

# agriculture intelligente

détection des nuisibles basée sur l'apprentissage machine  
avec connectivité IdO



Rafik Mitry (Mouser) et Shashank Hedge (Würth Elektronik eiSos)

La combinaison de systèmes de vision basés sur l'apprentissage machine (machine learning, ML) en périphérie de réseau et d'une connectivité sans fil ouvre des perspectives entièrement nouvelles en agriculture. Cet article montre comment l'Internet des Objets (IdO, anglais IoT) peut être utilisé pour réaliser un système de détection de nuisibles.

Dans le domaine de l'agriculture intelligente, la détection des nuisibles était traditionnellement basée sur des méthodes grosses consommatrices de main d'œuvre, laissant les cultures vulnérables aux dégâts et les agriculteurs face à des rendements imprévisibles. Avec l'émergence de l'IdO cellulaire et de l'informatique en périphérie de réseau (*edge computing*), un changement important devient possible. Semblable à la maintenance prédictive dans les environnements industriels, l'IdO cellulaire permet de surveiller en temps réel l'état des cultures à l'aide de capteurs. De plus, grâce à la vision

industrielle sur les appareils en périphérie, il est désormais possible d'analyser les données localement, donc de doter les appareils alimentés par batterie de capacités de surveillance en temps réel. Cela permet d'intervenir à temps pour prévenir les infestations de ravageurs, maximiser la productivité agricole et minimiser les pertes. Cet article explore comment l'IdO cellulaire et l'informatique en périphérie de réseau transforment la détection des nuisibles, depuis la collecte de données jusqu'à l'analyse prédictive, ouvrant ainsi la voie à une nouvelle ère d'agriculture de précision.



Figure 1. Carte de développement Wireless FeatherWing Thyone-I de Würth Elektronik dotée d'un module RF propriétaire de 2,4 GHz. (Source : Würth Elektronik eiSos)

## Éléments de prototypage

Les éléments suivants sont utilisés pour réaliser un prototype de détection de nuisibles :

- Arduino Nicla Vision [1]
- Würth Elektronik Thyone-I FeatherWing [2]
- Würth Elektronik Adrastea-I FeatherWing [3]
- Adafruit Feather M0 Express [4]

Logiciels et outils :

- L'EDI Arduino
- OpenMV [5]
- Edge Impulse [6]
- Visual Studio Code avec extension PlatformIO [7]

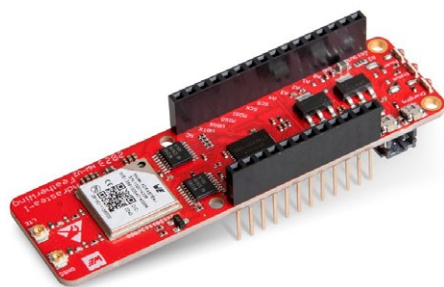


Figure 2. Le Würth Elektronik Adrastea-I FeatherWing doté de la capacité LTE-M/NB-IoT, d'antennes LTE et GNSS externes.  
(Source : Würth Elektronik eiSos)

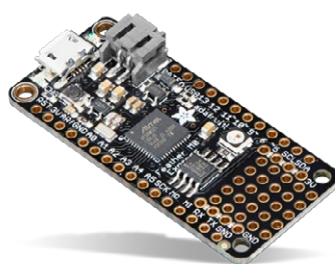


Figure 3. La carte MCU Adafruit Feather M0 Express basée sur le processeur ATSAMD21G18 Arm Cortex-M0.  
(Source : Adafruit)

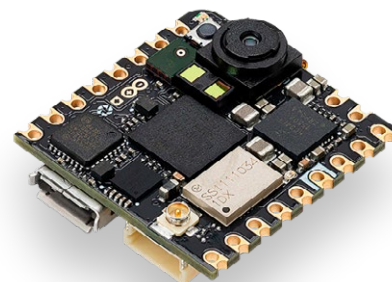


Figure 4. L'Arduino Nicla Vision est équipé d'un processeur robuste STM32H747AI16 Dual Arm Cortex M7/M4 et d'une caméra couleur 2 MP, permettant la prise en charge de TinyML.  
(Source : Mouser Electronics)

Le Würth Elektronik Thyone-I Wireless FeatherWing, doté d'un module RF propriétaire de 2,4 GHz, offre une connectivité sans fil transparente avec une portée impressionnante allant jusqu'à 300 mètres (**Figure 1**). Grâce au chiffrement AES128 intégré et aux capacités de réseau maillé, il garantit une sécurité robuste et une communication fiable. De plus, lorsqu'il est associé à un autre appareil Thyone, il facilite le remplacement progressif et sécurisé du réseau filaire lorsqu'il est configuré en mode transparent.

La carte Adrastea-I FeatherWing est dotée de la capacité LTE-M/NB-IoT, d'antennes LTE et GNSS externes et d'un port USB (**Figure 2**). Ses fonctionnalités polyvalentes incluent une sélection souple de mode entre LTE-M et NB-IoT, un GNSS intégré prenant en charge GPS et GLONASS, un MCU ARM Cortex-M4 et une compatibilité avec divers protocoles et bandes, le tout dans le format pratique Adafruit Feather, garantissant une extension facile grâce aux modules Feather existants.

L'Adafruit Feather M0 Express est une carte MCU Feather basée sur le processeur Arm Cortex-M0 ATSAMD21G18, cadencé à 48 MHz et fonctionnant sous 3,3 V, le même que dans l'Arduino Zero (**Figure 3**). Cette puce dispose de 256 Ko de mémoire Flash (8 fois plus que l'Atmega328 ou 32u4) et de 32 Ko de RAM (16 fois plus). Son port USB intégré, converti en série, sert à la programmation et au débogage.

L'Arduino Nicla Vision est équipé d'un processeur robuste STM32H747AI16 Dual Arm Cortex M7/M4 et d'une caméra couleur 2 MP, permettant la prise en charge

de TinyML (**Figure 4**). De plus, il dispose d'un capteur de mouvement intelligent à 6 axes, d'un microphone intégré et d'un capteur de distance. Conçue pour une compatibilité transparente avec tous les produits Arduino Portenta et MKR, la carte s'intègre également entièrement à OpenMV, prend en charge MicroPython et offre une connectivité WiFi et Bluetooth Low Energy.

Edge Impulse est un environnement de développement pour l'apprentissage machine sur les appareils embarqués. Il permet de collecter des données de capteurs en environnement réel, de développer un algorithme d'apprentissage automatique et de déployer facilement le modèle sur n'importe quel appareil de périphérie de réseau.

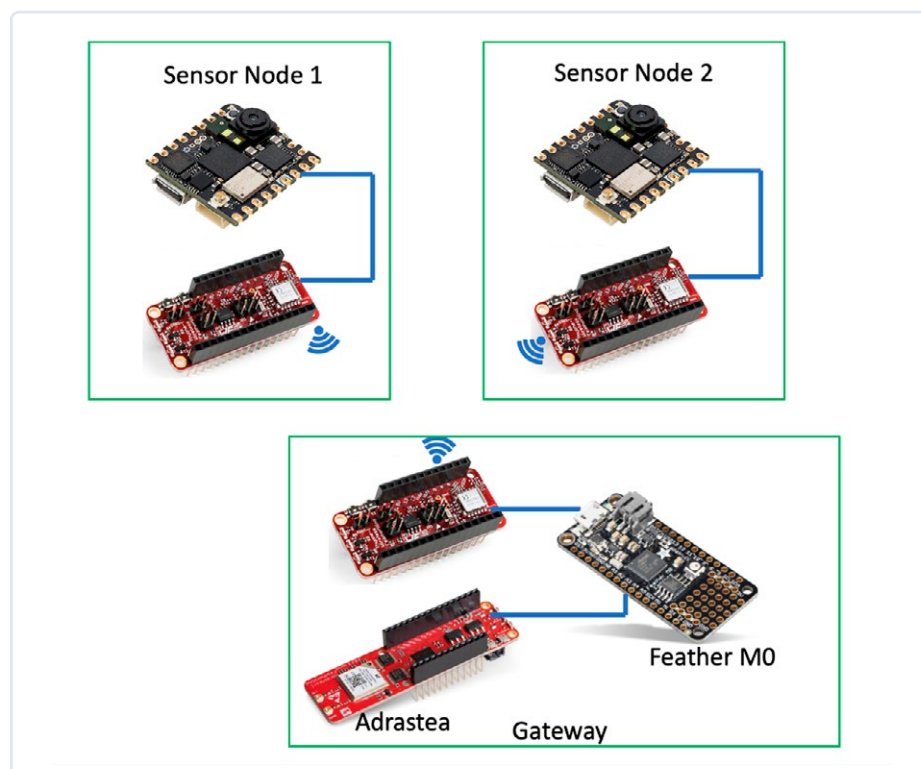


Figure 5. Architecture du prototype de détection de nuisibles avec plusieurs nœuds de capteurs et une passerelle. (Source : Mouser Electronics)

## Configuration du prototype

La **figure 5** montre l'architecture du prototype. Le Nicla Vision est l'organe de vision du système de détection des nuisibles, chargé d'exécuter le modèle ML. Il est connecté à une carte Thyone, facilitant la transmission des données vers le nœud principal (la passerelle). Ce nœud principal comprend une carte Thyone, Adafruit MO express et une carte Adrastea-I, chargée de transmettre les données collectées vers le cloud via la connectivité IdO cellulaire.

Sur les nœuds capteurs, les broches doivent être connectées comme illustré dans le **tableau 1**. Pour commuter le FeatherWing Thyone-I en mode transparent, la broche 3 du cavalier JP1 doit être connectée au 3V3. Pour la passerelle, empilez simplement le Thyone-I FeatherWing en mode transparent avec l'Adrastea FeatherWing et l'Adafruit Feather MO express.

Pour configurer le matériel dans Edge Impulse, les composants logiciels suivants doivent être installés :

1. le CLI Edge Impulse
2. le CLI Arduino

Suivez les étapes ci-dessous pour programmer le nœud principal :

1. Installez Visual Studio Code et le plug-in Platform IO.
2. Clonez/téléchargez le dépôt *FeatherWings*.
3. Ouvrez l'exemple *Thyone-Adrastea-Bridge*. Générez et téléchargez le code sur l'Adafruit Feather MO express.



Figure 6. Étiquetage d'échantillons de parasites. (Source : Mouser Electronics)

## Apprentissage des modèles de vision industrielle

Edge Impulse facilite grandement la génération d'un modèle de vision industrielle. Il vous suffit de prendre quelques images pour entraîner le modèle sur la plateforme Edge Impulse.

1. Créez un compte sur le site web Edge Impulse.
2. Créez un nouveau projet.
3. Cliquez sur *Acquisition de données* puis sur *Connecter un nouvel appareil*.
4. Vous pouvez utiliser votre téléphone mobile pour prendre des photos du nuisible et celles-ci seront automatiquement synchronisées avec votre compte Edge Impulse. Pour cela, vous devez scanner le code QR affiché sur la page.

5. Une fois le code QR scanné, commencez à prendre des photos sous différents angles et différents éclairages.

6. Après avoir collecté les images, vous devrez étiqueter le ravageur. Cliquez sur *Labeling queue* (File d'attente d'étiquetage).

7. Étiquetez le nuisible à l'aide de la souris en créant un cadre autour de lui (**Figure 6**). C'est tout pour la collecte des données, et passez à l'étape suivante de l'apprentissage du modèle.

## Créer l'impulsion

Pour créer l'impulsion, des données brutes sont acquises en entrée, puis le traitement du signal extrait les caractéristiques et enfin un bloc d'apprentissage procède à la classification des nouvelles données (**Figure 7**).

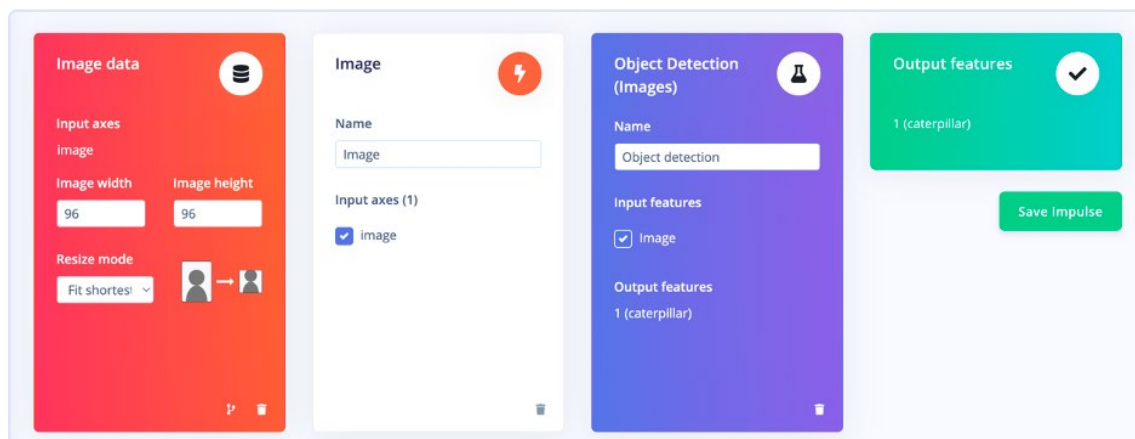


Figure 7. Création de l'impulsion. (Source : Mouser Electronics)



1. En fonction de l'application, ajustez les données d'image.
2. Pour le bloc de traitement, choisissez *Image*.
3. Pour le bloc d'apprentissage, choisissez *Détection d'objets*.
4. Enregistrez l'impulsion.

### Classificateur de réseau neuronal

Le classificateur de réseau neuronal prend quelques données d'entrée et génère une valeur indiquant la probabilité que ces données appartiennent à une classe particulière. Pour ce projet, le nombre de cycles d'apprentissage a été fixé à 60.

Exportez l'impulsion en tant que micrologiciel OpenMV et accédez à l'EDI OpenMV. Vous pouvez également utiliser notre modèle déjà entraîné en téléchargeant les fichiers à partir de la page Mouser GitHub [8].

Connectez votre appareil à votre ordinateur. Cliquez sur le bouton *Connect* dans l'EDI OpenMV. L'appareil devrait être automatiquement détecté. Enfin, cliquez sur le bouton *Flash* pour charger le micrologiciel.

### Connectivité sans fil

**Capteur vers passerelle** : le Thyone-I Wireless FeatherWing fonctionnant en mode transparent, agit comme une liaison sans fil 2,4 GHz à la place du filaire. Dans ce mode de fonctionnement, toutes les données provenant du Nicla Vision via l'interface UART sont transmises sans fil. De même, les informations reçues sur la liaison sans fil sont transmises à l'UART.

**Passerelle vers le cloud** : la passerelle se compose du poste Thyone-I FeatherWing pour recevoir les messages des nœuds. Les données radio sont transmises de manière transparente au Feather M0 express via l'UART. Au démarrage, le MCU M0 configure l'Adrastea-I FeatherWing pour se connecter au courtier cloud MQTT. Dès réception des messages des nœuds capteurs, le MCU M0 publie les données directement dans le cloud. Le courtier cloud MQTT met les messages à disposition de tous les clients abonnés. L'utilisateur peut les recevoir à l'aide de n'importe quelle application ouverte de téléphonie mobile MQTT. Le code de cette application est disponible sur la page GitHub de Würth Elektronik [9].



#### À propos de Rafik Mitry

Rafik Mitry a rejoint Mouser Electronics en 2019 après avoir obtenu son master en génie électrique à l'Université technique de Munich, où il a également été chercheur dans le domaine de la récupération d'énergie pendant trois ans. En tant qu'ingénieur marketing technique chez Mouser, Rafik élabore un contenu technique unique qui reflète les tendances technologiques actuelles et futures de l'industrie électronique. En plus de se tenir à niveau des dernières tendances technologiques, Rafik est un passionné d'aviation et de tennis.



#### À propos de Shashank Hedge

Shashank Hedge est étudiant en master à l'Université technique de Munich. Il travaille chez Würth Elektronik eiSos depuis 2022 en tant que stagiaire/étudiant dans la division connectivité sans fil et capteurs. Son domaine de recherche inclut les systèmes embarqués, l'Internet des Objets et les communications entre véhicules.

### Combinaison puissante de technologies

Les progrès dans le domaine de l'électronique ainsi que du ML permettent d'effectuer des tâches complexes telles que la détection d'objets avec des ressources matérielles limitées. En y ajoutant la connectivité sans fil, on obtient un mécanisme très performant pour surveiller et contrôler l'environnement à distance. Dans cet exemple, ces technologies sont exploitées pour construire un prototype de système de détection des nuisibles, base d'une agriculture intelligente et connectée. ◀

Vf : Helmut Müller — 240389-04

### LIENS

- [1] Arduino Nicla Vision: <https://tinyurl.com/arduino-nicla-vision>
- [2] Würth Elektronik Thyone-I FeatherWing: <https://tinyurl.com/thyone-i>
- [3] Würth Elektronik Adrastea-I FeatherWing: <https://tinyurl.com/adrastea-i>
- [4] Adafruit Feather M0 Express: <https://tinyurl.com/mo-express>
- [5] OpenMV: <https://openmv.io/pages/download>
- [6] Edge Impulse: <https://edgeimpulse.com>
- [7] Visual Studio Code with PlatformIO extension: <https://platformio.org/install/ide?install=vscode>
- [8] GitHub Page Mouser: <https://github.com/rmitry/pest-detection>
- [9] GitHub page Würth Elektronik eiSos: <https://github.com/WurthElektronik/FeatherWings>