

I.1 Introduction

A l'origine, le réseau électrique a été construit et dimensionné pour transporter l'énergie électrique produite par les centres de production jusqu'aux centres de consommation les plus éloignés. Ainsi, les transits de puissances circulent de l'amont depuis les centres de production d'énergie électrique de type grosses centrales thermique, hydraulique ou nucléaire vers l'aval représenté par les consommateurs. Le « système » réseau électrique met donc en œuvre des milliers de kilomètres de ligne, des milliers de poste de transformation, ainsi que de nombreux organes de coupure et d'automates de réglage, dimensionnés pour assurer le bon fonctionnement de la fourniture d'énergie électrique [4].

L'ouverture du marché de l'énergie électrique et les préoccupations environnementales grandissantes, liées au changement climatique planétaire amènent des changements importants sur ces réseaux électriques, en particulier sur les réseaux de distribution avec l'arrivée massive de productions décentralisée [5]. Le développement de ces nouvelles fonctions de conduite pour le réseau est possible en partie grâce aux Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC). Les NTIC ont en effet un rôle crucial car elles apportent, via l'utilisation du potentiel des technologies du numérique, une interaction entre les différents éléments du réseau ainsi que des solutions d'infrastructures de communication sécurisées, des logiciels de pilotages ou la maîtrise de la consommation au travers d'afficheurs. Les différents éléments constituant le réseau électrique sont maintenant plus automatisés et peuvent communiquer entre eux, en offrant aux gestionnaires une meilleure observabilité et un meilleur contrôle de son réseau. Ces changements mènent peu à peu le réseau électrique actuel à évoluer vers le smart grid ou réseau intelligent. Il s'agit du système électrique incluant des technologies de compteurs et autres appareils communicants, des énergies renouvelables et des charges flexibles, surveillés et contrôlés à l'aide des NTIC [3].

Dans ce chapitre nous introduisons d'une manière générale sur le concept de réseau intelligent ou « Smart-Grid » en décrivant sa structure, ses avantages et ses inconvénients.

I.2 Réseaux électriques traditionnels

I.2.1 Architectures des réseaux électriques

Les systèmes électriques traditionnels se composent d'un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique produite vers les consommateurs. L'électricité transite donc depuis la centrale de production, par les réseaux de transport, de répartition, et de distribution pour arriver chez le consommateur [6].

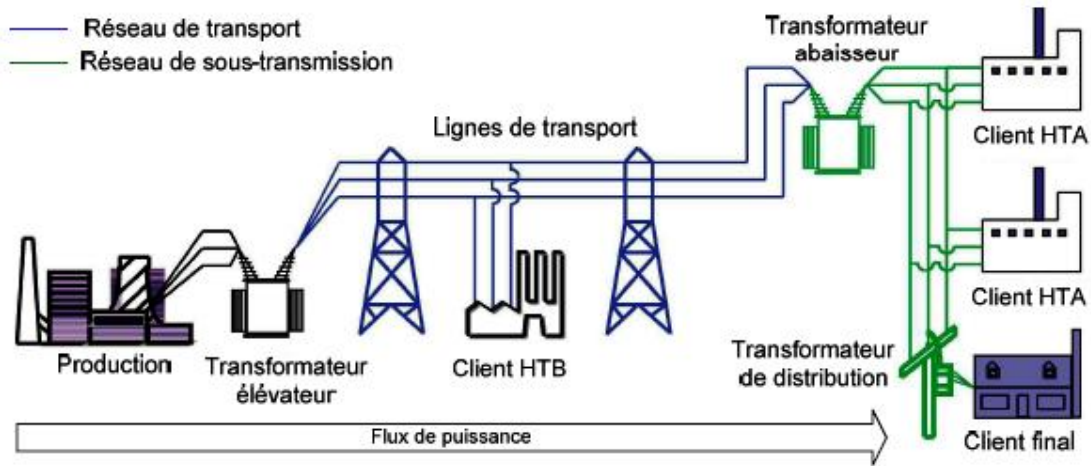


Figure I.1 : Architecture verticale du réseau

La norme française de l'Union Technique de l'Electricité UTE C 18-510 définit les différents niveaux de tensions indiqués dans le tableau I.1. Ainsi le réseau de transport et de répartition se situe au niveau de la HTB (Haute Tension niveau B) Le gestionnaire du réseau de transport est responsable, à l'échelle nationale, de l'équilibre entre la production et la consommation et du respect des échanges transfrontaliers. Le réseau de distribution est au niveau de la HTA (Haute Tension niveau A) et de la BTA (Basse Tension niveau A). Le rôle du gestionnaire du réseau de distribution est l'entretien et la gestion de ce dernier et aussi l'alimentation des clients de types petites et moyennes entreprises et résidentiels au travers du réseau moyenne tension (HTA) et du réseau basse tension (BTA). Le tableau représente également les niveaux de tension TBT (Très Basse Tension) et BT (Basse Tension) [7] [8].

Tableau.I.1 : Niveaux de tensions

$U < 50 \text{ V}$	$50 \text{ V} < U < 500 \text{ V}$	$500 \text{ V} < U < 1 \text{ KV}$	$1 \text{ KV} < U < 50$	$50 \text{ V} < U < 100$	$U > 100$
			KV	KV	KV
TBT	BT		MT	HT	THT
TBT	BTA	BTB	HTA	HTB	

I.2.2 Structure topologique des réseaux de distribution.

La troisième et dernière subdivision est le réseau de distribution HTA ou (Moyenne Tension). Ce réseau a pour rôle d'alimenter l'ensemble de la clientèle principalement connectée à ce

réseau. Son exploitation est gérée par un Gestionnaire de Réseau de Distribution (GRD). Pour des raisons de coût et de simplicité technique, Les réseaux de distribution ont principalement une structure radiale. A la différence d'une structure maillée une structure radiale est une structure arborescente. Ainsi, le flux de puissance n'a qu'un trajet possible pour transiter du poste de transformation HTB/HTA ou HTA/BT vers le point de consommation considérée. Ceci permet notamment la localisation et l'élimination rapide de défauts, ainsi que le comptage de l'énergie aux postes sources. Cette structure est donc parfaitement adaptée à un système verticalement intègre dans lequel la production est centralisée et la consommation distribuée [6]. Dans les structures traditionnelles, l'énergie électrique est transportée des centrales électriques vers les consommateurs à travers une structure du réseau hiérarchique, de la très haute tension HTB ($U_n > 50 \text{ kV}$), à la moyenne tension HTA ($1 \text{ kV} < U_n < 50 \text{ kV}$) puis à la basse tension BT ($U_n < 1 \text{ kV}$). Les réseaux de transport HTB sont maillés pour assurer la fiabilité et la disponibilité de l'énergie en cas de défauts sur des ouvrages. Par contre, les réseaux de distribution HTA et BT sont majoritairement passifs avec une configuration exploitée en structure radiale (un seul chemin vers le réseau amont) qui permet l'utilisation d'un plan de protection simple et robuste [7]. La topologie du système fait que le flux d'énergie électrique est unidirectionnelle, de la production vers la consommation. Le réseau doit fonctionner sous la contrainte faisant que la puissance électrique produite doit être, à chaque instant, égale à la puissance consommée. Par conséquent, le fonctionnement du réseau repose sur un contrôle en temps réel de la production d'énergie et son adaptation aux fluctuations de la charge, selon les restrictions imposées par le gestionnaire du réseau de transport d'électricité. Les nouvelles politiques énergétiques et environnementales, qui ont prévalu au cours des dernières années, ont encouragé l'interconnexion de nouvelles sources de production d'énergie électrique non conventionnelles et distribuées dans le réseau ainsi qu'une séparation administrative stricte sur les activités d'exploitation, de fourniture et de commercialisation. Cette redistribution des rôles doit permettre de créer des conditions d'accès non discriminatoires et d'augmenter le nombre d'acteurs (donc la concurrence) sur les marchés de l'énergie [7].

L'insertion de la production décentralisée conduit à une transition vers une nouvelle structure plus « éclatée ». Dans cette structure, les petites et moyennes unités de production sont souvent reliées au réseau de distribution. La connexion de ces unités sur les réseaux HTA et BT, conduit à un fort bouleversement de l'ancienne structure « verticale » du système électrique. Le flux de puissance n'est plus distribué « verticalement » de la haute tension à la

basse tension, mais « horizontalement », avec même la capacité d'inverser ces flux de puissance entre les réseaux HTA et BT, ou même avec les niveaux de tension supérieurs. Les systèmes de distribution deviennent ainsi des réseaux actifs. [7]

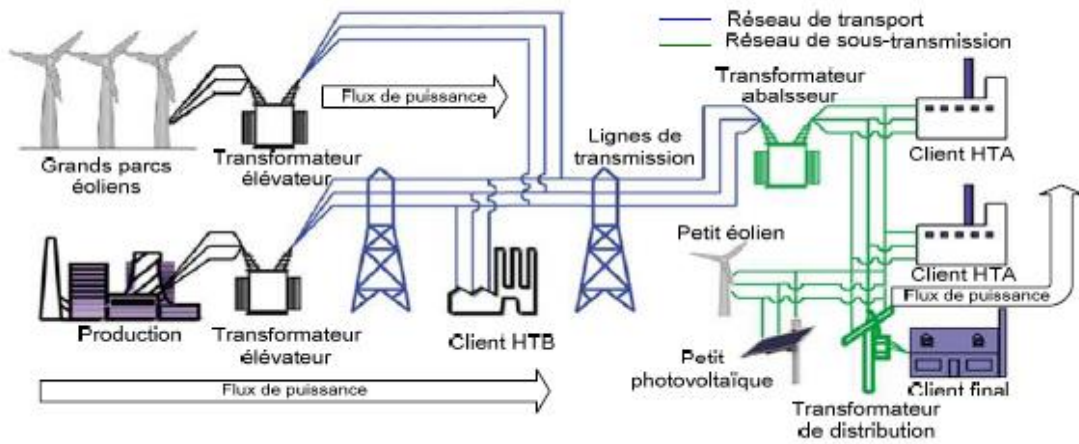


Figure I.2 : Architecture horizontale du réseau

I.3 Hiérarchisation du réseau

Le réseau peut être divisé en trois parties selon le niveau de tension auquel se rattachent différents usages et types de clients : le réseau de transport et d'interconnexion, le réseau de répartition et le réseau de distribution. Le réseau de transport et d'interconnexion permet de relier les grandes centrales de production aux principaux centres de consommation.

Il garantit aussi l'acheminement de l'électricité entre les différentes régions nationales et internationales. En maillant ainsi les points de production, il renforce la sécurité d'approvisionnement et l'équilibre permanent offre par rapport à la demande. Cela réduit les besoins de puissance installée et donc les coûts de production. Ce réseau de grand transport est aussi fondamental pour l'existence d'un marché de gros de l'électricité : il permet notamment de créer des marchés régionaux sur plusieurs pays. Le réseau de répartition achemine l'électricité à l'intérieur des régions à partir du réseau de transport, à proximité immédiate des zones de consommation diffuse. Il peut parfois alimenter directement quelques gros clients industriels.

Le niveau de tension intermédiaire 220kV (cas algérien) peut être utilisé à la fois pour le transport et la répartition. Le réseau de distribution est alimenté par le réseau de répartition via les postes sources. Il garantit l'acheminement de l'énergie à la majorité des consommateurs raccordés aux niveaux de tension les plus bas. La Figure I.3 illustre le découpage des

différentes parties du réseau électrique. Ces trois niveaux de réseau sont délimités grâce à des transformateurs qui permettent d'acheminer l'énergie à différents niveaux de tension. [6]

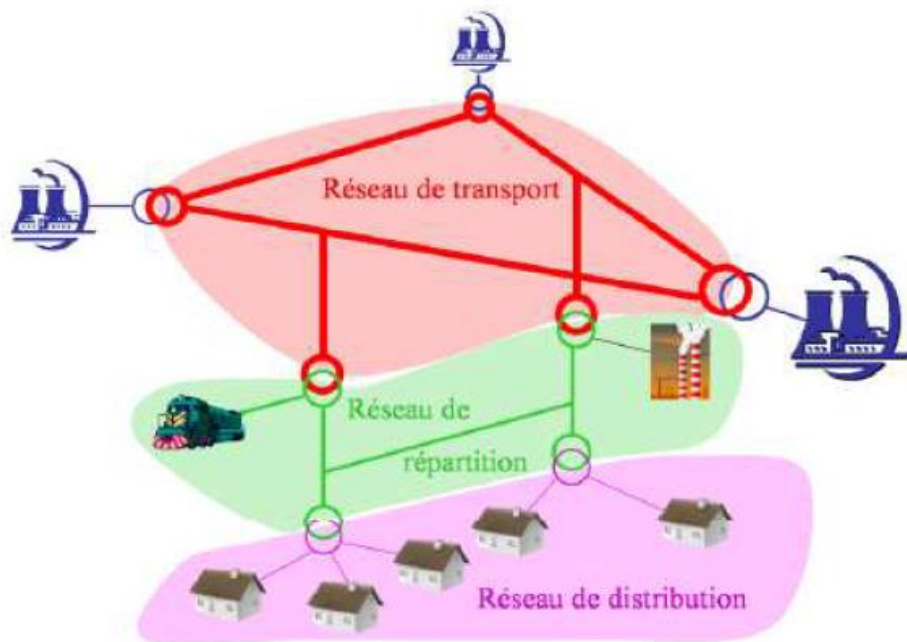


Figure I.3 : Découpage du réseau

Le réseau électrique est exploité de manière à assurer trois principaux objectifs [9]:

- La distribution d'électricité doit pouvoir être garantie malgré les aléas du réseau. En effet, celle-ci est un enjeu à la fois financier et de sécurité pour les biens matériels et des personnes. Ainsi l'opérateur du réseau doit être capable de faire face à ces aléas et d'éviter les dégâts potentiels ainsi que leurs propagations. Cet enjeu de sûreté de fonctionnement en régime normal et en régime perturbé est un des premiers objectifs.
- L'onde de tension fait l'objet d'engagement contractuel que l'opérateur se doit de tenir en respectant une règle d'égalité c'est-à-dire une impartialité entre clients en conservant une continuité de service maximale.
- Le dernier objectif d'exploitation est un objectif économique, l'exploitation doit être menée de manière optimale dans le but de réduire les pertes ainsi que les coûts de maintenance et d'investissement. D'autre part l'exploitation doit favoriser l'ouverture du marché de l'électricité.

I.3.1 Réseau simple dérivation

La figure I.4 montre ce type de connexion. Chaque poste de transformation est alimenté en « simple dérivation » sur une artère principale ou secondaire. Ce type d'alimentation est surtout utilisé en distribution rurale ou aux alentours des grandes villes et en aérien. La seule

protection étant le disjoncteur de départ du poste source, tout défaut sur le réseau provoque la coupure de tous les abonnés concernés par le départ du poste source.

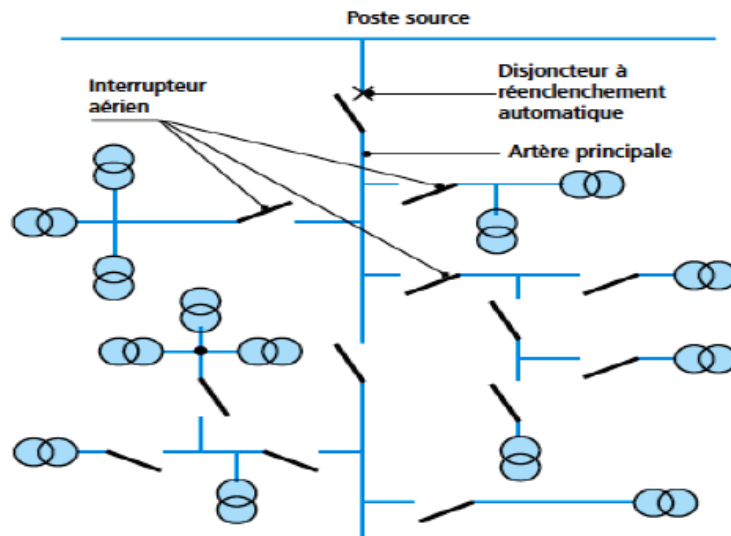


Figure I.4 : Réseau simple dérivation

I.3.2 Réseau double dérivation

La figure I.5 montre ce type de connexion. Chaque poste est alimenté par deux câbles avec permutation automatique en cas de manque de tension sur l'une des deux arrivées. Les dispositions en coupure d'artère et en double dérivation sont employées pour les réseaux souterrains qui ont une continuité bien meilleure que les réseaux aériens.

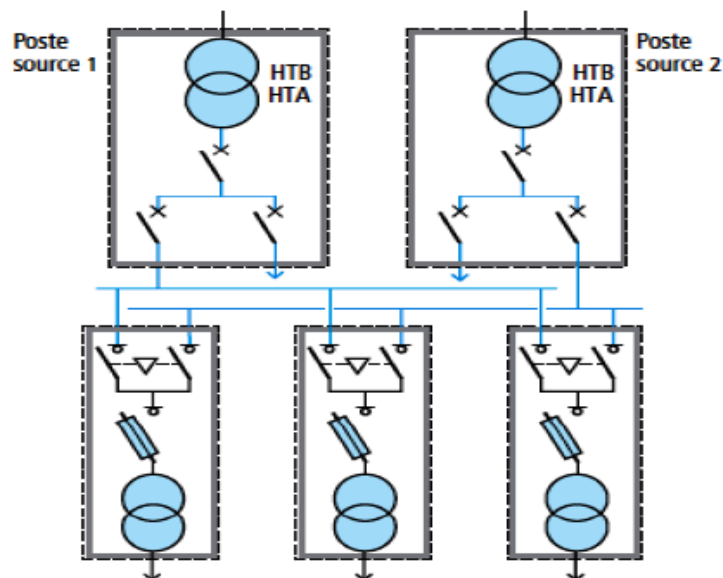


Figure I.5: Réseau double dérivation

I.3.3 Réseau en coupure d'artère

La figure I.6 montre ce type de connexion. Tous les postes HTA/BT sont branchés en dérivation sur une boucle ouverte en un point (dit point de coupure) proche de son milieu. Tous les appareils de coupure d'artère, sauf un, sont donc fermés. Ce type de réseau est surtout réalisé en souterrain et, en général, en milieu urbain. En cas de défaut sur une partie de la boucle, on peut toujours alimenter tous les postes en ouvrant la boucle à l'endroit du défaut.

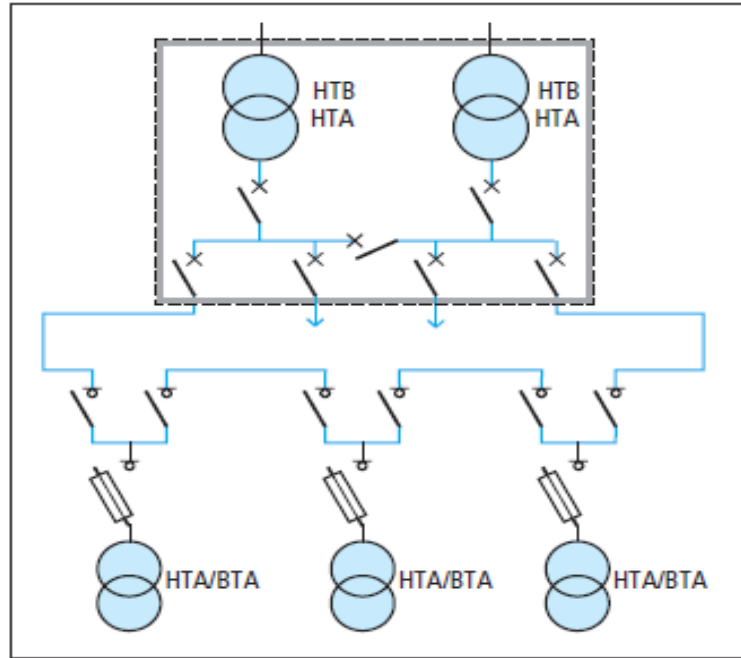


Figure I.6 : Réseau en coupure d'artère.

I.4 Réseau électrique intelligent

I.4.1 Définition

Le smart grid ou réseau intelligent est le réseau électrique de nouvelle génération. Il s'agit de rendre le réseau intelligent, ou plutôt communicant, en équipant le réseau actuel d'une infrastructure de télécommunication reliant le producteur d'électricité au consommateur. Cet échange d'informations (bidirectionnel et en temps réel) entre le producteur et l'utilisateur final permettra ainsi un pilotage fin du réseau en temps réel. [10]

I.4.2 Description générale

Les réseaux intelligents sont une technologie qui permettrait d'affronter les changements actuels dans le paysage énergétique comme l'intégration des énergies renouvelables au réseau électrique, la gestion de l'augmentation de la consommation ou encore le développement de l'utilisation des voitures électriques. En effet ce réseau de distribution intelligent basé sur des

technologies informatiques augmenterait l'efficacité de la gestion entre l'offre et la demande d'électricité. Ce nouvel équilibre engendrerait une optimisation du réseau de distribution mais aussi de la production.

Les smart grids minimiseraient les pertes en ligne (comme produire inutilement de l'électricité lorsque l'offre est supérieure à la demande) ainsi que les problèmes causés par les énergies intermittentes (comme le solaire et l'éolien) sachant que l'énergie électrique est difficilement stockable. Ils seraient également l'alternative au remplacement et la construction de nouvelles lignes électriques.

La notion de smart grids combine deux idées : d'une part, rendre plus intelligents les réseaux électriques et, d'autre part, créer des mini-réseaux autonomes dans lesquels on pourra associer aisément différentes sources d'énergie. Le réseau intelligent possédera donc des caractéristiques différentes de celles du réseau électrique actuel qui nécessiteront des installations plus ou moins importantes. Ce réseau ne sera pas unidirectionnel mais bidirectionnel rendant l'ensemble des acteurs en interaction. Il se concentrera principalement sur le réseau de distribution car celui-ci n'est que faiblement doté de technologies de communication et gèrera l'équilibre du système électrique par la demande (consommation) et non par l'offre. La figure I.7 ci-dessous illustre une configuration possible de ce type de réseau [11].

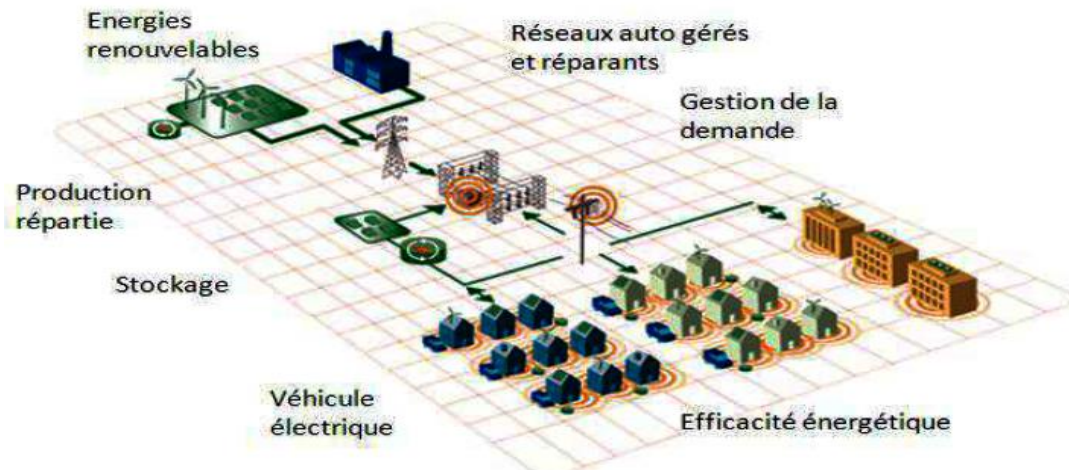


Figure I.7 : Schéma d'un réseau intelligent

I.4.3 Objectifs des smart grids

La modernisation des réseaux électriques actuels doit tendre vers le développement des *smart grids* afin d'améliorer leur fiabilité, faciliter l'intégration des énergies renouvelables et des voitures électriques, et mieux gérer la consommation d'électricité. Le développement des

smart grids davantage de déploiement des ressources énergétiques telles que les batteries de stockage et la production décentralisée. La technologie associée aux smart grids vise entre autres les objectifs suivants :

- la libéralisation des marchés de l'énergie et la multiplicité des acteurs. Ceci a un impact sur la partition des responsabilités, la gestion des acteurs qui peuvent avoir des intérêts divergents ou l'obligation d'un traitement non discriminatoire de toute décision impactant ces acteurs. Par ailleurs, la gestion de l'information dans ce cadre devient primordiale pour le pilotage du système,
- le développement à grande échelle des énergies renouvelables qui se développent à grande échelle, en particulier en off-shore pour l'éolien pour certains pays par exemple. Cependant, le développement de ces énergies s'effectue également au niveau de plaques continentales impactant l'ensemble du réseau interconnecté des continents concernés,
- la remise en cause, au niveau local, le découplage traditionnel des réseaux de transport et de distribution par le développement de la production décentralisée ce qui conduit à une gestion plus complexe du réseau et un rôle accru des gestionnaires de réseaux. La figure I.8 illustre le rôle des gestionnaires de réseaux intelligents

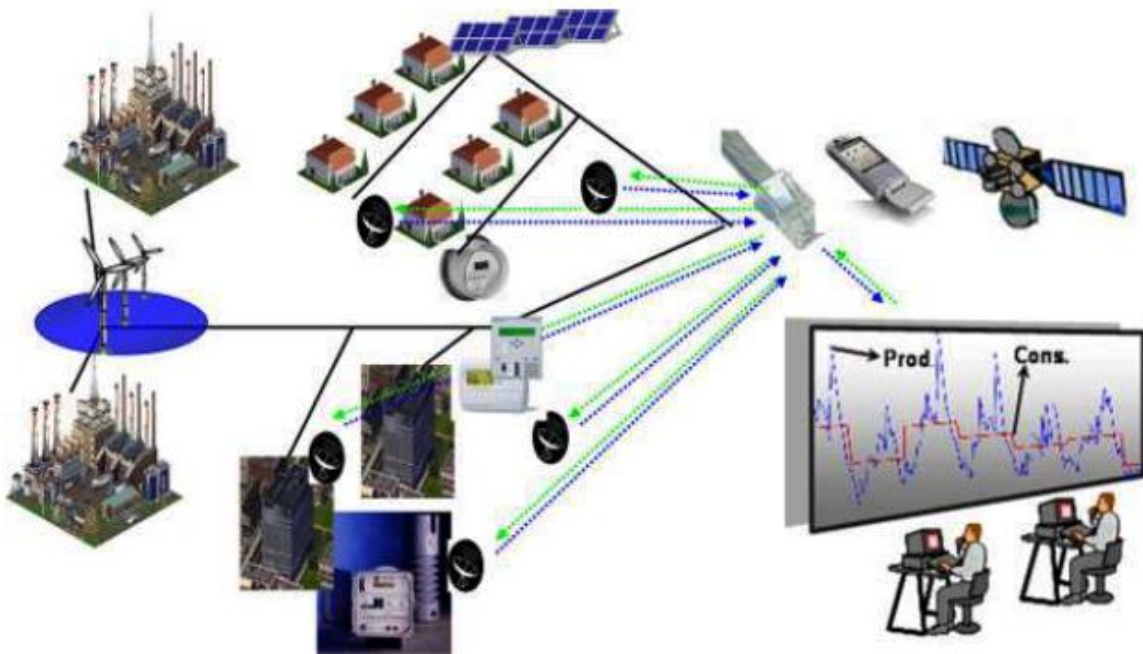


Figure I.8 : Communication et intelligence embarquée en réseau.

La multiplicité des transactions au niveau continental et le développement à large échelle des productions intermittente nécessitent une observation continentale de l'ensemble du réseau et une parfaite coordination des actions des gestionnaires. Les premières briques d'observation commencent à se mettre en place entre certains pays européens par exemple utilisant une plateforme dite « CORESO » [12].

I.4.4 Architecture du réseau intelligent

La figure I.9 montre un type d'architecture de réseau intelligent qui repose sur la combinaison de plusieurs couches infrastructures et logicielles permettant de communiquer, mesurer, contrôler et piloter. Sur cette base, il est possible d'imaginer la création de nombreux services en aval et en amont du compteur. Les équipements à mettre en œuvre diffèrent selon l'architecture énergétique. Un certain nombre de fonctions ou composants existent depuis de nombreuses années. Les grandes catégories de composants et de systèmes que l'on peut retrouver dans une architecture réseau intelligent sont [6]:

- L'infrastructure de communication qui comporte le réseau local LAN (Local Area Network), le réseau étendu WAN (Wide Area Network), le système de mesure avancé FAN (Field Area Network) et AMI (Advanced Metering Infrastructure), l'équipement CPE (Customer Premise Equipment), le réseau domestique HAN (Home Area Network).
- l'infrastructure énergétique qui comporte les systèmes FACTS (Flexible AC Transmissions Systems), les SMES (Super conducting Magnetic Energy Storage), le système de transport en haute tension et à courant continu - HVDC (High Voltage Direct Current).
- les outils de mesure comportant le système PMU (Phasor Measurement Unit), les Capteurs, les compteurs intelligents.
- les systèmes de contrôle et de détection entrant dans le cadre de la télégestion tels que SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), WASA (Wide-Area Situational Awareness), WAMS (Wide Area Measurement System), WAAPCA (Wide Area Adaptive Protection, Control and Automation), MDMS (Meter Data Management System).
- les systèmes de pilotage comportant EMS (Energy Management System), GIS (Geographic Information System), DMS (Distribution Management System), OMS (Outage Management System), WMS (Workload Management System), DA (Distribution Automation) CEMS (Consumer Energy Management Systems).

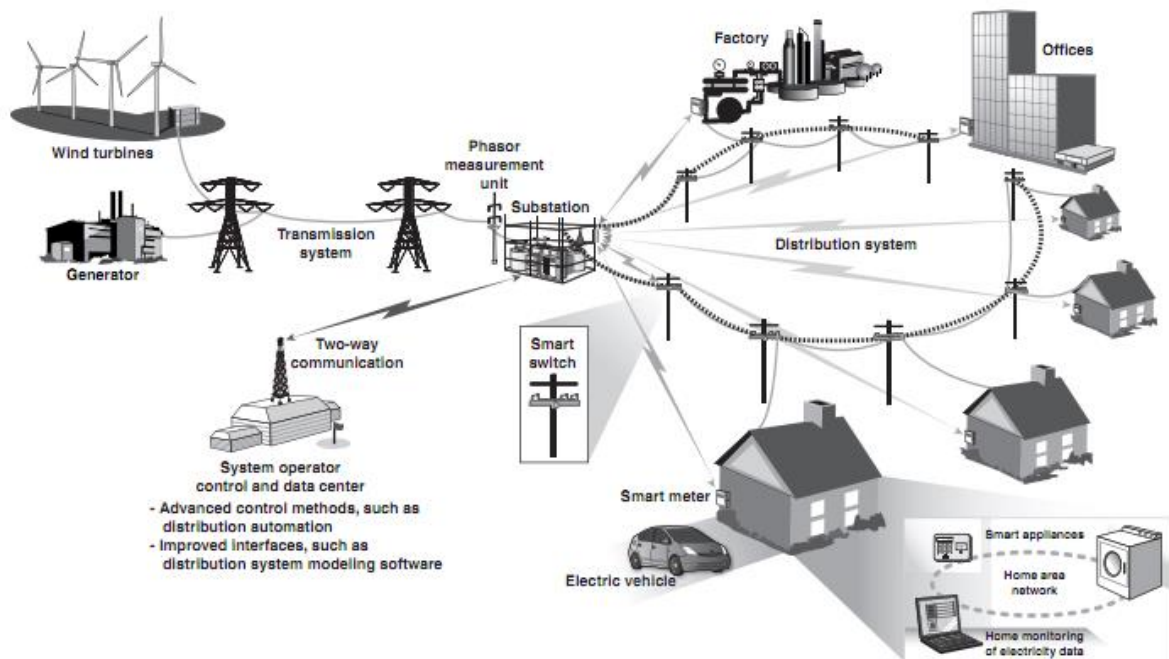


Figure I.9 : Architecture du smart-Grid

D'un point de vue technologique, le smart grid se compose de :

- d'un compteur analogique communiquant (smart meter) chez l'utilisateur final qui remplacera le compteur traditionnel,
- d'un logiciel de suivi et de gestion de la consommation client,
- d'une infrastructure de communication reliant le consommateur au producteur, plus ou moins dense suivant le mode de communication utilisé (par satellite, courant porteur en ligne, Wifi longue portée, radio fréquence, ...),
- de serveurs informatiques et de logiciels de back-office permettant au producteur de stocker et d'analyser l'immense quantité d'informations générées par le smart grid [10].

L'exploitation du réseau électrique intelligent consiste à communiquer tout au long du réseau, jusqu'à l'intérieur des bâtiments. Le but est de réduire la consommation globale, mais aussi de l'adapter à la production. On commence donc à parler de « maisons intelligentes », qui pourraient gérer leur consommation d'énergie elles-mêmes.

L'idée d'une maison intelligente est notamment de réduire les pics de consommation : La maison pourra directement gérer l'utilisation du chauffage, des appareils électroménagers, etc. afin de réduire la consommation à toute heure, et spécialement aux heures de pointe. Du point

de vue des énergies renouvelables, cela peut aussi permettre d'utiliser les appareils quand l'énergie est disponible : la maison devra donc être connectée au réseau pour suivre la production d'énergie en temps réel. Les appareils électroménagers pourraient par exemple se mettre en marche le midi, lorsque la production des panneaux solaires est la plus forte, et ainsi créer des pics de consommation correspondant aux pics de production, évitant le stockage.

La maison intelligente va même plus loin en s'intégrant directement au réseau : les voitures électriques une fois branchées sur leur prise ne resteraient pas inertes. Après avoir emmagasiné de l'énergie, elles pourraient la restituer lors des pics de consommation en alimentant le réseau ou la maison directement.

En plus de la gestion de la consommation, les maisons intelligentes peuvent aussi gérer leur propre production d'énergie. Cette production peut venir d'énergie renouvelable (solaire, éolien,...). La décentralisation de la production d'énergie sera gérable à grande échelle grâce aux compteurs communicants [11].

I.4.5 Technologies de l'Information et de Communication (TIC) aux services du réseau électrique

Le développement récent des TIC offre pour les réseaux électriques des solutions qu'il n'était pas possible d'imaginer il y a seulement quelques années. Ainsi, la possibilité d'installer chez le client final des organes de comptage et de gestion de l'énergie qui disposent d'une communication bidirectionnelle avec les différents acteurs du réseau et même d'une intelligence embarquée change la vision d'avenir de ces réseaux. Cette interaction entre le consommateur et le système, que ce soit à travers un fournisseur d'énergie, un agrégateur, un courtier commercial ou à travers le distributeur lui-même, peut être faite à travers différents moyens de communication, mais avec un impact direct sur le système électrique. Les réseaux électriques sont depuis longtemps équipés de moyens de communication ainsi que de logiciels de supervision et de pilotage sophistiqués. Cependant, ces technologies sont plutôt réservées au réseau de transport dont l'importance est prépondérante dans la sécurité globale. On trouve également des technologies avancées au niveau des postes sources tel que le Poste à Contrôle de Commande Numérique (PCCN) mais en lien avec le réseau de transport. De même l'une des premières applications de l'internet dans le monde professionnel a été effectuée dans le domaine des réseaux électriques notamment pour mettre à disposition des acteurs du marché de l'électricité des informations simultanées et équitables sur les capacités de transfert de puissance disponibles (ATC Available Transmission Capability).

Au niveau du réseau de distribution, la pénétration de ces technologies est beaucoup moins visible. Bien entendu, on peut toujours citer les signaux tarifaires à travers les Courants Porteurs en Ligne (CPL) ou la gestion des abonnements heures creuses/pleines. Mais la démocratisation de TIC avec les « box ADSL » qui apportent et regroupent plusieurs services média chez le client final, les potentialités en terme de communication bidirectionnelle qui seront engendrées par le compteur intelligent ou l'intelligence embarquée en réseau sur des composants clés sont autant d'éléments qui font apparaître tout le potentiel que ces technologies sont en mesure d'apporter à l'agilité du système électrique [12].

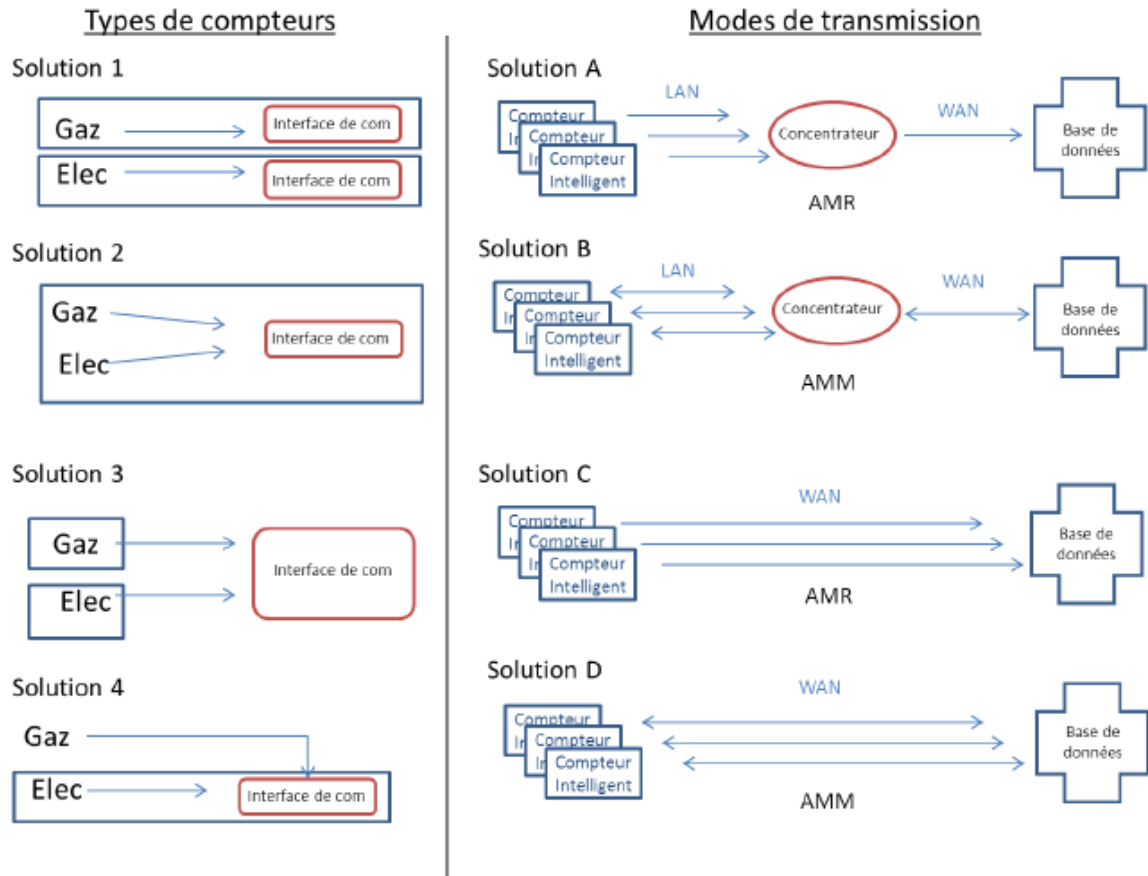
I.4.6 Compteur intelligent (Smart meter)

Un compteur intelligent consiste en un dispositif technique permettant de transmettre les données de consommation en gaz ou en électricité d'un client à son distributeur d'énergie. Toutefois, aujourd'hui, la plupart des compteurs intelligents permettent de renvoyer des informations du distributeur à l'utilisateur en utilisant la même interface à rebours. Dans ce cas, le dispositif constitue un Automated Meter Management (AMM).

Il existe une large variété de compteurs intelligents se différenciant principalement au niveau de leur mode de transmission des informations et de la présence ou non de concentrateurs de données. Le type de compteur le plus communément installé est un compteur électrique utilisant les lignes de courant pour envoyer ses informations à un concentrateur à travers un réseau privé local (LAN ou Local Area Network). Le concentrateur réunit les données des différents compteurs de son secteur avant de les transmettre à la base de données du distributeur aux moyens de communications de type WAN (Wide Area Network) tel que les réseaux mobiles 3G ou 4G. En cas de réponse du distributeur, l'information suivra le trajet inverse. D'autres appareils font le choix de s'appuyer sur les réseaux publics téléphoniques satellites, fibre optique ou les ondes radios.

Les compteurs intelligents sont au cœur des dispositifs smart-grids qui peuvent être définis au moyen de la théorie de l'agent au sens de l'informatique et des sciences du numériques. En effet, selon cette théorie, l'agent correspond à une entité (humaine ou non) marquée par trois caractéristiques :

- Il est autonome : il opère seul sans intervention extérieure,
- Il est interactif au sens où il peut agir sur son environnement et réciproquement,
- Et enfin, il est réactif, c'est à dire qu'il perçoit son environnement et ses évolutions [11].



Figures I.10 : Variété de compteurs intelligents

I.4.7 Marché des réseaux intelligents

Le marché des réseaux intelligents s’organise autour des paramètres suivants :

- l’efficacité et sécurité des réseaux de transport,
- l’accès à des données de comptage avancées,
- la maîtrise de la demande et des pics de consommation,
- la gestion active de la consommation,
- l’intégration des ENR, des VE (Véhicule Electrique),
- Les bâtiments intelligents.

Le marché des bâtiments intelligents est encore émergent aujourd’hui mais de nombreux acteurs ont fait le pari de son potentiel de développement. Les bâtiments intelligents sont équipés de systèmes de commande et de conduite permettant de mieux gérer leurs consommations énergétiques. Ils viennent compléter les deux autres dispositifs du bâtiment vert à savoir un bâtiment de qualité et des équipements performants dont l’objectif commun

est réduire la consommation énergétique. Ce marché cible à la fois les bâtiments industriels et commerciaux et les habitations particulières. Du côté des habitations particulières les systèmes de bâtiments intelligents visent en priorité les thermostats et les appareils électroménagers intelligents. Ils permettent par exemple aux consommateurs de programmer leurs appareils en fonction des tarifs de l'électricité, de déclencher les appareils à distance, de contrôler la production des panneaux photovoltaïque, de déclencher la charge du véhicule électrique.

Du côté des bâtiments industriels et commerciaux, si la démarche n'est pas nouvelle, elle a cependant évolué vers des systèmes de plus en plus intégrés utilisant des réseaux de capteurs et de moniteurs et tenant compte des données individuelles produites par les systèmes d'éclairage, de chauffage, les panneaux photovoltaïque, etc. La mise en œuvre de ce type de services repose nécessairement sur leur interfaçage avec les données du compteur électrique et donc la coordination avec l'opérateur de distribution. Dans le contexte actuel, ce sont généralement les fournisseurs d'électricité qui proposent une offre complète de produits et de services permettant aux consommateurs de gérer activement leur consommation. Après installation d'une « box » connectée aux appareils de la maison, des alertes SMS peuvent être envoyées aux habitants du logement pour consulter les données sur un site web où s'affichent kilowattheures, prix d'énergie. Depuis son téléphone mobile, l'utilisateur peut alors décider de baisser son chauffage en partant de son domicile et de le remettre en marche à distance peu de temps avant de rentrer. Certains concepteurs des équipements électriques ont développé un box pour suivre et moduler la consommation avec solution de visualisation sur téléphone mobile des consommations d'énergie. Ce service permet l'envoi d'alertes en cas de surconsommation et donne à l'utilisateur la possibilité de comparer ses données sur les réseaux sociaux. À terme, cette plateforme permettra de prendre des décisions à distance, comme de débrancher un équipement électrique ou mettre sa maison en mode basse consommation. Il existe sur le marché un thermostat capable d'ajuster automatiquement la température de la maison, en combinant les données issues de capteurs et en analysant les préférences de l'utilisateur. Le pilotage à distance du thermostat peut s'effectuer à partir d'un smartphone ou d'une tablette. Les opérateurs de réseaux disposaient jusqu'à présent d'un seul levier d'action celui de la production, pour assurer l'équilibre entre l'offre et la demande. En période de pic, les réseaux intelligents offrent l'opportunité de pouvoir gérer l'équilibre du réseau en agissant en priorité sur la consommation. La « demande- réponse » est un modèle selon lequel il est possible d'alléger la demande en électricité lors des pics de consommations en coupant

certaines appareils (les véhicules électriques par exemple) ou en substituant la charge électrique effacée par d'autres sources de production non électrique. Le déploiement de ces services par les opérateurs d'effacement nécessite de mettre en place une infrastructure spécifique permettant de communiquer avec les opérateurs et les fournisseurs, et d'interagir avec les appareils électriques. Ce système présente un intérêt pour les fournisseurs puisqu'il leur permet d'éviter une production très coûteuse lors des pics de consommations liée à l'utilisation de centrales d'appoint et de limiter les risques de coupure de courant. Il permet également aux consommateurs de réduire leur facture d'électricité en revendant l'électricité non consommée. Ces services sont pour le moment accessibles aux consommateurs de types industriels et commerciaux. Ils sont généralement proposés par les fournisseurs d'électricité. L'électricité effacée est alors revendue par ces acteurs aux fournisseurs. Ces acteurs cumulent alors les fonctions de fournisseurs de services, d'effacement et d'agrégateurs. Ceux-ci sont des acteurs qui collectent différentes sources de production auprès de leur portefeuille de fournisseurs, mettent en œuvre des mécanismes appropriés et assure l'équilibre de la charge nécessaire. Ils peuvent aussi revendre de l'énergie sur le marché. [6]

I.5 Conclusion

L'ouverture du marché de l'énergie électrique amène d'importants changements dans le système électrique, en particulier dans les réseaux de distribution. L'arrivée prévue de la production décentralisée va profondément bouleverser leur fonctionnement. Un certain nombre d'effets bénéfiques pour le consommateur, le producteur, le régulateur et plus largement la société sont à venir. En contrepartie, un certain nombre d'effets néfastes pour le système électrique sont à prévoir. En particulier, parmi les défis à venir, l'insertion de la production décentralisée dans les réseaux de distribution risque de bouleverser la gestion de la tension [5].