

Une évolution continue : **l'aventure Arduino** **se poursuit**

Par Mark Patrick, Mouser Electronics



Le temps passe vite dans l'industrie électronique. La famille Arduino d'ordinateurs monocarte (SBC) embarqués open source a vu le jour en 2005. Il s'agissait alors d'une plateforme facile d'utilisation pour les artistes, créateurs et amateurs. Cette famille de SBC vient de fêter son vingtième anniversaire. Contrairement à de nombreux SBC de la même époque, Arduino permettait une exécution directe sur le matériel, sans nécessité d'un système d'exploitation Linux. La facilité d'interfaçage matériel s'est avérée être un facteur clé de différenciation qui a contribué à initier une nouvelle génération de créateurs et d'amateurs au codage, qui cherchaient l'interaction avec le monde réel. L'un des premiers produits d'Arduino fut l'Arduino Duemilanove, basé sur le microcontrôleur AVR 8 bits d'Atmel. Initialement conçu pour les étudiants en design interactif, il offrait une gamme exhaustive de fonctionnalités matérielles, complétées par un environnement de développement convivial et abouti, compatible avec des bibliothèques tierces.

L'impact durable d'Arduino

Les premières cartes Arduino ont laissé une empreinte durable, encourageant de nombreux étudiants au fil des années à participer à la conception matérielle et au codage. Au fil du temps, l'intérêt pour l'expérimentation électronique avait diminué avec l'avènement de l'informatique personnelle, mais Arduino a su changer la donne. Les premiers utilisateurs ont rapidement découvert qu'Arduino était une plateforme informatique simple qui permettait par exemple de faire clignoter des voyants LED ou d'arroser automatiquement ses plantes à domicile avec quelques composants externes et à peine quelques lignes de code.

L'attrait général d'Arduino s'est également renforcé grâce à son agencement de broches empilables permettant d'ajouter des cartes d'extension appelées shields. Son approche open source a encouragé les entreprises à fournir leurs circuits intégrés et leurs modules au format Arduino Shield. Des milliers de shields différents sont disponibles, depuis de simples PCB de prototypage à des modules hautement intégrés tels que des accéléromètres et des modules sans fil. Bien qu'Arduino ait initialement destiné ses cartes et ses shields aux créateurs et aux amateurs, un tournant particulièrement significatif est survenu lorsque les fabricants de semi-conducteurs ont commencé à fournir des cartes d'évaluation et de développement professionnelles avec une prise pour shields Arduino. Certains fournisseurs offraient même leurs cartes de développement sur une carte shield avec un exemple de code Arduino.

Au fil des ans, Arduino a lancé plus de 100 variantes de la carte initiale, dont certaines à des fins spécifiques, comme la Lilypad, une minuscule plateforme circulaire conçue pour être intégrée dans des textiles électroniques et des appareils portables. Certaines cartes plus anciennes ont entre-temps été retirées du portefeuille d'Arduino et remplacées par des plateformes novatrices plus récentes dotées de capacités améliorées.

L'approche open source d'Arduino a également encouragé d'autres organisations à développer leurs propres cartes basées sur le format UNO R3 d'Arduino, ce qui a favorisé l'adoption par les créateurs et stimulé l'innovation à l'échelle mondiale. L'accessibilité d'Arduino à toute personne disposant d'un ordinateur de bureau ou d'un ordinateur portable et d'une idée de nouveau produit a permis l'émergence d'une nouvelle génération d'entrepreneurs, bouleversant ainsi le cycle de développement traditionnel de l'industrie des systèmes embarqués.

Tout ce dont vous avez besoin : la gamme Arduino

Quels que soient les besoins de votre projet, une carte Arduino est la solution idéale. Le portefeuille est divisé en quatre catégories : Classic, Nano, MKR et Mega, chacune avec un format différent et sa propre gamme de shields complémentaires.

Arduino Classic

La famille Classic comprend quelques-unes des cartes Arduino originales. Dans certaines d'entre elles, les caractéristiques et les fonctions ont été mises à jour, mais les cartes conservent leur simplicité d'utilisation et leur flexibilité de conception légendaires.

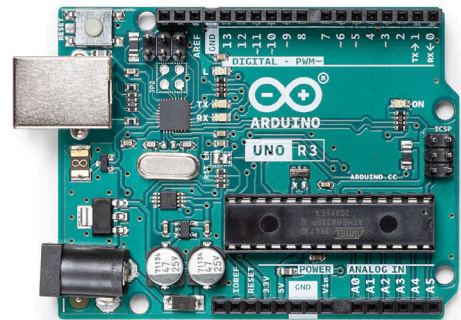


Figure 1 : la carte microcontrôleur Arduino UNO R3, avec les connecteurs qui forment la configuration polyvalente du shield UNO (Source : Arduino)

L'Arduino UNO R3 (**Figure 1**) est basée sur le microcontrôleur AVR 8 bits ATmega328p de Microchip Technology (anciennement Atmel). Elle offre une combinaison équilibrée d'entrées et de sorties analogiques et numériques, ainsi que des ressources informatiques adaptées à un large éventail de projets. Traditionnellement, la carte UNO a été la première carte Arduino utilisée par de nombreux innovateurs. Elle présente 14 broches d'entrée/sortie numériques (dont six configurables comme sorties MLI), six entrées analogiques et une horloge

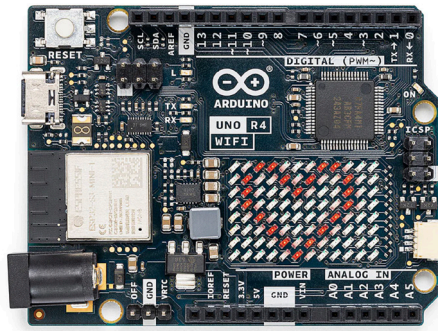


Figure 2 : l'ordinateur monocarte Arduino UNO R4 Wi-Fi est basé sur le microcontrôleur RA4M1 32 bits de Renesas (Source : Arduino)

à quartz de 16 MHz. Le microcontrôleur est préprogrammé avec un bootloader (chargeur d'amorçage) qui permet la programmation via l'environnement de développement intégré (EDI) téléchargeable gratuitement.

Parmi les derniers ajouts à la gamme UNO, citons l'Arduino UNO R4 Wi-Fi (**Figure 2**), qui conserve le même format et le même brochage de shields que l'UNO R3. Cette carte est également basée sur le microcontrôleur RA4M1 de Renesas, doté d'un cœur Arm® Cortex-M4 32 bits, de 256 Ko de mémoire flash et de 32 Ko de RAM. Elle intègre également un SoC Espressif ESP32-S3 Wi-Fi® et la connectivité Bluetooth®, ce qui élargit considérablement ses fonctions embarquées.

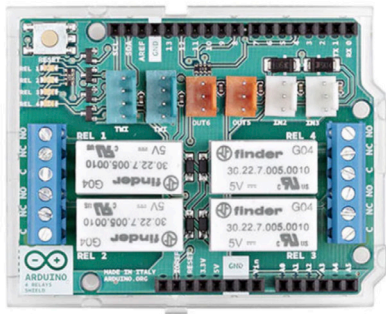


Figure 3 : le shield Arduino 4 Relays offre la possibilité de commander des charges plus puissantes que celles que peuvent fournir les sorties numériques (Source : Arduino)

L'UNO R4 Wi-Fi est doté d'une matrice LED 12x8, d'un connecteur Qwiic pour faciliter la connectivité I²C, d'un DAC 12 bits et d'un amplificateur opérationnel (intégré au RA4M1). Il fonctionne à 48 MHz et l'ESP32 à 240 MHz. L'UNO R4 Wi-Fi accepte une alimentation USB 5 V ou un connecteur d'alimentation cylindrique CC compatible avec une tension allant de 6 V à 24 V CC. Les interfaces périphériques comprennent I²C, SPI, UART et CAN.

Le shield Arduino 4 Relays (**Figure 3**) est un exemple de shield compatible UNO. Étendant la capacité de 8 mA par broche numérique, les quatre relais du shield permettent de piloter des charges plus puissantes. Chaque relais fournit une commutation bipolaire avec des broches normalement ouvertes. Des voyants LED indiquent l'état de chaque relais. Les contacts des relais sont montés en parallèle afin d'augmenter la charge de commutation maximale à 60 W (30 V à 2 A). Le shield 4 Relays est alimenté par la carte UNO hôte et nécessite un maximum de 140 mA lorsque les quatre relais sont activés.

Arduino Uno Q

Lancée en octobre 2025, l'UNO Q représente un changement de paradigme pour Arduino. Il s'agit de leur première carte compatible Linux. Elle est équipée d'un microprocesseur Qualcomm® Dragonwing™ QRB2210 combiné à un microcontrôleur (MCU) STM32U585 compatible temps réel. Elle combine des fonctionnalités d'IA avec une connectivité Wi-Fi/Bluetooth, la prise en charge d'une caméra et une compatibilité UNO classique, le tout géré via le nouvel EDI Arduino App Lab. Cette conception hybride simplifie le développement, permet une IA de pointe et peut prendre en charge des projets avancés sans sacrifier la facilité d'utilisation, ce qui rend la carte idéale pour les créateurs, les enseignants et les professionnels à la recherche de solutions à la fois puissantes et accessibles.

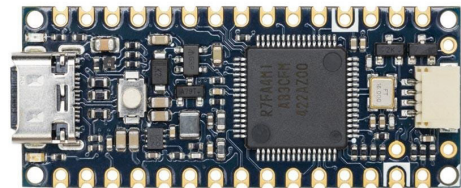


Figure 4 : l'Arduino ABX00142 Nano R4 intègre une connectivité Wi-Fi® et BLUETOOTH® (Source : Arduino)

Arduino Nano

La gamme Nano propose une série variée et hautement intégrée de douze cartes compactes et peu coûteuses de 45 mm x 18 mm. Idéale pour toute application nécessitant une faible empreinte mais de nombreuses fonctionnalités, la gamme Nano convient parfaitement aux wearables, aux applications robotiques et musicales électroniques. Par exemple, l'Arduino Nano Every, bien que beaucoup plus petite que ses cousines UNO, est équipée d'un microcontrôleur plus puissant, le ATmega4809 8 bits de Microchip, qui fonctionne à 20 MHz et est doté d'une mémoire flash de 48 Ko. Les interfaces périphériques comprennent huit broches analogiques, 14 broches numériques et des bus série UART, SPI, et I²C. De nombreuses cartes Nano sont équipées de capteurs intégrés, tels que des capteurs environnementaux, des capteurs de gestes et des microphones numériques. Elles peuvent également être programmées avec MicroPython et prennent

en charge les algorithmes d'apprentissage automatique (ML, machine learning).

Un autre exemple de carte Nano est l'Arduino Nano R4 (**Figure 4**), qui intègre un module multi-radio MCU u-blox NINA W102. Basé sur un SoC sans fil Nordic Semiconductor nRF52840 avec cœur Arm Cortex-M4F, le module prend en charge les communications Wi-Fi 802.11b/g/n dans la bande ISM 2,4 GHz et Bluetooth v4.2 BLE.

La plateforme de machine learning Edge Impulse prend en charge l'ABX00142 Nano R4. Les cas d'utilisation potentiels de TinyML pour la carte comprennent le développement d'un appareil wearable capable de reconnaître les mouvements ou la création d'un système de reconnaissance gestuelle ou vocale.

Famille Arduino MKR

La gamme Arduino MKR se concentre sur la communication sans fil, notamment les protocoles LPWAN tels que LoRa, Sigfox et NB-IoT cellulaire. Toutes les cartes basées sur le format MKR mesurent 61,5 mm × 25 mm et intègrent un microcontrôleur Microchip SAMD21 32 bits à faible consommation avec un cœur Arm Cortex-M0.

L'Arduino MKR NB 1500 (**Figure 5**) est un exemple de carte MKR. Il s'agit d'une carte IoT cellulaire à bande étroite conçue pour utiliser la connectivité cellulaire LTE Cat M1/NB1. La carte fonctionne avec une alimentation 3,3 V CC et comprend 22 broches GPIO numériques, 12 sorties MLI, sept entrées analogiques (8/10/12 bits) et une sortie analogique 10 bits. Les interfaces série comprennent UART, SPI et I²C. La MKR NB 1500 est idéale pour les applications dans les zones distantes où les options de connectivité sont limitées et le dispositif est alimenté par batterie.



Figure 5 : L'Arduino MKR NB 1500 se connecte aux réseaux cellulaires à bande étroite LTE Cat1 M1/NB1 (Source : Mouser Electronics)

La gamme MKR est complétée par une série de shields et de cartes porteuses offrant des fonctionnalités supplémentaires, par exemple le GNSS, une interface réseau Ethernet, la commande de moteur et une matrice LED RVB.

Arduino passe au niveau professionnel

La fiabilité et la flexibilité d'Arduino étant de plus en plus reconnues, le lancement de cartes destinées à la production pour des applications industrielles et commerciales était inévitable. La gamme Arduino Pro répond à la demande de fabricants d'équipements IoT industriels aussi bien établis qu'émergents qui doivent développer et déployer des systèmes rapidement. Le portefeuille Arduino Pro offre une plateforme de développement d'applications IoT simple, rapide et sécurisée comprenant du matériel, des logiciels et des plateformes de connectivité cloud. La gamme Arduino Pro comprend des bibliothèques complexes capables de résoudre de nombreux défis de connectivité industrielle, tels que la connexion à des périphériques Modbus et à des dispositifs bus de terrain hérités. Il existe trois familles de produits Arduino Pro : Portenta, Nicla et Opta, chacune étant prise en charge par une gamme de shields et de cartes porteuses.

Portenta

Portenta est la série de cartes Arduino haute performance et de qualité industrielle. Elles sont équipées de deux cœurs asymétriques qui peuvent exécuter simultanément du code de haut niveau, tel que des piles de protocoles, des algorithmes de machine learning ou des langages interprétés, comme MicroPython ou JavaScript, ainsi que des tâches en temps réel de bas niveau.

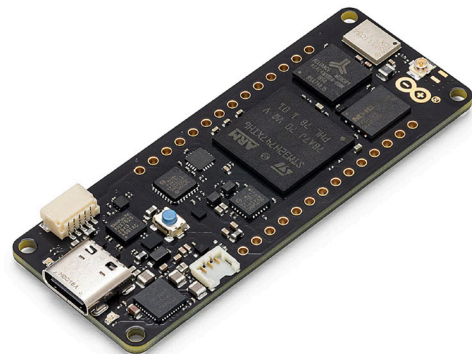


Figure 6 : L'Arduino Portenta H7 est équipée de deux cœurs de processeur haute performance (Source : Arduino)

La **Figure 6** présente la carte Arduino Portenta H7, qui héberge un cœur Arm Cortex-M7 à 480 Mhz et un cœur Arm Cortex-M4 à 240 Mhz pouvant communiquer facilement en utilisant des appels de procédure à distance. Les processeurs partagent tous les périphériques disponibles et les sketches de code Arduino peuvent s'exécuter sur un système d'exploitation Arm Mbed™. La Portenta H7 prend en charge l'exécution d'algorithmes de machine learning TensorFlow Lite sur l'un des cœurs, créant ainsi une application de vision par ordinateur. Le modèle H7 dispose également d'un accélérateur GPU Chrom-ART sur puce, qui permet de contrôler un moniteur externe en plus des codeurs et décodeurs JPEG dédiés.

Les options de connectivité embarquée de la Portenta H7 comprennent un mode double AP/STA, une connexion Wi-Fi simultanée capable de gérer un débit de transfert allant jusqu'à 65 Mb/s et une connectivité Bluetooth Classic/Bluetooth Low Energy. Des interfaces de bus série et réseau telles que UART, SPI, I²C et Ethernet sont disponibles via le connecteur MKR ou la nouvelle paire de connecteurs industriels Arduino à 80 broches.

Nicla

Les cartes minuscules de la série Nicla (**Figure 7**) mesurent 22,86 mm × 22,86 mm et sont les plus petites cartes Arduino conçues pour des applications industrielles. Destinées aux cas d'utilisation alimentés par batterie et à l'apprentissage automatique en périphérie de réseau (machine learning à l'edge), la série Nicla à faible consommation est équipée de capteurs de qualité industrielle, offrant une solution complète dans un format compact.

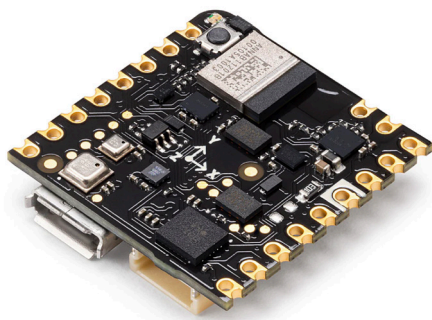


Figure 7 : la carte minuscule Arduino Nicla Sense ME mesure seulement 22,86 mm × 22,86 mm (Source : Arduino)

La carte Nicla Sense ME est un exemple de cette série. Axée sur la détection de mouvement (M) et environnementale (E), elle intègre un système Bluetooth sur puce Nordic Semiconductor 64 MHz Arm Cortex M4 nRF52832. Les capteurs Bosch embarqués comprennent le BHI260AP, un capteur intelligent à auto-apprentissage avec accéléromètre et gyroscope intégrés, un capteur de pression numérique BMP390, un capteur géomagnétique BMM150 et un capteur numérique BME688 de gaz, de pression, de température et d'humidité avec IA. Le Nicla Sense ME convient à des applications industrielles telles que la maintenance prédictive et le suivi conditionnel.

Opta

L'Arduino Opta est le fruit d'un partenariat avec Finder, fabricant de solutions de contrôle industriel. Opta est un contrôleur logique programmable (PLC) montable sur rail DIN et spécialement conçu pour les applications industrielles et d'automatisation des bâtiments. Basé sur un microcontrôleur double cœur STMicroelectronics STM32H747XI Arm Cortex-M7 et Arm Cortex-M4, l'Opta est disponible en trois variantes. L'Opta Wi-Fi PLC (**Figure 8**) offre une connexion Ethernet, une interface de connectivité série RS485 semi-duplex et une connectivité Wi-Fi/Bluetooth Low Energy.



Figure 8 : l'Arduino Opta sans fil comprend quatre relais, chacun étant capable de commuter des charges allant jusqu'à 2,3 kW (Source : Arduino)

Opta prend en charge les mises à jour de micrologiciels à distance (OTA), sécurisées et conformes à la norme X.509, grâce à l'utilisation d'un élément sécurisé intégré. En plus de l'environnement de développement Arduino standard, l'Opta est programmable à l'aide de l'EDI Arduino PLC. Capable d'utiliser cinq méthodes de programmation définies par la norme CEI 61131-3, l'Opta comprend quatre relais capables de commuter 2,3 kW chacun.

Famille Arduino Modulino®

La famille Arduino Modulino® (**Figure 9**) est un ensemble de cartes modulaires plug-and-play conçues pour le prototypage rapide et l'enseignement. La gamme comprend sept modules (Knob, Pixels, Movement, Distance, Thermo, Buzzer et Button) connectés via des câbles Qwiic, éliminant ainsi le besoin de cartes d'essai, de soudure ou de câblage complexe. Elle comprend des adresses I²C préconfigurées, la prise en charge d'Arduino et de MicroPython, ainsi que des modèles Arduino Cloud prêts à l'emploi. Combinés à une carte telle que l'UNO R4 WiFi, ces modules créent un système de prototypage rapide et facile à utiliser, simplifiant ainsi l'apprentissage, accélérant le développement et permettant l'évolutivité des projets IoT et robotiques.

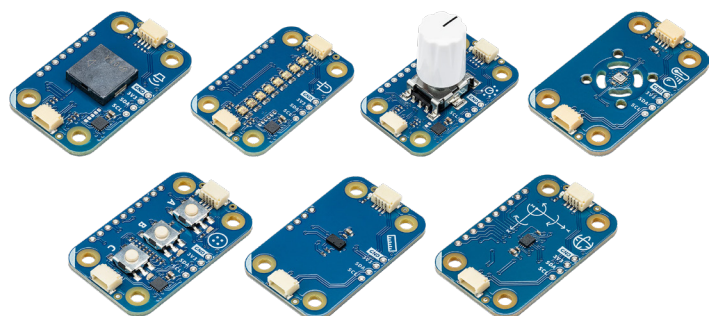


Figure 9 : les modules Modulino apportent des fonctionnalités et des caractéristiques uniques aux conceptions des utilisateurs

Plateformes de développement et de connectivité Arduino

La programmation d'une carte Arduino ne peut être plus simple. Deux options sont possibles : l'utilisation d'un EDI téléchargeable disponible pour Microsoft Windows, Apple macOS ou Linux, ou l'utilisation de l'éditeur Web Arduino dans votre navigateur. Un programme Arduino, appelé « sketch », est essentiellement un programme C qui permet d'inclure des fichiers d'en-tête et des fichiers source de bibliothèque, dont beaucoup sont déjà chargés dans l'EDI Arduino. Les fabricants de shields tiers fournissent généralement des liens vers les pilotes et bibliothèques pertinents prêts à être ajoutés dans l'EDI.

La plateforme Arduino IoT Cloud (**Figure 10**) est le choix idéal pour connecter et configurer vos dispositifs en toute sécurité, ainsi que pour stocker, analyser et présenter les données des capteurs. Quel que soit votre projet Arduino, qu'il s'agisse d'un simple système d'arrosage domestique connecté à l'IoT ou d'un déploiement à l'échelle industrielle, l'Arduino IoT Cloud offre une solution IoT tout-en-un.

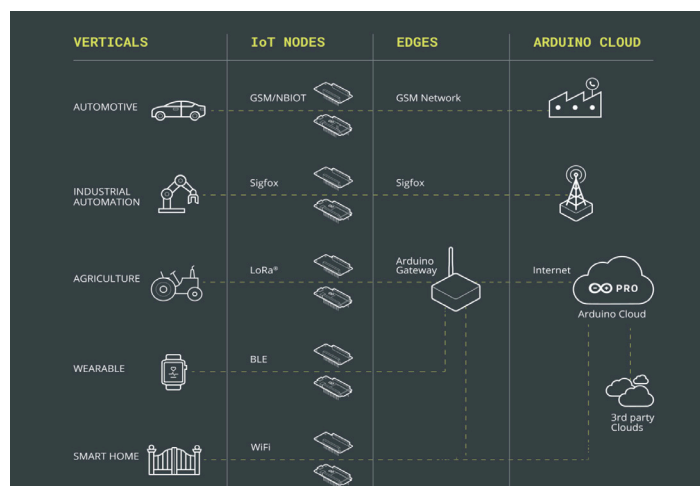


Figure 10 : Arduino IoT Cloud fournit une solution tout-en-un complète, quelles que soient les exigences de votre application (Source : Arduino)