

Machine to Machine

Parcours ASR : systèmes dédiés

8h CM

20h TP

Modalité évaluation :

- De type CC
- Sur contenu des séances de TP
- **Présence aux séances de TP prise en compte**

Machine To Machine : M2M

1

Plan

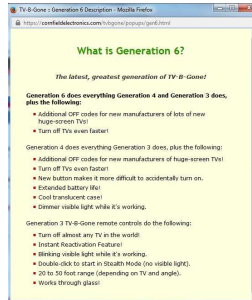
- **Partie 1 : introduction**
 - Quelques Repères
 - Quelques notions
 - Mise en perspective
 - Quels objets : exemples

Machine To Machine : M2M

2

1. Introduction

- Quelques années auparavant
 - Déjà des objets ou devices communicants
 - TVBGONE



Dispositif pour éteindre
les téléviseurs en moins
de 30s

http://cornfieldelectronics.com/tvbgone/tvbg_home.php?PHPSESSID=vkhv8lugfkl87eb9jn28vj3dh7

Machine To Machine : M2M

3

1. Introduction

- Quelques années auparavant
 - Déjà des objets ou devices communicants
 - Lapin communicant NABAZTAG – 2005 Société Violet, puis Mindscape (2009) puis Aldebaran (2011) puis ... Fin en 2015



- Le Nabaztag émet des messages vocaux ou lumineux et peut également remuer les oreilles.
- Il se connecte à internet par Wi-Fi 802.11b/g.
- Pour diffuser des informations, il doit être connecté au Wi-Fi. Il est alors capable de lire à voix haute les courriers électroniques, de diffuser des informations, de la musique ou d'émettre des signaux visuels. Selon les préférences de l'utilisateur, il donne ainsi les titres des actualités via des flux RSS, la météo, la bourse, la qualité de l'air, le trafic routier du périphérique de Paris, l'arrivée de courriels,...

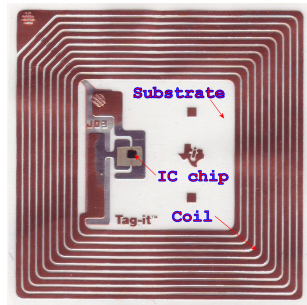
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Nabaztag>

Machine To Machine : M2M

4

1. Introduction

- Quelques années auparavant
 - Déjà des objets ou devices communicants
 - Etiquettes / Tags RFID : Radio Frequency IDentification



<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338>

- [...] The First RFID Patents Mario W. Cardullo claims to have received the first U.S. patent for an active RFID tag with rewritable memory on January 23, 1973. That same year, Charles Walton, a California entrepreneur, received a patent for a passive transponder used to unlock a door without a key. A card with an embedded transponder communicated a signal to a reader near the door. When the reader detected a valid identity number stored within the RFID tag, the reader unlocked the door. Walton licensed the technology to Schlage, a lock maker, and other companies. [...]

Machine To Machine : M2M

5

1. Introduction

- Quelques années auparavant
 - Déjà des objets ou devices communicants
 - Botanicals (2008)



<http://news.idealos.fr/news/562/botanicals-et-vos-plantes-appellent-au-secours.html>

Machine To Machine : M2M

6

1. Introduction

- Et maintenant
 - Septembre 2012 : campagne Nestlé UK



[...] Équipé d'une puce GPS, le fait de déchirer le sachet pour vous rapprocher de la barre chocolatée cela déclenche le système de géolocalisation par GPS et permet à Nestlé de vous retrouver où que vous soyez pour... vous offrir un chèque de 10 000 livres sterling » (environ 12 400 euros). Le groupe alimentaire, a caché six émetteurs GPS dans certaines de ses barres chocolatées (KitKat 4 Finger, KitKat Chunky, Aero Peppermint Medium, et Yorkie Milk). Lorsque l'emballage de l'une des barres concernées sera ouvert, l'émetteur s'activera et Nestlé promet de débarquer alors chez le grand gagnant, pour lui remettre un chèque de 10 000 livres sterling. Nestlé se donne 24h pour vous retrouver. La campagne publicitaire prend comme slogan l'inquiétante expression : « Nous vous retrouverons ! » (We Will Find You). [...]

<http://www.abavala.com/nestle-fait-de-ses-barres-chocolates-des-objets-communicants/>

Machine To Machine : M2M

7

1. Introduction

- Et bientôt?...

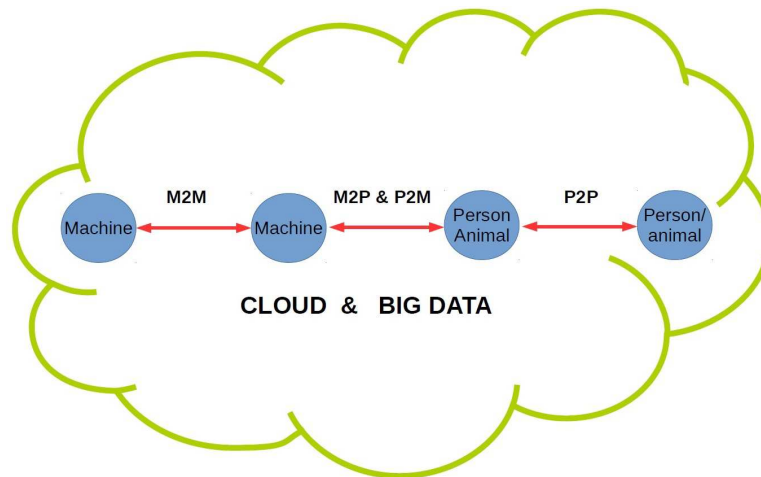


Machine To Machine : M2M

8

1. Introduction

« La foire à l'objet connecté »



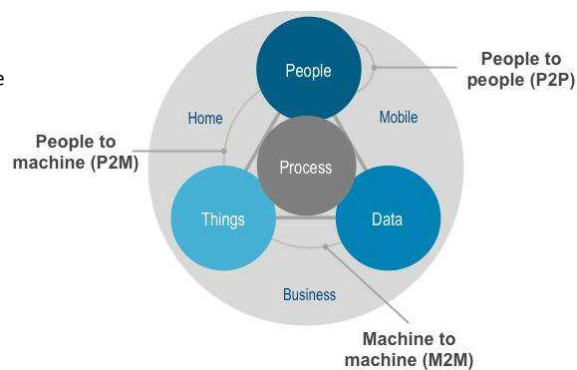
Machine To Machine : M2M

9

1. Introduction

- Notions

- M2M : Machine to Machine
- P2M : Person To Machine
- IOT : Internet Of Things
- IOD : Internet Des Objets



Cisco (IBSG), 2013

Machine To Machine : M2M

10

1. Introduction

- Mise en perspective : technologies émergentes – cycle de Hype
 - Etabli tous les ans par la société Gartner
 - Etablir régulièrement un schéma représentant l'ensemble des technologies émergentes et leur position sur ce cycle

1	Lancement de la technologie	L'arrivée sur le marché d'une nouvelle technologie, mais il s'agit non de produits utilisables, mais plus de prototypes ou d'une technologie "prometteuse".
2	Pics des espérances exagérées	Un emballement médiatique aboutit à des attentes exagérées et non réalistes. Des startups se créent pour développer et commercialiser des produits basés sur la nouvelle technologie
3	Gouffre des désillusions	Les produits disponibles ne parviennent pas à répondre aux espoirs exagérés qui avaient été formulés. En conséquence, les médias vouent aux gémonies ce qu'ils ont adoré précédemment ou on assiste à un krach boursier : c'est "l'anti-hype".
4	Pente de l'illumination	Certaines entreprises persistent et développent des produits de deuxième génération. On commence à comprendre les véritables avantages et pratiques d'application concrètes de la technologie. On assiste à un développement progressif et solide du marché.
5	Plateau de productivité	Dans cette dernière phase, la technologie est rodée et permet le développement de produits de troisième génération. L'étendue des applications est variable selon que la technologie est largement applicable ou sert qu'un marché de niche.

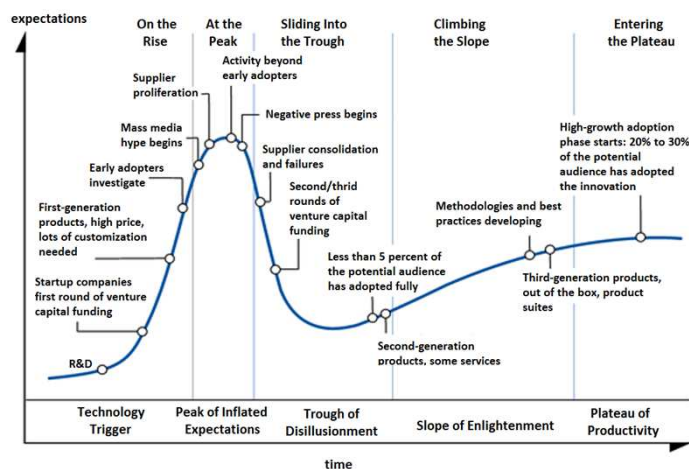
https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_du_hype

Machine To Machine : M2M

11

1. Introduction

- Mise en perspective : technologies émergentes – cycle de Hype



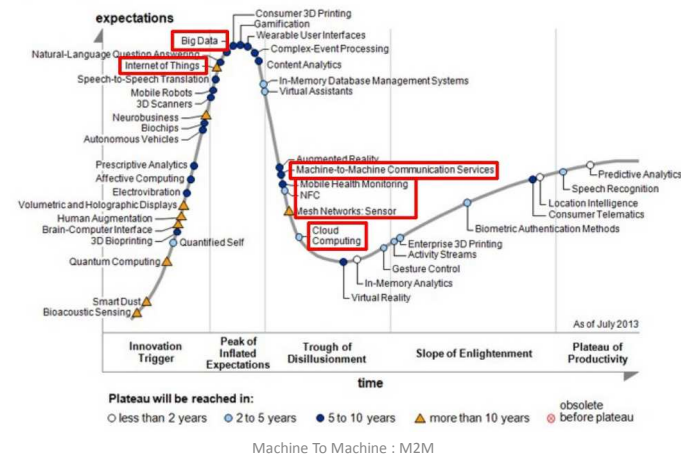
Machine To Machine : M2M

12

1. Introduction

- Mise en perspective : technologies émergentes – cycle de Hype
Gartner Hype Cycle 2013 <http://www.gartner.com/newsroom/id/2575515>

Figure 1. Hype Cycle for Emerging Technologies, 2013

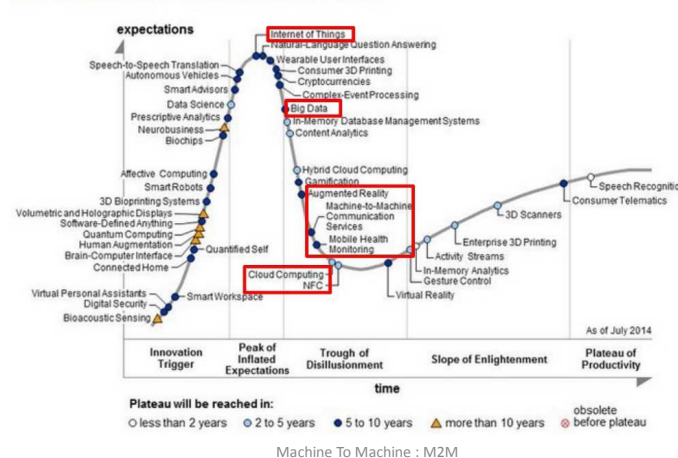


13

1. Introduction

- Mise en perspective : technologies émergentes – cycle de Hype
Gartner Hype Cycle 2014 <http://www.gartner.com/newsroom/id/2819918>

Figure 1. Hype Cycle for Emerging Technologies, 2014



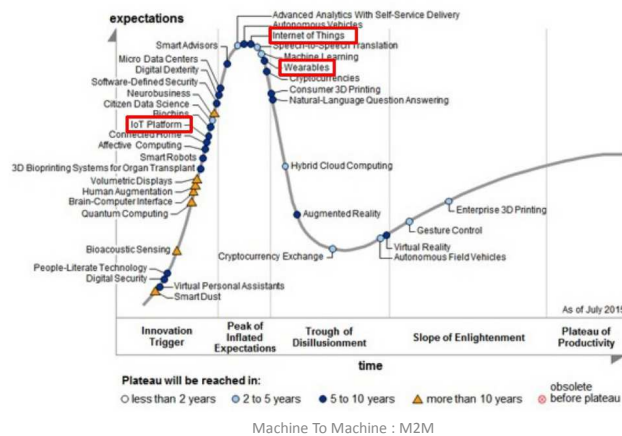
14

1. Introduction

- Mise en perspective : technologies émergentes – cycle de Hype

Gartner Hype Cycle 2015 <http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>

Figure 1. Hype Cycle for Emerging Technologies, 2015



15

1. Introduction

- Mise en perspective : technologies émergentes – cycle de Hype

Gartner Hype Cycle 2016 <http://www.gartner.com/newsroom/id/3412017>

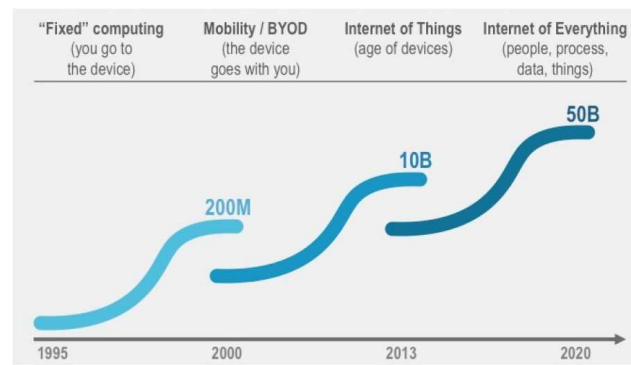


16

1. Introduction

- Mise en perspective : enjeux économiques (1)

Figure 1. Rapid Growth of the Number of Things Connected to the Internet.



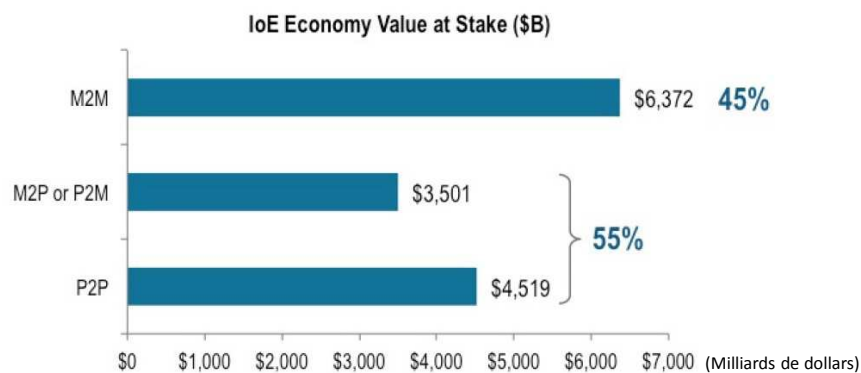
Source: Cisco IBSG, 2013

Machine To Machine : M2M

17

1. Introduction

- Mise en perspective : enjeux économiques (2)



Source: Cisco IBSG, 2013

Machine To Machine : M2M

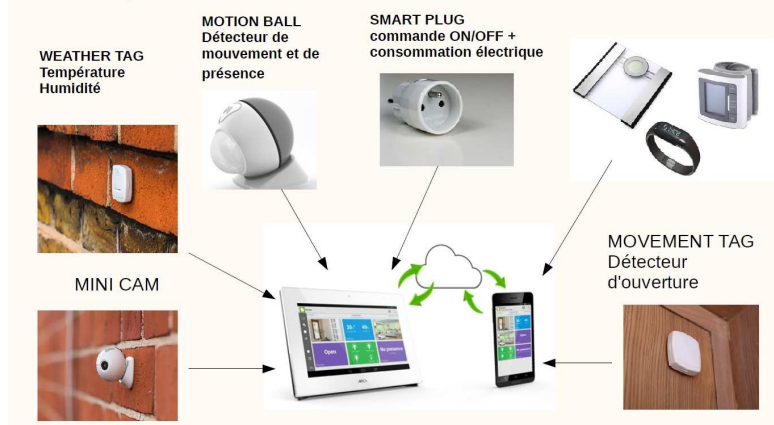
18

1. Introduction

- Quels objets?

- Domotique : Archos smart home

- ▶ Exemple : ARCHOS SMART HOME



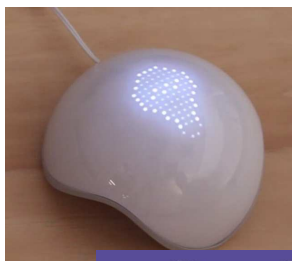
Machine To Machine : M2M

19

1. Introduction

- Quels objets?

- Domotique : Ninja Sphere



NINJA SPHERE

ABOUT TECH SPECS DEVELOPMENT FAQ BUY

TECHNICAL SPECIFICATIONS		
RADIOS ZigBee Bluetooth Bluetooth Smart Wi-Fi (a/b/g/n only)	DISPLAY 16 x 16 LED Matrix 16 Million Colors	OPERATING SYSTEM Snappy Ubuntu Core
GESTURE 16 Field Gesture board	IN THE BOX 1 x spherasoid 1 x power supply (5V/500mA)	MOBILE APP iOS 8+ Android 4.4+


[\(https://ninjablocks.com/\)](https://ninjablocks.com/)

TAKE CONTROL OF YOUR SMART HOME.

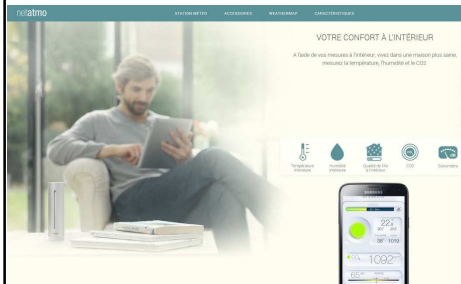
Ninja Sphere is both a hardware and software platform designed to seamlessly bridge your smart devices together. By connecting to products from various brands, your home can start using them in new and exciting ways.

While you're away from home, the Sphere app can notify you if it sees a problem and will help you to fix it. Left the heater on during the day? Turn it off from the car and save a day's worth of electricity.

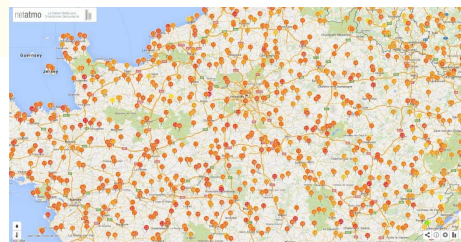
20

1. Introduction

- Quels objets?
 - Domotique : Netatmo



(<https://www.netatmo.com/fr-FR/produit/station-meteo>)



Machine To Machine : M2M

21

1. Introduction

- Quels objets?
 - Domotique : Sen.se (<https://sen.se/store/cookie/>)
 - Intégration de capteurs (puces tout-en-un ("All-in-one chip"))



Walk
Avez-vous suffisamment marché pour être en forme ? Découvrez le nombre de pas que vous faites, les distances parcourues et les calories brûlées.



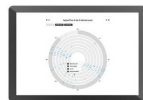
Coffee
Combien de cafés avez-vous bu aujourd'hui ? En consommant-vous trop le soir ? Soyez prévenu avant d'être à court de capsules.



Presence
Qui vient de rentrer à la maison ? Soyez notifié lorsque vos enfants sont bien rentrés de l'école.



Dresses & darts
Tous les vêtements de vos enfants ont-ils été lavés ? Soyez prévenu si la température est au-dessus ou en dessous de la norme.



Dust
Surveillez les entrées de votre maison. Soyez prévenu si une activité suspecte est détectée en votre absence.



Medication
Prenez toujours vos médicaments à temps. Soyez notifié si vous oubliez. Suivez la régularité de vos prises.



Temperature
Mesurez la température partout où c'est utile. Soyez prévenu si la température est au-dessus ou en dessous de la norme.



Sleep
Dormez mieux. Levez-vous plus souvent. Mesurez la qualité de votre sommeil et faites-vous réveiller en douceur.



Clock
On a tous nos petits secrets auxquels personne d'autre ne doit toucher. Gardez un œil sur les objets et soyez alerte si ils bougent.



Machine To Machine : M2M

22

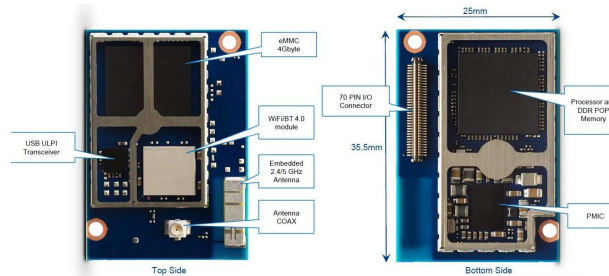
1. Introduction

• Quels objets?

- Intel (<https://sen.se/store/cookie/>)
- Intégration de modules de communication au micro contrôleur
 - Exemple : carte Edison Intel



Intel Edison Breakout board kit



Machine To Machine : M2M

23

1. Introduction

• Quels objets?

- Exemple : carte Edison Intel



Physical	
Form Factor	Board with 70-pin connector
Dimensions	35.5 x 25.0 x 3.9 mm max
C/M/F	Blue PCB with Shields / No enclosure
Connector	Hirose DF40 Series (1.5mm, 2.0mm, or 3.0mm stack height)
Operating Temperature	0 – 40 degC

External Interfaces	
Total of 40 GPIOs which can be configured as:	
SD Card	1 Interface
UART	2 Controllers (1 full flow control, 1 RX/TX)
I2C	2 Controllers
SPI	1 Controller with 2 chip selects
I2S	1 Controller
GPIO	Additional 12 (with 4 capable of PWM)
USB 2.0	1 OTG Controller
Clock Output	32 KHz, 19.2 MHz

Major Edison Components	
SoC	22-nm Intel® SoC that includes a dual-core, dual-threaded Intel® Atom™ CPU at 500MHz and a 32-bit Intel® Quark™ microcontroller at 100 MHz
RAM	1 GB LPDDR3 POP memory (2 channel 32bits @ 800MT/sec)
Flash Storage	4 GB eMMC (v4.51 spec)
WiFi	Broadcom® 43340 802.11 a/b/g/n; Dual-band (2.4 and 5 GHz) On board antenna or external antenna SKU configurations
Bluetooth	BT 4.0

Power	
Input	3.3V – 4.5V
Output	100ma @3.3V and 100ma @ 1.8V
Power	Standby (No radios): 13mW
	Standby (BT 4.0): 21.5mW (BTLE in Q4'14)
	Standby (WiFi): 35 mW

Firmware + Software	
CPU OS	Yocto Linux® v1.6
Development Environments	Arduino® IDE
	Eclipse supporting: C, C++, & Python Intel XDK supporting: Node.js & HTML5
MCU OS	RTOS
Development Environments	MCU SDK and IDE

Machine To Machine : M2M

24

1. Introduction

- Quels objets?
 - Exemple : carte Edison Intel

Edison Developer Options

		Coming late Sept.		Coming mid 4Q (subject to change)	
		Arduino* Developer	Java script Developer	Embedded Developer	Visual Programming MCU Developer
Cloud		IoT Kit & Mashery*			
Programming Language	IDE	Arduino* IDE Win*/Mac*	Intel XDK Win*/Mac*/Linux*	Eclipse Win*/Mac*/Linux*	Wylodrin* Web Win*/Mac*/Linux*
		Arduino* Sketch C++	Javascript (Node JS)	C/ C++/Python	Visual Javascript C/C++
Tools/ Libraries		Arduino* Libraries	Intel XDK	ISS	Wylodrin* MCU SDK
OS / Boot Image		Yocto Linux* 1.6			
					RTOS

Machine To Machine : M2M

25

1. Introduction

- Quels objets?
 - Exemple : carte Edison Intel

Edison Developer Options

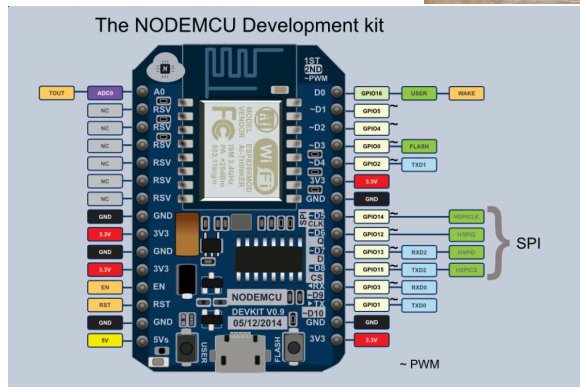
		Coming late Sept.		Coming mid 4Q (subject to change)	
		Arduino* Developer	Java script Developer	Embedded Developer	Visual Programming MCU Developer
Cloud		IoT Kit & Mashery*			
Programming Language	IDE	Arduino* IDE Win*/Mac*	Intel XDK Win*/Mac*/Linux*	Eclipse Win*/Mac*/Linux*	Wylodrin* Web Win*/Mac*/Linux*
		Arduino* Sketch C++	Javascript (Node JS)	C/ C++/Python	Visual Javascript C/C++
Tools/ Libraries		Arduino* Libraries	Intel XDK	ISS	Wylodrin* MCU SDK
OS / Boot Image		Yocto Linux* 1.6			
					RTOS

Machine To Machine : M2M

26

1. Introduction

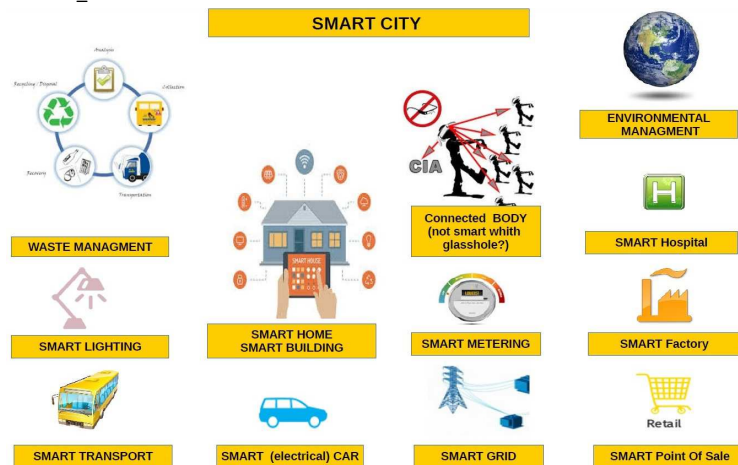
- Quels objets?
 - Exemple : NodeMcu Amica



27

1. Introduction

- Quels objets?
 - Smart_XXX



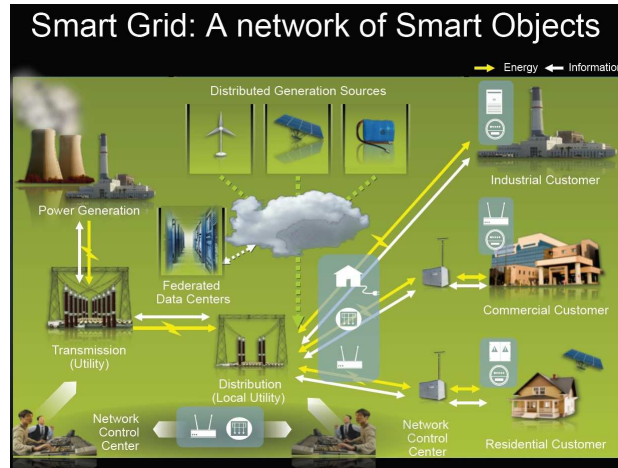
Machine To Machine : M2M

28

1. Introduction

- Quels objets?

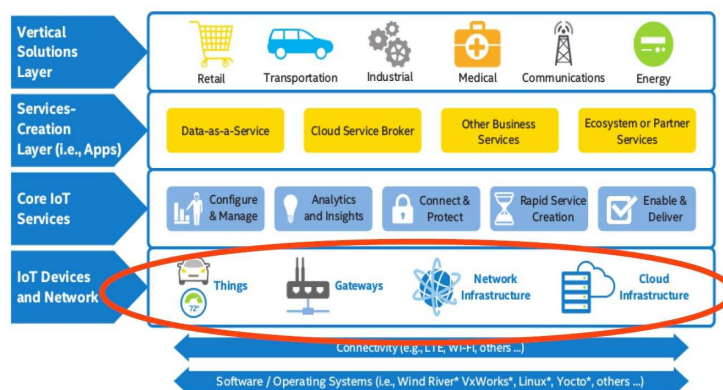
- Smart Grid (The Internet of Things, P2P RG – IRTF – Prague, March 2011, JP Vasseur (jpv@cisco.com))



29

1. Introduction

- Chaine de valeurs des services IoT (source Intel)



Machine To Machine : M2M

30

1. Introduction

M2M: cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Machine_to_machine

- Le concept de machine to machine (terme issu de l'anglais), parfois abrégé par le signe M2M, utilise les télécommunications et l'informatique pour permettre des communications entre machines, et ceci sans intervention humaine.
- En français, le M2M se traduit par « la communication de machine à machine », « la communication entre machines » ou encore « la communication inter machines ».
- Une définition plus générale de « la communication machine à machine » est l'association des technologies de l'information et de la communication (abréviation TIC), avec des objets dits intelligents et communicants et cela dans le but de fournir à ces derniers les moyens d'interagir sans intervention humaine avec le système d'information. Ce dernier peut appartenir indifféremment à une organisation ou à une entreprise.

Machine To Machine : M2M

31

1. Introduction

IoT :

- « L'Internet des objets est un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant. »
[L'Internet des objets de Pierre-Jean Benghozi, Sylvain Bureau et Françoise Massit-Folléa \(Edition MSH\)](#)
- La seule définition officielle internationale a été fournie par l'[Union internationale des télécommunications](#)¹¹. Selon sa recommandation *Présentation générale de l'Internet des objets* (ITU-T Y.2060), Juin 2012, § 3.2.2, l'Internet des Objets est une « infrastructure mondiale pour la société de l'information, qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication interopérables existantes ou en évolution ». L'Union précise aussi qu'en exploitant les capacités d'identification, de saisie de données, de traitement et de communication, l'IdO tire pleinement parti des objets pour offrir des services à toutes sortes d'applications, tout en garantissant le respect des exigences de sécurité et de confidentialité. Elle note enfin que, dans une optique plus large, l'IdO peut être considéré comme un concept ayant des répercussions sur les technologies et la société¹².
- Une définition plus synthétique est la suivante : l'IdO est « un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant »¹³.
- D'autres définitions insistent sur les aspects techniques de l'IdO (« des objets ayant des identités et des personnalités virtuelles, opérant dans des espaces intelligents et utilisant des interfaces intelligentes pour se connecter et communiquer au sein de contextes d'usages variés »¹⁴), d'autres portent sur les usages et les fonctionnalités (« la convergence des identifiants numériques »¹⁵) notant qu'il devient possible d'identifier de manière unifiée des éléments d'information numérique (adresses) et des éléments physiques (une palette dans un entrepôt, ou un animal dans un troupeau).

Machine To Machine : M2M

32

1. Introduction

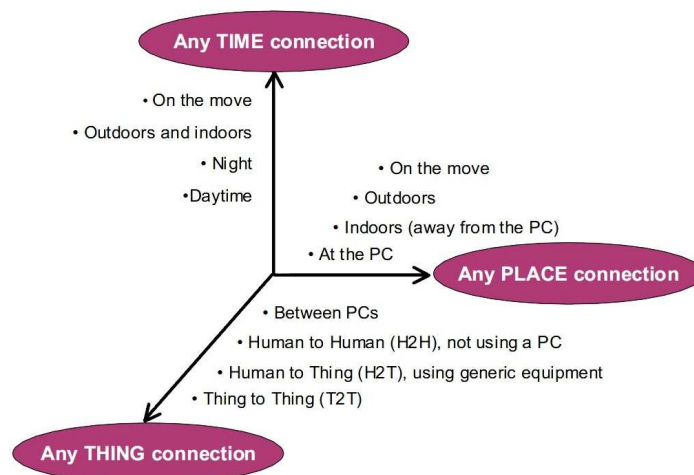
IoT :

- Gartner, “The Internet of Things is a concept that describes how the Internet is being used to link smart devices, conventional consumer items, and physical assets so that these new endpoints can create and receive a data stream. The trend is developing fast. Nearly every product could become part of it.
 - A plant can tweet that it needs water; manufacturing equipment can monitor its status and schedule maintenance;
 - consumer appliances and cars are connected;
 - it's no longer science fiction — all examples exist today.”

Machine To Machine : M2M

33

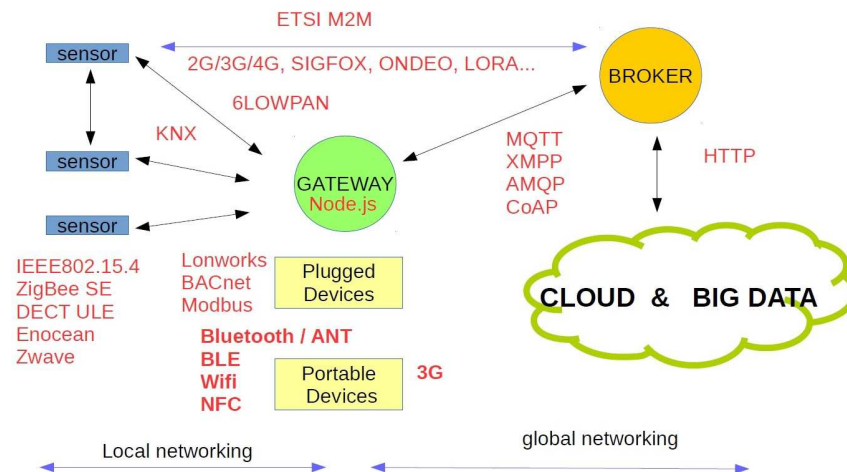
1. Introduction



Machine To Machine : M2M

34

2. Technologies et Protocoles



Machine To Machine : M2M

35

2. IoT et communication

- Spécificités :
 - Les fournisseurs d'accès Internet proposent des liens asymétriques : le lien descendant (download – réception des données en téléchargements) à un débit bien plus important que le lien montant (upload – envoi de données).
 - Les serveurs dans les datacenters ne sont pas configurés pour recevoir en temps réel des données de millions de capteurs : les technologies de streaming sont utilisées pour transférer des données du serveur vers de multiples clients ...pas le contraire !
- => **Nécessité de repenser les échanges de données**
- **et de « messages »**
- => **Utilisation d'un « broker »**

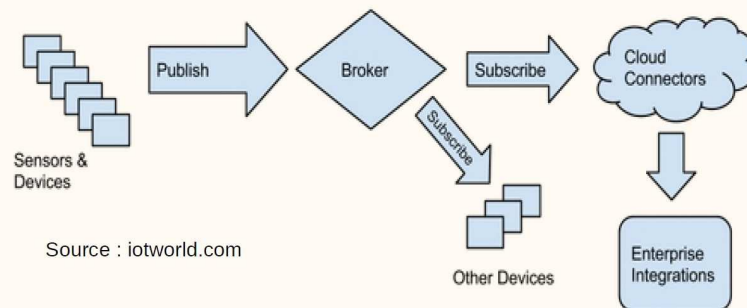
Machine To Machine : M2M

36

Broker (courtier) : qui sert d'intermédiaire entre 2 parties

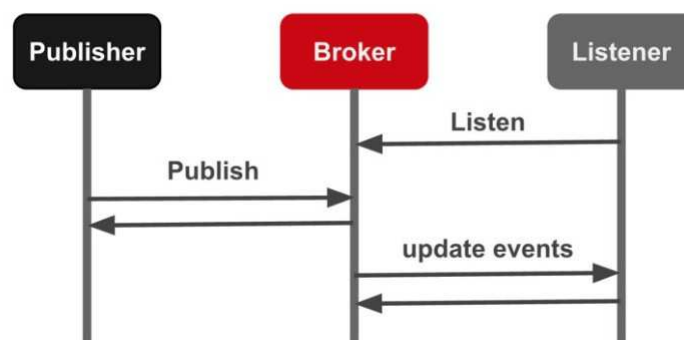
Le broker est conçu pour supporter une charge « upload » très importante.

Il redistribue l'information « publiée » par des capteurs » à tous les « abonnés » à cette donnée.



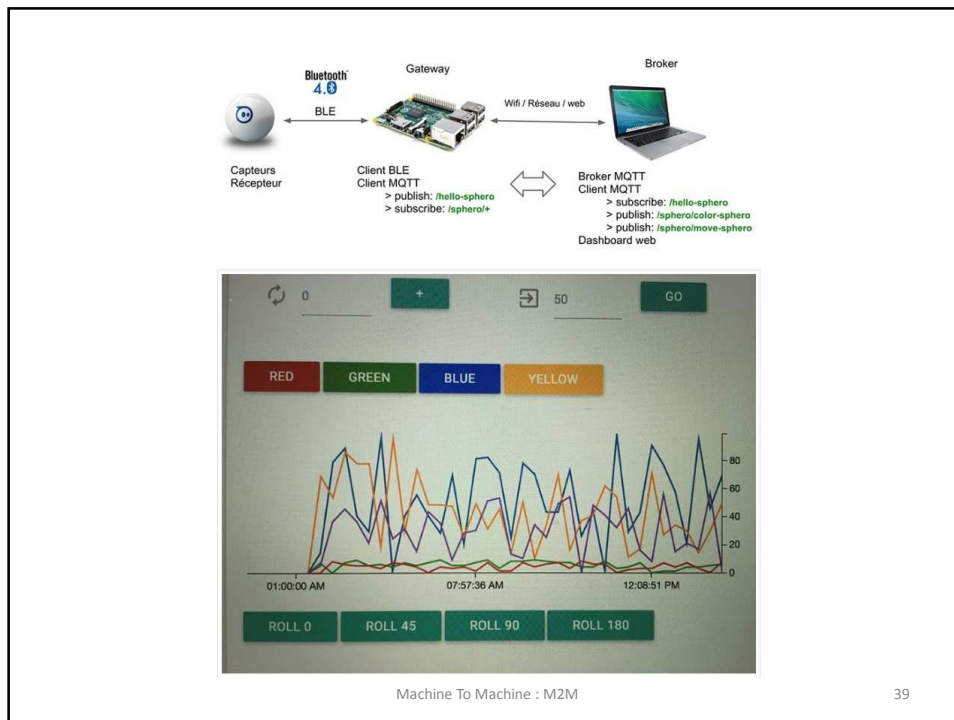
Machine To Machine : M2M

37

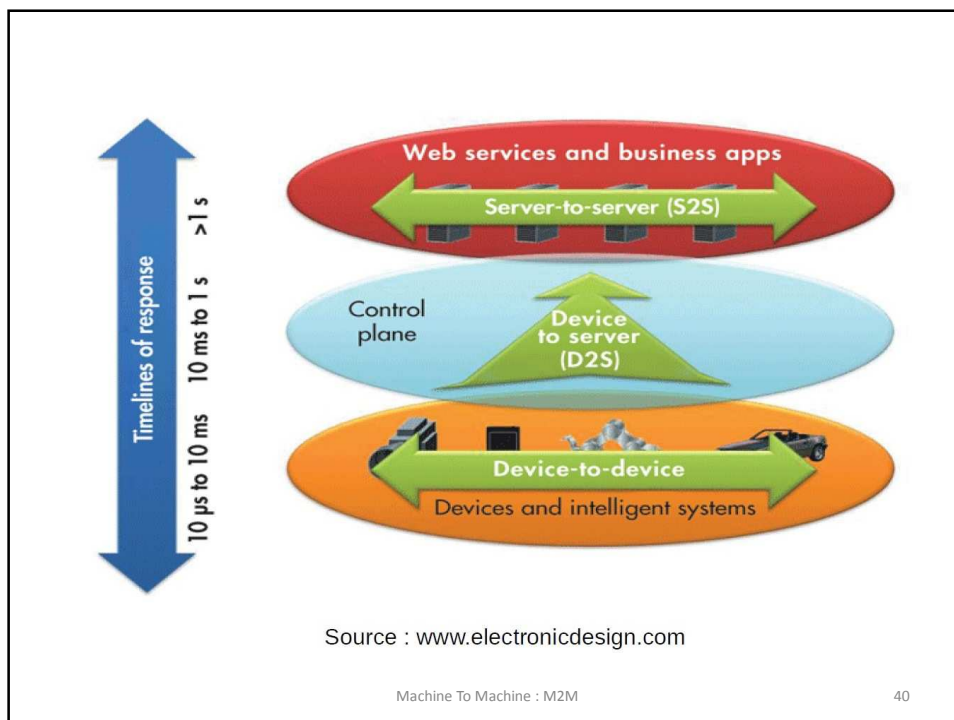


Machine To Machine : M2M

38



39

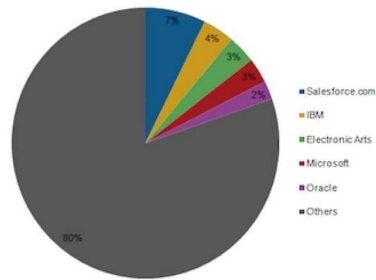


Machine To Machine : M2M

40

2. Acteurs du marché

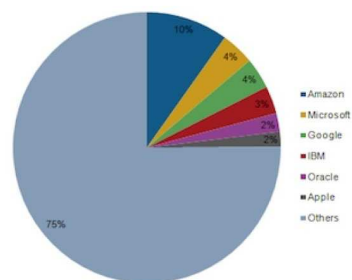
SaaS Market Share by Vendors in 2013



Market Realist[®]

SaaS : software as a service

IaaS/PaaS Market Share by Vendors in 2013



Source: ITCandor

IaaS : infrastructure as a service

PaaS : platform as a service

Machine To Machine : M2M

41

3. Big Data

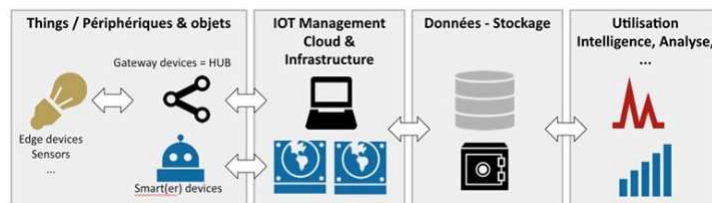


Machine To Machine : M2M

42

4. Structure application IoT

- les *things* ou *devices* (objets, périphérique...),
- les infrastructures (les serveurs qui vont communiquer avec les *things*, dans le cloud ou ailleurs),
- le stockage des données,
- l'utilisation des données.

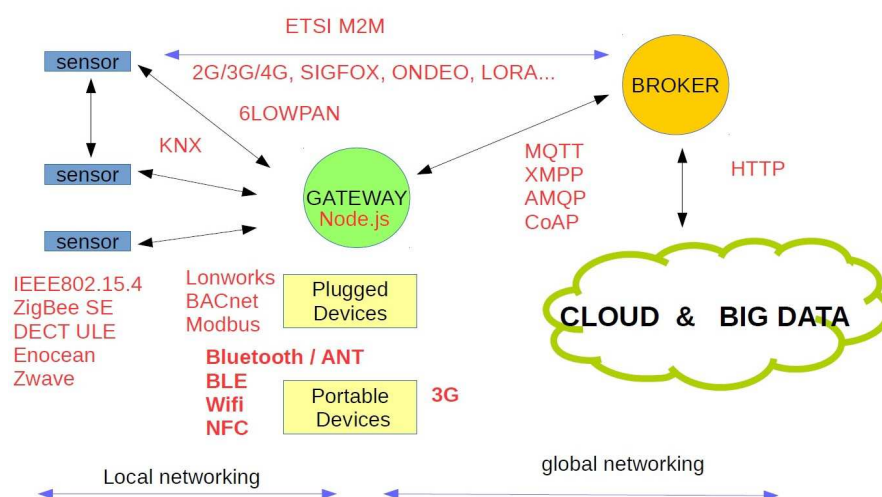


<http://www.technologies-ebusiness.com/enjeux-et-tendances/comprendre-iiot-avec-une-boule-mais-pas-que>

Machine To Machine : M2M

43

5. Protocoles IoT



Machine To Machine : M2M

44

5. Protocoles IoT

- Deux types de technologies :

Data Centric : On s'intéresse aux données utilisateur et à ce qu'elles représentent.

- Les objets interagissent avec un modèle des données mais pas entre eux (par exemple en interrogeant une base)
- Cela permet une grande abstraction (orientation objet)
- Une meilleure interopérabilité
- Mais il est difficile d'ajouter de nouveaux modèles (« profile ») car il faut passer par un processus de standardisation.

Message Centric : On s'intéresse au bon acheminement des messages indépendamment de leur signification

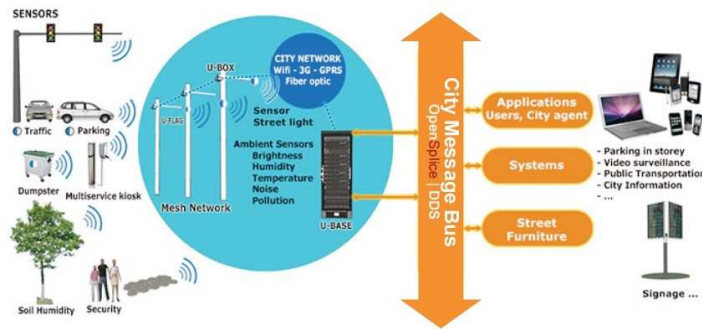
- Abstraction moins poussée (« transport layer » pour les messages)
- Le contenu est défini par chaque utilisateur : peu explicite pour les autres destinataires ...

5. Protocoles IoT

- DDS : Data Distribution Service for Real-Time Systems
- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol
- MQTT : MQ Telemetry Transport
- JMS : Java Message Service
- REST : Representational State Transfer
- CoAP : Constrained Application Protocol

5. Protocoles IoT : Data centric

- DDS : Data Distribution Service for Real-Time Systems
- https://en.wikipedia.org/wiki/Data_Distribution_Service
- DDS : Exemple de mise en œuvre : ville de Nice



Machine To Machine : M2M

47

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS - Exemple de mise en œuvre : ville de Nice (2)

EzPark App

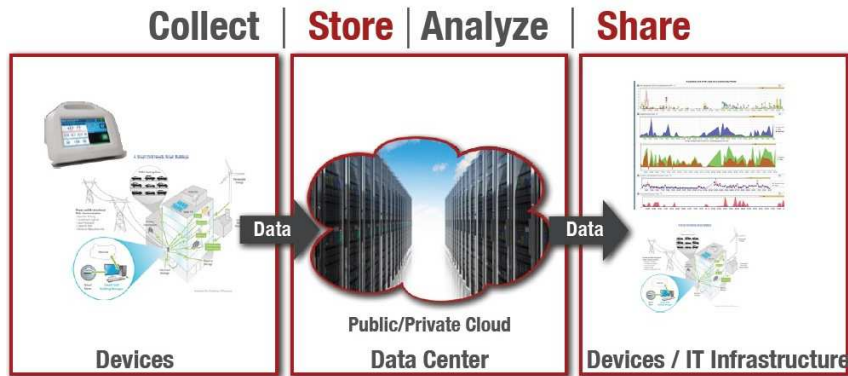


Machine To Machine : M2M

48

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS - Exemple de mise en œuvre : smart grid



Machine To Machine : M2M

49

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Principes généraux (1)

- **Data Distribution Service** for real Time Systems
- Issu du secteur de la défense (dont Thales)
- Principales propriétés :
 - Orienté échange de données
 - Temps réel
 - Déploiement sur des échelles spatiales différentes (scalable)
 - Interopérable
 - Multi plate forme => indépendant de l'OS
 - Ne nécessite pas de broker : interconnexion de type bus
 - Technologie de type « Publish » (publier) « Subscribe » (souscrire)
- Historique :
 - DDS 1.0 : juin 2003
 - DDS 1.4 : avril 2015

Machine To Machine : M2M

50

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Principes généraux (2)

- **Publisher** : device / objet qui est à l'origine de la publication des données
- **Subscriber** : device / objet qui assure la réception des données issues des « publisher »
- Modèle : publisher – subscriber pour l'envoi et la réception de données au travers de nœuds
- Les nœuds qui produisent les données créent des thèmes /topics (température, pression, localisation,...) et génèrent des échantillons (samples)
- DDS délivrent les échantillons aux souscripteurs qui déclarent leur intérêt.

Machine To Machine : M2M

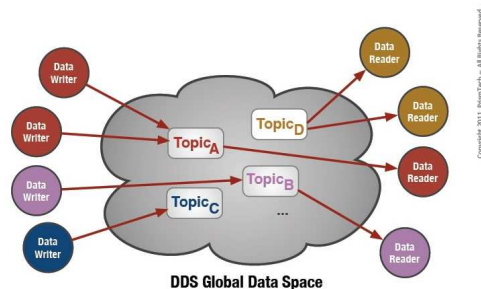
51

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Principes généraux (3)

DataWriters and DataReaders are automatically and dynamically matched by the DDS **Discovery**

A rich set of **QoS** allows to **control existential, temporal, and spatial properties of data**

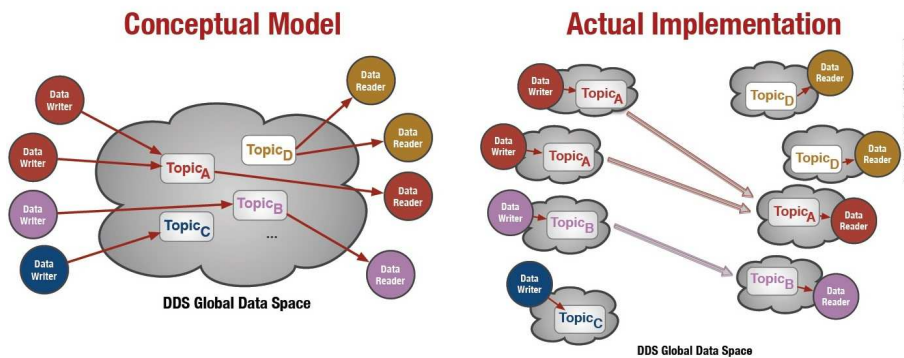


Machine To Machine : M2M

52

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Principes généraux (4)



Machine To Machine : M2M

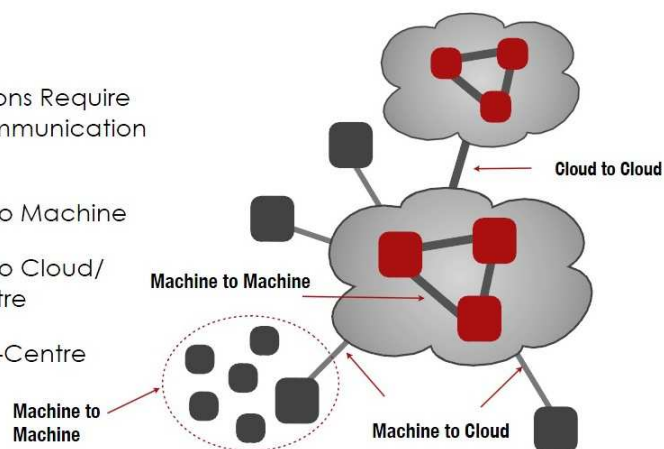
53

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Principes généraux (5)

IoT Applications Require different Communication Patterns

- ☐ Machine to Machine
- ☐ Machine to Cloud/ Data-Centre
- ☐ Inter Data-Centre



Machine To Machine : M2M

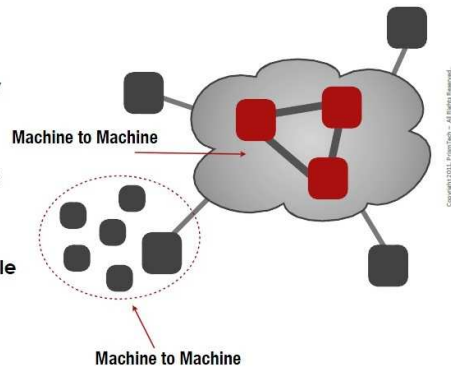
54

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Principes généraux (6)

Machine to Machine

- **Peer-to-Peer Communication** between devices with potentially **very different hardware and networking capabilities**
- In some use cases, e.g. inside the data center, low latency / high throughput are relevant
- To enable **Open and Interoperable IoT, Machine- Machine** communication has to rely on **standard protocols**



Machine To Machine : M2M

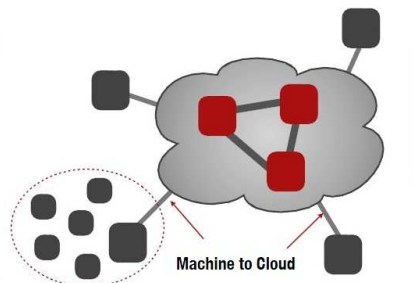
55

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Principes généraux (8)

Machine to Cloud/Data-Centre

- Characteristic of the communication depends on the kind of application
 - Sporadic data updates vs. Real-Time data updates
 - Potentially Constrained Bandwidth
 - Intermittent Connectivity
 - Variable Latency Links
 - NAT, Firewalls
 - Security
- To enable **Open and Interoperable IoT, Machine- to-Cloud/Data-Centre** communication has to rely on **standard protocols**



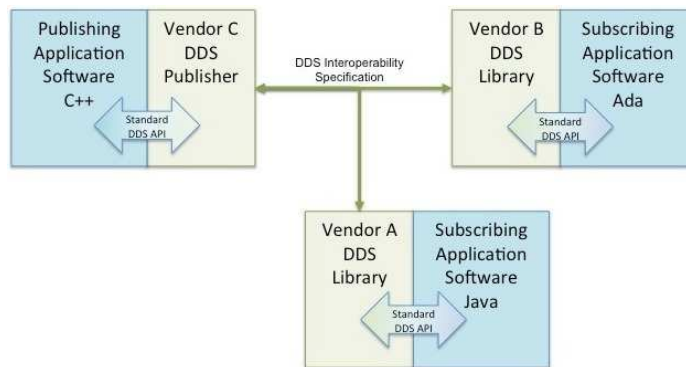
Machine To Machine : M2M

56

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Interopérabilité (1)

- Démontrée entre 2009 et 2013



Machine To Machine : M2M

57

5. Protocoles IoT : Data centric

DDS – Interopérabilité (2)

- Connexion au réseau basée sur protocole IP
- Mécanisme de découvertes des « publisher » et « subscriber »
- Prise en compte de QOS (Quality Of Service)
- Réseau tolérant aux délais

Implémentation

- Il existe des bibliothèques avec des API couvrant les langages C, Ada, C++, C#, Java,...
- Il existe a priori des bibliothèques open source (à vérifier)

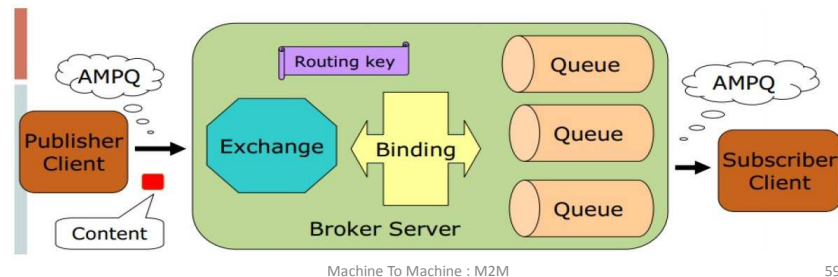
Project	Code	License
OpenDDS (http://www.opendds.org)	?	?
PrismTech OpenSplice	OpenSplice (https://github.com/PrismTech/opensplice)	LGPL
eProsima (http://www.eprosima.com/index.php/en/resources-all/dds-all)	eProsima github (https://github.com/eProsima)	LGPL

Machine To Machine : M2M

58

5. Protocoles IoT : message centric

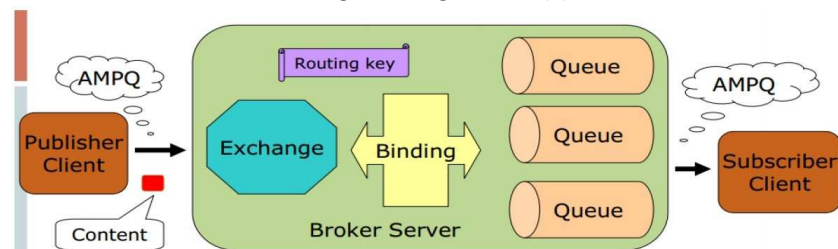
- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol (1)
 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Advanced_Message_Queueing_Protocol
 - <http://www.amqp.org/>
- Issu du secteur financier (JP Morgan, Deutsche Börse Group , Bank of America) (2003 – 2005)
- AMPQ 1.0 correspond à la norme ISO/IEC 19464:2014
- Développé pour assurer des échanges de données rapides et fiables
- Nécessite un broker



59

5. Protocoles IoT : message centric

- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol (2)



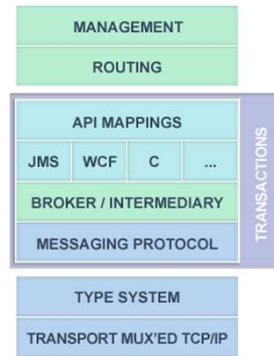
- Content : encapsulation des données et offrir des méthodes pour l'envoi, la réception, l'acquittement,...
- Exchange : réception des messages et routage vers les queues
- Queue : Queues de stockages des messages jusqu'à traitement
- Binding : par défaut, lien entre « Routing key » et « Queue name »
- Routine key : Etiquette pour gestion du routage sur les queues
 - Adresse virtuelle utilisée au niveau du "Binding"

Machine To Machine : M2M

60

5. Protocoles IoT : message centric

- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol (3)
 - Basé sur des échanges de messages sous forme binaire
 - Couche transport : TCP/IP



Machine To Machine : M2M

61

5. Protocoles IoT : message centric

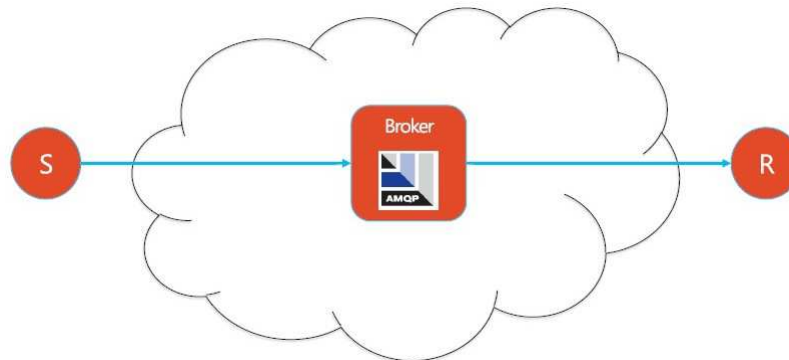
- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol (4)
 - Trames d'échanges des données
 - 9 formats de trames
 - open
 - begin
 - attach
 - transfer
 - flow
 - disposition
 - detach
 - end
 - close
 - Initialisation du protocole : établir un lien
 - Trame de type attach
 - Envoi **ou** réception d'un message
 - Envoi trame :
 - Trame de transfert

Machine To Machine : M2M

62

5. Protocoles IoT : message centric

- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol (5)
 - Topologies de réseaux (ISO/IEC 19464) (1)

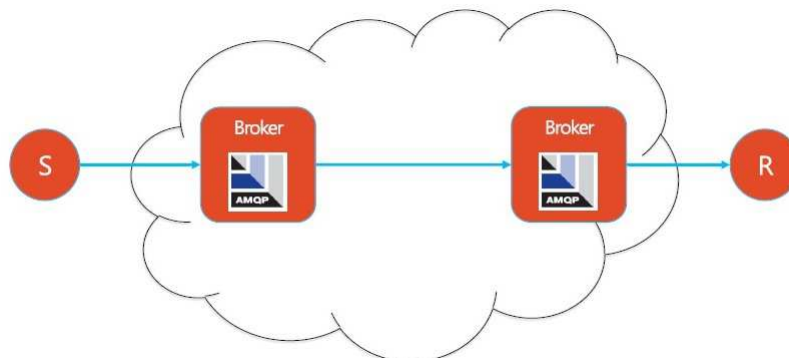


Machine To Machine : M2M

63

5. Protocoles IoT : message centric

- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol (6)
 - Topologies de réseaux (ISO/IEC 19464) (2)

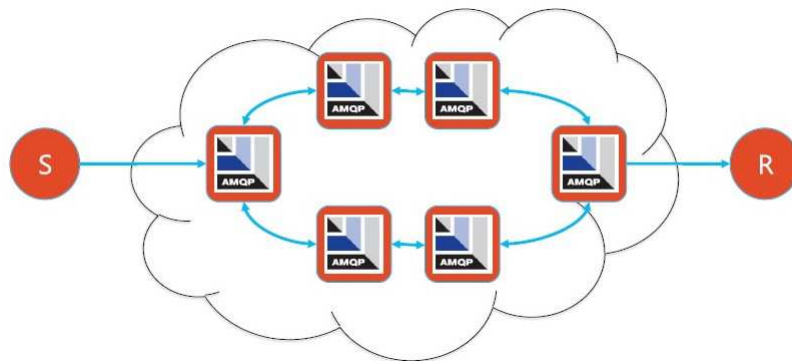


Machine To Machine : M2M

64

5. Protocoles IoT : message centric

- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol (7)
 - Topologies de réseaux (ISO/IEC 19464) (3)

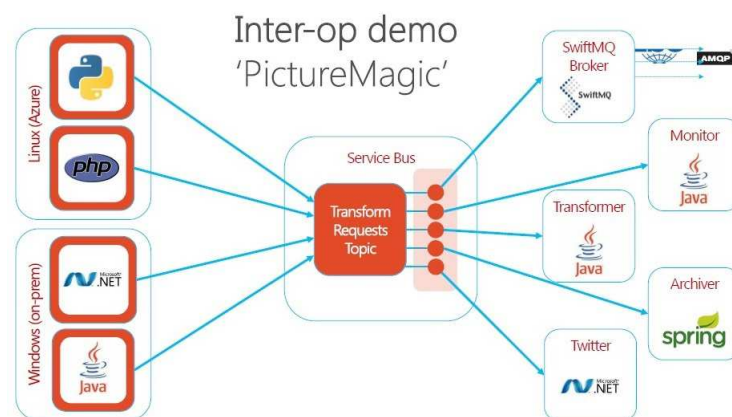


Machine To Machine : M2M

65

5. Protocoles IoT : message centric

- AMQP : OASIS' Advanced Message Queuing Protocol (8)
 - Topologies de réseaux (ISO/IEC 19464) (4)



Machine To Machine : M2M

66

5. Protocoles IoT

- XMPP : **Extensible Messaging and Presence Protocol**
 - Références:
 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Extensible_Messaging_and_Presence_Protocol
 - <http://xmpp.org/>
 - Constitue la formalisation du protocole Jabber
 - Porté par l'IETF (Internet Engineering Task Force)
 - Origine : Jabber, protocole basé sur le format XML (1999)
 - Domaine d'application : messagerie instantanée
 - Architecture client – serveur
 - Porté par Cisco depuis 2008 (XMPP)

Machine To Machine : M2M

67

5. Protocoles IoT

- MQTT : Message Queuing Telemetry Transport (1)
 - Cf. <http://mqtt.org/>
 - Cf. <https://fr.wikipedia.org/wiki/MQTT>
 - Protocole de messagerie [publish-subscribe](#) basé sur le protocole TCP/IP.
 - Initialement développé par Andy Stanford-Clark (IBM) et Arlen Nipper (EuroTech), puis offert à la communauté Open Source
 - MQTT v3.1.1 est maintenant un standard OASIS
- 

OASIS
Advancing open standards for the information society
- Nécessite l'utilisation d'un broker
 - Authentification / cryptage : SALS (Simple Authentication and Security Layer – IETF) / TLS (Transport Layer Security)
 - Prise en compte de niveau de QoS sur la fourniture des messages
 - Utiliser par Facebook messenger

Machine To Machine : M2M

68

5. Protocoles IoT

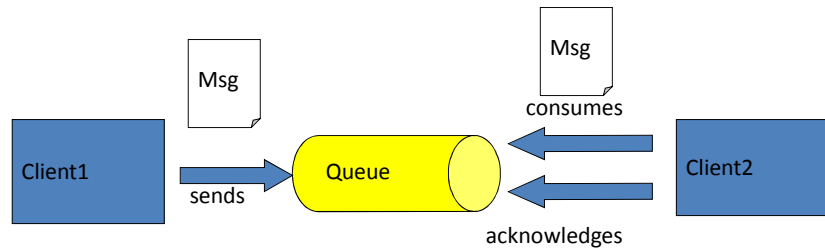
- MQTT : Message Queuing Telemetry Transport (2)
 - Il existe des brokers open-sources tels que :
 - ActiveMQ
 - JoramMQ, OW2 JORAM
 - Mosquitto
 - RabbitMQ
- Brokers disponibles :
 - Cf. <https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki/servers>
- Etude comparative des performances de différents brokers (ActiveMQ, Apollo, JoramMQ, Mosquitto et RabbitMQ)
 - Cf. http://www.scalagent.com/IMG/pdf/Benchmark_MQTT_servers-v1-1.pdf

5. Protocoles IoT : message centric

- JMS : Java Message Service (1)
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Java_Message_Service
- Envoyer et de recevoir des messages de manière asynchrone entre applications ou composants Java.
- Implémenter une architecture de type MOM (Message Oriented Middleware).
- 2 mode de communication :
 - Point à point
 - Publish and subscribe
- Un client peut également recevoir des messages de façon synchrone dans le mode de communication point à point.
- L'API JMS permet aux applications Java de s'interfacer avec des intergiciels (middleware) à messages ou MOM (Message-Oriented middleware)

5. Protocoles IoT : message centric

- JMS : Java Message Service (2)
- Mode point à point
 - S'appuie sur le concept de "message queues".
 - Chaque message n'a qu'un seul consommateur.

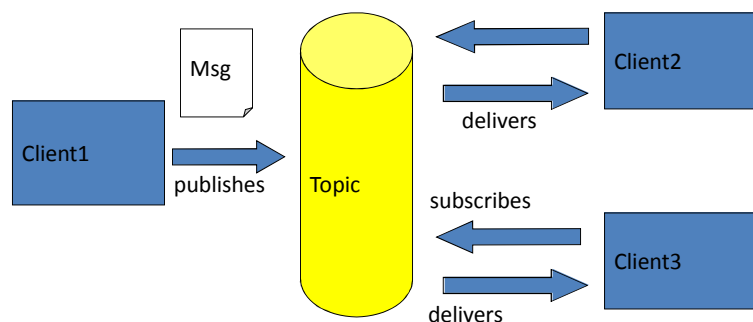


Machine To Machine : M2M

71

5. Protocoles IoT : message centric

- JMS : Java Message Service (3)
- Publish – subscribe (modèle producteur - consommateur)
 - Basé sur la notion de centre d'intérêt (topic) pour l'envoi et la réception de messages
 - Chaque message peut avoir plusieurs consommateurs



Machine To Machine : M2M

72

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (1)
 - https://fr.wikipedia.org/wiki/Representational_State_Transfer
 - <http://www.croes.org/gerald/blog/qu-est-ce-que-rest/447/>
 - <http://rest.elkstein.org/>
- Architecture de type client – serveur
- Défini en 2000 : cf. thèse par Roy Fielding en 2000 dans le chapitre 5 de sa thèse de doctorat (<http://opikanoba.org/tr/fielding/rest/>)
- Repose sur le protocole http
- Permet d'accéder à une ressource au travers de son URI
 - **URI : Uniform Resource Identifier** (identifiant uniforme de ressource)
 - Chaîne de caractères
 - Permettre d'identifier une ressource de manière permanente, même si la ressource est déplacée ou supprimée.
 - Norme de définition des URI :
 - L'IETF => RFC 3986, janvier 2005.

Machine To Machine : M2M

73

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (1.1)
- Le principe de REST est d'utiliser HTTP pour l'implémentation d'un Web Service, non plus seulement comme simple protocole de transport, mais également pour définir l'API de chaque service, c'est à dire la définition même des messages entre clients et serveur.

Machine To Machine : M2M

74

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (2)

- **URI : Uniform Resource Identifier** (identifiant uniforme de ressource)
- Constitution d'une URI
 - Cf. https://fr.wikipedia.org/wiki/Sch%C3%A9ma_d'URI

```
<nom du schéma> : <partie hiérarchique> [ ? <requête> ] [ # <fragment> ]
```

- **nom du schéma** : lettre suivie de n'importe quelle combinaison de lettres, de chiffres, du signe plus (+), du point (.) ou d'un tiret (-) et se termine par deux points (:)
- **partie hiérarchique** : contient des informations d'identification de la ressource
 - Le domaine est principalement constitué du nom d'hôte ou de l'adresse IP, cette information peut être encadrée par deux autres champs optionnels : avant, les informations concernant l'utilisateur délimitées par un @ ; après, un numéro de port, précédé par un deux-points (:).
 - Le chemin est une séquence de segments (similaires à des répertoires), séparés par des slash (/). Chaque segment peut contenir des paramètres séparés par des points virgules (;).

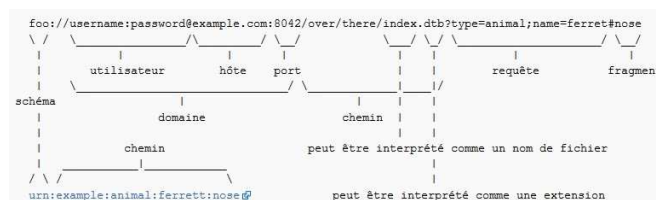
Machine To Machine : M2M

75

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (3) URI suite

- **Requête** : partie optionnelle séparée par un point d'interrogation, contenant des informations complémentaires qui ne sont pas de nature hiérarchique. Le format de la requête n'est pas défini de manière générale, mais est souvent formée d'une suite de paires <clef>=<valeur> séparées par des points virgules ou par des esperluettes (&).
- **Fragment** : partie optionnelle séparée par un dièse. Il fournit des informations supplémentaires permettant d'accéder à une ressource secondaire.



Machine To Machine : M2M

76

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (4)
 - HTTP 1.1 : définit un ensemble de méthodes pour manipuler des ressources

Method	Operation performed on server	Quality
GET	Read a resource.	Safe
PUT	Insert a new resource or update if the resource already exists.	Idempotent
POST	Insert a new resource. Also can be used to update an existing resource.	N/A
DELETE	Delete a resource .	Idempotent
OPTIONS	List the allowed operations on a resource.	Safe
HEAD	Return only the response headers and no response body.	Safe

- Safe : opérateur n'ayant aucun effet sur la valeur de la ressource
- Idempotent : opérateur ayant le même effet même si appliqué plusieurs fois
- Autre terminologie : CRUD Create, Read, Update, Delete

Machine To Machine : M2M

77

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (5)
 - HTTP 1.1 : définit un ensemble de méthodes pour manipuler des ressources
 - Get : récupération de la représentation d'une ressource ou d'une liste de ressource.
 - Put : mise à jour d'une ressource existante, création d'une ressource en spécifiant l'URI de la ressource
 - Post : création d'une sous ressource (le serveur décide de l'URI), ajout d'information à une ressource existante
 - Delete : effacement
 - Head : informations sur une ressource

Machine To Machine : M2M

78

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (6)
 - Put et Post :
 - Put :
 - Idempotent
 - Utilisation d'une URI complète
 - Post : si plusieurs appels de cette méthode, création de ressources lors de chaque appel

Exemple d'URL :

Format : Protocol://ServiceName/ResourceType/ResourceID

http://MyService/Persons/1

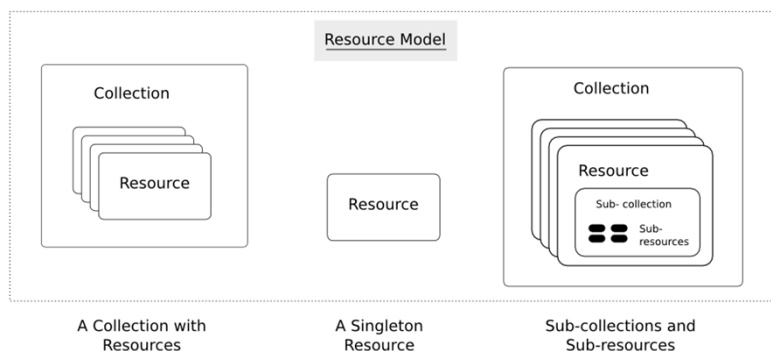
Request	Operation
PUT http://MyService/Persons/	Won't work. PUT requires a complete URI
PUT http://MyService/Persons/1	Insert a new person with PersonID=1 if it does not already exist, or else update the existing resource
POST http://MyService/Persons/	Insert a new person every time this request is made and generate a new PersonID.
POST http://MyService/Persons/1	Update the existing person where PersonID=1

Machine To Machine : M2M

79

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (7)
 - Représentation d'une ressource
 - Json (JavaScript Object Notation) ou XML (Extensible Markup Language)



Machine To Machine : M2M

80

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (8)
 - Représentation d'une ressource
 - Json (JavaScript Object Notation) ou XML (Extensible Markup Language)
 - Exemple :

```
{
  "_type": "vm",
  "name": "A virtual machine",
  "memory": 1024,
  "cpu": {
    "cores": 4,
    "speed": 3600
  },
  "boot": {
    "devices": ["cdrom", "harddisk"]
  }
}
```

```
<vm xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <name type="xs:string">My VM</name>
  <memory type="xs:int">1024</memory>
  <cpu>
    <cores type="xs:int">4</cores>
    <speed type="xs:int">3600</speed>
  </cpu>
  <boot>
    <devices type="xs:list">
      <device type="xs:string">cdrom</device>
      <device type="xs:string">harddisk</device>
    </devices>
  </boot>
</vm>
```

Machine To Machine : M2M

81

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (9)
 - Représentation d'une ressource
 - Json (JavaScript Object Notation) ou XML (Extensible Markup Language)
 - Exemple :

```
{
  "nom": "Bob",
  "age": 34,
  "adresse": { "rue": "avenue Grande", "ville": "Rio", "code": 86945 },
  "telephone": [ { "type": "maison", "numero": 123456 }, { "type": "portable", "numero": 654321 } ]
}
```

```
<utilisateur nom="Bob" age="34">
  <adresse>
    <rue>avenue Grande</rue>
    <ville>Rio</ville>
    <code>86945</code>
  </adresse>
  <telephones>
    <telephone type="maison">123456</telephone>
    <telephone type="portable">654321</telephone>
  </telephones>
</utilisateur>
```

Machine To Machine : M2M

82

5. Protocoles IoT

- REST : Representational State Transfer (9)
 - API REST
 - Exemple : gérer l'authentification d'utilisateurs
 - `http://server/user/id` (id : clef d'identification utilisateur)
 - `http://server/users` désigne l'ensemble des utilisateurs

URI	Sémantique	Code réponse
GET <code>http://server/users</code>	Récupère la liste des utilisateurs	200 OK
POST <code>http://server/users</code>	Création d'un nouvel utilisateur	201 Created
GET <code>http://server/user/id_user</code>	Récupère la représentation de l'utilisateur identifié par <code>id_user</code>	200 Ok, 404 resource not found
PUT <code>http://server/user/id_user</code>	Modifie un utilisateur	200 Ok, 404 ressource not found
DELETE <code>http://server/user/id_user</code>	Efface un utilisateur	200 Ok, 404 ressource not found

Machine To Machine : M2M

83

5. Protocoles IoT

- CoAP : Constrained Application Protocol (1)
 - Protocole conçu pour des devices simples (faible puissance de calcul,...)
 - Architecture REST
 - Supporte le multi cast
 - Simple proxy and caching capabilities
 - Volumes des trames faible
 - UDP binding (peut être utilisé avec IPsec ou DTLS)
 - Mécanisme de découverte de ressources
 - Utilise UDP (User Datagram Protocol)
 - Utile pour transmettre des données rapidement

Machine To Machine : M2M

84

5. Protocoles IoT

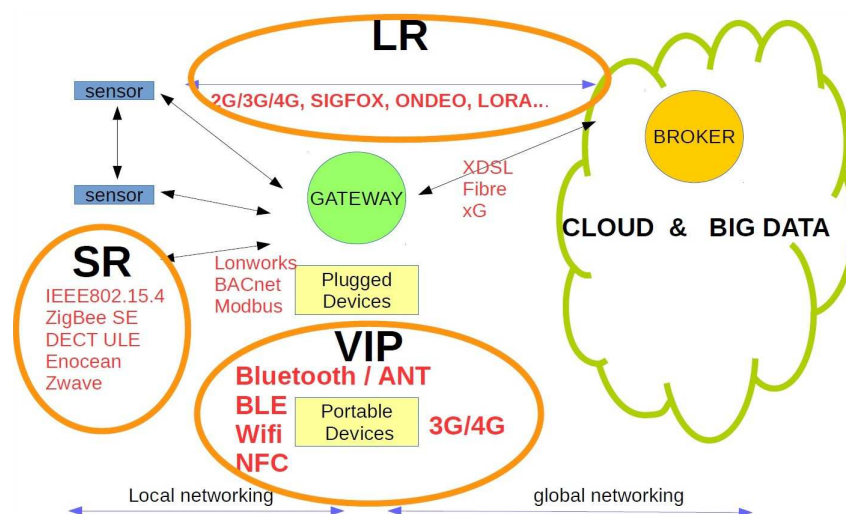
- CoAP : Constrained Application Protocol (2)
 - Couche protocolaire : exemple

Application
CoAP Methods
CoAP Transactions
UDP
IPv6 / RPL
6LoWPAN
802.15.4

Machine To Machine : M2M

85

6. Protocoles IoT : couches physiques



Machine To Machine : M2M

86

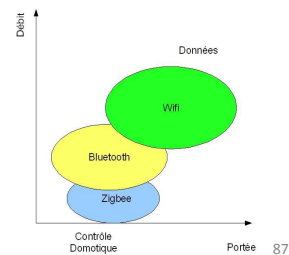
5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (1)

- Standard de communication sans fil
- Contexte des réseaux de capteurs
- Privilégier l'autonomie énergétique des nœuds capteurs
- Positionnement de Zigbee par rapport à Bluetooth et Wifi

Protocole	Zigbee	Bluetooth	Wifi
Norme IEEE	802.15.4	802.15.1	802.11.a/b/g
Vitesse de transfert	20, 40, 250 Kbits/s	> 250 Kbits / s	> 1 Mbits / s
Portée	100m	10-100m	300m
Autonomie avec piles	Années	Jours	Heures

- Domaines d'utilisation des réseaux sans fils



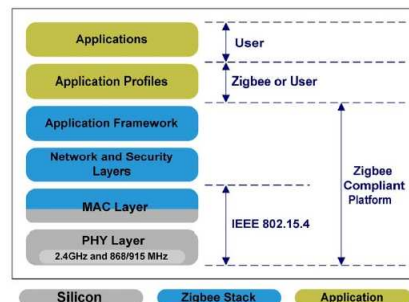
Machine To Machine : M2M

87

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (2)

- Les normalisations :
 - IEEE 802.15.4 : définit les couches physiques et MAC (Medium Access Control)
 - Zigbee : définit les couches 3 et supérieures : <http://www.zigbee.org/>
 - Couche réseau
 - Sécurité
 - Topologie possible du réseau



88

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (3)
 - La couche physique 802.15.4
 - Bandes de fréquences

	Bande	Usage géographique	Débit	Nombre de canaux	Numéro de canal	Type de modulation
2.4GHz (2.4-2.4835 GHz)	ISM	Mondial	250Kbits/s	16	11 - 26	O-QPSK
915MHz 902-928 MHz	ISM	Amérique	40Kbits/s	10	1 - 10	BPSK
868MHz (868-870 MHz)	ISM	Europe	20Kbits/s	1	0	BPSK

BPSK : Binary Phase Shifting Keying (modulation de phase binaire) (1 bit / symbole / Hz)

O-QPSK : Orthonogal - Quadrature Phase Shifting Keying (4 bits / symbole / Hz)

Bande ISM : pour les applications Industrielles, Scientifiques ou Médicales

Machine To Machine : M2M

89

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (4)
 - La couche physique 802.15.4

Répartition fréquentielle des canaux:

- Canal 0 : centré sur la fréquence 868.3MHz
- Canal 1 à 10 :
 - Bande occupée : 902 – 928 MHz
 - $F_c = 906 + 2(k - 1)$ in megahertz, for $k = 1, 2, \dots, 10$
 - Ecart entre 2 canaux : 2MHz
- Canal 11 à 26 :
 - Bande occupée : 2.4 – 2.4835 GHz
 - $F_c = 2405 + 5(k - 11)$ in megahertz, for $k = 11, 12, \dots, 26$
 - Ecart entre 2 canaux : 5MHz

Machine To Machine : M2M

90

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (6)
 - La couche physique 802.15.4

Répartition fréquentielle des canaux:

- Canal 0 : centré sur la fréquence 868.3MHz
- Canal 1 à 10 :
 - Bande occupée : 902 – 928 MHz
 - $F_c = 906 + 2(k - 1)$ in megahertz, for $k = 1, 2, \dots, 10$
 - Ecart entre 2 canaux : 2MHz
- Canal 11 à 26 :
 - Bande occupée : 2.4 – 2.4835 GHz
 - $F_c = 2405 + 5(k - 11)$ in megahertz, for $k = 11, 12, \dots, 26$
 - Ecart entre 2 canaux : 5MHz
- Choix du canal de transmission : configuration
 - Registre de 32 bits
 - 5 premiers bits : n° de page
 - 27 derniers : spécification du canal utilisé

Machine To Machine : M2M

91

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (5)
 - La couche physique 802.15.4
 - Choix du canal de transmission en pratique :
 - Bande de fréquences des 2.4GHz
 - Puissance d'émission ajustable entre 0.5W et 1W (valeur max)
 - Si dispositif autonome :
 - Puissance d'émission réduite, de l'ordre de 10mW
 - Pour 10mW :
 - Portée de 300m en extérieur
 - Portée de 50m en intérieur
 - Réduction des interférences avec d'autres dispositifs
 - Utiliser les canaux 15, 20, 25, ou 26 dans la mesure du possible
 - Mesure de qualité de la liaison radio
 - LQI : Link Quality Information
 - Calculé pour chaque paquet reçu
 - Possibilité de changer de canal si trop encombré

Machine To Machine : M2M

92

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (6)
 - La couche MAC (Medium Access Control) 802.15.4

- Format trame MAC

Nombre d'octets	1	0/2	0/2/8	0/2	0/2/8	0/5/6/10/14	Variable	2
Frame Control	Número Séquence	Identifiant PAN Destination	Adresse destination	Identifiant PAN Source	Adresse source	En tête auxiliaire sécurité	Bourrage trame	Contrôle de trame
Champs d'adressage								

- Frame control :
 - Définir le type de trame
 - Trame balise
 - Trame de données
 - Trame d'accusé
 - Trame de commande
 - Définir le mode d'adressage
 - Adresses courtes 16 bits
 - Adresse longues 64 bits

Machine To Machine : M2M

93

5. Protocoles IoT : couches physiques

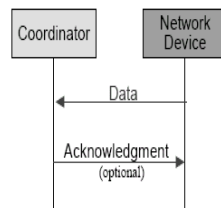
- Zigbee (7)
 - La couche MAC (Medium Access Control) 802.15.4
 - Éléments d'adressage
 - EUI-64 Extended Unique Identifier sur 64 bits
 - Identifiant unique
 - Un préfixe de 24 bits associés au fabricant – OUI (Organizationally Unique Identifier)
 - Une extension unique sur 40bits
 - Au sein de l'OUI :
 - Un bit (M) pour spécifier la nature de l'adresse –unicast ou multicast
 - Un bit (L) pour spécifier si adresse locale ou adresse universelle
 - Adresse courte sur 16 bits
 - Pour réduire la taille des paquets transmis
 - \$FFFF : adresse de diffusion MAC (broadcast)

Machine To Machine : M2M

94

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (8)
 - La couche MAC (Medium Access Control) 802.15.4
 - Gestion des mécanismes d'accès au réseau
 - Mode d'accès non coordonné ou unslotted CMA / CA
 - Accès au médium de communication de type CSMA – CA (évitemment de collision de trame) ;
 - Les trames de données reçues correctement sont acquittées.

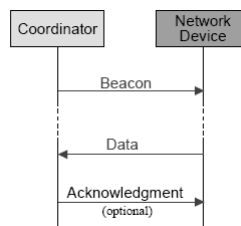


Machine To Machine : M2M

95

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (9)
 - La couche MAC (Medium Access Control) 802.15.4
 - Gestion des mécanismes d'accès au réseau
 - Mode d'accès coordonné ou slotted CMA / CA
 - Coordinateur du réseau structure la communication à l'aide d'une supertrame
 - Supertrame :
 - Une trame balise de début et de fin
 - 15 slots de temps

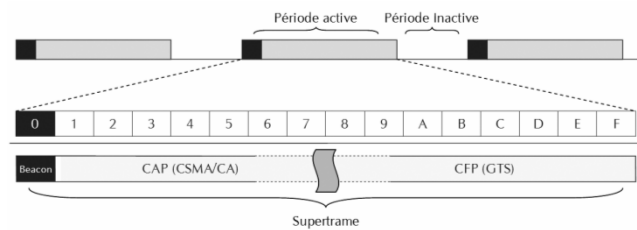


Machine To Machine : M2M

96

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (10)
 - La couche MAC (Medium Access Control) 802.15.4
 - Gestion des mécanismes d'accès au réseau
 - Mode d'accès coordonné ou slotted CSMa / CA
 - Deux méthodes d'accès au médium au sein de la super trame :
 - CAP (Contention Access Period) avec CSMa / CA
 - CFP (Contention Free Period) avec des slots dédiés (Guaranteed Time Slots);



Machine To Machine : M2M

97

5. Protocoles IoT : couches physiques

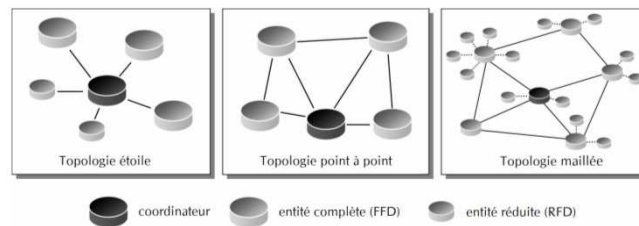
- Zigbee (11)
 - Topologies des réseaux 802.15.4 et Zigbee
 - 3 types d'équipements
 - Coordinateur (ou coordinateur PAN)
 - Unique, identifié par le PAN ID
 - Choix du canal de communication optimal
 - Gère l'association des autres modules du réseau
 - Routeur
 - Equipement terminal
 - Equipement FFD – Full Function Device
 - Peut router des données vers d'autres équipements FFD et vers le coordinateur
 - Equipement RFD – Reduced Function Device
 - Les équipement terminaux
 - Ne peuvent pas router de messages
 - En général inactif sauf pour l'émission de messages

Machine To Machine : M2M

98

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (12)
 - Topologies des réseaux 802.15.4 et Zigbee
 - Etoile (IEEE 802.15.4 et Zigbee)
 - Point à point (IEEE 802.15.4 et Zigbee)
 - Maillé (Zigbee uniquement)



Machine To Machine : M2M

99

5. Protocoles IoT : couches physiques

- Zigbee (13)
 - Utilisation des réseaux 802.15.4
 - La norme IEEE 802.15.4 fournit tous les mécanismes au niveau des couches physique et MAC pour les protocoles de niveau plus élevé
 - Contraintes :
 - Taille trame couche physique : 127 octets max
 - Pire des cas : 77 octets de message
 - Pas de mécanisme de fragmentation et de réassemblage des trames
 - Bande passante effective
 - Max : 250Kbits / s sur la couche physique
 - En pratique : 50Kbits / s
 - Limite du temps d'activité des éléments du réseau
 - Sur la bande 863-870KHz : < à 1%

Machine To Machine : M2M

100