



PETER SENNHAUSER

L'INTERNET DES OBJETS

– UNE INTRODUCTION –

SUISSEDIGITAL en collaboration avec la HWZ
École supérieure d'économie de Zurich

L'Internet des objets est un mot clé établi de longue date mais qui n'est pas encore totalement devenu réalité. Qu'est-ce qui nous attend? Que désigne ce concept? Et quels sont les opportunités et les risques liés à l'Internet des objets pour nous?

Avec ce livre, nous sommes ravis de vous transmettre des informations de base sur ce sujet. Nous vous souhaitons une lecture enrichissante

SUISSEDIGITAL

Verband für Kommunikationsnetze

www.suissedigital.ch

© 2018 – CC-BY-NC-ND (ouvrage), CC-BY-SA (textes)

Contrat & production:

buch & netz, buchundnetz.com

Éditeur:

SUISSEDIGITAL et l'école supérieure d'économie de Zurich HWZ

Texte:

Peter Sennhauser, Swissreporter GmbH, <http://www.swissreporter.ch/>

Illustrations:

hellermeier, <https://hellermeier.ch/>

Mise en page de la couverture:

gestalt kommunikation, <http://www.gestalt.ch/>

ISBN : 978-3-03805-259-3 (PDF), 978-3-03805-260-9

(ePub), 978-3-03805-261-6 (mobi)

Version : 1.03 – 20180110

Cet ouvrage est disponible comme livre électronique buch & netz, dans différents formats. De plus amples informations sont disponibles à l'adresse : <http://buchundnetz.com/werke/l-internet-des-objets>.

Veuillez respecter les remarques finales relatives aux droits d'auteur et aux conditions d'utilisation.

Table des matières

SUISSEDIGITAL et l'Internet des objets

Tout est toujours en ligne	1
<i>Faire communiquer les machines</i>	1
<i>Un réfrigérateur seul est plutôt bête</i>	3
<i>Une nouvelle compréhension grâce à la vue d'ensemble</i>	4
<i>Trop d'idées, trop peu de connaissances</i>	5
«Smart Home», la maison de ses rêves	9
<i>Le réseau domestique fait la fête</i>	10
<i>Pourquoi l'infrastructure devrait être plus simple...</i>	11
<i>...et les appareils plus intelligents</i>	12
Architecture – réseaux et capteurs	15
<i>Comment l'« Inter » s'est retrouvé dans le réseau</i>	15
<i>Ouvert pour tous</i>	16
<i>Le WWW n'est qu'une application</i>	18
<i>Et où sont les objets ?</i>	18
<i>La lutte des normes a commencé</i>	21

Intelligence artificielle	23
<i>Nul ne sait comment les logiciels apprennent</i>	23
<i>Les programmes s'écrivent tout seul</i>	24
<i>Les joueurs de poker sont-ils intelligents ?</i>	25
<i>Siri et Alexa vivent dans le centre de calcul</i>	27
Commerce de détail et mobilité	29
<i>Le magasin Amazon n'a pas de caisses enregistreuses</i>	30
<i>Les voitures connectées sont les meilleurs conducteurs</i>	31
<i>La mobilité, une marchandise</i>	33
Industrie 4.0 et agriculture de précision	35
<i>Un mécanisme produit par l'imprimante</i>	36
<i>La voie ferrée auto-guérisante</i>	36
<i>La fabrique qui s'optimise elle-même</i>	37
<i>John Deere, le Google de l'agriculture</i>	38
Risques et effets secondaires	41
<i>L'Internet des « Bad other Things » (zombies)</i>	41
<i>Pas d'accès par ce numéro</i>	44
<i>Big Data – une question d'équilibre</i>	46
<i>Éthique des robots: pourquoi il faut la prendre au sérieux</i>	48
Glossaire	51
Peter Sennhauser	61
Institute for Digital Business	63
<i>Généralités</i>	63
<i>Mission</i>	63
<i>Offre</i>	63
buch & netz	65
Droits d'auteur et conditions d'utilisation	67

SUISSEDIGITAL et l'Internet des objets

SUISSEDIGITAL est l'association économique des réseaux suisses de communication. Elle regroupe environ 200 entreprises – aussi bien privées que publiques – desservant plus de 2.4 millions de foyers en services radio, TV, HDTV, Internet, de téléphonie et autres. SUISSEDIGITAL est l'association économique des réseaux suisses de communication. Elle regroupe environ 200 entreprises – aussi bien privées que publiques – desservant plus de 2.4 millions de foyers en services radio, TV, HDTV, Internet, de téléphonie et autres.

Les entreprises regroupées au sein de l'association disposent d'une excellente infrastructure de communication qui leur permet de subsister sur un marché des télécommunications âprement disputé. Or, il ne leur est possible que de croître de manière limitée sur leurs marchés traditionnels que sont la télévision, l'Internet et la téléphonie car ces derniers sont en grande partie saturés. On peut donc se demander comment se lancer dans de nouveaux domaines d'activité sur la base de l'infrastructure de communication existante.

Sur cette toile de fond, SUISSEDIGITAL examine de plus en plus les différents thèmes de la numérisation. L'«Internet des objets» est un thème d'avenir particulièrement intéressant qui cible les applications avec des objets ou des appareils pouvant directement échanger des informations entre eux. La présente publication a été réalisée à l'initiative de SUISSEDIGITAL et en collaboration avec l'école supérieure

d'économie de Zurich HWZ. Elle vise à éclairer ce thème de manière compréhensible.

Tout est toujours en ligne

Lorsque, un matin du mois d'août, Michael M. reçut le message de son vélo électrique de la marque «Stromer», il était déjà trop tard: son vélo de plusieurs milliers de francs suisses communiquait déjà une position de l'autre côté de la frontière française, à environ trois kilomètres de son domicile. Avisée par téléphone, la police française a facilement trouvé le vélo grâce aux coordonnées du message GPS. Et lorsque Michael a été chercher son bien le jour même au poste de police, une surprise l'attendait: les voleurs ne s'étaient pas limités à une tentative pressée pour arracher le précieux accumulateur du cadre. Ils avaient également essayé de bloquer le module de téléphonie mobile et GPS du vélo électrique en enroulant autour plusieurs épaisseurs d'aluminium pour qu'il ne puisse pas déterminer sa position ou qu'il soit au moins dans l'incapacité de la communiquer «à la maison» à l'aide de l'Internet mobile. Sans succès de toute évidence.

Faire communiquer les machines

La communication automatique de la position n'est depuis longtemps plus l'apanage des vélos électriques disposant d'un ordinateur de

bord, d'un dispositif d'immobilisation, de la téléphonie mobile et d'un récepteur GPS. Des dispositifs installables ultérieurement comme Chipo ou TrackR – de la taille d'une pièce de monnaie – permettent de tracer n'importe quel objet pour un peu moins de 30 francs. Dans la maison où l'on peut voir que l'on se rapproche de l'objet sur l'écran de son téléphone portable ou en faisant bipper l'objet sur simple pression d'un bouton. Mais aussi dans le vaste monde, où l'objet communique sa position au propriétaire par Internet. Mais comment lorsque l'appareil ne dispose que d'un bip, d'une batterie et d'un module radio Bluetooth courte distance?

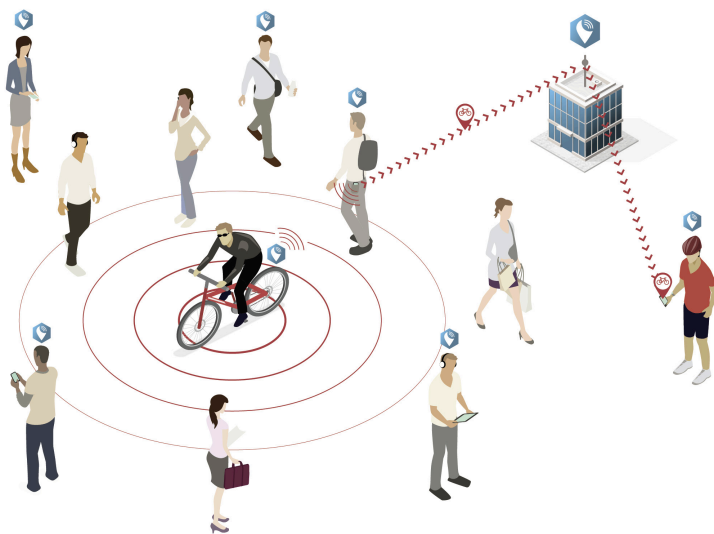


Illustration 1: principe Crowd GPS de TrackR

TrackR mise sur la «sagesse de la masse». Chaque dispositif TrackR se connecte automatiquement aux téléphones portables à sa portée sur lesquels l'appli TrackR est installée et donc aux utilisateurs TrackR tiers qui communiquent à leur tour à la centrale que le tag associé a été «vu». Son propriétaire peut consulter son compte sur le site Internet TrackR pour voir où son tag a été aperçu.

Le principe selon lequel tous les utilisateurs des dispositifs TrackR profitent de tous les autres utilisateurs est appelé «Crowd GPS». Ils n'ont pas à lever le petit doigt pour ce faire: ce sont les appareils qui se chargent de la communication.

Bienvenue dans l'Internet des objets.

Un réfrigérateur seul est plutôt bête

L'expression anglaise pour l'Internet des objets est «Internet of things» abrégé IoT. Il ne s'agit pas des nouvelles antennes, des normes radio et d'une infrastructure à venir. Tout est déjà là. Ce concept ne désigne rien de plus que l'intégration de machines, appareils et capteurs jusqu'à présent passifs dans un groupement d'ordinateurs appelé «Internet». Ils peuvent ainsi proposer des informations et des données ou les obtenir eux-mêmes auprès d'autres appareils et capteurs, déclencher des actions et réguler et optimiser ainsi des processus. L'idée d'utiliser l'Internet pour accéder à distance aux appareils, machines et ordinateurs est loin d'être nouvelle. Dès 1982, l'université Carnegie-Mellon a connecté à Internet un distributeur Coca-Cola. Il était possible de consulter le niveau de remplissage et la température par Internet dans le monde entier.

À peine dix années plus tard, alors que le World Wide Web, souvent assimilé aujourd'hui à tort à l'Internet n'existait toujours pas, Mark Weiser a publié un document sur l'ordinateur au 21^e siècle («The Computer for the 21st Century»). Le collaborateur scientifique du groupe de réflexion futuristique Xerox Parc n'y évoquait pas encore directement le concept d'Internet des objets mais parlait de «Ubiquitous Computing» (informatique ubiquitaire), l'omniprésence de l'informatique: le vrai potentiel de la mise en réseau ne devient visible que lorsque les ordinateurs sont intégrés dans notre quotidien jusqu'à être invisibles.

Le «réfrigérateur doté d'un raccordement Internet» promis jusqu'alors comme vision d'avenir était tout sauf invisible. Selon la légende, l'appareil devant recommander tout seul du lait, du yaourt et du beurre lorsqu'il n'y en avait plus: il s'agissait là de la vision la plus

accessible d'un Internet des objets bien avant que chacun ait un ordinateur performant dans sa poche de pantalon. Samsung propose depuis un réfrigérateur de ce genre qui se contente cependant d'envoyer des photos du contenu sur le téléphone portable du propriétaire.

L'«Internet pour les objets» a pris des formes plus concrètes dès 1999. Un département du célèbre Massachusetts Institute of Technology (MIT) a lancé à l'époque pour de grandes chaînes de distribution une initiative visant à garantir la traçabilité de n'importe quel objet de l'assortiment en combinant le code produit électronique (EPC) déjà établi et un tag RFID bon marché. Malgré la baisse des coûts de production, les tags RFID se sont en fin de compte avérés trop onéreux pour étiqueter chaque produit. Si c'était devenu la norme, notre réfrigérateur serait depuis longtemps devenu aussi intelligent que les promesses faites jadis.

Une nouvelle compréhension grâce à la vue d'ensemble

Si tous les réfrigérateurs étaient intelligents, le monde économiserait au total 4 pour cent de son produit national brut en denrées alimentaires jetées soit 2.6 milliards de dollars américains par an.

C'est au niveau des économies nationales que les conséquences de l'Internet des objets devraient se faire le plus sentir. Ne serait-ce que grâce aux conclusions pouvant être tirées des informations fournies par des milliards de capteurs en temps réel. Les analyses des mégadonnées (Big Data) permettent soudain d'étudier la diffusion d'épidémies, les anomalies météorologiques et le trafic vacancier en juillet voire de prédire ces éléments.

La deuxième étape est cependant encore plus importante: les appareils, machines et systèmes font les choses pour l'homme, s'interconnectent et accèdent aux résultats des analyses ce qui permet aux

hommes de réduire la consommation, d'accroître l'efficacité et d'optimiser le tout sans perte de confort.

- Les embouteillages et le trafic généré par la recherche de places de stationnement sont de l'histoire ancienne grâce aux Smart Cities et aux voitures connectées intelligentes;
- L'agriculture de précision augmente les rendements et protège l'environnement;
- Les temps de livraison et de production de l'industrie sont réduits;
- Les données médicales en temps réel aident à éradiquer la grippe et les autres agents pathogènes épidémiques;
- Les excédents peuvent être évités dans le commerce de produits frais – et ainsi de suite.

Tous ces gains d'efficacité deviennent possibles lorsque les instances commandant les processus communiquent entre elles davantage et plus rapidement. Le fournisseur d'équipement réseau Cisco estime qu'aujourd'hui 20 milliards d'appareils et d'objets sont déjà «en réseau» et sont donc accessibles par Internet. Mais beaucoup d'entre eux sont encore loin d'être «intelligents» dans un premier temps. Cela signifie qu'ils peuvent être localisés sur de grandes distances ou le cas échéant être allumés ou éteints. Mais ils ont toujours besoin que l'homme saisisse des ordres et des commandes. La prochaine étape de l'Internet des objets consiste donc à faire communiquer les machines directement entre elles.

Le mot clé dans ce contexte est la communication «M2M».

Trop d'idées, trop peu de connaissances

Jusqu'à présent, la communication entre machines (M2M) n'a joué qu'un rôle marginal. Ce sont surtout des hommes qui ont communiqué avec d'autres hommes (une sorte de H2M2H) sur le réseau par l'entremise de machines. Par conséquent, les gigantesques bases de données

d'Internet et des centres de calcul du monde entier sont principalement constituées d'idées humaines, de réflexions et d'ouvrages créatifs et seulement d'une infime partie de données, de faits et d'informations lisibles par des machines.

Kevin Ashton fait partie des scientifiques ayant marqué de son empreinte le concept «Internet of things». L'un des fondateurs de l'Auto-ID-Center du Massachusetts Institute of Technology indiquait dès 2009 dans un article publié dans le magazine RFID: «presque toutes les bases de données Internet ont à l'origine été saisies par les hommes, par saisie au clavier, par actionnement d'un bouton d'enregistrement, du déclencheur d'un appareil photo numérique ou par la lecture d'un code-barres.» Selon Kevin Ashton, les hommes sont ainsi l'un des principaux points nodaux de la mise en réseau. Mais ils ont d'une part trop peu de temps et ne sont d'autre part pas particulièrement doués pour la saisie de données sur le monde réel.

«Et c'est le problème. Notre économie, notre société et notre survie ne reposent pas sur des idées ou des informations mais sur des objets. On ne peut pas manger des bits, les brûler pour se chauffer ou les mettre dans son réservoir. Les idées et les informations sont importantes mais les choses le sont encore plus.

Or, la technologie de l'information actuelle dépend tellement des données des cerveaux humains que nos ordinateurs en savent davantage sur les idées que sur les objets.»

Cela doit changer avec la mise en réseau de milliards d'appareils. Les ordinateurs doivent ainsi être habilités à se faire eux-mêmes un tableau du monde reposant sur des faits et ne résultant pas de récits humains pour ainsi dire.

Lors d'une deuxième étape de développement, l'Internet des objets devient l'Internet de Tout («Internet of Everything»), où tous les autres objets, même s'ils ne peuvent pas apporter d'autres informations au réseau que par exemple leur emplacement, sont dotés de tags et présents sur le réseau.

La vision utopique ou dystopique, selon la manière de voir les choses, est un monde où toutes les informations importantes sur l'état de chaque objet créé de main d'homme peuvent être mises à disposition, analysées et exploitées et aussi être directement utilisées par des appareils et processus sans action humaine supplémentaire.

Outre une mise en réseau opérationnelle à tous les niveaux de la société et à tous les niveaux techniques imaginables, il faut pour ce faire une quantité gigantesque de capteurs prélevant des données à tous les points de contact entre le monde réel et virtuel et les mettant à disposition.

La vision demande en plus à ce que les machines se servant de cet immense lac de données accélérant et améliorant les processus et procédés et les rendant durables aient l'autorisation ainsi que les capacités pour ce faire:

elles doivent être intelligentes.

«Smart Home», la maison de ses rêves

Combien de fois souhaite-t-on pouvoir faire des choses d'une seule injonction: «Passer l'aspirateur dans le salon!» – «Faire couler un bain à une température de 30 degrés!» – «Commander de la litière, de l'eau minérale et du muesli» ?

Tout cela est déjà possible depuis longtemps.

«Alexa, note un rendez-vous dans mon agenda vendredi de neuf à dix avec comme titre 'Visite chez le médecin'. Alexa, programme l'aspirateur Roomba sur dix-huit heures ce soir. Alexa, ouvre la porte du garage.»

De telles commandes sont possibles dans de plus en plus de ménages du monde entier. Ces ordres ne s'adressent pas au clone d'une femme de chambre mais à un système de reconnaissance vocale coûtant à peine deux cents francs, à savoir «Echo» du géant Internet Amazon. L'appareil reconnaît les commandes vocales. Il ne se contente pas de répondre aux questions générales mais commande des programmes,

des applis et de nombreux appareils connectés au réseau domestique. Le produit de la concurrence «Home» de Google fonctionne de la même manière tout comme le «HomeKit» d'Apple – et toute une série d'applis individuelles pour téléphones portables intelligents.

Il faut remplir quelques conditions pour pouvoir commander ainsi le chauffage, la climatisation, les interrupteurs de la lumière, les portes, le système électronique de divertissement et les appareils ménagers ou pour les commander par exemple à distance hors de chez soi à l'aide d'une appli de téléphone portable.

L'essentiel: ces dispositifs doivent être connectés

Le réseau domestique fait la fête

Le nombre d'appareils pouvant être intégrés dans ces systèmes augmente à grande vitesse. Certains d'entre nous se rappellent peut-être que, il y a un peu moins de vingt ans, nous devions décider dans la plupart des foyers si nous voulions utiliser la ligne téléphonique pour appeler ou pour nous connecter à Internet.

Dans les années quatre-vingt-dix, le raccordement Internet rapide passant par le réseau câblé télévisé et ne bloquant plus la ligne téléphonique est également devenu populaire dans les ménages privés. De ce fait, un à deux appareils se sont dans un premier temps retrouvés connectés au routeur du réseau: l'ordinateur de bureau ou la tour et un ordinateur portable connecté au réseau par un câble et plus tard par le réseau radio WIFI personnel.

Aujourd'hui, il n'est pas rare que des douzaines d'appareils des ménages modernes disposent d'une adresse IP et se connectent à Internet. Si vous croyez qu'il s'agit des téléphones portables, tablettes et ordinateurs portables de la maison, il faut y regarder de plus près: il y a foule sur le réseau local: montre connectée (Smart-Watch), toutes les Smart-TV du foyer, l'installation stéréo de streaming avec quatre ou cinq haut-parleurs WIFI, l'aspirateur robot et sa cousine la tondeuse, la balance personnelle de fitness, tous les appareils télépho-

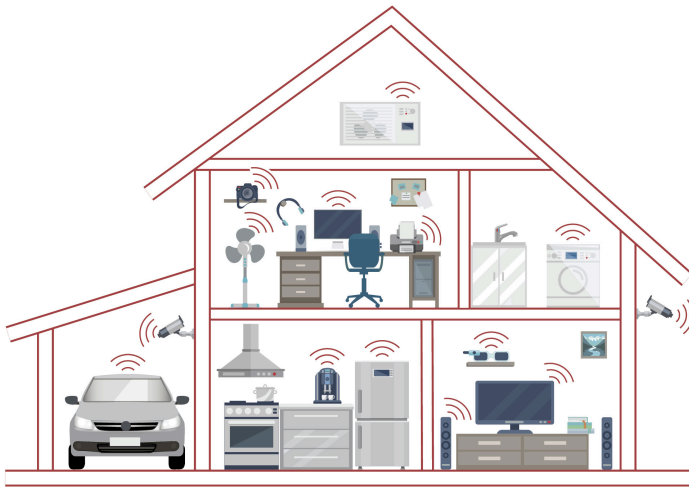


Illustration 2: La maison connectée

riques fixes, le système de stockage de données de la famille, l'Apple TV ou d'autres boîtiers décodeurs et, dans les foyers modernes, il n'est pas rare d'avoir la machine à laver et le sèche-linge, le lave-vaisselle, la machine à café ou un fameux réfrigérateur. Bon nombre de ces appareils peuvent d'ores et déjà être télécommandés par une appli ou à l'aide de l'interface d'un des systèmes domotiques à commande vocale.

Pourquoi l'infrastructure devrait être plus simple...

Bien avant la tendance à l'Internet des objets, beaucoup de fabricants de dispositifs électroniques de commande ont senti le filon et ont essayé de répondre aux désirs des propriétaires de maison avec comme résultat un amas chaotique de systèmes d'installations techniques des bâtiments «propriétaires» ce qui signifie qu'ils ne peuvent pas être connectés les uns aux autres. Pour pouvoir commander la

porte du garage, la caméra de surveillance de la porte de la maison et les stores solaires de la terrasse depuis la table basse de son salon, il fallait acheter tous les composants chez le même fabricant. Après cette décision unique, l'acheteur se retrouvait donc à la merci du fabricant pour ce qui touchait aux prix et à l'offre.

On a toujours eu des initiatives cherchant à définir des normes uniformes afin que les capteurs du fabricant A fonctionnent aussi avec les interrupteurs du fabricant B: la plupart de ces normes d'automatisation des bâtiments sont cependant aussi onéreuses qu'elles sont peu flexibles. Elles ne laissent aucune marge de manœuvre pour les applications dépassant le cadre des fonctions prévues à l'origine. La transmission de grandes quantités de données n'est notamment pas prévue. Il n'est donc pas possible de réaliser des applications audio et vidéo qui sont de plus en plus fréquentes. Mais ces systèmes étaient surtout conçus pour des appareils «stupides». La complexité, à savoir «l'intelligence» véritable, réside dans le réseau et ses commutations. Un téléphone analogique n'est par exemple rien de plus qu'un haut-parleur, un microphone et un émetteur d'impulsions. Sur les réseaux téléphoniques analogiques, ce sont les centrales qui effectuaient toutes les procédures complexes.

...et les appareils plus intelligents

Grâce au développement époustoufflant de la technique des processeurs et à la chute des prix qui en a résulté, il est aujourd'hui plus avantageux de concevoir soi-même des appareils intelligents («smart») et de les intégrer dans les réseaux informatiques existants. Un téléphone IP numérique actuel est un ordinateur comprenant un serveur Internet dont les fonctions complexes peuvent être à tout moment renouvelées et totalement reconfigurées.

Il en va de même pour la plupart des appareils électroménagers qui étaient équipés il y a encore des années d'unités de commande mécaniques complexes et étaient commandés par une certaine combinaison de touches. Cette tâche est aujourd'hui effectuée par de minus-

cules ordinateurs intégrés. Ces appareils peuvent être facilement dotés d'une capacité réseau: c'est intéressant pour les fabricants qui peuvent ainsi proposer la commande à distance et saisir statistiquement la consommation de leurs produits chez tous les clients connectés.

Le langage commun de tous ces appareils et ordinateurs est le protocole réseau TCP/IP sur lequel repose l'Internet et chaque réseau informatique typique dans tous les foyers privés. Afin que la machine à laver et le réfrigérateur puissent effectivement accepter des ordres et être utilisés à distance comme si l'on avait appuyé sur leurs boutons, le fabricant doit mettre à disposition une interface de programmation. Quoi qu'il en soit, la logique de commande complexe se trouve aujourd'hui directement dans les appareils.

Le centre de calcul «pense»

Ou peut-être pas encore? La virtualisation est une deuxième tendance générale de la numérisation. Les ressources, à savoir la puissance de calcul et la mémoire, ne sont plus directement mises à disposition dans l'appareil mais «obtenues» par le réseau. La reconnaissance vocale demande par exemple beaucoup de ressources de calcul. Les appareils cylindriques «Echo» d'Amazon ne contiennent pas de super-ordinateur reconnaissant les commandes vocales de l'utilisateur : au contraire, «Alexa» envoie les fichiers vocaux enregistrés depuis le salon vers un centre de calcul d'Amazon où ils sont évalués avec renvoi de la réponse à Alexa à la maison. Il en va de même pour les prestations de reconnaissance vocale de Google.

Mais l'effet reste le même pour nous autres utilisateurs lorsque nous manipulons le système: on ne voit pas si l'appareil est intelligent et nous comprend ou s'il se procure cette fonction ailleurs grâce à la mise en réseau.

Architecture – réseaux et capteurs

Dans les années 20 du siècle dernier, le téléphone s'est établi dans les métropoles économiques des États-Unis. On avait cependant parfois jusqu'à une douzaine de téléphones sur les tables des dames du vestibule. Les sociétés téléphoniques se livraient une dure concurrence et se gardaient bien de permettre l'accès aux autres abonnés des autres réseaux. Si l'on voulait être sûr de pouvoir joindre chaque abonné, il fallait s'abonner à tous les services et savoir qui il était possible de trouver sur quel réseau.

Comment l'« Inter » s'est retrouvé dans le réseau

De tels efforts des opérateurs sont une conséquence logique de l'économie de marché. Le but de la concurrence est d'évincer les concurrents de son propre marché par une délimitation technique. Tandis que cela restreint seulement la liberté du choix des consommateurs dans le cas des capsules de café, des cartouches d'encre ou des programmes logi-

ciels, un manque d'interconnexion dans les réseaux contredit cependant directement le but d'origine qui est de connecter le plus grand nombre possible de points finaux.

C'est la raison pour laquelle le législatif réglemente cet aspect essentiel et les autres éléments clés du développement social. C'est toujours le cas lorsque les fournisseurs ne parviennent pas au préalable à se mettre d'accord sur des normes afin de prévenir les interventions étatiques.

L'Internet n'est le fruit d'aucune de ces deux procédures. Comme tant d'autres développements de base coûteux, il est d'origine militaire. Dans les années soixante, le ministère de la défense américain a reconnu la nécessité d'un réseau de communication impossible à interrompre. Le précurseur de l'Internet Arpanet était conçu de façon à connecter tous les points finaux encore opérationnels lorsque des parties importantes du réseau sont désactivées ou détruites. C'est précisément ce que l'on attendait en cas de guerre nucléaire: l'impulsion électromagnétique des explosions nucléaires devait paralyser les systèmes électroniques de région complètes. L'Internet devait garantir l'interconnexion de tous les éléments du réseau fonctionnels.

Ouvert pour tous

La solution résidait dans deux principes. Lors du développement de l'Internet on a d'une part séparé de manière stricte l'architecture de l'usage préconisé. Contrairement au réseau téléphonique qui était par exemple optimisé pour la transmission de sons et qui pouvait difficilement être utilisé à d'autres fins, l'Internet n'est pas axé sur une application concrète mais sur la transmission de données. Et ce indépendamment du type de données et de l'usage préconisé au point de sortie et final de la connexion.

Cela fonctionne parce que les informations numérisées sont toujours constituées des mêmes éléments de base: des bits (1 ou 0) et des octets (caractères constitués de huit bits). Cela ne signifie cependant pas que le contenu d'un fichier peut être compris par n'importe quel logiciel.

Une photo numérique est inutilisable pour le programme musical et ne peut même plus être interprétée par un programme de retouche photo d'un fabricant tiers dans de nombreux cas.

Cela n'a aucune importance pour les protocoles de transfert du réseau informatique. Ils décomposent chaque fichier en petits paquets uniformes et les envoient vers l'ordinateur cible.

C'est là qu'intervient le deuxième principe qui constitue l'Internet qui a fait de ses protocoles le système ayant le plus réussi pour les réseaux informatiques. Chaque paquet recherche pour ainsi dire tout seul son chemin sur le réseau. En simplifiant beaucoup, une adresse et un expéditeur sont tamponnés sur chaque paquet. Il est transmis au point nodal suivant du réseau qui, à son tour, le transmet au voisin suivant en direction de la destination. Si ce voisin ne confirme pas la réception et la transmission, il essaie le point nodal du voisin adapté suivant. Lors de la livraison de cinq paquets de Genève vers Saint-Gall, il est possible que trois passent par Berne, un par Bâle et un par Milan. Cela n'a aucune importance tant que les paquets sont transmis à peu près à la même vitesse, qu'ils arrivent tous et qu'il soit ainsi possible de reconstituer le fichier complet.

C'est le tandem «TCP» / «IP» connu dans le monde entier qui a pour mission de garantir cette procédure. Le duo «Transmission Control Protocol» et «Internet Protocol» constitue le fondement de «l'architecture des couches» («couches OSI», voir illustration) pour les protocoles réseau. L'adresse Internet ou IP est l'élément primordial devant être affecté à chaque objet et appareil du réseau afin que l'on puisse s'adresser à lui depuis n'importe quel autre point.

Mais qu'est-ce que cela signifie ? Cela signifie que l'Internet offre une sécurité de livraison des données extrêmement élevée et que ces données peuvent être tout ce que l'on peut exprimer à l'aide de bits et d'octets.

On pourrait dire que l'Internet est un réseau de données ramifié à très vaste échelle pour les paquets de données. Sur cette autoroute de don-

nées évoquée à maintes reprises, de plus en plus de coursiers robotisés transportent des informations entre les machines dans l'Internet des objets.

Le WWW n'est qu'une application

En principe, chaque éditeur logiciel ou chaque entreprise peut inventer son propre système pour utiliser le réseau de données. Le transport est réglementé et les adresses sont localisées mais le contenu des paquets et l'usage de ces paquets sont entièrement ouverts.

Mais l'intérêt de tels systèmes est beaucoup plus important lorsque tous les participants tombent d'accord sur une méthode permettant aussi l'échange mutuel. Dans le cas du réseau téléphonique, ce furent la simplification du système de numérotation et la mise en réseau de tous les réseaux au sein de l'interconnectivité.

Un réseau informatique désigne des accords entre tous les participants joignables par le biais d'une adresse IP pour une application d'utilisation générale. Ces accords ou normes sont appelés «protocoles». Ils existent par exemple pour l'envoi d'e-mails (SMTP, POP, IMAP), les requêtes temporelles (NTP) ou l'envoi de fichiers hypertextes: HTTP – Hypertext Transfer Protocol.

Vous connaissez certainement ce principe avec la ligne d'adresse de votre navigateur. Il est également parfait pour montrer que le World Wide Web n'est rien d'autre qu'une application parmi tant d'autres reposant sur l'infrastructure de base de l'Internet avec le TCP/IP. L'URL («Uniform Resource Locator») facile à retenir comme «Schuhe.ch» et autres ne sont rien d'autre que des suppléments pour des adresses IP numériques que nous ne pouvons pas bien retenir en tant qu'humains.

Et où sont les objets ?

Il n'est pas possible de répondre précisément à la question demandant ce qu'est l'Internet des objets car il est constitué de nombreux compo-







7 ^e couche		Application	Fonctions pour les applications ainsi que pour la saisie et sortie des données.
6 ^e couche		Représentation	Conversion des données dépendant du système en un format indépendant.
5 ^e couche		Session	Pilotage des connexions et de l'échange de données.
4 ^e couche		Transport	Affectation des paquets de données à une application.
3 ^e couche		Transmission	Routage des paquets de données vers le nœud suivant.
2 ^e couche		Sécurisation	Segmentation des paquets en Frames et ajout de numéros de contrôle.
1 ^{re} couche	10010110 00111010 110101001	Transmission des bits	Conversion des bits en un signal adapté au support et transmission physique.

Illustration 3: Le principe des couches OSI

sants individuels. Il n'est pas composé que des appareils accessibles par adresse IP mais est aussi constitué par des sous-réseaux, des protocoles et des applications que nous ne connaissons pas encore actuellement. En effet, l'Internet des objets enregistre une croissance éclair et la Suisse est en tête de peloton: selon l'Organisation pour la sécurité et la coopération, on compte déjà 29 objets connectés pour 100 habitants. L'IoT n'est développé davantage qu'en Corée (37.9) et au Danemark (32).

Vous utilisez l'Internet des objets pour allumer le chauffage dans votre maison sur le chemin du retour des vacances. Cela se fait probablement par une appli installée sur le téléphone portable qui se connecte par Internet au routeur du domicile et qui, sur le réseau local, se connecte à l'installation domotique chargée de réceptionner et de mettre en œuvre les ordres. Vous l'utilisez aussi lorsque vous réglez le chauffage de votre maison avec la reconnaissance vocale Echo d'Amazon. «Echo» enregistre votre voix, envoie le fichier par Internet à Amazon à l'aide du routeur. Le fichier est converti en texte dans le centre

de calcul et est renvoyé chez vous à «Alexa» qui transmet l'ordre à la commande de votre chauffage sur votre réseau local.

Quand on y regarde de plus près, on voit que les données quittent votre réseau privé, sont transmises à Amazon sur son réseau et à son centre de calcul par l'Internet plus ou moins public, y sont traitées puis sont renvoyées à votre routeur puis à «Alexa» qui les transmet au système domotique qui peut avoir sa propre norme radio. Le flux de données passe ainsi par trois réseaux et plusieurs standards.

On aura de plus en plus de tels procédés car l'industrie, les autorités et les autres organisations vont de plus en plus construire en se basant sur les données des capteurs et appareils en réseau. L'Internet des objets est donc un réseau des réseaux regroupés par l'autoroute des données Internet.

Cela demande de nouveaux accords, des points de transfert et des protocoles de sécurité. Les interfaces entre les réseaux et les applications constituent en effet toujours un risque: on peut en abuser. Une personne non habilitée peut accéder à un réseau interne. On peut aussi avoir des pannes et des interruptions du flux de données. La fiabilité des transitions, un composant systémique du protocole de transport sur Internet, est un thème tout aussi important que la sécurisation des points nodaux contre les accès non autorisés.

L'IoT pose de nouveaux défis pour l'architecture de tous les autres réseaux: c'est le plus grand mouvement d'intégration technique que le monde n'ait jamais connu. Et il doit fonctionner de manière fiable au-delà de toutes les barrières et frontières. Cela revêt au plus tard une grande importance quand ce ne sont plus principalement des idées mais des données de capteur sensibles et des commandes vitales qui sont transmises sur le réseau. L'Internet des objets a donc besoin de ses propres normes et définitions de sécurité pour l'architecture, la transmission des données aux passerelles, l'identification des appareils et applications, l'intégration des différents réseaux et pour finir pour le dépistage des irrégularités.

La lutte des normes a commencé

Nous n'en sommes qu'aux balbutiements: des associations sectorielles et de spécialistes comme l'Institute of Electrical and Electronics Engineers essaient de définir des normes pour les exigences à l'égard des futurs points nodaux et protocoles.

Une chose est claire: l'Internet des objets relie tout ce qui existe déjà actuellement – et plein d'autres choses qui vont encore arriver: outre l'infrastructure actuelle constituée par les réseaux TV câblés, les connexions téléphoniques, en fibre optique, par satellite ou les normes de téléphonie mobile, on a aussi les WLAN, les connexions Bluetooth et des réseaux IoT spéciaux comme le Low Power Network conçu pour les zones urbaines.

La base globale sera un principe pour lequel les développeurs du tandem TCP/IP de Vint Cerf ont posé la pierre angulaire il y a près de cinquante ans: la séparation radicale de l'infrastructure et de l'application. Il en ressort un autre principe qui est actuellement débattu sur la scène politique à savoir la neutralité des réseaux. La neutralité des réseaux veut que tous les paquets de données soient traités exactement de la même façon sur tous les réseaux indépendamment de ce qu'ils transportent ou du propriétaire du réseau utilisé pour leur transmission.

Ce principe a revêtu une valeur inestimable lors du développement de l'Internet car tous ceux qui avaient des connaissances techniques pouvaient développer un protocole (donc une application pour des données) et être sûrs que leurs données soient traitées de la même manière que les autres sur le réseau. Cela a fonctionné parce qu'on est parti du principe que les coûts de l'infrastructure seraient répartis à peu près à parts égales entre tous ceux en profitant.

Aujourd'hui, la réponse à cette question n'est plus aussi simple. Les opérateurs réseau ont commencé à argumenter avec des quantités de données comme par exemple celles envoyées par un fournisseur de vidéos comme Netflix, créant à cette occasion un modèle commercial

reposant en grande partie sur la disponibilité de connexions de données rapides chez les clients. Des voix se sont donc élevées pour définir une priorité de passage des paquets de données: selon la participation aux frais des expéditeurs / destinataires. Selon ce principe, Netflix pourrait donc par exemple «acheter» la livraison de ses données sur la voie rapide tandis que d'autres fournisseurs de streaming vidéo ou les vidéos YouTube des opérateurs réseau seraient désavantagés avec une livraison plus lente de leurs données. Cette discussion revêt aussi un nouvel aspect avec l'Internet des objets.

Intelligence artificielle

Le 9 janvier 2007, les perspectives pour l'Internet des objets sont devenues réalistes d'un seul coup: Apple a présenté l'iPhone. En quelques années, la marche triomphale des téléphones intelligents a propulsé le monde dans l'ère numérique de l'informatique ubiquitaire («Ubiquitous Computing»). La vision de Mark Weiser est devenue réalité avec aujourd'hui près de 2.5 milliards d'utilisateurs de téléphones intelligents dans le monde entier.

Nul ne sait comment les logiciels apprennent

Plus que cela: cette vision a été dépassée. Ces ordinateurs puissants que nous transportons tous dans notre poche sont aussi des postes d'écoute connectés. Des capteurs d'emplacement, de position, de température, de bruit, de lumière et de mouvement fournissent des flux de données sans fin et permettent donc d'analyser des quantités de données jamais rencontrées jusqu'à présent.

Ce qui est paradoxal: le plus grand intérêt de ces capteurs réside dans la somme des données mesurées et non dans les informations ponctuelles fournies à l'individu propriétaire d'un téléphone intelligent.

Où consultez-vous chaque jour les coordonnées de positionnement de votre téléphone portable? Vous savez au mètre près où il se trouve. Maintenant, grâce au capteur intelligent situé dans votre poche, tous les autres le savent aussi et peuvent contourner l'embouteillage dans lequel vous vous trouvez.

En d'autres termes: ce qui est moyennement utile pour l'individu offre des perspectives qui ne pouvaient pas être obtenues ou qu'avec d'énormes efforts grâce à la perspective du tout.

Plus on a de données de mesure et plus leur densité temporelle est élevée et plus les schémas, processus et tenants et aboutissants se dessineront clairement. On parle donc depuis des années de mégadonnées («Big Data»). Ce concept désigne la valeur des conclusions que l'on peut tirer de gigantesques quantités de données et de leur analyse. Peu importe qu'il s'agisse de la valeur géologique en prospection pétrolière, des données des clients d'un grand distributeur ou des données météorologiques de tout un continent.

Comment évoluent les flux de trafic? Comment les maladies se propagent-elles? Ce ne sont que les données de base permettant de réaliser des analyses en temps réel beaucoup plus complexes à l'aide de combinaisons voire de faire des prédictions.

Si, en plus, tous les objets participants communiquent les uns avec les autres sur le réseau, des systèmes de routage pourraient éliminer les embouteillages du trafic et réduire radicalement la consommation de carburant. On pourrait lutter efficacement contre les épidémies, perfectionner les systèmes de production et la logistique et optimiser les rendements des récoltes agricoles.

Les programmes s'écrivent tout seul

L'Internet des objets fait augmenter le flux de données de manière exponentielle. Un seul vol d'un Boeing 737 entre la côte est et la côte ouest des États-Unis produit 120 téraoctets de données. Des milliers d'avions parcourent ce trajet – chaque jour. L'analyse de telles quan-

tités d'informations représente aussi un défi pour les ordinateurs. Les planificateurs des transports et économistes mais aussi les médecins, sociologues et autres scientifiques espèrent ainsi faire de toutes nouvelles découvertes en exploitant cet énorme chaos de chiffres qui permet d'ores et déjà aujourd'hui de prélever des données en temps réel en tout genre presque à vaste échelle.

Il n'y a qu'un hic: les ordinateurs peuvent comparer les données, calculer les valeurs de pointe et les moyennes et enregistrer des courbes. Mais ils ne sont pas en mesure d'interpréter ce qui est inconnu voire de le mettre en contexte ou de l'expliquer.

Toutefois pas encore mais ils devraient apprendre à le faire. L'intelligence artificielle, abrégée AI en anglais, est considérée comme la clé de la prochaine étape du savoir. Pour simplifier grandement les choses, on espère pouvoir fournir des informations non structurées à des ordinateurs «intelligents» sans autres instructions et obtenir de leur part des déclarations qualitatives autonomes déduites des informations fournies.

On ne sait pas encore clairement si les processeurs peuvent offrir la puissance du cerveau humain: nous ne traitons pas que des données mathématiques patentes. Nous apprenons en permanence, nous nous adaptons aussi et nous laissons guider par nos émotions ce que l'on appelle «l'intuition». Les machines de calcul ne sont pas en mesure de le faire, selon l'avis courant actuel. Elles gagnent seulement aux échecs où le fait de calculer un nombre gigantesque de possibilités offre un avantage.

Les joueurs de poker sont-ils intelligents ?

Les scientifiques ont récemment apporté la preuve du contraire avec un autre jeu: pour la première fois, les ordinateurs battent les humains au poker. Mais le succès repose en grande partie sur une adresse tactique et sur la déception de l'adversaire par un «bluff». Les ordinateurs peuvent de toute évidence apprendre ce comportement.

Quand on se demande qui doit leur apprendre de telles choses, la réponse est: eux-mêmes. Sinon, tout cela n'est pas possible: un programme informatique est constitué d'une série d'instructions et de critères définis – nul ne peut programmer toutes les possibilités en commandes adaptées. L'ordinateur ne peut apprendre que lorsqu'il est capable d'adapter les critères en cours de programme et d'élargir les instructions.

C'est précisément ce qui se passe dans le cadre du «Deep Learning» dans les réseaux neuronaux artificiels. Les ordinateurs sont équipés d'un algorithme d'apprentissage puis alimentés avec d'importantes quantités de données, deux millions de représentations et des descriptions d'une chaise par exemple. À la fin du processus, l'ordinateur peut reconnaître une chaise même s'il n'a pas encore «vu» de photo de ce modèle – et identifier qu'une table n'est «pas une chaise» alors qu'elle présente aussi quatre pieds et une surface. On ne sait pas clairement quels critères il applique pour ce faire. Le logiciel les a lui-même définis. Le programme s'est écrit lui-même.

Les réseaux neuronaux ne sont pas nouveaux en technique informatique. Mais les succès en matière d'intelligence artificielle dont nous profitons déjà au quotidien, de la reconnaissance vocale comme Alexa ou Siri aux voitures autonomes n'ont été possibles que très récemment. L'augmentation exponentielle de la puissance de calcul ne constituait qu'une des conditions à remplir pour ce faire. Une autre condition était la disponibilité des quantités de données pour l'entraînement des réseaux. Ce saut quantique est si important que les experts parlent «d'explosion cambrienne des espèces» pour l'intelligence artificielle en faisant allusion à l'apparition soudaine de toutes les espèces supérieures il y a environ 500 millions d'années.

Peut-être que cette image s'applique aussi dans un autre sens. On pourrait dire que les appareils qui ont précédé les téléphones intelligents étaient les dinosaures de la numérisation.



Illustration 4 : Comment les réseaux neuronaux apprennent à reconnaître des chaises et à les distinguer des tables

Siri et Alexa vivent dans le centre de calcul

Cela ne fait pas encore du téléphone intelligent l'espère supérieure car on ne trouve dans les faits que relativement peu d'intelligence dans un iPhone. Tout comme la machine pensante des appareils Android, le cerveau de Siri se trouve toujours dans le centre de calcul : sans connexion Internet, elle n'est plus si intelligente.

Cela devrait cependant changer dans un avenir proche. Si les appareils étaient un jour connectés tout en devenant intelligents, le concept d'assistant numérique utilisé au cours du siècle dernier pour les premiers agendas et répertoires d'adresses revêtirait une nouvelle dimension.

Commerce de détail et mobilité

Venetian-Hotel, Las Vegas, printemps 2008: à côté du coin salon de la suite Junior se trouve sur la crédence une série de petites boîtes garnies d'encas à grignoter: des noix, des oursins gélifiés et des dragées en chocolat. Dès que le client sort une des boîtes de son emplacement, le prix de la boîte en question est débité sur la facture de la chambre consultable sur le système télé de l'hôtel. Si le client repose la boîte pleine, le montant disparaît de sa facture. Une commande par capteurs permet à l'hôtel non seulement de réduire au minimum les pertes liées aux encas non payés mais de régler aussi automatiquement les réapprovisionnements.

Seattle, Washington, décembre 2016: Amazon ouvre un magasin pour les denrées alimentaires et les biens de tous les jours. Ce n'est pas seulement remarquable parce que ce géant du commerce a gagné ses lettres de noblesse avec la vente en ligne de livres et de CD. Le premier supermarché réel d'Amazon se distingue de tous les autres par un point essentiel: il ne comprend ni caisse ni caissière. Les clients pénètrent dans le magasin, s'enregistrent au scanner situé à l'entrée à

l'aide d'une appli à code-barres installée sur leur téléphone portable, vont chercher ce dont ils ont besoin et sortent du magasin.

Le magasin Amazon n'a pas de caisses enregistreuses

Amazon a poussé jusqu'au bout l'idée de l'auto-enregistrement sous l'appellation «You just walk out» (vous sortez tout simplement). Dans les magasins «Amazon Go», les achats ne sont pas enregistrés qu'à la sortie, ils sont actualisés en permanence dans un panier virtuel. Les produits pris des étagères y apparaissent comme par magie. Et ce qui est reposé disparaît. Lorsque le client quitte le magasin, la facture totale est directement débitée sur son compte Amazon avec la carte de crédit enregistrée.

Ce n'est pas du tout éloigné de ce que les grands distributeurs proposent en Suisse avec des caisses de Self-Scanning ou des scanners portables. Les conditions sont remplies grâce au code produit électronique EPC omniprésent, le code-barres présent sur chaque emballage.

L'avantage des Go-Shops d'Amazon pour les clients est évident. Ils économisent du temps sans devoir travailler en plus en contrepartie. La technologie régleme tout. Amazon ne divulgue pas comment cela se fait dans le détail; quoi qu'il en soit, la technologie est beaucoup plus complexe que la simple lecture de tags RFID. Cette technologie reposant sur des puces sans batterie pouvant être lues par des lecteurs par tension inductive à une distance suffisante se serait avérée trop onéreuse pour les gros distributeurs américains lors de tentatives préalables.

C'est la raison pour laquelle, selon les magazines spécialisés, on met maintenant davantage l'accent sur les «étagères intelligentes» qui reconnaissent la marchandise proposée et gèrent sa quantité et son état (date de péremption) en temps réel. L'inventaire permanent permet de ne jamais rater le réapprovisionnement et aide le magasin à éviter les pertes liées aux manques dans l'offre.

Les étagères «sentent» non seulement les marchandises mais aussi les clients. Le projet «Shelf Edge» (bord d'étagère) d'Intel-Labs établit un lien entre le téléphone intelligent des clients qui s'approchent et un affichage situé près du produit. D'une certaine manière, le client «dialogue» avec les produits. De son côté, le «iBeacon» d'Apple est un système de détermination de la micro-position sur la base du Bluetooth. Le magasin peut ainsi soumettre automatiquement une offre spéciale au client qui s'attarde longtemps devant les fraises, une offre qui n'existerait que pour lui.

Les compagnies aériennes utilisent déjà aujourd'hui des processus similaires de tarification dynamique des prix pour la vente en ligne de billets. Selon l'équipement avec lequel le client effectue une recherche (Macbook onéreux ou ordinateur à bas prix) et sur la base d'autres signaux comme les sites Internet visités au préalable et la durée de consultation des différentes offres, les prix sont adaptés en permanence.

Le commerce de détail constitue le grand exemple de réussite au quotidien de l'Internet des objets. La mobilité est le deuxième. C'est là que résident les espoirs d'une augmentation générale de l'efficacité qui pourrait sauver le transport individuel de l'effondrement. Le moyen pour y parvenir: les véhicules autonomes.

Les voitures connectées sont les meilleurs conducteurs

Le concept induit en erreur dans la mesure où les voitures s'émanicipent certes du conducteur mais où elles sont encore plus intégrées par ailleurs. On peut voir ces véhicules comme des pico-réseaux d'objets: un assemblage de capteurs, processeurs et logiciels. Ce regroupement technologique s'organise tout seul au sein des paramètres du tronçon allant de A à B en fonction des paramètres de sécurité généraux comme la distance par rapport à la voiture précédente et le code de la route. Ce regroupement devient en plus un participant

du réseau plus important constitué par les véhicules, les systèmes de gestion du trafic et les services routiers.

On ne voit pas clairement au premier abord comment on peut ainsi éviter les embouteillages et économiser du carburant. Ce n'est pas seulement lié au fait que les ordinateurs sont les meilleurs conducteurs parce qu'ils ne fatiguent pas ou parce qu'ils sont capables de maintenir une distance constante avec le véhicule de devant. Le fait est qu'ils coopèrent de manière optimale (et avec bonne volonté) avec les autres usagers du trafic contrairement aux humains frustrés, agressifs ou qui se surestiment.



Illustration 5 : Voitures connectées, planification d'itinéraires avec prévision de l'affluence du trafic

La mise en réseau joue un rôle dans ces deux dimensions. Le premier aspect est le choix de l'itinéraire. Si chaque voiture «sait» en temps réel ou mieux encore à l'avance quand toutes les autres vont rouler, il est

possible d'éviter les embouteillages par une concertation sur les itinéraires et tronçons et d'utiliser au mieux les capacités.

Par ailleurs, si les véhicules se connectent les uns aux autres sur la route, ils peuvent rouler plus près les uns des autres, former des convois, éviter les manœuvres d'accélération et de freinage brusques et gagner ainsi du temps et de l'énergie. Selon les nouveaux résultats des recherches, un seul véhicule commandé par ordinateur réduit très rapidement un embouteillage fantôme (dans la simulation de giratoires) et le fait disparaître. YouTube regorge d'exemples illustrant l'efficacité de l'avertisseur de collision des voitures électriques Tesla: leurs systèmes de radars décèlent une situation dangereuse plusieurs secondes avant le conducteur humain et induisent automatiquement une manœuvre de freinage et d'évitement.

Pour l'objectif beaucoup plus simple d'éviter les surcharges de trafic, la mise en réseau des véhicules semble idéale même si l'idée d'être bientôt promené dans la campagne par des ordinateurs en guise de chauffeurs demande encore actuellement une certaine habitude. Les politiciens ont reconnu ces opportunités et créent les bases légales requises à toute vitesse.

Il nous est difficile de nous imaginer à quel point ces changements induits par ce seul pas en avant vers un avenir interconnecté vont être radicaux. La voiture qui constitue actuellement encore le tout premier symbole de statut dans la société industrielle va devenir un moyen de transport échangeable: on suppose que de nombreux modèles commerciaux vont sombrer pour céder la place à de nouveaux modèles. C'était évident depuis longtemps: des futurologues comme Alvin Toffler ou Danielle Bell avaient déjà prédit que la société post-industrielle allait passer du commerce de biens de consommation aux prestations d'information et de service il y a des décennies.

La mobilité, une marchandise

De grandes marques comme BMW ont su lire entretemps les signes du temps. Le groupe munichois a axé son schéma directeur sur le fait que

les véhicules ne seront bientôt plus qu'un moyen pour atteindre un objectif et mise sur des stratégies lui permettant de devenir un fournisseur général de mobilité; le fondateur de Tesla Elon Musk n'a jamais caché le fait que son usine de voitures électriques, toujours déficitaire, n'a pas pour vocation de vendre le plus grand nombre possible de véhicules mais de transformer la gestion de l'énergie et de la mobilité.

La Suisse fait office de précurseur dans le cadre de ce mouvement: l'entreprise helvétique de covoiturage «Mobility» surfe sur la vague du succès depuis quatre décennies et a servi de modèle à de nombreuses autres organisations (comme ZipCars aux États-Unis). Son entreprise la plus récente, Catch-A-Car, lancée à Bâle et à Genève, utilise les possibilités techniques pour permettre une location délocalisée des voitures. Les Catch Cars peuvent être réservées à n'importe quel endroit de la ville, être utilisées et être garées à destination où elles peuvent être ouvertes et utilisées par l'utilisateur suivant équipé d'une carte à puce. On paie le temps d'utilisation en minutes; quand une quantité critique de véhicules est disponible, la disponibilité permanente est rapidement atteinte.

Les Catch Cars sont en fin de compte des objets mobiles connectés plus ou moins intelligents dont l'utilisation peut être optimisée par la localisation en temps réel et une télémétrie sans faille de façon à faire baisser le prix. Grâce au téléphone intelligent présent dans la poche de chaque client potentiel, ce dernier peut être dirigé vers le véhicule le plus proche. De son côté, la centrale connaît l'emplacement, l'état technique et le niveau de la jauge d'essence du réservoir de chaque véhicule. La mise en réseau réduit fortement les frais d'administration.

Même dans le trafic aérien où les véhicules ne sont plus achetés depuis longtemps déjà mais loués en leasing, l'Internet des objets et les possibilités élargies de la télémétrie entraînent des changements radicaux. Le fabricant de moteurs Rolls-Royce ne vend par exemple plus les groupes moteurs mais leur puissance en poussée par heure («PBH», Power by the Hour). La compagnie aérienne n'a ainsi plus à s'occuper de la maintenance des pièces de la machine et le fabricant peut optimiser l'utilisation.

Industrie 4.0 et agriculture de précision

Difficile de trouver une application illustrant mieux l'actuelle révolution industrielle que l'impression 3D.

Ce concept à la mode se rapporte à la désignation collective plus sérieuse de «fabrication additive» qui comprend tous les procédés où une pièce à usiner est construite par un ajout de couches de matières premières.

Sur le plan théorique, la poterie en fait également partie puisque on applique une couche d'argile sur la précédente tout en modelant la forme. L'impression 3D fonctionne presque pareil. Le matériau est appliqué par couche sur la couche précédente et rattachée à cette dernière.

Par rapport aux anciens procédés assistés par ordinateur (fraiseuse CNC, etc.), l'impression 3D rapproche beaucoup plus le monde virtuel et réel. Une seule étape de travail suffit pour produire un objet réel à l'aide d'un modèle 3D très complexe avec des cavités fermées et des

pièces mobiles. Il ne s'agit pas seulement de pièces en plastique. Le procédé de frittage laser permet aujourd'hui «d'imprimer» des objets en métal très dur. Les imprimantes 3D ciment arrivent dans l'industrie du bâtiment. De taille gigantesque, elles permettent «d'imprimer» des maisons entières à partir de ciment renforcé de fibre de verre.

Un mécanisme produit par l'imprimante

Ce qu'il y a de nouveau ici est en premier lieu la communication directe des machines de design avec les machines de production. Les fichiers d'un programme de conception assistée par ordinateur sont directement transmis à une imprimante, convertis en étapes de production adaptées et produits. Au lieu que des gens calculent des choses sur des ordinateurs et impriment des plans que d'autres réalisent avec des machines, les ordinateurs sont directement raccordés aux machines. Le réseau devient une grande machine qui apprend. Il ne se contente pas de commander une étape de travail mais contrôle toute la production, la chaîne d'approvisionnement et la maintenance.

Cette vision est entretemps devenue un mot clé avec le concept à la mode «Industrie 4.0», qui désigne la 4e révolution industrielle : après la mécanisation à l'aide des machines à vapeur, la production de masse par chaîne de montage et l'électrification et la numérisation, on passe maintenant à l'intégration des mondes numérique et réel.

La voie ferrée auto-guérisante

En Suède, le système de maintenance de l'administration chargée des transports Trafikverket reconnaît la surchauffe des roulements de roue, l'usure des garnitures de frein ou d'autres signes d'érosion mécanique sur les wagons qui passent dans un vacarme assourdissant à plus de trois cents emplacements du réseau routier. À chaque point de lecture, un réseau de capteurs recense les données du véhicule RFID. Les informations sont transmises à un ordinateur central qui retire le véhicule de la circulation selon ce qui a été trouvé par l'administration

des wagons et l'inscrit automatiquement pour une inspection ou une réparation.

Lors de ce processus, de multiples éléments de base de l'Internet des objets collaborent: les capteurs devant fonctionner par -20 et +40 degrés Celsius; le LAN radio sur les voies ferrées collectant les données des capteurs et les envoyant à l'ordinateur central par les câbles en fibre optique et l'Internet; le logiciel qui apprend à reconnaître les alarmes erronées et les capteurs défectueux et toute une série de technologies pour la communication entre machines.

M2M est l'étape suivante vers l'Industrie 4.0. Dans de nombreuses étapes du processus, l'homme constitue une rupture du système qui se contente de transmettre les données d'un ordinateur à une machine. Il est ainsi libéré pour effectuer des activités plus créatives. Les machines ne traitent pas qu'une partie du processus de production mais influencent toute la fabrication en concertation mutuelle.

La fabrique qui s'optimise elle-même

Un document de l'Organisation pour la sécurité et la coopération décrit de la manière suivante le déroulement d'un processus de production dans un avenir proche:

Un groupe de concepteurs a développé un nouvel appareil. Ils montrent des prototypes à des revendeurs potentiels à l'aide d'une imprimante et sont pris sous contrat par un revendeur outre-mer. Le design, les plans de conditionnement et la liste des composants sont maintenant chargés sur une place du marché en ligne pour que les fabricants puissent soumettre des offres de production. Le fabricant proposant la meilleure offre reçoit le contrat. Il simule le processus de fabrication à l'aide de la puissance de calcul de l'infonuagique (Cloud Computing). Des algorithmes capables d'apprendre déterminent la combinaison la plus efficace de robots et d'outils à partir de différentes simulations. Les composants et les données sont transmis à la fabrique. Les robots de la ligne de production se reconfigurent à l'aide des données fournies; les robots de transport apportent les

composants dans la halle jusqu'au bon poste de travail et les robots assemblent les pièces. Une fois la pièce terminée, des algorithmes capables d'apprendre comparent la simulation d'origine du processus avec le processus de fabrication effectif et effectuent des améliorations.

Les produits sont emballés par les robots et amenés aux points de vente par des véhicules autonomes. Si les ventes augmentent, les concepteurs cherchent d'autres acheteurs et répètent la même procédure dans une autre région du monde. Si le centre de fabrication a rempli sa mission, les robots se réorganisent et installent les outils pour le prochain mandat.

John Deere, le Google de l'agriculture

Les exploitants agricoles suisses ont leur Hürlimann et les fermiers américains leur tracteur John Deere. Mais c'est là où s'arrêtent les parallèles. L'entreprise américaine est presque deux fois plus âgée (fondée en 1837) que la société suisse (1929). De plus, John Deere est devenu un géant des prestations agricoles en plus d'un constructeur de machines.

Cela fait longtemps que l'on travaille avec les mégadonnées (Big Data) dans les champs et non plus en se pliant aux caprices de la nature ou en laissant jouer le hasard. Tout a commencé avec le «Yield Mapping» permettant de cartographier précisément le rendement au mètre près grâce au GPS. Aujourd'hui, des capteurs et des caméras enregistrent bien plus que la croissance de la semence plantée. L'humidité, la teneur en nutriments et la présence des nuisibles sont représentées en temps réel et traitées voire combattues au centimètre près.

De plus en plus de jeunes entreprises (startup) se lancent dans ce domaine d'activité, se faufilant entre les géants comme John Deere. C'est par exemple le cas de Gamaya, une spin-off de l'EPF de Lausanne, qui produit des drones équipés de caméras hyperspectrales capables d'enregistrer depuis les airs différents indicateurs sur l'état de la plan-

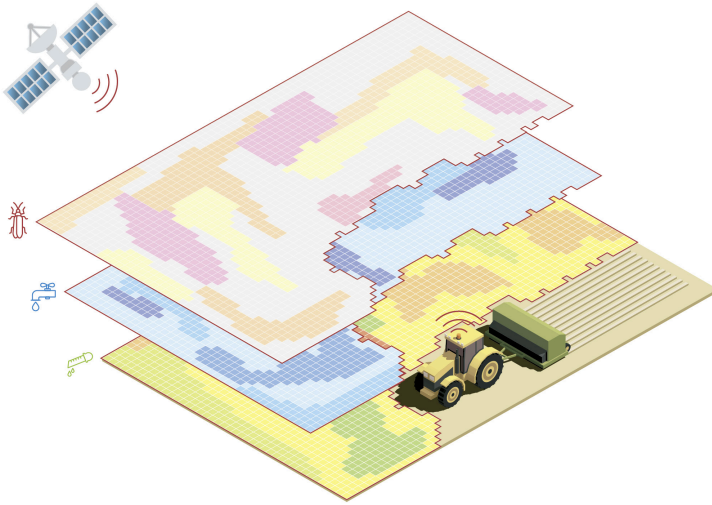


Illustration 6: Cartographie du rendement (Yield Mapping)

tation très rapidement et précisément à l'aide de la réflexion de la lumière. Ce système doit notamment être utilisé prochainement sur les gigantesques terrains cultivés en Amérique du Sud.

La technologie et l'agriculture de précision ne font pas seulement le jeu de l'industrialisation: depuis des années, les exploitants agricoles suisses peuvent envoyer à des services centraux les coordonnées GPS de leurs champs de maïs afin d'être programmés en juin dans l'itinéraire d'un vol de drone programmé qui largue des larves d'ichneumon pour lutter biologiquement contre les pyrales du maïs. Avant de faucher les champs, les caméras infrarouge portées par des drones localisent les chevreuils cachés et les autres petits animaux, leur permettant ainsi d'échapper à un sort funeste.

Aux États-Unis, tout revêt un autre ordre de grandeur: avec «My John Deere», John Deere est un peu le fournisseur d'infonuagique (Cloud Computing) des exploitants agricoles. Ses machines agricoles fonc-

tionnent en grande partie de manière autonome et en interconnexion: les moissonneuses connectées par satellite et téléphonie mobile et radio et commandées par GPS traitent une surface quatre fois supérieure à ce que pourrait faire un exploitant agricole avec des machines traditionnelles pendant le même temps. Elles travaillent à deux centimètres près et sont équipées de capteurs et d'appareils d'analyse qui prélèvent des données sur la qualité du sol, l'humidité et la teneur en nutriments en plus du travail effectué.

Ces informations sont renvoyées à la vaste base de données de John Deere. Avec les données météorologiques et les données prélevées ultérieurement sur la récolte effective, on obtient un tableau précis de la fertilité et des possibilités de ces champs gigantesques, et ce au mètre carré près.

Il est ainsi possible d'optimiser la consommation d'engrais et de pesticides dans un ordre de grandeur totalement nouveau.

Outre les économies réalisées, on améliore aussi en même temps les rendements. Tout cela n'est imaginable qu'avec la mise en réseau des machines et l'automatisation croissante de l'échange d'informations en temps réel.

Le marché mondial de l'achat de machines agricoles de précision est estimé à près de 5 milliards de dollars en 2020 – avec un taux de croissance de 12 pour cent.

Risques et effets secondaires

Le 13 mai 2017, une fenêtre étrange s'est soudain superposée sur les indicateurs d'horaires de nombreux écrans d'affichage des gares allemandes: on pouvait y lire «Si tu veux décrypter tous tes fichiers, tu dois payer». Les chemins de fer avaient été piratés et leurs ordinateurs avaient été cryptés par le virus des extorqueurs «WannaCry» (tu veux pleurer).

Ce qui fit plutôt office de distraction en Allemagne menaça des vies en Angleterre. Des ordinateurs stockant des informations indispensables pour les médications et les patients y avaient été infectés en série par le virus. L'attaque avait été rendue possible car ces machines avaient été connectées d'une manière ou d'une autre à l'Internet public.

L'Internet des « Bad other Things » (zombies)

De tels cas font régulièrement douter des avantages de la société de l'information et ce à juste titre. Voici les trois plus grands doutes:

1. Cyber attaques
2. Surveillance
3. Perte de contrôle

Il s'agit d'effets secondaires que l'on rencontre avec chaque technologie transversale. Mais il ne faut pas sous-estimer les dangers. Cependant, étant donné qu'ils sont suffisamment connus, il est possible de prendre à temps des contre-mesures et de décider des réglementations afin de réduire les conséquences négatives.

Quoi qu'il en soit, les professionnels critiquent actuellement à tous les niveaux le fait que l'Internet des objets ait été négligé en termes de sécurité et ce dans le sillage de l'affaire Snowden qui aurait dû montrer à chaque utilisateur privé de gadgets informatiques leur vulnérabilité.

L'Israélien Gil Shwed, CEO de l'entreprise de sécurité Check Point, considère que les appareils de l'Internet des objets sont les «zones d'ombre de la sécurité de l'entreprise». Les fabricants et les utilisateurs négligent selon lui tous les principes qui seraient nécessaires pour assurer une sécurité minimale: Même la modification de la protection par mot de passe de chaque appareil électronique de divertissement raccordé au réseau, qui est absolument nécessaire, est négligée.

Les pirates criminels ont depuis longtemps compris l'efficacité du travail des appareils connectés bien avant que l'Internet des objets soit à la mode. Pour leurs attaques contre les individus et les entreprises, ils ont toujours utilisé des armées connectées d'appareils piratés d'utilisateurs tiers ne se doutant de rien. Cela fonctionne en règle générale ainsi: des programmes de commande à distance sont propagés sous la forme de virus ou de vers (un programme malveillant qui se propage tout seul) et transforment les appareils infectés en membres d'une armée d'ordinateurs. Si le nombre d'ordinateurs zombies («Bots») est suffisamment important, il est possible de paralyser non seulement des serveurs Web isolés mais aussi des réseaux d'entreprise complet. On n'a même pas besoin de moyens illégaux pour ce faire. Les bots

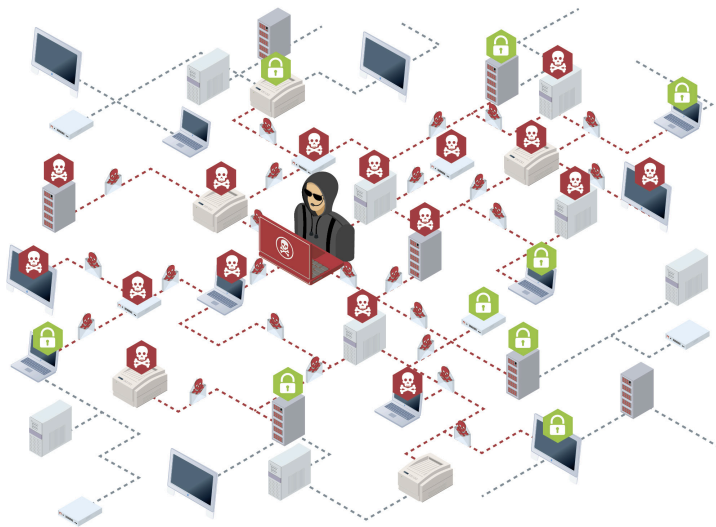


Illustration 7 : Réseau zombie

ont pour instruction simple de solliciter en permanence le même site Internet. Bon nombre de serveurs fléchissent face à quelques millions d'appels par seconde. Le modèle commercial des pirates informatiques (hacker) est lui aussi pionnier – ils vendent la «prestation» de leurs légions sur des forums adaptés sur Internet.

Grâce au nombre croissant d'appareils de consommation insuffisamment sécurisés dotés d'une connexion réseau, les réseaux zombies sont entretemps très faciles à créer, prévient l'informaticien économique Jan-Peter Kleinhans. Par exemple, le virus à succès «Mirai» essaie tout simplement 60 identifiants de connexion standard de fabricants d'appareil sur n'importe quelle adresse IP. Ce qui prendrait des heures de tentatives à l'homme ne demande qu'une fraction de seconde à un ordinateur. Chaque ordinateur infecté attaque ensuite des centaines d'autres nœuds Internet toutes les minutes. Si l'on ajoute à cela le fait que les ordinateurs ne sont plus les seuls à pouvoir officier

comme «enfants soldats de l'IOT». On a désormais aussi sur cette autoroute tous les appareils en réseau, du toaster au capteur chargé de prélever la qualité de l'air. Il est donc évident que des mesures de protections efficaces sont requises de toute urgence.

Elles ne sont absolument pas compliquées au niveau le plus bas. Des mises à jour logicielles régulières, des sauvegardes périodiques, des règles solides pour les mots de passe et des limites d'accès peuvent fortement réduire la fragilité des systèmes informatiques face à la corruption. «WannaCry» ne peut par exemple être diffusé que sur des ordinateurs dotés d'une version du système d'exploitation Windows vétuste qui n'est donc plus prise en charge par Microsoft.

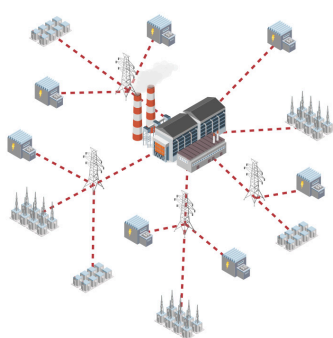
Pas d'accès par ce numéro

Avec l'importance croissante de l'Internet des objets, la cyber sécurité devient de plus en plus une affaire d'État. Lorsque des éléments infrastructurels vitaux comme l'approvisionnement en eau et en énergie, les systèmes de santé et des transports sont commandés par des ordinateurs et des réseaux de capteurs, ils doivent être surveillés et sécurisés selon des normes communautaires.

Les États veulent s'attaquer à ces nouvelles tâches par la législation – c'est aussi le cas de la Suisse. Le Conseil fédéral a adopté le message pour une loi sur la sécurité de l'information au sein de l'administration. Il faut aussi attendre des directives au niveau de l'économie privée. Ainsi, tout comme la Suisse se protège contre les dommages économiques provoqués par des agissements malhonnêtes dans la branche financière par des directives strictes, les fournisseurs de prestations infrastructurelles importantes devraient à l'avenir être obligés de garantir une sécurité maximale par des réglementations.

C'est la raison pour laquelle l'Allemagne a créé le bureau fédéral de la sécurité en technologie de l'information il y a plus de vingt ans. Ses attributions comprennent le contrôle des mesures de sécurité dans les entreprises et l'imposition de l'obligation d'annoncer les attaques.

Réseau centralisé



Réseau décentralisé

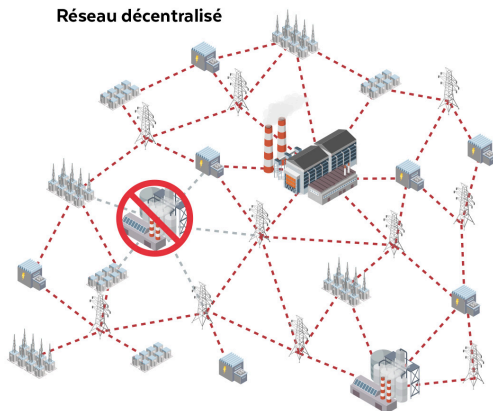


Illustration 8: Organisation décentralisée

Outre des mesures de précaution passives comme le recours résolu à une architecture décentralisée pour les réseaux vitaux, on discute en permanence de la mise en place d'un «groupe d'intervention» actif dans le cyberspace. Ce dernier doit lutter contre les réseaux zombies en retournant la situation et en «abattant» les appareils et serveurs infectés.

Les citoyens comptent sur l'État pour les défendre contre les cyberattaques de grande envergure – mais ils se méfient de lui dans d'autres domaines : La sphère privée est un bien précieux pour les Européens, tout du moins vis-à-vis de l'État. Beaucoup n'ont toujours pas conscience qu'ils transmettent des myriades de données et d'informations combinables à des entreprises étrangères domiciliées dans un pays sans protection des données digne de ce nom. Ou cela vaut pour eux la prestation qu'ils reçoivent en contrepartie: des données en temps réel sur les embouteillages dans leur système de navigation conte leur propre position (anonyme). Des photos Street View de chaque adresse de Suisse et donc des visites guidées virtuelles de

la ville contre la possibilité d'apparaître et d'être publié par Google quelque part sur la rue. Des informations sur la consommation musicale contre des propositions automatiques de nouveaux groupes adaptées à son goût.

Big Data – une question d'équilibre

Notre compréhension de la protection des données vient d'une époque où l'État collectait des données sur ses citoyens sans véritable contrepartie. Ces derniers veillaient donc avec d'autant plus d'empressement à ce que les informations ne puissent au moins pas être combinées. C'est aujourd'hui une tâche qui incombe au préposé fédéral à la protection des données vis-à-vis de l'État et de l'économie. Mais la relation a changé entretemps: Pour profiter des mégadonnées (Big Data), tous doivent apporter une contribution. Cela vaut aussi pour les relations avec l'administration qui, si elle le pouvait, pourrait atteindre des gains d'efficacité comparables à celles de l'économie privée par la mise en réseau de ses bases de données. Dans ce secteur, on a depuis longtemps transformé les fiches cartonnées d'adresses en dossiers clients utilisés pour le décompte, l'envoi de publicités jusqu'aux offres spéciales individuelles. La puissance de la compilation de différentes bases de données est maintenant démontrée par une appli qui donne à Shanghai la valeur sociale de chaque citoyen. Elle le «calcule» en se basant sur les plus de 5 000 informations dont disposent les autorités sur chaque individu, des dépenses aux amendes infligées et au respect de la politique de l'enfant unique.

Le potentiel d'abus de ces bases de données à croissance exponentielle peut être difficilement nié. Il est aussi évident que le risque de cyberattaques. Il faut le prendre en compte par des réglementations. Or, la Suisse n'a par exemple jusqu'à présent pas de dossier électronique du patient: les questions de sécurité et d'autorisation font l'objet de discussions controversées. Cela permettrait probablement de sauver de nombreuses vies et d'éviter les complications si chaque médecin, pharmacien et autre professionnel de santé pouvait consulter sur simple

pression d'un bouton toutes les informations de santé pertinentes d'un patient.

L'Internet des objets accentue ces discussions, et ce pas uniquement parce que nos téléphones intelligents génèrent de plus en plus de données précieuses et donnent des aperçus importants du comportement humain. Mais parce que de plus en plus d'appareils connectés peuvent faire quelque chose de ces données.

Les conditions dans lesquelles on essaie de réserver des vols en ligne influencent déjà les prix. Les utilisateurs d'Apple paient plus tandis que les gens ayant au préalable consulté de nombreux sites Internet discount bénéficient plutôt d'une offre intéressante. L'audace avec laquelle les compagnies aériennes se sont lancées dans de telles méthodes laisse peu de doute sur le fait que les banques, les assurances ou les autres employeurs exploiteraient toutes les informations qu'ils pourraient obtenir sur nous. Et ces informations sont de plus en plus nombreuses grâce au bracelet d'entraînement Fitbit, à la balance en ligne Whittings et au vélo électrique entièrement connecté.

Les concepts actuels de protection des données essaient d'empêcher la transmission de telles données à des tiers: nul ne doit pouvoir en apprendre trop sur quelqu'un en combinant les informations demandées.

C'est la raison pour laquelle les grands distributeurs ne peuvent pas vendre les conclusions tirées du comportement d'achat individuel des détenteurs de cartes de fidélité. Ce qui n'aide pas parfois: aux États-Unis, le père d'une adolescente a appris la grossesse de sa fille car elle avait reçu des offres spéciales pour des produits pour bébés de la chaîne commerciale «Target». Son analyse des données dépiste les femmes enceintes à l'aide d'une liste de 25 changements typiques du comportement d'achat comme par exemple le passage à un déodorant sans parfum.

On se demande cependant de plus en plus si de tels cas isolés ne sont pas des situations exceptionnelles que nous devons être prêts à accep-

ter afin de pouvoir profiter de la numérisation en tant que société. Une insistance légaliste sur la protection de la sphère privée empêche non seulement les abus mais aussi des sauts quantiques en matière d'accroissement de l'efficacité de l'administration, de la science et de l'économie.

Un compromis autodéterminé serait constitué par des concepts permettant à chacun de vendre librement ses données. Ces tentatives échoueraient cependant dans la pratique car la somme des données est inestimable alors que chaque jeu de données reste presque sans valeur.

Éthique des robots: pourquoi il faut la prendre au sérieux

La troisième dimension de la menace par l'informatique et l'Internet des objets réside pour les sceptiques dans la capacité de la machine à apprendre toute seule.

Le personnage principal de l'épopée spatiale «2001, l'Odyssée de l'espace» qui date de 1968 est HAL 9000, l'ordinateur de bord du vaisseau qui transporte cinq scientifiques jusqu'à Jupiter. HAL est l'Internet des objets à bord du vaisseau spatial. Il contrôle tout et a accès à toutes les informations. Pendant la phase décisive, il prend le contrôle contre la volonté des humains.

En Europe, la technologie a toujours fait l'objet d'une certaine dose de scepticisme dans le cadre de son exploitation. À l'inverse, les États-Unis ont foi en la technique. C'est en effet le pays qui voulait améliorer le monde avec des algorithmes depuis le creuset de la Silicon Valley. Là où l'on voit une opportunité, d'autres voient des risques.

Hollywood a consacré de multiples films à ce champ de tension, de «War Games» à «Matrix» en passant par «Terminator»: l'homme crée des machines capables d'apprendre qui le conçoivent rapidement comme le problème de la Terre et commencent à le combattre. Pour lutter contre cette peur primaire selon le modèle Frankenstein,

l'auteur russo-américain de Science-Fiction Isaac Asimov a établi dès 1942 les trois règles de la robotique:

1. Un robot ne peut blesser personne et ne peut pas non plus laisser quelqu'un être blessé par son inaction.
2. Un robot doit obéir aux ordres humains à moins que de telles commandes ne soient en contradiction avec le premier commandement.
3. Un robot doit protéger sa propre existence tant que cette protection ne contredit pas le premier ou le deuxième commandement.

Ce qui semble au premier abord un ensemble de règles à l'épreuve des balles pour protéger l'homme demanderait selon Isaac Asimov à ce que les machines ne développent jamais une véritable conscience et ne puissent pas agir librement. Étant donné que l'on ne peut plus partir de ce principe dans tous les cas, la «roboéthique» est déjà aujourd'hui un champ de recherche interdisciplinaire pris au sérieux.

Le Parlement européen a même déjà discuté de premières propositions pour une réglementation de la robotique et la création d'un statut pour les «personnes électroniques». L'intelligence artificielle au sens humain du terme reste cependant encore aujourd'hui un concept philosophique désigné comme irréalisable. Avant que l'humanité ne doive se défendre contre des machines intelligentes, il reste encore quelques problèmes pragmatiques mais pas moins menaçants à résoudre. L'Internet des objets peut aider dans certains cas.

Glossaire

Algorithme

Un schéma permettant de résoudre un problème ou une tâche constituée d'étapes claires à traiter dans un ordre donné. Les algorithmes sont les plans de construction des programmes informatiques où une entrée donnée mène toujours à la même sortie.

API

Le concept anglais «Application Programming Interface» se traduit par «interface de programmation». Il désigne un jeu de commandes permettant de commander un programme de l'extérieur, de lui fournir des informations et de l'amener à réaliser quelque chose. Il est ainsi possible de solliciter les «services» d'autres programmes dans des programmes fermés.

Appareils connectés

Un appareil est communément considéré comme connecté lorsqu'il

est raccordé à un grand réseau informatique ce qui le rend accessible depuis l'Internet.

ARPANET

Le «Advanced Research Projects Agency Network» était un précurseur de l'Internet. Il a été développé par l'armée de l'air américaine dans les années soixante.

Big Data (Mégadonnées)

Ce concept collectif regroupe différentes disciplines dans le domaine de la saisie, de l'exploitation et de l'analyse d'immenses quantités de données homogènes. On implique que la masse de données permettra de reconnaître des schémas et des tenants et aboutissants qui ne pourraient pas être décelés avec de plus petites quantités d'observation.

Bluetooth

Cette norme radio technique sert à établir des connexions de données entre deux appareils et permet de remplacer le câble. La portée est comprise entre dix et trente mètres. Le Bluetooth a été connu pour la connexion entre un téléphone portable et un casque. D'innombrables terminaux sont aujourd'hui équipés de cette technologie.

Chiffrement / cryptage

Procédé mathématique permettant de manipuler les flux de données de façon à ce qu'ils ne puissent être à nouveau lus que par les propriétaires d'une clé secrète. Le cryptage joue un rôle croissant dans tous les domaines de la mise en réseau, car l'Internet est constitué de domaines partiels hétérogènes pouvant être facilement interceptés (au niveau visuel et vocal) dans de nombreux domaines.

Code produit électronique (EPC)

Norme internationale pour un registre mondial de tous les produits disponibles dans le commerce. Ils sont désignés par des codes-barres ou des tags électroniques.

Communication de champ proche NFC (Near Field Communications)

Un perfectionnement du RFID permettant de transmettre des informations sans contact sur de très courtes distances ne dépassant pas 10 cm.

Communication entre machines (M2M)

La saisie des données de commande sur un ordinateur ou un système et le retour des évaluations par un écran ou un autre support.

Géolocalisation

La position des utilisateurs d'appareils ou de services peut être déterminée à l'aide de différentes techniques et signaux dans un monde connecté. La lecture de la position GPS du téléphone portable d'un utilisateur est l'exemple le plus précis que l'on puisse citer. Mais on utilise aussi pour la géolocalisation de nombreux autres signaux comme les noms des réseaux WLAN.

GPS

Le système américain de satellites géostationnaires (NAVSTAR GPS) permettant à un destinataire situé sur la terre de déterminer sa position exacte, altitude incluse par rapport au niveau de la mer, à l'aide de signaux radio provient des années soixante et est pleinement opérationnel depuis le début du millénaire. Entretemps, la Russie, la Chine, l'UE et l'Inde ont lancé leurs propres systèmes.

Imprimante 3D

Un appareil capable de produire des objets en trois dimensions à partir d'un modèle numérique en construisant par exemple l'objet à l'aide de couches réalisées dans une matière synthétique liquide. Contrairement au fraisage où une tête de coupe assistée par ordinateur découpe la pièce à usiner dans un bloc de matière première, l'impression 3D ou «technique de fabrication additive» peut aussi imprimer des espaces creux totalement fermés ou des pièces mobiles en constellation fabriquée, par exemple un engrenage.

Industrie 4.0

Désigne la liaison des technologies de l'information et de la production en quatrième révolution industrielle après la mécanisation, la production de masse et la numérisation.

Intelligence artificielle / Artificial Intelligence

Un domaine spécialisé de l'informatique visant à transposer les aptitudes humaines de compréhension, d'apprentissage et de combinaison sur des ordinateurs. Une machine «intelligente» peut tirer des conclusions de données et de situations inconnues et prendre des décisions judicieuses.

Internet

Selon un mandat du ministère américain de la défense datant des années soixante, l'«Internet» est un regroupement d'ordinateurs presque indestructible. Le principe repose sur le morcellement de l'information envoyée en petits paquets de données expédiés individuellement par le destinataire jusqu'à la destination par n'importe quel chemin par les ordinateurs connectés entre le point d'arrivée et de départ. Les paquets sont ensuite regroupés pour reconstituer l'information à bon port. Si un tronçon partiel tombe en panne, les paquets de données sont acheminés par d'autres itinéraires. Dans les

faits, tous les ordinateurs du réseau sont donc joignables depuis tous les autres

Internet des objets

Le concept a plus de dix ans. Il désigne un développement permettant de combler la lacune entre le monde virtuel du traitement des données et le monde réel des machines (et des hommes). Il désigne l'intégration des machines et des appareils dans l'Internet et l'échange direct d'informations par la communication entre machines.

Lac de données

Le concept «Data Lake» provient de la constatation qu'il n'est pas obligatoirement judicieux de préparer des jeux de données à partir d'une multitude de sources et de les stocker dans des bases de données structurées sous la forme de «Data Warehouse». C'est notamment le cas quand on ne sait pas encore clairement si les données peuvent servir et à quelles fins. C'est la raison pour laquelle les informations sont d'abord enregistrées comme des «données brutes» dans le lac de données. Elles ne sont analysées et «raffinées» à savoir préparées pour l'utilisateur final que si besoin est.

LAN

Un «Local Area Network» est un réseau d'appareils fermé – par exemple dans un foyer privé. La centrale de connexion d'un tel réseau, le routeur, est en règle générale le portier de l'Internet. Les appareils du LAN peuvent ainsi se connecter à Internet. Les appareils ne peuvent pas accéder directement au LAN depuis Internet.

L'Internet de Tout

Ce concept façonné par Dave Evans du fabricant réseau Cisco décrit le perfectionnement de l'Internet où, outre les appareils, les processus, les hommes et les objets simples sont connectés à Internet.

MAN / WAN

Contrairement au LAN qui est un réseau local, un MAN, un «Metropolitan Network», est un réseau en vigueur au moins au niveau de la ville et un WAN, un «Wide Area Network», est par exemple un réseau mondial.

Numérisation

La conversion d'informations en un code binaire dont les caractères sont constitués d'une série de signaux reposant sur deux états (comme le système Morse). Cela permet de transporter les données par le biais de n'importe quel système capable de transmettre des impulsions énergétiques, des ondes électromagnétiques aux ondes lumineuses en passant par les ondes acoustiques.

Objets connectés

Contrairement aux appareils connectés pouvant être télécommandés depuis le réseau et accessibles sur ce dernier, les objets connectés du réseau ne peuvent être trouvés que passivement et ne disposent pas d'actions consultables.

Picoréseau

Un réseau d'appareils personnel reposant sur la norme radio Bluetooth. Il peut comprendre jusqu'à 200 appareils avec un seul «maître». Tous les autres sont des destinataires ou des esclaves («Slaves») ce qui signifie qu'ils sont commandés par le maître. Il sert par exemple à lire de la musique à partir d'un téléphone portable sur des haut-parleurs Bluetooth.

Réalité augmentée / Augmented Reality

L'enrichissement de l'environnement par des informations directement consultables sur des supports adaptés. Les guides audio des

musées lisant au visiteur des informations sur les objets exposés sur simple saisie d'un code chiffré sont une forme simple de réalité augmentée. Une version plus complexe est constituée par les lunettes de données qui montrent au technicien de service la machine à entretenir avec les pièces étiquetées.

RFID

La technologie «Radio Frequency Identification» abrégée RFID permet d'identifier des objets sans contact. Ces derniers sont dotés d'un support d'information appelé «tag». Les données des tags peuvent être lues quand le tag est rapproché d'un lecteur. Les «tags» existent dans une version sans alimentation énergétique. Le courant requis pour la transmission des données leur est fourni par induction par les ondes électromagnétiques du lecteur. Il est ainsi possible de fabriquer des tags bon marché qui durent longtemps sous la forme d'autocollants ne coûtant que quelques centimes.

Routeur / passerelle

Un ordinateur reliant deux réseaux – d'habitude un LAN privé et l'Internet. Il transfère les demandes des ordinateurs privés aux ordinateurs publics et transmet en contrepartie les réponses en interne à l'ordinateur à l'origine de la demande. Les ordinateurs du réseau privé ne sont pas accessibles depuis l'extérieur par une adresse IP.

Système réparti

Un regroupement d'ordinateurs considéré par l'utilisateur comme un système homogène. La redondance des mêmes fonctions le rend extrêmement résistant aux pannes et permet de réaliser des gains de vitesse grâce au traitement simultané de tâches partielles.

Systèmes de localisation en temps réel (RTLS)

Systèmes reposant sur des émetteurs radio à faible portée (jusqu'à

500 mètres) permettant de localiser des objets ou des personnes en temps réel et d'enregistrer leur emplacement. Pour ce faire, les objets à suivre sont équipés de tags RFID actifs dont le signal est en permanence évalué par au minimum trois récepteurs ce qui permet de calculer la position exacte par triangulation. Les RTLS sont utilisés dans la logistique, dans les centres de production mais aussi dans les hôpitaux. Ils permettent d'effectuer des déductions d'efficacité et d'occupation par rapport aux différents lieux.

TCP/IP

Les protocoles «Transmission Control Protocol/Internet Protocol» constituent les bases de l'Internet. Le protocole Internet régit le système des adresses IP grâce auquel on peut s'adresser sans équivoque à chaque appareil du réseau. Le protocole TCP a standardisé la façon dont les données sont transmises sur le réseau. Les deux normes sont devenues la base de la majorité de tous les réseaux informatiques en raison de leur simplicité et de leur robustesse.

Téléométrie

La «télémesure» est la transmission de données d'état saisies par un ou plusieurs capteurs à un service éloigné. En sport automobile, on transmet en permanence les différentes valeurs mesurées sur les véhicules au centre de contrôle de la course qui connaît ainsi à tout moment l'état actuel du moteur. En transport aérien, les propulseurs sont «loués» sur la base de la poussée déterminée par téléométrie.

Virtualisation

La virtualisation désigne la simulation de matériel ou de logiciel dans des ressources présentant des types similaires. Il est ainsi possible de représenter des appareils ou des réseaux complets qui ne se démarquent pas de l'original pour l'utilisateur mais qui n'existent pas physiquement. Habituellement, les serveurs virtuels loués aux clients par les centres de calcul sont des systèmes de stockage dans le nuage

pouvant croître sans problème avec les besoins du client ou des réseaux privés virtuels (VPN) qui constituent sur Internet un réseau privé à l'épreuve des écoutes grâce au cryptage.

Voiture autonome

Véhicules capables de se déplacer de A à B sans l'intervention d'un conducteur à l'aide d'un vaste éventail de capteurs, de la navigation par satellite et de calculs informatiques en temps réel. Des fonctions comme l'avertisseur automatique de voie et de distance, les systèmes de stationnement ou de freinage d'urgence ne sont que quelques exemples de ce que l'on trouve de série dans les voitures de tourisme depuis quelques années ; en théorie, les véhicules électriques de Tesla peuvent d'ores et déjà rouler de manière totalement autonome.

World Wide Web

Souvent assimilé à tort à l'Internet, le WWW désigne le niveau des applications de l'Internet – le Hyper-Text-Transfer-Protocol HTTP. Il crée une connexion de documents hypertextes appelés sites Internet qui sont affichés dans des navigateurs Internet comme Safari ou Chrome et qui appellent le site Internet adressé en cas de clic de souris sur l'hyperlien en question.

Peter Sennhauser

Le journaliste Peter Sennhauser (*1966) observe la numérisation depuis trente ans. En tant que rédacteur de la rubrique nationale du «Bund», il a interrogé le Parlement sur sa compatibilité avec l'Internet à la sortie du siècle. Après la première crise boursière, il a accompagné la reconstruction de la «New Economy» du pays pour l'hebdomadaire «Cash». À partir de 2004, il a vécu «sur place» dans la Silicon Valley l'arrivée du téléphone intelligent, la montée en puissance des réseaux sociaux et le changement du monde médiatique.



Il a lui-même marqué ces derniers de son empreinte au cours de ces cinq dernières années en tant que co-proprétaire de la startup zurichoise «Blogwerk» – et, après son retour de San Francisco en 2011, en tant que développeur numérique pour le «TagesWoche» bâlois et plus tard comme spécialiste en ligne à la direction de la salle de rédaction du «Neue Zürcher Zeitung». Il possède depuis sa propre agence et conseille les entreprises sur le développement d'une stratégie de marketing des contenus et la conception des processus rédactionnels ou les aide à réaliser leurs projets sur le plan journalistique.

Institute for Digital Business

Généralités

En septembre 2014, l'école supérieure d'économie de Zurich (HWZ) a fondé le premier centre de compétence suisse dans le domaine des affaires numériques sous la houlette de Manuel P. Nappo. L'Institute for Digital Business est l'interlocuteur pour tout ce qui touche au savoir numérique axé sur la pratique. Il permet un transfert de connaissances optimal au sein des entreprises, associations et administrations publiques. Il propose un enseignement, des conseils et des connaissances gratuites.

Mission

«Nous aidons les PME suisses ainsi que les preneurs de décisions de l'économie et de la société à relever correctement les défis de l'ère numérique. Nous fournissons des informations réalisables appliquées sous la forme de formations continues, de formations, de conseils, de savoir-faire, de concepts, d'assistance et de propositions de solutions.»

Offre

L'Institute for Digital Business développe et organise, en partie en collaboration avec des partenaires externes, le Master of Advanced Studies (MAS) in Digital Business ainsi que six cursus de certification (CAS). L'Institute for Digital Business réalise par ailleurs des cours sur mesure ainsi que des ateliers avec des entreprises, associations et administrations. Les formations sont en principe développées et réalisées selon les besoins individuels des entreprises. Le centre assiste par exemple ses clients lors d'une analyse de potentiel, lors du développement d'une vision numérique ou de la mise en œuvre d'une stratégie de numérisation. L'institute met par ailleurs des connaissances

gratuites à disposition sous la forme de livres blancs (White Papers), de check-lists, d'instructions, etc. Dans le domaine de la recherche appliquée, le centre travaille sur des projets pour des mandants de l'économie, des administrations publiques ou des ONG.

buch & netz

buch & netz est une maison d'édition et un prestataire pour la publication de livres et d'offres en ligne avec une librairie en ligne disposant d'un département de livres anciens.

Les projets de publication peuvent être publiés avec une rapidité sans égale, une qualité élevée et des coûts intéressants grâce à l'utilisation de technologies Internet à la pointe de la modernité et à la mise en œuvre résolue d'une stratégie faisant passer le numérique en premier (Digital First). Les ouvrages produits par buch & netz peuvent être mis à la disposition du commerce de livres international par la maison d'édition ou par des éditeurs partenaires. Les livres en ligne proposés en option augmentent la visibilité des œuvres sur Internet. L'utilisation de licences Creative Commons permet de partager facilement les contenus. L'utilisation des bons de téléchargement buch & netz facilite le don de livres électroniques. De plus amples informations sont disponibles sur notre site Internet <http://buchundnetz.com>

Droits d'auteur et conditions d'utilisation

Le livre «L'internet des objets – une introduction» publié par la maison d'édition buch & netz relève d'une licence Creative Commons de type Attribution – Pas d'utilisation commerciale – Pas de modification – 4.0 (CC-BY-NC-ND 4.0).

En l'absence d'indication contraire, les textes de cet ouvrage peuvent être publiés sous une licence Creative Commons de type Attribution – Partage dans les mêmes conditions – 4.0 (CC-BY-SA 4.0).

Cela signifie que les textes contenus dans le présent ouvrage peuvent aussi être utilisés et copiés dans un contexte commercial dans la mesure où ils citent l'auteur et la source et que l'ouvrage ainsi créé dispose d'une licence aux mêmes conditions (voir exemple ci-après).

Le livre lui-même ne doit pas être copié et transmis dans un cadre commercial. Il ne doit pas être modifié, vendu ou utilisé commercialement d'une autre manière sans l'autorisation de la maison d'édition.

Si vous êtes intéressé par le revente du livre imprimé ou du livre électronique ou par d'autres modèles commerciaux, veuillez contacter buch & netz : info@buchundnetz.com

Pour obtenir une copie de ces licences, consultez : <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> ou <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ou adressez-vous par écrit à : Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, Californie, 94041, États-Unis.

Veuillez référencer les textes que vous utilisez conformément à la licence CC-BY-SA de la manière suivante:

- Source: « Internet des objets – une introduction », livre électronique / livre en ligne / livre
- Auteur: Peter Sennhauser

- Édition: buch & netz – <http://buchundnetz.com>
- ISBN: 978-3-03805-259-3 (PDF), 978-3-03805-260-9 (ePub), 978-3-03805-261-6 (mobi)
- Lien: <http://buchundnetz.com/werke/l-internet-des-objets/> (ou le lien direct vers le chapitre correspondant du livre en ligne)

Nous apprécierions que vous nous informiez de l'utilisation de contenus de ce livre en ligne. Veuillez nous adresser un rapide e-mail à info@buchundnetz.com. Dans la mesure du possible, nous nous ferons un plaisir d'en parler sur les différents canaux de buch & netz.

Vous trouverez aussi d'autres informations sur les contenus licenciés «Creative Commons» de «buch & netz» à l'adresse: <http://buchundnetz.com/creative-commons>