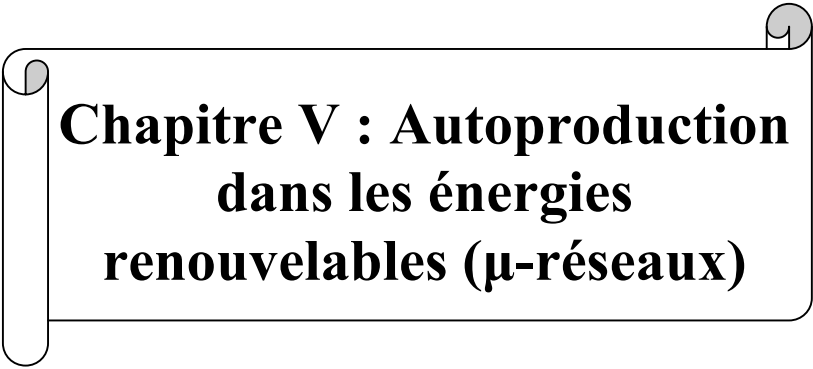


A decorative scroll graphic with a light gray background and a dark gray border. The scroll is unrolled in the center, with the text 'Chapitre V : Autoproduction dans les énergies renouvelables (μ-réseaux)' written in a bold, black, serif font. The scroll has a slight 3D effect with a shadow on the right side.

Chapitre V : Autoproduction dans les énergies renouvelables (μ-réseaux)

V.1. Introduction

Un micro-réseau est un réseau électrique autonome qui vous permet de générer votre propre électricité sur site et un système autonome composé d'une charge, d'une production distribuée et d'un système de stockage d'énergie.

Les systèmes modernes sont devenus de plus en plus complexes, en particulier les systèmes d'alimentation électrique.

Au niveau de la structure physique de base et de l'équipement, tous les types de Système

D'interconnexion Énergétique (SIE) sont fondamentalement les mêmes, couvrant généralement l'alimentation électrique intégrée, le chauffage, le refroidissement, l'approvisionnement en gaz, l'approvisionnement en hydrogène et d'autres systèmes énergétiques ainsi que les infrastructures de communication et d'information connexes. Une structure de micro-réseau typique est illustrée à la figure V.1.

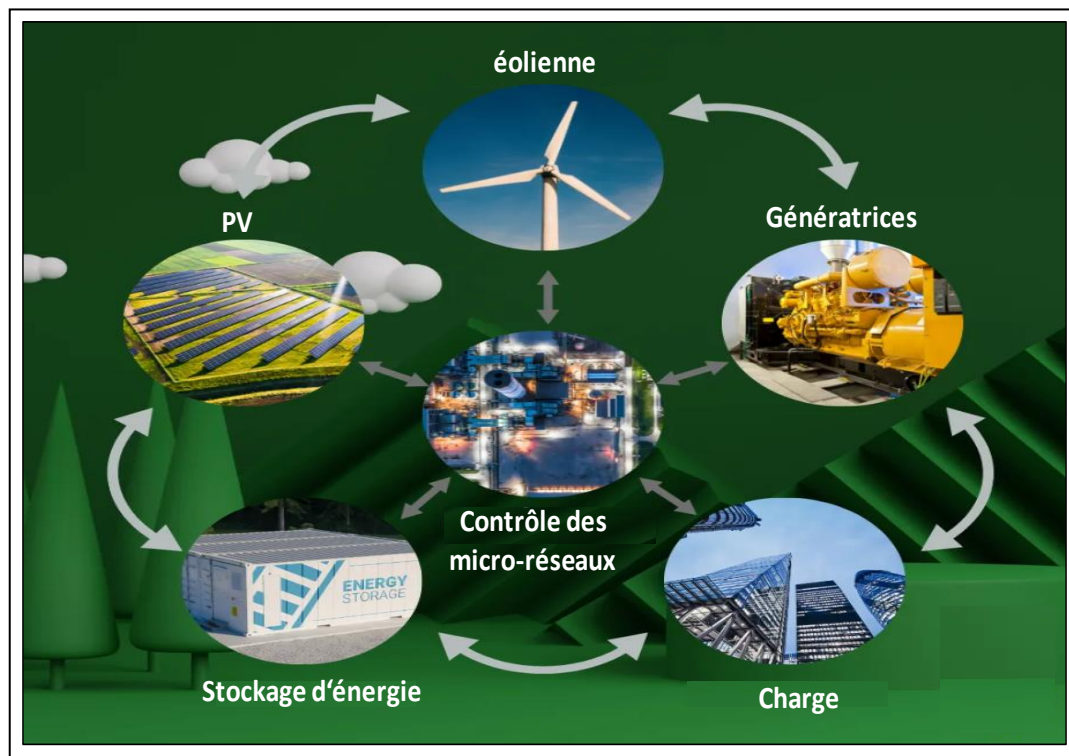


Figure V.1. Illustration d'un micro-réseau.

Les micro-réseaux sont des systèmes énergétiques localisés qui peuvent fonctionner indépendamment ou en conjonction avec le réseau principal, intégrant diverses sources de production d'énergie, des dispositifs de stockage et des charges locales. Dans la partie suivante un aperçu du concept et du fonctionnement des micro-réseaux.

V.2. Concept de Micro-réseaux

Les micro-réseaux sont conçus pour fournir de l'électricité de manière autonome à un groupe spécifique de consommateurs, tels que des bâtiments, des zones résidentielles, des installations industrielles ou des régions éloignées.

Ils peuvent fonctionner en mode îloté lorsqu'ils sont déconnectés du réseau principal, ou en mode connecté au réseau pour échanger de l'électricité avec celui-ci. Les micro-réseaux offrent une flexibilité opérationnelle et une résilience accrue en cas de panne de réseau.

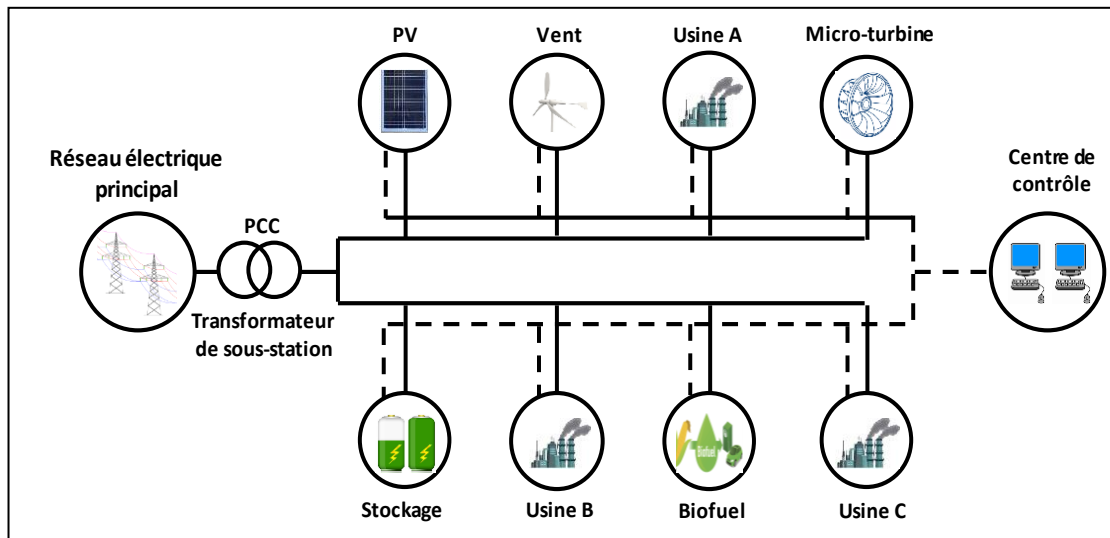


Figure V.2. Structure d'un système micro-grid.

V.3. Composants des micro-réseaux

V.3.1. Sources de production

Les micro-réseaux intègrent diverses sources de production d'énergie, telles que des panneaux solaires, des éoliennes, des générateurs diesel, des piles à combustible, des micro-turbines, etc. Ces sources peuvent être renouvelables ou conventionnelles.

V.3.2. Stockage d'énergie

Les systèmes de stockage d'énergie, tels que les batteries, les volants d'inertie, les super condensateurs, jouent un rôle clé dans les micro-réseaux en stockant l'excès d'énergie pour une utilisation ultérieure en cas de besoin.

V.3.3. Charges locales

Les charges locales représentent les équipements et les utilisateurs finaux qui consomment l'électricité produite localement. Il peut s'agir de bâtiments, d'appareils électroménagers, d'éclairage, etc.

V.4. Mode de fonctionnement des Micro-réseaux

✚ Les micro-réseaux sont gérés par des systèmes de contrôle avancés qui supervisent et coordonnent la production, le stockage et la distribution d'énergie. Ces systèmes utilisent des algorithmes intelligents pour optimiser les flux d'énergie en fonction des besoins et des conditions du réseau.

✚ En cas de déconnexion du réseau principal, les micro-réseaux peuvent passer en mode îloté et continuer à fournir de l'électricité aux charges critiques en utilisant des sources de production locales et des dispositifs de stockage. (Les Micro-réseaux en mode îlot, sont des Micro-réseaux isolés des autres réseaux de production d'électricité capables d'alimenter une seule installation ou plusieurs utilisateurs).

✚ Lorsqu'ils sont connectés au réseau principal, les micro-réseaux peuvent participer à des programmes de réponse à la demande, fournir des services auxiliaires au réseau ou même vendre l'électricité excédentaire produite localement.

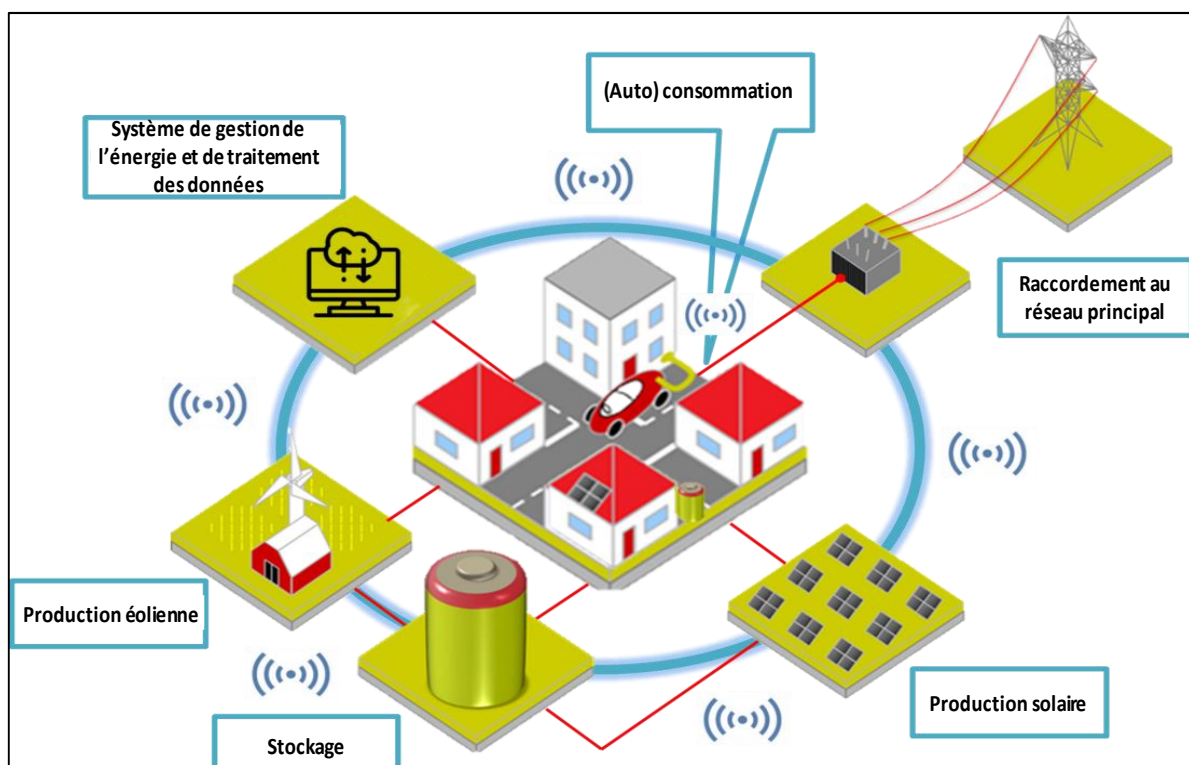


Figure V.3. Fonctionnement d'un système micro-réseau.

V.5. Technologies de génération

Il regroupe plusieurs sites de production locaux et dispersés (piles à combustible, micro-turbines, panneaux photovoltaïques, petits générateurs diesel, petite hydraulique, éoliennes). Ils peuvent être raccordés directement au réseau de distribution.

V.5.1. Micro-turbines

Les micro-turbines sont des turbines à combustion compactes qui peuvent générer de l'énergie efficacement et conviennent aux zones soumises à des contrôles stricts de la pollution. Ils peuvent être utilisés pour la production d'électricité sur site, en particulier lorsqu'ils sont combinés avec des systèmes de chauffage et d'alimentation.

Le fonctionnement des micro-turbines dans un système de micro-réseau implique les principes suivants :

** Production d'électricité**

Les micro-turbines fonctionnent sur le cycle de Brayton, où l'air atmosphérique est comprimé, chauffé en brûlant du carburant (comme du gaz naturel), puis utilisé pour entraîner une turbine de détente connectée à un générateur électrique. Ce processus convertit l'énergie de la combustion du carburant en énergie mécanique, qui est ensuite convertie en énergie électrique par le générateur.

** Récupération de chaleur**

Dans un système de micro-réseau, la chaleur d'échappement produite par la micro-turbine peut être utilisée à diverses fins telles que la production de vapeur, d'eau chaude ou d'eau glacée grâce à des systèmes de récupération de chaleur. Cela permet une utilisation efficace de la chaleur perdue générée pendant le processus de production d'électricité.

❖ **Fonctionnement de la cogénération** : Les micro-turbines sont bien adaptées aux applications de cogénération dans les systèmes de micro-réseaux car elles peuvent utiliser efficacement la chaleur générée lors de la production d'électricité à des fins de chauffage ou de refroidissement. Cette production combinée d'électricité et d'énergie thermique utile augmente l'efficacité globale du système.

❖ **Intégration avec le stockage d'énergie** : Dans un système de micro-réseau, les micro-turbines peuvent être intégrées à des systèmes de stockage d'énergie pour améliorer la stabilité et la fiabilité du réseau. Les technologies de stockage d'énergie telles que les batteries peuvent stocker l'électricité excédentaire générée par les micro-turbines pour une utilisation ultérieure lorsque la demande est élevée ou lorsque les micro-turbines ne fonctionnent pas à pleine capacité.

❖ **Interconnexion du réseau et capacité d'îlotage** : Les micro-turbines d'un système de micro-réseau peuvent être interconnectées avec le réseau principal pour échanger de l'électricité en fonction des conditions de la demande et de l'offre. De plus, les systèmes de

micro-réseaux avec micro-turbines ont la capacité de fonctionner en mode îloté, fournissant de l'énergie de manière indépendante en cas de panne de réseau ou d'urgence.

❖ **Contrôle et surveillance** : Des systèmes de contrôle avancés sont utilisés pour surveiller et gérer le fonctionnement des micro-turbines dans un système de micro-réseau. Ces systèmes de contrôle optimisent les performances des micro-turbines, gèrent le flux d'énergie au sein du micro-réseau et garantissent la stabilité et la fiabilité du réseau.

Dans l'ensemble, l'exploitation de micro-turbines dans un système de micro-réseau implique une production d'électricité efficace, une récupération de chaleur, un fonctionnement combiné de chaleur et d'électricité, une intégration avec le stockage d'énergie, une interconnexion au réseau, une capacité d'îlotage et des systèmes avancés de contrôle et de surveillance pour assurer une alimentation électrique fiable et durable.

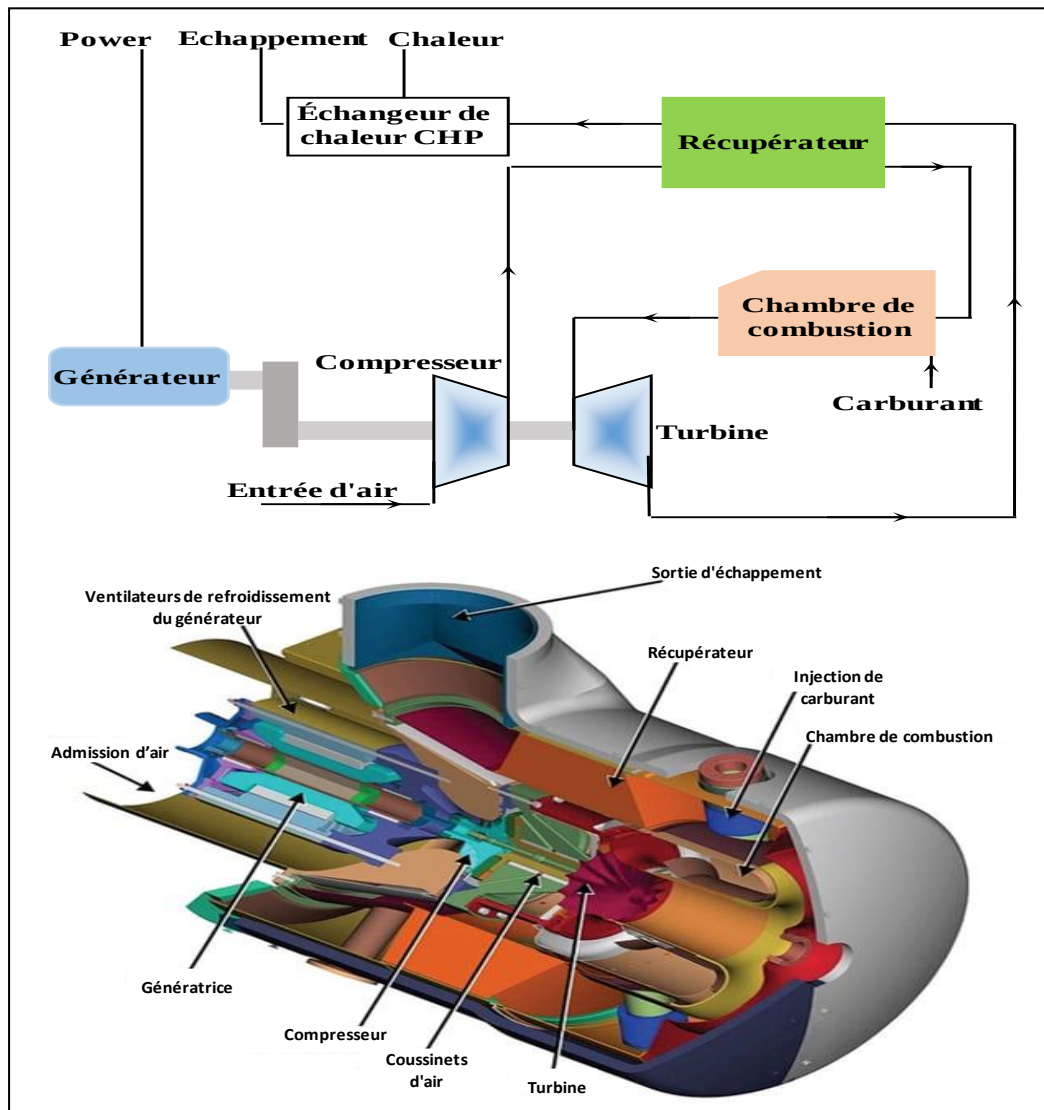


Figure V.4. Système d'une micro-turbine.

V.5.2. Les piles à combustible

Les piles à combustible dans un système de micro-réseau fonctionnent en convertissant l'énergie chimique des combustibles riches en hydrogène, tels que le gaz naturel propre ou le biogaz renouvelable, en énergie électrique et en chaleur de haute qualité grâce à un processus électrochimique. Semblable à une batterie, une pile à combustible se compose de nombreuses cellules individuelles qui forment une pile. Lorsque le carburant riche en hydrogène pénètre dans la pile à combustible, il réagit électro-chimiquement avec l'oxygène pour produire du courant électrique, de la chaleur et de l'eau.

Ce processus est pratiquement exempt de polluants et n'implique pas de combustion, ce qui permet une production d'énergie propre et efficace. La pile à combustible peut fonctionner en continu tant que l'alimentation en carburant est maintenue, ce qui en fait une source fiable d'alimentation continue pour le micro-réseau.

Le logiciel de contrôle intelligent micro-grids gère le fonctionnement de la pile à combustible et sa relation avec d'autres ressources énergétiques, garantissant que le client reçoit l'énergie la plus efficace et la plus économique à tout moment.



Figure V.5. Application pour un système pile à combustible

V.5.3. Petits générateurs diesel

Les petits générateurs diesel sont couramment utilisés pour la production d'électricité de secours, les applications hors réseau et dans les endroits éloignés où l'accès au réseau principal est limité.

Voici un aperçu du fonctionnement des petits générateurs diesel:

Composants de Base

- Un petit générateur diesel se compose généralement d'un moteur diesel et d'un alternateur (générateur) montés sur une base commune.
- Le moteur diesel est chargé de convertir l'énergie chimique du carburant diesel en énergie mécanique.
- L'alternateur convertit l'énergie mécanique du moteur en énergie électrique.

Combustion de carburant

Le fonctionnement d'un générateur diesel commence par l'injection de carburant diesel dans la chambre de combustion du moteur diesel.

- Le carburant est enflammé par la chaleur générée lors de la compression dans le cylindre, car les moteurs diesel fonctionnent selon le principe de l'allumage par compression (cycle diesel).
- La combustion du carburant diesel produit des gaz à haute pression qui entraînent le piston vers le bas, convertissant l'énergie chimique en énergie mécanique pour faire tourner le vilebrequin.

Production d'électricité

- Lorsque le vilebrequin tourne, il entraîne l'alternateur qui lui est connecté, ce qui génère de l'électricité grâce au principe de l'induction électromagnétique.
- L'alternateur produit un courant alternatif (AC), qui peut être utilisé directement ou converti en courant continu (DC) à l'aide d'un redresseur pour des applications spécifiques.

Régulation et contrôle de tension

- Les petits générateurs diesel sont équipés de régulateurs de tension pour maintenir une tension de sortie stable dans des limites acceptables.
- Les systèmes de contrôle des générateurs diesel modernes surveillent les paramètres tels que la tension, la fréquence et la charge pour assurer un fonctionnement efficace et fiable.

Refroidissement et lubrification

- Les moteurs diesel nécessitent des systèmes de refroidissement pour dissiper la chaleur générée pendant la combustion et le fonctionnement.
- Les systèmes de lubrification sont essentiels pour réduire les frottements entre les pièces mobiles et assurer la longévité et l'efficacité du moteur.

Entretien et approvisionnement en carburant

- Un entretien régulier, y compris des vidanges d'huile, des remplacements de filtres et des inspections périodiques, est crucial pour assurer le bon fonctionnement d'un petit générateur diesel.
- L'alimentation en carburant diesel est essentielle au fonctionnement continu du générateur, et la qualité du carburant peut avoir un impact sur les performances et la longévité.

V.5.4. Les cellules photovoltaïques (PV)

Communément appelées cellules solaires, convertissent directement la lumière du soleil en électricité grâce à l'effet photovoltaïque.

Voici un aperçu du fonctionnement des cellules photovoltaïques:

Principe de base

- Les cellules photovoltaïques sont constituées de matériaux semi-conducteurs, tels que le silicium, qui peuvent absorber les photons (particules lumineuses) de la lumière du soleil.
- Lorsque la lumière du soleil frappe la cellule **Photovoltaïque**, les photons transfèrent leur énergie aux électrons du matériau semi-conducteur, ce qui les rend excités et crée des paires électron-trou.

Production d'électricité

- Les électrons sous tension traversent le matériau, créant un courant électrique. Ce flux d'électrons est l'électricité à courant continu (DC) générée par la cellule photovoltaïque.
- L'électricité à DC produite par la cellule photovoltaïque peut être utilisée pour alimenter directement des appareils électriques ou stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure.

Conversion à l'électricité alternative

- Dans la plupart des applications, l'électricité DC générée par les cellules photovoltaïques doit être convertie en courant alternatif (AC) pour une utilisation dans les systèmes électriques domestiques ou commerciaux.
- Cette conversion est généralement effectuée à l'aide d'onduleurs, qui convertissent l'électricité DC des cellules photovoltaïques en électricité AC qui correspond à la fréquence standard du réseau électrique (généralement 60 Hz).

✚ Intégration du Système

- Les cellules photovoltaïques sont souvent connectées en série ou en parallèle pour former des modules ou des panneaux photovoltaïques. Plusieurs panneaux peuvent être connectés pour former un tableau PV, augmentant ainsi la puissance de sortie totale.
- Les panneaux photovoltaïques sont généralement installés sur les toits, les structures montées au sol ou intégrés dans les matériaux de construction pour capter efficacement la lumière du soleil.

✚ Fonctionnement dans des systèmes autonomes

- Dans les systèmes photovoltaïques autonomes, tels que les installations hors réseau ou les applications à distance, des dispositifs de stockage d'énergie tels que des batteries sont utilisés pour stocker l'électricité excédentaire générée pendant les périodes ensoleillées pour une utilisation lorsque la lumière du soleil n'est pas disponible.
- Les contrôleurs de charge sont utilisés pour réguler la charge des batteries et éviter les surcharges ou les décharges profondes.

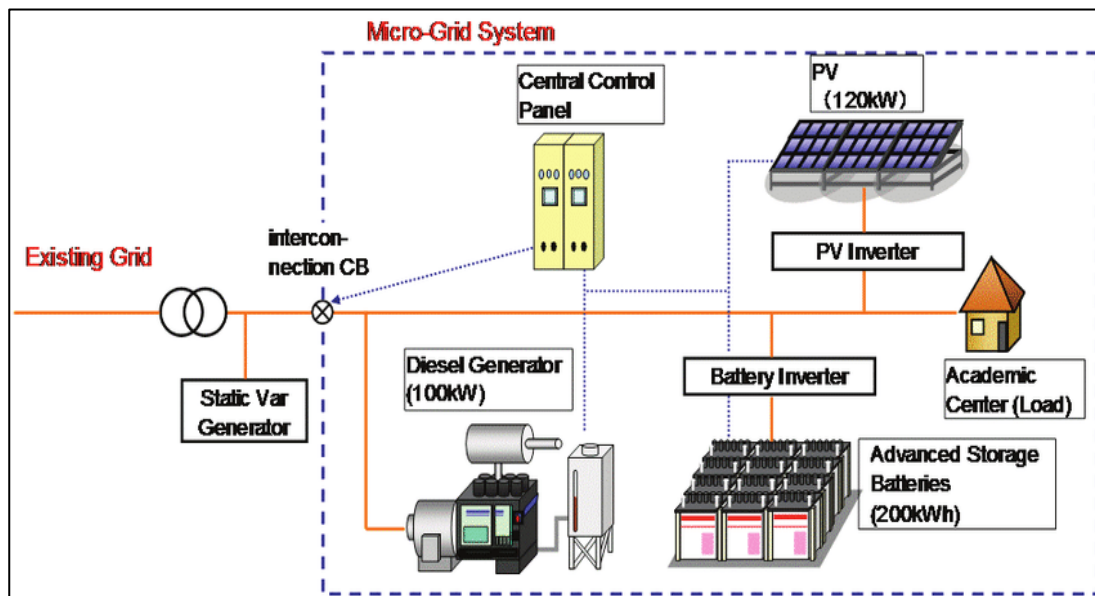


Figure V.6. Structure d'un système micro-PV.

✚ Avantages environnementaux

- Les cellules Photovoltaïques génèrent de l'électricité sans produire d'émissions de gaz à effet de serre ni de polluants atmosphériques, ce qui en fait une source d'énergie propre et durable.
- L'énergie solaire est abondante et renouvelable, réduisant la dépendance aux combustibles fossiles et contribuant à un mix énergétique plus vert.

V.5.5. Éoliennes

Les éoliennes dans un système de micro-réseau fonctionnent en convertissant l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. il fonctionne la nuit, pendant les saisons des pluies et en hiver, complétant l'énergie solaire disponible dans les systèmes de micro-réseaux hors réseau avec des fonctions ci-dessous :

✚ Conversion de l'Énergie Éolienne

- Les éoliennes sont constituées de pales de rotor attachées à un moyeu, qui est connecté à un générateur. Lorsque le vent souffle, il fait tourner les pales du rotor.
- La rotation des pales entraîne le générateur, qui convertit l'énergie mécanique des pales rotatives en énergie électrique.

✚ Production d'électricité

- Le générateur à l'intérieur de l'éolienne produit de l'électricité à courant alternatif (AC). Cette électricité se présente généralement sous la forme d'une alimentation alternative à fréquence variable.
- L'électricité alternative générée par l'éolienne est ensuite introduite dans le système électrique du micro-réseau pour la distribution et l'utilisation.

✚ Intégration avec le micro-réseau

- Dans un système de micro-réseau, l'électricité générée par l'éolienne peut être utilisée pour alimenter des charges locales au sein du micro-réseau.
- L'électricité excédentaire générée par l'éolienne peut être stockée dans des systèmes de stockage d'énergie, tels que des batteries ou des super-condensateurs, pour une utilisation lorsque la vitesse du vent est faible ou lorsque la demande dépasse la production.

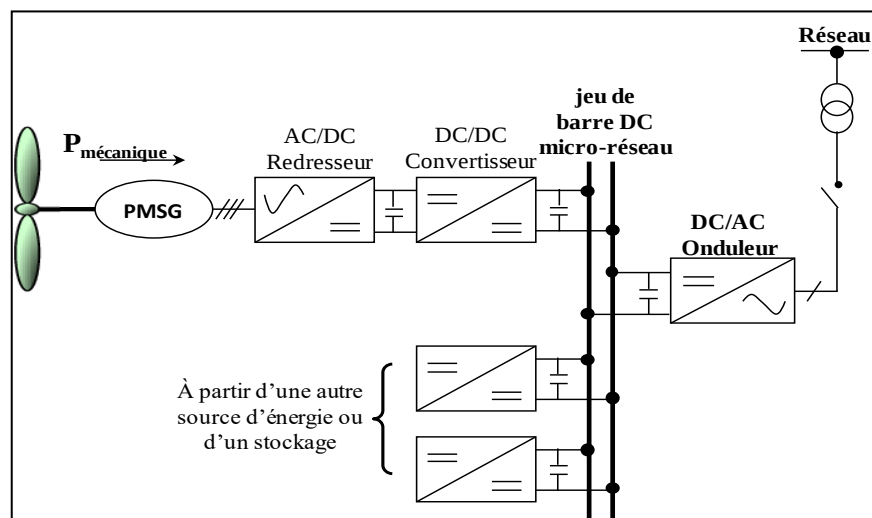


Figure V.7. Principe d'un système éolien.

✚ Gestion et contrôle de l'alimentation

- Les éoliennes dans un système de micro-réseau sont généralement équipées de systèmes de contrôle qui surveillent la vitesse du vent, la vitesse de la turbine et la puissance de sortie.
- Les systèmes de gestion de l'énergie optimisent le fonctionnement de l'éolienne pour maximiser la production d'énergie tout en assurant la stabilité et la fiabilité du réseau.

✚ Interaction avec la Grille

- Dans certains systèmes de micro-réseaux, les éoliennes peuvent être connectées au réseau principal pour exporter l'électricité excédentaire lorsque la demande locale est faible et pour importer de l'électricité lorsque la production est insuffisante.
- Les éoliennes reliées au réseau peuvent contribuer à la stabilité du réseau et soutenir le réseau principal pendant les périodes de pointe de la demande.

✚ Génération d'énergie de Secours

- Les éoliennes peuvent servir de source fiable d'alimentation de secours dans les systèmes de micro-réseaux, en particulier dans les endroits éloignés ou hors réseau où l'accès au réseau principal est limité.
- Pendant les pannes de réseau ou lorsque les sources d'énergie renouvelables telles que les panneaux solaires ne génèrent pas suffisamment d'énergie, les éoliennes peuvent fournir un approvisionnement continu en électricité.

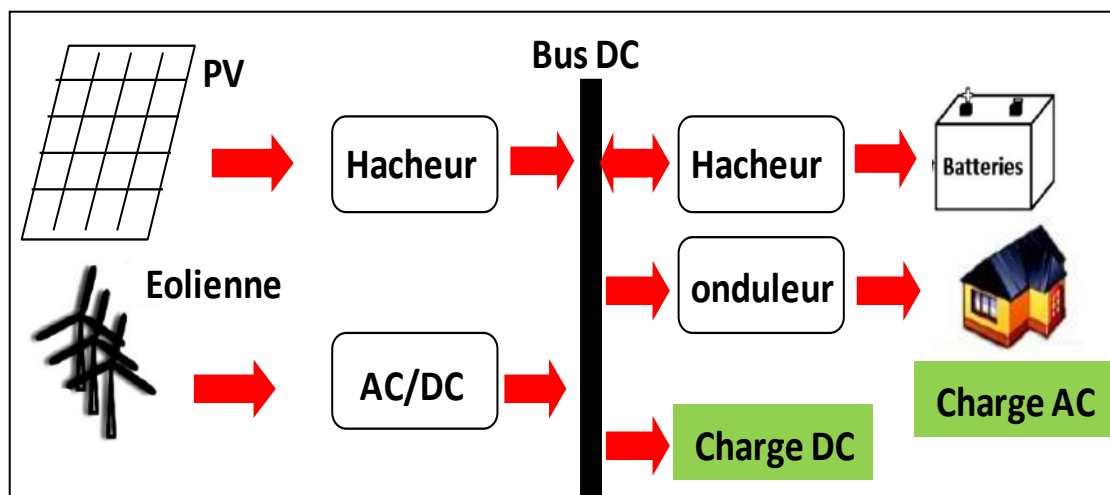


Figure V.8. Système éolienne-PV.

V.6. Exploitation et contrôle des micro-réseaux

V.6.1. Stratégies d'Exploitation

Les micro-réseaux utilisent diverses stratégies d'exploitation pour assurer un fonctionnement efficace et fiable.

Certaines stratégies d'exploitation courantes comprennent:

Fonctionnement en îlotage

Les micro-réseaux peuvent fonctionner en mode îloté, où ils se déconnectent du réseau principal et fonctionnent de manière autonome. Cela leur permet de continuer à alimenter les charges locales pendant les pannes de réseau.

Fonctionnement connecté au réseau

En mode connecté au réseau, les micro-réseaux peuvent interagir avec le réseau principal pour échanger de l'énergie en fonction des conditions de la demande et de l'offre. Ce mode permet l'optimisation des ressources énergétiques et facilite les services de support au réseau.

Réponse à la demande

Les micro-réseaux peuvent mettre en œuvre des stratégies de réponse à la demande pour gérer la consommation d'électricité en fonction de la tarification en temps réel ou des conditions du réseau. Cela aide à équilibrer l'offre et la demande au sein du micro-réseau.

V.6.2. Systèmes de Contrôle

Les systèmes de contrôle jouent un rôle crucial dans le fonctionnement des micro-réseaux en gérant les ressources de production, de stockage et de charge. Les composants clés des systèmes de contrôle dans les micro-réseaux comprennent:

Système de gestion de l'énergie (EMS)

EMS contrôle l'envoi des sources de production, des systèmes de stockage et des charges pour assurer un fonctionnement optimal et une utilisation efficace des ressources.

Électronique de puissance

Des dispositifs électroniques de puissance sont utilisés pour convertir et contrôler le flux d'électricité entre les différents composants du micro-réseau, tels que des onduleurs pour intégrer des sources d'énergie renouvelables.

Systèmes de communication

Les réseaux de communication permettent la surveillance et le contrôle en temps réel des composants du micro-réseau, facilitant la coordination et la prise de décision pour un fonctionnement efficace.

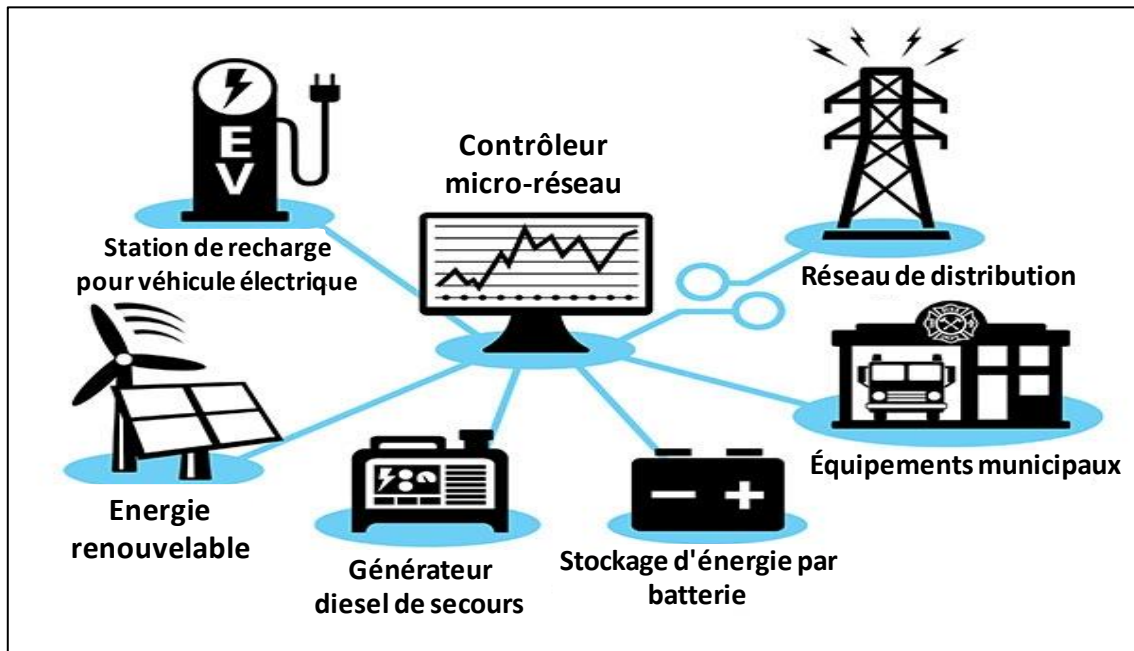


Figure V. 9. Contrôle d'un micro-réseau.

V.6.3. Défis de Fonctionnement et de Contrôle

L'exploitation et le contrôle des micro-réseaux présentent plusieurs défis qui doivent être relevés pour une mise en œuvre réussie. Certains défis communs incluent:

✚ Stabilité du réseau

Le maintien de la stabilité du réseau en mode îloté et la coordination avec le réseau principal pendant le fonctionnement connecté au réseau peuvent être difficiles en raison de la nature dynamique des sources d'énergie renouvelables.

✚ Cyber sécurité

La protection des systèmes de contrôle des micro-réseaux contre les cybers menaces est essentielle pour garantir la fiabilité et la sécurité du système électrique.

✚ Intégration des ressources énergétiques distribuées

La coordination du fonctionnement de diverses ressources énergétiques distribuées, telles que l'énergie solaire photovoltaïque, les éoliennes et le stockage d'énergie, nécessite des stratégies de contrôle avancées pour optimiser les performances et la fiabilité.

Relever ces défis grâce à des stratégies de contrôle avancées, des systèmes de communication robustes et une coordination efficace peut améliorer le fonctionnement et le contrôle des micro-réseaux, conduisant à une efficacité, une fiabilité et une résilience accrues du système électrique.

V.7. Types de micro-réseaux

Il existe plusieurs types de micro-réseaux en fonction de leur configuration, de leurs sources d'énergie et de leurs caractéristiques opérationnelles. Certains types courants de micro-réseaux comprennent :

V.7. 1. Micro-réseaux Connectés au Réseau

Les micro-réseaux connectés au réseau sont connectés au réseau principal de distribution et peuvent échanger de l'électricité avec le réseau en fonction des conditions de la demande et de l'offre. Ils peuvent fonctionner en parallèle avec le réseau principal, offrant des avantages tels que des économies d'énergie, des services de support réseau et une fiabilité améliorée.

V.7. 2. Micro-réseaux en Îlots

Les micro-réseaux insulaires fonctionnent indépendamment du réseau principal et dépendent uniquement des ressources énergétiques locales pour la production d'électricité. Ils sont conçus pour fonctionner de manière autonome pendant les pannes de réseau ou les urgences, fournissant une alimentation continue aux charges critiques au sein du micro-réseau.

V.7. 3. Micro-réseaux hybrides

Les micro-réseaux hybrides combinent plusieurs sources de production d'énergie, telles que l'énergie solaire photovoltaïque, les éoliennes, les générateurs diesel et les systèmes de stockage d'énergie. En intégrant diverses sources d'énergie, les micro-réseaux hybrides peuvent optimiser la production d'énergie, améliorer la fiabilité et réduire les émissions de carbone.

V.7. 4. Micro-réseaux AC

Les micro-réseaux AC fonctionnent en courant alternatif (AC) pour la distribution d'énergie et sont couramment utilisés dans les applications résidentielles, commerciales et industrielles. Ils utilisent des onduleurs pour convertir l'alimentation DC de sources telles que des panneaux solaires ou des batteries en courant alternatif pour une utilisation dans le réseau.

V.7. 5. Micro-réseaux DC

Les micro-réseaux DC distribuent l'énergie en utilisant le courant continu (DC) au lieu du courant alternatif. Les micro-réseaux DC sont efficaces pour certaines applications, telles que

les centres de données et les installations de télécommunications, où l'alimentation DC est directement compatible avec les charges et réduit les pertes de conversion.

V.7. 6. Micro-réseaux communautaires

Les micro-réseaux communautaires desservent un groupe de consommateurs interconnectés, tels que des quartiers résidentiels, des parcs industriels ou des campus universitaires. Ils permettent le partage des ressources énergétiques, le commerce entre pairs et la gestion localisée de l'énergie au sein de la communauté.

V.7. 7. Micro-réseaux distants

Les micro-réseaux distants sont déployés dans des endroits isolés ou hors réseau où l'accès au réseau principal est limité. Ils s'appuient sur des sources d'énergies renouvelables, un stockage d'énergie et des systèmes de contrôle avancés pour fournir une alimentation électrique fiable et durable aux communautés ou installations éloignées.

Ces différents types de micro-réseaux répondent à des besoins et des exigences spécifiques dans diverses applications, offrant des solutions personnalisées pour la production, la distribution et la gestion de l'énergie. Le choix du type de micro-réseau dépend de facteurs tels que l'emplacement, les ressources énergétiques, les caractéristiques de charge et les capacités opérationnelles souhaitées.

V.8. Micro-réseaux hybrides avec production et accumulation distribuées

V.8.1. Intégration des sources d'énergie renouvelables

Les micro-réseaux hybrides combinent des sources d'énergie conventionnelles et renouvelables telles que l'énergie solaire, éolienne et hydraulique pour améliorer la durabilité et réduire la dépendance aux combustibles fossiles.

V.8.2. Systèmes de stockage d'énergie

L'incorporation de systèmes de stockage d'énergie, tels que des batteries et des volants d'inertie, dans des micro-réseaux hybrides permet une gestion efficace de la production fluctuante d'énergie renouvelable et améliore la stabilité du réseau.

V.8.3. Avantages des micro-grids hybrides

Les micro-grids hybrides offrent des avantages tels qu'une efficacité énergétique améliorée, une réduction des émissions de carbone, une résilience accrue du réseau et des économies de coûts grâce à une gestion optimisée de l'énergie.

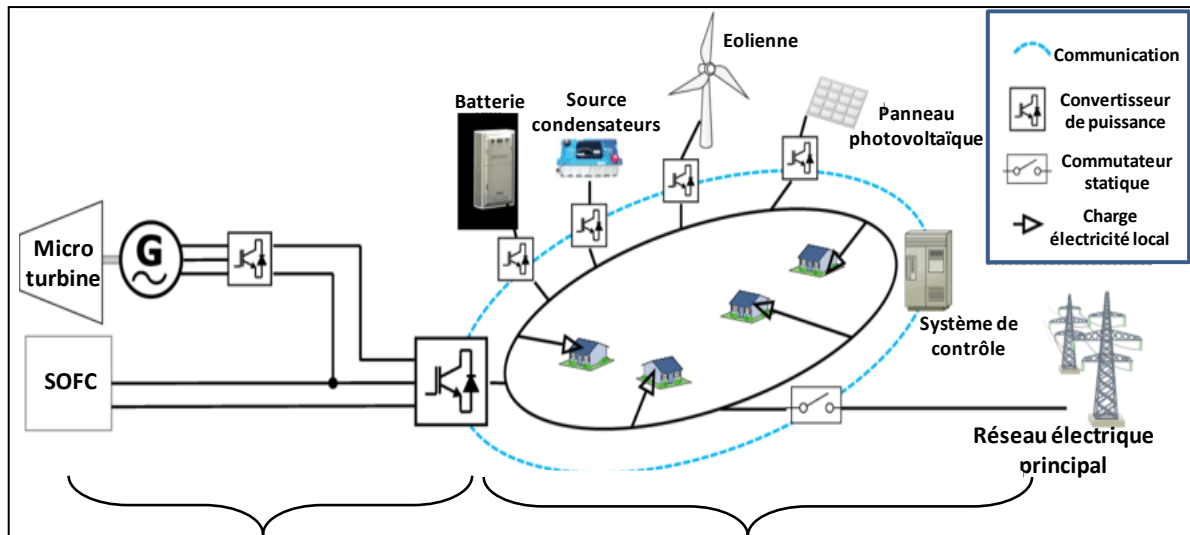


Figure V.10. Micro-réseau hybride.

V.9. Surveillance et Enregistrement des Données

Une surveillance et un enregistrement efficaces des données sont essentiels au fonctionnement et à la gestion efficace des micro-réseaux. Les aspects clés de la surveillance et de l'enregistrement des données dans les applications de micro-réseaux comprennent :

V.9.1. Importance du suivi des données

Le suivi des données fournit des informations en temps réel sur la production, la consommation et le stockage d'énergie au sein du micro-réseau, permettant aux opérateurs de prendre des décisions éclairées pour des performances optimales du système.

Les données de surveillance aident à identifier les tendances, à diagnostiquer les problèmes et à mettre en œuvre des mesures correctives pour améliorer la fiabilité et l'efficacité du micro-réseau.

V.9.2. Systèmes de Surveillance

Les systèmes de surveillance des micro-réseaux se composent de capteurs, de compteurs et d'appareils de communication qui collectent des données sur les flux d'énergie, l'état des équipements et les conditions du réseau.

Les systèmes de surveillance avancés utilisent des technologies intelligentes et des analyses de données pour surveiller et contrôler les composants du micro-réseau, prédire le comportement du système et optimiser les stratégies de gestion de l'énergie. En intégrant des sources d'énergie renouvelables, des systèmes de stockage d'énergie et des technologies de surveillance avancées, les micro-réseaux peuvent offrir des solutions durables, fiables et

efficaces pour la production et la distribution d'électricité. La combinaison de la production et de l'accumulation distribuées dans les micro-réseaux hybrides, ainsi que de systèmes robustes de surveillance et d'enregistrement des données, contribue à la résilience et à l'efficacité des applications de micro-réseaux dans divers contextes.

V.10. Applications de micro-réseaux

Les micro-réseaux trouvent diverses applications dans divers contextes, offrant flexibilité, fiabilité et durabilité dans la production et la distribution d'électricité. Certaines applications courantes des micro-réseaux comprennent :

V.10.1. Micro-réseaux communautaires et résidentiels

Les micro-réseaux communautaires et résidentiels permettent aux quartiers, aux villes et aux zones tribales de répondre localement à leurs besoins énergétiques. Certains rendent l'électricité d'une communauté plus fiable et durable tandis que d'autres desservent des infrastructures essentielles telles que les installations d'incendie, de police et de traitement de l'eau.

V.10.2. Micro-réseaux d'épicerie

Les épiceries sont des "installations critiques" qui doivent être maintenues opérationnelles pendant une catastrophe. De plus, il existe une forte motivation économique pour les magasins à éviter les pannes de courant. Même des pannes de courant relativement courtes peuvent coûter cher aux épiciers. La valeur des aliments périssables varie de 400000 \$ à 900000 \$ dans un seul magasin.

V.10.3. Mini-réseaux de soins de santé

Les établissements de soins de santé, tels que les hôpitaux, les établissements de soins de longue durée et les cliniques chirurgicales, sont une autre forme d'infrastructure essentielle qui doit disposer d'une alimentation électrique fiable. Les micro-réseaux de soins de santé peuvent remplacer ou réduire la dépendance aux générateurs de secours diesel, ce qui réduit les émissions de carbone des installations.

V.10.4. Mini-réseaux militaires

L'armée a fait la démonstration de micro-réseau sophistiqués et innovants qui servent de terrain d'apprentissage pour les micro-réseaux développés pour le secteur civil. Un micro-réseau peut répondre à tous les besoins en électricité de l'installation militaire en îlotage.

Les micro-grids entrent également en jeu sur le champ de bataille, sous la forme d'unités mobiles qui peuvent être rapidement installées.

L'armée installe également des micro-réseaux pour améliorer la cybersécurité grâce à l'indépendance énergétique, tout comme les services publics. En plus des contrôles avancés, les micro-réseaux comprennent l'éolien, le solaire, le gaz naturel et le stockage d'énergie. L'architecture distribuée d'un micro-réseau le rend plus résistant aux cyberattaques. Si un générateur est attaqué, le micro-réseau dispose d'autres sources d'alimentation sur lesquelles s'appuyer.

V.10.5. Ports et aéroports de l'Espagne

Les ports et les aéroports construisent de plus en plus de micro-réseaux pour assurer la sécurité du passage des personnes et des marchandises. Un micro-réseau peut servir de source d'alimentation principale pour l'ensemble d'un aéroport ou fournir une alimentation de secours pour garantir que les terminaux, l'aérodrome et les stations-service restent en ligne pendant une panne.

V.10.6. Micro-réseaux utilitaires

Les micro-réseaux aident non seulement le réseau à gérer les énergies renouvelables, mais les services publics les intègrent également de plus en plus comme sources d'énergie primaires, en les couplant avec des générateurs de stockage d'énergie et de secours.

D'autres applications de micro-réseaux comprennent :

- ✚ Opérations agricoles,
- ✚ Centres de données et autres axés sur la qualité de l'alimentation,
- ✚ Services de télécommunications,
- ✚ Commerces de détail et de gros,
- ✚ Raffineries de pétrole et de gaz,
- ✚ Bornes de recharge pour véhicules électriques,
- ✚ Îles éloignées ou avant-postes.

V.11. Conclusion

L'augmentation de la consommation d'énergie, notamment de l'électricité, dans les pays, continuera de croître à mesure que la population mondiale augmentera, que l'urbanisation se poursuivra et que le réchauffement climatique s'intensifiera. Cette tendance exige non seulement une augmentation significative de l'utilisation des énergies renouvelables, mais elle

place également des exigences plus élevées sur les systèmes de gestion de l'énergie. Les technologies de l'Internet des objets (IOT), des communications et du contrôle permettent aux systèmes de gestion de l'énergie d'être plus puissants et de fournir des capacités améliorées d'acquisition, de transmission et de traitement de l'information pour les micro-réseaux. Dans cette étude, nous présentons les concepts et le fonctionnement des micro-réseaux dans différentes technologies telles que les micro-turbines, les piles à combustible, les petits générateurs diesel, les panneaux photovoltaïques, les mini-éoliennes et les petites centrales hydroélectriques, ainsi que le contrôle des micro-réseaux. Nous abordons également les micro-réseaux hybrides avec génération et stockage distribués, ainsi que la surveillance et l'enregistrement des données. L'autoproduction d'énergies renouvelables, en particulier sous la forme de micro-réseaux, offre une perspective prometteuse pour un avenir énergétique plus propre, plus résilient et durable. En adoptant l'autoproduction, nous pouvons réduire les impacts environnementaux, renforcer la sécurité énergétique, favoriser le développement économique local et permettre aux individus et aux communautés de participer activement à la transition vers une société à faible teneur en carbone.

