

LES OBJETS CONNECTES

I- Généralité :

Il y a aujourd'hui plus de processeurs dans des objets connectés ou enfouis dans les objets du quotidien, que dans nos machines usuelles (ordinateur, tablette et smartphone).

Pour utiliser ces objets connectés un enjeu majeur est celui des interfaces, Interface Humain-Machine, de façon à ce qu'ils soient entièrement contrôlables, de manière compréhensible par les utilisateurs.

La possibilité d'introduire des algorithmes au sein des objets de notre quotidien offre de nouvelles possibilités inédites et pose des problèmes de sûreté et de sécurité encore irrésolus.

C'est un enjeu de société de savoir si cette nouvelle révolution technologique sera pilotée par la recherche de nouveaux marchés commerciaux ou par la couverture de vrais besoins de notre société.

C'est par exemple le cas au niveau de ce qu'on appelle les Smart Cities (ou villes intelligentes).

A- Internet des objets :

Embarquer l'informatique dans les objets a beaucoup d'avantages : simplifier leur fonctionnement, leur donner plus de possibilités d'usage et de sûreté, et leur permettre d'intégrer de nouvelles possibilités à matériel constant par simple modification de leur logiciel.

Après avoir transformé les chaînes de montage des automobiles et les avions dans les années quatre-vingt-dix, l'informatique intervient maintenant dans des domaines toujours plus nombreux : automobile, réseau ferroviaire et transports urbains, domotique, robotique, loisirs, etc., conduisant à un nouvel internet des objets.

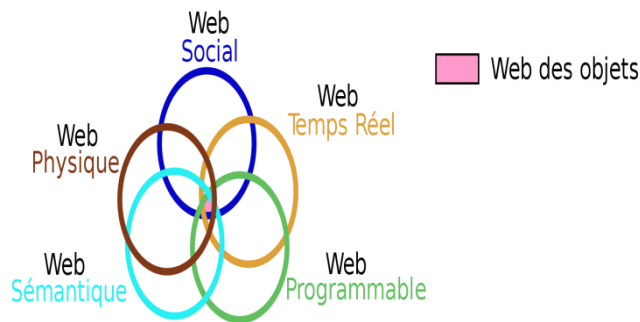
Pour les avions par exemple, l'informatique gère le vol en commandant finement des servomoteurs électriques, plus légers et plus fiables que les vérins hydrauliques, les réacteurs, la navigation et le pilotage automatique, et permet l'atterrissage automatique par temps de brouillard. Elle a eu un impact décisif sur l'amélioration de la sécurité aérienne.

Les objets informatisés avaient autrefois des **interfaces homme-machine (IHM)** dédiées, souvent dépendantes d'une liaison filaire directe. Mais les technologies du Web intégrées au téléphone portable permettent maintenant d'y rassembler les interfaces des objets du quotidien, ce qui en simplifie et uniformise l'usage. Les objets informatisés deviennent ainsi connectés.

B- Impacts 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 aviation, 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.



La notion d'Internet des objets résulte de la convergence de plusieurs technologies, de l'analyse en temps réel, de l'apprentissage automatique, des capteurs de produits de base et des systèmes intégrés. Les domaines traditionnels des systèmes embarqués, des réseaux de capteurs sans fil, des systèmes de contrôle, de l'automatisation (y compris l'automatisation de la maison et des bâtiments) et autres contribuent tous à l'activation de l'Internet des objets.

Le concept de réseau d'appareils intelligents a été discuté dès 1982 : un distributeur automatique de boisson modifié de l'Université Carnegie Mellon devenant le premier appareil connecté à Internet, capable de signaler ses stocks et de savoir si les boissons fraîchement chargées étaient froides ou non. L'article de 1991 de **Mark Weiser** sur l'informatique omniprésente, « **L'ordinateur du XXI^e siècle** », ainsi que des institutions académiques telles que UbiComp et PerCom ont produit la vision contemporaine de l'Internet des Objets. En 1994, Reza Raji a décrit le concept dans IEEE Spectrum comme « un [déplacement] de petits paquets de données vers un grand ensemble de nœuds, afin d'intégrer et d'automatiser tout, des appareils ménagers aux usines entières ». Entre 1993 et 1997, plusieurs sociétés ont proposé des solutions. Le domaine a pris de l'ampleur lorsque Bill Joy a envisagé la communication D2D (Device to Device) dans le cadre de son cadre « Six Webs », présenté au Forum économique mondial de Davos en 1999.

Le terme « Internet des objets » a probablement été inventé par Kevin Ashton de Procter & Gamble, futur centre d'identification automatique du MIT, en 1999, bien qu'il préfère l'expression « Internet pour les objets ». Un article de recherche mentionnant l'Internet des objets a été soumis à la conférence pour les chercheurs nordiques en Norvège, en juin 2002, précédée d'un article publié en finnois en janvier 2002. L'implémentation décrite ici a été développée par Kary Främling et son équipe de l'Université technologique de Helsinki et correspond plus étroitement à l'infrastructure moderne, c'est-à-dire une infrastructure de système d'information permettant la mise en œuvre d'objets connectés intelligents.

Définissant l'Internet des objets comme « simplement le moment où plus de » choses ou d'objets « étaient connectés à Internet que de personnes », Cisco Systems a estimé que l'IdO était « né » entre 2008 et 2009, avec un ratio croissant d'objets / personnes de 0,08 en 2003 à 1,84 en 2010.

Historique :

- 1967 : premier système embarqué de guidage lors de la mission lunaire Apollo.
- 1971 : premier processeur produit par Intel.
- 1984 : sortie de l'Airbus 320, premier avion équipé de commandes électriques informatisées.
- 1998 : mise en service du métro informatisé sans conducteur Météor (ligne 14 à Paris).
- 1999 : introduction de l'expression « internet des objets » par Kevin Ashton.
- 2007 : arrivée du smartphone.

On estime à **50 milliards** le nombre d'objets connectés **en 2020**.

- Pour programmer des objets connectés ou embarqués à l'intérieur d'un autre système, le

paradigme de programmation de base est événementiel : ce sont les entrées des capteurs qui déclenchent des fonctions du code qui réagit et ajuste les sorties et son état interne.

- Pour assurer la sûreté informatique, on travaille à la fois au niveau de la conception et de la

vérification : la conception avec des langages de modélisation du système utilisé (comme UML) et la vérification avec des méthodes formelles qui travaillent sur la sémantique du programme pour en prédire le fonctionnement.

- Mais ces méthodes prévisionnelles ne sont jamais complètes et c'est l'expérimentation qui

permet de compléter la validation de tels systèmes.

- Pour assurer la sécurité des systèmes informatiques on utilise les mêmes méthodes que

pour protéger un système classique : authentification des personnes ou des algorithmes qui accèdent à l'objet et chiffage des données.

- [Programmation événementielle](#) et [programmation synchrone](#).
- [Internet des objets](#).

- [Sûreté](#).
- [Sécurité](#).
- [Interface humain-machine](#).

Dans les **systèmes informatiques embarqués**, l'information provient soit des IHM soit des capteurs, pour contrôler automatiquement ou manuellement le fonctionnement physique par des actionneurs et transmettre des informations aux utilisateurs. Le flux d'informations à travers les IHM permet ainsi une interaction continue entre l'homme et la machine.

Le développement des logiciels embarqués est délicat, car il pose souvent des questions de temps-réel, c'est-à-dire de respect de temps de réponse imposé. Ceci conduit à des méthodes de programmation spécifiques.

Les microprocesseurs sont beaucoup plus nombreux dans les objets que dans les ordinateurs et téléphones, mais ils sont souvent plus petits, moins chers et moins rapides. Les **capteurs** et **actionneurs** reposent sur des technologies physiques et électroniques variées, allant quelquefois vers l'électronique de puissance. Un problème essentiel est la réduction de la consommation électrique, surtout pour les appareils sur pile.

Une carte est un outil de représentation d'informations hiérarchisées liées à une localisation. Les cartes permettent de combiner différentes informations, pour visualiser des réalités aussi diverses que le développement d'un territoire ou la propagation d'une maladie.

Le fait que nous soyons aujourd'hui localisés en permanence a des conséquences importantes sur notre vie quotidienne : cela permet d'être aidé en cas de situation critique, mais aussi d'être repéré à tout moment qu'on le souhaite ou non.

La localisation est incontournable, et pas uniquement au niveau de notre smartphone : dès que nous interagissons avec un système numérique, nous sommes localisés, et le fait de ne plus se faire localiser à un moment donné est en soi une information.

C- Définitions :

Géolocalisation.

Assistant de navigation.

Géomatique.

La **cartographie** est essentielle pour beaucoup d'activités : agriculture, urbanisme, transports, loisirs, etc. Elle a été révolutionnée par l'arrivée des cartes numériques accessibles depuis les ordinateurs, tablettes et téléphones, bien plus souples à l'usage que les cartes papier.

Les **cartes numériques** rassemblent toutes les échelles et permettent de montrer différents aspects de la région visualisée sur une seule carte. Les algorithmes de recherche permettent de retrouver sur la carte les endroits en donnant simplement leur nom, et de calculer des itinéraires entre points selon des modes de transports variés.

D- Impacts sur les pratiques humaines :

Les cartes numériques, accessibles depuis un téléphone, remplacent progressivement les cartes sur papier. Leurs interfaces permettent d'accéder commodément à de nombreux types d'information. Couplé aux algorithmes de calculs d'itinéraires, le GPS est utilisé systématiquement pour les transports, l'agriculture, la randonnée, la navigation à voile, etc.

Le maintien à jour des cartes numériques est un problème difficile qui demande beaucoup de ressources au plan mondial. Les erreurs dans les cartes, inévitables à cause de l'énorme quantité d'informations à collecter, peuvent avoir des conséquences dramatiques.

Par ailleurs, de nombreuses applications ont accès à la localisation dans un téléphone, ce qui leur permet d'envoyer des publicités non désirées, de suivre vos itinéraires, ou de localiser une personne. Enfin, le GPS n'est pas toujours sûr, car facile à brouiller à l'aide d'appareils simples.

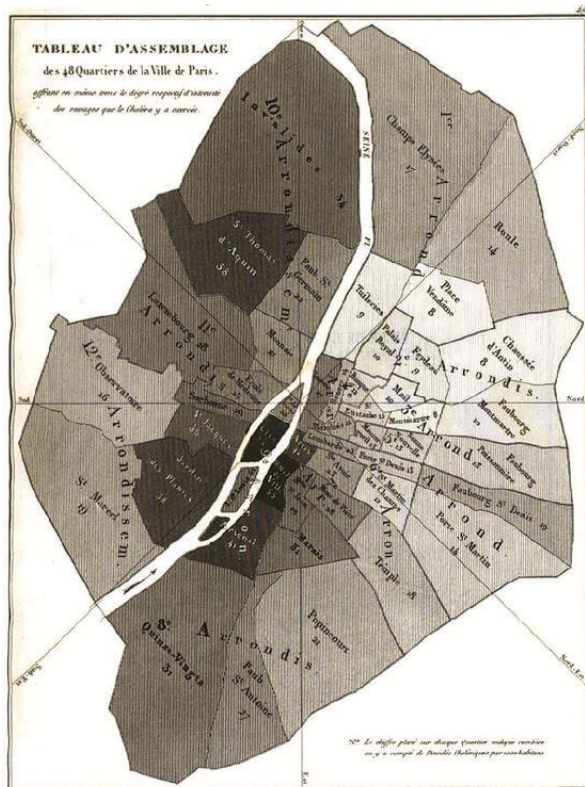
E- Historique :

Les premières cartes connues représentent les étoiles et non la terre. Des points datés de **16 500 BC**, trouvés sur les murs de la grotte de Lascaux montrent une partie du ciel nocturne, incluant trois des étoiles les plus brillantes, Véga, Deneb, et Altaïr (le Triangle d'été), ainsi que l'amas d'étoiles les Pléiades. La Grotte du Castillo en Espagne possède également une carte de la Couronne boréale datée de **12 000 BC**.



Depuis l'**Antiquité**, jusqu'au milieu du **XVIe siècle**, les relevés sont issus de témoignages. Les premières mises en forme « scientifiques » datent du IIe siècle après notre ère avec la cartographie de Ptolémée (150), où celui-ci énonce quelques précautions pour dessiner une carte sur un plan. Par la suite les relevés sont assemblés par des cartographes experts et alimentés par les premiers essais de statistiques rassemblés par les représentants de l'autorité (époque antique romaine, époque des moines savants du Moyen Âge, époque des grandes découvertes). Les supports utilisés — notamment les cartes marines — sont grossières car elles ne respectent ni les angles, ni les distances réelles.

Le véritable développement intervient avec l'amélioration des outils de mesure mis au point par la géodésie et les géomètres, ainsi que l'amélioration des registres de tous types, devenant de larges sources statistiques. Aussi, les traits et les données s'affinent. Ainsi les premières mesures astronomiques (longitudes et latitudes) de localités de la France effectuées par Jean Picard commencées **en 1671**, permettent à La Hire d'établir **en 1682** une carte corrigée qui affine le contour du littoral et réduit considérablement les vraies proportions de la France.



L'une des premières applications connues de l'analyse cartographique concernait le domaine de l'épidémiologie avec, **en 1832**, la publication du « Rapport sur la marche et les effets du choléra dans Paris et le département de la Seine », rédigé par le géographe français **Charles Picquet**. Ce dernier a représenté les 48 districts de la ville de Paris. Il a utilisé un système de coloris dégradé en fonction du pourcentage de décès par le choléra pour **1000 habitants**.

L'utilisation des engins aéronautiques (dirigeables, avions, hélicoptères) à partir du début du **XXe siècle** permet d'affiner et de mettre à jour plus rapidement la couverture cartographique, mais pour des espaces à chaque fois relativement limités et concernant presque uniquement les terres émergées. Dans la dernière partie du **XXe siècle**, un pas technique majeur est franchi avec l'utilisation et le traitement numérique des ondes émises par des satellites : les contours terrestres sont alors pour la première fois photographiés depuis le ciel. Des cartographies du fond des océans ou des zones inaccessibles deviennent beaucoup plus précises. La cartographie complète de la Lune et de Mars est réalisée grâce aux satellites d'exploration ou sondes spatiales.

Grâce à des avancées mathématiques et informatiques, on obtient avec facilité toujours plus de projections planes innovantes, qui doivent toujours arbitrer entre conservation des parallèles, des aires, et des longueurs. Des cartes amorphes (cartogrammes) sont aussi apparues. Le support digital permet la duplication, le transfert à bas coût, et le traitement automatisé (ex: projet Corine Land Cover pour l'aménagement du territoire).

Un autre apport du numérique concerne la capacité à mettre en relation et diffuser des documents d'intérêt cartographique du monde entier et de toutes les époques, via Internet. En France, un Consortium intitulé « **Cartes et photographies pour les géographes** » vise à faciliter le tournant numérique de la recherche en sciences humaines et sociales, en développant le réseau de portails cartographiques et de plateformes de diffusion de données et métadonnées peu à peu mis en place, essentiellement par de grandes institutions, pour « généraliser l'accès à d'autres fonds pertinents et améliorer la diffusion des images géographiques » afin de « rendre accessibles, consultables et

mobilisables des données cartographiques et photographiques nombreuses et éparées, qui constituent des fonds de laboratoires de recherche, de bibliothèques remarquables ou des fonds de chercheurs... ». Un mouvement de libération des données (Open data) est également en cours qui, avec des organisations comme Open Street Map, devrait permettre de largement développer la cartographie historique et collaborative.

Les cartes ont été systématiquement numérisées à la fin du **XXe siècle**. Le principal instrument de localisation, **GPS** (Global Positioning System), a été conçu par l'armée américaine dans les années soixante. Le premier satellite GPS fut lancé en 1978. Il y en a actuellement une trentaine, de sorte qu'à tout moment quatre à six satellites au moins sont visibles depuis tout point de la Terre. Couplé aux cartes numériques, le système GPS permet de se situer. Il n'est pas toujours efficace en ville, et peut être complété par d'autres moyens de localisation comme la détection de bornes Wi-Fi proches. D'autres systèmes plus précis, dont **Galileo**, sont en cours de déploiement.

- La localisation par satellite impose de recevoir 4 mesures, car il y a 4 inconnues : 3 spatiales et 1 temporelle.

- Le calcul d'itinéraire correspond à un algorithme de calcul de plus court chemin, il est utilisé dans d'autres applications qui cherchent à trouver une suite d'étapes pour passer d'un état initial à un état final.

- Une carte numérique n'est pas une image pixelique, mais une image vectorielle ce qui permet de la représenter à n'importe quelle échelle, et d'y représenter toutes sortes d'information

- [Système d'Information Géographique.](#)
- [Système de positionnement par satellite.](#)

F- Les données et l'information :

Les informations des cartes numériques proviennent de nombreuses sources : services géographiques des États, photos prises par des satellites, avions ou voitures, données fournies par les utilisateurs, etc. Ces informations sont de natures diverses : topographiques, géologiques, photographiques, liées aux transports, à l'activité industrielle ou touristique, etc. Des projets collaboratifs comme Open Street Map permettent à chaque utilisateur d'ajouter des informations à une carte en libre accès, qui deviennent alors visibles par tous les utilisateurs.

Un satellite GPS contient des horloges atomiques mesurant le temps à une très grande précision et envoyant régulièrement des messages contenant cette heure. Chaque message se propageant à la vitesse de la lumière, le récepteur peut calculer sa distance au satellite. On peut en déduire sa position en suivant plusieurs satellites, ce que fait automatiquement le récepteur GPS.

Les algorithmes cartographiques concernent principalement l'affichage sélectif d'informations variées et le **calcul d'itinéraires**. L'affichage est paramétré par les informations à montrer, que l'on peut choisir par simples clics. Une difficulté est liée au mélange d'informations de types différents lors des changements d'échelle : les graphismes peuvent être très différents et beaucoup d'informations

doivent être supprimées pour les grandes échelles, mais une route doit être représentée avec à peu près la même largeur, quelle que soit l'échelle.

Les récepteurs GPS fournissent la localisation sous une forme normalisée facilement décodable, par exemple selon le **protocole NMEA 0183** (National Marine Electronics Association), ou directement dans les métadonnées EXIF d'une photo. La localisation et les cartes se couplent dans le suivi permanent de la position sur la carte ou sur un itinéraire précalculé.

Les machines utilisées pour la cartographie sont surtout les ordinateurs, tablettes et téléphones classiques équipés d'une application ad hoc. Les récepteurs GPS spécialisés restent importants pour la navigation maritime ou aérienne, mais ceux pour la randonnée pédestre sont en voie de disparition, supplantés par les téléphones.

L'heure fournie par le GPS sert aussi de base pour la synchronisation précise des horloges internes des ordinateurs connectés à internet, ce qui est très important pour tous les échanges d'informations.