L’IoT : Quand les objets prennent la parole

6 février 2025

1. L’invention & le concept de l’internet des objets

En 1999, Kevin Ashton, informaticien britannique à l'avant-garde de la recherche sur les réseaux RFID, inventait une expression devenue incontournable, “Internet of things” ou IoT, traduit par «Internet des objets». Depuis, le concept a évolué avec l’essor des technologies de l’information, entraînant une explosion des objets connectés, le développement de plateformes IoT reliant capteurs et utilisateurs, ainsi qu’une montée en puissance du big data et de l’IA

Aujourd'hui, il désigne un vaste réseau d'objets connectés entre eux et à Internet, capables de collecter des données et de les analyser pour informer voire, capables d’effectuer des tâches de manière autonome.

Tous les objets physiques munis de capteurs capables de communiquer avec un réseau lié à Internet peuvent devenir des objets connectés.

Le terme « IoT » recouvre à présent l'ensemble des technologies qui nourrissent le monde virtuel du Big Data, grâce aux informations collectées par les milliards d'objets physiques connectés.

L'IoT en chiffres

En 2010, on comptait 12,5 milliards d’appareils connectés pour 6,8 milliards d’habitants. En 2020, ce chiffre atteignait 21,7 milliards, dont 11,7 milliards d'objets IoT. À cela s’ajoutaient 10 milliards de smartphones, tablettes et ordinateurs, qui, bien que connectés, ne sont pas considérés comme des objets IoT (étude Gartner)."

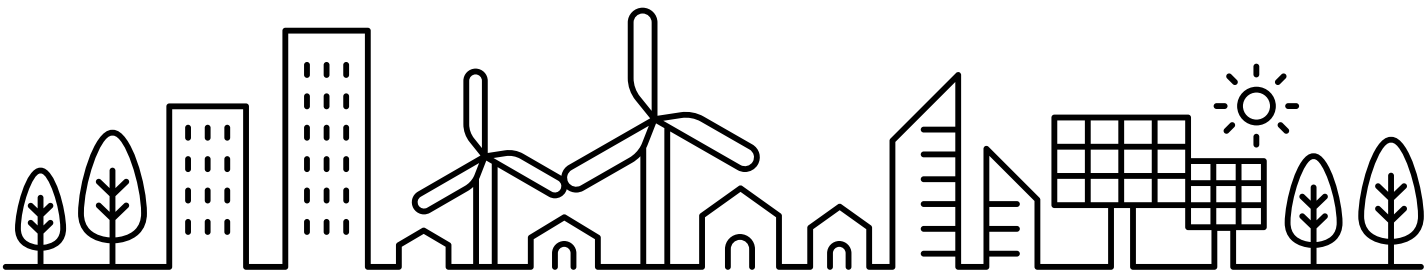
2. Domaines d’application

L’IoT s’étend sur plusieurs domaines et connaît une véritable évolution ces dernières années.
On trouve désormais des objets connectés dans tous les domaines : domotique, sport et santé, urbanisme, mais également dans l'entreprise, l'industrie, le commerce et les loisirs.

Panorama non exaustif des objets connectés

- Ville intelligente : luminaires, caméras, capteurs de pollution, compteurs d’eau / de gaz, poubelles connectées pour optimiser la gestion des déchets ;
- Les « wearables », vêtements ou accessoires connectés de type montre ou bracelet ;
- Domotique & smart buildings : capteurs d'humidité, température, qualité de l'air, capteurs relevant en temps réel la consommation d'eau et d'électricité ;
- Systèmes de comptage de personnes pour les établissement recevant du public (ERP) ;
- Industrie : capteurs capables de détecter l'état des équipements pour favoriser la maintenance prédictive ;
- Bureaux : détecteurs de présence pour optimiser l'occupation des locaux ;
- Agriculture : capteurs de luminosité, d’humidité et de température, systèmes d'arrosage intelligents ou colliers connectés pour les animaux…

L'Internet des objets améliore des environnements aussi différents que des bâtiments, des villes, des bureaux, des commerces, des administrations, ou encore des exploitations agricoles.



Focus sur l'Internet Industriel des objets

L'Internet Industriel des objets est spécialement dédié au domaine de l'industrie, et constitue l'un des composants majeurs de l'industrie 4.0. L'IIOT (pour « industrial internet of things ») permet la création d'usines intelligentes, peuplées de robots industriels interconnectés et dont la maintenance prédictive est assurée par l'analyse en temps réel des données. Une plateforme dédiée permet le déploiement de la télérobotique, pilotage à distance de machines.
Les technologies IIOT favorisent l'innovation tout en réduisant les coûts et en augmentant la productivité et la sécurité.

3. L'IoT à l'hôpital

L'IoT apporte de nombreux bénéfices au domaine médical, principalement centrés sur le patient :

- Surveillance en temps réel des paramètres vitaux (rythme cardiaque, pression artérielle, oxygène) pour une intervention rapide en cas d'anomalie.
- Gestion des maladies chroniques grâce au suivi à distance, aux rappels de médicaments et aux recommandations personnalisées, réduisant ainsi les hospitalisations.
- Collecte de données sur l'état et l'environnement du patient, il contribue à des traitements mieux adaptés.
- Amélioration de la qualité des soins en réduisant les complications et en augmentant la qualité de vie des patients."

En résumé, l'IoT révolutionne la médecine en rendant les soins plus proactifs, personnalisés et efficaces.

Des opérations hospitalières rationalisées

La technologie IoT a également le potentiel de simplifier presque toutes les opérations hospitalières, de réduire les coûts et d'améliorer l'efficacité. Les appareils connectés pourraient surveiller les indicateurs importants de l'équipement, automatiser certaines activités de routine, gérer les stocks et prévoir les dysfonctionnements de l'équipement avant qu'ils ne se produisent.
Par exemple, les systèmes d'inventaire IoT pour le suivi des équipements & des médicaments peuvent être utilisés pour gérer les niveaux de stock en facilitant le suivi et en automatisant les commandes lorsque les stocks s'épuisent.

Depuis 2023, au centre hospitalier Wiliam Morey de Chalon sur Saône, la solution de Superwyze permet d'optimiser le flux des équipements biomédicaux, des lits et des brancards : https://www.youtube.com/watch?v=Im5SvzZl5Rg

L'IoT a eu un impact majeur dans les environnements de soins de santé. Il existe aujourd'hui sur le marché de nombreux types de services destinés aux hôpitaux et autres systèmes de soins de santé : surveillances des conditions climatiques en pharmacie et biologie, suivi du diabète et des maladies cardiovasculaires à domicile, alertes et reports depuis les moniteurs en réanimation, ...

Les solutions de suivi des flux d'équipements restent encore peu adoptées en France, alors que La taille du marché de la gestion des actifs de santé aux États-Unis était de 5,24 milliards de dollars en 2019.
Source https://www.fortunebusinessinsights.com/u-s-healthcare-assets-management-market-104669

Coût et retour sur investissement

Connecter des biens (bâtiments, dispositifs médicaux, ...) est certes un investissement nouveau, comme l'a été l'informatique en son temps. Cependant, mobiliser un budget est une chose, la rentabilité de l'investissement en est une autre. En l'occurrence, la réduction des dépenses opérationnelles directes peut garantir un retour sur investissement (ROI pour « Return On Investment ») rapide, sans compter l'amélioration de la qualité de vie au travail (ce n'est pas le professionnel qui va à l'information terrain mais l'information qui vient au professionnel) et de la sécurité (les dangers peuvent être prévenus par des alertes automatiques).

En effet, l'IoT améliore les soins de santé en facilitant la surveillance à distance des patients et l'assistance optimale du personnel infirmier. La perfection des technologies permettra aux hôpitaux d'exceller dans le progrès. En intégrant et en utilisant correctement l'IoT, les hôpitaux fournirons de meilleurs soins tout en réduisant les coûts et les risques.

4. La chaîne IoT

Un système IoT se décompose en plusieurs briques, contenues dans une « chaîne de l'information ».

Capter l'information et la transmettre :
A la base se situe toujours un capteur chargé de mesurer un évènement physique pour le transformer en information électronique apte à être transmise. Aujourd'hui, hormis les odeurs qui restent complexes à traiter, tout peut être capté, compté, exploité, enregistré : image, conditions climatiques, courant électrique, vibrations , ...

Les technologies de captation recourent le plus souvent à des circuits Silicium ou des MEMs (Micro Electromechanical Systems), autrement dit des chips munis de systèmes microscopiques réagissant à des stimulations extérieures en modifiant des caractéristiques de courant.

Le protocole utilisé est déterminant. On entend par protocole un ensemble de caractéristiques des messages, leur permettant d'être compris par un récepteur, voire de dialoguer avec celui-ci.
Un protocole comprend : un codage type des messages et des instructions entourant le message, permettant au récepteur d'être « réveillé », connaître le début, la fin et de savoir comment confirmer la bonne réception.
Chaque protocole est associé à une bande de fréquence particulière liée à des choix matériels, eux-mêmes dictés par des enjeux de portée du signal et de débit.

Ecouter et relayer vers le web :
Les messages sont reçus par un module « relai » qui sert également à le faire transiter. Il s'agit donc d'un récepteur-émetteur, autrement appelé « passerelle » (en Anglais : gateway). Il transforme le plus souvent un message local en message global sur internet.

Par exemple, les passerelles les plus connues sont celles exploitant le protocole Wifi. Ce sont les points d'accès que vous trouvez au plafond ou aux murs.
Ils écoutent les signaux émis dans le langage Wifi et les transmettent vers un serveur. En l'occurrence, le Wifi « parle » sur 2 bandes de fréquence centrées autour de 2,4GHz et son harmonique 4,8GHz (commercialement dénommée « 5 GHz »).

Le protocole **Wifi est conçu pour maximiser le débit au détriment de la consommation énergétique et de la portée.**
D'autres applications n'ont pas besoin de débit et privilégient à l'inverse la consommation.
Les solutions (protocole + matériel associé) sont classables en 2 grandes catégories :

- haut-débit/courte portée d'une part (Bluetooth, WiFi), et
- bas-débit/longue portée d'autre part (SDS, LoRa,...). Il existe des solutions intermédiaires (exemple : talkie-walkie) mais elles sont rarement en jeu dans l'IoT.

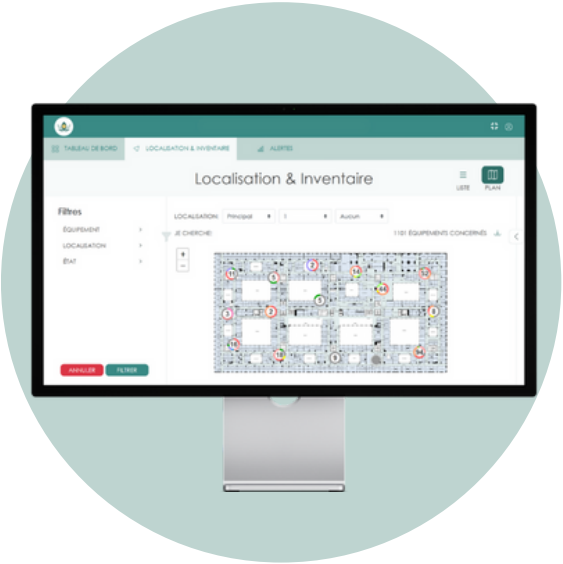
Traiter et afficher :

Les informations sont traitées sur un serveur. A ce stade, elles peuvent être décryptées puis faire l'objet de calculs. Pour cela, un système logiciel complet est développé pour gérer des projets.

Il contient d'abord les paramètres de configuration des projets gérés : nom de l'établissement, utilisateurs autorisés, droits associés, ...

Il permet également aux gestionnaires de configurer une installation : plans de l'établissement, réseau de passerelles, numéro de série des capteurs impactés, équipements biomédicaux issus de la GMAO, ou configuration des typologies d'alerte.

Enfin, à travers l'interface utilisateurs le plus souvent, il donne la possibilité de gérer la production de données : seuils à ne pas dépasser, messages d'alertes à envoyer, affichage des données, téléchargement, ...



La partie interface est généralement disponible sur une page web mais elle peut faire l'objet de versions simplifiées disponibles sous forme d'application sur tablette ou smartphone.

Enfin, des calculs peuvent être effectués sur des lots données à posteriori mais, à de rares exceptions près, ils seront plutôt exécutés sur des applications tierces de data visualisation et de data management et permettront de prendre des décisions à plus long terme, basées sur de grandes quantités de données.

5. Les différentes technologies de capteurs et protocoles IoT

Les technologies se classent facilement selon 3 paramètres :

- passif/actif,
- longue portée/courte portée,
- bas débit/haut débit

Technologies passives

Il s'agit de capteurs ou de simples balises (en anglais « beacon ») qui ne contiennent pas de source d'énergie (hormis parfois une micro-batterie aidant à augmenter leur portée)

Le plus souvent, elles reçoivent de l'énergie de la passerelle qui possède une fonction supplémentaire d'«énergisation radiofréquence » en envoyant un flux RF en forme de cône ou de prisme. Les limitations de la directive santé européenne réduisent les flux énergétiques à des niveaux tels que ces technologies sont nécessairement à courte voire très courte portée.

En ce qui concerne les établissements de soins, il s'agit de la RFID UHF (radiofrequency identification à ultra haute fréquence) et son protocole de communication standard dénommé RAIN RFID.

Technologies actives :

Elles embarquent une source d'énergie (pile définitive ou remplaçable), leur permettant d'émettre sans dépendre d'une passerelle. Elles se divisent en courte et longue portée.

La courte portée concerne principalement le Bluetooth Low Energy (BLE 5.3), avec une portée maximale d'environ 15 m. Au-delà, des protocoles comme LoRa ou SDS (utilisés par Superwyze) assurent la transmission sur de longues distances.

Contrairement aux capteurs passifs, ces technologies enregistrent en continu des paramètres physiques comme la température ou l'humidité. Superwyze exploite notamment les signatures thermiques (précision < 0,25°C) pour suivre le fonctionnement des dispositifs médicaux et surveiller les conditions climatiques.

Les systèmes de localisation s'appuient exclusivement sur les technologies actives, car les passives nécessiteraient un trop grand nombre de passerelles.

Une nouvelle technologie innovante, utilisée par Superwyze est actuellement en test. Son fonctionnement et sa forme sont similaires à la RFID UHF, à savoir une étiquette contenant une antenne et une mémoire côté capteur. En revanche elle diffère par le fait que le protocole utilisé est un dérivé crypté du Bluetooth, compatible avec tous les lecteurs de smartphone autorisés par une application du fabricant.
Les passerelles énergisent également mais avec un rendement donc une portée supérieure.

Bracelet de suivi patient par étiquette BLE

Même si les étiquettes restent un peu plus onéreuses que la RFID UHF, les passerelles sont, elles, beaucoup moins onéreuses que son concurrent.

Lors de tests menés avec les HCL dans le cadre du projet « tiers-lieu d'expérimentation en santé – France 2030 », elle a démontré, dans sa version active, des portées très supérieures à la RFID (entre 10 et 15m en environnement hospitalier sévère) et une capacité à géolocaliser très précise et répétable, battant même largement les systèmes de localisation patient Bluetooth avec des taux de localisation à la bonne pièce supérieurs à 80% là où le Bluetooth en mode RSSI (voire « méthodes de localisation » atteint péniblement 25% avec un écart-type réduit mais des anomalies de localisation imprévisibles et parfois importantes (voir paragraphe suivant).

6. Localiser avec des capteurs actifs

Il existe plusieurs méthodes pour localiser des capteurs RF :

- **Méthode par RSSI** (« received signal strength indication » ou indication de la puissance de réception par une passerelle) qui consiste à évaluer la distance d'un capteur en fonction de la force du signal reçu. Avec le BLE et autres technologies à courte-portée, un maillage dense de récepteur est mis en place (en BLE, la captation peut se faire part du matériel spécifique ou les nouvelles passerelles WiFi équipées en BLE). La localisation sera donnée par un cercle autour de la passerelle qui capte le signal le plus fort car le principe est que les autres passerelles ne peuvent pas capter un signal suffisamment fort et stable pour être fiable (en réalité, des échappements par les fenêtres peuvent être constatés, entraînant parfois des erreurs d'étage intempestifs.)
  Avec un système longue portée, le maillage est moins dense et on utilisera les signaux conjugués de plusieurs passerelles (Superwyze exploite des signaux émis à plus de 35 mètres par les capteurs). Cette méthode ne fonctionne pas en BLE car elle nécessite une force minimale du signal, or, l'atténuation est tellement forte que souvent une seule passerelle dispose d'un signal fiable.

- **Méthode par le temps de vol ou « ToF »** (Time of Flight) : Elle consiste à calculer la distance par D=VxT. V étant connue, il faut calculer le temps écoulé entre l'émission du message par le capteur (contenu dans l'horodatage du message) et la réception par la passerelle.
  L'avantage est de ne pas dépendre de l'influence de l'environnement car les obstacles influent très peu sur la vitesse de propagation du signal à cette échelle.
  En revanche, ceci nécessite une précision très élevée en intérieur pour atteindre une erreur raisonnable. Seule la technologie et le protocole UWB sont capables d'un tel fonctionnement mais la consommation énergétique est excessive pour répondre aux usages (un mini capteur UWB doit être rechargé jusqu'à plusieurs fois par semaine)

- **Méthode par l'angle d'arrivée ou « AoA »** (Angle of Arrival) : Elle consiste à calculer l'angle d'arrivée d'un message sur l'antenne de la passerelle. Cette méthode existe pour l'instant uniquement en BLE, version 5.3 ou supérieure. Toutefois, elle présente l'énorme inconvénient de demander d'installer des récepteurs tous les 150m2 environ et uniquement au plafond...et impossible de les aligner dans un couloir car elles doivent être installées en grille ou quinconce.

NOTES

La portée d'un système radiofréquence :

Une portée étant toujours influencée par l'environnement (murs, fenêtres, personnes, ...), elle ne peut être exprimée qu'en faisant abstraction de ces facteurs. Voilà pourquoi une portée est toujours exprimée de façon théorique et standard et que les portées annoncées ne peuvent être vérifiées sur le terrain. En effet, une portée s'exprime toujours en « champ libre », c'est-à-dire dans un environnement idéal sans aucun obstacle à l'horizon et à des conditions de température et de pression standards (ces facteurs ayant une influence en RF). Attention l'atténuation, par exemple, un Bluetooth donné pour 150 mètres en champ libre dépassera rarement les 15 mètres à l'hôpital avec de fortes fluctuations à la baisse jusqu'à 7-8m environ selon les conditions, soit à minima 10x moins. Plus la technologie est « longue portée – basse consommation » et plus le facteur d'atténuation est fort. **Superwyze utilise des capteurs fabriqués en Europe dotés de 2km de portée champ libre** qui deviennent environ 70m en hôpital mais 50m garantis à presque 100% y compris dans une chambre froide en acier...ce qui permet tout de même de couvrir avec un haut degré de confiance près de 8 000m2 dans un même étage soit environ 50 x plus qu'un Bluetooth.

NOTES

La portée d'un système radiofréquence :

Les interférences RF peuvent exister à deux niveaux : logiciel ou physique.
Une interférence logiciel peut se produire lorsque deux signaux arrivant sur l'antenne de la même passerelle sont mélangés par le chip radio, rendant inopérant les deux messages (ce que les protocoles prévoient en général et savent éviter).
Une interférence physique s'explique par la saturation d'une antenne qui reçoit trop d'informations émises dans la même bande de fréquence et ne parvient pas à les capter. Ce cas de figure peut être très fréquents en Bluetooth dans une chambre, dès lors que plus de 5 smartphones sont présents, surtout s'ils émettent un signal wifi dû au mode « point d'accès »
Le résultat de ces 2 types d'interférences est le même : perte du signal.
Dans tous les cas, une interférence ne peut se produire qu'avec des signaux utilisant la même fréquence.
Dans le monde hospitalier, seule la fréquence de 2,4GHz est concernée par des collisions : wifi, souris, smartphones,...et four à micro-ondes des tisaneries ! En revanche, des fréquences comme les 433MHz ou 868MHz opèrent sans interférences.