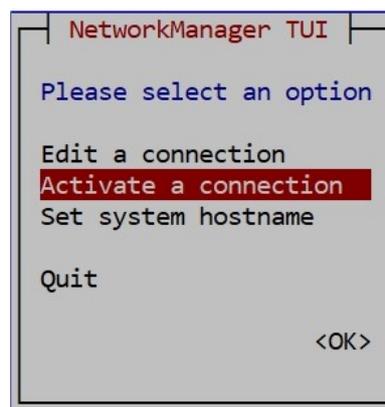


Figure 47



ModuIAM

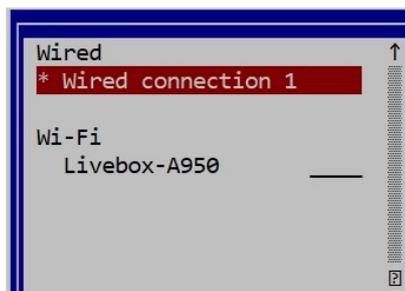
Notice générale – Montage et instructions

La fenêtre de la figure 48 ci-contre apparaît alors.

Avec les touches fléchées, sélectionner **Wi-Fi**.

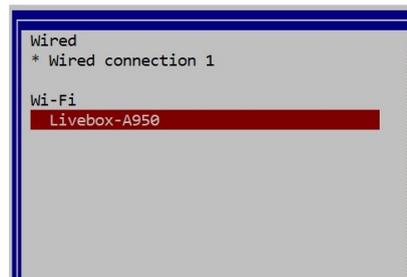
Valider par la touche Enter du clavier.

Figure 48



Après validation, la fenêtre de la figure 49 apparaît et montre que la box a été automatiquement détectée et reconnue.

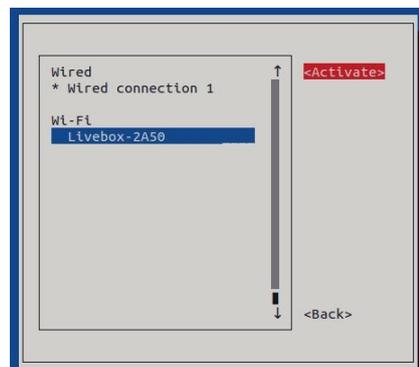
Figure 49



Avec la touche Tabulation du clavier, placer le curseur sur « **Deactivate** » et activer la connexion par un appui sur Enter au clavier.

On obtient alors le statut « **Activate** » comme le montre la figure 50 ci-contre.

Figure 50



Valider le nom de la box par la touche Enter du clavier.

La fenêtre de la figure 51 ci-contre apparaît. Saisir le mot de passe (clé WEP) de l'accès au réseau Wifi, puis valider par Enter.

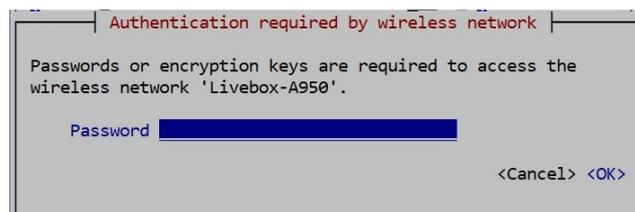


Figure 51

La procédure est terminée.

La diffusion par le câble réseau se déconnecte automatiquement.

Il y aura donc probablement une perte des flux des programmes radio et le message d'alerte « *Ici le ModuIAM, attention l'adresse URL, etc.* » va être diffusé sur l'ensemble des canaux, ce qui est normal.

Pour redémarrer proprement, quitter le configurateur de connexion en revenant au menu initial (avec la touche tabulation, valider « **back** » puis Enter) pour obtenir la fenêtre de la figure 52 ci-contre.

Sélectionner « **Quit** » avec les touches fléchées du clavier et valider par Enter.

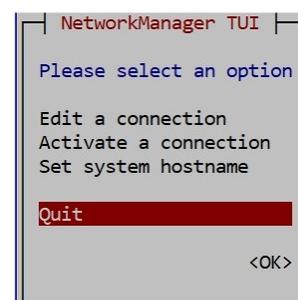


Figure 52



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

La fenêtre du terminal réapparaît : saisir **sudo reboot** (bien respecter l'espace après **sudo**) + Enter.
Cette action arrête totalement le **ModulAM** et le fait redémarrer automatiquement en mode Wifi.

Fermer ensuite la fenêtre du Terminal du PC.

Une fois les programmes à nouveau diffusés, il est possible de débrancher le câble réseau RJ45.



*La validation du mode Wifi au sein du **ModulAM** est issue d'un développement récent, donc avec un faible recul d'expérience.*

Il est possible que certains utilisateurs rencontrent des difficultés lors du paramétrage de ce mode de raccordement, en fonction de leur environnement informatique et du comportement de la box liée au fournisseur d'accès à l'internet.

Les auteurs s'efforceront de répertorier les incidents et les questions les plus fréquentes qui seront ensuite publiés dans la [rubrique FAQ](#) du site internet.

Il est donc sage de consulter régulièrement cette rubrique, en cas de difficulté.

Pour ceux qui souhaitent plutôt utiliser un Wifi externe, il a été testé le raccordement d'un routeur disponible à un prix raisonnable, donnant toute satisfaction. [Voir ici](#).

Aucun paramétrage particulier n'est nécessaire au sein du **ModulAM** pour la mise en œuvre de ce genre de routeur externe. L'utilisateur suivra les indications et procédures indiquées dans la notice d'installation du routeur.

D'autres modèles sont bien sûr disponibles sur le marché.



*Il est important de rappeler que la liaison entre la « box » et le **ModulAM** doit être d'excellente qualité, compte tenu du flux permanent des données qui y transitent. C'est pourquoi il est largement recommandé, dans la mesure du possible, de privilégier une liaison filaire via un câble RJ45.*

*Sinon, placer le **ModulAM** dans une zone de couverture du Wifi considérée comme excellente, ou choisir un modèle de routeur externe aux performances adaptées à la distance séparant la « box » du **ModulAM**.*



VII – INFORMATIONS TECHNIQUES ANNEXES

VII.1 – COUPLAGE AVEC DIFFERENTS TYPE DE RÉCEPTEURS

Le **ModulAM** peut se coupler avec quasiment tout type de récepteur. Dans la mesure où il est possible de disposer d'une prise Antenne et d'une prise Terre, c'est encore plus simple...

Mais même les modèles ne proposant pas de raccordements directs d'une antenne et/ou d'une terre accessible via une borne extérieure, peuvent bénéficier du couplage, en utilisant d'autres moyens de rayonnement de proximité.

Nous examinons ci-après les cas les plus fréquents, que l'amateur pourra extrapoler à ses propres TSF, en fonction de la technologie et de l'accessibilité des matériels.

La communauté des radiofilistes *présente* sur le forum [retrotechnique](#) constituera sans aucun doute un terrain de jeu propice pour développer quelques astuces permettant de satisfaire l'ensemble des anciens récepteurs de TSF.

➔ Récepteurs TSF standards

Nous avons, de manière arbitraire, baptisé de « standard » les récepteurs TSF à lampes fonctionnant sur le secteur et disposant de prises Antenne et Terre.

La présence d'une embase « Terre » accessible via une borne repérée clairement sur le carton arrière, indique que le châssis de ce modèle de récepteur est isolé du secteur. Donc, a priori, sans risque d'électrocution pour l'utilisateur lors du raccordement de cette prise.

Le couplage de ce genre de récepteur a déjà été détaillé au [chapitre V.3.4](#) de cette notice.



Figure 53

Le cliché de la figure 54 ci-contre propose un exemple de raccordement de la boucle de couplage sur les bornes **Antenne** et **Terre** d'un récepteur TSF des années cinquante (Philips BF321A – Figure 53).

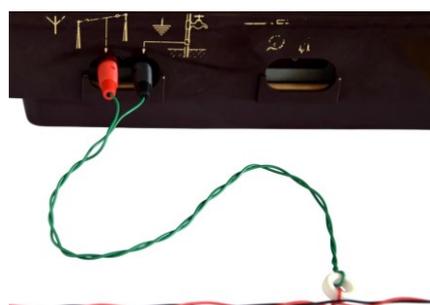


Figure 54



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

➔ Récepteurs TSF tous courants

Les postes dits « Tous courants » ne disposent pas de transformateur à isolement galvanique. Cela signifie qu'un des pôles du réseau secteur est directement relié au châssis !

Ces postes économiques furent fabriqués en masse notamment dans les années 55-60.



Figure 55



Figure 56

Les figures 55 et 56 montrent un des modèles les plus répandus de récepteurs « tous courants » : le Philips B1F 71 décliné ici en version A (123 V / 220 V).

Ces postes entièrement enfermés dans une coque plastifiée ne proposent donc pas de prise de terre. On voit nettement sur la face arrière que seule une borne « Antenne » est disponible.

Le raccordement de la ligne de couplage avec le **ModulAM** nécessite donc de démonter la face arrière pour accéder au châssis.

SÉCURITÉ – DANGER POUR LA PERSONNE !



Il est **impératif** de débrancher le récepteur du réseau secteur avant de commencer le démontage de la face arrière d'un récepteur tous courants et d'éviter toute manipulation sous tension tant que le capot ou la face arrière protectrice n'est pas remontée.

Le non-respect de ces consignes peut provoquer un accident grave voire mortel pour la personne concernée.

1 / Montage basique - **Danger réel**

Lorsque le châssis est visible, il faut repérer un endroit où se raccorder (une vis comme dans l'exemple du B1F 71A, figure 57) ou une cosse à souder sous le châssis.

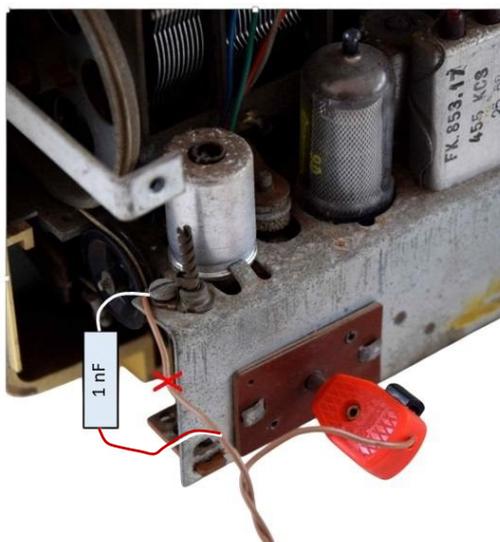


Figure 57



Figure 58

La ligne de couplage est réalisée à l'aide d'un fil isolé torsadé, raccordé à l'une des extrémités sur le châssis et à l'autre extrémité sur la prise antenne du récepteur, le centre de ce fil passant au travers du tore ferrite de couplage (Figure 58).

En faisant passer cette ligne au travers du capot arrière il n'y a donc pas de risque particulier.

SAUF que si le poste est sous tension et que l'on débranche la fiche « Antenne », alors **cette fiche se retrouve directement reliée au châssis, donc au secteur.**

La vigilance est donc de rigueur pour ce genre de montage.

Variante 1 – Sécurité améliorée

Si le montage décrit ci-dessus donne toute satisfaction sur le plan du couplage RF, il n'en reste pas moins dangereux lors de manipulations, poste sous tension.

On préférera donc la variante consistant à insérer au plus près de la connexion sur le châssis, un condensateur d'environ 1 nF (1 000 pF) convenablement isolé (400 V ou plus) en série avec la ligne de couplage. La figure 50 indique le branchement d'un tel condensateur après avoir interrompu la liaison (croix rouge).

Sur le plan RF, l'atténuation RF n'est pas significative compte tenu de la tension disponible, mais la protection est efficace même si **elle n'est pas totale**. En effet $1 \text{ nF} = 32 \text{ k}\Omega$ à la fréquence de 50 Hz (soit 7 mA maxi). C'est loin de représenter un isolement infini... **Donc, rester vigilant** lors des manipulations.

Variante 2 – Sécurité totale

Les postes des années 50/60 tous courants ou pas, étaient souvent équipés d'un cadre fixe ou à commande rotative. Le tous courants Philips B1F 71 bénéficiait de deux cadres ferrite, ce qui permettait une réception confortable sans avoir l'obligation de raccorder une antenne filaire.



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions

Le premier cadre pour les bandes PO et GO et le second pour les bandes BE et OC.

Le montage proposé en figure 59 est quasi idéal.

Repérer le cadre ferrite des bandes PO et GO : c'est celui qui accueille les bobinages possédant le plus grand nombre de spires, c'est visible à l'œil nu.

Ensuite, à l'aide d'un fil de câblage (vert sur la figure 59 ci-contre), réaliser 3 ou 4 spires à l'extrémité de la barre ferrite PO / GO. Coller ou faire fondre une goutte de cire sur les spires pour un maintien durable, puis torsader les deux fils et les faire passer au travers de la face arrière, pour en disposer facilement, une fois que le capot ou le carton de cette face arrière est remonté.

Cette fois la sécurité est totale, puisqu'il n'y a aucun contact électrique entre le récepteur et la ligne de couplage.



Figure 59

Relier ensuite cette ligne à celle aboutissant au tore ferrite de couplage et c'est terminé. Le rendement RF est excellent sur l'ensemble des bandes PO et GO.

➔ Récepteurs TSF à galène

Il existe de nombreux types de récepteurs à galène. Du simple « jouet » au poste sophistiqué disposant de plusieurs réglages (antenne, accord), voire d'un étage d'amplification, tous ont en commun de proposer des entrées Antenne et Terre.

Le raccordement de la ligne de couplage s'effectue donc suivant le même schéma que celui mis en œuvre pour le branchement d'un poste « standard ».

La figure 60 ci-contre montre un exemplaire du récepteur « Le Radio Cristal ».

La ligne de couplage est raccordée entre les deux bornes Antenne et Terre présentes sur la face supérieure.

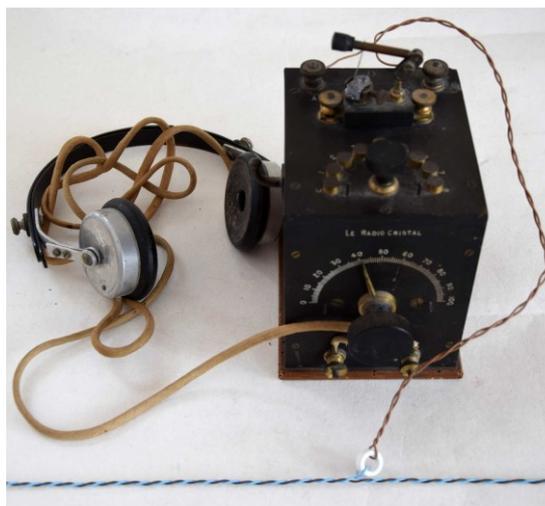


Figure 60



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

La sélectivité des récepteurs à galène n'est évidemment pas à la mesure de celle des récepteurs plus modernes. Aussi il faudra beaucoup de patience et une certaine dextérité au manipulateur du détecteur à galène pour « isoler » une station parmi les huit diffusées par le **ModulAM**.

Pour éviter un mélange des programmes dans l'écouteur, il est conseillé de construire une configuration de diffusion avec un nombre réduit de programmes (trois ou quatre) ou bien de configurer plusieurs canaux avec le même programme sonore. Le réglage du récepteur sera alors nettement plus simple à mettre en œuvre.

➔ Récepteurs à transistors

Sous l'appellation de récepteurs à « transistors », on admet ici qu'il s'agit de récepteurs portables autonomes que le grand public nommait à l'époque « Transistor » ; tous possédaient un cadre ferrite pour capter les bandes GO et PO.

Certains disposaient en plus d'une prise « Antenne » destinée à une installation à bord d'une automobile, entrée souvent gérée par une touche de commutation ANT/CADRE.

Pour l'exemple nous avons choisi un récepteur des années soixante, se revendiquant à la fois poste d'intérieur ou bien raccordable à une antenne auto : le SONOLOR PLEIN-AIR 64 fabriqué à partir de 1964 (figure 61 ci-contre).



Figure 61

Couplage via l'entrée antenne

C'est le plus simple et cela permet de ne pas se préoccuper de l'agencement interne du récepteur.

Encore faut-il disposer d'une fiche type « antenne autoradio ». Il suffit de raccorder cette fiche à l'extrémité du fil torsadé couplé sur le tore ferrite et de positionner la touche ANT/CADRE sur la position ANTENNE (figure 62 ci-contre).



Figure 62

Couplage via le cadre ferrite

Lorsque le récepteur ne dispose pas d'une entrée d'antenne extérieure ou que la fiche mâle fait défaut, il faut faire en sorte que le cadre ferrite capte le signal RF diffusé par le **ModulAM**.

Pour optimiser le couplage avec ce cadre, il faut le localiser le plus précisément possible : est-il placé horizontalement ? verticalement ? au centre du récepteur ? Pour le savoir, sortir la face arrière et repérer la position du cadre (figure 63 ci-contre). Ici, il est horizontal et placé quasiment au centre du châssis.



Figure 63



ModuAM

Notice générale – Montage et instructions

Deux possibilités s'offrent à l'amateur :

Le couplage direct

Ce couplage s'effectue directement sur le cadre, en enroulant deux ou trois spires sur la barre de ferrite, à l'identique de ce qui a été proposé pour le couplage avec les postes secteur tous courants, (voir [figure 59](#)). On placera cet enroulement de préférence au centre de la barre ferrite afin que les deux bobines (PO et GO) bénéficient de niveaux RF similaires.

Faire sortir les deux extrémités du fil via un interstice du capot arrière et les raccorder à la ligne rejoignant le tore ferrite de couplage. Cette solution garantit un niveau RF élevé à l'entrée des étages RF du récepteur.

Le couplage indirect

Cette fois on ne touche pas au récepteur. À l'aide d'un fil assez fin et de préférence de couleur proche de la face avant du récepteur, afin qu'il passe quasi inaperçu, enrouler ce dernier de deux ou trois spires avec le fil, en formant ainsi une boucle **parallèle** aux bobines situées sur la barre de ferrite du cadre de réception (figure 64 ci-contre). Là encore placer la boucle de préférence vers le centre de la barre de ferrite. Effectuer des essais d'abord avec une seule spire, puis augmenter le nombre, si la réception n'est pas suffisamment claire (présence de souffle). Tout ceci reste variable car lié à la sensibilité du récepteur et à la proximité de la boucle avec la barre de ferrite.

Torsader ensuite le fil jusqu'au raccordement à la ligne couplée au tore affecté à ce récepteur.



Figure 64 : pour le cliché il a été choisi un fil rouge afin de bien montrer le principe. Un fil gris et fin permettrait d'éviter de rendre trop visible cette boucle de couplage formée ici de deux spires.

➔ Récepteurs autoradio

Ce type de récepteur ne comprend pas de cadre ferrite mais seulement une prise destinée à être impérativement raccordée à une antenne. On procédera donc exactement comme avec l'entrée « Antenne » d'un poste à transistors classique, comme indiqué au [chapitre précédent](#).



ModuIAM

Notice générale – Montage et instructions

VII.2 – COMMENT DÉCHARGER RAPIDEMENT L'ALIMENTATION DC

L'arrêt du **ModuIAM** nécessite une procédure particulière permettant au nano ordinateur de fermer ses fichiers « proprement », suivie de la coupure de l'alimentation DC pour une mise hors tension totale. La [méthode conseillée](#) (chapitre V.2.2), avant une remise en service de l'équipement, nécessite un temps d'attente significatif (environ 1 minute et trente secondes), imputable au temps de décharge des capacités du bloc d'alimentation.

Il est possible de réduire ce temps à une dizaine de secondes, en chargeant la sortie de l'alimentation par une résistance raccordée en permanence sur le circuit de distribution du 5 VDC.

La consommation supplémentaire d'environ 50 mA reste peu significative lors des différentes phases de fonctionnement (consommation maximum d'environ 800 mA pour l'ensemble du système) mais suffit à décharger relativement rapidement les condensateurs du bloc, lorsque celui-ci est débranché du réseau secteur.

La résistance conseillée pour cette fonction est de 100 Ω (Marron / Noir / Noir) ½ watt.

Le raccordement de cette résistance s'effectue entre les broches 4 (+5 VDC) et 6 (0 V GND) du connecteur d'extension du module Orange Pi Zero2, comme le montrent la figure 65 ci-après.

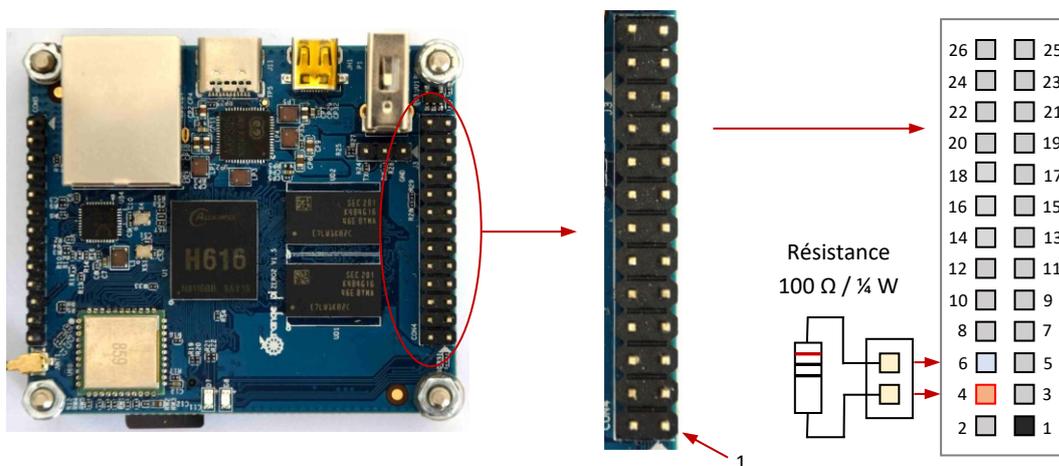


Figure 65 : raccordement d'une résistance de décharge de l'alimentation.

L'implantation de cette résistance pourra s'effectuer en utilisant la chute du cordon Dupont 2 broches femelles ou via un connecteur spécialisé.



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

VII.3 – CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU ModulAM

Niveau moyen des sorties RF, après couplage sur tore type TN14/9/5 - 3E25 :

J15 : sortie RF GO+PO / Porteuses GO.....	-47 dBm (1 mV)
Porteuses PO.....	-39 dBm (2,51 mV)
J10 : sortie RF GO.....	-53 dBm (0,5 mV)
J11 : sortie RF PO.....	-48 dBm (0,9 mV)
Niveau moyen de la sortie RF GO+PO auxiliaire, couplage capacitif :	
J16 : sortie RF AUX GO+PO.....	-30 dBm (2,24 mV)
Linéarité du filtre RF de la sortie GO dans la bande 153 kHz à 280 kHz.....	+0,5 / -0,5 dB
Linéarité du filtre RF de la sortie PO dans la bande 540 kHz à 1 700 kHz.....	+0,5 / -1 dB
Entrée AF EXT (J12) :	
Sensibilité d'entrée (F=800 Hz @ Taux de modulation 50 %).....	-21,5 dBu (65 mV)
Linéarité du taux de modulation (plage 10 % à 70 %).....	+0,2 / -0,5 dB
Courbe de réponse à -3 dB.....	80 Hz à 3 500 Hz
Courbe de réponse à -6 dB.....	50 Hz à 5 000 Hz
Distorsion par harmoniques (THD) F=800 Hz @ Taux de modulation 50 %).....	0,33 %
Distorsion par harmoniques (THD) F=800 Hz @ Taux de modulation 77 %).....	0,63 %
Rapport signal à bruit suivant procédure SINAD (F=800 Hz Taux de modulation 50 %).....	50 dB
Rapport signal à bruit suivant procédure SINAD (F=800 Hz Taux de modulation 70 %).....	52,3 dB
Tension d'alimentation.....	5 VDC
Courant consommé :	
Lors de la phase de démarrage du système.....	775 mA
En mode DIFFusion ON (avec 8 porteuses modulées).....	450 mA
En mode DIFF OFF (système ON mais pas de porteuses RF).....	360 mA
Lors de la phase d'arrêt du système.....	625 mA
Consommation moyenne en mode DIFFusion ON (avec 8 porteuses modulées).....	2,5 W



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

VII.4 – GESTION DES DROITS DES LOGICIELS

Les programmes fonctionnels du **ModulAM** sont des logiciels libres ; vous pouvez les redistribuer ou les modifier suivant les termes de la GNU General Public License telle que publiée par la Free Software Foundation ; soit la version 3 de la licence, soit toute version ultérieure.

Ces programmes sont distribués dans l'espoir qu'ils seront utiles, mais SANS AUCUNE GARANTIE ; sans même la garantie tacite de QUALITÉ MARCHANDE ou d'ADÉQUATION à UN BUT PARTICULIER. Consultez la GNU General Public License pour plus de détails.

La GNU General Public License est disponible sur le site : <http://www.gnu.org/licenses>.



*Une difficulté ?
Une question ?*

- 1 - Consultez la [Foire aux Questions](#), peut-être y trouverez la réponse recherchée.
- 2 - Interrogez la communauté des utilisateurs du **ModulAM** sur le [forum](#) de Rétrotechnique.
- 3 - En dernier recours, posez votre question aux auteurs du projet, au travers d'un message clairement rédigé à l'adresse : signalements@retrotechnique.org.



Table des matières

I – AVANT DE COMMENCER	3
II – LE MATÉRIEL	4
II.1 – LA CARTE MODULATEUR 8 FRÉQUENCES	6
II.2 – LE MODULE PROCESSEUR RASPBERRY PI PICO H	8
II.3 – LE MODULE NANO ORDINATEUR ORANGE PI ZERO2 (OPZ)	8
III – INSTALLATION DES LOGICIELS	10
III.1 – PRÉREQUIS	10
III.2 – INSTALLATION DU LOGICIEL DE GÉNÉRATION DES 8 PORTEUSES	11
III.2 – INSTALLATION DU LOGICIEL DE COPIE DU FICHER IMAGE	13
III.3 – INSTALLATION DU PAQUET LOGICIEL OPZ DU MODULAM	13
IV – MONTAGE ET ASSEMBLAGE	16
IV.1 – RÉALISATION D’UNE LIGNE DE COUPLAGE RF	16
IV.2 – RÉALISATION DE LA COMMANDE D’ARRÊT DU MODULATEUR	19
IV.3 – ASSEMBLAGE DES MODULES ET RACCORDEMENTS	21
V – MISE EN SERVICE ET EXPLOITATION DE BASE	26
V.1 – CONFIGURATION USINE	26
V.2 – MISE EN SERVICE – MARCHÉ / ARRÊT	27
VI – EXPLOITATION VIA LE LOGICIEL IHM	30
VI.1 – ÉCRAN D’ACCUEIL	31
VI.2 – EXPLOITATION	32
VI.3 – CONFIGURATION	34
VI.4 – SÉLECTION D’UNE LISTE DE CANAUX À DIFFUSER	35
VI.5 – FONCTIONS SYSTÈME	35
VI.6 – FONCTIONS ANNEXES	36
VI.7 – LIAISON WIFI	37
VII – INFORMATIONS TECHNIQUES ANNEXES	40
VII.1 – COUPLAGE AVEC DIFFÉRENTS TYPE DE RÉCEPTEURS	40
VII.2 – COMMENT DÉCHARGER RAPIDEMENT L’ALIMENTATION DC	46
VII.3 – CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DU MODULAM	47
VII.4 – GESTION DES DROITS DES LOGICIELS	48

Pour signaler une erreur : signalements@retrotechnique.org

Retrouvez toute la technique radio et audiovisuelle
ancienne sur notre portail Rétrotechnique.

<https://retrotechnique.org/>



ModulAM

Notice générale – Montage et instructions

Conception et rédaction notice : Daniel Werbrouck (DWK)

Suivi des versions :

V0.1 à V0.7 : ébauches – 12/2024 à 01/2025.

V0.8 : version provisoire – 01/2025

V0.9 : version provisoire 2 – 01/2025

V1.0 : version stabilisée – 02/2025

V1.1 : version corrigée d'une omission – 02/2025

V1.2 : version corrigée d'erreurs mineures – 02/2025

Notice attachée à l'équipement **ModulAM** disposant des versions suivantes du matériel et des logiciels :

Version matérielle de la platine de modulation : v1.2.1

Version du logiciel du processeur RPI : ModulAMv1.uf2

Version du paquet logiciel OPZ2 : ModulAM-2501-OPZ2-V1.0.img

Crédit photos et illustrations

Couverture, figures 01, 04 à 08, 15, 17, 18, 20 à 27, 29, 31, 32, 35 à 65 : DWK

Figures 02, 09 : Raspberry

Figures 03, 12, 19 : Orange Pi / Sandisk

Figures 10, 11, 33, 34 : Orange Pi

Figure 12 : Sandisk

Figure 13, 14 : Raspberry, DWK

Figure 16 : Integral, Sandisk, DWK

Figure 17 : Sunshine, Orange Pi, Sandisk

Figure 28 : Orange Pi, Raspberry, Sunshine, DWK

Figure 30 : Orange Pi, DWK

Suivi des mises à jour de la documentation :

Mise à jour disponible sur la version stabilisée V.1.2 publiée le 23/02/2025

- Page 9, figure 11 – Correction de la capacité mémoire de la RAM (512 Mo)
- Page 25, bulle info ajoutée concernant les caractéristiques nécessaires du câble USB-A / USB-Micro-C

Mise à jour disponible sur la version stabilisée V.1.1 publiée le 02/02/2025

- Page 24, ajout d'une illustration (figure 30bis) indiquant le raccordement du bouton d'arrêt sur le module Orange Pi Zero2
- Page 49, correction du sommaire.

Mises à jour disponibles sur la version stabilisée V.1.0 publiée le 01/02/2025

- Page 7, précision sur la méthode automatique de sauvegarde de l'assistant adamo. Remplacement de la figure 8 par l'image de la copie écran de la v2 d'adamo
- Page 14, ajout d'une information sur la publication de la somme de contrôle du logiciel **ModulAM**, suivant SHA256 sur le site web
- Page 46, correction coquille concernant la consommation de la résistance de décharge (50 mA et non 5 mA). Remaniement du texte.

Mises à jour disponibles sur la version provisoire V0.9 :

- Ajout des caractéristiques de consommation du **ModulAM** (chapitre VII.3)
- Page 17, correction erreur de couleur de la résistance 220 Ω , page 17.

Fin de la notice.