

capteurs de stations météorologiques

lequel choisir ?

Saad Intiaz (Elektor)

Lorsque vous construisez une station météorologique, vous avez le choix entre de nombreuses options de capteurs. La station doit être précise, fiable, peu coûteuse et facile à contrôler par le microcontrôleur de votre choix. Cet article propose une comparaison approfondie de quelques capteurs environnementaux.

La sélection des capteurs est une étape critique dans la construction d'une station météorologique (personnelle), et elle influence grandement la précision et la fiabilité des données collectées. Compte tenu des nombreuses options disponibles, il est impératif de comprendre les forces et les limites des différents capteurs environnementaux. Cet article propose une comparaison détaillée des différents capteurs pouvant être utilisés dans les stations météorologiques, en mettant l'accent sur leurs performances, leur facilité d'intégration et leur fiabilité globale. En expliquant leurs aspects techniques, l'objectif est d'aider à prendre des décisions éclairées qui améliorent la précision des relevés environnementaux. La **figure 1** montre une station météorologique entièrement équipée présentée dans Elektor [1].

Critères de sélection pour la comparaison des capteurs

Avant de commencer la comparaison des capteurs environnementaux pour les stations météorologiques, il est nécessaire d'établir des lignes directrices précises pour s'y retrouver dans le large éventail de capteurs disponibles. Le champ d'application sera réduit à l'aide des critères suivants :

Qualité : l'analyse se limitera aux capteurs conçus pour des applications grand public. Ils offrent un équilibre entre performance et prix, ce qui les rend idéaux pour les amateurs et les passionnés qui cherchent à construire ou à améliorer leurs stations météorologiques personnelles.

Disponibilité : seuls les capteurs facilement disponibles sur le marché seront pris en considération. L'accessibilité est importante pour que les gens puissent utiliser les informations qu'ils



Figure 1. Projet de station météo d'Elektor [1].

obtiennent immédiatement, sans avoir à attendre qu'elles soient disponibles ou à les acheter à quelqu'un d'autre.

Solutions basées sur des modules : la comparaison portera sur les capteurs fournis sous forme de modules. Cette approche facilite l'intégration, car ils comprennent généralement le conditionnement des signaux et les circuits d'interface nécessaires, ce qui les rend adaptés à un large éventail d'applications sans nécessiter une conception électronique complexe.

Gamme de prix : la comparaison portera sur les capteurs dont le prix de vente se situe entre 2 € et 20 €. Cette fourchette de prix a été choisie pour répondre aux besoins d'un public large, y compris les amateurs et à des fins éducatives, en veillant à ce que le déploiement d'une station météorologique personnelle reste un projet abordable.

Interopérabilité et facilité d'intégration : un aspect essentiel de nos lignes directrices est la facilité d'intégration dans les systèmes existants. Les capteurs qui offrent une compatibilité directe avec les microcontrôleurs et les plateformes de développement les plus répandus, tels que Arduino et Raspberry Pi, seront privilégiés. Ainsi, les utilisateurs peuvent facilement intégrer ces capteurs dans leurs projets avec un minimum d'apprentissage supplémentaire ou de reconfiguration du système.

Capteurs

Dans une station météo typique, en particulier celles conçues pour un usage personnel ou éducatif, un ensemble de capteurs environnementaux est couramment utilisé pour surveiller les différents

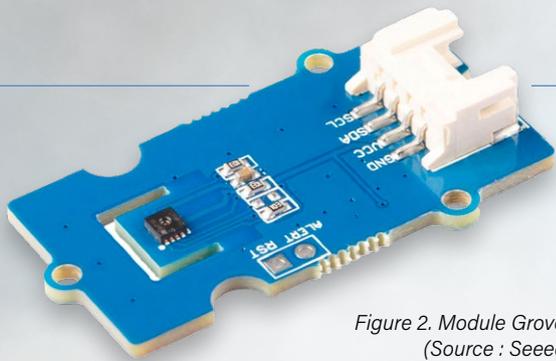


Figure 2. Module Grove SHT35.
(Source : Seeed Studio)

paramètres atmosphériques. L'accent sera mis sur les capteurs suivants, chacun jouant un rôle clé dans une station météo :

Capteurs de température et d'humidité : la température est un paramètre météorologique essentiel, tandis que les relevés d'humidité sont cruciaux pour comprendre le potentiel de précipitations et les niveaux de confort.

Capteurs de pression barométrique : les mesures de pression permettent de prévoir les changements météorologiques. Un capteur de pression barométrique offre un aperçu des tendances météorologiques, telles que l'approche de fronts ou de tempêtes, en détectant les variations de la pression atmosphérique.

Capteurs de précipitations : pour quantifier les précipitations, on utilise des capteurs de pluie. Ils mesurent généralement la quantité de pluie sur une période donnée, fournissant des données utiles pour comprendre les schémas de précipitations et la dynamique du cycle de l'eau.

Capteurs de vitesse et de direction du vent (anémomètres et girouettes) : ces capteurs mesurent la vitesse et la direction du vent, des données importantes pour les prévisions météorologiques et l'étude des régimes de vent dans un lieu donné.

Capteurs de rayonnement solaire : pour une analyse météorologique complète, il est utile de mesurer l'énergie solaire reçue à la surface de la Terre. Les capteurs de rayonnement solaire, ou pyranomètres, évaluent l'intensité de la lumière solaire, contribuant ainsi aux données sur les conditions météorologiques et le potentiel d'énergie solaire.

Capteurs d'indice UV : dans certaines stations météorologiques avancées ou spécialisées, les capteurs d'indice UV surveillent le niveau de rayonnement ultraviolet du soleil. Cette information est cruciale pour la protection de la santé et de l'environnement, car elle indique le risque de coup de soleil et l'effet du rayonnement UV sur les écosystèmes.

Ces capteurs constituent la base d'une station météorologique, fournissant une vue d'ensemble des conditions atmosphériques. Cette approche garantit que les capteurs sont à la fois abordables et faciles à intégrer dans les projets de stations météorologiques personnelles.

Température et humidité

Cette section compare plusieurs capteurs de température et d'humidité, en se concentrant sur leur précision, leurs plages opérationnelles et leur consommation d'énergie, afin de faciliter la sélection du plus approprié pour une surveillance fiable et efficace de l'environnement.

Les **SHT35** et **SHT40** de Sensirion [2] sont connus pour leur grande précision, avec des relevés de température précis à 0,1°C et des relevés d'humidité précis à 1,5 % HR. La **figure 2** montre le module SHT35 de Seeed Studio. Les applications qui ont besoin

de mesures environnementales précises en bénéficieront. Cependant, cette précision a un prix plus élevé que les autres options. Le SHT40 est un choix pratique pour les projets où les contraintes de coût sont importantes, car il offre une solution plus abordable avec une précision légèrement inférieure.

Le capteur **AHT20** d'Aosong Electronic [3] fonctionne avec une tension d'alimentation de 2,2 V à 5,5 V et mesure l'humidité de 0 à 100% HR et la température de -40°C à +85°C. Il offre des précisions de ±2% d'humidité relative et de ±0,3°C, respectivement. Le capteur est très précis et peut répondre en 5 s pour la température et 8 s pour l'humidité. Il utilise le protocole série I²C pour la communication avec les microcontrôleurs, ce qui le rend compatible avec un large nombre.

Le capteur **SHTC3** de Sensirion [4] peut mesurer la température et l'humidité avec une précision de 0,2°C et 2% HR. Il fonctionne dans une plage de température de -40°C à 125°C et une plage d'humidité de 0 à 100% d'humidité relative, avec des temps de réponse d'environ 5 s. Fonctionnant sur une plage de tension de 1,62 V à 3,6 V, il consomme un courant moyen ultra-faible de 0,5 µA. Ce capteur est compact et a une interface I²C, ce qui le rend adapté à une intégration directe. La **figure 3** montre un module SHTC3 de Soldered Electronics.

Le **HIH6130** d'Honeywell [5] offre un bon équilibre entre la précision, ±0,5°C pour la température et ±3% RH pour l'humidité, et la robustesse, avec une sortie numérique. Sa consommation électrique est modérée, autour de 450 µA en fonctionnement.

Le **MPL3115A2** de NXP Semiconductors [6] est un capteur altimétrique de précision conçu pour mesurer la pression et la température, permettant des calculs d'altitude précis. Il fonctionne dans une plage de pression de 20 kPa à 110 kPa et une plage de température de -40°C à 85°C, avec une précision de pression de ±0,4 kPa et une précision de température de ±1,0°C. Le capteur présente une résolution en altitude de 30 cm et une résolution en température de 0,1°C, prenant en charge les interfaces de communication I²C et SPI. Il a une faible consommation d'énergie, seulement 40 µA en mode standard.

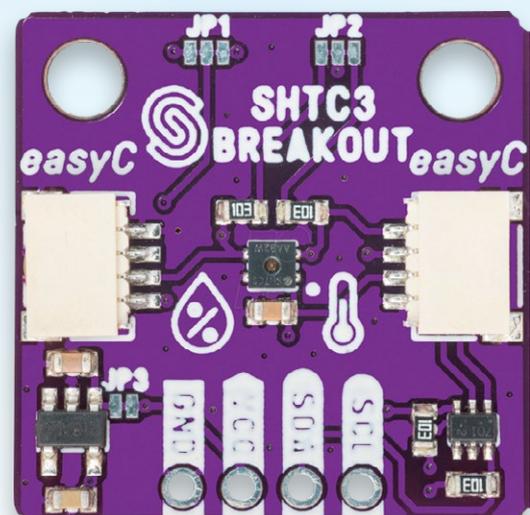


Figure 3. Module de température et d'humidité SHTC3.
(Source : Reichelt Elektronik)

Capteurs de pluie, de vitesse et de direction du vent

Il est nécessaire de mesurer la masse de la pluie dans un récipient de taille connue pour obtenir la quantité exacte de pluie qui est tombée. Pour ce faire, il existe plusieurs techniques et des solutions peuvent être mises en œuvre pour réduire les coûts. Il est, par exemple, possible d'imprimer en 3D un conteneur avec un accessoire doté d'un capteur de charge. Ce dernier mesurera la masse de l'eau, et en calculant la masse du réservoir, le volume peut être mesuré. Enfin, les quantités de pluie en ml peuvent être enregistrées. Il y a diverses solutions pour mesurer la vitesse et la direction du vent. Il est recommandé de se procurer un kit approprié, disponible dans le commerce, comme le montre la figure. Mais il est également possible de bricoler une solution pour mesurer la vitesse du vent. Pour cela, il faut imprimer en 3D les trois coupelles qui tournent dans le vent, ainsi qu'une girouette qui s'aligne sur sa direction. Pour mesurer la vitesse du vent, un encodeur magnétique conviendrait. L'aimant serait fixé à l'extrémité de l'arbre des trois coupes, et le codeur magnétique serait fixé sur le côté adjacent pour mesurer la vitesse de rotation du moulin, calculant ainsi la vitesse du vent. Pour déterminer la direction du vent, il est possible d'utiliser un capteur de boussole numérique, qui sera plus facile à mettre en œuvre qu'une méthode résistive équivalente utilisée dans la plupart des options commerciales disponibles.



Analyse comparative

L'évaluation de capteurs spécifiques sur la base d'indicateurs de performance clés permet d'identifier des choix optimaux adaptés à des besoins d'application distincts :

Précision : le Sensirion **SHT35** est le capteur le plus précis pour les mesures de température et d'humidité, idéal pour les applications où la précision est cruciale.

Rentabilité : le Sensirion SHT40 offre une grande valeur, en

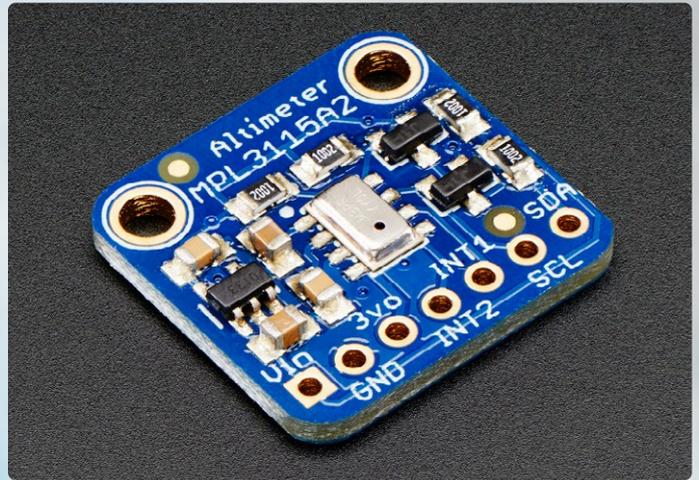


Figure 4. Module capteur Adafruit MPL3115A2. (Source : Adafruit)

fournissant une précision adéquate à un coût réduit. Il est donc particulièrement intéressant pour les projets à budget limité. Le **MPL3115A2** de NXP Semiconductors est également un choix approprié car il a un prix raisonnable et une bonne précision. La **figure 4** montre le module MPL3115A2 d'Adafruit.

Consommation d'énergie : en matière d'efficacité énergétique, le Sensirion **SHTC3** est en tête de peloton. Ne consommant que 0,5 μ A, il se distingue dans les applications qui requièrent une consommation d'énergie minimale, telles que les appareils fonctionnant sur batterie ou les unités de télédétection, ce qui en fait un bon choix pour les conceptions sensibles à la consommation d'énergie.

Chaque capteur a ses mérites et doit être choisi en fonction des exigences spécifiques du projet, notamment les conditions environnementales dans lesquelles il fonctionnera et le degré de précision requis. Ce choix doit également tenir compte de la facilité d'intégration dans les systèmes existants et du coût global du capteur et des périphériques associés.

Pour des comparaisons plus détaillées, il est essentiel d'examiner la fiche technique de chaque capteur. Celle-ci fournit des informations précises sur les caractéristiques électriques, la durabilité environnementale, la taille, les besoins en énergie et autres, ce qui permet de prendre une décision éclairée en fonction des besoins spécifiques du projet. Le **tableau 1** en présente une comparaison générale.

Capteurs multifonctions

Les capteurs multiparamètres tels que les séries BME280 et BME688 de Bosch Sensortec sont avantageux pour plusieurs raisons. Tout d'abord, ils offrent une solution rationalisée pour la surveillance de l'environnement, en mesurant des variables telles que la température, l'humidité, la pression et les niveaux de gaz dans un seul composant compact.

Le Bosch Sensortec **BME280** [7] est un capteur largement utilisé pour mesurer la température, l'humidité et la pression. Il atteint une précision de température de $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, une précision d'humidité

Tableau 1. Comparaison des capteurs de température et d'humidité.

| Nom du capteur | Fabricant | Mesures | Précision (Temp/Hum/Pression) | Plage de fonctionnement (Temp/Hum/Pression) | Consommation d'énergie (Moyenne) | Caractéristiques supplémentaires |
|----------------|--------------------|-----------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|---|
| SHT35 | Sensirion | Température, Humidité | ±0,1°C / ±1,5% RH | -40 à 125°C / 0 à 100% RH | 1,5 µA | Haute précision, étalonnage en usine |
| DHT22 | Aosong Electronics | Température, Humidité | ±0,5°C / ±2,5% RH | -40 à 80°C / 0 à 100% RH | ~ | Economique |
| HTU21D | TE Connectivity | Température, Humidité | ±0,3°C / ±2% RH | -40 à 125 °C / 0 à 100% RH | 2,7 µA | Réponse rapide, interface I ² C |
| DS18B20 | Maxim Integrated | Température | ±0,5°C | -55 à 125°C / NA | 1 µA | Modèles étanches disponibles |
| MPL3115A2 | NXP Semiconductors | Température, Pression | ±0,3°C / ±0,4 kPa | -40 à 85°C / 20 à 110 kPa | 2 µA | Fonctionnalité altimétrique |
| LPS22HB | STMicroelectronics | Pression | ±0,1 hPa | NA / 260 à 1260 hPa | 3 µA | Capteur ultra-compact à haute résolution |
| MS5611 | TE Connectivity | Pression | ±1,5 hPa | NA / 10 à 1200 hPa | 1,2 µA | Haute résolution, faible consommation d'énergie |
| SHTC3 | Sensirion | Température, Humidité | ±0,2°C / ±2% RH | -40 à 125°C / 0 à 100% RH | 0,5 µA | Interface I ² C, temps de réponse de 5 s |

de ±3% et une précision de pression de ±1,0 hPa. Fonctionnant sur une plage de température de -40°C à 85°C, d'humidité de 0 à 100% RH, et de pression de 300 hPa à 1100 hPa, il se caractérise également par une faible consommation d'énergie, ne consommant que 0,1 µA en mode veille. Ce capteur est idéal pour les stations météorologiques portables et les systèmes domotiques en raison de sa précision et de sa faible demande en énergie.

Le Bosch Sensortec **BME688** [8] s'appuie sur les capacités du BME280 en y ajoutant la détection des composés organiques volatils (COV), ce qui le rend adapté à la surveillance de la qualité de l'air intérieur. Ce capteur conserve la même précision de température et d'humidité que le BME280, mais offre une meilleure précision de pression de ±0,6 hPa. Le BME688 inclut également la détection de gaz ainsi que des capacités d'IA, ce qui nécessite un peu plus d'énergie mais conserve une efficacité adaptée aux appareils fonctionnant sur batterie. Le BME688 peut être parfait pour les environnements intérieurs, les nœuds de capteurs et les applications réseau.

La **série HPM** d'Honeywell [9] se concentre sur la détection des particules, mesurant les PM_{2,5} et les PM₁₀ avec une précision de ±5 µg/m³ et ±10 µg/m³, respectivement. Conçu pour la surveillance de la santé environnementale, il fonctionne dans une plage de 0 à 1 000 µg/m³. Ce capteur utilise un ventilateur pour aspirer l'air pour l'échantillonnage, ce qui entraîne une consommation plus grande d'environ 80 mA pendant le fonctionnement, ce qui est plus élevé par rapport aux capteurs Bosch, mais justifié par son application spécifique dans l'évaluation de la qualité de l'air.

Le Sensirion **SGP40** [10] est un capteur compact qui mesure la qualité de l'air intérieur en détectant les composés organiques volatils totaux (COVT) et les niveaux équivalents de CO₂. Il offre

une précision typique de 15 ppb pour la mesure des TVOC. La consommation moyenne de courant du SGP40 est d'environ 2,6 mA, avec des pics de courant pouvant atteindre 3 mA à 3,3 V lors de la mesure.

Le Bosch Sensortec **BME680** [11] intègre les mesures de température, d'humidité, de pression et de composés organiques volatils (COV) dans un seul composant. Avec des précisions de ±1,0°C pour la température, ±3% RH pour l'humidité et ±0,12 hPa pour la pression, il excelle dans la précision. Il est également doté d'un capteur de gaz pour la détection des COV, ce qui améliore sa performance pour la surveillance détaillée de l'environnement. Fonctionnant dans une plage de -40°C à 85°C pour la température, de 0 à 100% RH pour l'humidité, et de 300 hPa à 1100 hPa pour la pression, le BME680 est économe en énergie, consommant moins de 0,1 mA en mode standard. La **figure 5** montre un module du BME 680 de Joy-IT.

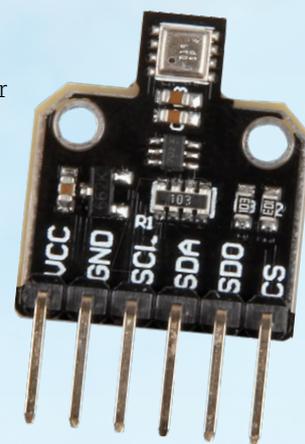


Figure 5. Module capteur Bosch BME680. (Source : Reichelt Elektronik)

Ces capteurs intégrés simplifient la conception et le déploiement, sont peu encombrants et réduisent la complexité des circuits. En outre, ils sont généralement plus économes en énergie et plus rentables que l'utilisation de capteurs distincts pour chaque variable environnementale. Ces capteurs dotés d'une interface unifiée, comme les connecteurs Grove, améliorent encore la facilité d'utilisation, permettant une intégration rapide dans les projets, sans câblage important ni configuration technique. C'est particulièrement bénéfique pour les applications où l'espace et l'énergie sont

Tableau 2. Comparaison des capteurs multifonctions.

| Nom du capteur | Fabricant | Mesures | Précision (Temp/Hum/Pression) | Plage de fonctionnement (Temp/Hum/Pression) | Consommation d'énergie (Moyenne) | Caractéristiques supplémentaires |
|----------------|-----------------|--------------------------------------|---|---|----------------------------------|--|
| BME280 | Bosch Sensortec | Temp., Humidité, Pression | Temp. $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, Hum. $\pm 3\%$, Press. $\pm 1,0$ hPa | Temp. -40 à 85°C , Hum. 0 à 100% RH, Press. 300 à 1100 hPa | $<0,1$ μA | Faible consommation, stations portables, domotique |
| BME688 | Bosch Sensortec | Temp., Humidité, Pression, COV | Temp. $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, Hum. $\pm 3\%$, Press. $\pm 0,6$ hPa | Similaire à BME280, avec détection de gaz | $3,7$ μA | Qualité de l'air intérieur, détection des COV, capacités IA |
| HPM Series | Honeywell | Matières particulaires (PM2.5, PM10) | PM2,5 ± 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, PM10 ± 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0 à $1,000$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | ~ 80 mA | Surveillance de la santé environnementale |
| SGP40 | Sensirion | TCOV, niveaux de CO2 (équivalent) | TVOC ± 15 ppb | Temp. -10 à 50°C , Hum. 0 à 90% RH | $2,6$ mA | Qualité de l'air intérieur, conception compacte |
| BME680 | Bosch Sensortec | Temp., Humidité, Pression, COV | Temp. $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, Hum. $\pm 3\%$, Press. $\pm 0,12$ hPa | Temp. -40 à 85°C , Hum. 0 à 100% RH, Press. 300 à 1100 hPa | $<0,1$ mA | Surveillance détaillée de l'environnement, faible consommation |

réduits, telles que les appareils portatifs et les stations compactes de surveillance de l'environnement. La comparaison de ces capteurs est présentée dans le **tableau 2**.

Dernières remarques

La sélection des capteurs pour une station météorologique nécessite une évaluation minutieuse des paramètres techniques, de la facilité d'intégration et de la rentabilité. Cet article a procédé à une évaluation approfondie de nombreux capteurs, en se concentrant sur ceux qui sont accessibles, peu coûteux et capables de fournir des informations fiables. Au fur et à mesure que la technologie progresse, la précision et l'utilité de ces capteurs sont susceptibles de s'améliorer, augmentant ainsi les possibilités de surveillance météorologique. Pour obtenir des informations précises et actuelles, consultez les fiches techniques les plus récentes et les communiqués de presse des fabricants. Cette stratégie permet à la station météorologique de rester un outil fiable pour la surveillance de l'environnement. 

VF : Maxime Valens — 240002-04

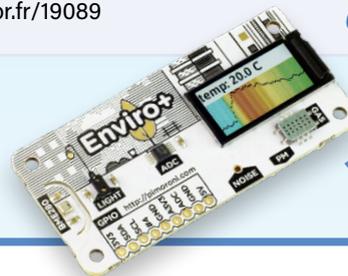
Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (saad.imtiaz@elektor.com) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



Produits associés

-  **Capteurs de vent et de pluie pour station météo (girouette, anémomètre, pluviomètre)**
www.elektor.fr/20234
-  **Enviro+ Environmental Monitoring Station**
www.elektor.fr/18975
-  **Bouclier météo SparkFun**
www.elektor.fr/19089



LIENS

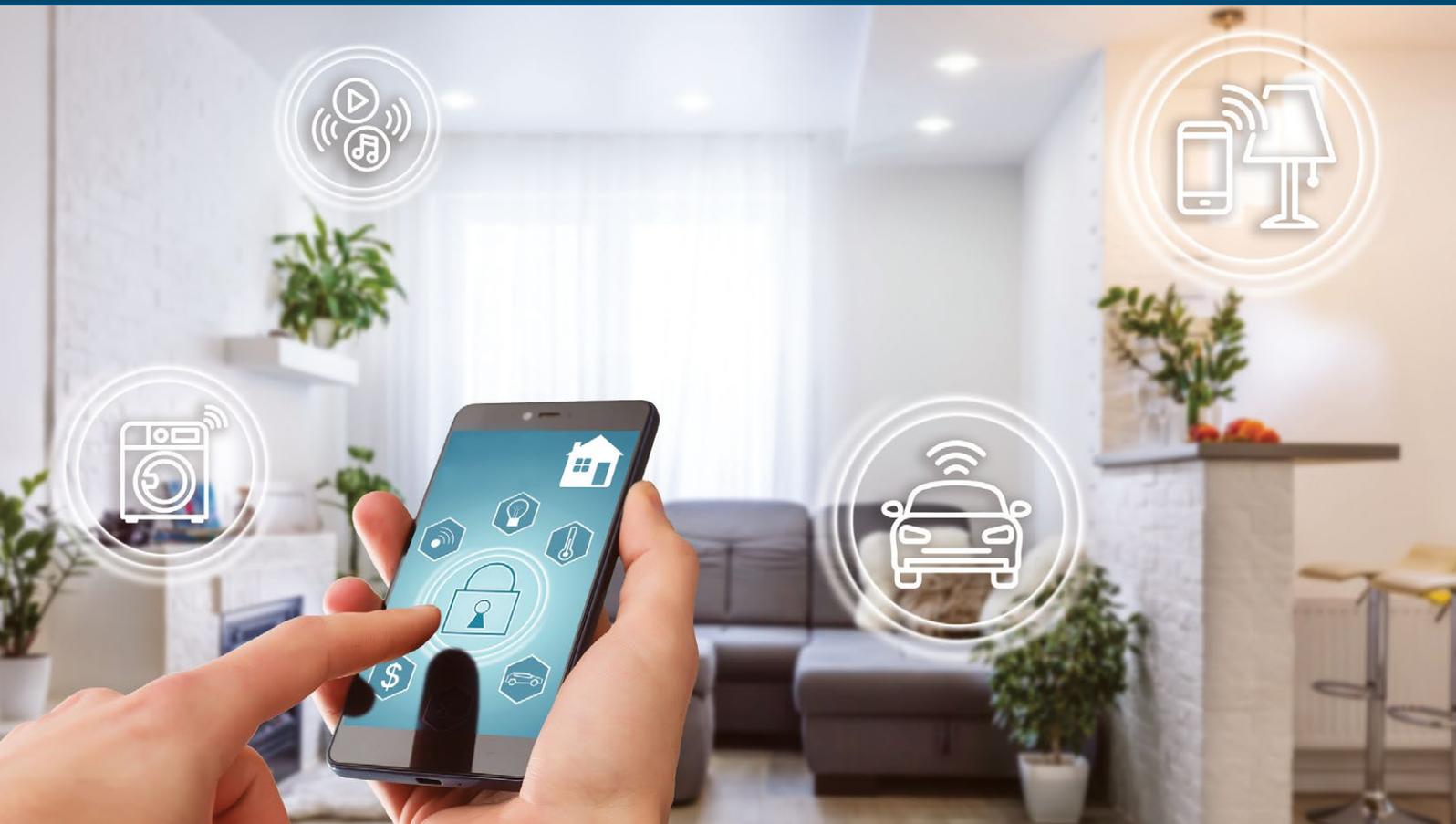
- [1] Mathias Claussen, « station météo en réseau ouvert V.2 » Elektor 5-6/2020 : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-148/58640>
- [2] Sensirion SHT3X-DIS-F | fiche technique : <https://sensirion.com/resource/datasheet/sht3x-d>
- [3] Aosong Electronic AHT20 | fiche technique : <http://www.aosong.com/en/products-32.html>
- [4] Sensirion SHTC3 | fiche technique : <https://sensirion.com/resource/datasheet/shtc3>
- [5] Honeywell HIH6130 | fiche technique : https://eu.mouser.com/datasheet/2/187/HWSC_S_A0012940693_1-3073215.pdf
- [6] NXP MPL3115A2S | fiche technique : <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPL3115A2S.pdf>
- [7] Bosch BME 280 | fiche technique : <https://tinyurl.com/BME-280-Datasheet>
- [8] Bosch BME 688 | fiche technique : <https://tinyurl.com/BME-688-Datasheet>
- [9] Série Honeywell HPM : <https://tinyurl.com/hpm-series>
- [10] Sensirion SGP40 | fiche technique : <https://sensirion.com/resource/datasheet/sgp40>
- [11] Bosch BME680 | fiche technique : <https://tinyurl.com/BME-680-Datasheet>

Microchip is...

IoT

Sensor Interface <
Microcontrollers <
Microprocessors <

Security <
Connectivity <
Cloud Services <



- Automotive
- Home Appliance
- Lighting
- Medical
- Smart Energy/Metering
- Wireless Audio



microchip.com/loT



The Microchip name and logo and the Microchip logo are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries. All other trademarks are the property of their registered owners. © 2023 Microchip Technology Inc. All rights reserved. MEC2481A-UK-02-23