



# lektor

design > share > earn

ÉDITION **BONUS**  
déclassifiée

8H  
DEPUIS 1961

Semaine 50

Articles bonus gratuits chaque semaine !

# l'IA s'invite à la rédaction

Disponible la semaine 51

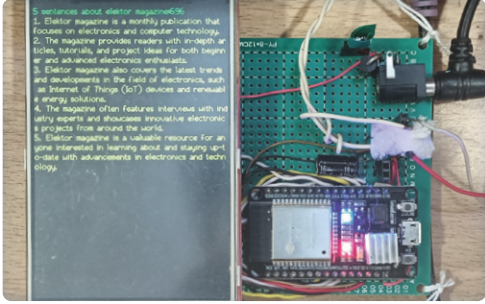
Disponible la semaine 51

Disponible la semaine 1 (2025)



Edge AI haute performance  
le nouveau STM32N6

Disponible la semaine 1 (2025)



un terminal d'IA personnel  
donner une voix à ChatGPT

Disponible la semaine 52

# VOUS AVEZ DE LA CHANCE !



TÉLÉCHARGEZ  
GRATUITEMENT

Un abonné à l'e-zine ne manque jamais  
le mensuel «reverse project»

Vous n'êtes pas encore abonné ? Inscrivez-vous à  
notre e-zine gratuit à [elektormagazine.fr/ezine-24](http://elektormagazine.fr/ezine-24)







47<sup>ème</sup> année n° 510B  
Édition bonus spéciale IA  
ISSN 0181-7450

N° de TVA Intracommunautaire : FR90319937454

Dépôt légal : novembre 2024  
CPPAP 1125 T 83713  
Directeur de la publication : Donatus Akkermans

Elektor Magazine est publié 8 fois par an par PUBLITRONIC SARL – c/o Regus Roissy CDG 1, rue de la Haye – BP 12910 FR - 95731 Roissy CDG Cedex [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) | [www.elektormagazine.fr](http://www.elektormagazine.fr)

**Directeur du contenu, Elektor:** C. J. Abate

**Pour toutes vos questions :** [service@elektor.fr](mailto:service@elektor.fr)

**Devenez membre :** [www.elektormagazine.fr/abo](http://www.elektormagazine.fr/abo)

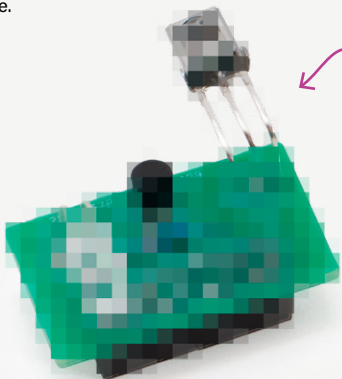
**Publicité :** Ouafae Hassani  
Tél. : +31 (0)6 41312932  
[ouafae.hassani@elektor.com](mailto:ouafae.hassani@elektor.com)  
[www.elektormagazine.fr/publicité](http://www.elektormagazine.fr/publicité)

**Tarifs Annuels :**  
France 1 an 129,95 € (8 numéros)

**Droits d'auteur**  
© 2024 Elektor International Media B.V.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957 - art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425).

Certains circuits, dispositifs, composants, etc. décrits dans cette revue peuvent bénéficier de droits propres aux brevets; la Société éditrice n'accepte aucune responsabilité du fait de l'absence de mention à ce sujet. Conformément à l'art. 30 de la Loi sur les Brevets, les circuits et schémas publiés dans Elektor ne peuvent être réalisés que dans des buts privés ou scientifiques et non commerciaux. L'utilisation des schémas n'implique aucune responsabilité de la part de la Société éditrice. La Société éditrice n'est pas tenue de renvoyer des articles qui lui parviennent sans demande de sa part et qu'elle n'accepte pas pour publication. Si la Société éditrice accepte pour publication un article qui lui est envoyé, elle est en droit de l'amender et/ou de le faire amender à ses frais; la Société éditrice est de même en droit de traduire et/ou de faire traduire un article et de l'utiliser pour ses autres éditions et activités, contre la rémunération en usage chez elle.



# Plus de projets et articles sur l'IA

Pensiez-vous vraiment que notre exploration de l'IA s'arrêterait avec la publication de l'édition 2024 spéciale IA du magazine Elektor ? Bien au contraire ! Comme nos lecteurs assidus le savent bien, chez Elektor, nous développons continuellement de nouveaux projets, tutoriels et articles approfondis. Avec cette édition bonus, que nous révélerons progressivement sur quatre semaines, nous espérons vous inspirer à concevoir des solutions IA innovantes pour les semaines et les mois à venir.

Si vous êtes à la recherche d'un projet pour débiter avec l'IA, l'article « télécommande IR universelle basée sur l'IA » constitue un excellent point de départ ! En utilisant un Raspberry Pi 5, la plateforme MediaPipe Studio de Google et une petite carte d'interface, vous aurez l'opportunité de créer un système de reconnaissance gestuelle polyvalent qui vous permettra de contrôler votre téléviseur ou d'autres appareils télécommandés par infrarouge.

Est-il possible pour une réalisation moderne de capturer l'essence de l'expérience originale de Turing ? Découvrez-le dans l'article « Un terminal personnel d'IA ». Grâce à un module ESP32, un écran TFT, et un amplificateur I<sup>2</sup>S, cet appareil devient une interface moderne pour le test de Turing du 21<sup>e</sup> siècle, permettant une communication directe avec ChatGPT.

Dans l'article « l'IA pour la conception de produits », nous examinons comment l'IA a révolutionné la création d'images. Les concepteurs ont désormais la capacité de transformer des esquisses et des idées en rendus photoréalistes simplement en utilisant des invites textuelles efficaces. Cet article plonge dans l'univers des outils de conception innovants alimentés par l'IA.

Curieux de connaître l'histoire de l'IA dans les pages d'Elektor ? Ce numéro spécial vous propose un voyage captivant à travers les archives d'Elektor, mettant en lumière l'évolution de l'intelligence artificielle au sein de notre communauté électronique. Immergez-vous dans les meilleures recommandations sélectionnées par nos rédacteurs, issues des éditions précédentes de votre magazine préféré.

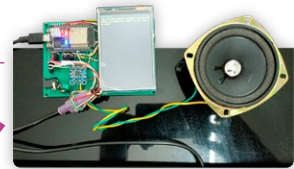
Et bien plus encore vous attend dans cette édition bonus gratuite !

Une fois que vous aurez exploré ce numéro et démarré vos propres projets d'IA n'oubliez pas de partager vos expériences sur la plateforme en ligne Elektor Labs à l'adresse [www.elektormagazine.com/labs](http://www.elektormagazine.com/labs). Nous sommes impatients de découvrir vos innovations et créations !

C. J. Abate (Directeur du contenu, Elektor)

## DANS CE NUMÉRO

4 un terminal d'IA personnel donner une Voix à ChatGPT



8 High-Performance Edge AI : le nouveau STM32N6 des performances et des capacités d'IA qui changent la donne



Disponible la semaine 51

Disponible la semaine 52

Disponible la semaine 1 (2025)



L'édition 2024 spéciale IA du magazine Elektor est disponible en kiosque et sur l'e-shoppe Elektor.

[www.elektor.fr/20727](http://www.elektor.fr/20727)



# un terminal d'IA personnel

## Donner une Voix à ChatGPT

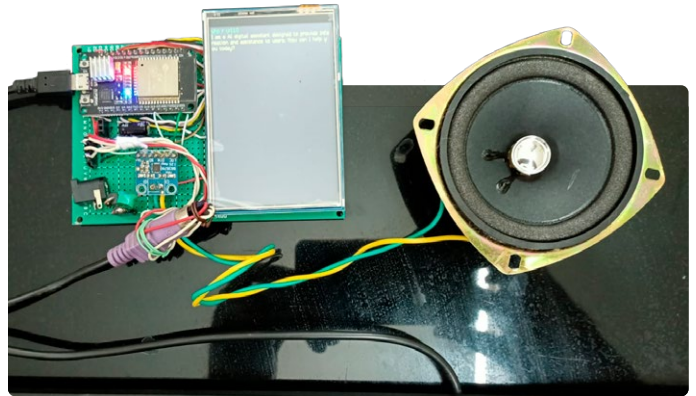
Somnath Bera (Inde)

La question de savoir si des solutions d'IA telles que ChatGPT peuvent réussir le test de Turing suscite toujours de vifs débats. À l'origine, Turing avait envisagé un test où un opérateur humain évaluerait les réponses à des questions transmises via un télécriteur. Nous proposons une adaptation contemporaine de ce concept expérimental, en utilisant un ESP32 équipé d'un clavier et d'un écran TFT pour établir une communication exclusive avec ChatGPT via Internet. De plus, grâce à la synthèse vocale de Google, couplée à un petit module amplificateur I2S et à un haut-parleur, il est possible d'écouter la conversation. Toutefois, dans notre configuration, il est clair dès le départ que notre interlocuteur est une machine, n'est-ce pas ?

Il ne fait aucun doute que les outils d'IA tels que ChatGPT d'OpenAI et Gemini de Google ont le potentiel de révolutionner de nombreux domaines. J'utilise ChatGPT pour développer des solutions de contrôle assez complexes. Je commence par présenter l'idée initiale et, puis je fournis progressivement des informations supplémentaires, ce qui permet à l'outil d'affiner et d'améliorer le code à chaque itération. Il est même capable de convertir un code Python en MicroPython ou en un croquis Arduino. Il est crucial de diriger minutieusement le processus pour s'assurer qu'il ne dévie pas de l'objectif initial. Il arrive qu'il dévie et répète les mêmes erreurs, mais j'aime bien trouver ces bogues et réajuster les résultats de ChatGPT pour qu'ils correspondent mieux à mon objectif.

### Matériel

Le cœur de ce projet est le module de développement ESP32 d'Espressif. Grâce à son architecture à double cœur, ce module dispose d'une capacité de traitement suffisante pour gérer les communications Wifi, gérer l'entrée série d'un clavier PS2, envoyer des données à l'écran



TFT de 3,5 pouces et sortir des données audio numériques vers le module I2S. Le schéma complet du terminal ChatGPT est présenté dans la **figure 1**.

L'utilisation d'un clavier PS2 pourrait sembler surprenante ; la raison en est simplement que je n'ai pas réussi à implémenter un port USB à cet effet sur l'ESP32. Dans le temps limité dont je disposais, j'ai choisi une interface PS2 pour sa simplicité et sa faible consommation de ressources. Les connecteurs PS2 pour claviers sont disponibles chez plusieurs fournisseurs de composants électroniques en ligne. L'affectation des broches du clavier PS2 est indiquée dans le schéma du circuit. Il est probable que certains développeurs souhaitent évoluer vers une interface USB, et je suis impatient de lire leurs retours. L'écran tactile TFT de 3,5 pouces utilisé a une interface parallèle plutôt que la version SPI alternative. Cela nécessite plus de fils de connexion, mais dans cette application, nous avons suffisamment de GPIO de rechange et l'interface offre un temps de réponse significativement plus rapide. Les fonctionnalités tactiles de l'écran ne sont pas utilisées ici.

Un module amplificateur MAX98357A I2S (**figure 2**) convertit le signal audio numérique I2S généré par l'ESP32 en audio analogique. Un amplificateur intégré de classe D de 3 W amplifie le signal pour obtenir un bon niveau sonore. L'entrée de gain est liée à la masse, ce qui produit un volume maximal de l'ampli. La sortie de l'amplificateur de classe D peut alimenter un haut-parleur de 4 Ω.



Figure 2. Le module amplificateur audio convertit l'audio numérique I2S en 3 W.

### Ne perdez pas la clé

ChatGPT, développé par OpenAI, est capable de générer des réponses textuelles à des requêtes ou questions fournies par les utilisateurs. Il fonctionne généralement via une interface de navigateur. L'API OpenAI a été conçue pour être utilisée par les développeurs et les entreprises afin qu'ils puissent intégrer des fonctions d'IA dans leurs propres applications, logiciels ou sites web. Il ne s'agit pas seulement d'une interface de chatbot, mais d'une interface de programmation flexible permettant aux entreprises d'intégrer les fonctionnalités de chatGPT dans leurs produits. Les développeurs envoient des données à l'API de manière programmatique et obtiennent des réponses en retour. Pour accéder à l'API OpenAI, une clé unique est nécessaire ; celle-ci est générée lors de votre inscription sur le site web d'OpenAI [1] où il faut cliquer sur *Sign up*.



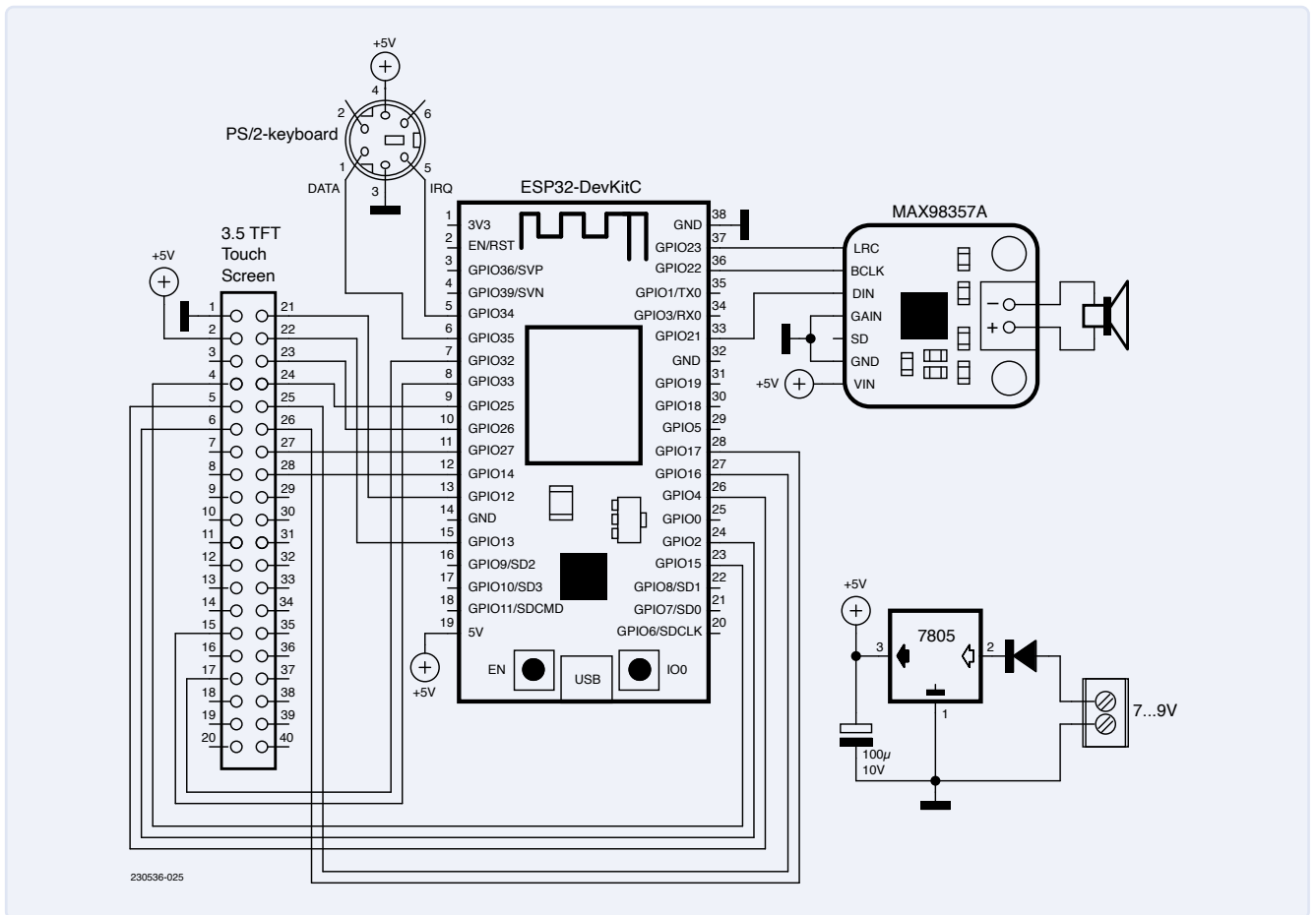


Figure 1. Schéma du terminal ChatGPT parlant.

Remplissez le formulaire d'inscription avec votre adresse électronique, votre mot de passe et d'autres informations requises. Une fois ces informations saisies, accédez au tableau de bord de votre compte OpenAI et cliquez sur le bouton **NEW PROJECT**. Donnez un nom et une description à votre projet (facultatif). Dans les paramètres de votre projet, cliquez sur l'onglet **API KEYS**. Vous verrez une liste des clés secrètes existantes (**figure 3**). Cliquez sur le bouton **Create a new secret Key** pour générer une nouvelle clé. Faites une copie de cette clé API générée et conservez-la en sécurité, car elle ne pourra plus être récupérée ultérieurement pour des raisons de sécurité. Vous aurez besoin de cette clé pour authentifier vos applications avec les services d'OpenAI. Le site propose également un tutoriel de démarrage rapide pour les développeurs qui vous guide dans le processus de génération d'une réponse via l'API en utilisant la clé générée pour autoriser votre accès.

Au moment de la rédaction de cet article, OpenAI fournit des crédits gratuits lors de la première inscription, qui permettent d'expérimenter avec l'API. Après avoir utilisé tous ces crédits, vous devrez payer en fonction de votre utilisation. Si vous n'avez pas encore mis en place une méthode de paiement pour la facturation, il sera nécessaire de le faire. Assurez-vous de lire attentivement les directives d'utilisation et les conditions de service d'OpenAI.

### Synthèse vocale

Une API de synthèse vocale (TTS) est utilisée pour convertir la réponse textuelle de OpenAI en un flux de données audio numériques. Il existe plusieurs API de synthèse vocale que nous pouvons utiliser à cette fin. OpenAI possède sa propre API TTS qui propose une variété de voix naturelles. Pour accéder à cette API, vous devez utiliser la même clé que celle qui vous a été attribuée pour utiliser l'API OpenAI.

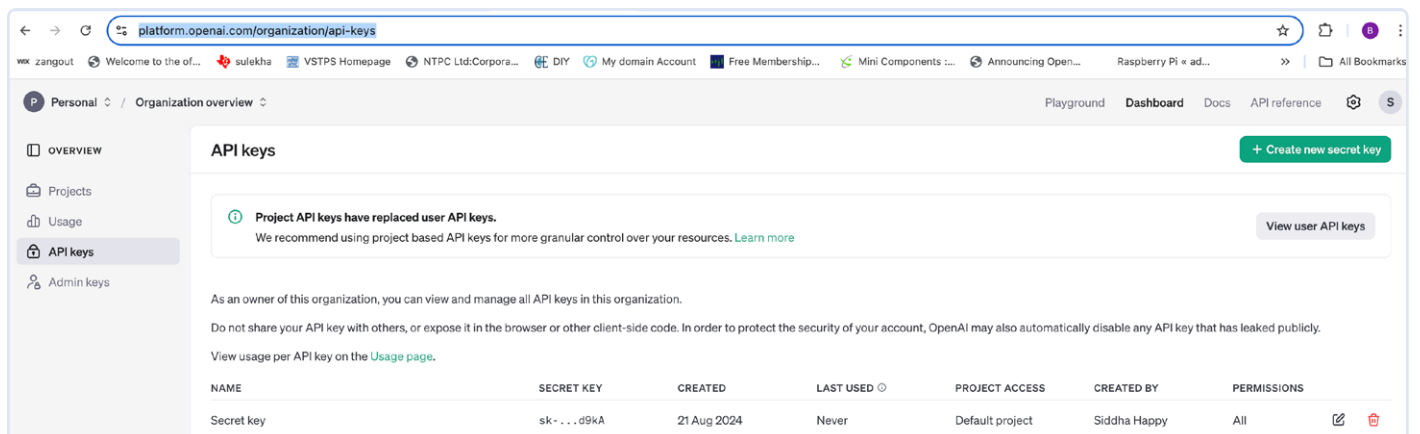


Figure 3. Page d'inscription à l'API de l'OpenAI.

Pour notre projet, nous utilisons l'API Google Cloud Text-to-Speech. Elle offre une gamme variée de voix disponibles en plusieurs langues et dialectes. Bien que les voix fournies par Google puissent parfois paraître légèrement plus mécaniques que celles d'OpenAI et que de longs textes puissent entraîner des interruptions dans l'audio, l'utilisation de l'API Google est gratuite pour le moment, contrairement à l'API TTS d'OpenAI qui est payante.

Pour démarrer avec Google TTS, nous devons d'abord créer le projet sur Google Cloud et activer l'API Google TTS pour obtenir notre clé API. Les chaînes de texte peuvent maintenant être envoyées à l'API à l'aide d'une requête HTTP POST accompagnée de la clé. Le flux audio numérique I<sup>2</sup>S résultant est ensuite stocké et lu pour produire un signal audio analogique via le MAX98357A.

## Logiciel : bibliothèques

Le croquis Arduino est fourni [2]. Vérifiez toutes les bibliothèques référencées dans l'en-tête du croquis pour vous assurer qu'elles sont installées dans votre environnement, si ce n'est pas le cas, installez-les en utilisant le gestionnaire de bibliothèques de l'EDI Arduino. En utilisant les méthodes disponibles dans la bibliothèque *Audio.h*, nous avons pu facilement produire une sortie audio pour accompagner les mots écrits sur l'écran TFT. Il a suffi d'ajouter quelques lignes dans la boucle pour générer l'audio (voir le croquis Arduino).

```
#include <PS2Keyboard.h>
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <ArduinoJson.h>
#include <SPI.h>
#include <TFT_eSPI.h> // Hardware-specific library
#include "Audio.h" //Audio header file

// GPIO connections to I2S board
#define I2S_D0OUT 21
#define I2S_BCLK 22
#define I2S_LRC 23
```

```
Audio audio; //audio instance creation
```

Le fichier *ArduinoJSON.h* est utilisé pour analyser les données de réponse au format JSON de l'API OpenAI dans un format utilisable par le code Arduino.

## Logiciel : Requête de l'API ChatGPT

Le processus d'interaction avec l'API OpenAI est inclus dans la fonction `makeApiRequest(String prompt1)` :

1. Nous commençons par configurer un `HTTP client`:

```
HTTPClient http;
http.setTimeout(24000); // 24 seconds timeout
http.begin("https://api.openai.com/v1/chat/completions");
http.addHeader("Content-Type", "application/json");
http.addHeader("Authorization", "Bearer " +
                String(api_key));
```

2. Ensuite, nous préparons la charge utile qui sera au format JSON :

```
StaticJsonDocument<1024> jsonPayload;
// setting a maximum size of 1KB
jsonPayload["model"] = "gpt-3.5-turbo";
// model is gpt-3.5-turbo,
// change if you have access to 4 or 4.5
jsonPayload["temperature"] = 0.8;
// randomness of response, the higher
// the value, the higher the randomness
jsonPayload["max_tokens"] = 2000;
// maximum words & punctuations
// limit to be generated by response
```

3. Préparez le message (un tableau de messages imbriqués), utilisez le format JSON et envoyez la demande :

```
JSONArray messages = jsonPayload.
    createNestedArray("messages");
//put in a nested format not random
JsonObject userMessage = messages.createNestedObject();
userMessage["role"] = "user";
userMessage["content"] = prompt1;
String payloadString;
serializeJson(jsonPayload, payloadString);
```

4. Envoyez la demande et recevez la réponse :

```
int httpResponseCode = http.POST(payloadString);
//transfer to the open page
if (httpResponseCode == HTTP_CODE_OK) {
    String response = http.getString();
    // if everything goes OK get the
    // reply = output and put in a string
    ...
}
```

5. La page web comprendra généralement une jungle d'informations parasites (toutes dans le code HTML) qui ne sont pas utiles pour notre application et qui peuvent être supprimées. Ici, nous normalisons la réponse - en supprimant les balises JSON, etc. afin qu'elle puisse être lue sur l'écran TFT :

```
StaticJsonDocument<1024> jsonResponse;
//parse the tags etc of the response string.
deserializeJson(jsonResponse, response);
// and put in a simple stripped string & return
String assistantReply = jsonResponse
    ["choices"][0]["message"]["content"].
    as<String>();
// select the first part which contains our reply
return assistantReply;
```

## Logiciel : Setup et Loop

Dans la fonction `setup` nous initialisons la carte TFT, I<sup>2</sup>S, connectée à Internet avec nos identifiants Wifi.

```
void setup() {
```



```

delay(300);
...
audio.setPinout(I2S_BCLK, I2S_LRC, I2S_DOUT);
//I2S board initialised
audio.setVolume(50);

```

Dans la fonction `loop` nous envoyons des questions à ChatGPT. Lorsque la session est terminée, nous restons à l'intérieur de la boucle `loop` :

```

String response = makeApiRequest(msg);
// sent to Chatgpt
...
if (l1>200) {
    response = response.substring(0, 200);
    // truncate first 200 characters
}
audio.connecttospeech(response.c_str(), "en");
//speak up the 200 characters

```

Google TTS impose une restriction de 200 caractères, refusant de traiter des textes plus longs. Pour surmonter cette limite, la réponse est tronquée à 200 caractères spécifiquement pour la synthèse vocale. Ainsi, bien que la réponse intégrale soit visible à l'écran, seule la partie initiale est convertie en audio. Pour les textes excédant cette longueur, le contenu défile sur l'écran, mais cela peut être ajusté en apportant de légères modifications au croquis.

## Test du projet

Les délais que j'ai utilisés dans les boucles du logiciel sont assez spécifiques. Vous pouvez les ajuster, mais je vous recommande de commencer par les valeurs par défaut utilisées dans le code. Une fois que vous êtes à l'aise avec les réponses, n'hésitez pas à les modifier. J'ai commencé par des questions simples comme « Qui êtes-vous ? » ChatGPT a répondu de manière appropriée, en affichant l'introduction à l'écran, tandis que l'interlocuteur l'articulait clairement.

J'ai ensuite testé le système en utilisant des questions telles que : « Écrivez 5 phrases à propos du magazine Elektor » (**figure 4**) et je lui ai même demandé d'écrire des croquis blink pour Arduino UNO, ESP32, et Raspberry Pi Pico.

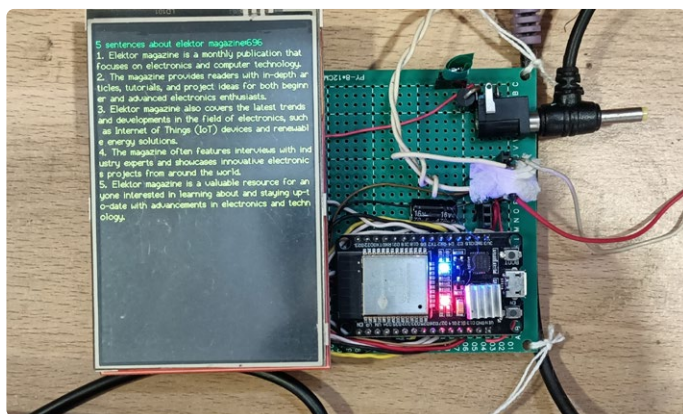


Figure 4. Test du système avec des requêtes demandant des croquis de clignotement pour Arduino UNO, ESP32 et Raspberry Pi Pico.

Dans tous les cas, ChatGPT s'est parfaitement comporté, a parfaitement compris le contexte et a répondu avec précision. La sortie vocale est haute et claire.

## Pour conclure

Tous les fichiers associés à ce projet se trouvent à l'adresse [2]. Internet et les navigateurs web tels que Google ont totalement révolutionné notre accès à l'information et remplacé ces encyclopédies encombrantes qui garnissaient nos étagères. Aujourd'hui, nous assistons à la montée en puissance de logiciels et de machines d'IA basés sur ChatGPT API, TensorFlow Lite Micro, Edge Impulse, OpenMV, TinyML, qui sont prêts à transformer les modèles commerciaux existants et les méthodes plus traditionnelles de résolution de problèmes. Nous nous trouvons à l'aube d'une ère intéressante. ◀

230536-04



## À propos de l'auteur

Somnath Bera, ingénieur en mécanique du Jalpaiguri Govt. Engg. College, en Inde, a travaillé comme directeur général chez NTPC, le plus grand producteur d'électricité du pays. Il a une profonde passion pour l'électronique, comme en témoignent ses plus de 60 projets innovants sur Elektor Labs, dont plus de 10 ont fait l'objet d'un article dans le magazine Elektor. Ses projets sont souvent axés sur la résolution de problèmes dans des domaines tels que la gestion des déchets et des ressources naturelles. Somnath aime utiliser des approches et des plateformes innovantes comme Arduino, Raspberry Pi et ESP32, associées à différents types de capteurs et de systèmes sans fil, pour créer des solutions efficaces et rentables.

## Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (berasomnath@gmail.com), ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



## Produits

➤ **Esspressif ESP32-DevKitC-32E**  
[www.elektor.fr/20518](http://www.elektor.fr/20518)

## LIENS

- [1] Site web d'OpenAI : <https://platform.openai.com>
- [2] Page web de cet article (téléchargements) : <https://www.elektormagazine.fr/230536-04>



# Edge AI haute performance : le nouveau STM32N6

Des performances et des capacités d'IA qui changent la donne

Contribué par STMicroelectronics

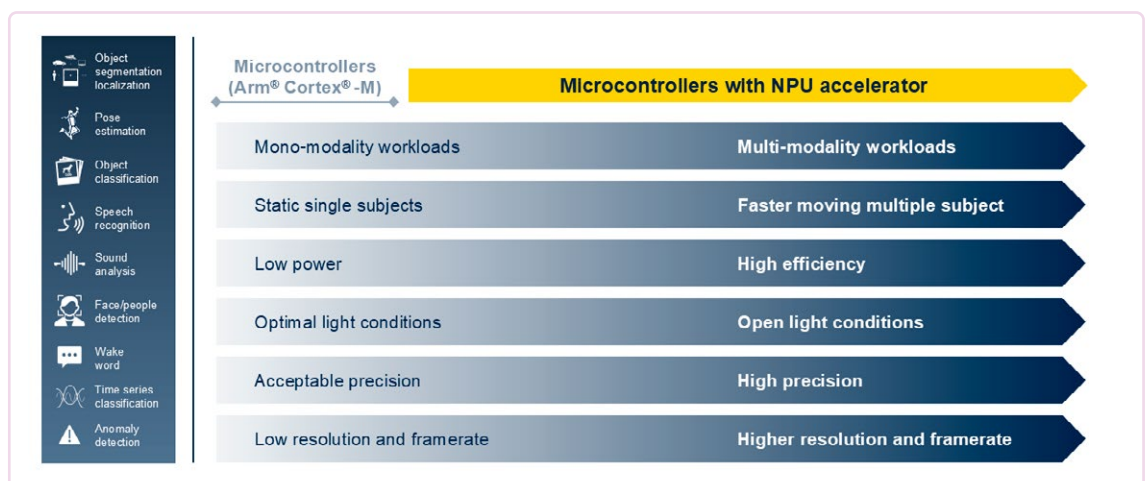
Le nouveau STM32N6 est conçu pour répondre à la demande croissante d'IA en périphérie, ou « edge AI », ouvrant la voie à de nouvelles applications dans des domaines tels que la vision par ordinateur, le traitement audio et d'autres technologies avancées. Il continue de repousser les limites des applications vidéo et multimédia, en améliorant l'expérience utilisateur grâce à ses capacités multimédias enrichies.

Les microcontrôleurs STM32, basés sur des processeurs Arm Cortex de M0 à M7, sont reconnus au sein de la communauté électronique pour leur riche ensemble de périphériques et bénéficient d'un écosystème étendu de cartes de développement, de bibliothèques et d'outils logiciels adaptés à une multitude d'applications. Le nouveau STM32N6 excelle dans le prétraitement de données en périphérie, grâce à l'intégration de l'IA au moyen d'une unité de traitement neuronal (NPU). Il ouvre de nouveaux horizons d'applications à base de microcontrôleurs (figure 1).

## STM32N6 – caractéristiques et

### avantages

- Le NPU intégré (Neural-ART Accelerator) constitue le cœur du nouveau STM32N6. Il offre une performance impressionnante de 600 GOPS pour une très faible consommation d'énergie. Ce NPU change la donne, en offrant des performances d'IA haut de gamme (figure 2) sur un microcontrôleur à faible encombrement, à faible consommation d'énergie et à faible coût.
- Avec son cœur Arm Cortex®-M55 cadencé à 800 MHz, le STM32N6 atteint 1280 DMIPS et 3360 CoreMark, marquant la plus haute performance pour un microcontrôleur STM32 à ce jour. Il est ainsi idéal pour les applications de vision et de graphisme avancées, supportées par un accélérateur Chrom-ART, un accélérateur NeoChrom, un encodeur H264 et un encodeur/décodeur JPEG.
- Le microcontrôleur est doté de 4,2 Mo de RAM intégrée, ce qui permet le traitement des données en temps réel, le multitâche et une exécution efficace sans nécessiter de mémoire externe dans la plupart des cas. En plus, il dispose d'un riche ensemble de périphériques, y compris deux interfaces USB, Ethernet Gbit, I3C, et sept interfaces





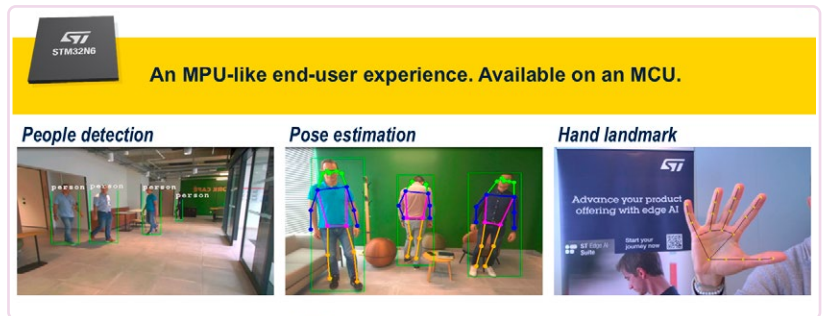
UART, offrant ainsi des options de connectivité polyvalentes pour diverses applications.

- Un processeur de signal d'image (ISP) dédié peut traiter le signal issu de module camera de 5 MP à 30 fps. Le micrologiciel intégré au processeur Arm Cortex permet la balance des blancs et l'exposition automatiques. Un outil logiciel gratuit permet un réglage fin de l'ISP (**figure 3**).
- Totalement intégré à l'écosystème STM32, le STM32N6 est soutenu par la ST Edge AI Suite, comprenant des outils tels que STM32Cube.AI, un ensemble de modèles IA prêts à l'emploi (AI model zoo), diverses ressources et des études de cas. Il est également soutenu par de nombreux partenaires, notamment Edge Impulse, Nota.AI et EmbedUR, offrant ainsi un environnement de développement complet.

### Un écosystème logiciel complet

STMicroelectronics est leader dans le domaine de l'Edge AI, offrant des solutions complètes qui répondent aux divers besoins des ingénieurs et des développeurs dans tous les secteurs. Grâce à sa suite Edge AI, ST propose une vaste gamme d'outils logiciels adaptés à différents profils d'utilisateurs et niveaux d'expertise, ainsi qu'une large collection d'études de cas pour inspirer les développeurs.

STM32Cube.AI et ST Edge AI Developer Cloud se distinguent par leur flexibilité et leur capacité à s'adapter aux besoins spécifiques des utilisateurs. Ces outils donnent accès à des ressources avancées pour optimiser et déployer des modèles personnalisés (**figure 4**). ST a également développé un « model zoo » complet accompagné de ressources supplémentaires telles que des scripts de réentraînement et des exemples de code d'application. C'est un point de départ idéal pour les développeurs qui souhaitent mettre en œuvre

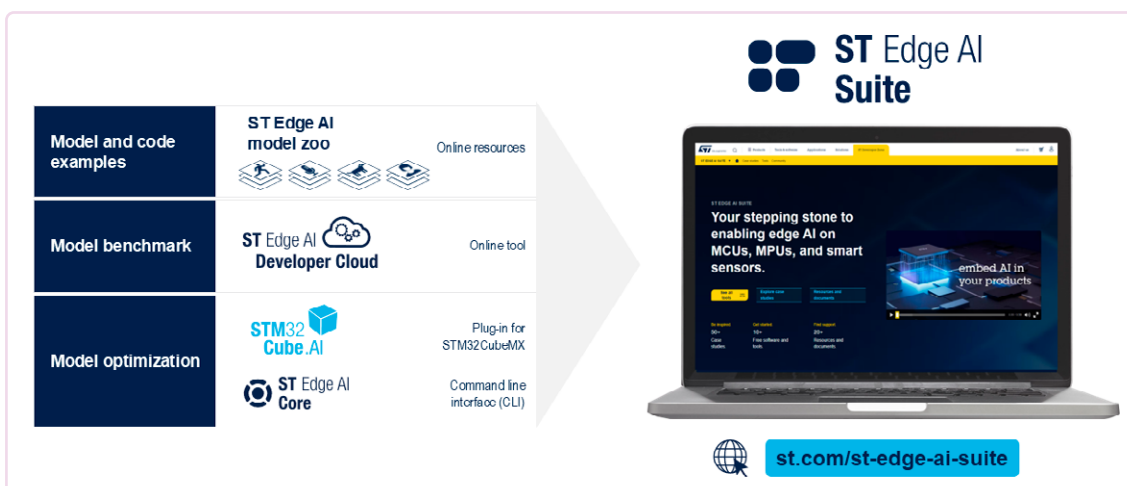


▲  
Figure 2. L'accélérateur ST Neural-ART permet l'exécution d'applications d'IA avancées.

◀  
Figure 3. Un processeur de signal d'image (ISP) dédié est dimensionné pour un appareil photo de 5 MP à 30 fps et peut être réglé avec précision via un outil logiciel.

### Le concours STM32 Edge AI Contest

Souhaitez-vous exploiter les capacités du nouveau STM32N6 dans un projet personnel? Participez au concours **STM32 Edge AI Contest** organisé par STMicroelectronics et Elektor ! Que vous soyez un ingénieur chevronné, un maker ou un étudiant, vous avez l'opportunité de recevoir gratuitement une carte de développement STM32N6. Lancez-vous dans le développement d'une application d'intelligence artificielle avant la fin d'avril 2025. Pour plus de détails sur le concours, consultez la page [www.elektormagazine.com/stm32ai](http://www.elektormagazine.com/stm32ai) ou retrouvez les informations dans l'édition de janvier/février 2025 d'Elektor.



◀  
Figure 4. STM32Cube.AI et ST Edge AI Developer Cloud sont conçus pour les utilisateurs qui ont besoin d'une grande flexibilité. Le model zoo complet avec des exemples de code d'application constitue un excellent point de départ pour les développeurs qui souhaitent créer rapidement des solutions d'IA.



▲  
Figure 5. Le STM32N6 est livré avec un ensemble d'exemples de code pour démarrer votre projet.

rapidement des solutions d'IA sans partir de zéro. Le model zoo fournit des modèles pré-entraînés pour diverses applications, telles que la détection d'objets, la classification d'images et la reconnaissance de scènes audio, qui peuvent être affinés pour répondre à des besoins spécifiques. Les scripts de réentraînement et les exemples de code d'application permettent aux développeurs d'adapter plus facilement ces modèles selon leurs cas d'utilisation uniques, ce qui accélère le processus de développement et réduit les délais de mise sur le marché (figure 5).

### C'est un STM32 !

Les développeurs bénéficieront du formidable écosystème et de l'héritage des produits STM32 pour créer leur propre design. Le STM32N6 offre une multitude d'avantages aux développeurs, ouvrant de nouvelles possibilités et simplifiant le processus de développement :

### Intégration transparente de l'IA

Le STM32N6 s'intègre à l'écosystème STM32, facilitant ainsi le déploiement de l'IA. Les développeurs peuvent s'appuyer sur la suite ST Edge AI, notamment sur des outils tels que STM32Cube.AI, pour optimiser et déployer leurs modèles de réseaux neuronaux en toute simplicité. Cette intégration réduit la complexité

du développement de l'IA et accélère le lancement de nouveaux produits sur le marché.

### Coût et efficacité énergétique

En offrant une expérience utilisateur d'IA similaire à celle d'un MPU avec un encombrement réduit, une consommation énergétique plus basse et des coûts réduits, le STM32N6 permet aux développeurs de créer des applications IA innovantes sans subir les coûts élevés habituellement liés aux solutions MPU et GPU.

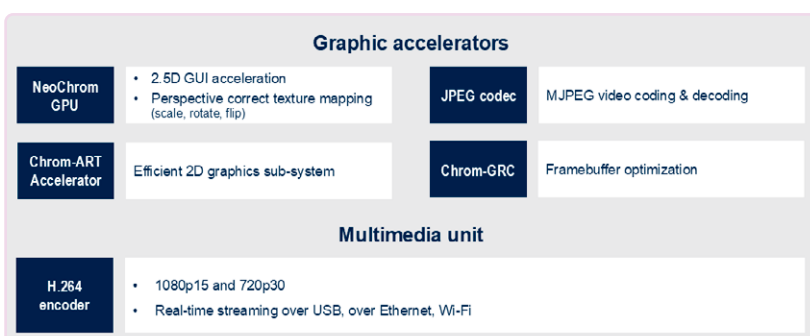
### Performances accrues

Le cœur Arm Cortex®-M55 haute performance, associé au NPU embarqué et à une RAM abondante, garantit aux développeurs l'exécution efficace d'algorithmes d'IA complexes et d'applications multimédias. Cela ouvre de nouvelles possibilités pour créer des applications de pointe qui se démarquent sur le marché compétitif. Les performances du STM32N6 permettent aux développeurs de repousser les limites de ce qui est réalisable avec les microcontrôleurs.

### Des capacités graphiques étendues

Le STM32N6 se distingue comme le MCU STM32 le plus puissant en termes de capacités graphiques. Il intègre l'accélérateur Chrom-ART™ pour l'accélération graphique 2D et l'accélérateur NeoChrom™ pour l'accélération 2,5D, notamment pour le dessin avancé, la correction de perspective et les mappages de texture (figure 6). En outre, le Chrom-GRC™ est très efficace en ressources graphiques pour les affichages non carrés. Avec 4,2 Mo de SRAM intégrée, le STM32N6 offre une mémoire suffisante pour gérer des ressources graphiques volumineuses et des animations complexes sans nécessiter de mémoire externe, ce qui permet de créer des interfaces utilisateur plus rapides et plus réactives.

▼  
Figure 6. Le STM32N6 - qui est également disponible sans l'unité de traitement neuronal - est le microcontrôleur STM32 le plus puissant en termes de capacités graphiques.



### Environnement de développement complet



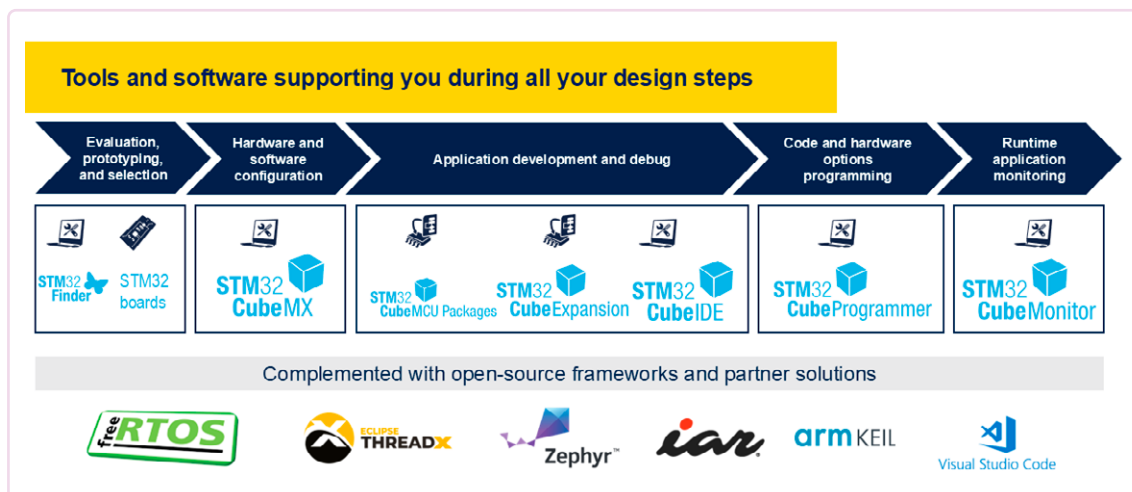


Figure 7. Le STM32N6 est soutenu par un écosystème solide et de nombreux partenaires.

Le STM32N6 est soutenu par un écosystème robuste et de nombreux partenaires, offrant aux développeurs un environnement de développement complet. S'appuyant sur la suite logicielle STM32Cube, il offre une gamme d'outils logiciels pour la configuration, le développement, la programmation et la surveillance. Pour les logiciels embarqués, il inclut des packages, des intergiciels et la prise en charge des pilotes, enrichis par des options RTOS telles que FreeRTOS, Zephyr et Eclipse ThreadX (figure 7).

Dans le domaine de l'IA, les développeurs ont accès à des outils, des ressources, des études de cas et un support de partenaires comme Edge Impulse, Nota.AI et EmbedUR. Pour le développement graphique, le STM32N6 est pris en charge par TouchGFX, ce qui simplifie la création d'interfaces graphiques sophistiquées. Ce vaste réseau de support garantit aux développeurs l'assistance dont ils ont besoin à chaque étape du processus de développement, ce qui permet de créer des applications visuellement impressionnantes et très réactives.

### Flexibilité et polyvalence

Doté d'un riche ensemble de périphériques et d'options de connectivité avancées, le STM32N6 offre aux développeurs la flexibilité nécessaire pour concevoir une large gamme d'applications. Qu'il s'agisse de vision par ordinateur, de traitement audio ou de multimédia avancé, le STM32N6 fournit les outils et les capacités nécessaires pour transformer des concepts innovants en réalité. En outre, le STM32N6 sera également proposée dans une version sans NPU répondre aux besoins des applications exigeant de hautes performances en calcul, graphisme et multimédia, sans intégrer de fonctionnalités d'IA. Cette polyvalence garantit que les développeurs peuvent choisir la configuration adaptée à leurs besoins spécifiques, rendant le STM32N6 adapté à une multitude de secteurs tels que l'automobile, la santé, l'électronique grand public, et l'automatisation industrielle.

### développeurs

Le STM32N6 révolutionne l'IA embarquées, en offrant des performances d'IA de pointe inégalées sur un microcontrôleur. Son faible encombrement, sa consommation d'énergie réduite et ses coûts réduits en font un choix idéal pour une large gamme d'applications, du traitement audio à la vision par ordinateur. Le STM32N6 permet aux développeurs de créer des appareils plus intelligents, plus efficaces et plus sûrs, capables de fonctionner en périphérie.

Les développeurs peuvent s'appuyer sur le STM32N6 pour créer des systèmes domotiques intelligents capables de reconnaître et de réagir à diverses commandes et situations, améliorant ainsi le confort et la sécurité. Dans le domaine de la santé, ce STM32 peut être utilisé pour développer des dispositifs médicaux avancés qui suivent l'état de santé des patients en temps réel, offrant des diagnostics précis et des alertes rapides. Dans le secteur de l'automatisation industrielle, le STM32N6 permet de concevoir des systèmes robustes qui exécutent des tâches complexes avec une précision et une efficacité élevées, améliorant ainsi la productivité et la sécurité. Dans le domaine de l'électronique grand public, ce microcontrôleur permettra de créer de nouveaux appareils innovants, enrichissant les expériences multimédias, de la vidéo haute définition aux jeux immersifs.

Le STM32N6 témoigne de l'engagement de STMicroelectronics envers l'innovation et de l'excellence. En redéfinissant les performances des microcontrôleurs et en intégrant des capacités d'IA avancées, le STM32N6 permet aux développeurs de créer des applications de pointe qui se distinguent dans un marché compétitif. Grâce à son intégration transparente dans l'écosystème STM32 et au soutien de nombreux partenaires, le STM32N6 est prêt à révolutionner le monde des microcontrôleurs et de l'IA embarquée.

Pour plus d'informations, visitez le site

[www.st.com/stm32n6](http://www.st.com/stm32n6). ◀

240676-04

### Des possibilités passionnantes pour les

# DISPONIBLE LA SEMAINE 51

autonomes.



# DISPONIBLE LA SEMAINE 51



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
51**



# DISPONIBLE LA SEMAINE 51



# DISPONIBLE LA SEMAINE 51

**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
51**






**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
51**

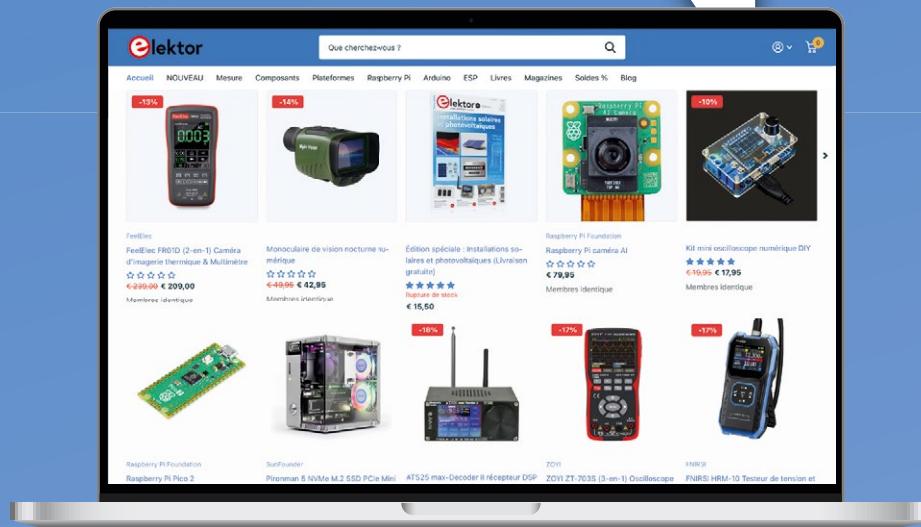


**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
51**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
51**

# Quel est votre avis ?



Chez Elektor, nous offrons bien plus que de simples produits électroniques – nous créons une expérience avec des produits de qualité et un service client exceptionnel, soutenus par la passion de notre communauté.

Partagez votre avis sur  
[www.elektor.fr/pages/customer-reviews](http://www.elektor.fr/pages/customer-reviews)



★★★★★

### Très bonne présentation

Malgré mon anglais technique poussif, la présentation et le développement du sujet aident vraiment le novice que je suis. Les programmes, sur fond bleu, se détachent parfaitement du reste du texte.

★★★★★

### Un utilisateur satisfait de son achat

Excellent rapport qualité/prix, regulation en température précise, n'a rien à envier à une marque commençant par un "W", dont les produits équivalent sont beaucoup plus chers. Je conseille cette station de soudage.

★★★★★

### Très bon service client Elektor

Malgré un problème de composants oubliés, j'ai reçu un autre exemplaire du kit dans un délai très rapide.

Bravo pour cette efficacité devenue trop rare.



# DISPONIBLE LA SEMAINE 52



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**




**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**

# DISPONIBLE LA SEMAINE 52



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**






**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**

**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**






**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
52**

urs

# DISPONIBLE LA SEMAINE 1



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**



# DISPONIBLE LA SEMAINE 1



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**

# DISPONIBLE LA SEMAINE 1



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**



**DISPONIBLE  
LA SEMAINE  
1**

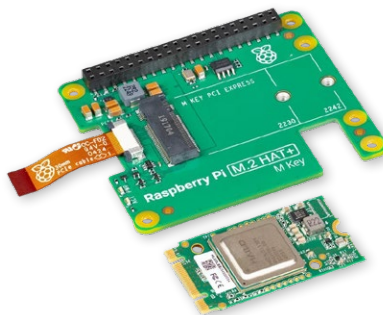


# Mettez la main sur du matériel d'IA de pointe !

## Kit Raspberry Pi AI

Le Raspberry Pi AI Kit comprend le HAT M.2 pour Raspberry Pi et un module d'accélération IA Hailo, destiné à être utilisé avec le Raspberry Pi 5. Il offre un moyen accessible, économique et écoénergétique d'intégrer une IA performante. Découvrez des applications telles que le contrôle de processus, la sécurité, l'automatisation domestique et la robotique !

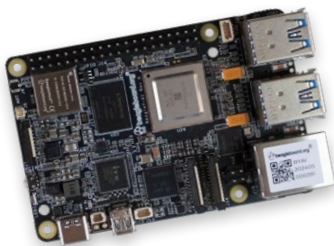
[www.elektor.fr/20879](http://www.elektor.fr/20879)



## Unitree Go2 Pro Robot quadrupède

L'Unitree Go2 est un robot quadrupède conçu pour la recherche et le développement de systèmes autonomes dans les domaines de l'interaction homme-robot (HRI), SLAM et le transport. Grâce à ses quatre jambes et à ses 12 degrés de liberté (12DOF), ce robot peut s'adapter à divers types de terrains.

[www.elektor.fr/20357](http://www.elektor.fr/20357)



## BeagleY-AI SBC avec GPU, DSP et accélérateurs d'IA

Le BeagleY-AI est un ordinateur monocarte 64 bits quadricœur, puissant, open-source et abordable, équipé d'un GPU, d'un DSP et d'accélérateurs de vision/apprentissage profond, conçu pour les développeurs et les créateurs. Les utilisateurs peuvent profiter des images logicielles Debian Linux fournies par BeagleBoard.org, qui incluent un environnement de développement intégré.

[www.elektor.fr/20991](http://www.elektor.fr/20991)

## Raspberry Pi AI Camera

La Raspberry Pi AI Camera est un module caméra compact basé sur le capteur de vision intelligent Sony IMX500. L'IMX500 combine un capteur d'image CMOS de 12 MP avec une accélération d'inférence intégrée pour divers modèles de réseaux neuronaux, permettant aux utilisateurs de développer des applications IA avancées basées sur la vision sans nécessiter d'accélérateur séparé.

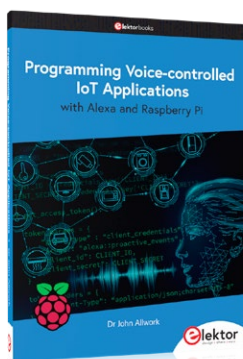
[www.elektor.fr/20953](http://www.elektor.fr/20953)



## Kit de développement Waveshare Jetson Orin Nano AI

Ce kit de développement informatique pour l'IA en périphérie est basé sur le module Jetson Orin Nano et propose une grande variété d'interfaces périphériques telles que M.2, DP, USB, etc. Le kit est également livré avec une carte réseau sans fil AW-CB375NF préinstallée, qui prend en charge Bluetooth 5.0 et le Wi-Fi double bande, avec deux antennes PCB supplémentaires, pour assurer une connexion réseau sans fil rapide et fiable ainsi qu'une communication Bluetooth.

[www.elektor.fr/20762](http://www.elektor.fr/20762)



## Programming Voice-controlled IoT Applications with Alexa and Raspberry Pi

Ce livre est divisé en deux parties : la création de compétences Alexa et la conception de dispositifs IoT (Internet des objets) utilisant un Raspberry Pi. Il couvre des sujets tels que le développement de compétences Alexa, les achats intégrés, et l'utilisation d'AWS Lambda, ainsi que la création d'appareils domestiques intelligents contrôlés par Alexa. Les lecteurs apprennent également la messagerie MQTT, la création de notifications proactives, et la transformation d'un Raspberry Pi en un appareil Alexa autonome.

[www.elektor.fr/20400](http://www.elektor.fr/20400)

# Rejoignez la communauté Elektor



Devenez membre  
maintenant !



- ✓ accès à l'archive numérique depuis 1978 !
- ✓ 8x magazine imprimé Elektor
- ✓ 8x magazine numérique (PDF)
- ✓ 10 % de remise dans l'e-choppe et des offres exclusives pour les membres
- ✓ accès à plus de 5000 fichiers Gerber



Également disponible

abonnement



sans papier !

- ✓ accès à l'archive numérique d'Elektor
- ✓ 10 % de remise dans l'e-choppe
- ✓ 8x magazine Elektor (PDF)
- ✓ accès à plus de 5000 fichiers Gerber



[www.elektormagazine.fr/membres](http://www.elektormagazine.fr/membres)