

# Flora : un système interactif open-source pour l'expression émotionnelle et le soin autonome d'une plante Pothos

## Résumé

Flora est un système interactif open-source basée sur une architecture à double microcontrôleur permettant la mesure environnementale, l'expression émotionnelle et le soin autonome d'une plante. Le système combine un Arduino Leonardo dédié à l'interaction multimodale (mesure de température, humidité, pression et gaz, détection tactile capacitive, lecture audio, écran OLED, reconnaissance faciale et détection d'humeur) avec un Arduino Nano responsable de l'arrosage autonome et du contrôle de l'éclairage (capteur capacitif d'humidité du sol, capteur de lumière BH1750, pompe commandée par MOSFET, guirlande LED basse consommation). Flora permet une communication naturelle entre humains et plante via la voix, le toucher et un retour émotionnel en temps réel. L'interface graphique peut être dupliquée sur un smartphone via un QR code affiché sur l'ordinateur, à condition que les deux appareils partagent le même réseau local. L'ensemble du matériel, du firmware et de la logique d'interaction est entièrement open-source et reproductible avec des composants low-cost. Flora montre comment l'électronique accessible peut transformer un simple Pothos en un compagnon expressif, autonome et sensible à son environnement.

## 1. Contexte matériel

Flora est un système interactif open-source conçue pour explorer de nouvelles formes de communication homme-plante à l'aide de matériel reproductible et peu coûteux. Le dispositif transforme un Pothos (*Epipremnum aureum*) en un compagnon capable de percevoir son environnement, de réagir au toucher, de communiquer par signaux audio et visuels, et de gérer de manière autonome ses besoins en eau et en lumière.

Le système a été développé dans un laboratoire personnel équipé pour l'assemblage électronique, la soudure, le prototypage rapide et les tests de capteurs. Une photographie du laboratoire montre l'ensemble du dispositif : le module interactif (Arduino Leonardo, écran OLED, BME680, MPR121, lecteur MP3), le module autonome (Arduino Nano, capteur d'humidité du sol, BH1750, pompe commandée par MOSFET, guirlande LED), ainsi que la plante Pothos avec sa guirlande LED peinte en vert intégrée dans le feuillage (Figure 1).

L'interface graphique peut être dupliquée sur un smartphone en scannant un QR code affiché sur l'écran du PC. La duplication fonctionne lorsque le smartphone et l'ordinateur sont connectés au même réseau local (Wi-Fi ou Ethernet). Cela permet une interaction mobile dans la pièce, la maison, le jardin ou l'atelier. L'accès à distance via Internet n'est pas supporté dans cette version et nécessiterait des solutions réseau supplémentaires.

## 2. Description matérielle

### 2.1 Architecture générale

Flora repose sur deux microcontrôleurs, chacun dédié à un domaine fonctionnel distinct :

- **Arduino Leonardo** : module interactif chargé de la mesure environnementale, de la détection tactile capacitive, de l'expression émotionnelle, de la lecture audio et de la communication avec le PC.
- **Arduino Nano** : module autonome chargé du contrôle de l'arrosage, de la gestion de la lumière et de la surveillance continue de l'humidité du sol et de la luminosité.

Cette séparation améliore la stabilité, la reproductibilité et la modularité.

### 2.2 Module interactif (Arduino Leonardo)

#### Capteurs :

- BME680 : température, humidité, pression, gaz.
- MPR121 : détection tactile capacitive (électrode E0).

#### Actionneurs :

- Lecteur MP3 YX5300 avec haut-parleur.
- Écran OLED 128×64 (SSD1306).

#### Fonctions :

- Toucher → son + émotion positive.
- Analyse environnementale → classification émotionnelle.
- Communication USB avec PC.
- Affichage local OLED.
- Reconnaissance faciale et détection d'humeur via PC.

### 2.3 Module autonome (Arduino Nano)

#### Capteurs :

- Capteur capacitif d'humidité du sol (AO).
- Capteur de lumière BH1750 (I2C).

#### Actionneurs :

- Pompe à eau 5 V commandée par MOSFET + diode de roue libre.
- Guirlande LED 3 V intégrée dans la plante.

## Fonctions :

- Arrosage automatique sous 40 %.
- Coupure de pompe après 3 s.
- Gestion automatique de la lumière selon des seuils de lux.
- Transmission des données au PC.

## 2.4 Intégration esthétique

La guirlande LED a été peinte en vert pour se fondre dans le feuillage, créant une illumination douce et naturelle. Le module interactif est logé dans un boîtier transparent mettant en valeur les composants tout en conservant une apparence propre et pédagogique.

## 2.5 Interface PC et duplication smartphone

L'interface Python affiche :

- Les mesures en temps réel,
- L'avatar émotionnel,
- L'état du système,
- Un QR code pour la duplication smartphone.

La duplication fonctionne uniquement sur le réseau local.

## 3. Fichiers de conception

(Je traduis la liste telle quelle.)

- **Firmware**
  - /firmware/leonardo\_interactive.ino
  - /firmware/nano\_autonomous.ino
- **Schémas**
  - /design/leonardo\_wiring.pdf
  - /design/nano\_wiring.pdf
  - /design/system\_architecture.png
- **Interface PC**
  - /software/interface\_flora.py
  - /software/assets/

- **Documentation**

- /docs/build\_instructions.pdf
- /docs/sensor\_calibration.pdf
- /docs/open\_source\_license.txt

## **4. Instructions de construction**

### **4.1 Module interactif**

1. Connecter le BME680 (I2C).
2. Connecter le MPR121 + électrode E0.
3. Installer l'écran OLED.
4. Connecter le lecteur MP3 YX5300.
5. Assembler dans un boîtier transparent.

### **4.2 Module autonome**

1. Connecter le capteur d'humidité du sol.
2. Connecter le BH1750.
3. Câbler MOSFET + pompe + diode.
4. Connecter la guirlande LED.
5. Alimenter le module.

### **4.3 Intégration dans la plante**

- Insérer le capteur d'humidité du sol.
- Placer la guirlande LED dans le feuillage.
- Positionner le module autonome près du pot.
- Veiller à ne pas gêner la croissance de la plante.

### **4.4 Tests fonctionnels**

- Lecture BME680.
- Détection tactile.
- Mesure de lumière.
- Arrosage automatique.
- Duplication smartphone.

## **5. Instructions d'utilisation**

### **5.1 Démarrage**

1. Alimenter le Leonardo.
2. Alimenter le Nano.
3. Attendre l'initialisation.
4. L'OLED affiche l'état initial.

### **5.2 Interface PC et duplication smartphone**

Affiche mesures, avatar, voix, QR code.

### **5.3 Interaction tactile**

Déclenche :

- Son,
- Émotion positive,
- Message OLED,
- Réponse vocale optionnelle.

### **5.4 Interaction vocale**

Exemples :

- « Bonjour, je suis Flora. »
- « Tu as l'air un peu triste aujourd'hui. »
- « Je suis heureux d'être avec toi. »

### **5.5 Expression émotionnelle**

Basée sur :

- Température,
- Humidité,
- Qualité de l'air,
- Lumière,
- Humidité du sol,
- Interaction humaine.

## 5.6 Arrosage automatique

- < 40 % → pompe ON 3 s
- >50 % → pompe OFF

## 5.7 Gestion de la lumière

- < 50 lux → LED ON
- >150 lux → LED OFF

## 6. Validation et caractérisation

### 6.1 Conditions idéales pour un Pothos

Paramètre      Plage idéale    Plage acceptable

Température	18–26 °C	15–30 °C
Humidité de l'air	40–60 %	30–70 %
Humidité du sol	40–60 %	30–70 %
Lumière	50–250 lux	30–500 lux

### 6.2 Module interactif

- Détection tactile < 50 ms.
- BME680 validé.
- Interface PC stable.
- Avatar réactif.

### 6.3 Module autonome

- Capteur de sol stable.
- BH1750 précis.
- Pompe fiable.
- LED réactive.

### 6.4 Duplication smartphone

- Latence < 200 ms.
- Fonctionne en intérieur/extérieur sur le même réseau.

- Réseau local requis.

### **6.5 Évaluation utilisateur**

- Interprétation intuitive des émotions.
- Forte implication.
- Potentiel éducatif élevé.

### **7. Conclusion**

Flora montre comment des composants électroniques accessibles peuvent transformer une plante ordinaire en un dispositif expressif, autonome et interactif. L'architecture à double microcontrôleur améliore la stabilité, la modularité et la reproductibilité. Les tests confirment la fiabilité des mesures, la cohérence de l'expression émotionnelle et la robustesse du système d'arrosage autonome. Grâce à son caractère open-source, Flora constitue une plateforme pertinente pour la recherche, l'éducation et les installations artistiques.