

L'Internet des Objets

1. Définition
2. Concepts
3. Web 3.0
4. Problématiques spécifiques
5. Domaines d'application
6. Communications avec l'IdO

Définition

L'IdO est une notion complexe à cerner :

- pluralité des technologies qui la forment ;
- besoins multiples → plusieurs domaines d'application ;
- technologie nouvelle ;
- pas de définition partagée de l'IdO ;
- considéré comme le Web 3.0.

Sémantique possible en partant de la racine étymologique

- Internet :

réseau mondial composé de plusieurs réseaux identifiables (adresses IP publiques) et joignables grâce à un protocole de communication standard (TCP/IP)

- Objet :

Chose qui ne peut être précisément identifiée

Définition probable pour l'Internet des Objets :

« réseau mondial de choses communiquant grâce à un protocole standard »

Concepts

Machine 2 Machine (M2M)

Désigne les moyens de communication permettant l'échange de données entre machines (sans intervention humaine)

Rôle important dans la gestion:

- des entrepôts (stock)
- chaîne logistique (traçabilité des colis)
- robotique
- ...

C'est la base-même du concept d'IdO

Un système M2M comporte :

- un ensemble de capteurs (température, présence, RFID, ...)
- reliés au réseau (fil ou sans-fil)
- par une unité de traitement (microcontrôleurs)

Il n'existe pas de plateforme d'appareils connectés standard pour la communication M2M (chacun son protocole / système)

Interconnexion souvent lourde → recours à des API !

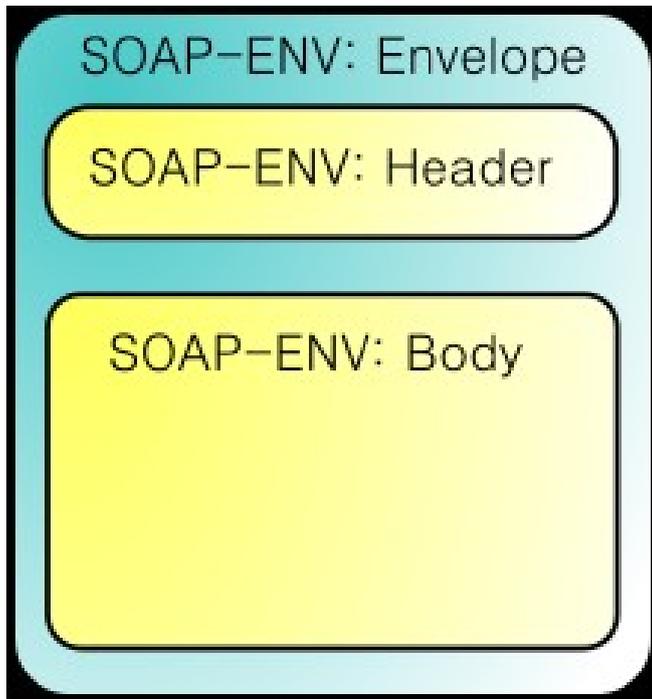
Une API ou Application Programming Interface, est :

- un ensemble de code (classes, méthodes ou fonctions) servant de façade ;
- cette façade permet à des programmes *consommateurs* de se servir des fonctionnalités du programme *fournisseur* ;
- elle est généralement offerte par une bibliothèque logicielle ou un service web ;
- l'utilisation de la façade est détaillée dans un document qui incarne la dénomination d'API ;
- l'utilisation d'API permet de construire de nouveaux logiciels en utilisant des briques de fonctionnalités fournies par d'autres logiciels ;
- l'avantage est de masquer la réalité du code au programme consommateur.

Un service web (Web Service) est :

- une interface informatique de la famille des technologies web ;
- il permet la communication et l'échange de données entre applications hétérogènes ;
- Il expose les fonctionnalités d'un programme sur le web au travers de deux normes : **SOAP** (Simple Object Access Protocol) et **Rest** (Representational state transfer) ;
- SOAP utilise XML (Extensible Markup Language) pour faire transiter ces données alors que Rest préfère JSON (JavaScript Object Notation).

SOAP redéfinit un format de message (proche de HTTP)



```
<soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/"  
  xmlns:tem="http://tempuri.org/">  
  <soapenv:Header/>  
  <soapenv:Body>  
    <tem:RechercherCandidat>  
      <!--Optional:-->  
      <tem:nomUser>test</tem:nomUser>  
      <!--Optional:-->  
      <tem:mdpUser>test</tem:mdpUser>  
      <!--Optional:-->  
      <tem:NomNaissance>test</tem:NomNaissance>  
      <!--Optional:-->  
      <tem:Prenom>test</tem:Prenom>  
      <!--Optional:-->  
      <tem:DateNaissance>01/01/2000</tem:DateNaissance>  
      <!--Optional:-->  
      <tem:DepartementNaissance>1</tem:DepartementNaissance>  
    </tem:RechercherCandidat>  
  </soapenv:Body>  
</soapenv:Envelope>
```

Rest utilise la sémantique de HTTP pour ses messages :

- Create → POST
- Read → GET
- Update → PUT
- Delete → DELETE

Les codes sont utilisés pour renseigner l'état de la réponse :

- 200 → ok, 201 → objet créé, 204 → pas de contenu, ...
- 400 → mauvaise requête (paramètre manquant), 403 → non autorisé, ...
- ...

Rest utilise JSON pour faire transiter les données :

```
▼ 0:  
  name:      "/dev/sda1"  
  label:     "MUSIC"  
  size:      "7.2 GiB"  
  fstype:    "vfat"  
  UUID:      "84B9-A853"  
  isEnabled: false  
▼ 1:  
  name:      "/dev/sdb1"  
  label:     "MUSIC 2019"  
  size:      "7.2 GiB"  
  fstype:    "vfat"  
  UUID:      "74D1-A16F"  
  isEnabled: false
```

```
[  
  {"name":"/dev/sda1","label":"MUSIC","size":"7.2 GiB","fstype":"vfat","UUID":"84B9-A853","isEnabled":false}  
  ,  
  {"name":"/dev/sdb1","label":"MUSIC 2019","size":"7.2 GiB","fstype":"vfat","UUID":"74D1-A16F","isEnabled":false}  
]
```

L'utilisation du service web est détaillée dans une API :

Device [\[modifier\]](#)

L'objet périphérique est composé comme suit : {"name":"VdevVsd1","label":"MUSIC","size":"7.2 GiB","UUID":"84B9-A853","fstype":"vfat"}

URL	Corps	Verbe	Action	Code retour	Implémentée
/api/device	• vide	GET	Retourne un tableau avec tous les périphériques	• 200	
/api/device/list/\$\$UUID\$\$ • \$\$UUID\$\$: un UUID de périphérique • paramètre(s): • path : un chemin sur le périphérique • extension : un filtre par extension de fichier (optionnel)	• vide	GET	Retourne un tableau avec la liste récursive des fichiers	• 200 : si l'UUID existe • 400 : si l'UUID n'existe pas	
/api/device/explore/\$\$UUID\$\$ • \$\$UUID\$\$: un UUID de périphérique • paramètre(s): • path : un chemin sur le périphérique • extension : un filtre par extension de fichier (optionnel)	• vide	GET	Retourne un tableau avec la liste des fichiers et dossiers: { "directories":["Pop","Rock"], "files":["Gala - Freed From Desire.mp3","13)Jacques Your Body (Make Me Sweat)(Jcf Pitch Edit).mp3"] }	• 200 : si l'UUID existe • 400 : si l'UUID n'existe pas	
/api/device/content/\$\$UUID\$\$ • \$\$UUID\$\$: un UUID de périphérique • paramètre(s): • path : un chemin sur le périphérique • download : si présent, le navigateur téléchargera le fichier ('Content-disposition: attachment;' au lieu de 'Content-disposition: inline;')	• vide	GET	Retourne le contenu du fichier avec le type mime en entête	• 200 : si le fichier existe • 400 : si le fichier n'existe pas	

Web 3.0

Buzzword, le terme désigne le web qui suit le Web 2.0 et chacun à sa vision propre du futur d'Internet !

Les différentes phases du Web :

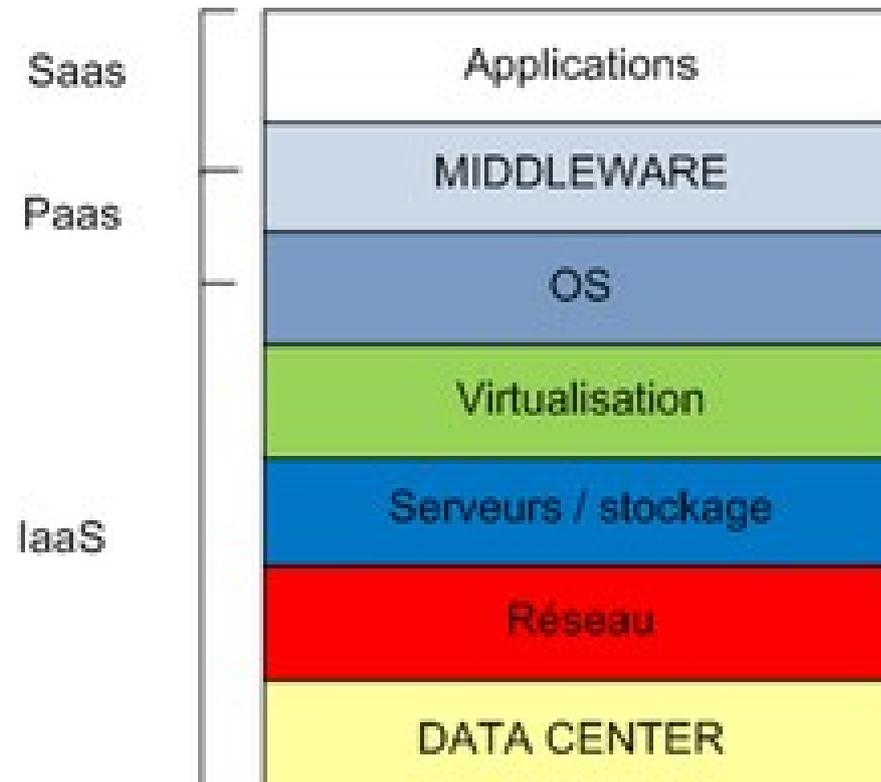
- Web 1.0 → liaison de pages web entre elles par des hyperliens (1990) ;
- Web 2.0 → web participatif ou social généralisé par les blogs, réseaux sociaux et la technologie wiki (2000) ;
- Web² (square) → Web exponentiel, les systèmes génèrent des données qui sont traitées et rendues disponibles aux internautes (implied metadata) (2006) ;
- Web 3.0 → l'Internet des objets (2008-10).

Les mœurs changent, les logiciels ne sont plus achetés mais loués en fonction du besoin (**Software as a Service**) :

- disponibles sur Internet ;
- ne nécessitent qu'un navigateur pour les utiliser (pas de licence) ;
- besoin matériel faible car toute la puissance est déportée côté serveur ;
- délocalisation des serveurs : accès nomade simplifié ;
- Total Cost of Ownership (TCO) grandement réduit (coût d'acquisition faible) ;
- passage des dépenses en OPEX (Operational Expenditure) plutôt qu'en CAPEX (Capital Expenditure = amortissement sur le moyen / long terme).

Le web 3.0 est rendu possible grâce au :

- Software as a Service (SaaS)
- Service Oriented Architecture (SOA) → web service, Json, etc...



Attention quand même :

- les données de l'entreprise ne sont plus en local (hébergées chez le prestataire du SaaS) ;
- le niveau de confidentialité des données dépend de la législation du pays de l'hébergeur ;
- interopérabilité inter-application complexe : émergence des PaaS (Platform as a Service) fournissant des API pour faciliter le dialogue inter-application ;
- délocalisation des serveurs : souci de sécurité des informations lors du départ / licenciement d'un employé ;

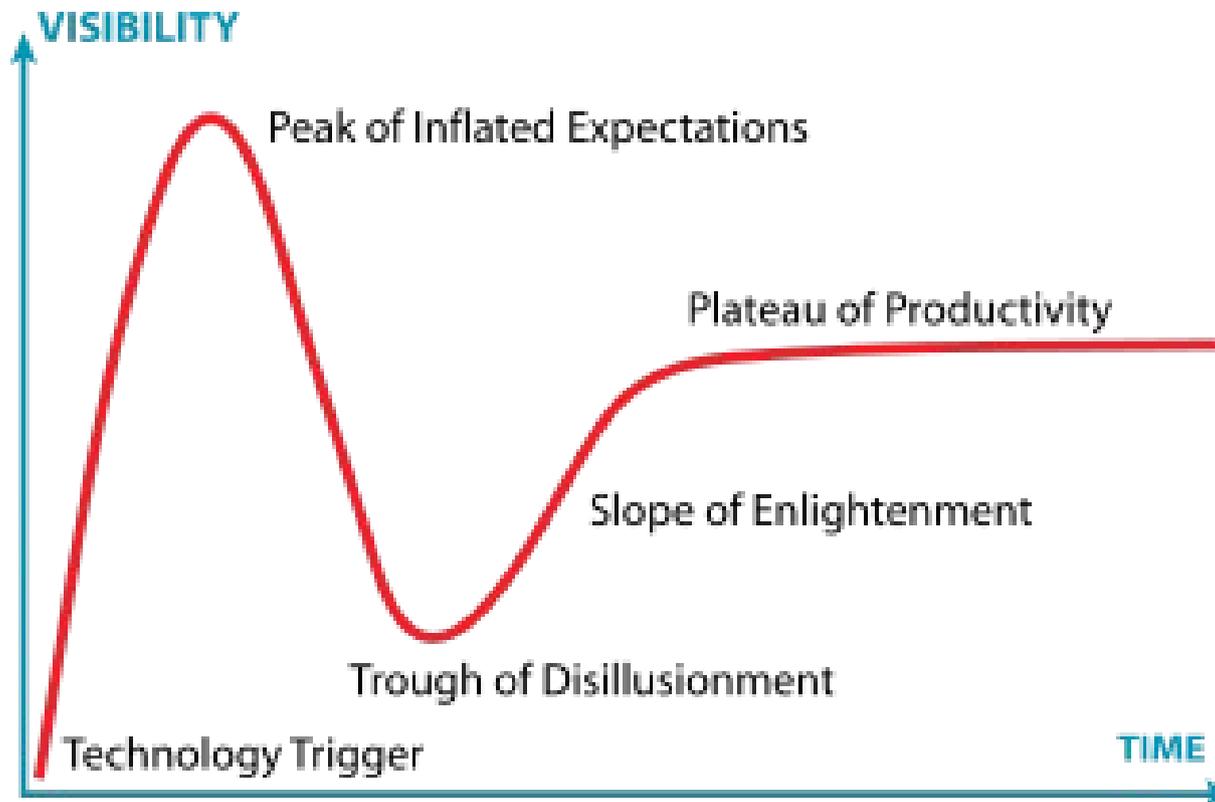
Le Web 3.0, c'est « l'ordinateur qui génère de la nouvelle information et non plus les humains »

Conrad Wolfram

Une application Web 3.0 doit:

- ne plus être uniquement un site web *xHTML* mais une solution **SaaS** ;
- être connectée à une base de données relationnelle (MySQL, Oracle...) ou fichier (XML, JSON...);
- être mobile, indépendante de tout support (taille d'écran) ;
- universelle, indépendante du système d'exploitation / matériel ;
- accessible, en conformité avec le W3C.

Comme toute nouvelle technologie, le web 3.0 suit le cycle de « Hype » défini par Gartner :



Le cycle possède 5 étapes :

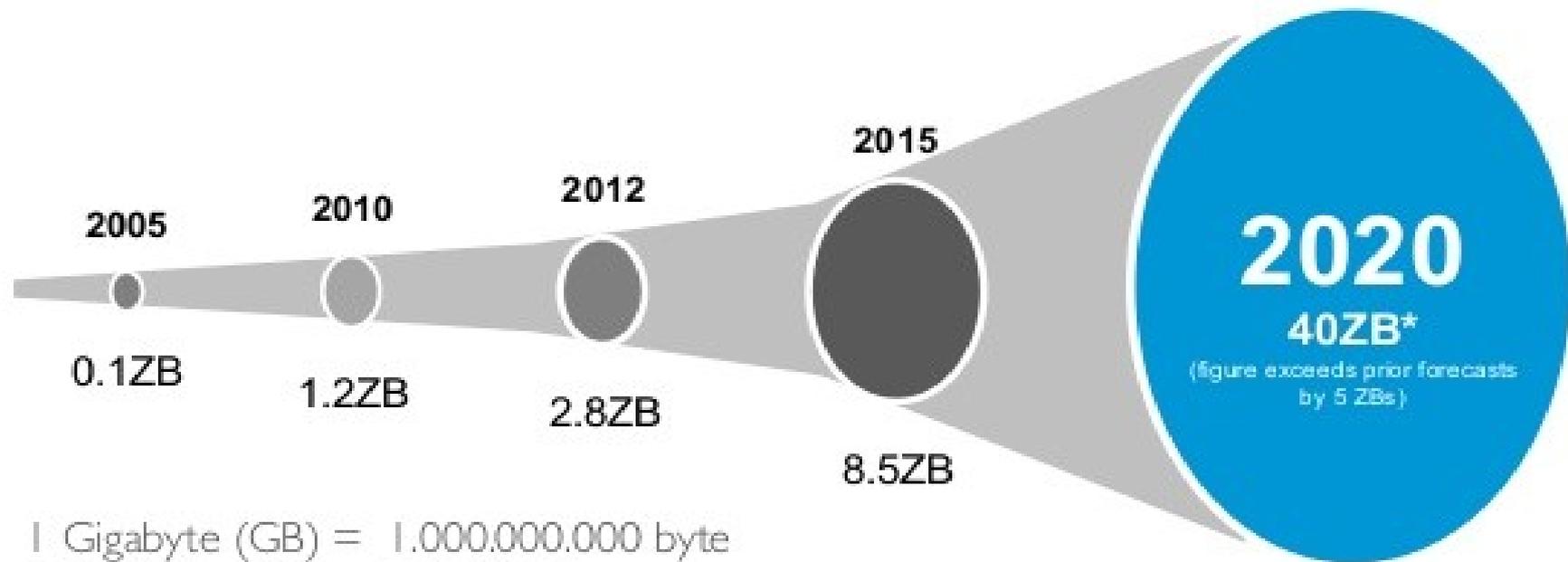
- le lancement : arrivés sur le marché de la technologie, les produits ressemblent plus à des prototypes et ne sont pas utilisables simplement ;
- attentes fortes (exagérées) : emballement médiatique autour du produit qui conduit à la création de startups ;
- gouffre de désillusion : les produits ne répondent pas aux attentes exagérées des consommateurs, ce qui conduit à un krach boursier (anti-hype) ;
- pente de l'illumination : les entreprises les plus solides persistent et les consommateurs comprennent les avantages de la technologie ;
- plateau de productivité : la technologie est rodée, l'étendue des applications devient plus vaste.

Le cycle possède des limitations :

- ce n'est pas un cycle car suivi une seule fois ;
- cette représentation est factuelle et ne permet pas d'être acteur de la réussite ;
- les termes utilisés pour les phases sont plus marketing qu'objectifs.

Problématiques spécifiques

Le déluge de données !



- | Gigabyte (GB) = 1.000.000.000 byte
- | Terabyte (TB) = 1.000 (GB)
- | Petabyte (PB) = 1.000.000 (GB)
- | Exabyte (EB) = 1.000.000.000 (GB)
- | Zettabyte (ZB) = 1.000.000.000.000 (GB)

Source: <http://sys.orexhosting.com/wp-content/uploads/lor-data-info-graphic.jpg>

L'IdO est envisageable grâce au big data et aux bases de données NoSQL / temps réel :

- données trop volumineuses ;
- difficile à travailler (algorithmes) ;
- données redondantes ;
- dé-duplication complexe ;
- sans relation entre elles (déstructuration).



Les données doivent être traitées au plus proche de la source

=> **Edge Computing**

- réseau maillé de micro-datacenters qui traitent / stockent les données localement ;
- déporter la puissance de calcul du datacenter vers la périphérie du réseau ;
- un calcul au plus proche de la production (transit plus faible) ;
- agrégation des données et traitements, si besoin, envoi vers le Datacenter ;

Va décoller quand la 5G arrivera → modification des antennes pour y intégrer ces micro-datacenters ;

Attention quand même :

- IdO plus vulnérables que les machines dans les datacenters ;
- il faut chiffrer les données, contrôler les accès voire utiliser des canaux de communications chiffrés (SSL / IPSec)

Avec l'IdO naît un besoin en énergie.

Pour les datacenters :

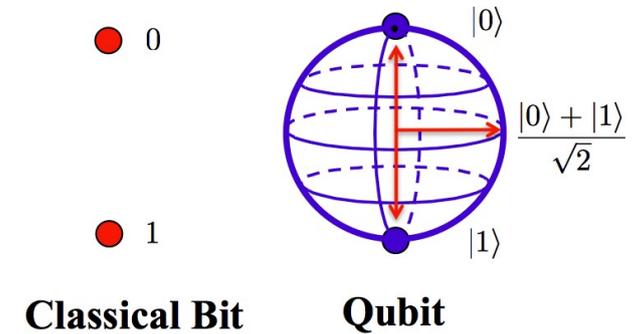
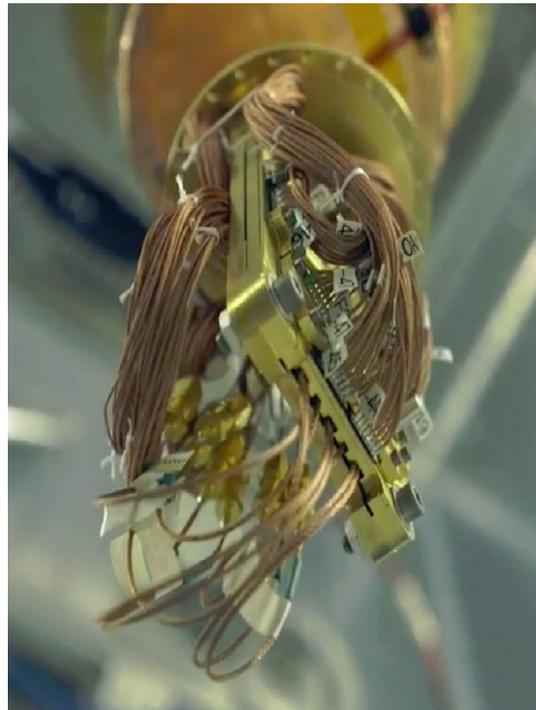
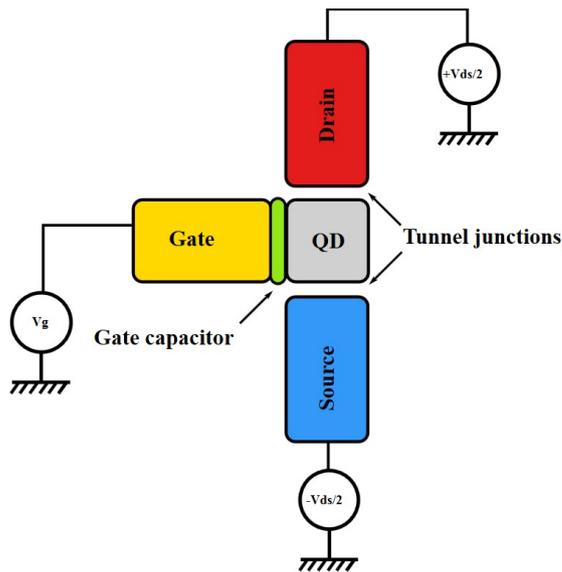
- la consommation maximale est quasiment atteinte ;
- difficile d'ajouter des machines aux infrastructures existantes ;
- remplacement des anciennes machines (temps).

Pour les objets connectés :

- source transportable (LiPo, Imprimée en Polytéréphtalate d'éthylène)
- autonome (générateur et convertisseur d'énergie) ;
- composants moins énergivores. (finesse de gravure)

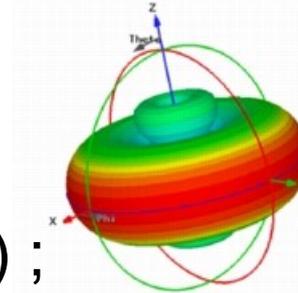
Côté datacenters, on a encore besoin de puissance pour donner du sens aux informations :

- MOSFET → SET ;
- ordinateur quantique ;

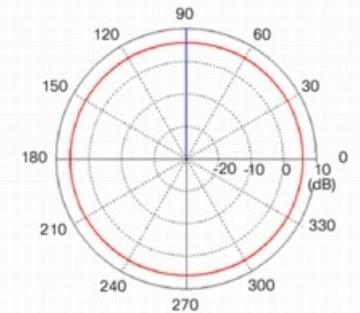


Ces objets ont besoin d'être interconnectés entre eux :

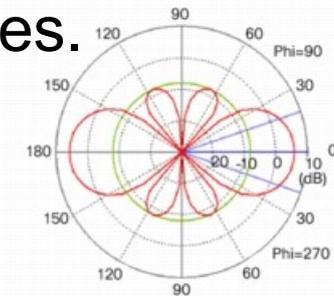
- antenne multi-fréquence ;
- taille optimisée (gravure sur puce) ;
- Phase Local Loop (PLL) plus performantes.



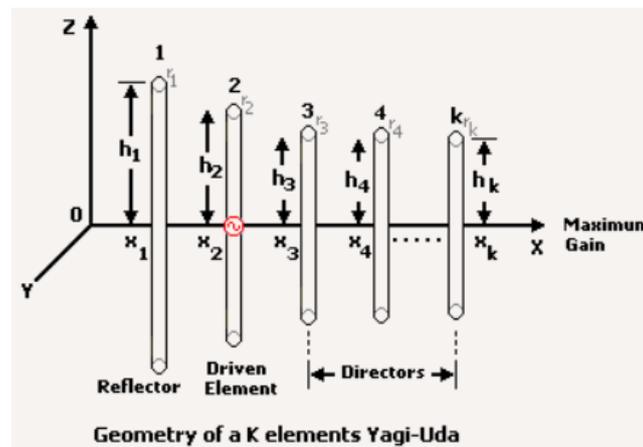
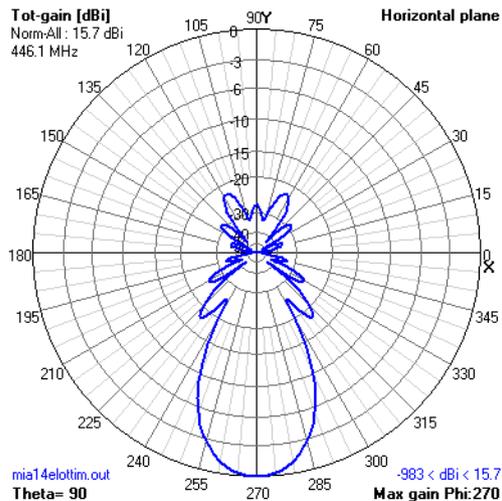
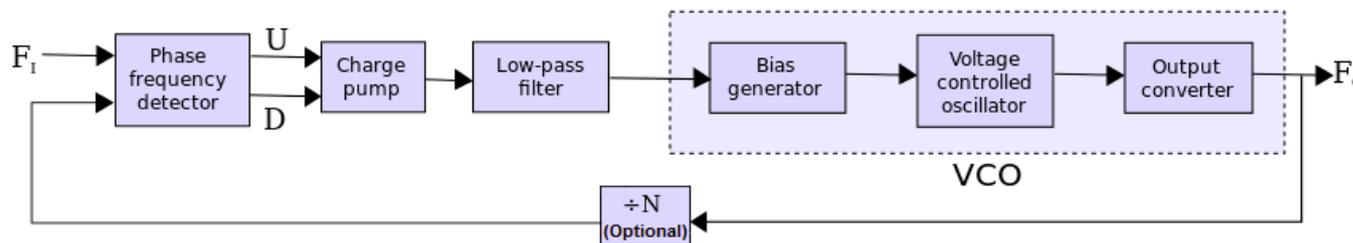
(a) 5.8 dBi Omni 3D Pattern



(b) 5.8 dBi Omni Azimuth Plane Pattern



(c) 5.8 dBi Omni Elevation Plane Pattern



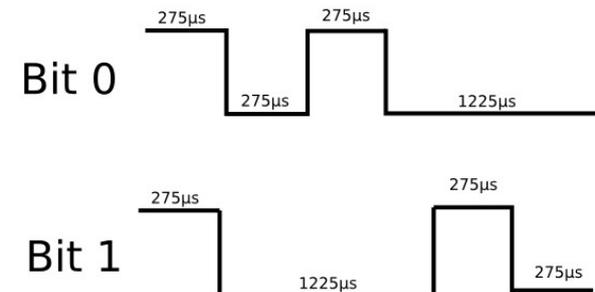
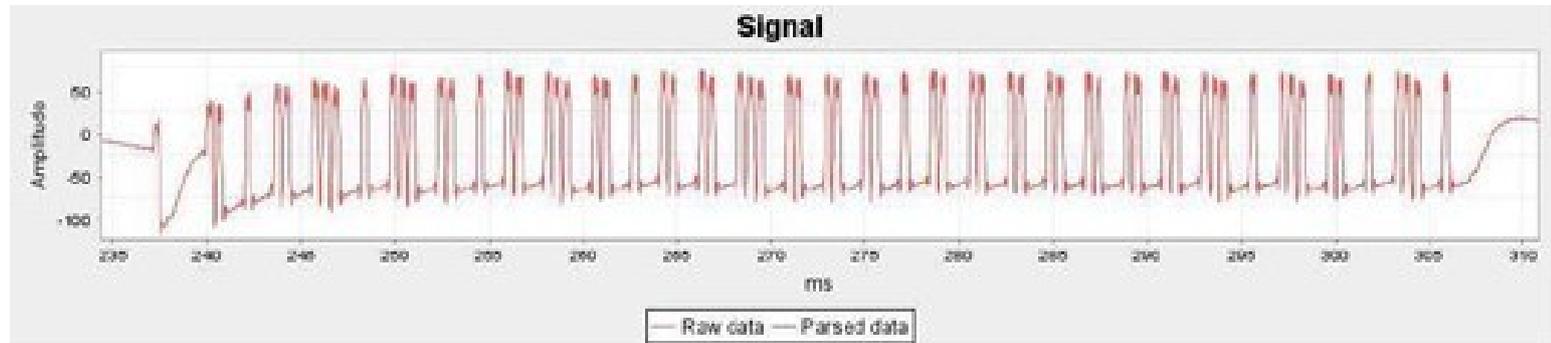
L'acceptation par le grand public :

- intégrer les objets connectés dans le packaging voire dans les produits eux-mêmes → baisser les coûts ;
- utilisation de puces ultra-fines pour intégration textile ;
- problématique sécuritaire (piratage des caméras)
- entrer dans les mœurs



Interopérabilité à améliorer :

- Les objets connectés actuels ne sont pas interopérables (HomeEasy : Dio Chacon, Oregon Scientific, ...)
- problème de standardisation / gouvernance → besoin d'un standard ouvert (eg. TCP/IP) et d'une agence (eg. IEEE) ;



Peu de protocoles utilisent un chiffrement :

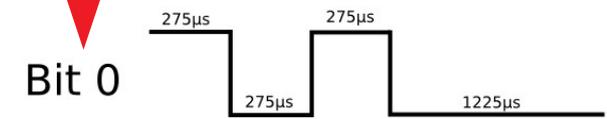
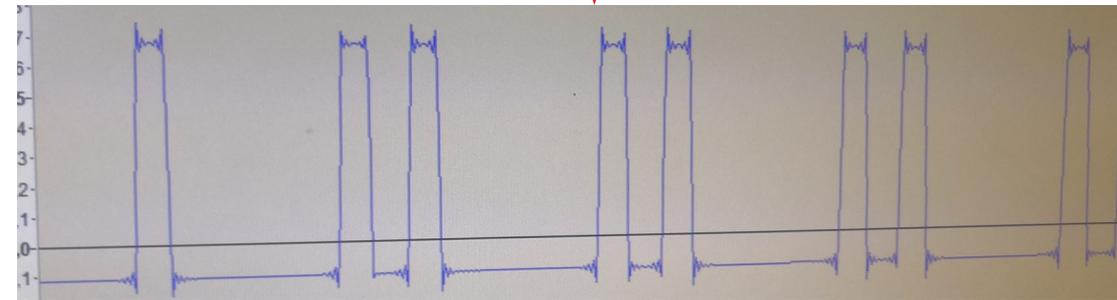
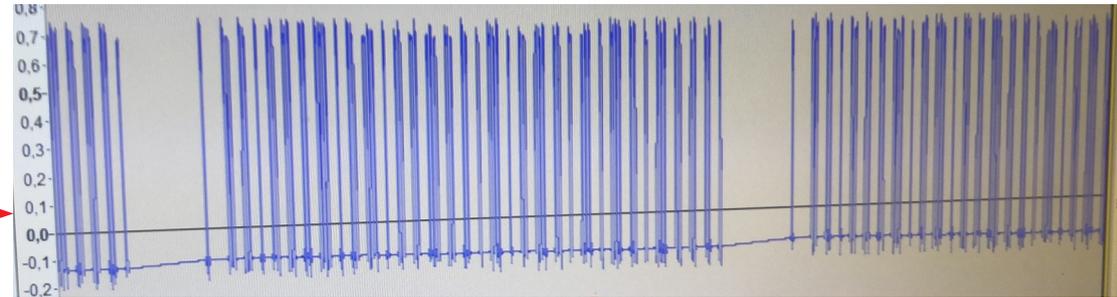
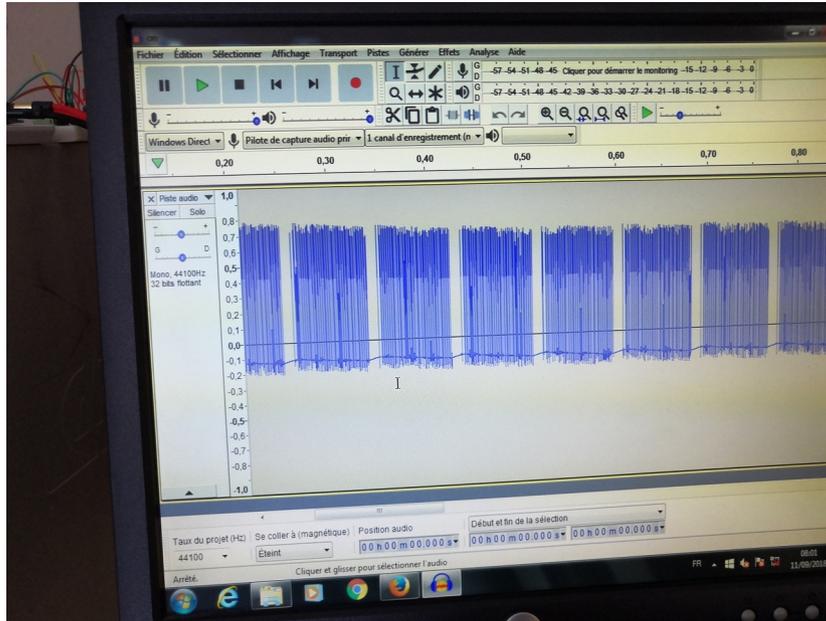


module radio
(1€)

amplificateur audio *maison* (0.50€)

entrée micro du PC

Enregistrement grâce à un logiciel *professionnel* (**Audacity**) :



Trame : 01101001100101101001011010100101010101010101010100110010110010

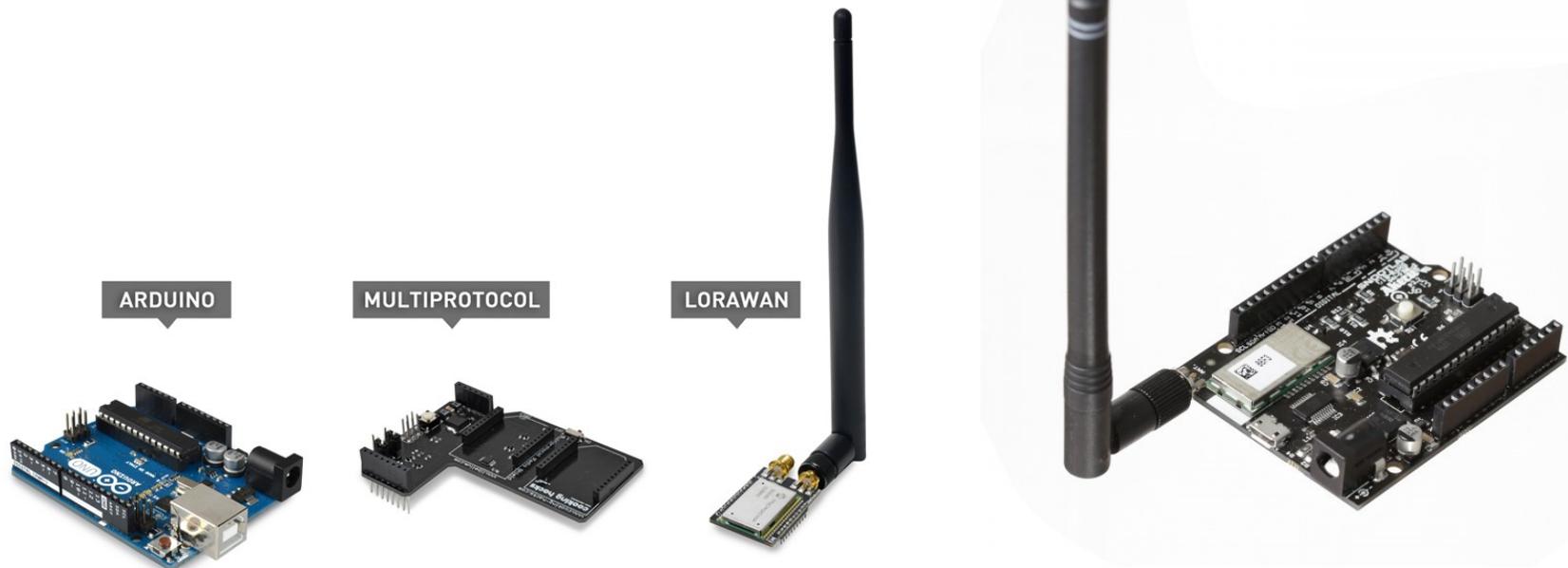
Données : 011010011001110000111111110100100

Infrastructure en phase de développement :

 • LoRaWAN (Long Range Wide-area network) ;
Alliance comportant Cisco, IBM, Orange, STMicro, etc...



• SigFox : Ultra Narrow Band (UNB) réseau cellulaire ultra-bas débit ;



Domaines d'application

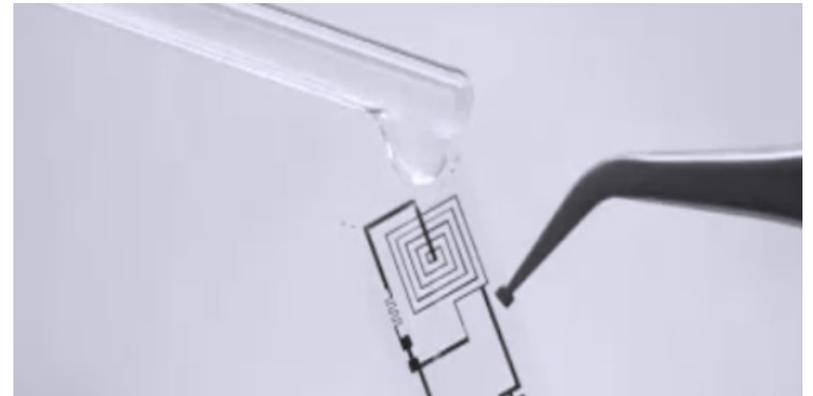
En logistique :

- utilisation des puces RFID ;
- permet de rendre la marchandise « intelligente » / traçable ;
- entrepôts entiers entièrement automatisés (Amazon).



Dans le domaine pharmaceutique :

- puces bio-dégradables évitant les contre-façons ;
- automatisation de la préparation des ordonnances ;



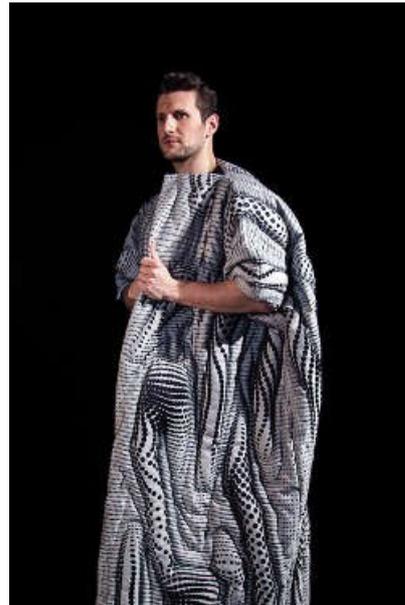
Dans le domaine de la santé ("quantified self") :

- Mieux se connaître (sport, balance connectée) ;
- Dépistage alerte (tension, pouls, ...) ;



Dans le domaine de la mode ("wearable technologies") :

- combinaison ultra connectée (Wi-Fi, GPS, bluetooth et NFC);
- charger son portable en marchant (smart shoes) ;
- cape d'invisibilité.



Dans le domaine alimentaire :

- puces assurant la traçabilité du bétail ;
- bien utile pour éviter Creutzfeldt-Jakob ;



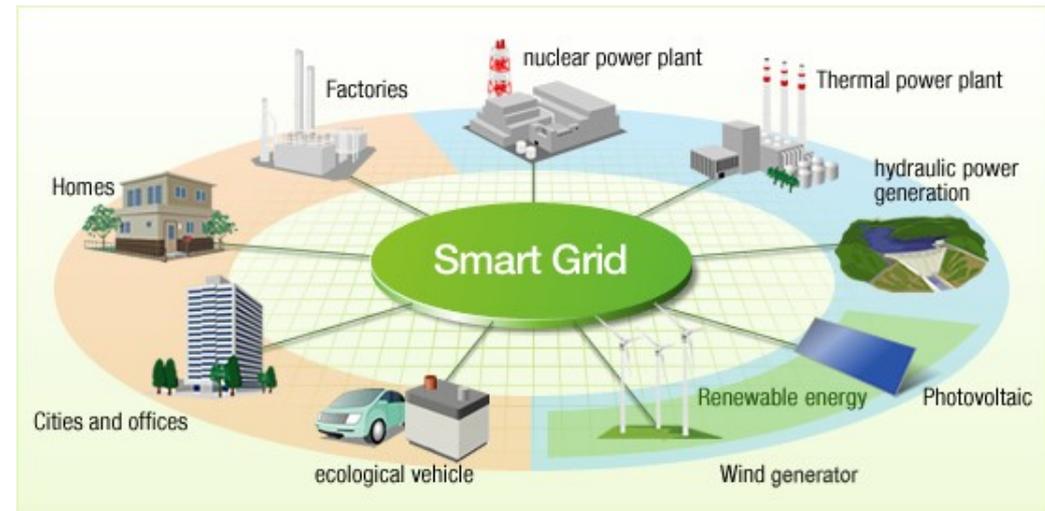
Dans le domaine de la domotique :

- piloter ses ouvrants ;
- contrôler le chauffage ;
- ...



Dans le domaine de l'énergie (smart grid) :

- optimiser la production ;
- optimiser l'acheminement ;
- contrôler le réseau
- ...



Communication avec l'IdO

Communications filaires :

- Ethernet : Ethernet, TCP/IP ;
- Bus : 1-Wire, I2C, ModBus, ProfiBus ;
- CPL : X10, In One Legrand, KNX, X2D Delta ;



PhpModbus



Communications sans-fil :

- 3.1 / 10 Ghz : WUSB
- 2.4 Ghz : Bluetooth, ZigBee ;
- 868 : X2D, ZigBee (Europe), KNX, Z-Wave ;
- 433 : HomeEasy ;
- Infrarouge : IrDa, RC5 Philips

