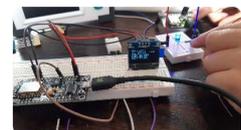


## Tutorial de fabrication du détecteur de CO2, « Totoro-kazetoshi »



*Ce modèle est basé sur le formidable travail réalisé par Grégoire Rinolfi : <https://co2.rinolfi.ch/>*

*Merci à [@AlGensollen](#), du groupe nousaerons.fr, pour l'inspiration, l'aide apportée et ses précieux conseils*



**Pour toute question, adressez un message à [pascal.morenton@nousaerons.fr](mailto:pascal.morenton@nousaerons.fr)  
Plus d'information sur <https://nousaerons.fr/makersco2>  
Suivre l'actualité du projet et du groupe « Nous aérons » : [@nousaerons](#)**

# Avertissements et avant-propos



## Précautions d'usage

Ce travail est en cours d'élaboration et il convient donc d'agir avec prudence dans l'utilisation du système proposé. Comme avec tout prototype réalisé avec des méthodes « artisanales », ne laissez pas le système branché sans surveillance.

**Lors des étapes de fabrication, nous vous invitons à vous équiper de toutes les protections nécessaires : blouses, gants, lunettes de protection... La sécurité doit être un souci constant lors de la réalisation d'un objet technique.**

Nous vous invitons à nous faire part de vos propositions d'amélioration et à nous signaler tout problème rencontré dans l'utilisation du système.

## Déclaration d'intentions

Nous avons souhaité proposer un modèle de détecteur de CO2 :

- peu cher : ~ 50 €
- facile à réaliser, en minimisant les soudures notamment,
- sans recourir à de l'impression 3D,
- favorisant le recyclage de matériaux courants,
- dont les composants pourront être ré-utilisés,
- la face avant peut être personnalisée.

## Exactitude des mesures

Ce guide de fabrication vous permettra de réaliser un détecteur de CO2 que nous pensons fiable par la présence de :

- un capteur de type NDIR,
- une procédure de calibration manuelle.

Toutefois, l'exactitude des mesures réalisées dépendront d'un grand nombre de facteurs, notamment liés à la qualité du matériel utilisé, qui peut être variable selon le fournisseur utilisé, et au soin apporté à sa fabrication. La fiabilité du code logiciel, malgré tout le soin apporté à son écriture par son auteur, ne peut être également garanti.

Nous ne saurons donc garantir le niveau global de performance atteint par le dispositif proposée réalisé sur la base de nos propositions. Tout a été fait, toutefois, pour le maximiser.

Nous vous recommandons vivement de :

- calibrer manuellement votre capteur lors de sa première utilisation,
- vérifier ses performances en comparant ses mesures à un modèle commercial fiable et correctement étalonné (voir <https://nousaerons.fr>),
- contrôler régulièrement l'étalonnage et l'exactitude du capteur

# Nomenclature et outillage

Les composants et outils nécessaires à la réalisation du montage sont donnés sur la page :

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sIkZ80JprwCehU\\_BK0oYLCvteCWh189QH3DDznlm8/](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1sIkZ80JprwCehU_BK0oYLCvteCWh189QH3DDznlm8/)

Ce ne sont que des suggestions de fournisseurs et il est possible que des offres plus intéressantes soient disponibles sur d'autres sites marchands.

	Composant	Marque	Modèle	Référence	Prix TTC	Fournisseurs	Remarques
	Capteur CO2	SENSEAIR	S8	004-0-0053	29,18 € 73,29 €	<a href="#">Aliexpress</a> <a href="#">Amazon</a>	
	Microcontrôleur		TTGO		10,56 € 24,99 €	<a href="#">Aliexpress</a> <a href="#">Amazon</a>	
	Plaque d'essai	K and H	KH-102	102-9147	12,58 €	<a href="#">Radiospares</a>	
	Entretournevis nylon		M2		10,61 € 18,49 €	<a href="#">Aliexpress</a> <a href="#">Amazon</a>	pour le montage de la plaque de protection
	Headers mâles		long centrés		1,00 €	<a href="#">Letmeknow</a>	pour le wrapping des fils
	Headers femelles				2,40 €	<a href="#">Letmeknow</a>	pour surélever l'écran par rapport au capteur
	Polyester transparent		épaisseur 1mm		6,86 €	<a href="#">A4 Technologie</a>	plaque de protection
	Total				74,19 €		
	Outillage	Marque	Modèle	Référence	Prix TTC	Fournisseurs	Remarques
	Fils à wrapper				15,99 €	<a href="#">Amazon</a>	multi-couleurs
	Outil à wrapper				32,09 €	<a href="#">Amazon</a>	inclue un outil à dénuder
	Outil à dénuder				30,60 €	<a href="#">Amazon</a>	pas indispensable mais plus efficace
	Total				78,68 €		

## Outillage

Nécessaire à souder : fer, soudure, ...

Nécessaire à wrapper : outil à wrapper, fils à wrapper de différentes couleurs, ...

Ciseaux

Emporte-pièce pour réaliser des trous dans du carton

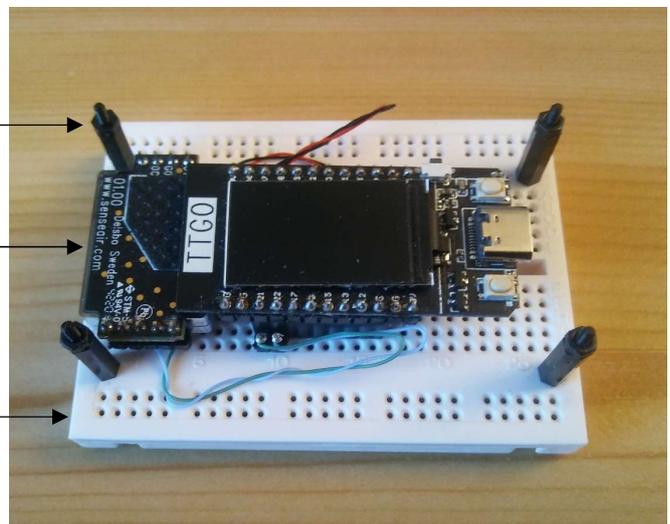
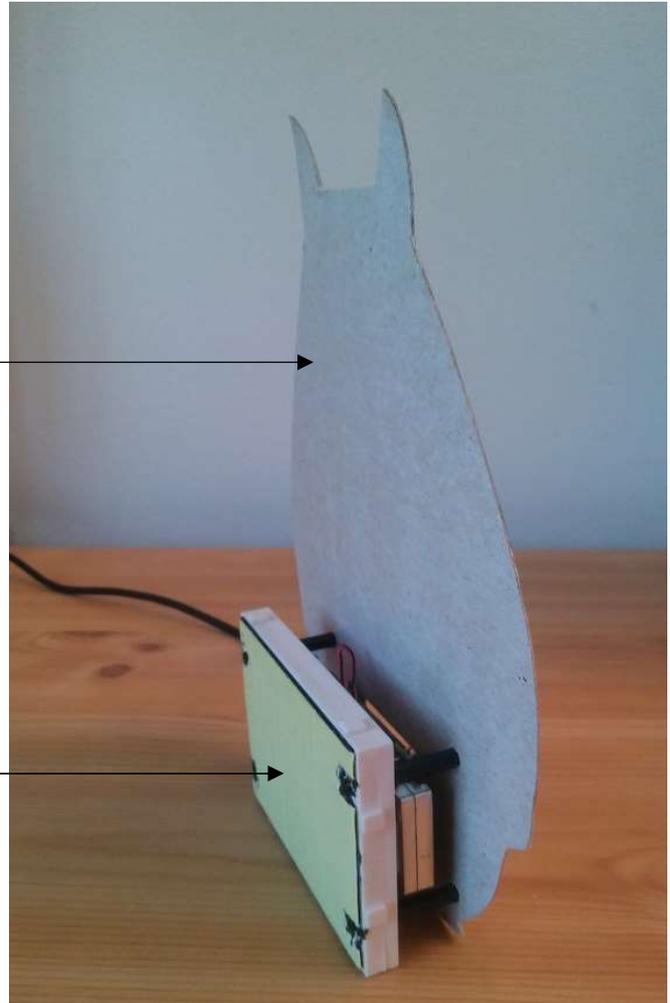
# Présentation du montage

Le montage est réalisé sur une plaque d'essai (« breadboard » en anglais) sur laquelle sont montés les composants électroniques et 4 entretoises qui accueilleront ensuite la face avant du capteur.

Face avant  
imprimée sur du  
papier et collée  
sur du carton

Face arrière de la  
breadboard

Entretoise  
Composants  
électroniques  
Breadboard



# Capteur

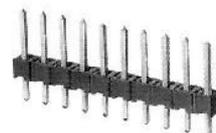
Le capteur est le modèle SENSEAIR S8, avec la référence 004-0-0053 .

D'autres déclinaisons de ce modèle existent, il faudra alors vérifier s'ils conviennent sur le site <https://senseair.com/>

C'est un capteur NDIR pouvant être calibré manuellement, ce qui est indispensable.

Il faut l'équiper de « pins headers » qui devront être soudés.

La configuration obtenue doit être la suivante, avec les connecteurs qui dépassent du capteur



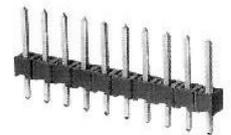
# Microcontrôleur

Le microcontrôleur est de type TTGO ESP32 avec écran intégré ou encore appelé TTGO avec T-Display

De nombreux modèles et marques existent.

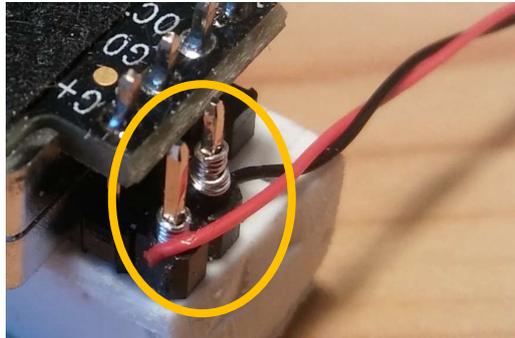
Il faut l'équiper de « pins headers » qui devront être soudés.

La configuration obtenue doit être celle représentée ci-contre. On trouve parfois le microcontrôleur vendu déjà équipé de ces « pins headers », ce qui vous évitera une opération de soudure.



# Assemblage de la partie électronique – 1/3

Les deux composants, capteur et microcontrôleur, ne seront pas reliés par des fils soudés mais par des fils « wrappés » :



Le « wrapping » consiste à enrouler le fil autour de la patte du composant, à l'aide d'un outil spécial. Le « wrapping » est très facile à mettre en œuvre, ne nécessite aucun chauffage, et on arrive à un résultat satisfaisant après quelques minutes de pratique.

Le wrapping favorise, en outre, la ré-utilisation des composants puisque l'on peut « dé-wrapping » les composants très facilement.

Pour réaliser du wrapping, il vous faudra :

- Un outil à wrapper ( ~ 40 €)
- Du fil à wrapper de différentes couleurs ( ~ 12 €)

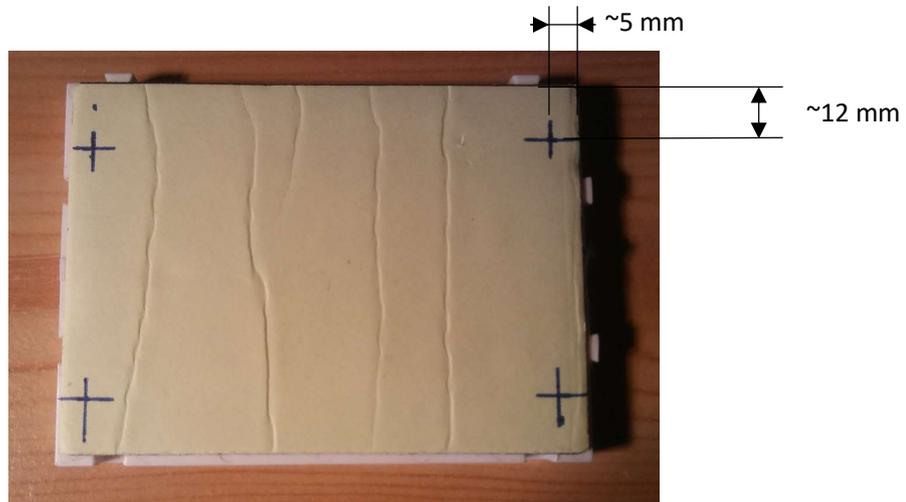


La réalisation de la partie électronique pourra donc être faite par deux populations différentes :

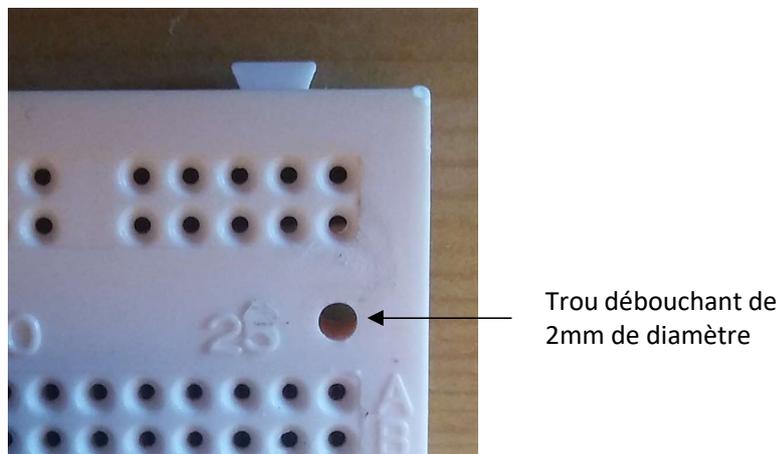
- Préparation avec la soudure de « pins headers » sur le capteur et le microcontrôleur.
- Wrapping des fils entre ces deux composants

# Préparation de la breadboard

Le modèle de breadboard proposé dispose de 4 trous de 2 mm déjà réalisés sur la face arrière, mais qui ne débouchent pas sur la face avant. Ces trous sont cachés par le scotch double face installé sur la face arrière, à l'endroit indiqué par les croix :



Réalisez une incision au niveau des croix afin de dégager le scotch et de rendre accessibles les 4 trous de 2mm. Avec un forêt de 2mm, percez la breadboard de part en part pour permettre aux trous de déboucher sur la face avant :



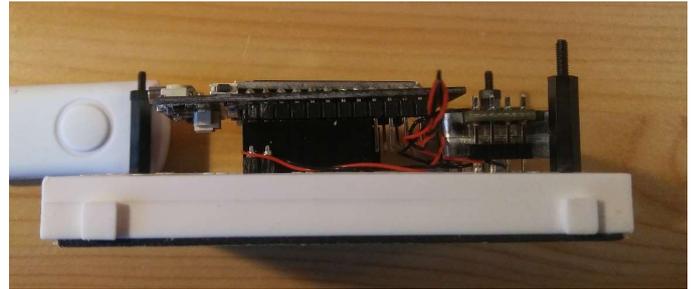
Il est à noter qu'il est possible de réaliser des trous de 2,5mm ou 3mm de diamètre si cela correspond au diamètre des entretoises dont vous disposez.

Attention ! Toutes les breadboards ne disposent de trous pré-existants sur la face arrière. Nous vous invitons donc à choisir spécifiquement la référence mentionnée dans la nomenclature proposée.

# Assemblage de la partie électronique – 1/3

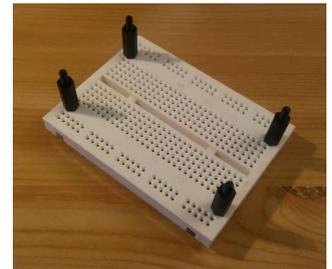
## Résultat du montage final

Le montage une fois réalisé sera conforme à la photo ci-contre avec le capteur à droite et le TTGO à gauche :



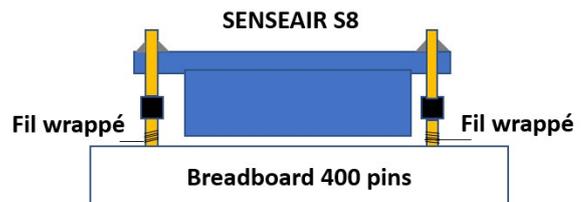
## Montage des entretoises

Vissez les 4 entretoises M2 aux 4 coins de la breadboard

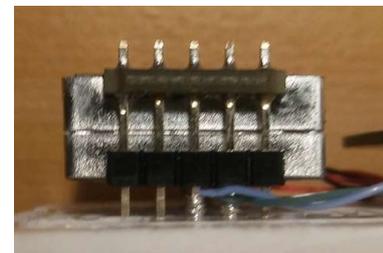


## Montage du capteur SENSEAIR S8

Le composant sera monté comme l'indique le schéma ci-contre avec 4 fils wrappés qui seront reliés composant TTGO.



En vue de côté, on obtient alors, sur l'un des cotés, le montage suivant :



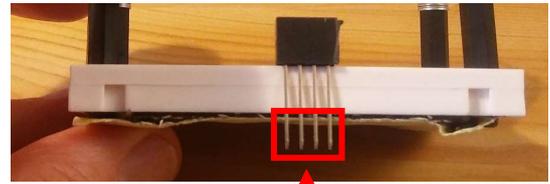
Un espace doit subsister entre la face inférieure du capteur S8 et la breadboard. Ceci est rendu possible par la présence du fil à wrapper. Il est donc inutile de trop forcer lors de l'insertion du capteur S8 :



# Assemblage de la partie électronique – 2/3

## Mise à longueur des headers femelles empilables

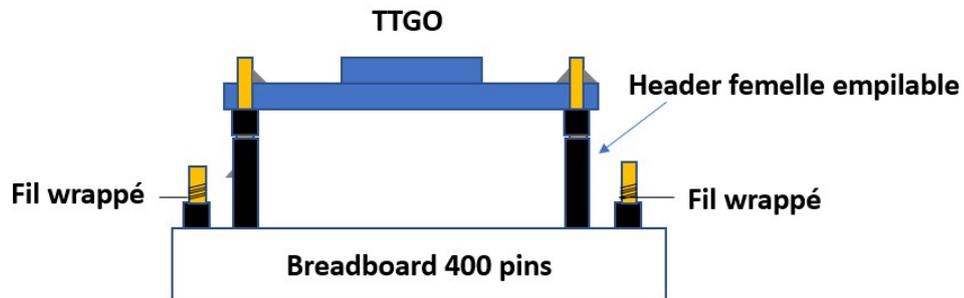
Les headers femelles empilables sont trop longs. Il faut supprimer, avec une pince coupante, la partie dépassant de la breadboard, voir ci-contre. Une version sans le montage de ces pièces est proposée sur la page suivante.



Partie à supprimer

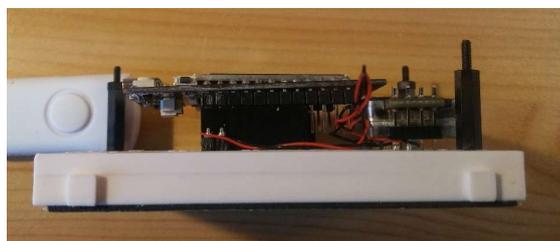
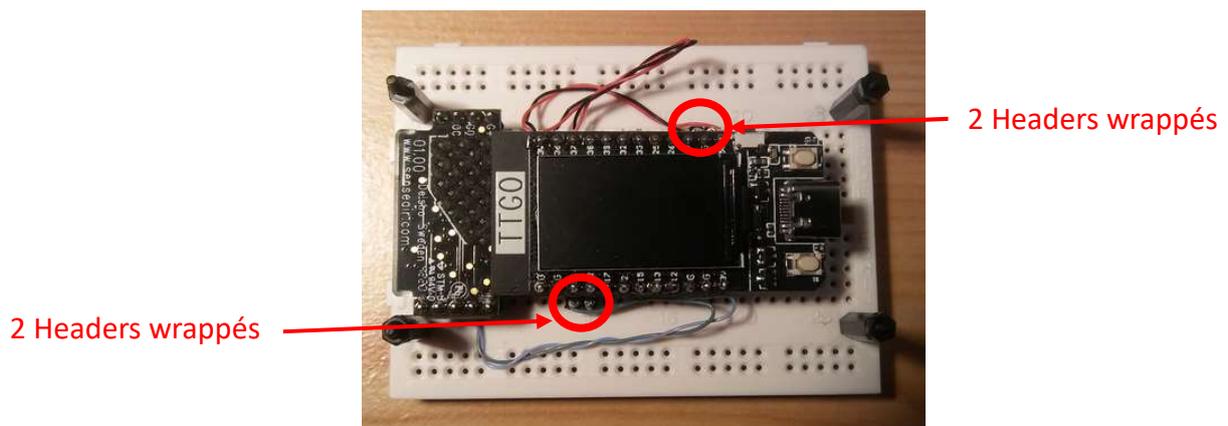
## Montage du ESP32 TTGO

Le composant sera monté comme l'indique le schéma ci-contre.



Les headers males centrés doivent être montés selon le schéma de câblage proposé. En tout, 4 headers males devront être montés et wrappés.

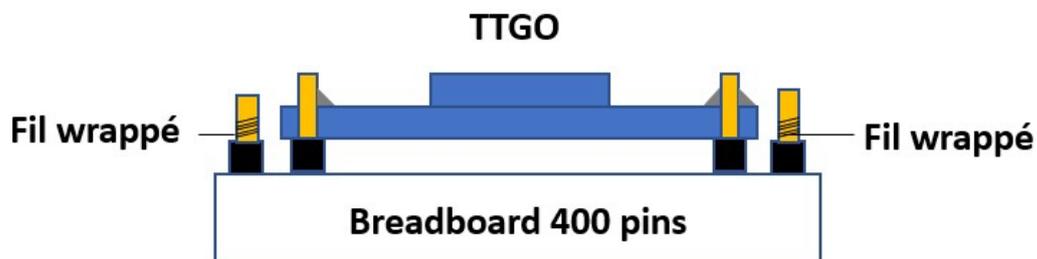
Le résultat doit être le suivant, avec le TTGO qui passe « au-dessus » du capteur sans le toucher.



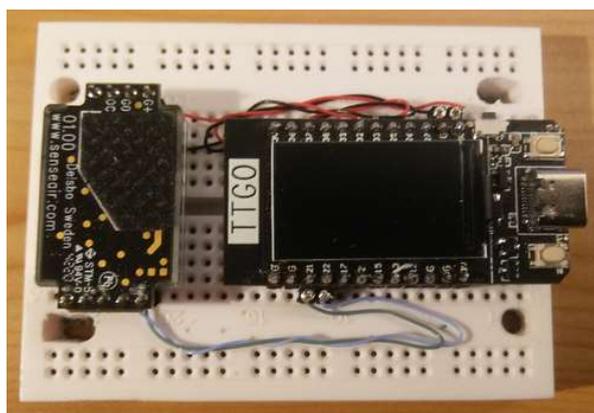
# Assemblage de la partie électronique – 3/3

## Montage du ESP32 TTGO SANS HEADERS FEMELLES

Il est possible de monter le composant TTGO sans faire appel aux headers femelles mais dans ce cas l'écran sera légèrement décentré, voir ci-dessous.



Dans cette configuration, le composant TTGO est monté à gauche du capteur S8 et est donc décalé par rapport au centre du montage :



# Logiciel

La programmation du microcontrôleur se fera grâce au logiciel ARDUINO IDE : <https://www.arduino.cc/en/software>

**Cela reste la partie la plus délicate à réaliser car nécessitant quelques paramétrages et installation de logiciels. Voici les grandes lignes à suivre pour l'installation :**

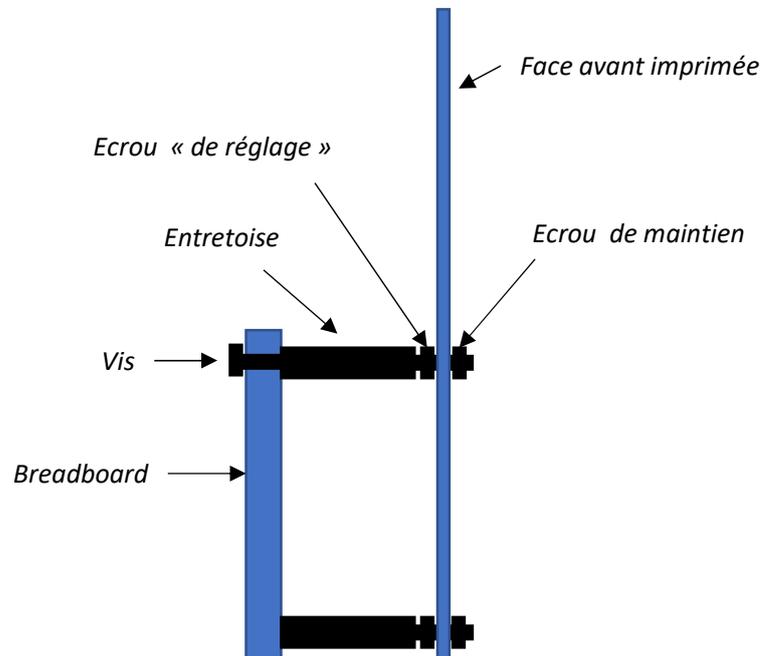
- Pour la configuration d'ARDUINO IDE, vous pouvez suivre les premières étapes du tutoriel : <http://f6kfa.fr/premiers-pas-application-de-demo-du-ttgo-t-display/>
- Pour l'installation de la bibliothèque relative à la gestion de l'écran, suivre les instructions fournis sur le site : <https://github.com/Xinyuan-LilyGO/TTGO-T-Display>
- Le code source est celui proposé par Christophe Rinolfi avec ou sans WI-FI : <https://co2.rinolfi.ch/>
- Nous vous conseillons de commencer par utiliser le code sans WI-FI, pour vérifier que tout fonctionne bien
- Téléverser le logiciel dans le microcontrôleur et votre système est alors prêt à fonctionner.
- En cas de problème, vous pouvez ouvrir le moniteur série d'ARDUINO IDE pour obtenir les éventuels messages de débogage proposés.

# Montage de la face avant

La face avant est imprimée sur papier puis collée sur un carton. Le trou pour l'écran est découpé et les 4 trous sont réalisés, par exemple, avec un « emporte-pièce ».



Il ne reste plus qu'à monter la face avant, en insérant éventuellement des écrous « de réglage » pour ajuster la position de la face avant par rapport aux composants :



# Utilisation

Le fonctionnement du capteur est celui proposé par le logiciel développé par Grégoire Rinolfi, plus d'information sur : <https://co2.rinolfi.ch>

- Après branchement, l'écran affiche d'abord « 0 ppm » puis après quelques instants, une première mesure du taux de CO2 de la pièce,
- Les mesures se font toutes les 10 secondes,
- Les seuils détectés sont :
  - < 800 ppm : vert (« air excellent »)
  - < 1000 ppm : orange (« air moyen »)
  - < 1500 ppm : rouge (« air médiocre »)
  - > 1500 ppm : rouge (« air vicié »)
- Nous rappelons qu'il est recommandé de rester :
  - sous 600 ppm, pour les lieux où le port du masque n'est pas possible (restaurants,...)
  - sous 800 ppm, pour les lieux où le port du masque est requis.
- Au premier démarrage, nous vous conseillons d'étalonner l'appareil : exposez-le en plein air, laissez-le une dizaine de minutes, actionnez le bouton ci-dessous, laissez le système encore une dizaine de minutes à l'extérieur avant de le rentrer.

