

## Chapitre IV

# Développements liés aux systèmes intelligents

### 1 Technologies de l'Information et de la Communication (TIC)

#### 1.1 Définition

Le dictionnaire Larousse définit les technologies de l'information et de la communication comme étant un "*ensemble des techniques et des équipements informatiques permettant de communiquer à distance par voie électronique (câble, téléphone, Internet, etc.)*". Mais cette définition se limite à la convergence de l'informatique et des télécommunications en vue de communiquer et ne tient pas compte de l'impact de la convergence numérique dans les multimédias et l'audiovisuel.

Selon une convention internationale fixée par l'OCDE, les technologies de l'information et de la communication (TIC) englobent les secteurs économiques suivants :

- Secteurs producteurs de TIC (fabrication d'ordinateurs et de matériel informatique, de TV, radios, téléphone...);
- Secteurs distributeurs de TIC (commerce de gros de matériel informatique...);
- Secteurs des services de TIC (télécommunications, services informatiques, services audiovisuels...).

#### 1.2 Croissance de l'industrie des TIC

Après les premiers pas vers une société de l'information qu'ont été l'écriture puis l'imprimerie, de grandes étapes ont été le télégraphe électrique, puis le téléphone et la radiotéléphonie. L'informatique a pris son essor grâce aux circuits imprimés les constructeurs d'informatique décentralisée innovant rapidement. La télévision, le Minitel et l'Internet puis les télécommunications mobiles ont associé l'image au texte et à la parole, "sans fil", l'Internet et la télévision devenant accessibles sur le téléphone portable qui fait aussi office d'appareil photo. Le rapprochement de l'informatique, de l'audiovisuel et des télécommunications, dans la dernière décennie du xx<sup>e</sup> siècle a bénéficié de la miniaturisation des composants, permettant de produire des appareils « multifonctions » à des prix accessibles, dès les années 2000. L'augmentation rapide du nombre d'accès à internet à haut débit (par exemple avec l'ADSL ou via les réseaux de la télévision par câble) et d'accès à internet à très haut débit (avec les réseaux de lignes d'abonnés en fibre optique) a favorisé la diffusion de contenus audiovisuels à des prix abordables puisque cela a fait baisser les prix des TIC.

Le nombre de services disponibles explose, et génère des emplois liés à ces technologies. Les emplois de la filière nécessitent de plus en plus de compétences de communication, de marketing et de vente, la technique n'étant qu'un support de la communication et d'organisation. Les usages des TIC ne cessent de s'étendre, surtout dans les pays développés, au risque d'accentuer localement la fracture numérique et sociale ainsi que le fossé entre les générations. De l'agriculture de précision et de la gestion de la forêt (traçabilité des bois pour lutter contre le trafic), au contrôle global de l'environnement planétaire ou de la biodiversité, à la démocratie participative (TIC au service du développement durable) en passant par le commerce, la télémédecine, l'information, la gestion de multiples bases de données, la bourse, la robotique et les usages militaires, sans oublier l'aide aux handicapés (dont les aveugles qui utilisent des synthétiseurs vocaux avancés ainsi que des plages braille éphémère), les TIC tendent à prendre une place croissante dans la vie humaine et le fonctionnement des sociétés.

Selon le rapport « Technologies Clés 2015 », le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC) est devenu un segment majeur de l'économie des principaux pays industrialisés avec une contribution directe de 5,9 % du PIB en Europe et 7,5 % aux États-Unis. Au-delà du secteur lui-même, les TIC contribuent au développement de tous les autres secteurs économiques, les TIC représentant en effet plus de 50 % de la croissance de la productivité en Europe (source : Commission Européenne), les perspectives de croissances du secteur STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication) sont par ailleurs considérables avec +8 % de croissance par an pour l'économie d'internet jusqu'en 2016 comme le rapporte le Boston Consulting Group.

### **1.3 Les TICs au service du réseau**

Le développement récent des TICs 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-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 (Available Transmission Capability - ATC). Au-delà de cette application, les potentialités offertes par Internet ont été (et sont encore) envisagées pour divers domaines du réseau électrique comme les services basés sur le Web, les applications ne nécessitant pas le contrôle en temps réel, l'observation et le monitoring où la criticité de l'information n'est pas avérée, notamment.

Les TICs pour le réseau sont à la fois du logiciel embarqué, que ce soit au niveau des composants, des centres de pilotage, et des moyens physiques de communication (ADSL, CPL, fibre optique, GPRS, Wifi et autres).

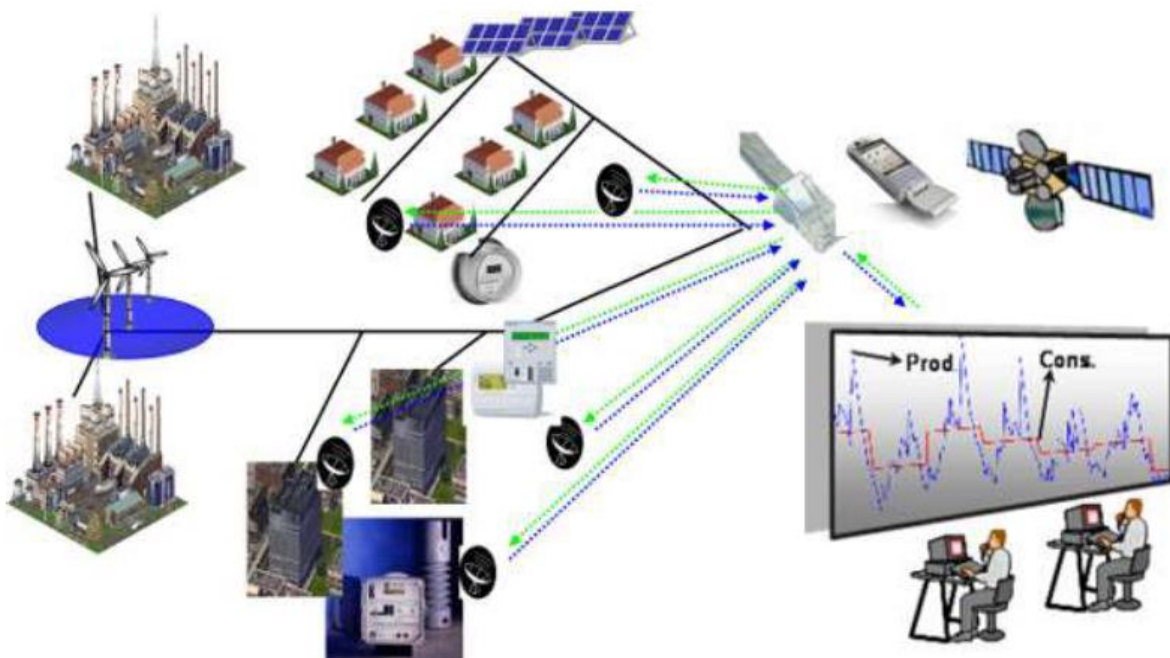


Fig. 4.1 : Communication et intelligence embarquée en réseau

## 2 Communication pour les systèmes de gestion

Chaque application de régulation exige une architecture de communication adéquate, établie entre les composants du système. Pour le système de gestion énergétique, il y a des interventions complexes entre différents acteurs (utilisateur, gestionnaire, fournisseur, ...), ce qui impose une communication bidirectionnelle.

Techniquement, la communication peut être mise en œuvre de trois manières différentes :

- la communication sans fil par radio fréquence (RF).
- la communication par ligne de bus (bus de terrain).
- la communication par courant porteur en ligne (CPL).

## 2.1 Communication Sans-Fil

Un réseau sans fil, comme l'indique son nom, n'utilise pas des lignes de connexion, la communication n'est réalisée que par des signaux sans support matériel, de radiofréquence par exemple. Les réseaux sans fil comprennent un grand nombre type : réseaux locaux sans-fil (WLAN), réseaux de capteurs (WNS) et réseaux sans fil personnels (WPAN).

## 2.2 BUS de terrain interopérables (bus line communication)

Dans le bâtiment, la communication ou la transmission de données n'est pas facile à réaliser, si les appareils utilisés proviennent de fournisseurs différents. Par exemple, on ne peut pas faire communiquer directement un automate de Siemens avec un automate de Tac. Cela exige souvent de mettre en place plusieurs lignes filaires (peut-être sans fil), ou de partager une ligne de communication entre différents acteurs. On appelle bus de terrain un système d'interconnexion entre des appareils différents (des capteurs, des actionneurs ou des appareils de contrôle, ...). Ce système se compose d'un ensemble de communications filaires ou sans fil et aussi de sous-systèmes de communication. L'objectif du système de "bus de terrain" est de définir les protocoles, des règles de transmission de données, communes pour la communication entre des supports physiques de différentes sortes.

## 2.3 Courants Porteurs en Ligne (CPL / PLC : Powerline Communications)

Les technologies Powerline Communications (PLC) ou Courants Porteurs en Ligne (CPL) offrent la possibilité de transmettre des données et de téléphoner par le biais du réseau électrique. L'utilisation de courant porteur de ligne est une technique basée sur le principe de superposition d'un signal à plus haute fréquence (de 3 kHz à 30 MHz) au courant électrique normal (à 50 ou 60Hz). Ce signal haute fréquence se propage sur le réseau électrique et permet de transmettre des informations numériques (Internet, Vidéos, Données, Audio, etc). Le CPL est souvent utilisé sur des lignes électriques à basse et moyenne tension. Ce signal est modulé en fonction des informations envoyées par un émetteur. Les récepteurs gèrent le décodage de ces informations. Les signaux reçus peuvent ensuite être utilisées pour contrôler les équipements électriques.

Puisque ce signal peut se propager au sein d'un même réseau de distribution électrique (entre les appartements), on peut l'utiliser pour le contrôle d'un ensemble de bâtiments ou d'un quartier, chaque système de contrôle devant avoir une adresse informatique pour son identification.

Il y a deux types de réseau CPL, les réseaux "indoor" ou "outdoor" :

- Les réseaux " indoor" : il s'agit des lignes électriques situées en aval du compteur électrique du bâtiment. Le débit de ces réseaux est souvent de 14 à 45 Mbits/s.
- Les réseaux " outdoor" : il s'agit des lignes électriques situées entre le compteur électrique et le transformateur général du quartier. Leur débit peut aller jusqu'à 224 Mbits/s.

Il existe un troisième segment dont l'importance est restée confinée à un marché de niche : le déploiement des CPL au niveau de la moyenne tension en tant que connexion dédiée pour un client professionnel.

Cela constitue un **réseau universel** qui présente plusieurs avantages :

- La grande totalité des foyers sont connectés au réseau électrique
- Le réseau accède à toutes les pièces
- Les CPL peuvent être connectés à chaque prise électrique
- Une infrastructure bout-en-bout (de la moyenne tension jusqu'à la prise électrique)
- Une diversité des applicatifs (internet haut débit, domotique, automation, éclairage public)

En utilisant les réseaux d'énergie domotiques, de basse tension et de moyenne tension, les CPL ont l'avantage d'utiliser l'infrastructure électrique existante. Ceci permet de réaliser un accès internet universel allant jusque dans la chambre ou le bureau sans ajouter de nouveaux câblages. Afin de le réaliser, on installe au niveau du transformateur basse tension des équipements CPL correspondants. Il faut de plus équiper les foyers de modems CPL. Suivant les équipementiers, le modem à installer chez l'utilisateur final doit être mis en place -tel un gateway- au niveau du compteur ou se connectent directement sur les prises électriques. Des données peuvent ainsi être envoyées et reçues à partir de chaque prise de courant à l'intérieur de la maison, auxquelles il faut rajouter un modem CPL, celui-ci fonctionne en tant qu'adaptateur pour la connexion des divers terminaux.

- La connexion au réseau de collecte (de dorsale) s'effectue au transformateur soit basse tension qui sera relié par un backhaul « classique » (liaisons fibres optiques, DSL sur ligne de cuivre, ...), soit moyenne tension directement en utilisant le réseau de moyenne tension pour la transmission par le biais des CPL.
- L'infrastructure CPL après le transformateur basse tension jusqu'à l'abonné est un réseau partagé (shared medium) où toutes les entités raccordées doivent se partager le débit fourni. Les transmissions commercialisées actuellement atteignent 3 Mb/s. Bientôt, des transmissions allant jusqu'à 10/15 Mb/s seront disponibles sur le marché. Des tests ont montré que des débits de 45 et même de 100 Mb/s ainsi que la fonction VoIP (Voice over IP) sont envisageables.

Les technologies CPL développées sont propriétaires et non interopérables entre elles. Ces technologies ne se différencient pas en premier lieu suivant leur domaine d'application, mais suivant les fournisseurs de technologies de base (fournisseurs de chipset tels que DS2, Intellon, Ascom, Itran, ...). Il n'y a à ce jour aucune norme harmonisée ou standard international sur ce marché, la seule spécification à laquelle plus d'une centaine de sociétés high-tech se soient ralliées est celle élaborée aux USA dans le cadre de l'initiative Home Plug Alliance (sur la base du chipset Intellon, uniquement pour des applications domotiques).

Les installations CPL doivent également suffire aux exigences essentielles comme chaque installation de télécommunication. Les problématiques concernent particulièrement la compatibilité électromagnétique (CEM) et la sécurité électrique. Des normes spécifiques ont trait à ces aspects. Cependant, dans le cas des CPL, on doit différencier en principe les applications/utilisations bas débit et haut débit.

## Définition CPL

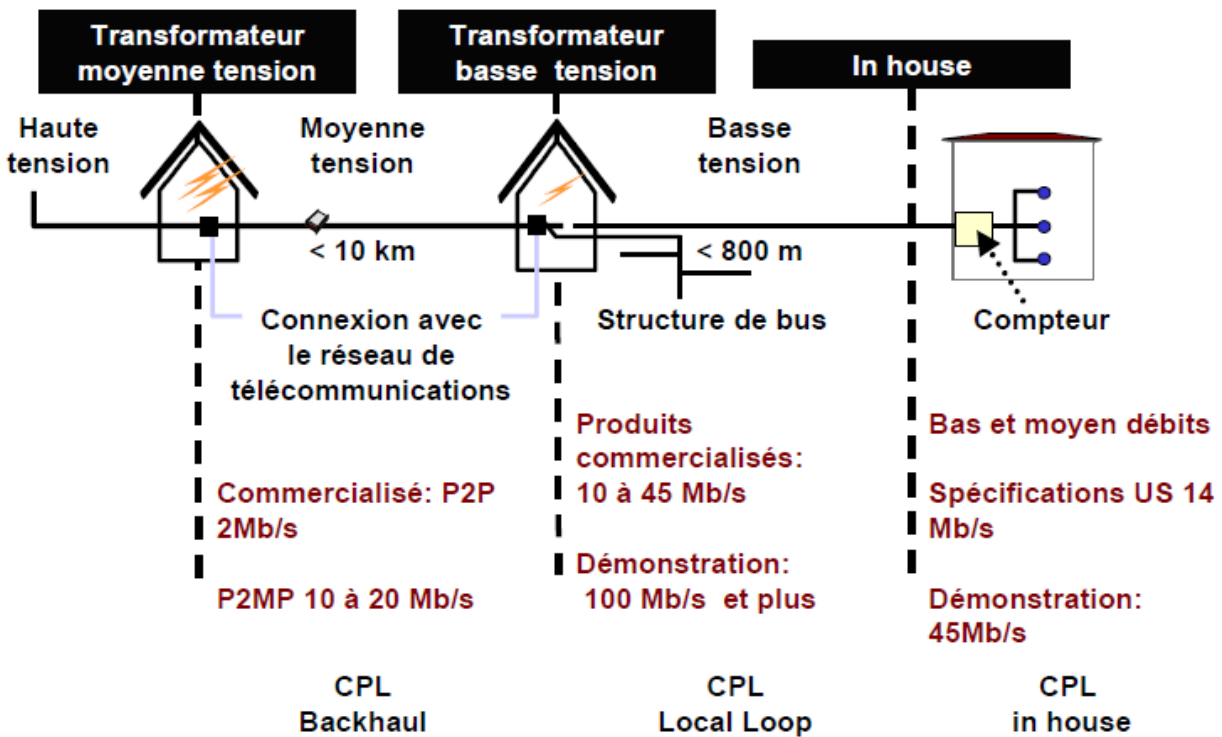


Fig. 4.2 : Réseaux CPL

### 2.4 ZIGBEE – Réseaux de capteurs sans fil

La technologie sans fil ZigBee, destinée aux réseaux de petits dispositifs et de capteurs, a connu un développement très rapide pendant ces dernières années. Avec cette technologie, les capteurs peuvent fonctionner pendant de très longues durées. Qui standardise deux couches de base PHY et MAC du réseau afin de faciliter l'inter-connectivité des différents capteurs, elle offre la possibilité d'établir un réseau sans fil complexe, portable et flexible. Le ZigBee utilise la bande de fréquence 2,4 GHz, qui permet de transporter des données avec un débit maximal de 250 kbps, sur une distance maximale de 125 m. Le ZigBee bénéficie de tous les avantages d'un réseau sans fil. En le comparant avec d'autres technologies sans fil, ses principaux avantages sont un coût d'installation très attractif, une faible consommation électrique et une simplification de déploiement à très large échelle. En plus, ZigBee étant devenu une norme standardisée, on peut facilement trouver des produits l'utilisant dans le commerce. Cette partie présentera cette technologie et expliquera son intérêt pour les capteurs sans fil autonomes du fait de sa faible consommation d'énergie.

### 2.5 Système M2M (Machine-to-Machine)

L'évolution rapide des technologies sans fil et de l'Internet a permis de développer de nouveaux systèmes informatiques, qui intègrent des appareils électroniques dans les applications de l'IT. Ces systèmes sont appelés les systèmes M2M. Leur infrastructure comprend un ensemble de matériels distribués et des composants logiciels fournissant des solutions complètes pour la communication et le contrôle. Ils consistent en une combinaison des technologies issues et de l'informatiques pour la connexion à distance des périphériques, des systèmes et aussi des personnes. Leur but est d'assurer une communication directe entre des machines, y compris des équipements et des modules de télécommunications, des centres de données, des réservoirs de stockage, des équipements industriels ainsi que des systèmes publics, et même des distributeurs. Les systèmes M2M s'appuient sur un concept de système intelligent distribué. Ceci signifie que les services de gestion et de contrôle sont définis et mis en œuvre comme un ensemble de composants logiciels agissant de manière coopérative. Le fonctionnement du système distribué est assuré par une infrastructure logicielle "middleware". Cette dernière fournit des services de communication fiables et sécurisés sur des réseaux hétérogènes ainsi que sur des plateformes d'exécution. Les systèmes de gestion et de contrôle énergétique peuvent être considérés comme des systèmes M2M car ils impliquent l'intégration des équipements communicants avec des centres de contrôle afin de fournir des services de régulation.

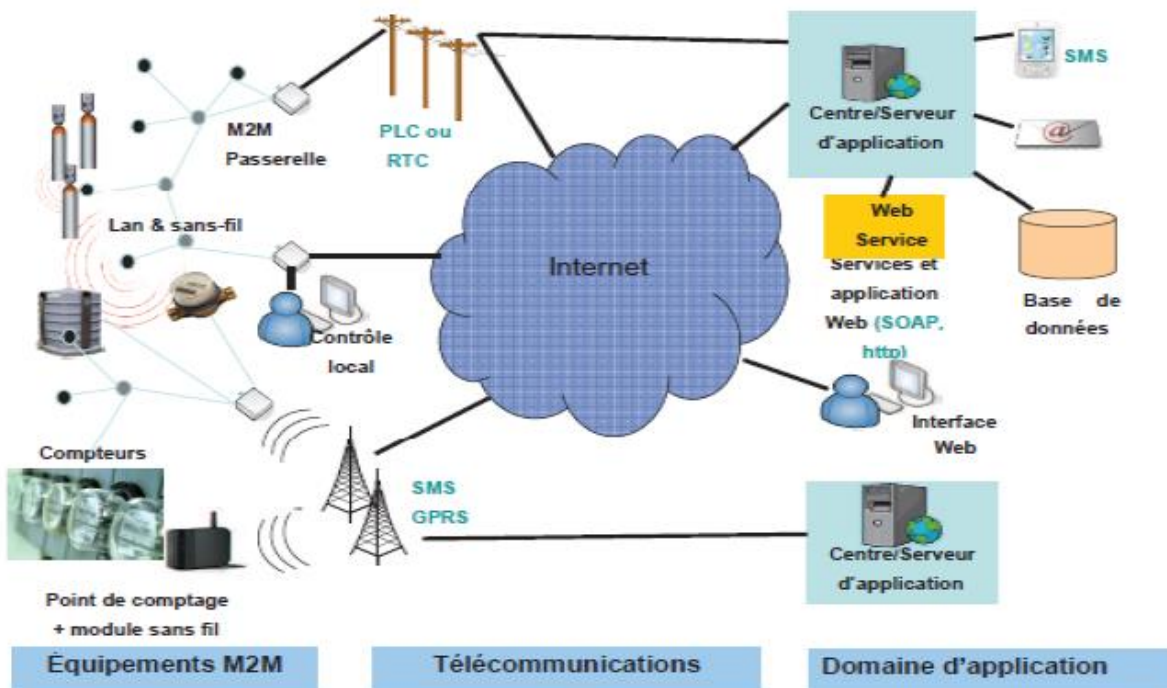


Fig. 4.3 : Communication pour les systèmes de gestion

### 3 Le Smart-meter (compteur intelligent, ou communicant)

#### 3.1 Définition

Un *smart meter*, ou compteur intelligent en français, est un compteur énergétique (électrique en général) qui mesure de manière précise et en temps réel la consommation électrique d'un bâtiment, d'une entreprise ou d'un foyer. Ce compteur intelligent est en outre communicant et transmet par différents canaux (courant porteur, Internet, téléphone) les informations recueillies. Le compteur transmet directement les diverses informations à un système de sauvegarde permettant d'analyser ces données recueillies.

Ces compteurs sont développés dans le cadre du développement global des smart grids et de la ville intelligente « smart city », et permettent d'en savoir plus sur la consommation énergétique des bâtiments et les modes de consommation des citoyens. Ils devraient permettre de limiter la consommation énergétique et donc de faire des économies en alertant lors de dérives de consommations. Le suivi en temps réel ouvre aussi la porte à la facturation de l'énergie en temps réel, mais aussi à la facturation différenciée en fonction de la demande en électricité (pics de consommation).

Des questions se posent néanmoins sur la confidentialité des données transmises par ces compteurs communicants, puisque ces données permettent de connaître, heure par heure, ce qui se passe dans chaque pièce d'une habitation.

#### 3.2 Caractéristiques

Le compteur intelligent communicant est un compteur disposant de technologies dites AMR (*Automated Meter Reading*) :

- Il permet de suivre en détail, précisément, et en temps réel, la consommation électrique d'un foyer, d'un bâtiment, ou une entreprise.
- Il permet de transférer des données sur les paramètres électriques (énergie consommée, pertes sur le réseau électrique) et des signaux de contrôle, par différentes manières de communication (courant porteur en ligne-CPL, Internet ou wifi) pour la gestion énergétique.
- Il sert à produire des factures sur la consommation réelle, à repérer des gaspillages, des pertes en ligne ou les postes qui coûtent le plus au client. Ils peut éventuellement l'informer de microcoupures ou de pertes des réseaux électriques.

Si le compteur est en outre « programmable à distance » et équipé d'un appareil de coupure à distance, il est dit « AMM » (*Advanced Meter Management*). Ces fonctions sont à la base de l'évolution des réseaux vers les réseaux intelligents.

Les promoteurs de ces compteurs visent à inciter les clients à moins consommer, par l'établissement de prix différenciés en temps réel, aux heures de crêtes (surtarification) prévisibles selon les heures de la journée et la saison. Cela est censé encourager les clients à consommer



moins d'énergie et permettre des économies globales d'énergies dans une perspective de développement durable. En effet, en permettant un suivi de consommation, ces systèmes permettraient de réaliser des économies d'énergie de 5 à 15 %, en favorisant de meilleures pratiques. Ces compteurs permettent également de couper à distance avec l'accord des clients l'alimentation de certains équipements, pour éviter les surcharges du réseau en périodes de pointe. En éliminant les tâches manuelles de relève, de changement de puissance, de coupure ou de remise en service, ces compteurs sont censés, à terme, permettre une diminution des coûts de distribution de l'énergie et des délais d'intervention.

Le déploiement de ces compteurs est, comme celui de beaucoup d'autres engins, l'objet de la critique de la société de la techno-science. Pour les gestionnaires des populations, l'installation de ces compteurs présentent des inconvénients en termes de coût, potentiellement en termes d'atteinte à la vie privée, et d'atteinte à la santé des personnes.

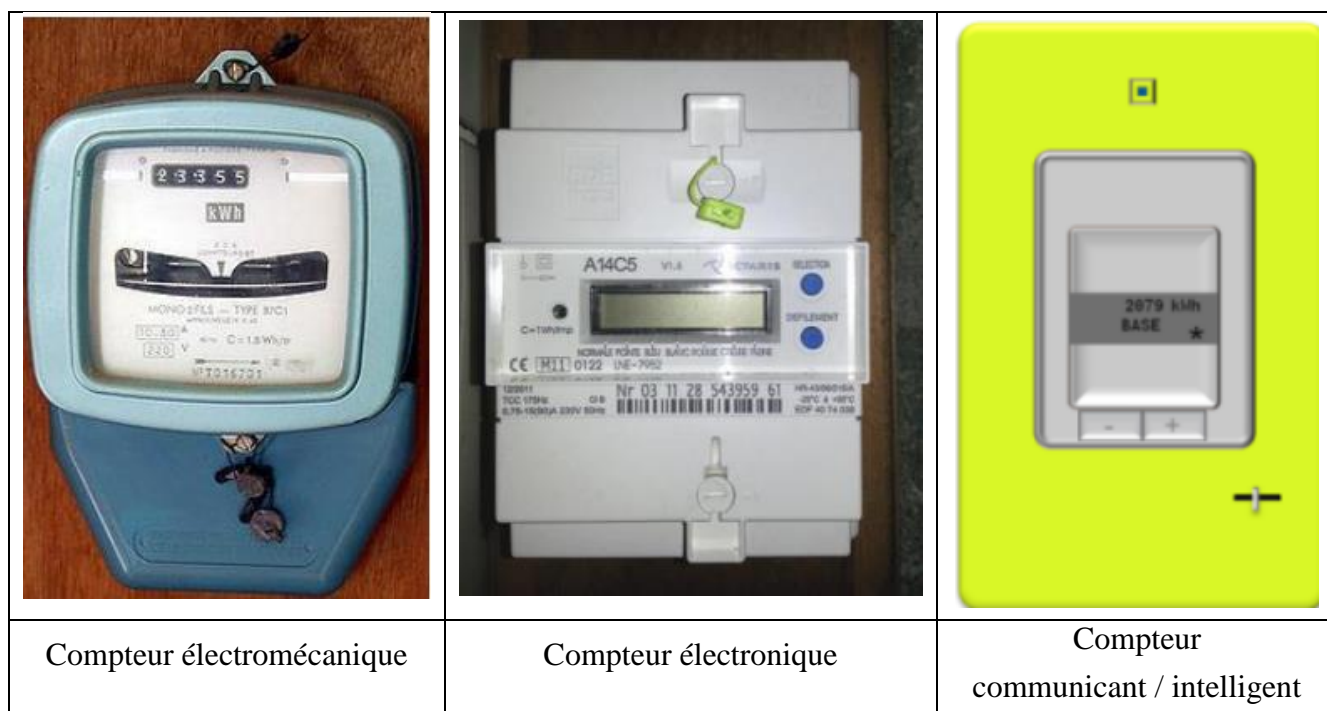




Fig. 4.4 : Evolution des compteurs électriques

	
<p>Compteur Landis+Gyr (Canada)          installé entre 2013 et 2015 chez les clients résidentiels          d'Hydro-Québec</p>	<p>Compteur Linky (France)</p>

### Fonctionnalités du compteur Linky



Fig. 4.5 : Exemples de compteurs intelligents

## 4 Sécurité informatique

La **sécurité des systèmes d'information (SSI)** ou plus simplement **sécurité informatique**, est l'ensemble des moyens techniques, organisationnels, juridiques et humains nécessaires à la mise en place de moyens visant à empêcher l'utilisation non-autorisée, le mauvais usage, la modification ou le détournement du système d'information. Assurer la sécurité du système d'information est une activité du management du système d'information.

Aujourd'hui, la sécurité est un enjeu majeur pour les entreprises ainsi que pour l'ensemble des acteurs qui l'entourent. Elle n'est plus confinée uniquement au rôle de l'informaticien. Sa finalité sur le long terme est de maintenir la confiance des utilisateurs et des clients. La finalité sur le moyen terme est la cohérence de l'ensemble du système d'information. Sur le court terme, l'objectif est que chacun ait accès aux informations dont il a besoin.

La sécurité informatique, d'une manière générale, consiste donc à assurer que les ressources matérielles ou logicielles d'une organisation soient uniquement utilisées dans le cadre prévu.

La sécurité informatique vise généralement cinq principaux objectifs :

- La **disponibilité** : permet de maintenir le bon fonctionnement du système d'information. Le système doit fonctionner sans faille durant les plages d'utilisation prévues et garantir l'accès aux services et ressources installées avec le temps de réponse attendu.
- **L'intégrité** : les données doivent être celles que l'on attend, et ne doivent pas être altérées de façon fortuite, illicite ou malveillante. En clair, les éléments considérés doivent être exacts et complets.
- **La confidentialité** : seules les personnes autorisées peuvent avoir accès aux informations qui leur sont destinées. Elle consiste à rendre l'information inintelligible à d'autres personnes que les seuls acteurs de la transaction. Tout accès indésirable doit être empêché.

D'autres aspects peuvent aussi être considérés comme des objectifs de la sécurité des systèmes d'information, tels que :

- **La traçabilité** (ou « **preuve** ») : garantie que les accès et tentatives d'accès aux éléments considérés sont tracés et que ces traces sont conservées et exploitables.
- **L'authentification**: l'identification des utilisateurs est fondamentale pour gérer les accès aux espaces de travail pertinents et maintenir la confiance dans les relations d'échange. L'authentification consiste à assurer l'identité d'un utilisateur, c'est-à-dire de garantir à chacun des correspondants que son partenaire est bien celui qu'il croit être. Un contrôle d'accès peut permettre (par exemple par le moyen d'un mot de passe qui devra être crypté) l'accès à des ressources uniquement aux personnes autorisées.

- La **non-répudiation** et **l'imputation** : aucun utilisateur ne doit pouvoir contester les opérations qu'il a réalisées dans le cadre de ses actions autorisées et aucun tiers ne doit pouvoir s'attribuer les actions d'un autre utilisateur. Elle permet de garantir qu'une transaction ne peut être niée ; La non-répudiation de l'information est la garantie qu'aucun des correspondants ne pourra nier la transaction.

En plus de la formation et de la sensibilisation permanente des utilisateurs, la politique de sécurité peut être découpée en plusieurs parties :

- **Défaillance matérielle** : Tout équipement physique est sujet à défaillance (usure, vieillissement, défaut...) L'achat d'équipements de qualité et standard accompagnés d'une bonne garantie avec support technique est essentiel pour minimiser les délais de remise en fonction. Seule une forme de sauvegarde peut cependant protéger les données.
- **Défaillance logicielle** : Tout programme informatique contient des bugs. La seule façon de se protéger efficacement contre ceux-ci est de faire des copies de l'information à risque. Une mise à jour régulière des logiciels et la visite des sites consacrés à ce type de problèmes peut contribuer à en diminuer la fréquence.
- **Accidents (pannes, incendies, inondations...)** : Une sauvegarde est indispensable pour protéger efficacement les données contre ces problèmes. Cette procédure de sauvegarde peut combiner plusieurs moyens fonctionnant à des échelles de temps différentes.