

Qu'est-ce qu'un micro-réseau électrique ?

Robin Roche

Février 2018

1 Définition

Un **micro-réseau électrique** (*microgrid* en anglais) est un petit réseau électrique pouvant fonctionner indépendamment du réseau électrique principal. Pour cela, il utilise des dispositifs locaux de production, de stockage et de consommation d'électricité, ainsi qu'une connexion éventuelle au réseau :

- La **production** peut se faire à partir de sources fossiles, par exemple via un générateur diesel ou une micro-turbine à gaz, et/ou à partir de sources renouvelables, comme des panneaux photovoltaïques, des éoliennes, ou une petite centrale hydroélectrique.
- Le **stockage** peut se faire via de nombreuses technologies, comme les batteries au plomb ou les batteries lithium-ion. Pour des applications spécifiques, des super-condensateurs ou du stockage sous forme d'hydrogène peuvent également se révéler utiles.
- Enfin, la **consommation** d'électricité peut se faire à partir de n'importe quelle charge (consommateur) commune, comme un ordinateur, une ampoule, un four, ou encore une climatisation.
- La **connexion au réseau** principal peut être inexistante, temporaire ou permanente sauf en cas de panne de ce réseau.

Un système de **gestion de l'énergie** est nécessaire et assure la bonne coordination des composants cités plus haut, suivant différents critères techniques, économiques, ou autres. Ce système peut avoir un niveau d' « intelligence » et de sophistication variable.

Un schéma de principe représentant les composants constituant un exemple de micro-réseau électrique est visible ci-dessous. Concernant la partie hydrogène, celui-ci peut être produit à partir d'un électrolyseur, stocké dans des réservoirs, puis convertit en électricité par une pile à combustible (*fuel cell* en anglais, ou FC). Les traits noirs continus représentent des flux d'électricité, alors que les traits rouges pointillés représentent les flux d'information.

2 Pourquoi s'intéresser à cela ?

Les micro-réseaux gagnent aujourd'hui en popularité, et ce pour plusieurs raisons principales :

- Une première raison est traditionnellement celle de la **disponibilité des ressources en énergie**. C'est une problématique à laquelle les populations habitant des zones reculées (déserts, îles, etc.) ainsi que les militaires sont confrontés depuis longtemps. Ces zones ne sont en effet pas ou peu desservies par les réseaux de distribution d'électricité, et doivent donc se débrouiller pour produire eux-même leur électricité, en fonction de leurs besoins.
- Une deuxième est celle de la **fiabilité (ou sécurité) et qualité d'alimentation**. En effet, certaines applications, notamment industrielles (semi-conducteurs par exemple), nécessitent une qualité d'alimentation électrique élevée. Ceci implique que les coupures et perturbations

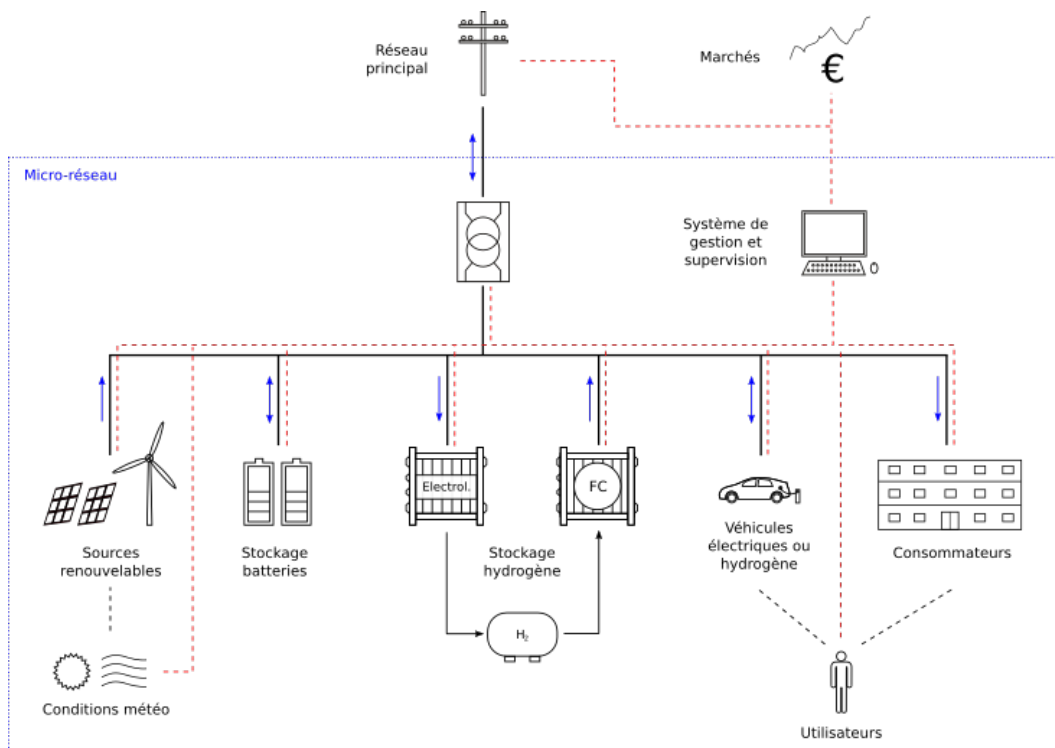


FIGURE 1 – Schéma de principe d'un micro-réseau.

sur le réseaux doivent être quasi inexistantes, sans quoi les pertes peuvent rapidement s'élever à plusieurs millions d'euros. Dans certaines régions, les réseaux de distribution et/ou les centrales électriques sont par ailleurs peu fiables, ou alors l'alimentation n'est assurée que quelques heures par jour. Enfin, certains consommateurs comme les hôpitaux ou les prisons nécessitent également une fiabilité élevée d'alimentation, d'où ici aussi le besoin d'avoir des ressources énergétiques disponibles localement.

- Une dernière est plutôt la conséquence d'un **choix délibéré**, qui peut être lié aux coûts de l'énergie, aux émissions de gaz à effet de serre, ou encore à une volonté d'indépendance énergétique. Par exemple, il arrive dans certains cas (encore rares) que l'énergie produite localement soit moins chère que celle importée du réseau. Un micro-réseau peut également viser à favoriser l'intégration massive des énergies renouvelables et par la même la réduction des émissions, ce sur quoi l'on a peu prise en étant connecté au réseau principal.

3 Quelques exemples de micro-réseaux

- A Sendai, au Japon, un micro-réseau a été créé dans le cadre d'un projet de recherche pour alimenter un ensemble de charges dont un hôpital. Il a la particularité d'avoir continué à fonctionner pendant le tremblement de terre de 2011 ayant conduit au désastre de Fukushima, alors que l'alimentation du réseau électrique a été interrompue pendant près de 3 jours.
- L'île de Bornholm au Danemark, où vivent environ 28000 personnes, est alimentée par des centrales conventionnelles, des éoliennes, ainsi qu'une connexion au réseau suédois. Cela en fait un terrain d'expérimentation intéressant, au même titre que d'autres îles des DOM-TOM français, par exemple.
- L'université américaine IIT, à Chicago, a installé à la fin des années 2010 un micro-réseau qui alimente la majeure partie des installations du campus.

- L'île de Kythnos, en Grèce, héberge également un petit micro-réseau depuis près d'une dizaine d'années, dans le cadre de plusieurs projets européens.
- De nombreux autres exemples existent, et de nouveaux apparaissent chaque année.

4 Quels sont les défis à relever ?

On peut ensuite s'interroger sur les défis scientifiques, technologiques, économiques, environnementaux, et sociétaux à relever dans ce domaine : pourquoi a-t-on besoin de recherche sur ce sujet ? Parmi les principaux défis, on trouve :

- La **stabilité** du réseau, surtout s'il est alimenté par des énergies renouvelables. Un micro-réseau n'a en effet pas l'inertie d'un grand réseau, et ne peut compter que sur ses propres ressources. Assurer sa stabilité impose donc d'étudier de nouvelles approches.
- En conséquence, l'**intermittence et la variabilité de la production renouvelable** posent difficulté puisque l'équilibre entre production et consommation doit être assuré à tout moment.
- La **gestion de l'énergie** est donc un aspect central : quand stocker ? Déstocker ? De combien ? Quelle source utiliser et à quel moment ? Vaut-il mieux délester une partie des charges ou augmenter la production ? Les décisions peuvent prendre en compte non seulement les coûts, mais également les émissions de gaz à effet de serre, les pertes d'énergie, le vieillissement des composants, etc.
- Le **dimensionnement** des composants est un sujet qui est intimement lié au précédent : quelle serait la taille la plus adéquate de chaque élément ? Une grande taille permet une gestion avec de plus grandes marges de sécurité, mais a également un coût plus élevé.
- Plus généralement, les **modèles d'affaires** (*business models*) sont encore peu matures. Qui achète l'équipement nécessaire ? Qui le fait fonctionner ? Comment sont facturés les utilisateurs ? Comment sont partagés les coûts et les bénéfices ? Est-ce à la fois efficace et rentable ? Que permet la **réglementation** actuelle ? En allant encore plus loin, quelles sont les attentes et craintes que les utilisateurs (devenus également acteurs) peuvent avoir et comment les prendre en compte dans la création de modèles d'affaires ?
- Parmi les sources de revenus possibles d'un micro-réseau, on peut mentionner la **fourniture de services système** (régulation de fréquence ou de tension, par exemple) au réseau principal, pour ceux qui y sont connectés. De même, il peut fournir de l'énergie au réseau via les marchés de l'électricité, si nécessaire et/ou profitable.
- D'un point de vue très technique, la **protection** des micro-réseaux est encore peu mature, en particulier pour ceux fonctionnant en courant continu (DC). Les protections (contre les court circuits par exemple) sont en effet plutôt conçues pour fonctionner en courant alternatif, de même que les protections installées sur les réseaux de distribution n'ont pas forcément été conçues pour des flux d'énergie bidirectionnels.
- L'**intégration du stockage** pose également divers défis, techniques comme économiques. Par exemple, le **vieillissement** de ces composants impacte leur performance et leur coût puisqu'ils doivent être remplacés. La prise en compte de ce facteur dans la gestion et le dimensionnement, par exemple sous l'angle du pronostic (quand le composant devra-t-il être remplacé ?) est un sujet de recherche actuel.
- En lien avec cela, on peut mentionner l'importance de l'**hydrogène**, à la fois pour permettre du stockage de long terme (via un électrolyseur et une pile à combustible), et pour l'alimentation de véhicules à pile à combustible. Une complémentarité mais aussi une dépendance sont alors établies entre le réseau électrique et celui de transport, avec là aussi un impact sur le dimensionnement et la gestion. La problématique du vieillissement de ces composants électrochimiques se pose ici également.
- Toujours sur la thématique du transport, l'intégration des **véhicules électriques** est égale-

ment étudiée, puisqu'elle pose le problème de la recharge de forte puissance, tout en permettant la fourniture de services au réseau. Cependant, ces activités impactent le vieillissement de la batterie et donc les coûts. . .

Mes activités de recherche couvrent une partie de ces défis, pour lesquels nous essayons de concevoir et évaluer des concepts, architectures, algorithmes et méthodologies.

5 Quel avenir pour les micro-réseaux ?

De manière générale, on observe que les défis scientifiques et technologiques ne sont pas les seuls : les coûts, les modèles d'affaire et la législation sont également des obstacles majeurs. Néanmoins, avec le développement des énergies renouvelables dont le coût diminue constamment et qui deviennent accessibles au plus grand nombre, l'indépendance énergétique deviendra elle aussi plus accessible. Les micro-réseaux deviendront alors peut être les briques de base d'un réseau intelligent (*smart grid* en anglais) du futur, composé d'un ensemble de micro-réseaux interconnectés.