



Bienvenue sur la plateforme de documentation numérique de Hackable !

(/)

< Article précédent (/Hackable/HK-019/Ajoutez-un-ecran-intelligent-a-vos-projets-Arduino)

Article suivant > (/Hackable/HK-019/Creez-vos-montages-Arduino-communicants-sur-LoRaWAN)



DÉCOUVREZ LORAWAN ET CRÉEZ VOTRE PASSERELLE/CONCENTRATEUR

Hackable n° 19 (/Hackable/HK-019) | juillet 2017 | Bodor Denis (/auteur/Bodor-Denis)

Embarqué (/search/node?Domaines%5B0%5D=72457)

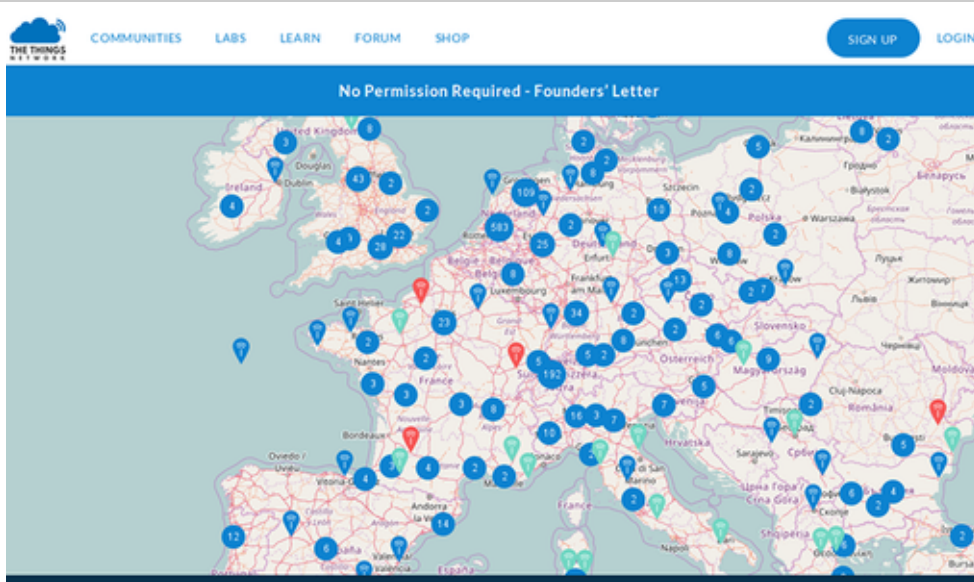
Radio et wireless (/search/node?Domaines%5B0%5D=72465)

LoRa et LoRAWAN sont des termes qui apparaissent de plus en plus fréquemment dès lors qu'on parle de l'Internet des objets (IoT). C'est l'un des deux standards, avec Sigfox, qui semble définitivement s'installer dans ce domaine. Nous allons explorer ici cette technologie et la mettre en pratique, brique par brique, car l'étendue de choses à comprendre, faire et maîtriser à propos de LoRaWAN est à la mesure des avantages qu'on peut en tirer : impressionnants.

Pour comprendre l'intérêt de LoRaWAN, il faut avant tout constater les limitations des technologies existantes dans le domaine des objets connectés. Je pense qu'il n'est pas nécessaire de détailler outre mesure le premier point important : la nécessité d'une communication sans fil. Il est désormais clairement entendu qu'il n'est pas souhaitable, acceptable ou possible, dans de nombreux cas, de « tirer » des câbles pour connecter des objets communicants (même si dans certains cas, en ce qui me concerne, cela reste l'approche par défaut).

On parle donc ici de technologies sans fil et la gamme de standards, protocoles et normes est relativement conséquente, mais aucun n'est réellement adapté à la construction d'un WAN (*Wide Area Network*) ou réseau étendu. À l'inverse d'un LAN (*Local Area Network*), comme celui formé par un réseau Ethernet par exemple, un WAN couvre une vaste zone géographique. On parle ici d'une échelle allant de la ville à la planète entière en passant par les régions et les pays. Un exemple de WAN est le réseau téléphonique ou 3G/4G permettant à n'importe quel périphérique compatible (et un contrat auprès d'un opérateur) de se connecter et d'échanger des données avec tous les autres périphériques du réseau.

En examinant les technologies utilisées dans d'autres domaines, on constate que rien ne fait totalement l'affaire : le Wifi est une technologie LAN et très énergivore, le Bluetooth concerne les liaisons point à point faible distance, ZigBee a une consommation réduite, mais une portée d'une dizaine de mètres seulement, etc. Une nouvelle technologie était donc nécessaire avec un cahier des charges précis : faible consommation, sans fil, portée de plusieurs kilomètres, bas débit, architecture WAN, communications sécurisées... L'une des technologies maintenant disponibles est LoRaWAN, l'objet du présent article.



(<https://connect.ed-diamond.com/sites/default/files/articles/var/diamond/83087/TTNmap.png>)

Le projet « The Things Network » (TTN) est né à Amsterdam, rien d'étonnant donc qu'il y ait une très forte densité de concentrateurs LoRaWAN dans cette région. Comme vous pouvez le constater, la France est encore assez pauvre en installations pour le moment, mais de nouveaux concentrateurs sont activés tous les jours. Nul doute que tout ceci évoluera, peut-être même grâce à vous...

1. LORAWAN

LoRaWAN est un protocole initialement développé par la société grenobloise *Cycléo* après son rachat par l'américain *Semtech* (ou *SMTC Corporation*) en 2012, utilisant une technologie de communication radio appelée LoRa pour *Long Range* (« longue portée »). LoRaWAN permet de créer ce qu'on appelle un LPWAN ou *Low-Power Wide-Area Network*, un réseau étendu à faible consommation énergétique, permettant de connecter des objets communicants (IoT). Attention cependant, il ne s'agit pas ici de créer quelque chose comme un réseau Wifi ou 4G, l'objectif est une communication longue portée, à bas débit et pour des échanges succincts. N'espérez pas transmettre des images ou un flux de données, LoRaWAN n'est pas fait pour cela.

Comprenez également que LoRaWAN n'est pas une technologie de communication (ça, c'est LoRa), mais une manière de construire une architecture complète, en utilisant des protocoles bien précis, permettant à des objets connectés de communiquer à travers une liaison radio et surtout via Internet. La technologie populaire la plus proche de LoRaWAN permettant de comprendre cette notion est le réseau de téléphonie mobile 3G/4G/GPRS. Ce réseau ne se résume pas à un smartphone et une antenne (*base station*), mais intègre des éléments invisibles pour le commun des mortels et en particulier toute la partie se trouvant derrière les antennes et le contrôleur du réseau d'antenne (RNC).

Il est possible d'utiliser LoRa sans LoRaWAN, pour une liaison entre deux points, mais tout l'intérêt est de permettre ici à des montages d'envoyer et recevoir des données via Internet, et non simplement entre eux. Il n'y aurait pas de réseau dans le cas contraire et encore moins de réseau étendu.

L'architecture LoRaWAN est constituée de plusieurs éléments :

- Les nœuds, *nodes* ou *end points* sont les objets connectés devant transmettre des informations (*uplink*) ou recevoir des ordres (*downlink*). Il peut s'agir de produits manufacturés, mais aussi, et surtout, dans notre cas, de montages reposant sur l'utilisation d'un module, d'un shield ou d'un hat LoRa.

- Les passerelles, *gateways* ou concentrateurs se trouvent à l'autre bout de la communication radio LoRa et sont de plus connectés à un serveur internet d'un opérateur LoRaWAN, via une liaison Ethernet, Wifi, 3G ou un autre réseau intermédiaire (dit *backhaul*). Le rôle de ces concentrateurs est de faire simplement transiter les données transmises via LoRa sur Internet en direction ou depuis le serveur. Un concentrateur n'utilise normalement pas le même matériel qu'un nœud puisque le standard précise qu'il doit être capable de supporter au minimum 8

connexions simultanées. Il est possible de créer un concentrateur sur la base d'un module LoRa ne supportant qu'une communication à la fois (c'est moins cher), mais ce n'est alors pas un vrai concentrateur LoRaWAN au sens strict du terme. On appelle normalement ce type d'installation un *forwarder* (relayeur).

- Le serveur LoRaWAN, ou serveur réseau, recueille et gère les communications ayant transitées via les concentrateurs. C'est également lui qui prendra en charge la sécurité, autorise ou non un node pour une application donnée et déchiffre une partie des données. Ce dernier point est très important, car il assure la sécurité du réseau. Un node LoRaWAN chiffre les données et s'authentifie auprès du serveur. Ce faisant, le concentrateur n'a aucune connaissance des données qui transitent, il ne fait que relayer l'information chiffrée. Ceci permet aux nodes d'utiliser n'importe quel concentrateur en toute sécurité, quelle que soit l'identité de celui qui le met à disposition.



- Le serveur d'application, ou une application, représente la destination finale des données envoyées par un node ou, dans le sens opposé, la source de contrôle. Cet élément sait quoi faire des données et, généralement les représente de façon adaptée. Les applications ont connaissance de la liste des nodes qui leur sont associés et du type de données à prendre en charge. L'application est connectée avec le serveur LoRaWAN d'une manière qui est propre au serveur utilisé. Il peut s'agir d'un programme utilisant une interface de programmation (API) dédiée, une application construite avec un kit de développement (SDK) ou, solution sans doute la plus simple, d'une intégration avec un autre service chargé de stocker et présenter les données (comme myDevices Cayenne par exemple).

En tant qu'utilisateur/développeur/bidouilleur vous pouvez, dans l'absolu, construire intégralement un réseau LoRaWAN en gérant chacun de ces éléments, mais cela ne représente pas vraiment d'intérêt sauf si vous êtes capable d'installer des concentrateurs partout. L'idée est justement de mettre en place un réseau massif permettant à tous les objets connectés de communiquer dans une architecture LoRaWAN.

Les opérateurs de téléphonie comme Orange et Bouygues (Objenious) l'ont bien compris et ont d'ores et déjà entrepris de déployer leur réseau LoRaWAN. Orange fait d'ailleurs partie de l'alliance LoRa depuis l'année dernière et rejoint ainsi Bouygues Telecom, IBM, Bosch, Swisscom ou encore Schneider dans cette association ayant pour objectif de standardiser LoRaWAN, promouvoir son utilisation et, bien entendu, procéder à des certifications d'équipements. Bien entendu, bénéficier des services LoRaWAN futurs d'un tel opérateur impliquera très certainement la souscription d'un abonnement, exactement comme pour la téléphonie mobile.

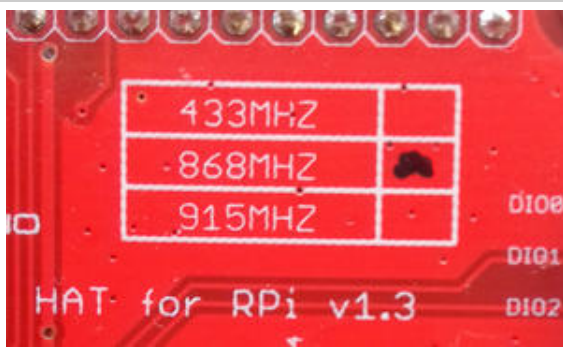
Il existe cependant une alternative puisque, contrairement à la 3G, les fréquences radio utilisées par LoRa et donc pour toute la partie sans fil de LoRaWAN ne nécessitent pas de licence d'utilisation spécifique. Les équipements LoRa/LoRaWAN utilisent en effet les bandes de fréquences ISM (industriel, scientifique et médical) de 433 MHz, 868 MHz et 915 MHz. En Europe, 915 Mhz n'est pas dans les bandes ISM et ne doit pas être utilisé. Les équipements se basent donc tous sur 868 Mhz, car la bande de 433 Mhz est largement « polluée » par toutes sortes d'équipements radio et la puissance (PAR) est limitée à 10 mW (contre 500 mW en 868 Mhz).

Ce choix de 868 Mhz est un point important, car lors de l'achat de votre matériel, vous devrez choisir la fréquence sur laquelle il fonctionne. La bande des 915 Mhz **ne peut pas et ne doit pas** être utilisée en Europe.

L'utilisation de ces « fréquences non réglementées » (terme courant, mais faux, puisque justement leur utilisation fait l'objet d'une réglementation qui décrit leur « libre » utilisation) permet à tout un chacun de mettre en œuvre son équipement LoRaWAN. Il est donc possible d'avoir une approche communautaire où des particuliers installent leur concentrateur et permettent ainsi à tout le monde d'utiliser le réseau pour leurs objets connectés.

Cette dernière année, bon nombre de fournisseurs de service LoRaWAN (ou *network service providers*) ont vu le jour. On peut citer, par exemple Lorient, Lace, Senetco, ThingPark ou encore UbiQ. Certains sont partiellement communautaires tout en imposant des restrictions dans le cadre d'une utilisation gracieuse. C'est le cas par exemple de Lorient, permettant l'utilisation de leur serveur LoRaWAN pour connecter un concentrateur ou encore d'utiliser ce même serveur via un concentrateur qui y est connecté. Un abonnement payant devient rapidement nécessaire dès lors qu'on souhaite utiliser certaines fonctionnalités comme l'envoi de données du serveur vers un node (*downlink*), l'utilisation de plus d'une application, l'accès à l'interface de programmation (API) ou encore l'utilisation du mécanisme de sécurité le plus sûr (OTAA et non ABP).

Heureusement pour nous, il existe une autre solution : *The Things Network*.



(https://connect.ed-diamond.com/sites/default/files/articles/var/diamond/83087/hat_freq.jpg)

Il faut faire très attention en achetant votre matériel LoRa et LoRaWAN, car sur les trois gammes de fréquences utilisées seules deux peuvent l'être en Europe (915 Mhz ne fait pas partie des bandes ISM ici). Le choix des 868 Mhz est donc presque obligatoire chez nous, puisque les 433 Mhz sont déjà très fortement saturés et la puissance utilisable 50 fois inférieure à la bande des 868 Mhz.

2. THE THINGS NETWORK

The Things Network ou TTN pour les intimes est un véritable effort communautaire reposant sur trois principes simples :

- vos données sont vos données ;
- neutralité du net, toutes les données sont traitées de façon égale ;
- tout est open source (disponible via GitHub).

TTN a vu le jour à Amsterdam du fruit du financement participatif et fonctionne de façon décentralisée. Un ensemble de serveurs réseau est disponible, géré indépendamment de toute structure commerciale. TTN gère également l'aspect application en permettant une visualisation des données reçues des nodes, une action sur ces derniers, mais également une solution d'intégration en faisant office de relais vers une solution de stockage ou encore quelque chose de plus avancé comme myDevice/Cayenne. Il est également possible de créer sa propre application en Go, Java, Node.js ou Node-RED puisque TTN fournit une interface de développement (API) relativement complète et, bien entendu, totalement open source.

Cette approche très ouverte explique sans le moindre doute la popularité de cette solution auprès des hobbyistes comme nous, mais TTN va plus loin et est en mesure de fournir une plateforme tout aussi bien pour des particuliers, des entreprises ou même des villes. L'Internet des objets et LoRaWAN ne se limitent pas à la capacité à déclencher à distance une machine à café ou à obtenir régulièrement la température dans son salon. Les serveurs réseaux TTN associés à une couverture raisonnable par les concentrateurs offrent également bien des services pour une municipalité par exemple, et TTN ne fait pas de distinction à ce niveau, ni dans un sens ni dans l'autre. La ville d'Amsterdam par exemple, lieu de naissance de TTN, a été couverte à l'aide d'une dizaine de concentrateurs (même s'il y en a maintenant plus d'une cinquantaine).

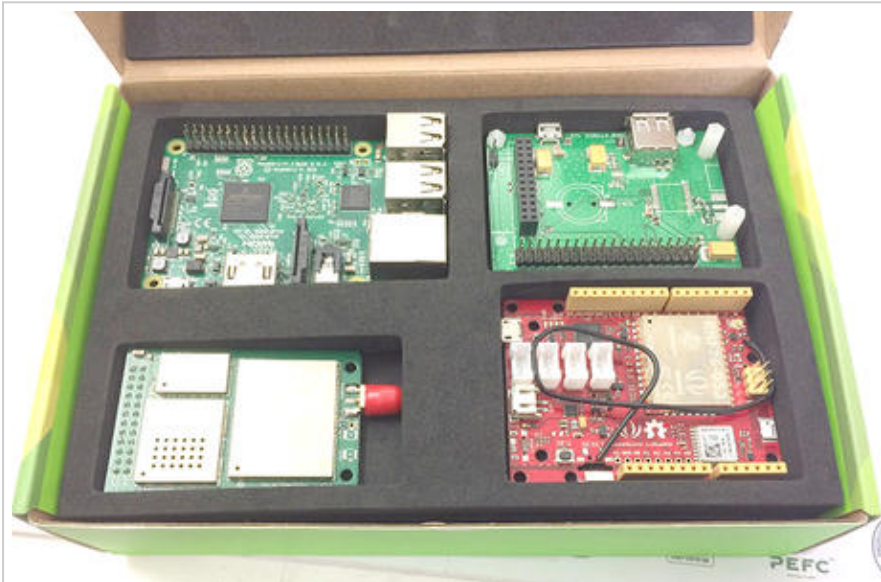
La France est un peu à la traîne de ce point de vue en comparaison de l'Allemagne, la Suisse, la Belgique et les pays nordiques, mais qui sait, peut-être que cet article changera les choses. Vous pouvez vous informer très simplement sur la présence d'un concentrateur connecté à TTN en pointant votre navigateur sur **<https://www.thethingsnetwork.org/map>**. Comme vous pouvez le voir, il nous reste encore du travail, même si 24 concentrateurs sur Paris et 16 sur Grenoble est un bon début...

TTN fournit donc les serveurs réseau et des solutions pour l'intégration. Vous, en tant qu'utilisateur, pouvez intégrer cette plateforme de deux manières : en tant que simple client si vous disposez d'un concentrateur à portée, ou en installant un nouveau concentrateur pour couvrir une nouvelle zone. Les deux ne sont pas liés,

ceci ne fonctionne pas comme la couverture en point d'accès Wifi Fon où les personnes partageant leur connexion peuvent utiliser le réseau gratuitement et les autres doivent payer. Ici, rien ne vous empêche d'utiliser un concentrateur pour vos nodes sans pour autant devoir en installer un.

Enfin, vous pouvez également participer à TTN en créant une communauté afin de regrouper les utilisateurs localement, dans une ville par exemple, pour échanger des informations, partager ses expériences, apporter de l'aide aux débutants ou encore organiser des rencontres, etc. La communauté de Paris, par exemple, regroupe 40 personnes et 8 concentrateurs, la ville est presque couverte, mais, là encore, il reste du travail. Pour voir si une communauté existe près de chez vous, visitez simplement la carte au bas de cette page

<https://www.thethingsnetwork.org/community>.



(https://connect.ed-diamond.com/sites/default/files/articles/var/diamond/83087/lora_kit.jpg)

Le produit utilisé pour installer notre concentrateur LoRaWAN provient de chez SeeedStudio. Il comprend un module concentrateur LoRaWAN RisingHF, un adaptateur pour Raspberry Pi, une Raspberry Pi 3 et une carte Seeeduino LoRaWAN pour créer un node, ainsi que toute la connectique nécessaire. Deux points noirs cependant : le prix (~340€) et l'adaptateur d'alimentation au format US.

3. CRÉONS NOTRE CONCENTRATEUR LORAWAN : LE MATÉRIEL

Certes, j'aurai pu commencer par le plus aisé en détaillant la mise en route d'un node sur base Arduino, mais... non. Instinctivement, en me penchant sur loRaWAN et en découvrant TTN, je n'étais pas à l'aise à l'idée d'utiliser ces ressources, un concentrateur proche et les serveurs réseau TTN sans avant tout apporter ma petite pierre à l'édifice.

Colmar, ma bien aimée ville, ne disposant pas d'un seul concentrateur, j'aurai pu tenter d'en utiliser un se trouvant à Bâle ou encore plus loin. Ceci peut paraître surprenant, mais LoRa porte bien son nom et, avec une vue dégagée en direction d'un concentrateur donné, la portée peut être très impressionnante. Andreas Spiess (le gars avec l'accent suisse sur YouTube) a réussi à envoyer des données au concentrateur du Weissenstein (1291m d'altitude tout de même), depuis le château du Hohenbourg au sommet du Schlossberg (553m d'altitude) à la frontière nord du Bas-Rhin... à 201 kilomètres !

Cette incroyable distance de communication en LoRa reste toutefois exceptionnelle et des conditions spécifiques doivent être réunies pour y arriver. En temps normal les distances se mesurent en kilomètres ou en dizaines de kilomètres, mais pas en centaines. Il faut distinguer deux types de conditions lorsqu'on parle de la portée de LoRa (ou de tout autre système radio longue distance) :

- LOS (*Line Of Sight*) pour « en ligne de mire » ou « en vue dégagée ». La propagation des ondes radio est impactée par la présence d'objets massifs comme des bâtiments, des collines, des bois denses, ainsi que par d'éventuelles interférences électromagnétiques comme celles générées par les lignes à haute tension, les

pylônes métalliques, etc. La distance de communication s'en trouve grandement réduite et, bien entendu, une ligne d'horizon clairement dégagée permet une portée maximum. On parle également tantôt de zone rurale pour désigner une communication en conditions LOS, et la portée peut normalement atteindre une vingtaine de kilomètres ou plus, en fonction de l'équipement utilisé.

- NLOS (*Non Line Of sight*) pour la condition inverse, avec une vue non dégagée donc. Il s'agit ici d'une communication dans un environnement urbain avec un nombre important de bâtiments limitant la propagation des signaux, parfois drastiquement. Dans ces conditions, une distance d'une paire de kilomètres tout au plus peut être envisagée, moins si le concentrateur ou le node sont en intérieur et/ou au sol.

Le peu de concentrateurs présents en France et une absence totale dans ma ville sont donc une excellente raison de procéder à une première installation. Il existe plusieurs solutions pour ce faire : acquérir un équipement tout fait, opter pour un module ou une carte (IMST iC880A, Multitech mCard-LoRa, Cisco LoRa card, Chistera-Pi, etc.) ou trouver un kit complet.

Bien que la carte concentrateur IMST iC880A soit très populaire et son utilisation avec une Raspberry Pi largement documentée, j'ai préféré opter pour une autre approche en jetant mon dévolu sur le kit LoRaWAN Gateway de SeeedStudio. Celui-ci comprend :

- un module concentrateur RHF0M301 de RisingHF construit autour d'un circuit intégré Semtech SX1301,
- un adaptateur RHF4T002 permettant la connexion du module à une Raspberry Pi,
- une antenne SMA à brancher au module,
- une Raspberry Pi 3 standard,
- une carte microSD SanDisk de 8 Go classe 10, avec une version préinstallée de Raspbian intégrant tout le nécessaire pour créer un concentrateur Lorient,
- un adaptateur USB/série pour la connexion console,
- un câble USB de 20 cm pour l'alimentation de la Pi à partir d'adaptateur pour le module (à la manière de l'écran officiel Pi),
- un câble USB de 1m pour l'alimentation,
- un adaptateur secteur 5V/2A pour l'alimentation, compatible ~240V, mais avec un connecteur US,
- un câble Ethernet de 2 m,
- et une carte Seeeduino LoRaWAN (microcontrôleur ATSAM21G18 comme l'Arduino Zero) avec GPS pour créer votre premier node.

Le tout dans une jolie boîte pour quelques 340€. Vous l'avez compris, on parle ici d'un budget relativement conséquent. Ce kit proposé par Seeed est une déclinaison personnalisée du « *RisingHF IoT Discovery* », comprenant quelques éléments supplémentaires et/ou différents. Cela reste une grosse somme, certes, mais tout arrive presque clé en main, prêt pour être assemblé.

Les solutions n'incluant ni Pi, ni nodes ou shield pour créer un node, comme la carte IMST iC880A, nécessitent des achats complémentaires, l'immobilisation d'une Pi, et une interconnexion entre la Pi et le module LoRaWAN souvent source de problèmes. En faisant rapidement le calcul, une Pi 3, une bonne carte SD, une alimentation suffisante, une antenne, un module iC880A... il n'est pas vraiment possible de s'en sortir pour moins de 250€ ou 300€ et vous devrez tout connecter manuellement.

Note

Pourquoi pas Lorient ?

Le kit de SeeedStudio était livré avec une carte microSD contenant un système Raspbian équipé des éléments logiciels nécessaires pour rejoindre le réseau Lorient. Cette plateforme propose un usage gratuit, appelé « *Tier Community Network* », mais celui-ci est grandement restreint.

Toutefois, le plus important à mes yeux était l'absence de réelle ouverture. Le téléchargement de l'image de la carte SD par exemple, nécessite un enregistrement en ligne (??), la documentation de RisingHF concernant son matériel est réduite et ne parle que de Lorient, les sources du serveur réseau ne sont pas disponibles, le forum est d'une vacuité effrayante, etc. Ce n'est pas ce que j'appelle un fonctionnement ouvert et un effort communautaire.

Après un rapide essai de Lloriot, facilité par la préconfiguration du système, mais ne pouvant pas tester l'ensemble des fonctionnalités, j'ai donc tout aussi rapidement réutilisé la carte SD pour une installation fraîche de Raspbian. Je cherche toujours comment supprimer le compte créé pour l'occasion sachant qu'en contactant le support par mail un nouveau compte est automatiquement créé sur le « Support Desk » et une demande de confirmation s'en suit... Tout cela pour que le support me réponde que la suppression doit être faite manuellement de leur côté, mais qu'il n'y a pas de raison de le faire... Je déteste ce genre de chose.

La décision de créer un concentrateur LoRaWAN n'est pas à prendre à la légère. Non seulement l'aspect financier est important, mais il est également très peu probable que vous utilisiez cette installation pour autre chose. Vous devez voir cela comme une sorte de déploiement d'un point d'accès Wifi communautaire, un investissement que vous faites pour vous-même, mais également pour les autres. Intégrer votre concentrateur dans le réseau TTN n'est pas un projet d'un week-end qui pourra ensuite être démonté pour un autre usage, ceci implique une certaine responsabilité vis-à-vis des utilisateurs... Enfin, je pense important de préciser qu'il n'est pas nécessaire qu'un grand nombre de personnes décident de déployer un concentrateur bien placé pour couvrir une ville, l'investissement est donc loin d'être obligatoire pour tous les utilisateurs.



(<https://connect.ed-diamond.com/sites/default/files/articles/var/diamond/83087/loraseed.jpg>)

L'assemblage du concentrateur est un jeu d'enfant et c'est là l'un des avantages d'un kit par rapport à l'achat d'un module seul (plus de salade de câbles). Notez l'alimentation de l'ensemble se faisant par la carte adaptatrice du module qui fournit ensuite le courant à la Pi, et non l'inverse.

L'assemblage des composants du kit est aisé, il suffit d'enficher le module LoRaWAN sur l'adaptateur et ce dernier sur la Pi. Des entretoises en plastique permettent d'assurer une certaine robustesse, mais vous devrez fouiller dans votre boîte à vis pour fixer solidement le tout, car les vis ne sont pas fournies. On placera ensuite rapidement l'antenne avant n'importe quelle autre étape, car il est hors de question de mettre l'ensemble sous tension sans antenne.

On place ensuite le plus petit des câbles USB sur le port de type A (le grand) de l'adaptateur et sur le connecteur micro-B de la Raspberry Pi. La Pi se trouve donc alimentée par l'adaptateur qui, lui-même est ensuite raccordé au bloc d'alimentation avec le long câble USB. Notez qu'une alimentation standard de Pi 3 peut être utilisée en lieu et place de celle livrée au format US. Celle-ci devra pouvoir fournir un courant suffisant pour alimenter le module LoRaWAN et la Pi (5V et 2,5A est le choix standard).

Un concentrateur LoRaWAN est typiquement une installation sans écran/clavier, mais le démarrage d'un système Raspbian Jessie Lite récent sur une Pi 3 nécessite une légère modification du contenu de la carte microSD. Après téléchargement et copie de l'image sur le support, vous devrez donc accéder à la première partition pour éditer le fichier **cmdline.txt** et ajouter **console=ttyAMA0,115200** en lieu et place de **console=serial0,115200**. Ceci vous permettra de voir le système démarrer via un adaptateur USB/série connecté aux broches 8 (TX), 10 (RX) et 6 (masse), et bien entendu d'accéder au système.

On s'empresse ensuite d'activer le serveur SSH via un appel à **sudo raspi-config**, d'étendre la partition à la taille de la carte, de configurer les locales (fuseau horaire, etc.) et d'activer le SPI puisque le module LoRaWAN est connecté de cette façon. Bien entendu, vous pouvez également temporairement brancher un écran HDMI et un clavier pour ces opérations, mais je trouve personnellement cela plus pratique avec une liaison série (question d'habitude). J'ai d'ailleurs profité de l'occasion pour désactiver l'audio et le Bluetooth via les lignes **dtparam=audio=off** et **dtoverlay=pi3-disable-bt** dans **config.txt**.

L'adaptateur connecte la Pi avec le module LoRaWAN selon le brochage suivant :

- MOSI broche 19 (BCM GPIO 10) ;
- MISO broche 21 (BCM GPIO 9) ;
- SCLK broche 23 (BCM GPIO 11) ;
- CS0 broche 24 (BCM GPIO 8) ;
- CS1 broche 26 (BCM GPIO 7).

Toutes les broches sont standards d'une connexion SPI hormis CS1 côté Pi qui est en réalité connecté à la broche de reset du module. Ce point est important, car c'est ce qui fait toute la différence avec un module iC880A basé sur le même circuit intégré et dont nous allons utiliser le logiciel. Un reset du module est systématiquement opéré avant tout accès et si cette broche est mal désignée dans la configuration, un certain nombre d'erreurs apparaissent.



(https://connect.ed-diamond.com/sites/default/files/articles/var/diamond/83087/lora_seeed2.jpg)

La carte adaptatrice présente une « copie » des broches de la Pi permettant ainsi de connecter différents montages. Ceci reste cependant assez secondaire, en dehors de la connexion d'un adaptateur USB/série, puisque dans la quasi-totalité des installations, un tel équipement ne fait qu'une chose et une seule :
concentrateur LoRaWAN.

4. INSTALLATION DE VOTRE CONCENTRATEUR

Une fois votre système tout neuf démarré, à jour, et personnalisé selon vos besoins avec vos applications préférées (au hasard *Vim* et *Midnight Commander*), vous devrez installer **git** avec **sudo apt-get install git** pour ensuite récupérer les éléments logiciels adéquats. Ce qu'il faut à notre système est un *packet forwarder* chargé de relayer les données reçues en LoRa sur Internet au serveur réseaux TTN et, inversement, envoyer en LoRa les données reçues du serveur TTN. Un concentrateur n'est rien d'autre qu'un relayer copiant les données d'un protocole vers un autre, d'où la désignation tantôt utilisée de passerelle ou *gateway* en anglais.

La communauté TTN de Zurich et plus exactement trois développeurs de cette communauté ont fait un fantastique travail pour nous faciliter la vie et permettre d'installer automatiquement ce *packet forwarder* sur notre Pi et l'intégrer proprement au système. Vous devrez tout d'abord récupérer les fichiers avec Git :

```
$ git clone https://github.com/ttn-zh/ic880a-gateway.git
Clonage dans 'ic880a-gateway'...
remote: Counting objects: 336, done.
remote: Total 336 (delta 0), reused 0 (delta 0), pack-reused 336
Réception d'objets: 100% (336/336), 7.88 MiB | 1.22 MiB/s, fait.
Résolution des deltas: 100% (201/201), fait.
Vérification de la connectivité... fait.
```

Ceci vous créera un répertoire **ic880a-gateway** contenant simplement quelques scripts shell et autres fichiers texte. Il s'agit d'un installateur et non des programmes eux-mêmes qui seront récupérés et compilés durant la procédure d'installation. Pour lancer l'installation, rien de plus simple, placez-vous dans le répertoire et lancez le script principal via **sudo** et en n'oubliant pas de préciser **spi** en argument :

```
$ cd ~/ic880a-gateway
$ sudo ./install.sh spi
The Things Network Gateway installer
Version spi
Updating installer files...
Already up-to-date.
New installer found. Restarting process...
The Things Network Gateway installer
Version spi
Updating installer files...
Already up-to-date.
Gateway configuration:
Detected EUI B827EBFFFE8A875 from eth0
Do you want to use remote settings file? [y/N]
  Host name [ttn-gateway]:
  Descriptive name [ttn-ic880a]:Mon concentrateur
  Contact email: adresse@domain.tld
  Latitude [0]:
  Longitude [0]:
  Altitude [0]:
```

L'installateur va tout d'abord déterminer un identifiant unique pour votre concentrateur en se basant sur l'adresse matérielle de l'interface réseau de la Pi. Ceci permettra d'identifier votre concentrateur, plus tard, dans TTN. Vous serez ensuite invité à préciser un nom d'hôte, une courte description, une adresse mail et les coordonnées GPS de l'emplacement du concentrateur. Les valeurs par défaut sont spécifiées entre crochets et seront utilisées si vous validez simplement la question.

Une fois ces informations entrées, la procédure d'installation commence et vous devrez en premier lieu valider l'installation de plusieurs paquets nécessaires à la compilation des briques de base :

```
Il est nécessaire de prendre 19,9 Mo dans les archives.
Après cette opération, 32,7 Mo d'espace disque
supplémentaires seront utilisés.
Souhaitez-vous continuer ? [O/n]
```

Après cette étape, le script téléchargera, configurera, compilera et installera les éléments dans **/opt/ttn-gateway**. Cette phase peut être relativement longue en fonction des performances de la carte SD et du modèle de Pi utilisé (au cas où vous n'optez pas pour le kit de Seeed), mais elle finira par aboutir en affichant un résumé des informations, juste avant d'installer les scripts de démarrage et de provoquer une réinitialisation de votre Pi :

```
Gateway EUI is: B827EBFFFE8A875
The hostname is: ttn-gateway
Open TTN console and register your gateway using your EUI:
  https://console.thethingsnetwork.org/gateways

Installation completed.
Created symlink from /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/
ttn-gateway.service to /lib/systemd/system/ttn-gateway.service.
The system will reboot in 5 seconds...

Broadcast message from pi@ttn-gateway on pts/0
(mar. 2017-05-23 16:04:07 UTC):
The system is going down for reboot NOW!
```

Ce *Gateway EUI* est important, c'est ce qui vous permettra d'enregistrer votre concentrateur sur TTN. Après ce redémarrage et avec le module Seeed/RisingHF le service ne sera pas lancé, car le script utilise par défaut une mauvaise broche pour réinitialiser le module LoRaWAN. Vous devrez éditer le fichier **/opt/ttn-gateway/bin/start.sh** et changer la ligne :

```
SX1301_RESET_BCM_PIN=25
```

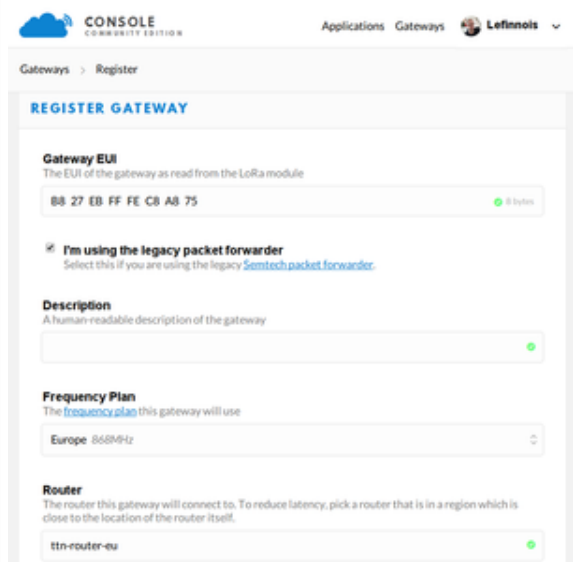
en

```
SX1301_RESET_BCM_PIN=7
```

Enfin, vous pourrez redémarrer le service avec la commande **sudo systemctl restart ttn-gateway.service**. Après quelques secondes, vous pourrez vérifier le bon fonctionnement en utilisant **systemctl status ttn-gateway.service** et devrez alors voir quelque chose comme :

```
$ systemctl status ttn-gateway.service
ttn-gateway.service - The Things Network Gateway
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/ttn-gateway.service; enabled)
   Active: active (running) since Wed 2017-05-24 10:00:43 CEST; 36s ago
 Main PID: 3263 (start.sh)
   CGroup: /system.slice/ttn-gateway.service
           --3263 /bin/bash /opt/ttn-gateway/bin/start.sh
           --3282 ./poly_pkt_fwd
```

À présent, dès que votre Pi démarrera, le service sera lancé automatiquement et se connectera à TTN, prêt pour relayer les messages depuis et vers le module LoRaWAN.



(https://connect.ed-diamond.com/sites/default/files/articles/var/diamond/83087/TTN_gateway.png)

Une fois votre installation terminée, tant matérielle que logicielle, il ne vous restera plus qu'à créer un compte TTN et à enregistrer votre concentrateur. Celui-ci sera alors visible par l'ensemble des utilisateurs TTN qui, comme vous, pourront l'utiliser pour leurs nodes.

5. CRÉATION DE COMPTE ET CONFIGURATION CÔTÉ TTN

Votre concentrateur est maintenant en marche et tente de se connecter au serveur réseau européen (par défaut) de TTN, mais il n'y a rien, pour l'instant, pour lui donner le change (en réalité si, mais les données seront marquées comme *untrusted*). La première chose à faire sera donc de vous créer un compte sur le serveur TTN en pointant votre navigateur sur **<http://www.thethingsnetwork.org>** et en cliquant sur le bouton **SIGN UP** en haut à droite de la page.

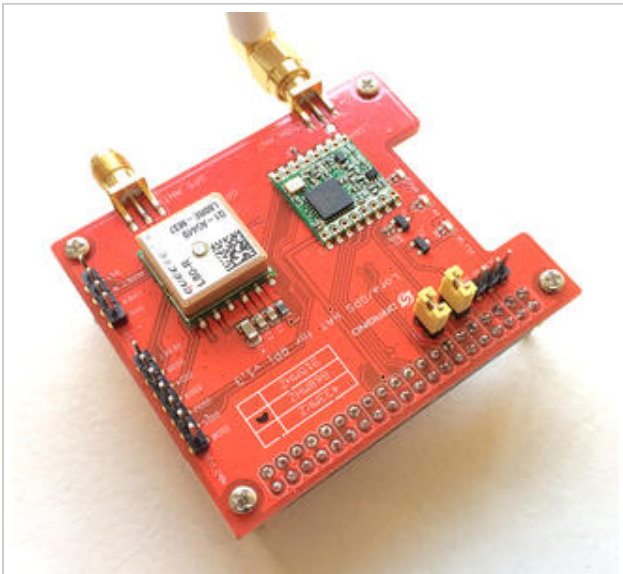
Vous serez invité à préciser un nom d'utilisateur (attention, celui-ci ne peut être changé par la suite), une adresse mail et un mot de passe. Vous recevrez ensuite un mail vous demandant de confirmer l'adresse mail utilisée et en cliquant sur le lien, votre compte sera immédiatement activé. Vous pourrez ensuite vous connecter et vous rendre sur la console TTN : **<https://console.thethingsnetwork.org>**.

Il est maintenant temps d'enregistrer votre concentrateur (ou *gateway*). La console présente deux grosses icônes, **Applications** et **Gateway**, cliquez sur la seconde. Sur la page, choisissez **Register gateway** pour faire apparaître le formulaire d'enregistrement. Cochez l'option **I'm using the legacy packet forwarder** puisque nous venons d'installer le *packet forwarder* « classique » dérivé de celui créé par Semtech pour ses produits. Ce changement vous oblige à utiliser un identifiant unique composé de 8 valeurs hexadécimales pour votre concentrateur, c'est celui qui s'affiche au terme de l'installation et qui est issu de l'adresse matérielle de votre interface réseau de la Pi. Recopiez simplement ici cet identifiant.

Ajoutez ensuite une description et choisissez un « *frequency plan* » correspondant à l'endroit où vous vous trouvez. Ici, en Europe, la gamme de fréquences est nommée EU868 ou « Europe 868Mhz ». En sélectionnant cette option, le champ **Router** bascule automatiquement sur « *ttn-router-eu* », c'est le serveur réseau qui prendra en charge votre concentrateur, qui en toute logique, est celui utilisé pour l'Europe.

Enfin, placez votre concentrateur sur la carte de façon à permettre aux autres utilisateurs de savoir où il se situe et donc d'estimer s'il est à leur portée, précisez ensuite s'il se trouve en intérieur (*Indoor*) ou en extérieur (*Outdoor*), puis validez le tout en cliquant sur **Register Gateway**. Votre concentrateur apparaît maintenant dans la liste et vous pouvez voir et/ou modifier les informations le concernant.

Les éléments importants sur cette page sont **Status** vous présentant normalement la mention « *connected* » si le concentrateur est bien en fonction et **Last Seen** vous indiquant la dernière fois où le concentrateur a donné de ses nouvelles. Si tout se passe bien, votre installation devrait être en permanence connectée et donner signe de vie toutes les minutes. Vous êtes donc maintenant l'heureux propriétaire d'un concentrateur LoRaWAN TTN accessible par tous les utilisateurs TTN à proximité !



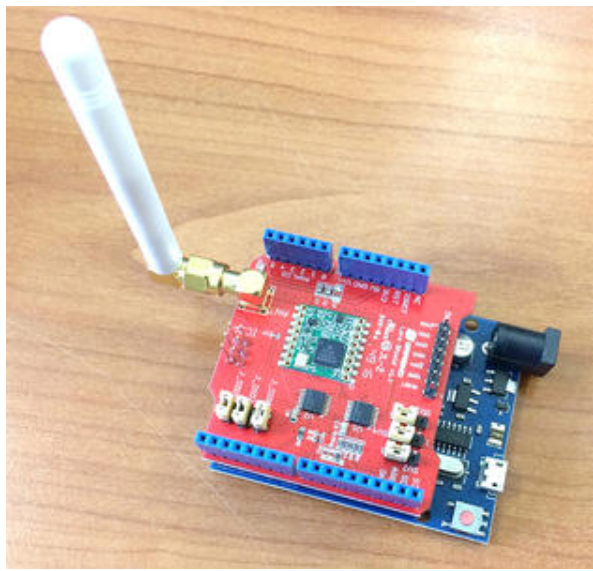
(https://connect.ed-diamond.com/sites/default/files/articles/var/diamond/83087/dragino_hat.jpg)

Si l'investissement de plusieurs centaines d'euros dans la construction d'un concentrateur est quelque chose que vous ne voulez ou ne pouvez pas faire, une solution possible est la construction d'un concentrateur monocanal. Au sens strict du terme, il ne s'agit pas d'un vrai concentrateur (8 canaux minimum), mais le coût descend à moins de 40 euros (plus la Pi et les accessoires), comme pour ce hat Dragino LoRa avec GPS.

6. CECI N'EST PAS LA SEULE FAÇON DE FAIRE

J'ai ici présenté une solution matérielle qui semblait adaptée à mes besoins et relativement facile à se procurer, mais il en existe beaucoup d'autres. La carte iC880A par exemple, interfacée avec une Raspberry Pi, se configurera presque exactement de la même manière. Il existe également des solutions plus économiques, reposant sur l'utilisation d'un module LoRaWAN ne pouvant utiliser qu'un seul canal. Il n'est pas exact de parler alors de concentrateur LoRaWAN, mais ceci peut toutefois être une option (c'est toujours mieux que pas de LoRaWAN du tout).

Concernant l'aspect logiciel, les éléments utilisés pour cet article sont forcément liés au matériel, mais là aussi, le script d'installation fourni par la communauté TTN de Zurich n'est pas la seule voie possible. Comme LoRa et LoRaWAN sont des technologies de Semtech, presque toutes les solutions logicielles se basent sur le code initial développé par cette société, mais il existe de nombreuses déclinaisons.



(https://connect.ed-diamond.com/sites/default/files/articles/var/diamond/83087/lora_shield.jpg)

Les shields Arduino peuvent aussi servir de module pour créer un concentrateur monocanal, mais leur usage naturel est, bien entendu, d'équiper une carte Arduino pour servir de node LoRaWAN et « remonter » des informations via un concentrateur jusqu'au serveur réseau TTN, puis aux applications.

Enfin, pour une installation plus « professionnelle », il est important de mentionner l'existence de matériels clés en main comme ceux proposés par Yedom/Nemeus, Haxiot, Multitech, Kerlink, LinkLabs et bien d'autres. Ceci peut être une solution rapide pour une entreprise, une agglomération ou une collectivité locale n'ayant pas forcément les ressources humaines pour déployer, gérer et maintenir des concentrateurs « faits maison ». La plupart de ces solutions permettent d'une manière ou d'une autre une utilisation avec TTN.

Pour conclure, je préciserai que LoRaWAN, bien que grandement plébiscité, n'en est qu'à ses débuts. Ces initiatives comme TTN sont importantes, mais lorsque les fournisseurs de téléphonie mobile déploieront massivement LoRaWAN, la concurrence sera rude. Ces opérateurs possèdent en effet, indubitablement, les meilleurs emplacements pour des antennes et ainsi assurent rapidement une excellente couverture. Ceci ne sera bien entendu pas gratuit et nous n'en sommes pas encore là. Pour l'heure TTN reste, à mon sens, la meilleure option pour vous et moi.

Étiquettes :

Raspberry Pi (/search/node?field_ct_article_tags_target_id_selective%5B0%5D=72484),
LoRa (/search/node?field_ct_article_tags_target_id_selective%5B0%5D=72487)

RECHERCHER

UN ARTICLE HACKABLE

parmi plus de 309 articles !



AU SOMMAIRE DU MÊME NUMÉRO

Ajoutez un écran intelligent à vos projets Arduino (/Hackable/HK-019/Ajoutez-un-ecran-intelligent-a-vos-projets-Arduino)

► [Découvrez LoRaWAN et créez votre passerelle/concentrateur](/Hackable/HK-019/Decouvrez-LoRaWAN-et-creez-votre-passerelle-concentrateur) (/Hackable/HK-019/Decouvrez-LoRaWAN-et-creez-votre-passerelle-concentrateur)

Créez vos montages Arduino communicants sur LoRaWAN (/Hackable/HK-019/Creez-vos-montages-Arduino-communicants-sur-LoRaWAN)

Construisez un émetteur 433 Mhz pour remplacer vos télécommandes (/Hackable/HK-019/Construisez-un-emetteur-433-Mhz-pour-remplacer-vos-telecommandes)

Obtenez n'importe quelle tension à partir des 5V USB (/Hackable/HK-019/Obtenez-n-importe-quelle-tension-a-partir-des-5V-USB)

Obtenir les informations du firmware de votre Raspberry Pi (/Hackable/HK-019/Obtenir-les-informations-du-firmware-de-votre-Raspberry-Pi)

Analyser le bus Siemens BSB d'une pompe à chaleur Atlantic (/Hackable/HK-019/Analyser-le-bus-Siemens-BSB-d-une-pompe-a-chaleur-Atlantic)

Pilotez votre pompe à chaleur Atlantic en utilisant le bus Siemens BSB (/Hackable/HK-019/Pilotez-votre-pompe-a-chaleur-Atlantic-en-utilisant-le-bus-Siemens-BSB)

SUR LE MÊME SUJET

Maîtriser la sécurité de son accès Internet avec OpenWRT (/Linux-Pratique/LP-117/Maitriser-la-securite-de-son-acces-Internet-avec-OpenWRT)

Linux Pratique n° 117 (/Linux-Pratique/LP-117) | janvier 2020 | [Kerma Gérard](/auteur/Kerma-Gerald) (/auteur/Kerma-Gerald)

[Réseau \(/search/node?Domaines%5B0%5D=72450\)](/search/node?Domaines%5B0%5D=72450) [Sécurité \(/search/node?Domaines%5B0%5D=72467\)](/search/node?Domaines%5B0%5D=72467)

[Embarqué \(/search/node?Domaines%5B0%5D=72457\)](/search/node?Domaines%5B0%5D=72457)

Nous allons voir dans cet article comment installer le système GNU/Linux embarqué de type OpenWRT. OpenWRT est un système GNU/Linux pour les matériels embarqués et pour les matériels de types routeurs et box. Il constitue donc la part essentielle pour se libérer des GAFA. C'est un système léger, rapide et performant pour administrer et contrôler son accès Internet. Ce système est optimisé pour la gestion des ressources et ...

Capteur de glucose connecté : comment ça marche ? (/MISC/MISC-106/Capteur-de-glucose-connecte-comment-ca-marche)

MISC n° 106 (/MISC/MISC-106) | novembre 2019 | [Apvrille Axelle](#) (/auteur/Apvrille-Axelle)

Sécurité (/search/node?Domaines%5B0%5D=72467) **Embarqué** (/search/node?Domaines%5B0%5D=72457)

L'IoT est souvent vue comme un ensemble de gadgets sympathiques, mais pas forcément utiles (ni bien sécurisés). Qu'en est-il de l'IoT médicale, comme ce capteur de glucose connecté ? ...

La liberté jusqu'au cœur du processeur avec RISC-V (/Hackable/HK-031/La-liberte-jusqu-au-coeur-du-processeur-avec-RISC-V)

Hackable n° 31 (/Hackable/HK-031) | octobre 2019 | [Marteau Fabien](#) (/auteur/Marteau-Fabien)

Électronique (/search/node?Domaines%5B0%5D=72452) **Embarqué** (/search/node?Domaines%5B0%5D=72457)

RISC-V est un jeu d'instructions 32 bits libre, développé initialement par l'université de Berkeley. Ce jeu d'instructions (ISA pour Instruction Set Architecture) est maintenant soutenu par une fondation regroupant quasiment tous les grands noms de l'industrie informatique. Dans cet article, nous allons décrire succinctement le concept de RISC vs CISC, puis nous expliquerons les bases du jeu d'instructions avec un peu de code ...

Petites antennes réalisées par impression additive : de la conception à la visualisation des diagrammes de rayonnement (en vrai et en virtuel) (/Hackable/HK-031/Petites-antennes-realisees-par-impression-additive-de-la-conception-a-la-visualisation-des-diagrammes-de-rayonnement-en-vrai-et-en-virtuel)

Hackable n° 31 (/Hackable/HK-031) | octobre 2019 |

[Friedt Jean-Michel](#) (/auteur/Friedt-Jean-Michel)- [Carry Emile](#) (/auteur/Carry-Emile)- [Testault Olivier](#) (/auteur/Testault-Olivier)

Radio et wireless (/search/node?Domaines%5B0%5D=72465)

Les antennes de petites dimensions sont un sujet qui a toujours été à la mode auprès des ingénieurs, désireux de faire rayonner un signal électromagnétique par un conducteur de dimensions aussi réduites que possible (penser « faire tenir une antenne dans un téléphone portable »). Le problème a été abordé très tôt, alors que les émissions sub-MHz, donc avec des longueurs d'onde de plusieurs kilomètres, étaient courantes [1]. Alors ...

Analysez et décidez les messages d'un collier de « dressage » (/Hackable/HK-030/Analysez-et-decodez-les-messages-d-un-collier-de-dressage)

Hackable n° 30 (/Hackable/HK-030) | juillet 2019 | [Bodor Denis](#) (/auteur/Bodor-Denis)

Code (/search/node?Domaines%5B0%5D=72464) **Radio et wireless** (/search/node?Domaines%5B0%5D=72465)

Certaines personnes inventent tout et n'importe quoi, d'autres achètent tout et n'importe quoi et enfin, d'autres encore font tout et n'importe quoi. Dans la catégorie « au top sur tous les tableaux » (sarcasme), je vous présente le collier de dressage canin, censé permettre aux propriétaires de chiens de soi-disant les éduquer, sans lever leurs grosses fesses du canapé et sans réellement chercher à apprendre comment on ...

Démarrez avec MicroPython (/GNU-Linux-Magazine/GLMF-228/Demarrez-avec-MicroPython)

GNU/Linux Magazine n° 228 (/GNU-Linux-Magazine/GLMF-228) | juillet 2019 | [Lonkeng Toulepi Stéphane](#) (/auteur/Lonkeng-Toulepi-Stephane)

Pour mettre sur pied une preuve de concept ou un prototype électronique, il faut habituellement choisir une carte de développement et ensuite acquérir les outils de développement logiciel du fabricant. Ces logiciels s'appuient généralement sur les langages bas niveau comme le C, dont la maîtrise n'est pas accessible à tout le monde. MicroPython est a été mis sur pied pour permettre l'utilisation d'un langage de programmation haut ...

[1 \(?page=0\)](#) [2 \(?page=1\)](#) [3 \(?page=2\)](#) [4 \(?page=3\)](#) [5 \(?page=4\)](#) [6 \(?page=5\)](#) [7 \(?page=6\)](#)
[8 \(?page=7\)](#) [9 \(?page=8\)](#) **[» \(?page=1\)](#)**

PAR LE MÊME AUTEUR

ÉDITO (/HACKABLE/HK-032/EDITO)

Hackable n° 32 (/Hackable/HK-032) | janvier 2020 | [Bodor Denis](#) (/auteur/Bodor-Denis)

De Noël à mars... Avez-vous remarqué qu'il y a un climat de crise énergétique ambiant en ce moment ? Tout devient économe en énergie, les ampoules à filament ont laissé place aux leds dans les rayons des magasins et petit à petit dans les rues, de manière générale les choses énergivores sont devenues le mal incarné car, comme dirait la pub, « ce n'est pas Versailles ici ».

MODULE INTERFACE I2C POUR ÉCRAN LCD (/HACKABLE/HK-032/MODULE-INTERFACE-I2C-POUR-ECRAN-LCD)

Hackable n° 32 (/Hackable/HK-032) | janvier 2020 | [Bodor Denis](#) (/auteur/Bodor-Denis)

Électronique (/search/node?Domaines%5B0%5D=72452)

Les afficheurs LCD alphanumériques disposant d'une interface compatible HD44780 (composant Hitachi à l'origine) se pilotent tous de la même façon et peuvent avoir différentes caractéristiques et tailles : une ligne de 8 caractères, quatre lignes de 20 caractères, deux lignes de 16 caractères, etc., tantôt avec rétroéclairage, tantôt sans.

VITE FAIT : CRÉER UN THERMOSTAT D'AMBIANCE PROGRAMMABLE (/HACKABLE/HK-032/VITE-FAIT-CREER-UN-THERMOSTAT-D-AMBIANCE-PROGRAMMABLE)

Hackable n° 32 (/Hackable/HK-032) | janvier 2020 | [Bodor Denis](#) (/auteur/Bodor-Denis)

Domotique (/search/node?Domaines%5B0%5D=72455)

Dans ma nouvelle maison, j'ai découvert les joies du chauffage au fioul et les limitations d'un système de régulation de la température intérieure le plus simpliste qui soit. La simplicité a ses avantages, et le fioul aussi, mais lorsqu'on regarde sa facture, on se rend rapidement compte que cette simplicité a un coût, qui peut être important. Pour régler le problème, j'ai décidé de faire rapidement évoluer mon installation, avec l'aide d'une ...

DÉCOUVREZ LES RÉSEAUX DE NEURONES AVEC ARDUINO (/HACKABLE/HK-031/DECOUVREZ-LES-RESEAUX-DE-NEURONES-AVEC-ARDUINO)

Hackable n° 31 (/Hackable/HK-031) | octobre 2019 | [Bodor Denis](#) (/auteur/Bodor-Denis)

Intelligence Artificielle, Deep Learning, Apprentissage Automatique, Classification, Machine Learning... Ces termes sont en ce moment sur toutes les lèvres et semblent souvent utilisés dans les médias comme joker, en lieu et place de « vaudou », « magie noire », « sorcellerie », « alchimie » ou plus généralement, « technologie à la mode qu'on ne peut pas vous expliquer, car on n'y comprend rien ». Pourtant, chez vous, vous pouvez ...

ARDUINO MKR VIDOR 4000 : UN ARDUINO PAS COMME LES AUTRES (/HACKABLE/HK-031/ARDUINO-MKR-VIDOR-4000-UN-ARDUINO-PAS-COMME-LES-AUTRES)

Hackable n° 31 (/Hackable/HK-031) | octobre 2019 | [Bodor Denis \(/auteur/Bodor-Denis\)](/auteur/Bodor-Denis)

Électronique (/search/node?Domaines%5B0%5D=72452)

Les microcontrôleurs existaient bien avant l'arrivée des cartes Arduino. La révolution provoquée par l'initiative italienne n'a pas été technologique, mais pédagogique. C'est le fait de totalement démocratiser et de rendre accessible le développement sur microcontrôleurs qui a mis le mot « Arduino » sur toutes les lèvres. Aujourd'hui, Arduino récidive avec un autre domaine de l'électronique numérique et s'attaque à une ...

ÉDITO (/HACKABLE/HK-031/EDITO)

Hackable n° 31 (/Hackable/HK-031) | octobre 2019 | [Bodor Denis \(/auteur/Bodor-Denis\)](/auteur/Bodor-Denis)

Dans la vie, il y a ceux qui savent être « open » et ceux qui ne savent pas. ...

[1 \(?page=0%2C0\)](#)[2 \(?page=0%2C1\)](#)[3 \(?page=0%2C2\)](#)[4 \(?page=0%2C3\)](#)[5 \(?page=0%2C4\)](#)[6 \(?page=0%2C5\)](#)[7 \(?page=0%2C6\)](#)[8 \(?page=0%2C7\)](#)[9 \(?page=0%2C8\)](#)[Suivant > \(?page=0%2C1\)](#)[GNU/LINUX MAGAZINE \(/GNU-LINUX-MAGAZINE\)](/GNU-LINUX-MAGAZINE)[LINUX PRATIQUE \(/LINUX-PRATIQUE\)](/LINUX-PRATIQUE)[MISC \(/MISC\)](/MISC)[HACKABLE \(/HACKABLE\)](/HACKABLE)[A PROPOS \(/A-PROPOS\)](/A-PROPOS)[ABONNEZ-VOUS \(/ABONNEZ-VOUS\)](/ABONNEZ-VOUS)[INFOS LÉGALES \(/MENTIONS-LEGALES\)](/MENTIONS-LEGALES)[CONTACTEZ-NOUS \(/CONTACTEZ-NOUS\)](/CONTACTEZ-NOUS)