



Guide d'utilisation du PlanktoScope (v2.1 & v2.5)

Ce guide pratique explique pas à pas comment utiliser le **PlanktoScope**, un microscope open-source pour l'imagerie du plancton, destiné à un public non spécialiste (étudiants, bénévoles, usagers de tierslieux, etc.). Il couvre les versions **v2.1** et **v2.5** de l'appareil. Le style se veut clair et pédagogique, avec des conseils pratiques et la mention des erreurs fréquentes.



Présentation du PlanktoScope



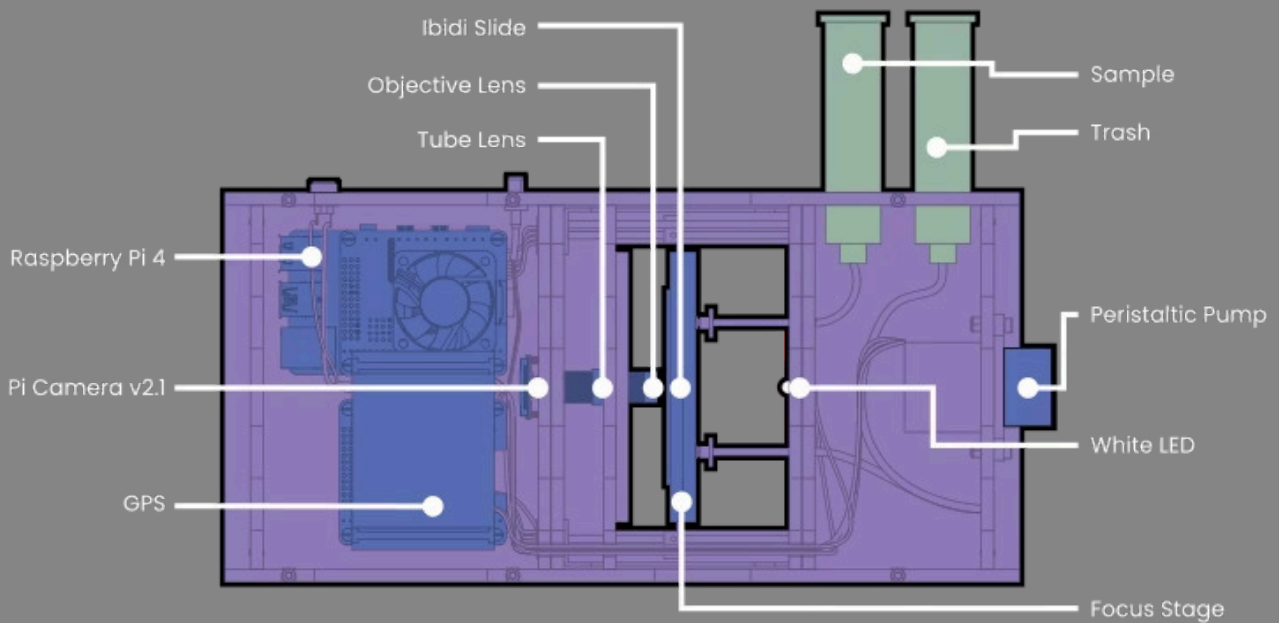
Le **PlanktoScope** est un microscope numérique modulaire, open-source et **frugal** conçu pour faciliter l'observation du plancton (organismes microscopiques aquatiques) par les citoyens et les scientifiques. Il s'agit d'une petite plateforme d'imagerie automatisée, **peu coûteuse** (quelques centaines d'euros) et **portable**, permettant de capturer en continu des images de micro-organismes dans des échantillons d'eau.

Conçu à l'origine pour l'« océanographie citoyenne », le PlanktoScope vise à démocratiser l'étude du plancton en offrant une solution accessible **sous les \$1000** de composants, tout en fournissant des images de haute qualité (résolution autour de **2,8 μm par pixel** soit de l'ordre de 3 μm).

Le PlanktoScope est composé d'un matériel et d'un logiciel entièrement libres. Il intègre un microordinateur Raspberry Pi et une caméra haute résolution, combinés à des **modules optiques et fluidiques** innovants pour imager rapidement le plancton. L'appareil peut analyser environ **1,7 mL d'eau par minute** en mode flux grâce à une pompe qui fait circuler l'échantillon devant l'objectif.

Versions matérielles et fonctionnement

Versions matérielles : Les versions **v2.1** et **v2.5** du PlanktoScope correspondent à des évolutions de son design matériel, corrigeant certains défauts et améliorant la facilité d'utilisation. La version **v2.1** (première version diffusée largement) utilisait des composants standard (par ex. une carte **Adafruit Stepper Motor HAT** pour contrôler les moteurs) et une structure découpée au laser.



La version **v2.5**, plus récente, introduit un circuit imprimé dédié appelé **PlanktoScope HAT** pour simplifier le câblage, un système de mise au point plus robuste (deux micro-actionneurs synchronisés sur l'axe Z), un **flowcell** (cellule d'écoulement) en capillaire de verre simple à la place d'un dispositif plus complexe, ainsi que divers ajustements.

Principe de fonctionnement : L'appareil réalise un **flux d'échantillon** devant la caméra, combiné à une observation microscopique. Le PlanktoScope comprend deux **tubes** en partie supérieure : l'un sert à aspirer l'échantillon d'eau, l'autre à évacuer les fluides usés vers un récipient de déchet. Une **pompe péristaltique** pilote l'écoulement à travers une petite chambre transparente appelée **flowcell**.

01

Aspiration de l'échantillon

La pompe amène une portion d'échantillon dans la zone d'observation

02

Mode "stop-flow"

La pompe s'arrête brièvement le temps qu'une photo soit prise

03

Évacuation et renouvellement

La pompe redémarre pour évacuer cette portion et la remplacer par une nouvelle



Atouts clés du PlanktoScope

Ouverture et modularité

Projet open-source avec plans et logiciels libres. Conception modulaire autorisant des reconfigurations rapides selon les besoins.

Simplicité d'utilisation

Contrôle via une simple page web accessible en Wi-Fi, sans nécessiter de programmation. Interface guidée avec retour en temps réel.

Haute cadence et autonomie

Acquisition automatisée de centaines d'images. Traitement de quelques millilitres par minute pour un échantillonnage statistiquement significatif.

Portabilité et déploiement terrain

Encombrement réduit et boîtier robuste. Alimentation secteur ou batterie 12V. Contrôle par Wi-Fi depuis smartphone ou tablette.

Coûts maîtrisés

Kit complet de l'ordre de **500-800 €** en pièces, bien inférieur aux microscopes de flux commerciaux.

Communauté et évolutivité

Partage de données via plateformes collaboratives. Contribution à des programmes de sciences participatives à l'échelle mondiale.

Contenu d'un kit complet

Un kit PlanktoScope comprend **l'ensemble des pièces** nécessaires à la construction et à l'utilisation de l'appareil. Les composants sont généralement regroupés en **sachets** ou modules identifiés par des lettres (A, B, C...) ou des codes (X1, X2...).

Châssis et pièces structurelles

Panneaux et pièces en plastique (acrylique) découpés ou usinés, formant le boîtier du PlanktoScope. En v2.1, pièces découpées au laser de 3 mm d'épaisseur. En v2.5, certaines pièces fraisées CNC pour plus de précision.

Visserie et fixations (sachet A)

Toutes les vis, écrous et entretoises nécessaires au montage. Standoffs en laiton de différentes longueurs (6 mm, 15 mm, etc.), vis M2.5 et M3 de plusieurs tailles.

Outillage (sachet B)

Tournevis plat, clé Allen de 2 mm, petit couteau ou scalpel, clés pour serrer les entretoises. Assure l'assemblage même sans équipement spécifique.

Éléments optiques

Caméra haute résolution : Module Pi Camera HQ (12 MP) ou Pi V2 (8 MP).
Lentilles : Deux lentilles M12 - lentille de tube (25 mm) et objectif (16 mm).
Flowcell : Cuvettes en verre ou capillaire transparent pour l'observation.

Électronique et contrôle

Raspberry Pi 4 : Cerveau du système (4 Go RAM recommandé). **Carte MicroSD :** Système d'exploitation et logiciel préchargés. **PlanktoScope HAT :** Carte d'extension pour piloter moteurs, LED et pompe.

Système fluidique

Pompe péristaltique : Assure l'aspiration et le déplacement de l'échantillon. **Moteur de mise au point :** Actionneur linéaire pour ajuster la position caméra/flowcell. **Pompe bulleuse :** Mini pompe à air pour mélanger l'échantillon.

Installation étape par étape - Montage matériel

Cette section guide l'**assemblage matériel** du PlanktoScope. *Temps d'assemblage estimé : 4 à 8 heures selon l'expérience.* Choisissez un plan de travail dégagé, bien éclairé, et munissez-vous des outils fournis dans le kit.

01

Détacher et préparer les pièces du boîtier

Découper proprement les panneaux acrylique au cutter. Identifier chaque pièce selon les plans (marquées A, B, C...). Ébarbez avec le papier abrasif fourni.

02

Assemblage du cadre de base

Visser les entretoises sur la plaque de fond. Coller les patins adhésifs sous la base pour la stabilité.

03

Installation du Raspberry Pi

Monter les dissipateurs thermiques sur le processeur. Insérer la carte microSD. Placer le Pi sur les entretoises et le visser.

04

Connecter la nappe de la caméra

Connecter le câble ruban au port CSI du Raspberry Pi. Vérifier le sens des contacts métalliques et verrouiller le clapet.

- ❏ **Erreur fréquente** : Oublier de retirer le bouchon ou film de protection du capteur caméra ou des lentilles avant de fermer le boîtier !



Installation étape par étape - Suite du montage

01

Fixer la caméra et l'objectif

Monter le module Pi Camera sur son support. Visser la lentille 25 mm (tube lens) sur la caméra et préparer la lentille 16 mm (objectif).

02

Installer le mécanisme de mise au point

Fixer les moteurs linéaires de focus. En v2.5, installer deux micro-actionneurs en parallèle. Connecter mécaniquement la caméra aux moteurs.

03

Monter la LED d'éclairage

Placer la LED blanche dans son logement sous la flowcell. Faire passer ses fils jusqu'à la zone du Raspberry Pi/HAT.

04

Installer la pompe péristaltique

Fixer la pompe sur son support. Insérer le tuyau dans la tête de pompe en ouvrant le capot, placer le tube dans les galets, puis refermer.

01

Câbler les composants au HAT

Connecter les moteurs de focus, la pompe péristaltique et la LED sur leurs ports respectifs. Monter le HAT sur le Raspberry Pi.

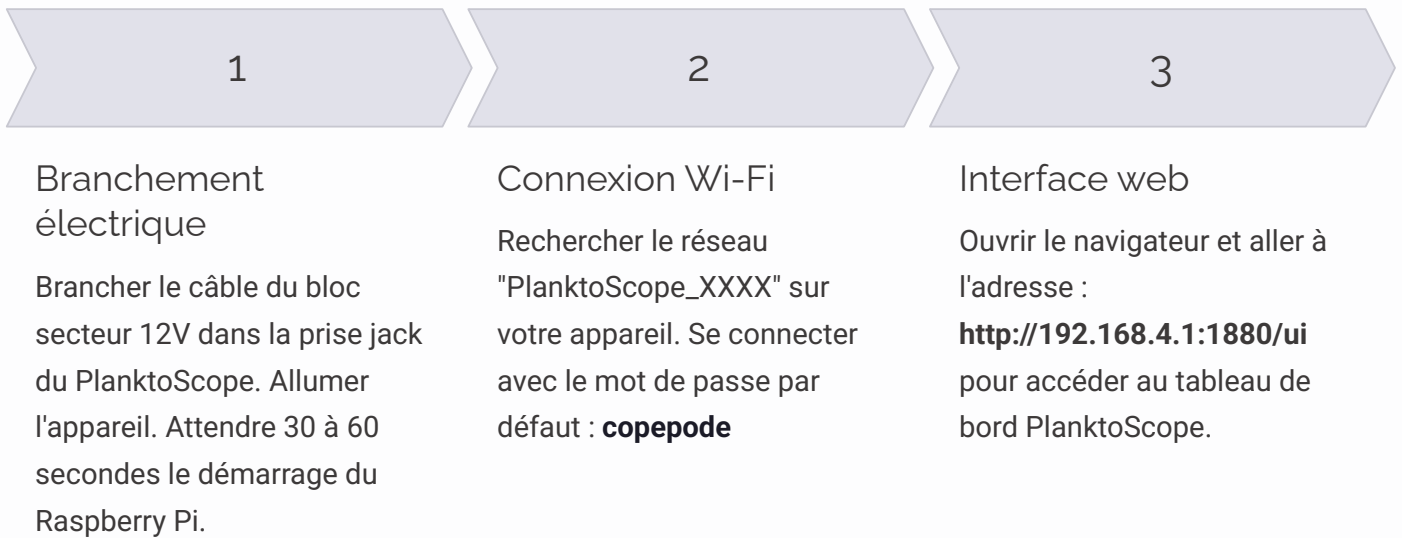
02

Connexions finales et fermeture

Fixer la prise d'alimentation 12V. Regrouper et ranger les câbles avec les serre-câbles. Placer les tubes d'entrée et sortie. Fermer le boîtier.

Branchements et démarrage initial

Maintenant que le microscope est monté, passons à la mise en route. Cette étape consiste à **alimenter** le système, à s'y **connecter** via son interface Wi-Fi, et à vérifier que tout démarre correctement.



Premiers tests matériels : Dans l'onglet "Optic Configuration", tester :

- Allumer la LED - vous devriez voir la LED s'illuminer et l'image de prévisualisation s'éclaircir
- Réglage de la mise au point - cliquer sur "UP 1mm" et "DOWN 1mm" pour entendre le moteur et voir le mouvement
- Contrôle de la pompe - tester brièvement la pompe péristaltique (placer un récipient sous le tube de sortie)
- Test de la caméra - vérifier que l'image en direct apparaît avec la LED allumée

📄 **Sécurité :** Ne débranchez jamais brutalement le 12V sans avoir arrêté le système proprement via le bouton Shutdown de l'interface, sous peine de corrompre la carte SD.

Calibration de l'appareil

La calibration initiale du PlanktoScope est cruciale pour obtenir des images nettes et exploitables. Elle consiste principalement à **faire la mise au point optique** et à s'assurer du bon réglage de l'éclairage et de la caméra.

Matériel de calibration : Un kit PlanktoScope contient généralement un **échantillon de pollen de pin** en suspension dans l'eau. Le pollen de pin a des grains d'environ 50 à 100 μm , bien visibles au microscope, ce qui en fait un excellent étalon pour régler la mise au point.

01

Préparer l'échantillon test

Agiter le flacon de pollen de pin. Aspirer 10 mL avec la pipette et verser dans la seringue du PlanktoScope. Mettre en marche le bulleur (4-5 bulles/seconde).

02

Remplir la flowcell

Utiliser le contrôle de pompe manuelle pour faire circuler l'échantillon (5 mL). Vérifier qu'aucune fuite n'apparaît et que la flowcell est pleine.

03

Régler la mise au point

Commencer par de gros pas ("DOWN 1mm") pour approcher la caméra. Affiner avec les pas de 100 μm jusqu'à obtenir les bords des particules les plus nets possible.

04

Ajustements caméra

Fixer les paramètres en manuel : ISO modéré (200-400), temps d'exposition suffisant. Ajuster la balance des blancs pour un fond neutre.

Nettoyage post-calibration : Rincer la flowcell avec de l'eau claire pour enlever le pollen avant d'analyser de vrais échantillons. Faire plusieurs cycles de rinçage puis procéder à l'arrêt correct du système via l'interface (Unlock puis Shutdown).



Utilisation sur le terrain - Prélèvement

Cette partie explique comment déployer le PlanktoScope **hors du laboratoire** pour des sorties au bord de l'eau (mer, lac, rivière) ou dans un contexte de science participative.

Matériel de prélèvement : Munissez-vous d'un **filet à plancton** (maille fine 50-200 μm) et d'un seau pour récupérer l'échantillon concentré. Un filet maille **200 μm** est recommandé pour capturer le plancton de taille moyenne et filtrer les gros débris.

01

Utilisation du filet

Déployer le filet à plancton avec sa bouche circulaire lestée. Fixer une corde et s'assurer que le cod-end est bien attaché. Lancer dans l'eau et effectuer plusieurs va-et-vient.

02


Récupération du plancton

Dévisser le cod-end du filet. Rincer la toile interne avec de l'eau propre pour faire descendre tout vers le collecteur. Utiliser la pipette pour rincer l'intérieur.

03

Filtrage et stockage

Passer l'eau concentrée à travers le tamis 200 μm pour retirer les gros éléments. Fermer le tube Falcon et étiqueter (date, heure, lieu, type de prélèvement).

 **Conseil** : Notez les coordonnées GPS du site et l'heure du prélèvement. Ces informations pourront être entrées dans l'interface PlanktoScope plus tard.

Installation sur le terrain : Installer le PlanktoScope sur une surface plane et stable, à l'abri des éclaboussures. Pour l'alimentation, prévoir une source 12V portable (batterie au plomb, batterie Li-ion avec sortie 12V). Se connecter au réseau Wi-Fi du PlanktoScope et accéder à l'interface web.

Capture d'images du plancton

Passons maintenant à l'acquisition des images du plancton contenu dans votre échantillon.

01

Charger l'échantillon

Verser l'échantillon concentré dans la seringue du PlanktoScope. S'assurer que le tuyau d'entrée est bien immergé. Démarrer la pompe pour remplir la flowcell.

02

Renseigner les métadonnées

Dans l'onglet "Sample", entrer les informations : nom du projet, opérateur, station ID, coordonnées GPS, date et heure du prélèvement. Valider chaque champ.

03

Configuration de l'acquisition

Dans "Fluidic Acquisition", paramétrer : nombre d'images souhaitées, volume pompé entre images (0,5-1 mL), délai de stabilisation. Vérifier que le volume total ne dépasse pas le contenu de la seringue.

04

Lancement de la capture

Cliquer sur "Start Acquisition". Le PlanktoScope enchaîne automatiquement : pompage, arrêt, photo, puis cycle suivant. Surveiller la progression et d'éventuels problèmes (bulles d'air, bruit anormal).

Paramètres typiques :

- **Nombre d'images** : 50-100 pour un échantillon riche, 20 pour un test rapide
- **Volume entre images** : 0,5 à 1 mL pour renouveler le contenu de la flowcell
- **Délai de stabilisation** : 0,5 à 1 seconde pour calmer les turbulences

Après la capture : Rincer le circuit avec de l'eau claire. En mer, idéalement rincer à l'eau douce pour ne pas laisser sécher le sel. Vérifier sur l'interface Gallery que les images sont bien sauvegardées avant d'éteindre l'appareil.



Récupération des données et entretien

Après vos acquisitions, vous aurez obtenu potentiellement **des centaines d'images** de plancton et des métadonnées. Cette section explique comment récupérer ces données et maintenir l'appareil en bon état.

Récupération via l'interface web

L'onglet "Gallery" affiche les vignettes des images capturées. Cliquer sur chaque image pour la télécharger ou utiliser l'option "Download All" pour un fichier .zip complet.

Stockage et organisation

Sauvegarder sur deux supports (disque dur + cloud). Adopter une nomenclature claire. Conserver les données brutes sans modification destructrice.

Gestion de l'espace

Chaque image fait 5-10 Mo. Libérer régulièrement l'espace sur la carte SD après transfert. Garder un journal des sorties et acquisitions.

Entretien courant :

- **Nettoyage après usage** : Rincer le circuit fluïdique avec de l'eau claire. Ne pas laisser stagner d'échantillon, surtout eau de mer
- **Nettoyage optique** : Utiliser une soufflette pour dépeussier les lentilles. Nettoyer la flowcell avec alcool et papier optique
- **Entretien pompe** : Surveiller l'état du tube péristaltique (pièce d'usure). Remplacer si fissuré ou aplati
- **Stockage** : Ranger dans un endroit sec, à l'abri de la poussière. Remettre les bouchons sur tubes et flowcell

Visualisation et partage : Les images peuvent être visualisées avec tout logiciel standard. Pour l'exploitation scientifique, utiliser des plateformes comme **EcoTaxa** pour l'identification automatique et le partage avec la communauté. Créer des rapports illustrés pour l'éducation et partager sur les réseaux sociaux avec #PlanktoScope.

- 📄 **Dépannage** : En cas de problème (LED qui ne s'allume pas, pompe qui ne fonctionne plus, images floues), vérifier les connexions, nettoyer les composants et consulter la documentation en ligne. La communauté PlanktoScope offre un support via forums et Slack.