

## 6 Objets connectés et informatique embarquée

Un des premiers domaines à intégrer l'informatique fut l'industrie avec l'automatisation des chaînes de production. Elle a continué à s'intégrer dans tous les domaines à un rythme soutenu, notamment l'automobile où on ne compte plus les aides offertes aux conducteurs par des systèmes informatiques embarqués : ABS, correction de trajectoire, régulateur ou limiteur de vitesse.

L'explosion du Web à la fin des années 90 a fait entrer ces systèmes dans la sphère personnelle. Aujourd'hui, on assiste à l'émergence de l'**Internet des objets**, de la montre connectée capable de surveiller votre santé au compteur électrique intelligent. Le Web 2.0 fut le Web social avec les forums, les réseaux sociaux. Pour certains, le Web 3.0 sera celui de l'Internet des objets.

### Repères historiques

1967 : premier système embarqué de guidage sur Apollo.

1984 : sortie de l'A320, premier avion équipé de commandes électriques informatisées.

1999 : introduction de l'expression « internet des objets » par Kevin Ashton.

2007 : arrivée du smartphone.

## 1 Les systèmes informatiques embarqués

► Un **système informatique embarqué** est un ordinateur, sauf qu'il ne dispose ni d'écran, ni de clavier. On en trouve de plus en plus dans notre vie quotidienne, un grand nombre dans les voitures, les avions et dans les vélos électriques par exemple.

► L'**interaction** entre le système et l'utilisateur se fait de manière automatique, à l'aide de **capteurs** qui vont recueillir de l'information dans l'environnement. Ces informations vont être traitées par le processeur, couplé à une mémoire, qui va déclencher des **actionneurs**.

► L'interaction peut aussi être le fait de l'utilisateur qui va manipuler le système informatique embarqué à l'aide d'une interface. Par exemple, en domotique, l'ensemble des systèmes de la maison : chauffage, gestion des ouvertures... est contrôlé par l'utilisateur à l'aide d'une console installée dans l'habitation et même, voire directement, à l'aide d'un smartphone.

Ainsi, un système informatique embarqué est constitué :

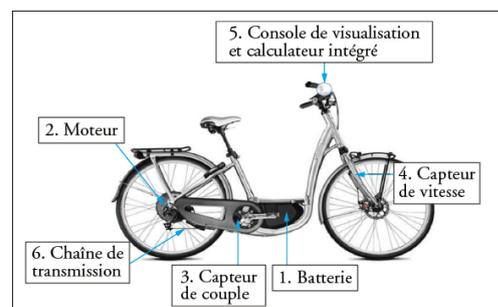
- de capteurs : dispositifs permettant de capter des informations de l'extérieur et de les transformer en signaux numériques vers le processeur. Par exemple capteurs de températures, pression, distance, etc.
- d'un couple processeur/mémoire qui mémorise et traite les informations.
- d'actionneurs : dispositifs permettant d'exécuter les instructions reçues du processeur dans le monde réel, comme par exemple des moteurs.
- d'IHM (interface homme-machine) : dispositif qui permet à l'utilisateur d'envoyer des informations (curseurs, boutons) ou d'en lire (voyants). Les systèmes ne disposent pas toujours d'interfaces s'ils sont automatisés.

► Au cœur des systèmes embarqués se trouvent les **algorithmes de contrôles**. Ils interviennent quand l'actionneur est contrôlé par les mesures en provenance du capteur.

*Le vélo à assistance électrique est un parfait exemple de système embarqué. Suivant la technologie utilisée par le constructeur, le modèle dispose d'un ou plusieurs capteurs : vitesse, couple, pression sur la pédale, détecteur de pédalage.*

*Le moteur contient le processeur et est aussi l'actionneur.*

*Ainsi, un modèle d'entrée de gamme n'aura qu'un capteur qui détecte le pédalage et le moteur ne fonctionnera qu'à la demande (marche/arrêt). Des modèles plus haut de gamme intégreront une variété de capteurs ainsi qu'un logiciel qui gèrera la réponse du moteur. L'IHM est ici une console permettant de lire diverses informations comme la vitesse ou alors permettant de choisir le niveau d'assistance.*



## 2 Objets connectés

► Un **objet connecté** est un objet contenant un système informatique embarqué avec une fonctionnalité supplémentaire : la possibilité de se connecter à Internet.

Les smartphones deviennent alors les IHM de ces objets. Le téléphone n'est pas en lui-même un objet connecté mais l'utilisation de certaines applications en font un. Ainsi, l'utilisation d'une application d'aide à la navigation fait du smartphone un objet connecté :

- a. Le capteur est la puce GPS du téléphone
- b. Le processeur est celui du téléphone
- c. L'actionneur est la réponse du logiciel : modification de la carte et de la route à suivre.
- d. L'IHM est une partie de l'application (choix de la destination, écran tactile sur la carte, ...)

On peut aussi citer d'autres exemples d'objets connectés comme les assistants personnels, les réfrigérateurs, les lave-linges, les montres, etc.

Ainsi, on peut rendre un réfrigérateur plus performant en embarquant certains capteurs : détection de porte ouverte, de filtres à changer, des aliments, indication de recettes, etc. En devenant connecté, il pourra envoyer au téléphone une alerte sur les produits à acheter, voire effectuer les commandes lui-même.

► On estime qu'en 2020, 50 milliards d'objets connectés circuleront dans le monde. Les enjeux posés par ces dispositifs sont énormes, tant sur le plan économique que sur le plan social ou juridique. De nombreux travaux existent sur la voiture autonome mais les problèmes légaux restent pour l'instant complexes.

La multiplication de ces objets connectés amplifie également les problèmes de sécurité. Lorsqu'un objet est connecté à Internet, cela signifie qu'un accès au réseau local de l'utilisateur est possible (par une personne mal intentionnée souhaitant récupérer des données personnelles par exemple). Actuellement, les failles de sécurité sont importantes. La possibilité de la prise de contrôle à distance d'un objet connecté peut se révéler critique, par exemple dans le cas d'une voiture autonome.



## 3 Impact sur les pratiques humaines

► L'impact de l'informatisation des objets devient considérable, surtout depuis que leurs interfaces s'unifient. Le but est de fabriquer des machines d'utilisation facile permettant des fonctionnalités améliorées, voire complètement nouvelles comme la voiture autonome. Celle-ci utilise à la fois des techniques de systèmes embarqués pour son fonctionnement et sa navigation et de l'intelligence artificielle pour l'analyse en temps-réel de l'environnement à l'aide de capteurs variés (caméras, radars, lidars, etc.).

► Comme l'informatique embarquée interagit avec le monde physique en exposant quelquefois des vies humaines ou des équipements critiques (réseaux électriques par exemple), elle est soumise à de fortes contraintes de sûreté (absence d'erreurs) et de sécurité (résistance aux attaques).

En avionique, ferroviaire ou autres applications critiques, des processus lourds de certification externe sont utilisés. Cependant, dans beaucoup de systèmes embarqués moins critiques, la sécurité reste souvent un point faible, et les objets connectés sont de plus en plus utilisés comme robots pour lancer des attaques sur internet.

