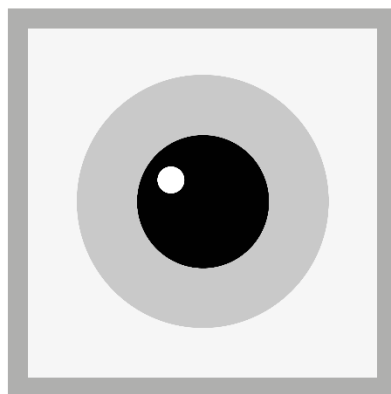


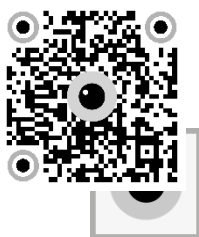
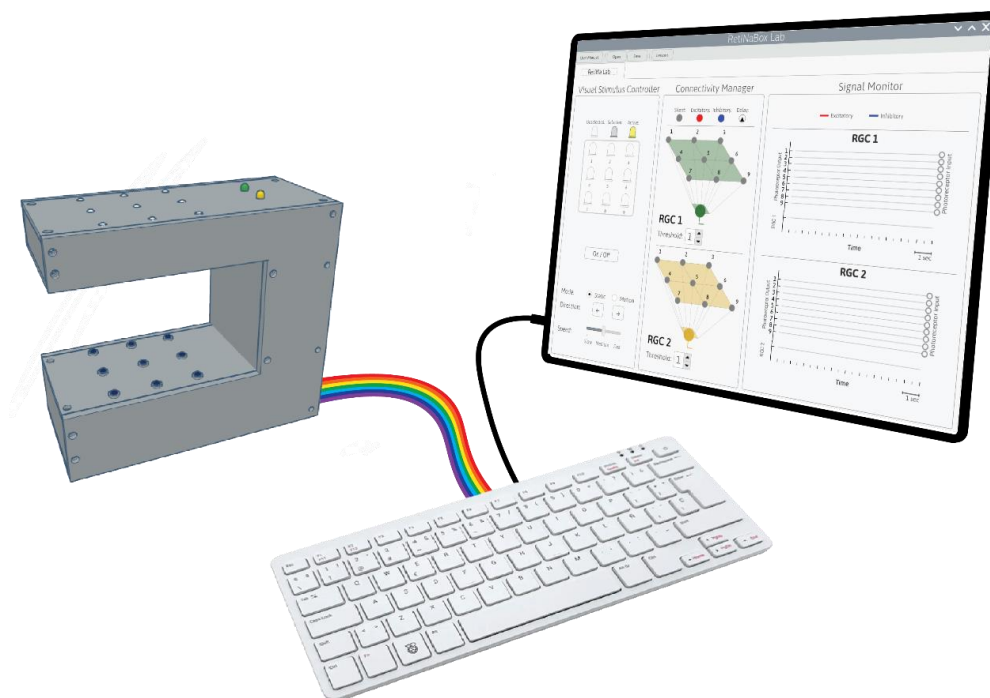
# Manuel d'utilisation de RetINaBox

## *Instructions de configuration matérielle et logicielle*

Version 1.0



RetINaBox



## Table des matières

1. Introduction
2. Construction de RetINaBox
3. Construction de l'outil de stimulation visuelle
4. Installation du logiciel
5. Connexion de RetINaBox au Raspberry Pi
6. Utilisation du logiciel

A1 : Annexe 1 : Liste des composants

A2 : Annexe 2 : Dépannage



## 1. INTRODUCTION

Bienvenue dans le manuel d'utilisation de RetlNaBox ! Vous y trouverez des instructions détaillées pour le montage et l'assemblage de RetlNaBox, ainsi que pour l'installation et l'utilisation du logiciel. Nous fournissons également la liste complète des composants nécessaires à la construction de RetlNaBox. Pour ceux qui ne sont pas familiers avec l'électronique, pas d'inquiétude, aucune soudure n'est nécessaire. Pour ceux qui sont déjà familiers avec les composants électroniques, la conception de RetlNaBox est assez simple et il devrait être possible de la construire avec des LEDs, des photodiodes, des résistances, etc. autres que celles spécifiées ici, à condition que ces composants électroniques soient compatibles avec le Raspberry Pi. Enfin, nous proposons une section de dépannage au cas où, après avoir lu le manuel, le problème persiste.

## 2. FABRICATION DE RetlNaBox

La RetlNaBox est constituée d'un boîtier imprimé en 3D abritant des LEDs, des photodiodes et un faisceau de câbles reliant ces composants au Raspberry Pi. Le boîtier est composé de six pièces imprimées en 3D, assemblées principalement à l'aide de vis M3 de différentes longueurs (voir ci-dessous). Bien que l'ordre d'assemblage du boîtier ne soit pas obligatoire, celui-ci garantit un assemblage simple et efficace. Le câblage des différents composants sera également décrit, les composants électroniques étant intégrés au boîtier lors de l'assemblage. Avant de commencer, il est recommandé d'avoir tous les composants et outils nécessaires à portée de main. Les étapes d'assemblage sont les suivantes :

### a) Câblage

- Câblage des photodiodes
- Câblage des matrices de LEDs
- Matrices de LEDs IR
- Matrices de LEDs blanches
- LEDs de couleur

### b) Assemblage du boîtier

- Description des pièces imprimées en 3D du boîtier
- Pièces principales de la RetlNaBox

### c) Connexion de l'électronique au GPIO du Raspberry Pi

- Connexion des photodiodes au GPIO
- Connexion des broches de sortie 3,3 V au GPIO
- Connexion du buzzer (pour la leçon 2)
- Connexion des panneaux de LEDs au GPIO
- Panneau de LEDs blanches
- Panneau de LEDs de couleur

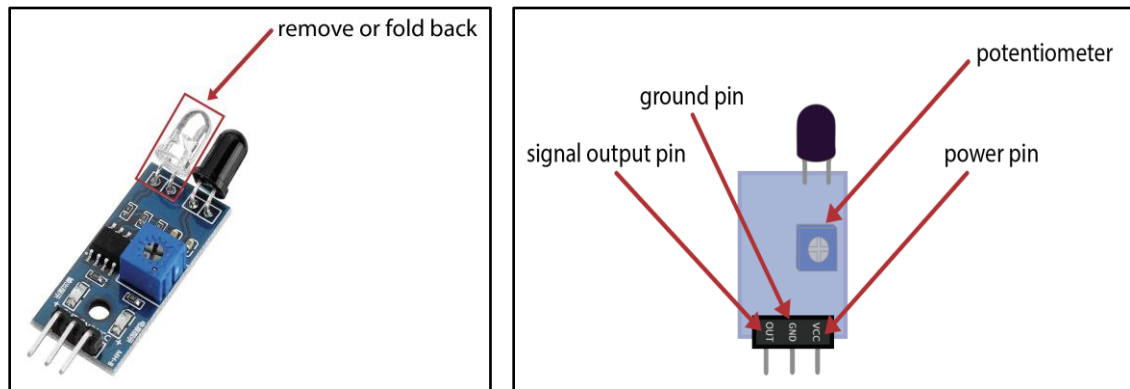
## a) CÂBLAGE



## 1. Câblage des photodiodes (environ 30 min)

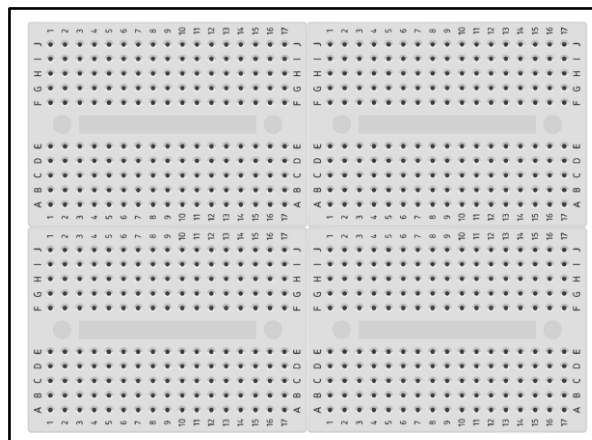
**Matériel nécessaire :** 9 photodiodes infrarouges (IR), câbles de liaison, pince coupante

- Préparez 9 photodiodes. Retirez ou repliez la LEDs transparente des photodiodes (Fig. 1 ; ces LEDs ne seront pas utilisées dans RetINaBox). Ces photodiodes seront alimentées par le Raspberry Pi avec une tension constante de 3,3 V. Ce dernier lira également indépendamment le signal de sortie de chaque photodiode (c'est-à-dire si elle détecte ou non la lumière). Chaque carte de photodiode contient un potentiomètre permettant de régler la sensibilité à la lumière (voir ci-dessous).



**Figure 1.** Photodiodes IR.

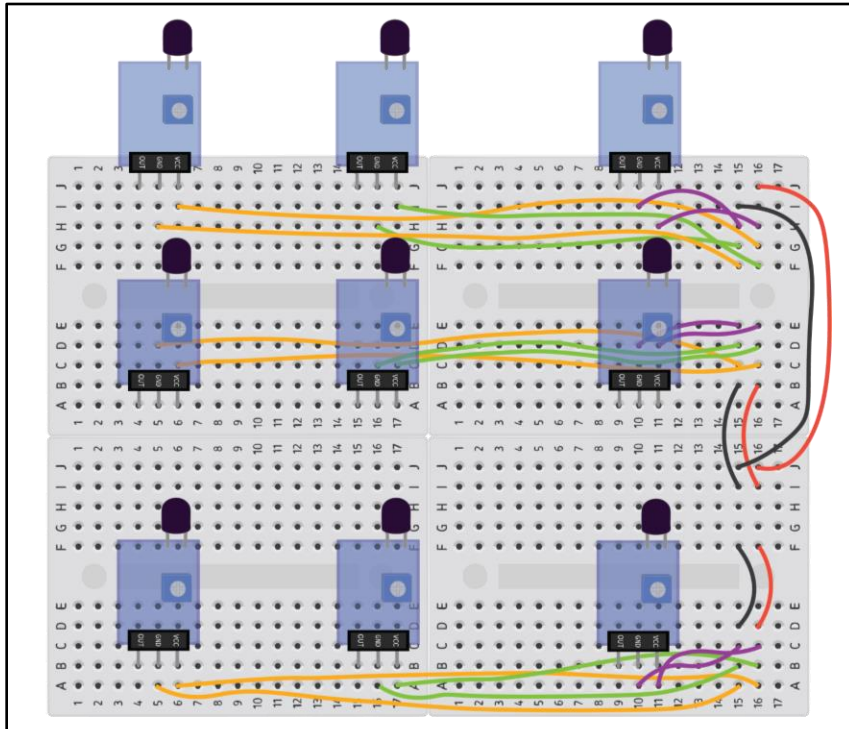
- Assemblez 4 mini-plaques d'essai en suivant l'orientation du schéma ci-dessous (Fig. 2).



**Figure 2.** 4 mini breadboards.

- Placez les photodiodes sur les mini-plaques comme indiqué sur la figure ci-dessous (Fig. 3). Il est important de respecter le positionnement exact afin de garantir l'insertion correcte des photodiodes dans le boîtier imprimé en 3D. *\*Pour la rangée du milieu, il peut être plus facile de placer le câblage en premier, puis les photodiodes.*





**Figure 3** : Placement des photodiodes et câblage local sur la plaque d'essai.

## 2. Câblage des LEDs (~45 min)

**Matériel nécessaire** : 9 LEDs blanches, 9 LEDs IR, câbles de connexion, pince coupante

### a. LEDs IR et LEDs blanches

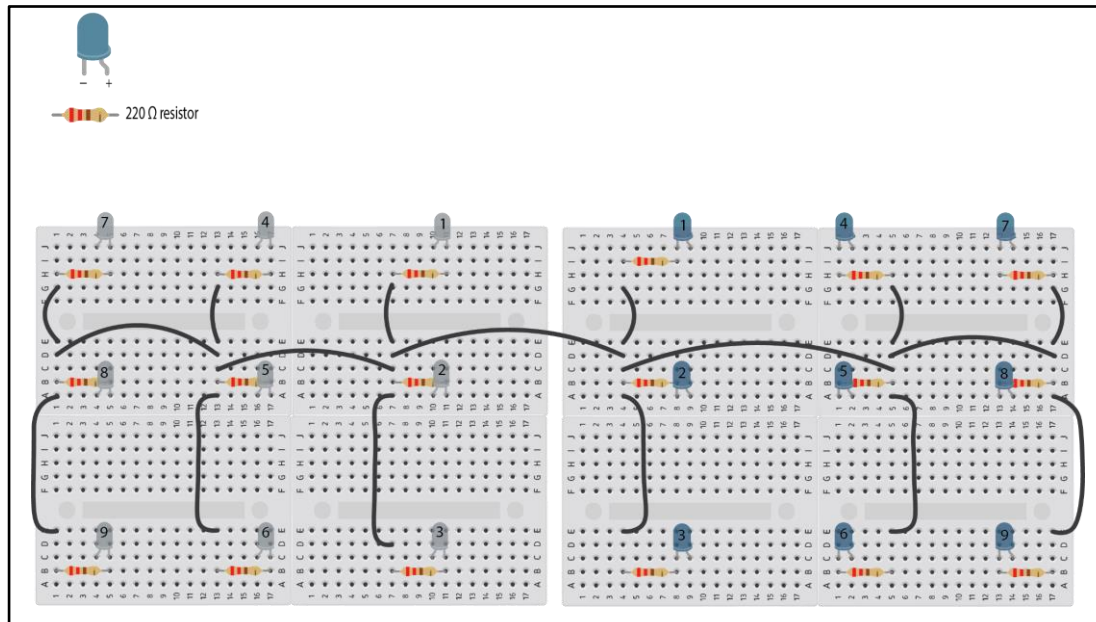
i. Assemblez 2 jeux de 4 mini-plaques d'essai en suivant l'orientation du schéma ci-dessous (Fig. 4). Assurez-vous que l'orientation des platines d'expérimentation est exactement comme sur la figure, car les LEDs IR et blanches seront superposées dans le boîtier.

ii. À l'aide d'une pince coupante, coupez les fils des LEDs suffisamment courts pour que le boîtier en plastique des LEDs repose parfaitement sur la platine d'expérimentation.

iii. Placez les LEDs sur les mini-platines d'expérimentation comme indiqué sur la figure ci-dessous. Il est important de respecter le positionnement exact afin de garantir le bon ajustement des pièces imprimées en 3D recouvrant les panneaux LEDs. *\*Veillez à orienter les LEDs avec la polarité correcte (+/-). Sur la figure 4, les LEDs blanches de la platine d'expérimentation de gauche ont la broche + à gauche, tandis que les LEDs IR de la platine d'expérimentation de droite ont la broche + à droite.*



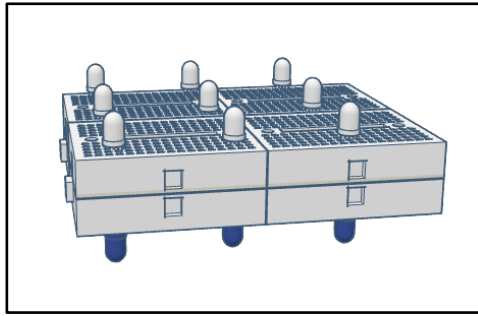
iv. Câblez les LEDs comme indiqué sur la figure. Il s'agit de la première étape du câblage, qui doit être effectuée avec les panneaux de la mini-platine d'expérimentation côte à côte.



**Figure 4.** Câblage des LEDs. Ici, le câblage des LEDs blanches est indiqué à gauche et celui des LEDs IR à droite. Notez qu'il s'agit de câblages symétriques en miroir, car ces deux matrices seront « pliées » l'une sur l'autre, les LEDs blanches étant orientées vers le haut et les LEDs IR vers le bas (voir la **figure 5**).

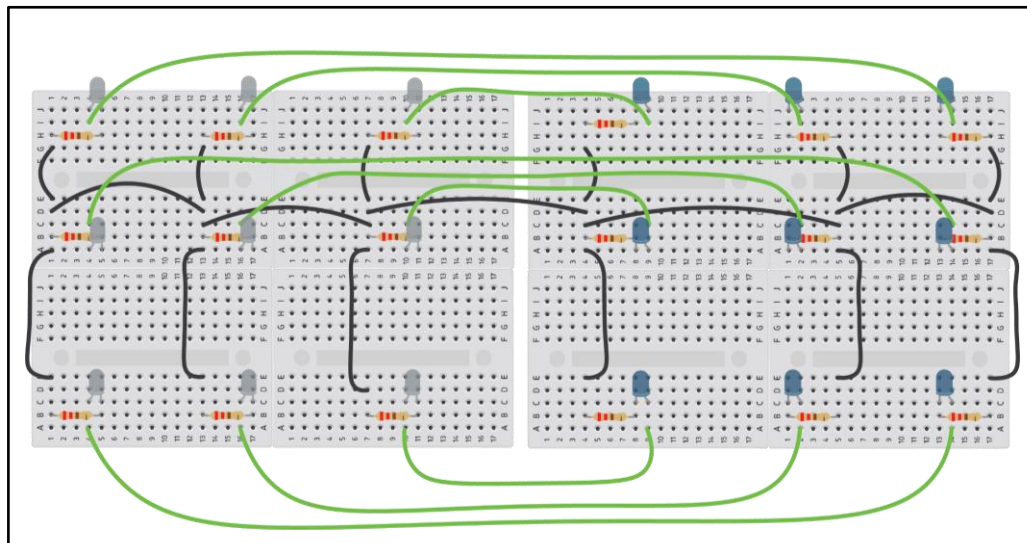
v. Retirez l'autocollant de la base de chaque mini-plaque d'expérimentation. Collez les deux panneaux ensemble de manière à ce que la LED blanche 1 et la LEDs IR 1 soient alignées verticalement au même endroit, mais de part et d'autre du double panneau de plaques d'expérimentation.





**Figure 5.** Orientation des LEDs blanches et IR. Notez que, verticalement, chaque LED blanche est associée à une LED IR correspondante. \*Pour plus de simplicité, le câblage n'est pas illustré ici (voir la **figure 4**).

vi. Après avoir collé les panneaux de LEDs blanches et IR ensemble, terminez le câblage des LEDs et ajoutez le câblage indiqué en vert ci-dessous (**figure 6**). La figure ci-dessous montre les panneaux côte à côte pour faciliter la visualisation (le câblage vert semble donc plus long qu'il ne l'est en réalité). Cependant, le câblage doit maintenant être réalisé en superposant les panneaux (cela garantira la stabilité du câblage). Notez que ces fils (indiqués en vert ci-dessous) relient chaque LED blanche au même circuit électrique que la LED IR correspondante verticalement.



**Figure 6.** Câblage entre les matrices de LEDs blanches et IR (ceci doit être réalisé en superposant ces deux matrices verticalement (comme sur la figure 5).

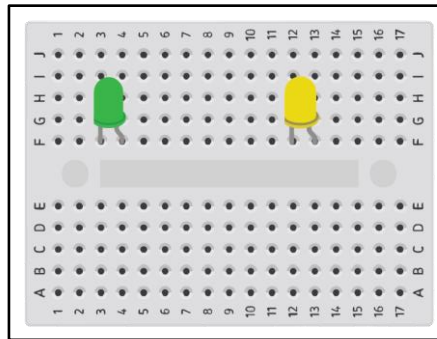




b. LEDs colorées (représentant la sortie des deux cellules ganglionnaires rétiniennes)

Matériel nécessaire : 1 LED jaune, 1 LED verte, 2 mini-plaquettes d'essai

- i. Coupez les broches des LEDs à environ 0,5 cm (plus longues que celles des LEDs blanches et IR). Cela est nécessaire pour que les LEDs s'insèrent parfaitement dans leurs trous correspondants dans le boîtier imprimé en 3D.
- ii. Placez les deux LEDs sur l'une des plaques d'essai, comme illustré sur la **figure 7**. Empilez cette mini-plaquette sur une autre. Les deux plaques doivent être orientées vers le haut et peuvent être scotchées ensemble (la plaque inférieure sert uniquement à surélever la plaque supérieure, afin que les LEDs puissent s'insérer correctement dans le boîtier 3D).



**Figure 7.** Placement des LEDs colorées sur une mini-plaquette d'essai. Ces LEDs représenteront sorties des cellules ganglionnaires rétiniennes (RGC) 1 et 2.

### **b) ASSEMBLAGE DU BOÎTIER (~60 min)**

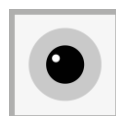
Le boîtier doit être imprimé en 3D avant assemblage (fichiers .stl fournis). Il a été conçu en 6 pièces distinctes pour une impression et un assemblage simplifiés (**Fig. 8 et 9**).

#### **Description des pièces imprimées en 3D du boîtier :**

P1 - pièce 1 : Cette pièce constitue l'ossature du boîtier. Elle contient le réseau de photodiodes, les panneaux de LEDs, les broches de sortie et la carte d'interface GPIO.

P2 - pièce 2 : Placée au-dessus des photodiodes, chaque photodiode doit s'insérer dans l'un des trous de la pièce.

P3 - pièce 3 : Placée sous le panneau des LEDs IR. Chaque LED IR doit s'insérer dans l'un des trous de la pièce.





P4 - pièce 4 : Interface avec les pièces 1 à 4, assure le support structurel et recouvre le câblage traversant la partie centrale du boîtier.

P5 - partie 5 : Placée tout en haut de la structure, elle recouvre le panneau LEDs blanches ainsi que les deux LEDs colorées.

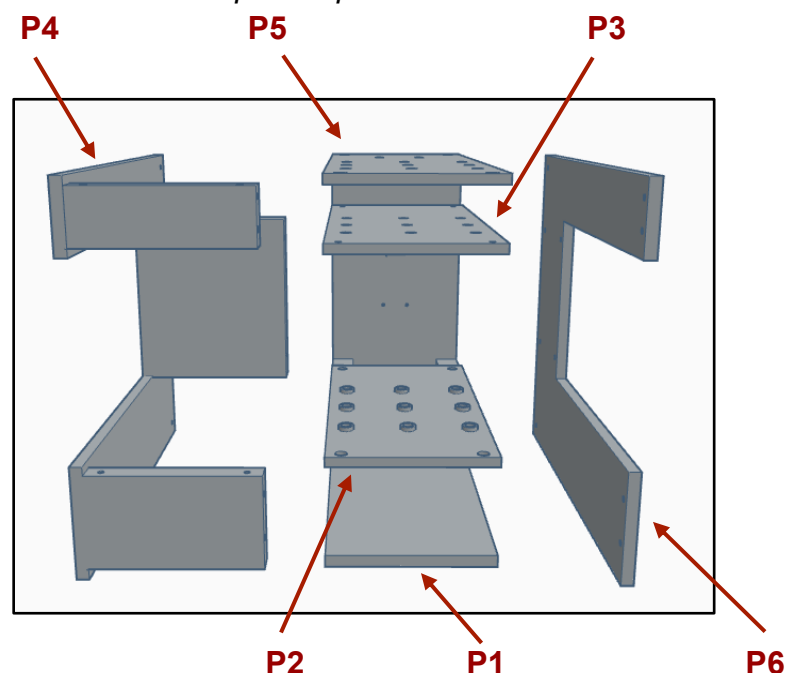
P6 - partie 6 : Couvre l'ouverture en C sur le côté du boîtier. C'est la dernière pièce à fixer. La plupart des étapes de test et de dépannage du système RetINaBox nécessitent le retrait de P6.

*\*Les pièces imprimées en 3D seront désignées par P1, P2, etc. dans ce manuel.*

*\*P2 est plus petit que P3.*

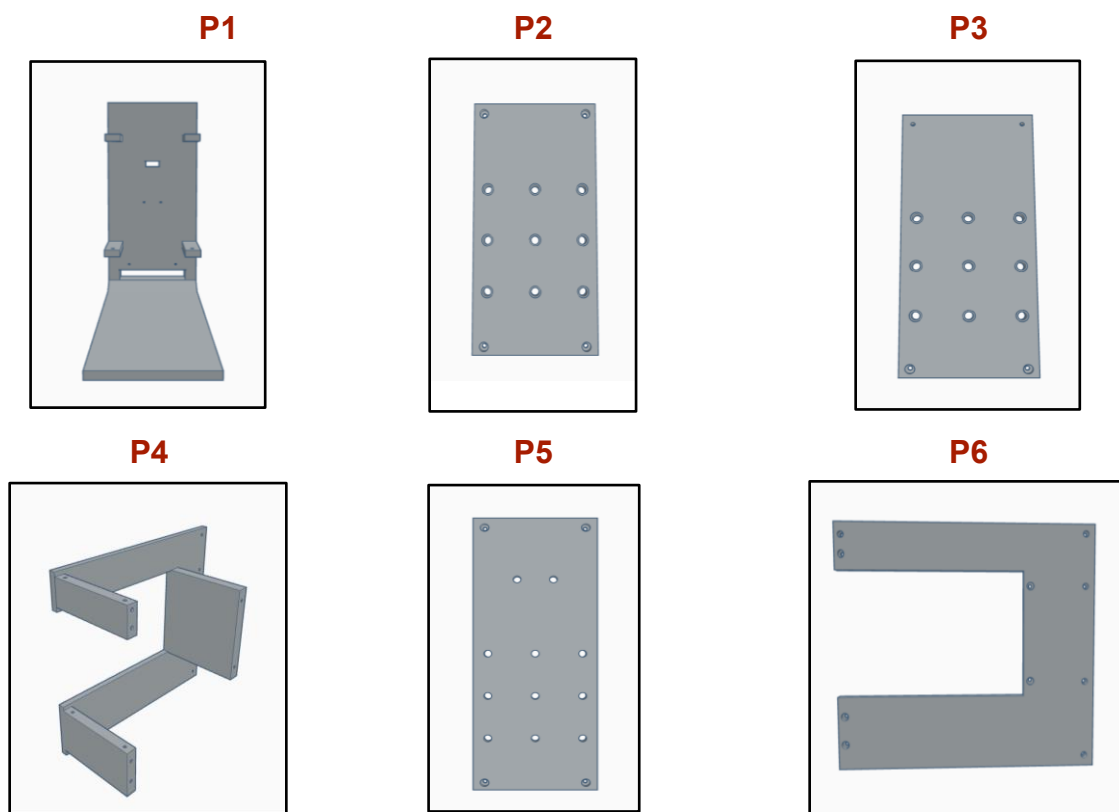
*\*P2, P3 et P5 sont fixées aux autres pièces par des vis M3 de 6 mm.*

*\*P4 et P6 sont fixées aux autres pièces par des vis M3 de 10 mm.*



**Figure 8.** Pièces imprimées en 3D de RetINaBox.

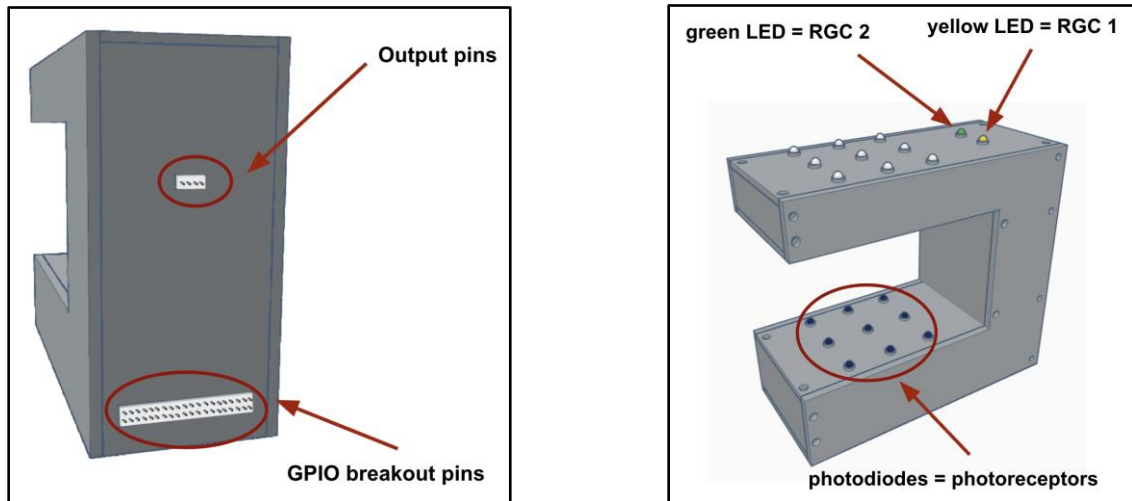




**Figure 9.** Pièces individuelles imprimées en 3D de RetlNaBox.



Ici (**Fig. 10**), nous présentons le boîtier entièrement assemblé sous différents angles de vue.

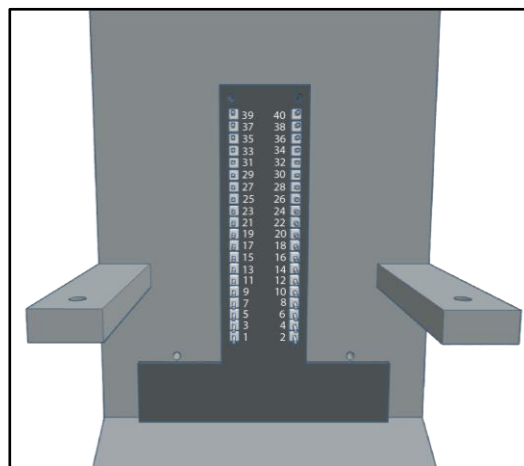


**Figure 10.** RetINaBox entièrement assemblée.

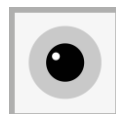
### c) CONNEXION DE L'ÉLECTRONIQUE AU GPIO DU Raspberry Pi

#### **GPIO (entrée/sortie à usage général)**

La RetINaBox comprend une interface GPIO permettant une connectivité simple entre elle et le Raspberry Pi avec un seul câble. Fixez la carte d'interface GPIO dans le trou correspondant de P1 et fixez-la à l'aide de quatre vis M2 de 6 mm (Fig. 11). \*Les étapes suivantes se déroulent en même temps que l'assemblage du boîtier.



**Figure 11.** Installation de l'adaptateur GPIO de la RetINaBox.

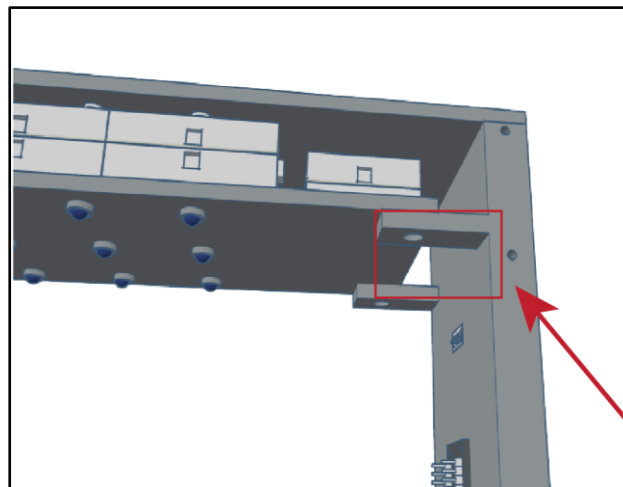


Bien que les étapes d'assemblage suivantes soient détaillées ci-dessous, nous fournissons ici la logique de câblage complète de l'électronique de la RetlNaBox (**Fig. 12**). *\*Tous les fils reliant la carte GPIO au panneau LEDs doivent passer par le centre du boîtier (Fig. 13).*

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)			
	1	2	
	3	4	
	5	6	
IN_PHOTODIODE_1	7	8	
GROUND (WHITE LEDS PANEL)	9	10	
OUT_LED_1	11	12	IN_PHOTODIODE_2
OUT_LED_2	13	14	GROUND
OUT_LED_3	15	16	IN_PHOTODIODE_3
3V3 POWER	17	18	IN_PHOTODIODE_4
OUT_LED_4	19	20	GROUND
OUT_LED_5	21	22	IN_PHOTODIODE_5
OUT_LED_6	23	24	RGC1_3.3V_OUT
	25	26	RGC2_3.3V_OUT
	27*	28*	
OUT_LED_7	29	30	GROUND
OUT_LED_8	31	32	IN_PHOTODIODE_6
OUT_LED_9	33	34	GROUND
RGC1_LED	35	36	IN_PHOTODIODE_7
RGC2_LED	37	38	IN_PHOTODIODE_8
PHOTODIODES GROUND	39	40	IN_PHOTODIODE_9

photodiodes
white leds
green led
yellow led
out pins
* DO NOT USE!

**Figure 12.** Connexions entre le GPIO et l'électronique de la RetlNaBox.

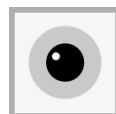


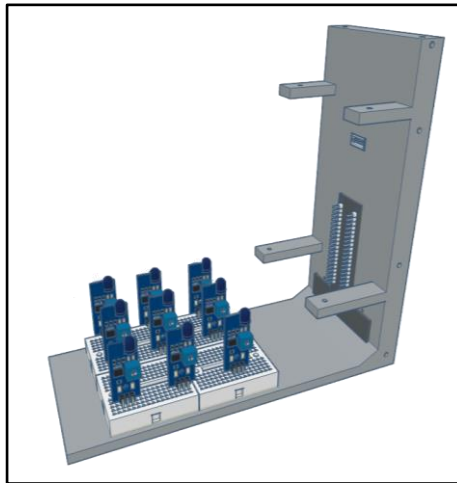
**Figure 13.** Le câblage entre la carte GPIO et la matrice de LEDs doit passer par le trou indiqué par le rectangle rouge.

1. Connexion des photodiodes au GPIO :

*Matériel nécessaire* : 11 câbles Dupont femelle-mâle, 2 vis M3 de 6 mm

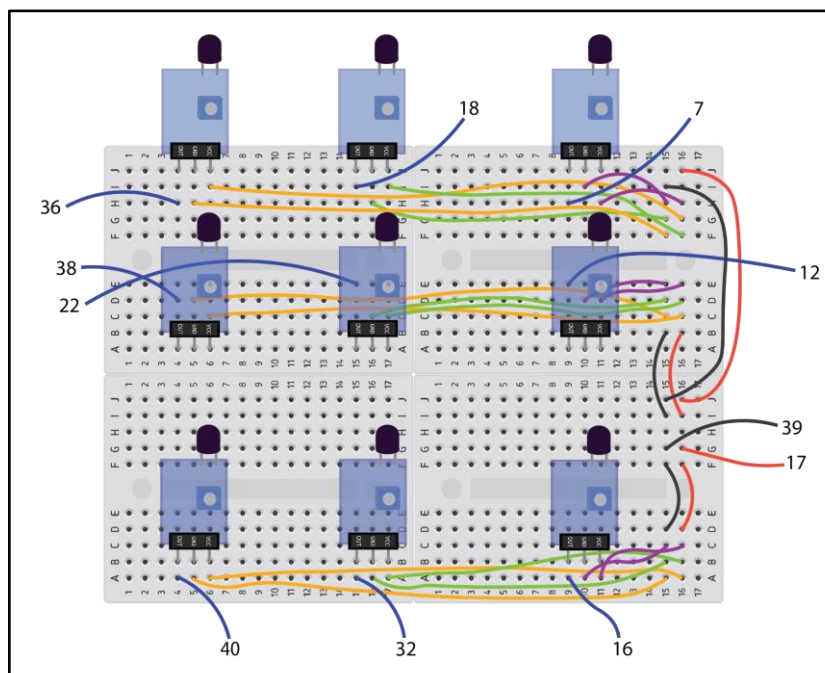
a. Placer le panneau des photodiodes sur P1 comme indiqué sur la **Fig. 14**.





**Figure 14.** Placement des plaques d'essai contenant les photodiodes sur la pièce P1.

- b. Utiliser des câbles Dupont femelle-mâle pour connecter la broche de sortie de signal de chaque photodiode au GPIO, en suivant les instructions de connexion ci-dessous (**Fig. 15**). Chaque numéro de la figure 15 correspond à une broche GPIO (**Fig. 11 et 12**).

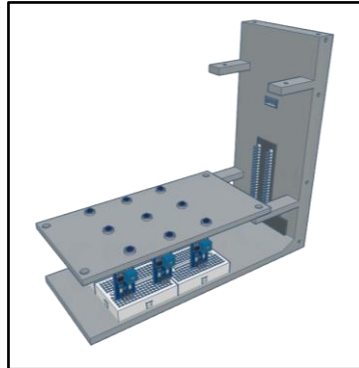


**Figure 15.** Logique de connexion des photodiodes à la carte GPIO.

- c. Fixer la pièce P2 sur les photodiodes. Insérez soigneusement les 9 photodiodes dans les trous de P2. Fixez ensuite la pièce à l'aide de 2 vis



M3 de 6 mm (Fig. 16). *\*Ne la serrez pas encore complètement ; P2 doit être orienté avec les guides LEDs surélevés (c'est-à-dire les bosses au niveau de chaque trou de LEDs) vers le haut.*

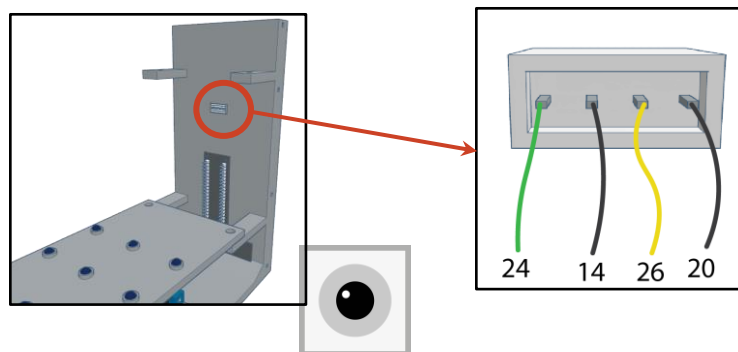


**Figure 16.** Progression de l'assemblage : P1 et P2, les photodiodes et la carte d'interface GPIO.

## 2. Connexion des broches de sortie 3,3 V (sorties numériques RGC) aux GPIO :

*Matériel nécessaire :* 4 fils Dupont femelle-femelle, 4 fils du kit de câbles pré-sertis pour connecteurs

- Assemblez un connecteur à 4 broches (4 broches dépassant de chaque côté) et une prise du kit de câbles pré-sertis pour connecteurs. Cela permet de connecter les fils des deux côtés. Un côté doit avoir des broches visibles dépassant, tandis que l'autre côté doit être recouvert par la prise.
- Placez-le dans le trou central de P1, comme illustré à la **figure 17**. Le côté dont les broches sont recouvertes par la prise doit être orienté vers l'intérieur du boîtier. *\*La prise doit être à l'intérieur du boîtier et les broches à l'extérieur. La prise doit être bien ajustée dans le trou du boîtier.*
- Fixez les fils du kit aux 4 broches de la prise à l'intérieur du boîtier de la RetINaBox (**figure 17**).
- Connectez ces fils en série avec des câbles Dupont femelle-femelle (utilisez du ruban isolant pour fixer cette connexion) et connectez-les aux broches GPIO correspondantes (conformément au schéma de la **figure 17**).

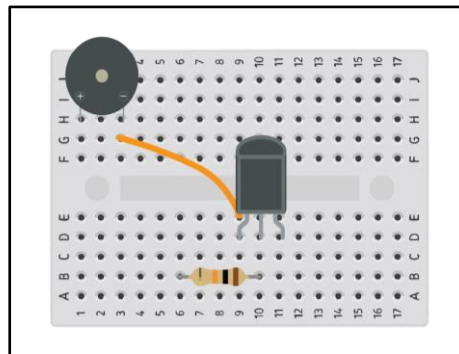


**Figure 17.** Connexion des broches de sortie RGC 3,3 V aux broches GPIO. Notez que le support n'est pas représenté sur le schéma de connexion.

### 3. Connexion du buzzer :

*Matériel nécessaire* : 1 mini-plaque d'essai, une résistance de 10 k $\Omega$ , un transistor PN2222, un buzzer actif Elegoo, 1 cavalier, 3 fils du kit de câbles pré-sertis pour connecteurs, 3 câbles Dupont M-F

- a. Sur une mini-plaque d'essai, placez le buzzer, le transistor, la résistance de 10 k $\Omega$  et le cavalier, comme illustré à la **figure 18**.

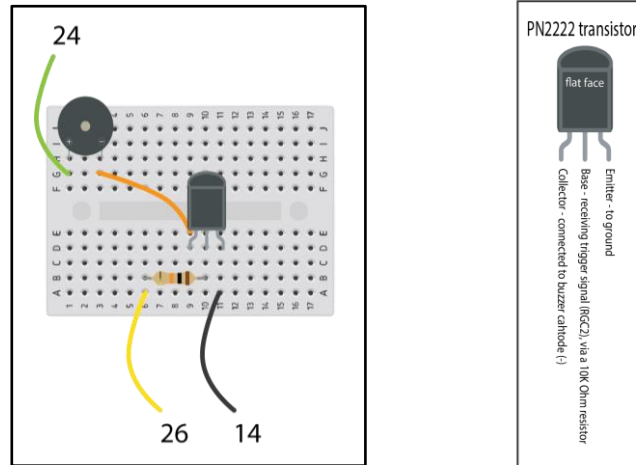


**Figure 18.** Emplacement du buzzer, du transistor, du cavalier entre le transistor et le buzzer, et de la résistance.

- b. Câblez les composants comme illustré à la **figure 19**. Connectez d'abord 3 fils du kit de câbles pré-sertis aux broches de sortie correspondantes, puis connectez-les en série avec des câbles Dupont femelle-mâle (utilisez du ruban isolant pour fixer ces connexions). Notez que le buzzer est connecté à la carte de dérivation GPIO par les broches de sortie situées à l'arrière du boîtier (voir **figures 10, 12 et 17**). Avec ce circuit, le buzzer ne retentit que lorsque les broches 24 et 26, correspondant à RGC1 et RGC2, fournissent 3,3 V simultanément, ce qui se produit lorsque RGC1 et RGC2 sont co-activés.





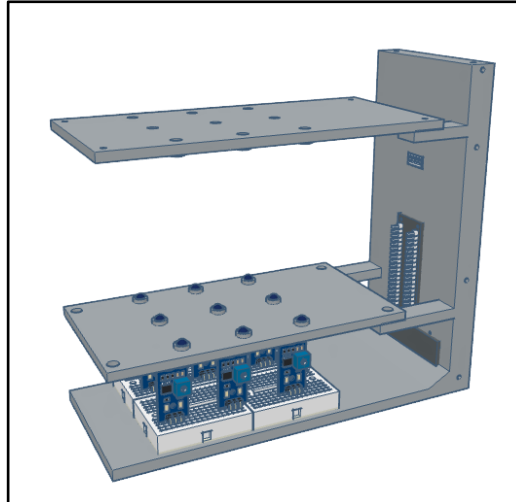


**Figure 19.** Câblage du buzzer (lié au plan de leçon 2).

#### 4. Connexion des LEDs à la carte GPIO :

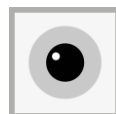
*Matériel nécessaire* : fil électrique, pince coupante, 10 câbles Dupont femelle-femelle, 2 vis M3 de 6 mm de long

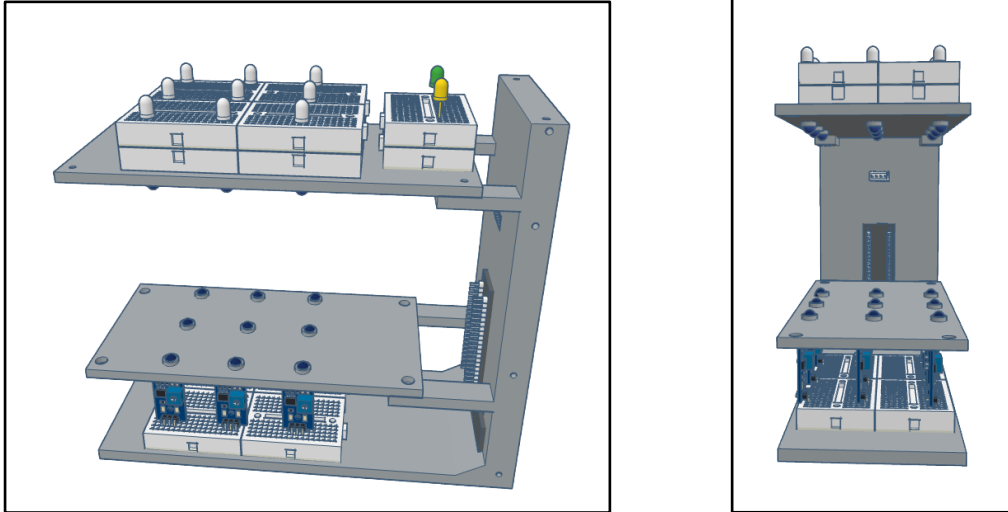
- a. Fixez la pièce P3 avec deux vis M3 de 6 mm (**Fig. 20**). \*P3 doit être orienté avec les guides LEDs surélevés (c'est-à-dire les bosses au niveau de chaque trou de LEDs) vers le bas.



**Figure 20.** Fixation de la pièce P3.

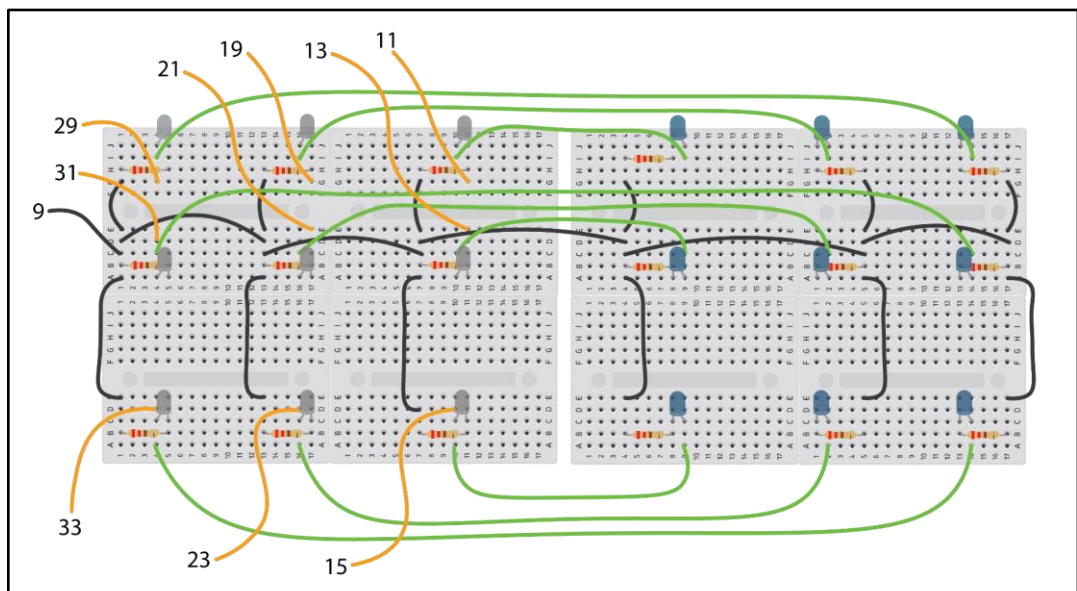
- b. Placez les plaques d'essai contenant les LEDs sur P3 (**Fig. 21** ; le câblage n'est pas représenté ici pour faciliter la visualisation). \*Suivez les étapes c) et d) avant de terminer l'étape b).



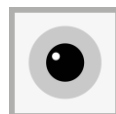


**Figure 21.** Fixation des LEDs sur la pièce P3.

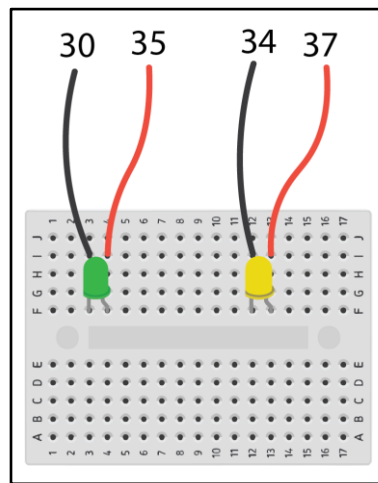
- c. Connectez chacune des 9 paires de LEDs blanches + IR au GPIO (via les 9 fils orange (+) et noirs (-, GND ; fils de connexion noirs) comme illustré à la **fig. 22**. Pour les fils orange (ici, l'orange est destiné à l'affichage visuel ; en réalité, nous avons utilisé le fil de connexion rouge), coupez le fil électrique à une longueur appropriée (environ 5 cm) et connectez-le en série à un fil Dupont femelle-femelle, qui sera ensuite connecté à la carte GPIO (selon la logique de la **fig. 22**). \*Un fil électrique de connexion (par opposition aux fils DuPont) est utilisé ici en raison de l'espace limité entre les LEDs et les pièces imprimées en 3D entre lesquelles ces matrices de LEDs s'insèrent.



**Figure 22.** Connexion des LEDs blanches et IR au GPIO.

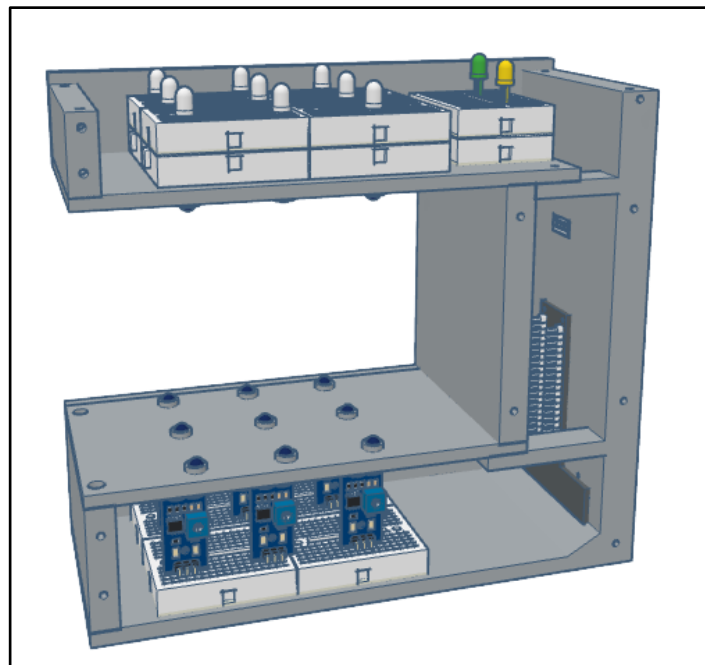


- d. Connectez les deux LEDs de couleur (verte et jaune), qui représentent les sorties des cellules ganglionnaires 1 et 2, au GPIO, en suivant la logique suivante (**Fig. 23**).



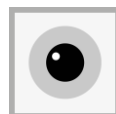
**Figure 23.** Connexion des LEDs verte et jaune au GPIO.

- e. Fixez la pièce P4 en la connectant à P2 et P3 (**Fig. 24**). Cela stabilisera le boîtier et facilitera les tests. La fixation des pièces P5 et P6, qui fermeront la RetlNaBox, sera effectuée ultérieurement, une fois la RetlNaBox connectée au Raspberry Pi, l'électronique testée et la sensibilité des photodiodes optimisée (voir ci-dessous).



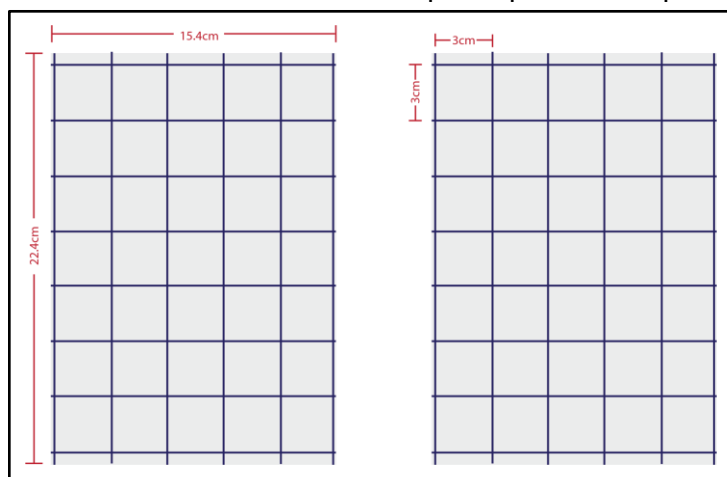
**Figure 24.** Fixation de la pièce P4.

### 3. FABRICATION DE L'OUTIL DE STIMULATION VISUEL



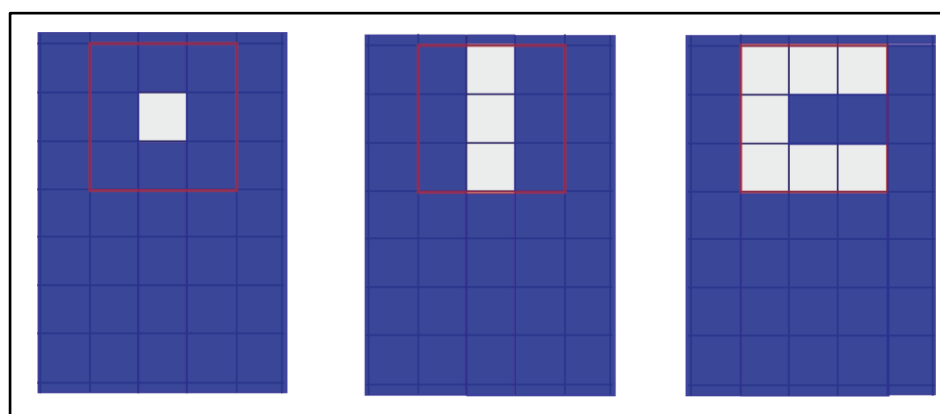
**Matériel nécessaire** : feuille de plastique transparent, marqueur permanent à pointe fine, pâte à modeler, règle (voir la liste des composants en annexe).

Pour transmettre différents modèles de stimuli visuels à la RetINaBox, nous recommandons de créer un outil de stimulation visuelle. Pour ce faire, prenez la feuille de plastique transparent et, à l'aide d'un marqueur permanent à pointe fine et d'une règle, tracez une grille couvrant toute la feuille (**Fig. 25**). Chaque carré de la grille doit mesurer 3 cm sur 3 cm de large, ce qui correspond approximativement à la surface du champ récepteur d'une photodiode RetINaBox.



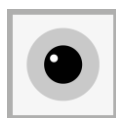
**Figure 25.** Outil de stimulation visuelle avec grilles pour aligner les stimuli avec le réseau de photorécepteurs modèle.

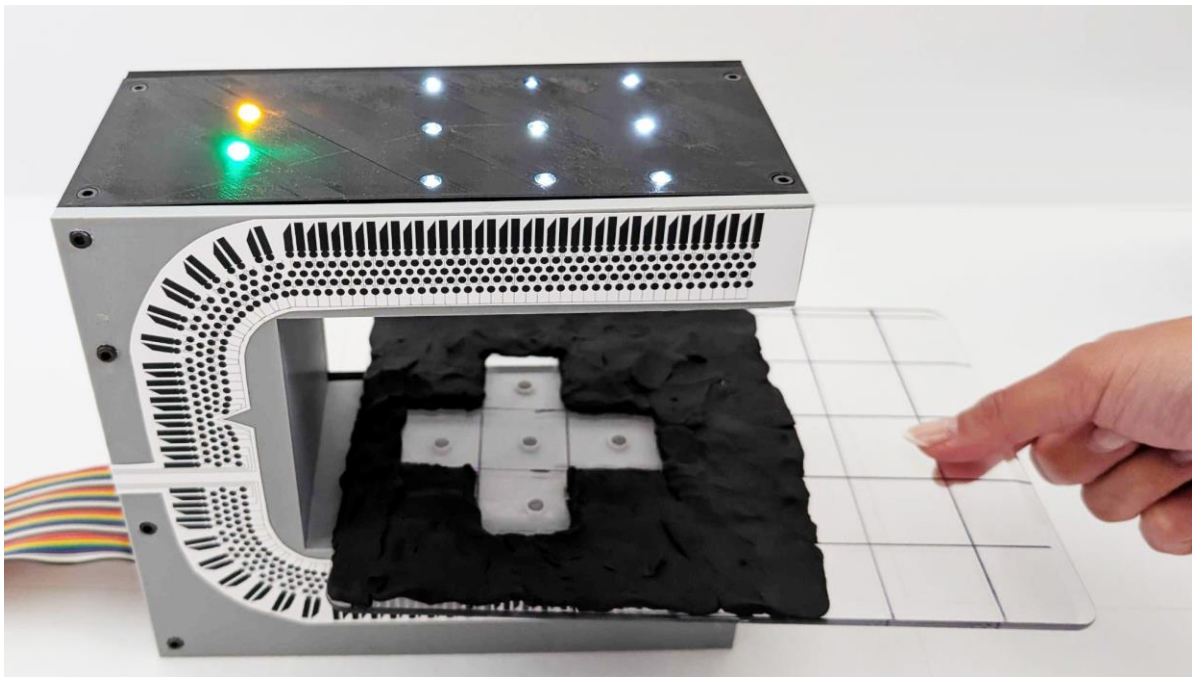
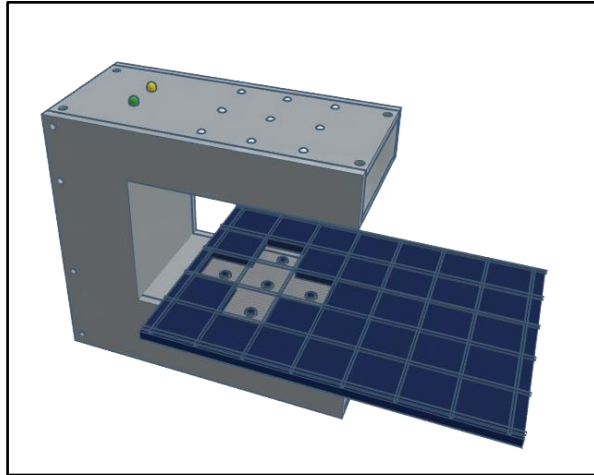
Ensuite, placez de la pâte à modeler sur la feuille de plastique. Laissez certaines zones sans pâte afin de créer votre stimulus visuel (c'est-à-dire la lumière traversant la grille).



**Figure 26.** Exemples de stimuli visuels.

L'outil de stimulation visuelle contrôle l'activation des photorécepteurs (photodiodes) en laissant passer la lumière des LEDs de stimulation vers les photodiodes (**Fig. 27**).



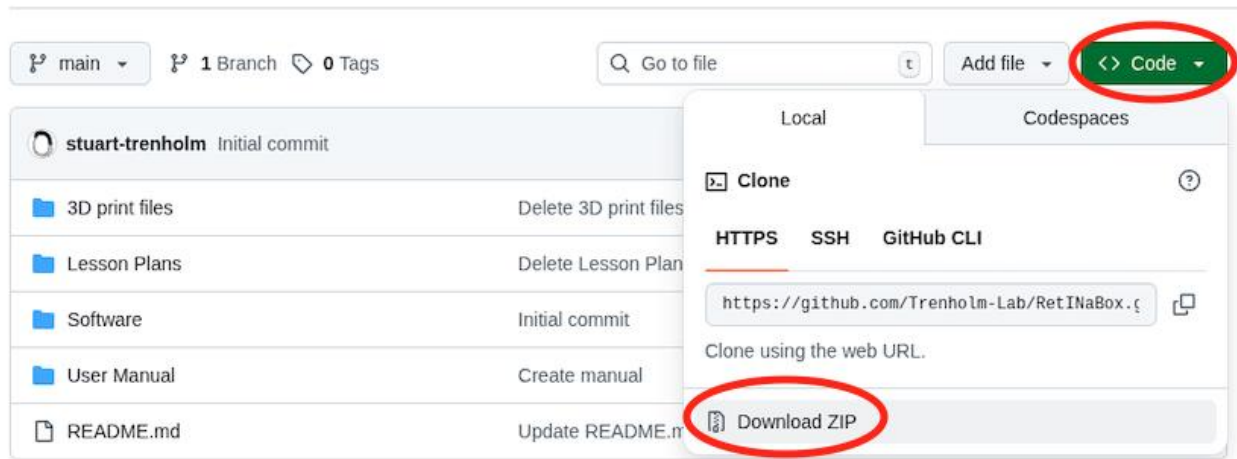


**Figure 27.** Outil de stimulation visuelle en action.

#### 4. INSTALLATION DU LOGICIEL

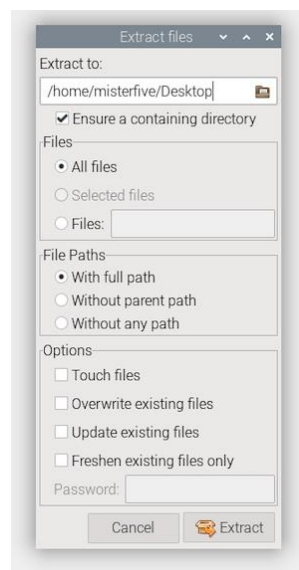
- a. Sur votre Raspberry Pi, utilisez un navigateur web pour accéder à la page GitHub de RetiNaBox de Trenholm Lab : <https://github.com/Trenholm-Lab/RetiNaBox>
- b. Téléchargez le fichier ZIP du dépôt en cliquant sur le bouton vert « Code », puis sur le bouton « Télécharger le fichier ZIP » (**Fig. 28**). Une fois téléchargé, le fichier ZIP apparaîtra dans votre dossier de téléchargements sous le nom RetiNaBox-main.zip.





**Figure 28.** Téléchargement du logiciel RetINaBox depuis GitHub.

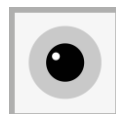
- c. Décompressez les fichiers de code sur votre appareil en faisant un clic droit sur le fichier RetINaBox-main.zip et en sélectionnant « Extraire vers... ». Sélectionnez votre Bureau comme chemin d'enregistrement « Extraire vers : » et laissez toutes les autres options inchangées, comme indiqué ci-dessous dans la **fig. 29**. Après cette étape, votre Bureau contiendra un dossier intitulé RetINaBox-main. Ne modifiez ni ne déplacez ce dossier. Vous pouvez maintenant fermer le gestionnaire de fichiers.

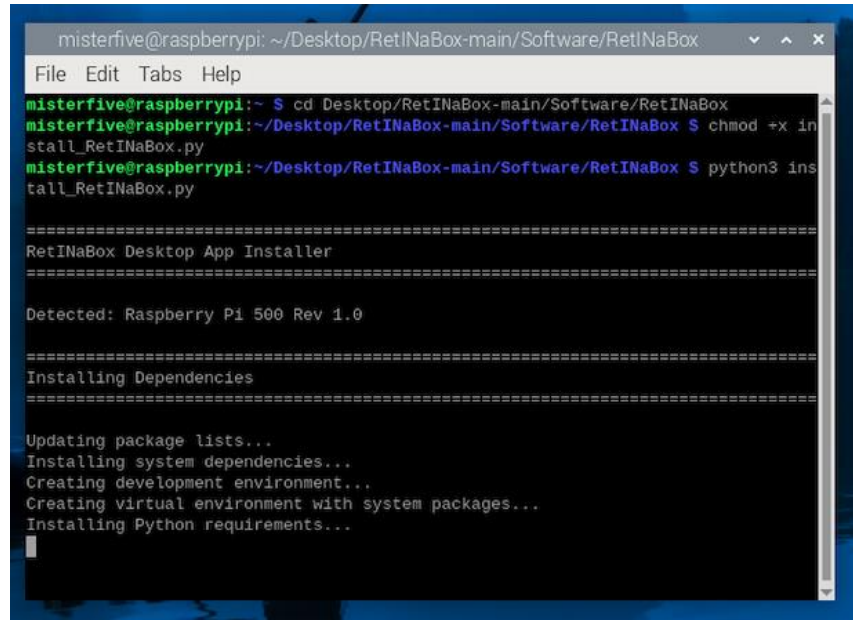


**Figure 29.** Menu « Extraire les fichiers » du Raspberry Pi.

- c. Ouvrez le terminal et saisissez les commandes suivantes suivies de la touche Entrée, comme illustré dans la **fig. 30**.
 

```
cd Desktop/RetINaBox-main/Software/RetINaBox
chmod +x install_RetINaBox.py
python3 install_RetINaBox.py
```





```
misterfive@raspberrypi: ~/Desktop/RetiNaBox-main/Software/RetiNaBox
File Edit Tabs Help
misterfive@raspberrypi:~$ cd Desktop/RetiNaBox-main/Software/RetiNaBox
misterfive@raspberrypi:~/Desktop/RetiNaBox-main/Software/RetiNaBox$ chmod +x install_RetiNaBox.py
misterfive@raspberrypi:~/Desktop/RetiNaBox-main/Software/RetiNaBox$ python3 install_RetiNaBox.py

=====
RetiNaBox Desktop App Installer
=====

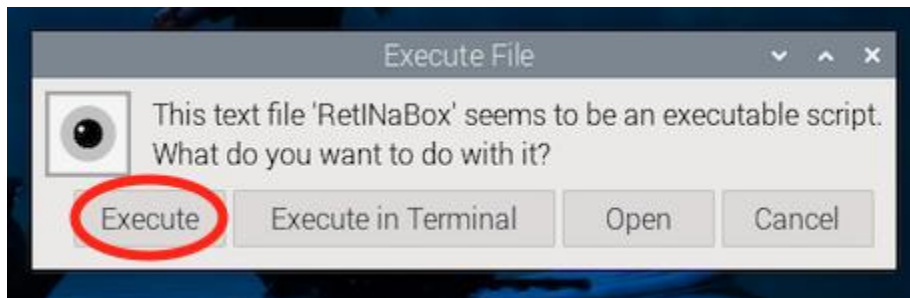
Detected: Raspberry Pi 500 Rev 1.0

=====
Installing Dependencies
=====

Updating package lists...
Installing system dependencies...
Creating development environment...
Creating virtual environment with system packages...
Installing Python requirements...
```

**Figure 30.** Terminal pendant l'installation du code RetiNaBox.

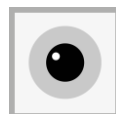
- e. Une fois l'installation de RetiNaBox réussie, une nouvelle application apparaîtra sur votre Bureau. Pour accéder à l'interface graphique, double-cliquez sur la nouvelle application de bureau RetiNaBox, puis cliquez sur « Exécuter » (**Fig. 31**). Bienvenue dans le laboratoire RetiNaBox !
- i. En cas d'échec de l'installation, veuillez consulter la section A2 du manuel d'utilisation : Annexe 2 : Dépannage.



**Figure 31.** Message d'exécution du fichier RetiNaBox.

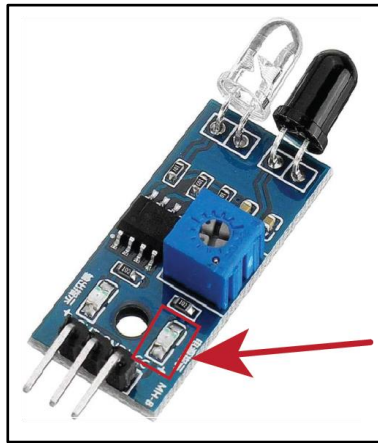
**\*\***Avant de connecter le matériel (ci-dessous) au Raspberry Pi, assurez-vous d'éteindre le Raspberry Pi avant de brancher le câble GPIO de RetiNaBox.

## 5. CONNEXION DE RetiNaBox au Raspberry Pi





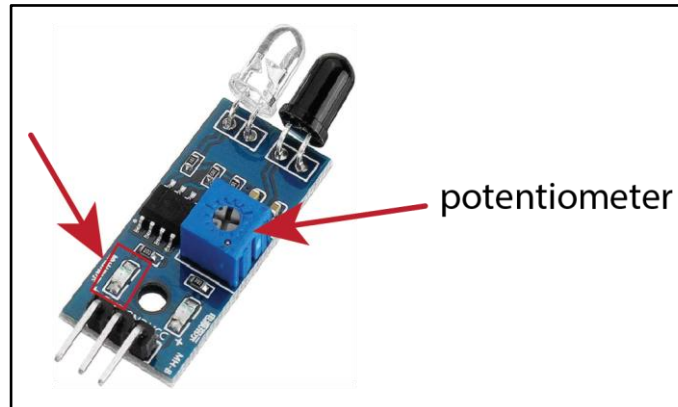
- a. Connectez la RetlNaBox au Raspberry Pi à l'aide du câble de connexion GPIO rainbow. IMPORTANT : les connecteurs gris aux deux extrémités du câble arc-en-ciel présentent une petite encoche en plastique surélevée sur un côté de leur axe horizontal. Il est essentiel de les connecter correctement à la RetlNaBox et au Raspberry Pi. Sinon, les connexions entre la RetlNaBox et le Raspberry Pi seront incorrectes et le Raspberry Pi ou les composants électroniques pourraient griller ! Les prises de la RetlNaBox et du Raspberry Pi présentent de petites encoches, indiquant le bon sens de connexion du câble arc-en-ciel !
- b. Branchez le Raspberry Pi sur l'alimentation.
- c. Si les photodiodes sont correctement connectées, la LED rouge la plus à droite de leur circuit imprimé doit s'allumer (**Fig. 32**), indiquant qu'elles sont alimentées.



**Figure 32.** La mise sous tension du Raspberry Pi devrait alimenter les 9 photodiodes, ce qui devrait allumer la LED rouge la plus à droite de leur circuit imprimé.

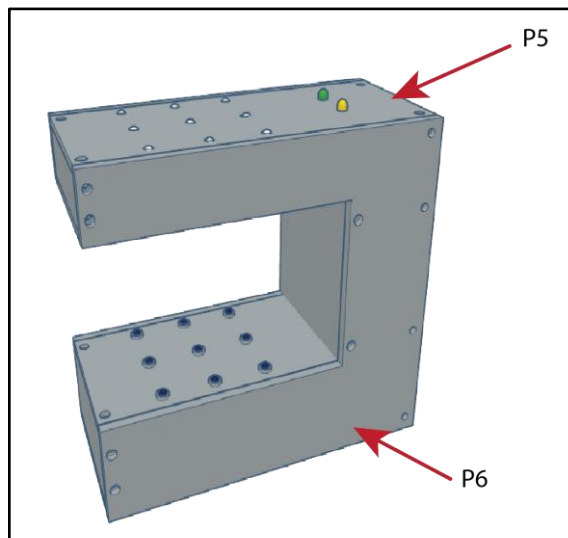
- d. L'étape suivante consiste à régler la sensibilité des photodiodes IR afin qu'elles ne s'activent que lorsque les LEDs IR sont allumées. Pour ce faire, ouvrez le logiciel RetlNaBox (voir section 5 ci-dessous) et allumez les 9 LEDs. Si les LEDs sont correctement connectées, les 9 LEDs blanches situées sur le dessus de la RetlNaBox devraient s'allumer (visibles à l'œil nu), et les 9 LEDs IR devraient également s'allumer, mais sans être visibles à l'œil nu. Pour chaque photodiode, ajustez le potentiomètre (rotation d'avant en arrière) jusqu'à ce que la LED rouge la plus à gauche ne s'allume que lorsque la LED IR située juste au-dessus est allumée (**Fig. 33**).





**Figure 33.** Réglez la sensibilité de la photodiode IR en tournant le potentiomètre d'avant en arrière jusqu'à ce que la LED rouge la plus à gauche du circuit imprimé ne s'allume que lorsque les LEDs IR sont allumées dans le logiciel RetINaBox.

e. Fixez les pièces P5 et P6 (**Fig. 34**). Vous avez terminé l'assemblage de la RetINaBox !



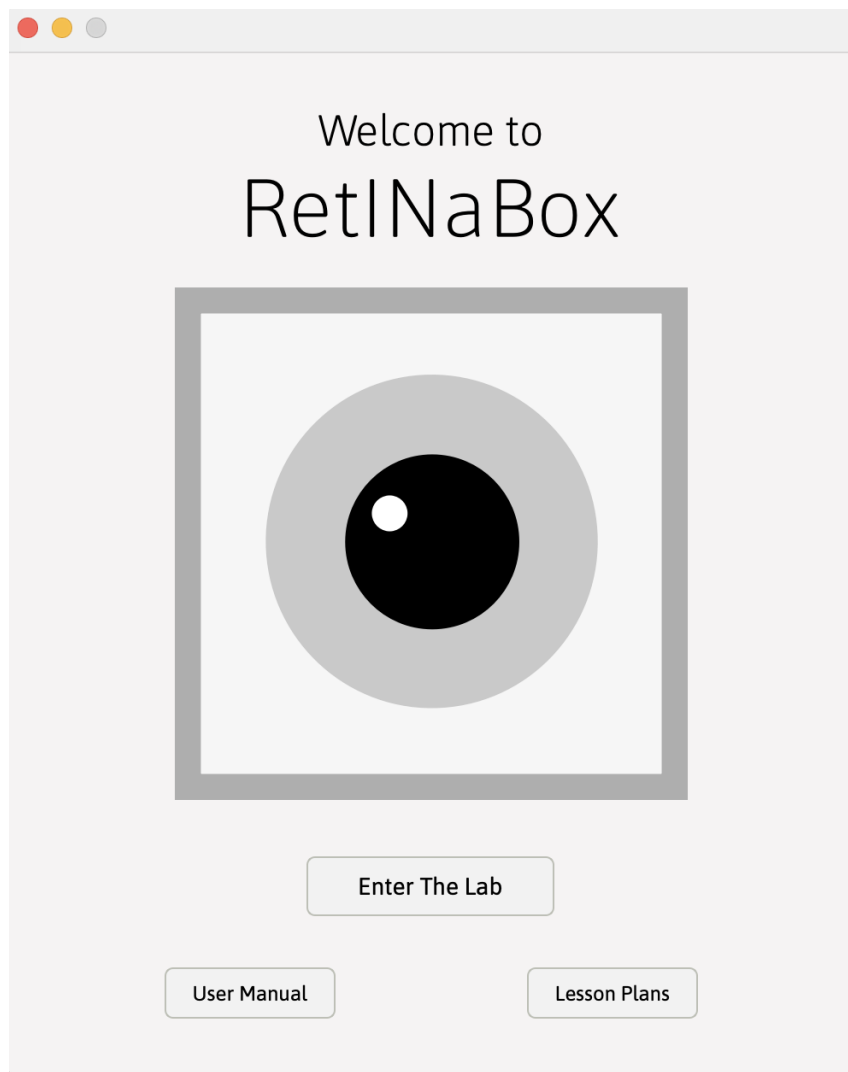
**Figure 34.** RetINaBox terminé

## 6. UTILISATION DU LOGICIEL

a. Double-cliquez sur le logo « RetINaBox » sur le bureau ou, dans Visual Studio Code, exécutez le fichier « main.py ».

b. L'écran d'accueil s'ouvre (**Fig. 35**). Sélectionnez « Accéder au laboratoire » pour commencer à utiliser RetINaBox. Vous pouvez également accéder au manuel d'utilisation et aux plans de cours.





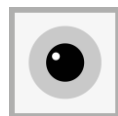
**Figure 35.** Écran d'accueil de RetlNaBox.

c. L'interface graphique principale de RetlNaBox (GUI ; **Fig. 36**) s'affiche.

Le logiciel comprend quatre menus :

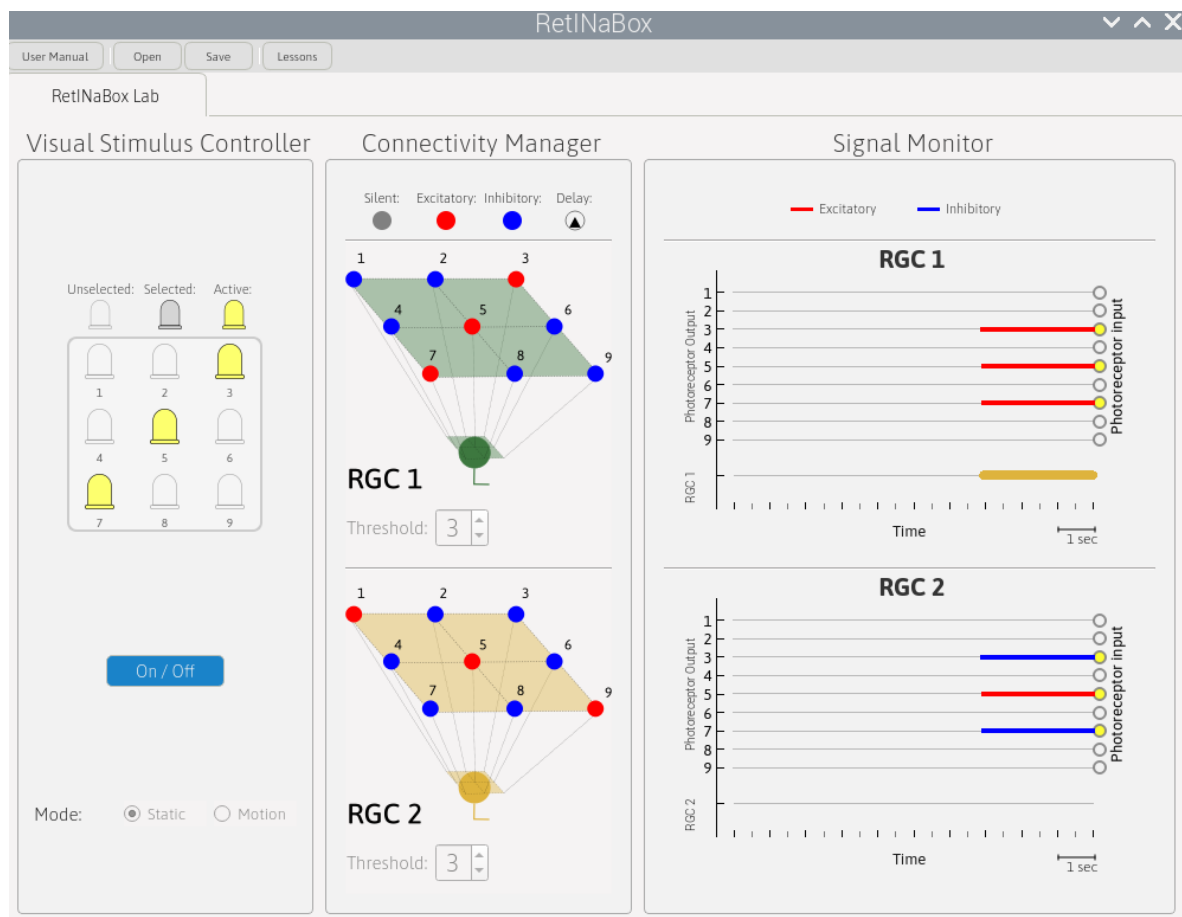
- i. Manuel d'utilisation : Ouvre un PDF du manuel d'utilisation.
- ii. Leçons : Accédez aux plans de cours. De plus, pour chacune des quatre leçons, vous trouverez des paramètres RetlNaBox prédéfinis et des défis spécifiques.
- iii. Enregistrer : Cliquez ici pour enregistrer vos paramètres RetlNaBox actuels.
- iv. Ouvrir : Cliquez ici pour ouvrir les paramètres RetlNaBox précédemment enregistrés.

L'interface utilisateur graphique de RetlNaBox est divisée en trois sections (nous les détaillerons plus loin) :



Contrôleur de stimulus visuel : C'est ici que vous contrôlez les LEDs de stimulation de RetiNaBox.  
Gestionnaire de connectivité : C'est ici que vous connectez les photorécepteurs modèles aux cellules ganglionnaires modèles.

Moniteur de signal : Il indique quand les photorécepteurs sont actifs, quel signal ils transmettent aux cellules ganglionnaires et quand ces dernières sont actives.



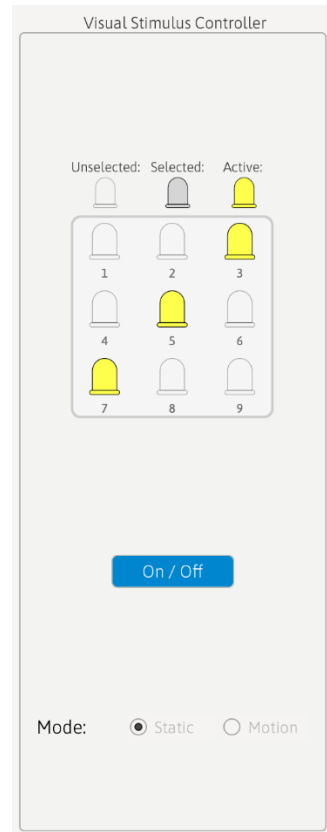
**Figure 36.** Interface utilisateur graphique principale de RetiNaBox.

d. Contrôleur de stimulus visuel (**Fig. 37**).

- En haut, vous verrez la matrice de 3 x 3 LEDs. Avant d'allumer les LEDs, vous devrez activer (en cliquant dessus) celles que vous souhaitez allumer. Elles apparaîtront alors en gris à l'écran.
- Ensuite, vous pouvez choisir de présenter un stimulus statique (immobile) ou de le déplacer vers la gauche ou la droite. Pour commencer, laissez le mode statique.
- Cliquez ensuite sur le bouton ON/OFF. Vous verrez à l'écran que les LEDs sélectionnées sont désormais actives (c'est-à-dire jaunes). Si vous êtes connecté à la RetiNaBox, vous verrez également les LEDs sélectionnées allumées. La numérotation des LEDs dans le logiciel correspond à celle affichée lorsque vous regardez directement la face avant de la RetiNaBox.



- iv. Concernant la leçon sur la sélectivité directionnelle (leçon 3), vous pouvez déplacer vos stimuli visuels vers la gauche ou la droite. Pour ce faire, activez simplement un motif de LEDs (vous devrez allumer les LEDs avant de modifier celles qui sont actives), sélectionnez le mode Mouvement, la direction (flèche gauche ou droite) et la vitesse (lente, moyenne ou rapide).
- v. Enfin, pour toutes les leçons du plan de cours, vous souhaitez tester des stimuli réels à l'aide de l'outil Présentateur de stimuli ou de vos mains. Pour ce faire, activez les 9 LEDs, sélectionnez le mode Statique et allumez les LEDs.



**Figure 37.** Le contrôleur de stimuli visuel.

- e. Gestionnaire de connectivité (**Fig. 38**).
  - i. Le gestionnaire de connectivité permet aux utilisateurs de définir la connectivité entre chacun des 9 photorécepteurs modèles (c'est-à-dire les photodiodes) et deux modèles de cellules ganglionnaires rétiniennes (CGR) différents.
  - ii. Indépendamment pour chacune des deux CGR, chaque photorécepteur peut être défini comme :

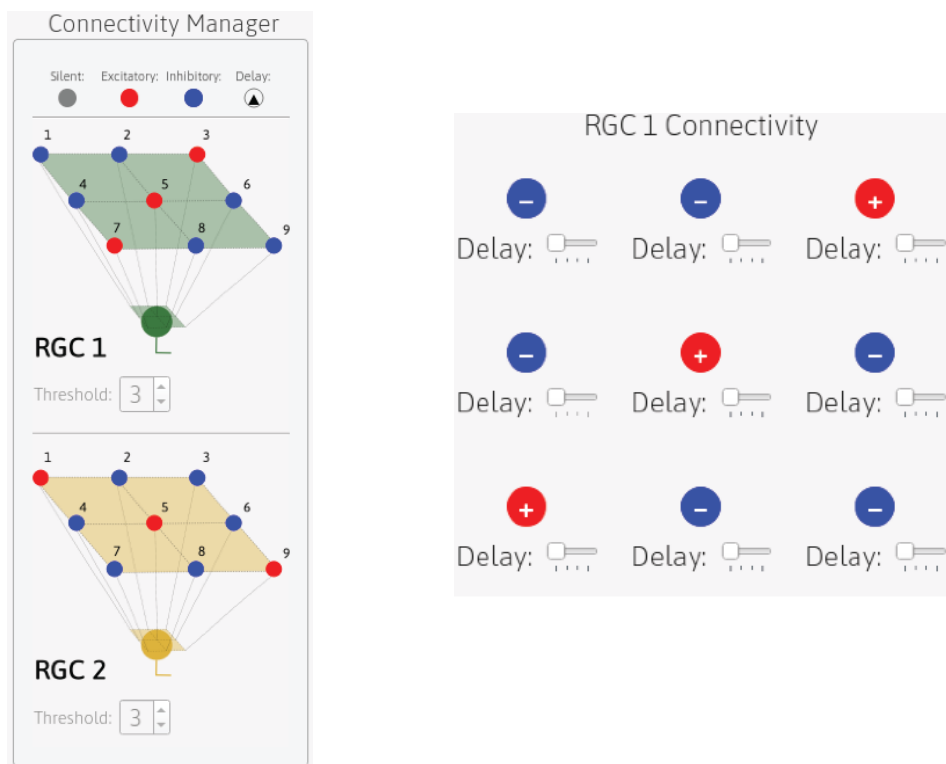
1. Silencieux : il n'envoie aucun signal à la cellule ganglionnaire ;



2. Excitateur : lorsqu'il est activé, ce photorécepteur envoie un signal de +1 à la cellule ganglionnaire ;
3. Inhibiteur : lorsqu'il est activé, ce photorécepteur envoie un signal de -1 à la cellule ganglionnaire ;
4. Délai : vous pouvez ajouter un délai entre l'activation du photorécepteur et l'envoi d'un signal à la cellule ganglionnaire. Les options de délai sont : nul, court, moyen et long. Ces délais peuvent être utiles pour générer des réponses sélectives directionnelles et sont destinés à modéliser la connectivité asymétrique des circuits.

iii. Pour modifier la connectivité d'une cellule ganglionnaire, cliquez simplement sur son circuit (**Fig. 38**, à gauche). Cela ouvrira une fenêtre contextuelle (**Fig. 38**, à droite) vous permettant de modifier les paramètres de chaque photorécepteur modèle.

iv. Enfin, définissez le seuil du RGC. À chaque instant, le RGC additionne toutes les entrées de ses photorécepteurs et doit atteindre ce seuil pour être activé.



**Figure 38.** Gestionnaire de connectivité dans l'interface utilisateur principale (à gauche) et sa fenêtre contextuelle (à droite).

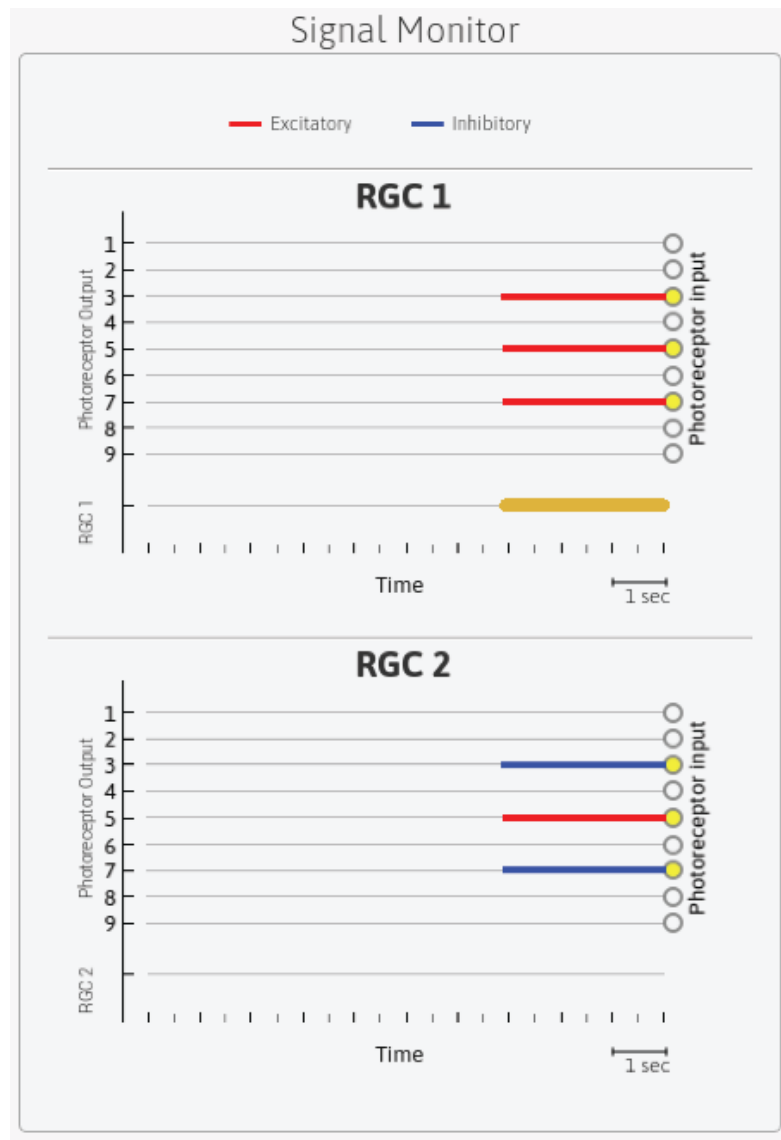
#### f. Moniteur de signal (**Fig. 39**).

i. Le moniteur de signal fournit un affichage en temps réel :

1. Quels photorécepteurs modèles sont actifs. Ceci est visible lorsque les cercles à droite deviennent jaunes.
2. La polarité du signal envoyé, excitateur (rouge) ou inhibiteur (bleu), par chaque photorécepteur activé à chaque cellule ganglionnaire rétinienne.



3. Lorsque chaque cellule ganglionnaire (RGC1, en haut ; RGC2, en bas) est activée. Cela se produit lorsque la somme de toutes les entrées de ses photorécepteurs atteint ou dépasse le seuil défini dans le Gestionnaire de connectivité.

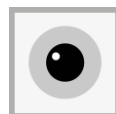


**Figure 39.** Le Moniteur de signal.

g. Fonctionnalités logicielles supplémentaires

i. Activité de décryptage :

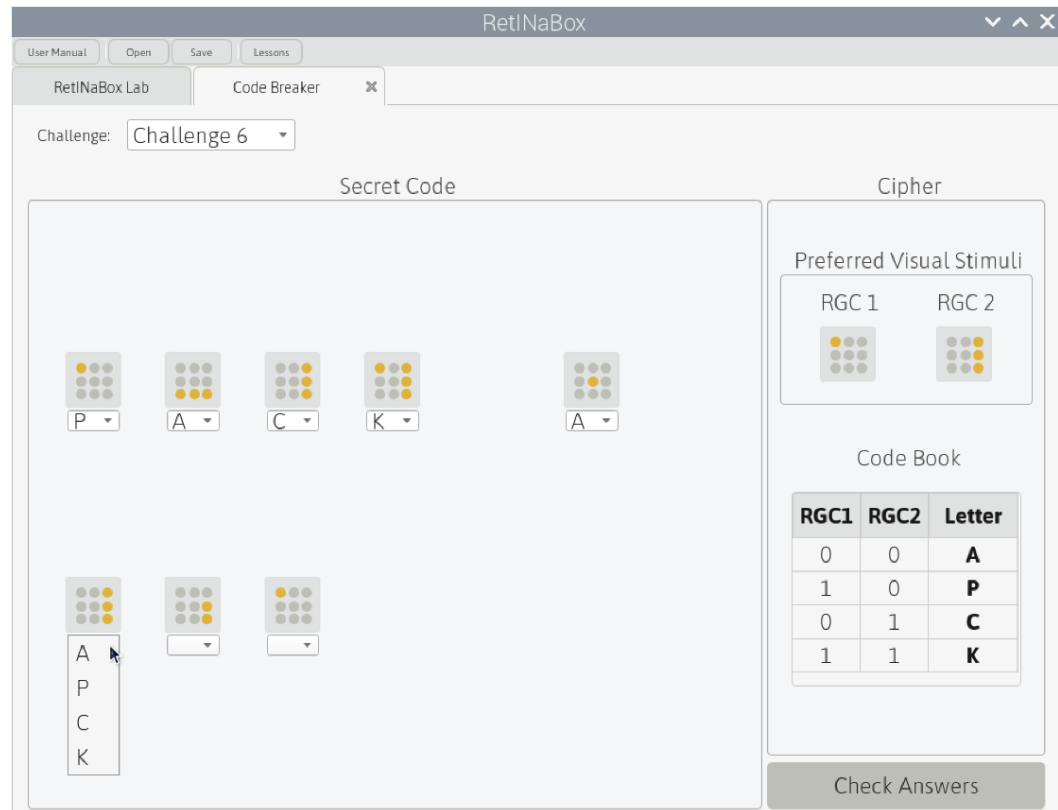
1. Dans la leçon 2, les utilisateurs doivent utiliser les champs récepteurs centraux et périphériques pour décrypter des codes. Accessible via l'onglet « Leçons » de la barre de menu, la sélection de l'activité Décryptage ouvre un nouvel onglet (**Fig. 40**).
2. À l'aide des informations de chiffrement, les utilisateurs doivent revenir à l'interface graphique principale de RetlNaBox et configurer le Gestionnaire





de connectivité afin que RGC1 et RGC2 affichent les stimuli visuels préférés, comme indiqué dans le chiffrement.

3. Ensuite, les utilisateurs doivent utiliser l'outil Stimulus visuel pour présenter les stimuli correspondant à chaque lettre du code et, en se référant au décodeur du chiffrement, saisir la lettre correcte dans le décryptage pour chaque code de stimulus.
4. Une fois le code résolu, les utilisateurs peuvent vérifier leur réponse.

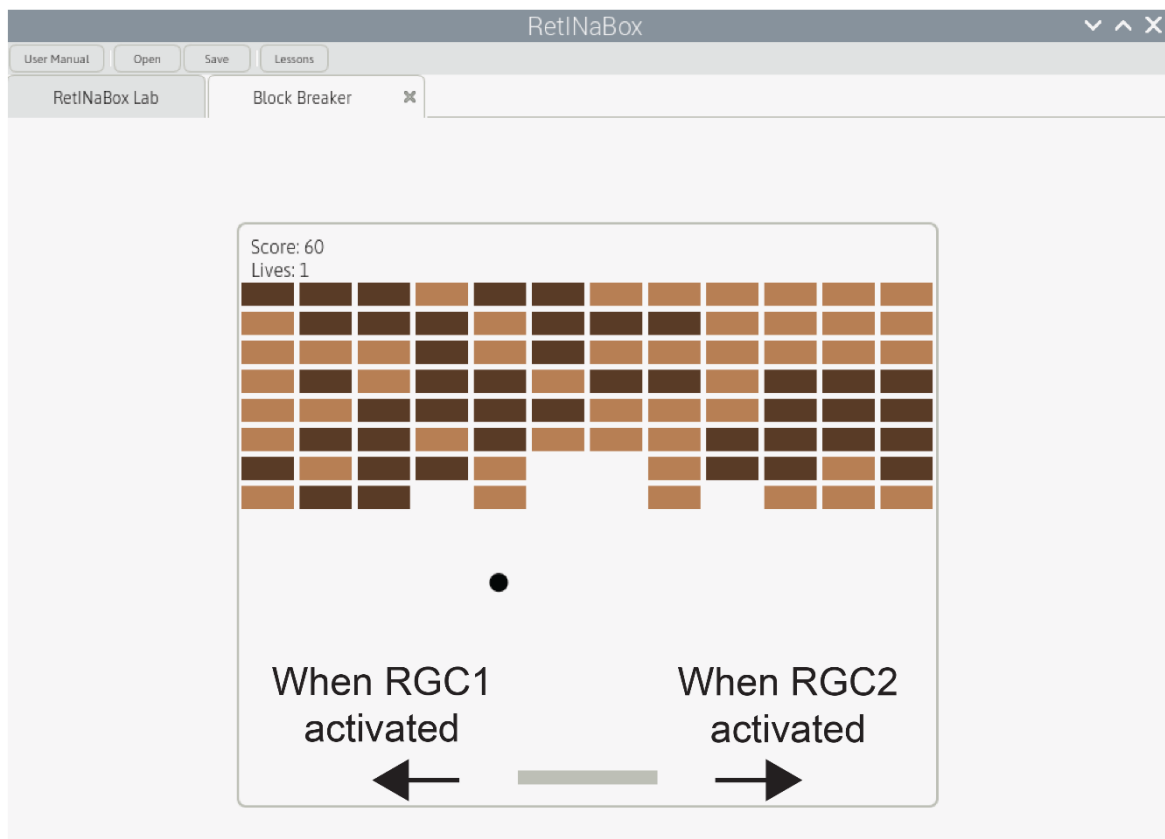


**Figure 40.** Activité de décryptage liée à la leçon 2.

iii. Jeu vidéo de décryptage de blocs :

1. Dans la leçon 3, après avoir généré des cellules ganglionnaires sélectives pour les mouvements vers la gauche et la droite, l'utilisateur est invité à ouvrir le jeu de décryptage de blocs (accessible via l'onglet Leçons de la barre de menu). Le jeu s'ouvre alors (**Fig. 41**). L'ouverture du jeu allume automatiquement toutes les LEDs de stimulation de RetiNaBox.
2. Le jeu est programmé pour utiliser la sortie RetiNaBox de RGC1 pour déplacer la palette de jeu vers la gauche, et la sortie RetiNaBox de RGC2 pour déplacer la palette de jeu vers la droite.
3. L'utilisateur déplace ensuite sa main dans le champ de vision de RetiNaBox, de gauche à droite, pour déplacer la raquette et jouer.



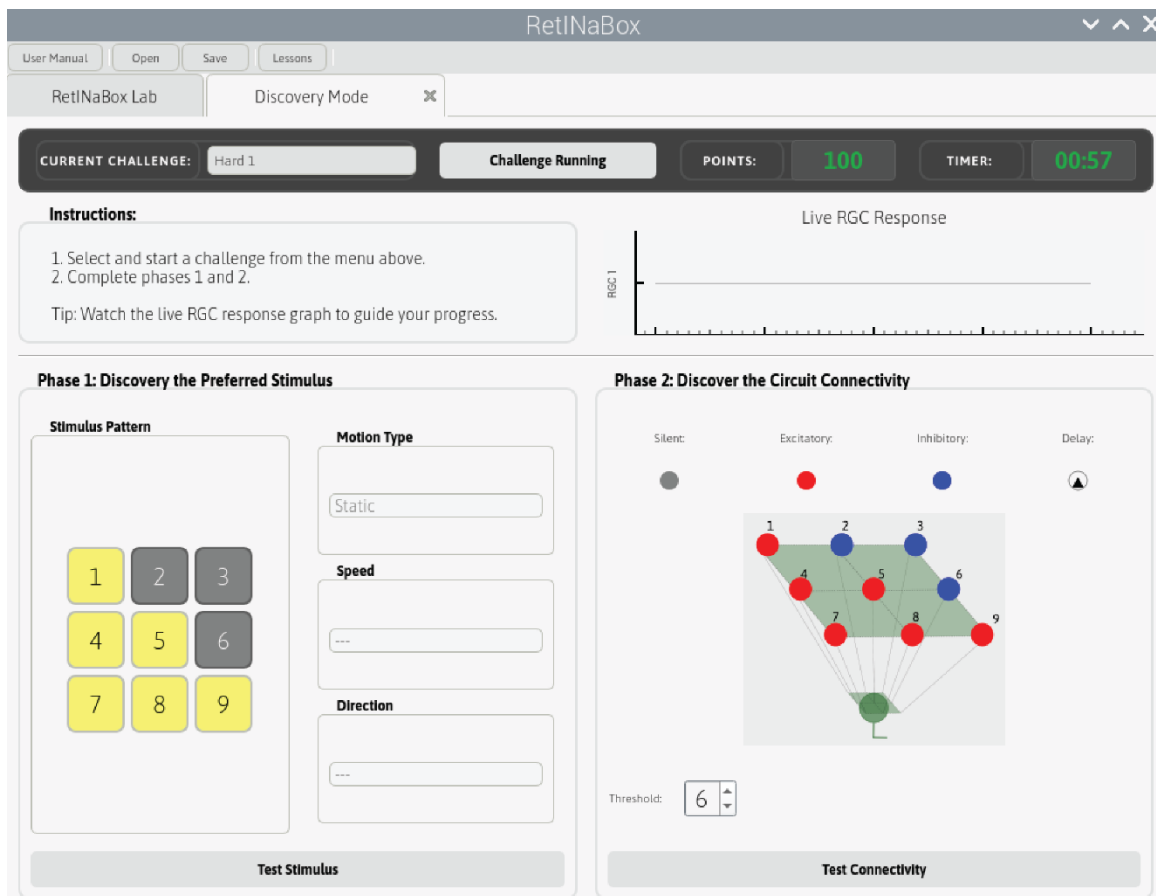


**Figure 41.** Jeu de casse-briques lié à la leçon 3.

iv. Mode Découverte :

1. La leçon 4 est le mode Découverte, accessible via l'onglet « Leçons » de la barre de menu. Il ouvre l'onglet « Mode Découverte » (**Fig. 42**). L'ouverture du mode Découverte allume automatiquement toutes les LEDs de stimulation de RetiNaBox.
2. L'utilisateur sélectionne ensuite un défi dans le menu.
3. Dans la phase 1, l'utilisateur utilise l'outil de présentation de stimulus, ou sa main, pour présenter divers stimuli statiques et mobiles à RetiNaBox jusqu'à ce qu'il puisse activer RGC1.
4. Une fois que l'utilisateur a trouvé le stimulus visuel idéal pour un défi donné, il saisit la solution dans la partie gauche du logiciel (Phase 1) et sélectionne « Tester le stimulus ». S'il a trouvé la bonne réponse, il passe à la Phase 2.
5. En Phase 2, l'utilisateur définit la connectivité entre les photorécepteurs du modèle et le RGC du modèle afin de recréer la sélectivité du stimulus visuel découverte en Phase 1. Une fois la solution trouvée, l'utilisateur clique sur « Tester la connectivité ».





**Figure 42.** Interface utilisateur graphique du mode Découverte.



## A1- APPENDIX 1: COMPONENTS LIST

Categorie	#	Produits	Spécifications	vendeur	Notes
RetlNaBox	6	Boitier	3D printed pieces ( <a href="#">link</a> )		
	14	Vis M3 10mm			
	12	Vis M3 6mm			
	4	6mm			Used to secure GPIO board to the case
	9	LEDs IR 5mm	100 mA continuous, 1000 mA pulse Approx 1.6V forward voltage	<a href="#">Adafruit 387</a>	
	9	Photodiodes IR		<a href="#">Amazon</a>	
	1	Kit électronique Elegoo	Vous aurez besoin : 9 LEDs blanches, 1 LED verte, 1 jaune LED, résistances	<a href="#">Amazon</a>	
	12	Mini-plaquettes		<a href="#">Amazon</a>	
	26	Fils Dupont		<a href="#">Amazon</a>	
		Kit de fils Jumper		<a href="#">Amazon</a>	
	1	Kit GPIO Breakout pour Raspberry Pi		<a href="#">Amazon</a>	
	1	Extension de fils arc en ciel	Optionnel – en ajoutant un ou deux cable en plus vous pourrez orienter RetlNaBox plus facilement et plus prêt du Raspberry Pi	<a href="#">Amazon</a>	
	1	Kit de câbles prêt coupés Elechawk PH 2.0		<a href="#">Amazon</a>	
	1	Rouleau de ruban électrique adhésif			

Category	#	Product	Specifications	Supplier	Notes
----------	---	---------	----------------	----------	-------



	1	Rouleau de fil électrique rouge		<a href="#">Digikey</a>	Si vous en avez sous la main, tant mieux. Sinon, commandez quelque chose comme ça, mais pas forcément exactement ce produit.
	1	Rouleau de fil électrique noir		<a href="#">Digikey</a>	Voir ci-dessus
Pour tester les LEDs IR	1	Câble adaptateur série 3,3 V USB	Optional	<a href="#">Amazon</a>	Vous pouvez l'utiliser pour alimenter une photodiode IR et tester les LEDs IR indépendamment du reste de RetINaBox
Outils de stimulation visuelle	Set de 2	Feuille de plastique transparentes (15.4x 22.4cm)		<a href="#">Amazon</a>	Placez la pâte à modeler dessus, puis insérez-la entre les LEDs IR et les photodiodes de RetINaBox
	1	Marqueur Sharpie extra-fin	N'importe quel marqueur permanent à pointe fine devrait faire l'affaire		Pour dessiner une grille sur l'outil de stimulation visuelle pour guider l'endroit où placer la pâte à modeler
	1	Pâte à modeler	N'importe quelle marque devrait faire l'affaire incluant « Play Dough »		Vous avez besoin de suffisamment de matériau pour couvrir finement l'outil de stimulation visuelle
Outils	1	Clé Allen 2.5mm			À utiliser avec les vis M3
	1	Clé Allen 1.5mm			À utiliser avec les vis M2
	1	Coupe fils			



	1	Mini tournevis			Pour ajuster la sensibilité de la photodiode
--	---	----------------	--	--	--



## A2 - ANNEXE 2 : DÉPANNAGE

### Concernant l'impression 3D :

- a. Les photodiodes et les sS ne s'insèrent pas correctement dans les trous prévus à cet effet sur les pièces imprimées en 3D.
  - i. Nous recommandons d'imprimer d'abord la pièce P2, P3 ou P5, puis de vérifier que les LEDs/photodiodes s'insèrent correctement dans les trous. Dans le cas contraire, il convient d'agrandir ou de réduire la taille des pièces de quelques pour cent en fonction de la façon dont votre imprimante les génère. Ensuite, toutes les autres pièces imprimées doivent être agrandies du même facteur.

### Concernant la photodiode :

- a. Le voyant d'alimentation de la photodiode (LED la plus à droite du circuit imprimé) ne s'allume pas lorsque la RetINaBox est connectée au Raspberry Pi et que ce dernier est sous tension.
  - i. Vérifiez le câblage entre le connecteur GPIO de la RetINaBox et la photodiode. Un multimètre peut être utile.
  - ii. Vérifiez que le câble de connexion rainbow est correctement connecté.
  - iv. Vous pouvez vérifier que le Raspberry Pi alimente correctement les LEDs. Commencez par débrancher le câble de connexion Rainbow. Ensuite, connectez une LED à lumière visible de rechange à une mini-plaque d'essai. Prenez un câble Dupont femelle-mâle et connectez la broche GPIO 17 (qui fournit normalement 3,3 V pour alimenter les photodiodes) au pôle (+) de la LED. Ensuite, prenez un autre câble Dupont femelle-mâle et connectez la broche GPIO 39 (qui fournit normalement le (-)/GND aux photodiodes) au pôle (-) de la LED. Si la LED s'allume, le Raspberry Pi alimente correctement le système et le problème vient du câblage. Si cela ne fonctionne pas, vous avez peut-être grillé cette broche sur votre Raspberry Pi.
- b. La photodiode est alimentée, mais elle ne s'active pas (c'est-à-dire que sa LED rouge la plus à gauche du circuit imprimé ne s'allume pas) lorsque les LEDs IR sont allumées, ou elle ne se désactive pas (c'est-à-dire que sa LED rouge la plus à gauche du circuit imprimé ne s'éteint pas) lorsque les LEDs IR sont éteintes.
  - i. La sensibilité de la photodiode est mal réglée. Retirez la pièce P6. À l'aide du logiciel RetINaBox, allumez la LED située juste au-dessus de la photodiode concernée. Ajustez le potentiomètre de cette photodiode (voir Fig. 29) à l'aide d'un tournevis jusqu'à ce que la LED rouge la plus à gauche du circuit imprimé s'allume lorsque la LED est allumée et s'éteigne également lorsqu'elle est éteinte.





ii. Si l'étape 1 ne fonctionne pas, deux autres problèmes peuvent se poser. Premièrement, il se peut que la LED IR soit mal câblée. Pour vérifier cela, consultez la section ci-dessous intitulée « Problèmes liés aux LEDS ». Deuxièmement, il se peut que la photodiode et sa LEDS correspondante ne soient pas correctement alignées dans le boîtier imprimé en 3D. Dans la mesure du possible, chaque photodiode doit pointer directement vers sa LED IR correspondante, et chaque LEDS IR doit pointer directement vers sa photodiode correspondante (les LEDS ont un angle de sortie relativement étroit et sont particulièrement sensibles à la lumière dirigée directement vers elles).

#### Concernant les LEDS :

a. Une des LEDS blanches ne s'allume pas lorsqu'elle est activée dans le logiciel.

i. Vérifiez votre câblage (et la polarité de votre LED) !

ii. Essayez de remplacer la LEDS.

iii. Comme pour les étapes a à iii de la section « Concernant les photodiodes » ci-dessus, vous pouvez vérifier directement que le Raspberry Pi envoie le bon signal. Consultez les figures 12 et 22 pour identifier les broches GPIO correspondant à la LED défectueuse. Prenez un câble Dupont femelle-mâle et connectez la broche GPIO qui alimente la LED problématique (qui fournit normalement 3,3 V pour l'alimenter lorsque le logiciel l'active) au pôle (+) de la LEDS de la platine d'expérimentation. Ensuite, prenez un autre câble Dupont femelle-mâle. Connectez la broche GPIO 9 (qui fournit normalement le (-)/GND aux photodiodes) au fil (-) de la LED de la platine d'expérimentation. Si la LED s'allume lorsque vous l'activez dans le logiciel, le Raspberry Pi fournit correctement l'alimentation, et le problème vient du câblage. Si cela ne fonctionne pas, vous avez peut-être grillé cette broche sur votre Raspberry Pi.

b. Une des LEDS IR ne s'allume pas lorsqu'elle est activée dans le logiciel.

i. Vérifiez votre câblage (et la polarité de votre LED) !

ii. Essayez de remplacer la LED.

iii. Suivez les mêmes instructions que celles décrites dans la section a-iii « Concernant les LED ». Puisque vous ne pouvez pas voir si la LED IR est active à l'œil nu, vous pouvez utiliser la photodiode correspondante dans RetlNaBox comme indicateur, ou connecter l'adaptateur série USB vers TTL (voir la liste des composants recommandés) à une photodiode de rechange et utiliser cette photodiode pour tester l'activation de la LED IR.



c. Une des LEDs de couleur (verte ou jaune) ne s'allume pas lorsque le logiciel est en fonctionnement et la cellule ganglionnaire rétinienne correspondante est activée dans le moniteur de signal de l'interface graphique.

i. Vérifiez votre câblage (et la polarité de votre LED) !

ii. Essayez de remplacer la LED.

iii. Suivez les mêmes instructions que celles décrites dans la section a-iii « Concernant les LEDs », mais pour les broches GPIO alimentant ces deux LEDs (**Fig. 12 et 22**).

d. Pour une paire de LEDs blanches et IR connectées, une seule est active (c'est-à-dire qu'elles sont alimentées, mais une seule est active).

i. Vérifiez votre câblage (et la polarité de votre LED) !

ii. Essayez de remplacer la LED.

d. Sur une paire de LEDs blanches et IR connectée, une seule est active (c'est-à-dire qu'elles sont alimentées, mais une seule est active).

i. Vérifiez votre câblage (et la polarité de votre LED) !

ii. Essayez de remplacer la LED défectueuse.

iii. Assurez-vous d'avoir les résistances appropriées (ceci est important, car les différents types de LEDs ont une tension directe différente (et probablement aussi une résistance interne différente). Pour garantir que les deux LEDs sont activées par la même source d'alimentation, nous devons utiliser des résistances afin d'uniformiser le flux de courant à travers les LEDs IR et blanches).

e. Les LEDs clignotent.

i. Vérifiez votre câblage : il s'agit probablement d'une mauvaise connexion.

#### Concernant l'installation du logiciel :

a. Le code ne s'exécute pas lorsque vous cliquez sur l'application RetINaBox et que vous sélectionnez « Exécuter ».

i. Exécutez les commandes suivantes dans un nouveau terminal :

```
cd Desktop/RetINaBox-main/Software/RetINaBox  
./venv/bin/python GUI/main.py
```

