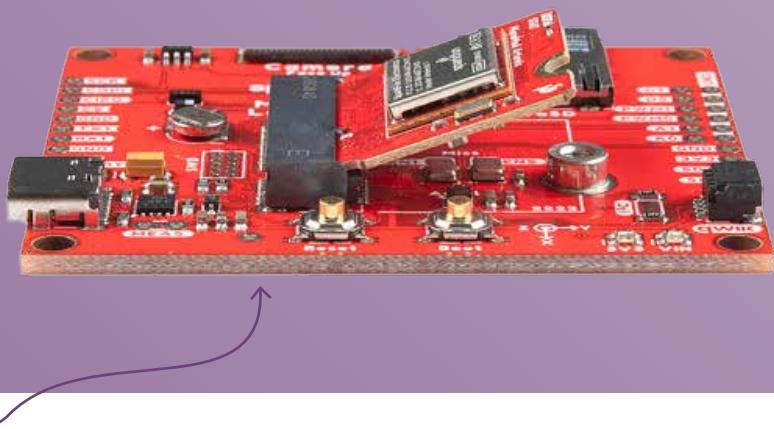


# Démarrer avec MicroMod

Check out the poster on page 104

Nathan Seidle (États-Unis)

MicroMod est une interface compacte reliant un microcontrôleur à divers périphériques. Le système MicroMod est alors assimilé à un „cerveau“ qui se branche sur une „carte porteuse“.



Une carte processeur MicroMod mesure environ 22 x 22 mm et peut être insérée dans n'importe quelle carte porteuse (*carrier board*) MicroMod. Une petite vis maintient la carte processeur en place. Alors que la norme M.2 originale [1] était conçue pour remplacer des **périphériques** (l'utilisateur pouvait remplacer un disque dur statique par un plus grand), la norme MicroMod est conçue pour remplacer les **contrôleurs** (D'un processeur puissant, on peut passer à un contrôleur à faible consommation pour économiser la batterie).

## Lectures suggérées

Si vous ne connaissez pas l'écosystème MicroMod, lisez l'aperçu sous [2]. Si les concepts suivants ne vous sont pas familiers, nous vous recommandons de consulter ces tutoriels avant de continuer.

- **Interface Périphérique Série (SPI).** Le SPI est couramment utilisé pour connecter des microcontrôleurs à des périphériques tels que des capteurs, des registres à décalage et des cartes SD [3].
- **Modulation de la largeur d'impulsion.** Une introduction au concept MLI [4].
- **Niveaux logiques.** Différence entre les appareils 3,3 V et 5 V et les niveaux logiques [5].
- **I2C**, l'un des principaux protocoles de communication embarqués utilisés aujourd'hui [6].

## Comment cela fonctionne-t-il ?

La norme MicroMod s'appuie sur le connecteur M.2 et sa spécification [7] pour augmenter la disponibilité des pièces et réduire le coût du connecteur. Tous les „cerveaux“ MicroMod ont le même brochage. Par ex., les broches I2C du MicroMod ESP32 sont dans la même position que celles du MicroMod Artemis.

Une variante des cartes porteuses MicroMod permet l'accès à diffé-

rentes technologies. Comme le connecteur MicroMod est standardisé, le contrôleur peut être facilement et rapidement remplacé en ce qui concerne la puissance de traitement, la consommation électrique et la connectivité sans fil. Par exemple, un utilisateur peut commencer avec le MicroMod Artemis et une carte porteuse RFID, puis décider qu'il a besoin du WiFi pour son projet. Le passage au MicroMod ESP32 permet à l'utilisateur d'ajouter instantanément la WiFi sans changer le matériel sous-jacent.

L'interface MicroMod est spécifiée dans les documents.

- Interface SparkFun MicroMod v1.0 - Brochage [8]
- Interface SparkFun MicroMod v1.0 - Descriptions des broches [9].

## Aperçu du matériel

**Q. Quel est le connecteur et la clé utilisés par le MicroMod ?**

**R. Le MicroMod** utilise le connecteur standard **M.2 fig. 1**). C'est celui que l'on trouve sur les cartes mères et les ordinateurs portables modernes. Nous recommandons le modèle de hauteur 4,2 mm. TE fabrique le 2199230-4, largement disponible et pour un coût raisonnable [10] (0,56 \$ l'unité pour 1000 pièces). Vous pouvez également commander le kit MicroMod DIY qui comprend un lot de 5 connecteurs, vis et plots soudables par refusion [11].

Il y a plusieurs positions pour le détrompeur sur le connecteur M.2 qui empêche l'insertion d'un appareil incompatible. La norme MicroMod utilise la **position „E“** mais s'écarte de la norme M.2 en décalant la vis de fixation de 4 mm sur le côté. La position „E“ étant assez courante, il est possible d'insérer un module WiFi compatible M.2 mais à cause du décalage de la vis de fixation, un appareil incompatible ne pourrait pas être monté sur une carte porteuse MicroMod.

## Q. Qu'est-ce qu'une carte processeur ?

R. Chaque carte processeur mesure environ 22 × 22 mm (fig. 2) et embarque un microcontrôleur ou un microprocesseur. Les broches du processeur sont routées vers le bord de la carte selon la spécification du brochage MicroMod.

L'USB D+/- Devrait suffire pour programmer une carte processeur. Il faut donc l'ajouter aux processeurs qui n'ont pas de support USB intégré. Par ex., le CH340E a été ajouté à la carte Artemis pour fournir la fonction de programmation série.

Chaque carte processeur doit avoir une LED d'état non routée vers le bord de la carte.

**Note :** La spécification MicroMod décale la position de la vis du centre de la carte de 4 mm vers la droite pour éviter la confusion entre un nombre croissant d'appareils qui utilisent le connecteur M.2 (tels que les cartes WiFi, les SSD, les modems cellulaires, etc.) et les modules MicroMod. Bien qu'un utilisateur puisse insérer une carte WiFi dans une carte porteuse d'acquisition de données SparkFun, ce décalage montrerait d'évidence cette incompatibilité.

La spécification MicroMod pourrait intégrer des tailles plus importantes à l'avenir, et les utilisateurs sont invités à créer leurs propres cartes de processeur, mais notez que le trou de verrouillage sur la plupart des cartes porteuses sera situé de manière à s'adapter au détrompeur MicroMod 2222.

## Q. Qu'est-ce que le brochage MicroMod ?

R. L'interface MicroMod est spécifiée dans les documents suivants :

- Interface SparkFun MicroMod v1.0 – Brochage [8]
- Interface SparkFun MicroMod v1.0 - Descriptions des broches [9].

Lors de l'utilisation du facteur de forme MicroMod, la connexion de toutes les broches n'est pas garantie. Veuillez consulter la documenta-

tion spécifique à votre carte processeur pour plus d'informations. Les données de référence se trouvent en ligne.

- Tableau général de brochage MicroMod [12].
- Descriptions générales des broches MicroMod [13].

La spécification attribue à chaque broche du connecteur M.2 une fonction déterminée. La spécification MicroMod est assortie de règles supplémentaires pour assurer la compatibilité inter-plates-formes. On peut avoir un maximum de 49x GPIO. En général, MicroMod met l'accent sur les types et les emplacements des interfaces. Par exemple, si une carte porteuse utilise la MLI, elle devrait comporter les broches 32 (alias PWM0) et 47 (alias PWM1), attribuées d'ordinaire à la MLI.

### Interfaces supportées :

- USB pour la programmation et le débogage en mode série
- 2x Analogique dédié
- 2x MLI dédiée
- 2x E/S numériques dédiées
- 12x GPIO
- 2x I2C
- 2x SPI
- 2x UART
- SDIO
- USB-HOST
- CAN
- SWD
- PDM / PCM / I2S
- CAN différentiel

Les 12 GPIO peuvent sembler peu, mais une fois que toutes les autres interfaces ont été connectées (UART, SPI, I2C, PWM, ADC), alors elles devraient couvrir la plupart des applications restantes.



Figure 1 : Vue avant (en haut) et vue arrière (en bas) du connecteur M.2.

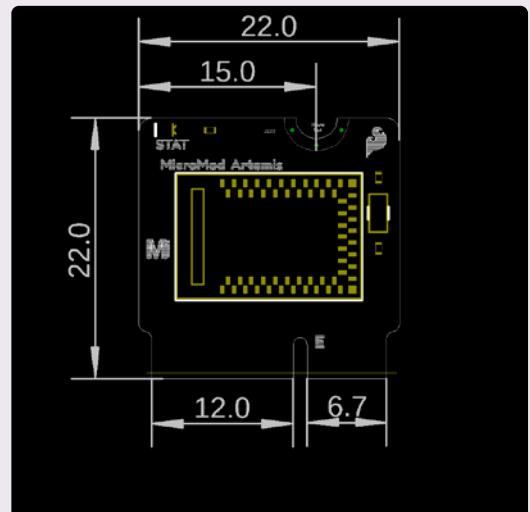


Figure 2 : Chaque carte processeur est à la norme M.2 de „2222“ ou 22 × 22 mm de taille hors tout.

## Branchements du matériel

Pour démarrer avec MicroMod, il faut une carte processeur et une carte porteuse. Ici, nous utilisons la carte processeur Artemis MicroMod avec la carte porteuse d'apprentissage machine. Alignez l'encoche supérieure de la carte processeur Artemis MicroMod sur le plot à vis de la carte porteuse d'apprentissage et insérez la carte en biais dans le connecteur M.2.

**Remarque :** il est impossible d'insérer le processeur à l'envers, car le détrompeur empêche l'insertion dans le connecteur M.2. En outre, pour éviter d'insérer un processeur compatible avec le détrompeur, la vis de fixation est décalée, interdisant la mise en place d'une carte incompatible. Cette carte resterait dressée à un angle (d'environ 25°) comme le montre la **figure 3**.

Une fois la carte enfoncee, appuyez doucement dessus et serrez la vis à tête Phillips (**fig. 4**). Nous recommandons le mini tournevis réversible SparkFun [14] ou le tournevis de poche [15] mais n'importe quel tournevis pour tête Phillips #00, #0 ou #1 fera l'affaire. Une fois la carte fixée, votre système MicroMod assemblé devrait ressembler à l'image de la **figure 5** !

**Remarque :** si vous n'avez jamais connecté un appareil CH340 à votre ordinateur, vous devrez peut-être installer des pilotes pour le convertisseur USB-série. Pour cela, consultez au besoin la page *Comment installer les pilotes CH340* [16].

## Concevoir avec MicroMod

### Q. Puis-je fabriquer ma propre carte processeur MicroMod ?

**R.** Oui. Le matériel informatique de SparkFun est ouvert, non breveté. Tout ce que nous vous demandons, c'est de ne pas altérer les spécifications, de suivre les règles et de ne pas créer de confusion en proposant

des interfaces similaires concurrentes ou partiellement compatibles. Nous recommandons de partir d'une de nos cartes processeur à conception ouverte. Actuellement, tous les fichiers sont au format EAGLE PCB. Si vous utilisez un autre logiciel de conception de circuits imprimés et que vous souhaitez ajouter votre conception à la liste de références, veuillez nous le faire savoir [17]. Les fichiers suivants sont sur github.

- Carte de processeur MicroMod ESP32 [18].
- Carte de processeur MicroMod SAMD51 [19]
- Carte de processeur MicroMod Artemis [20].

Comme indiqué ci-dessus, l'article „*Designing with MicroMod*“ [21] explique comment créer de bonnes cartes processeur ou porteuse.

### Q. Puis-je fabriquer ma propre carte porteuse MicroMod ?

**R.** Oui ! C'est là que cela devient vraiment passionnant. Nous disposons de diverses ressources, dont une emprise de connecteur et son symbole pour Eagle PCB (**fig. 6**). Il y déjà pas mal de cartes porteuses ouvertes disponibles pouvant servir de référence et de point de départ pour la vôtre. Nous avons hâte de voir ce que vous en ferez.

Actuellement, tous les fichiers de ces cartes sont au format EAGLE PCB. Si vous utilisez un autre logiciel de conception de circuits imprimés et que vous souhaitez ajouter votre conception à la liste de références, veuillez nous le faire savoir [19]. Les fichiers suivants sont sur github.

- Carte porteuse MicroMod toutes broches (All The Pins, ATP) [22].
- Carte porteuse MicroMod d'acquisition de données [23].
- Carte porteuse MicroMod d'apprentissage machines [24].
- Carte porteuse MicroMod d'entrée et d'affichage [25].

De plus, nous avons écrit *Designing with MicroMod* [21] qui explique en détail comment créer de bonnes cartes processeur et porteuse.



Figure 3 : Carte processeur MicroMod insérée à un angle d'environ 25 degrés.



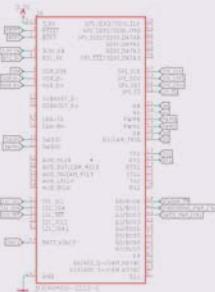
Figure 5 : Bon pour le service !



Figure 4 : Maintenez la carte processeur MicroMod bien en place et serrez la vis Phillips avec précaution.



Figure 6 : Emprise Eagle PCB prête et symbole d'une carte porteuse.

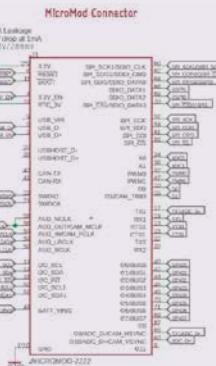
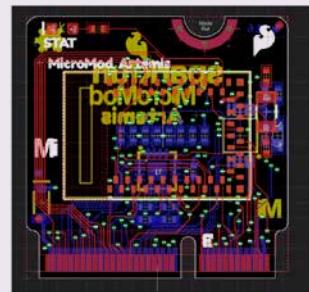


# Tutoriel

## Concevoir avec MicroMod

Ce tutoriel vous guidera à travers les spécifications du processeur et de la carte porteuse MicroMod ainsi que les bases de l'intégration du dimensionnement MicroMod dans vos propres études de circuits imprimés.

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/designing-with-micromod>



## Guide de branchement de la carte porteuse d'acquisition de données MicroMod



Démarrez avec un système d'acquisition de données personnalisable avec la carte MicroMod.

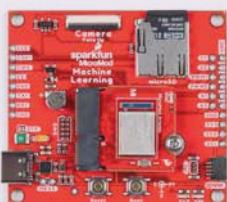
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/micromod-samd51-processor-board-hookup-guide>



## Guide de branchement de la carte porteuse d'acquisition de données MicroMod

Démarrez avec un système d'acquisition de données personnalisable avec la carte MicroMod.

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/micromod-data-logging-carrier-board-hookup-guide>



## Guide de branchement de la carte porteuse d'apprentissage machine MicroMod

Lancez-vous avec ce tutoriel sur carte porteuse d'apprentissage machine :

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/micromod-machine-learning-carrier-board-hookup-guide>



## Accessoires

Si vous cherchez les accessoires présentés dans cet article, vous les trouverez chez SparkFun et Elektor [www.elektormagazine.fr/esfe-en-micromod6](http://www.elektormagazine.fr/esfe-en-micromod6)

### Carte processeur Micromod Artemis



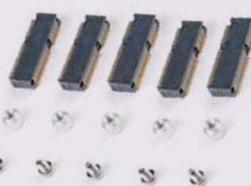
### Carte d'apprentissage machine



### Carte d'acquisition de données



### Carte d'entrée et d'affichage



### Kit MicroMod DIY (par 5)



Lorsque vous concevez votre propre carte porteuse, gardez ces règles à l'esprit :

- Toutes les cartes porteuses doivent fournir une alimentation régulée de 3,3 V 1 A.
- Toutes les cartes porteuses doivent avoir une connexion USB D+/- pour la programmation.
- Toutes les cartes de processeur n'offrent pas l'accès à toutes les broches
- Les broches A0/1, PWM0/1 et D0/1 doivent être supportées par chaque carte processeur afin que vous puissiez être sûr qu'elles sont disponibles.
- Les ports UART1, SPI et I<sup>2</sup>C sont très répandus et se trouvent sur presque toutes les cartes processeurs, mais la présence de ports supplémentaires varie d'une carte à l'autre. C'est le cas d'un deuxième port I<sup>2</sup>C, alors, si votre carte porteuse vérifiez sa présence sur la carte processeur.

Pour vous aider à commencer votre propre carte porteuse, nous avons conçu le kit MicroMod DIY [26] (fig. 7) qui comprend un jeu de 5 connecteurs, vis et plots afin que vous disposiez de toutes les pièces „spéciales“ dont vous pourriez avoir besoin pour la réaliser. Le connecteur M.2 a un pas de 0,5 mm et des chevilles d'alignement. Le dessiner au pochoir et le souder par refusion à la maison sont possibles, mais nous recommandons un pochoir en inox (et pas en Mylar) et un four à refusion de bonne qualité pour éviter les ponts de soudure.

## Q. Parlez-moi de l'évacuation de la chaleur !

R. L'un des avantages de la norme M.2 est la possibilité de placer des composants sous le module, ce qui nous permet de pourvoir nos microcontrôleurs de radiateurs ! Pour cette raison, nous recommandons le connecteur de 4,2 mm de hauteur. TE fabrique le 2199230-4 [27], largement disponible et pour un coût raisonnable (0,56 \$ l'unité pour 1000 pièces).

## Q. Et si j'ai besoin de beaucoup de GPIO ?

R. Il existe des applications qui nécessitent plus de 12 GPIO. La spécification MicroMod est souple. Si vous souhaitez concevoir un MicroMod qui n'a que quelques périphériques connectés (par ex., juste UART et I<sup>2</sup>C) et utiliser le reste comme GPIO (45 broches GPIO disponibles ici), c'est parfait. Votre carte porteuse utiliserait les broches UART et I<sup>2</sup>C standard et les GPIO hors standard. Cela empêcherait d'autres MicroMods d'être totalement compatibles (peut-être qu'un ou deux des MicroMods Artemis ne pourraient pas piloter les relais de votre carte porteuse) mais c'est autorisé. À charge pour vous de gérer les compromis.

Nous avons rédigé un guide pour la création d'une carte de processeur MicroMod dont voici les principes directeurs :

- Connectez les fonctions correspondantes du microcontrôleur aux broches I<sup>2</sup>C, SPI, UART, USB, USB\_HOST, CAN, SDIO et JTAG prévues sur connecteur MicroMod.
- Ensuite, A0/A1 sur le connecteur MicroMod doivent être attribuées aux broches du microcontrôleur qui sont exclusivement CAN (pas de capacité MLI).
- PWM0/PWM1 doivent être attribuées aux broches qui sont exclusivement MLI (pas de capacité CAN).
- D0/D1 doivent être attribuées aux broches qui sont exclusivement GPIO (pas de capacité CAN ou MLI).



Figure 7 : Kit SparkFun MicroMod DIY (lot de 5).

- Les broches restantes doivent être attribuées aux Gx, les broches capables de CAN+MLI étant prioritaires (0, 1, 2, etc.).
- L'objectif est de garantir les fonctions MLI, CAN et E/S numériques sur ces broches spécifiques, alors que sur les Gx les fonctions CAN/MLI ne sont pas garanties.
- Si le microcontrôleur manque d'une broche de fonction spécifique et qu'il reste du GPIO, elle peut être remplacée par du GPIO. Par exemple, CTS/RTS peut devenir GPIO si le microcontrôleur n'a pas de contrôle de flux.

Le tutoriel „Designing with MicroMod“ [21] vous guidera à travers les spécifications du processeur et de la carte porteuse MicroMod ainsi que les bases de l'intégration du dimensionnement MicroMod dans vos propres études de circuits imprimés.

## Pour approfondir

Quelques ressources importantes au sujet de MicroMod :

- Interface SparkFun MicroMod v1.0 - Brochage [8]
- Interface SparkFun MicroMod v1.0 - Description des broches [9].
- Les bibliothèques SparkFun Eagle Libraries contiennent des exemples d'emprises pour le connecteur M.2 et la hauteur des SMD [28].
- Fiche technique du connecteur MicroMod M.2 [29].
- Fiche technique du plot soudable par refusion M2.5 [30].
- Page d'information sur MicroMod [31]
- Forums MicroMod [32]

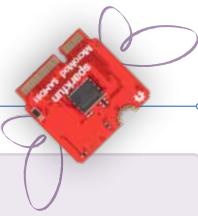
Maintenant que vous êtes familiarisé avec les bases du MicroMod, vous trouverez dans les encadrés de cet article des tutoriels relatifs à MicroMod.

200684-02

VF Helmut Müller



Espace en ligne lié à cet article d'Elektor :  
[www.elektormagazine.fr/esfe-en-micromod](http://www.elektormagazine.fr/esfe-en-micromod)



## Processeur SparkFun MicroMod / Cartes porteuses «Crystal Ball»

# MicroMod

Voici une liste des cartes de processeurs MicroMod Sparkfun et des cartes porteuses correspondantes disponibles au moment de l'impression de ce magazine. Pour une vue d'ensemble à jour, voir sur [www.sparkfun.com/micromod](http://www.sparkfun.com/micromod).

Cartes porteuses	Cartes processeurs
<b>ATP:</b> Accès à toutes les broches de votre carte processeur.	<b>Artemis:</b> choisissez le Cortex-M4F ARM à haut rendement avec BLE 5.0, jusqu'à 96 MHz et une consommation de seulement 6 µA/MHz (moins de 5 mW).
<b>Saisie et affichage :</b> Un excellent moyen d'ajouter l'affichage des données et des entrées.	<b>ESP32:</b> Branchez la carte processeur puissante d'Espressif avec le double cœur Tensilica LX6, avec Bluetooth et WiFi intégrés.
<b>Acquisition de données :</b> Une plateforme d'enregistrement de données personnalisable et de faible consommation.	<b>SAMD51:</b> Choisissez le SAMD51 pour une plate-forme de développement économique, puissante et facile à utiliser, avec le confort d'un chargeur d'amorçage UF2.
<b>L'apprentissage machine :</b> Explorez-le sans ordinateur central ni connexion à l'internet.	<b>Nouveau 1:</b> En préparation
<b>Nouveau 1:</b> En préparation	<b>Nouveau 2:</b> En préparation
<b>Nouveau 2:</b> En préparation	<b>Nouveau 2:</b> En préparation

## LIENS

- [1] Norme originale M.2: <https://en.wikipedia.org/wiki/M.2>
- [2] Aperçu de l'écosystème MicroMod : <https://www.sparkfun.com/micromod>
- [3] Interface périphérique série (SPI) : <http://www.elektormagazine.fr/esfe-en-micromod1>
- [4] Modulation de la largeur d'impulsion : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pulse-width-modulation>
- [5] Alimentation en 3,3 V ou 5 V et niveaux logiques : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/logic-levels>
- [6] Une introduction à I2C : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/i2c>
- [7] Connecteur M.2 et spécification : <https://en.wikipedia.org/wiki/M.2>
- [8] Interface SparkFun MicroMod v1.0 - Brochage : <https://bit.ly/3p96pJe>
- [9] Interface SparkFun MicroMod v1.0 - Descriptions des broches : <https://bit.ly/3asRCF1>
- [10] Connecteur TE 2199230-4 : <https://www.findchips.com/search/2199230-4>
- [11] Kit MicroMod DIY : <https://www.sparkfun.com/products/16549>
- [12] Brochage de MicroMod : <https://bit.ly/3rhRvls>
- [13] Description des broches de MicroMod : <https://bit.ly/34wu4eW>
- [14] Mini-tournevis réversible SparkFun : <https://www.sparkfun.com/products/9146>
- [15] Jeu de tournevis de poche : <https://www.sparkfun.com/products/12891>
- [16] Installation des pilotes CH340 : <https://bit.ly/3p4V50C>
- [17] Ajoutez votre étude comme étude de référence: <https://www.sparkfun.com/static/contact>
- [18] Carte de processeur MicroMod ESP32 : <http://www.elektormagazine.fr/esfe-en-micromod2>
- [19] Carte de processeur MicroMod SAMD51 : <http://www.elektormagazine.fr/esfe-en-micromod3>
- [20] Carte de processeur MicroMod Artemis : [https://github.com/sparkfun/MicroMod\\_Artemis\\_Processor](https://github.com/sparkfun/MicroMod_Artemis_Processor)
- [21] Concevoir avec MicroMod : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/designing-with-micromod>
- [22] MicroMod carte porteuse toutes broches (All The Pins, ATP) : [https://github.com/sparkfun/MicroMod\\_ATP\\_Carrier\\_Board](https://github.com/sparkfun/MicroMod_ATP_Carrier_Board)
- [23] Carte porteuse d'acquisition de données MicroMod : [https://github.com/sparkfun/MicroMod\\_Data\\_Logging\\_Carrier](https://github.com/sparkfun/MicroMod_Data_Logging_Carrier)
- [24] Carte porteuse d'apprentissage machine MicroMod : [https://github.com/sparkfun/MicroMod\\_Machine\\_Learning\\_Carrier](https://github.com/sparkfun/MicroMod_Machine_Learning_Carrier)
- [25] Carte porteuse d'entrée et d'affichage MicroMod : [https://github.com/sparkfun/MicroMod\\_Input\\_and\\_Display\\_Carrier](https://github.com/sparkfun/MicroMod_Input_and_Display_Carrier)
- [26] Kit MicroMod DIY : <https://www.sparkfun.com/products/16549>
- [27] TE 2199230-4 : <https://www.findchips.com/search/2199230-4>
- [28] Bibliothèques Eagle, emprise M.2 et hauteur CMS : <https://github.com/sparkfun/SparkFun-Eagle-Libraries>
- [29] Fiche technique du connecteur M.2 MicroMod : <https://bit.ly/3nCZM1B>
- [30] Fiche technique du plot soudable par refusion M2.5 : <https://www.elektormagazine.fr/esfe-en-micromod4>
- [31] Page d'information sur MicroMod: <https://www.sparkfun.com/micromod>
- [32] Forums MicroMod : <https://forum>.