

Technologies pour les applications en réseau : contribution au profil NetDevOps

RSX102 - Annexe

Internet des objets

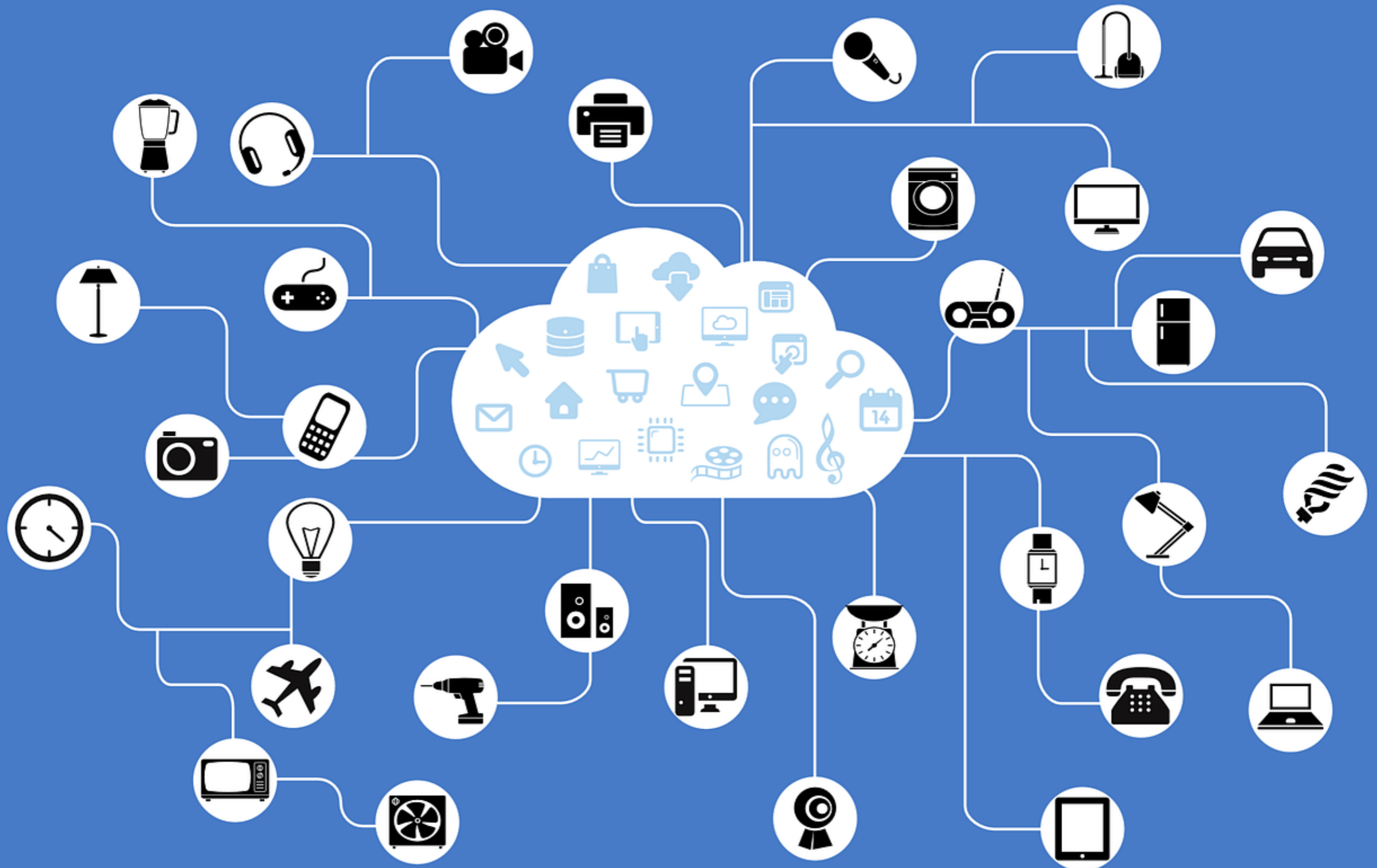
Document annexe au cours RSX102.

Copie et diffusion non autorisées sans accord écrit.

Documents liés aux cours : <https://rsx102.seancetenante.com>

5 - Internet des objets

5.1 - Généralités



5 - Internet des objets

5.1 - Généralités

❖ **IoT, *Internet of Things***

- ❖ Infrastructure mondiale qui permet de disposer de services évolués en interconnectant des objets (physiques ou virtuels) grâce aux technologies de l'information et de la communication
- ❖ Échange d'informations et de données provenant de dispositifs vers le réseau internet
- ❖ En général les objets connectés produisent de grandes quantités de données dont le stockage et le traitement entrent dans le cadre de ce que l'on appelle les *big data*

5 - Internet des objets

5.1 - Généralités

❖ Domaines concernés par l'IoT

❖ *Weareable devices*

- ❖ Montres et bracelets
- ❖ Santé et bien-être (*Quantified self*; mesure de soi) ; WBAN, *Wireless Body Area Network*

❖ *Smart home*

- ❖ Domotique ; maison connectée
- ❖ Objets et centrales domotiques (thermostats, éclairage, surveillance, alarme, serrure, robot, etc.)

❖ *Smart city* et transport

- ❖ Ville intelligente (panneaux interactifs, feux de signalisation, etc.)
- ❖ Transport public intelligent (ITS, *intelligent transportation systems*)

❖ Divers

- ❖ Automobile ; voiture connectée (V2V, *vehicle-to-vehicle* ; V2I, *vehicle-to-infrastructure* ; V2X, *Vehicle-to-everything*)
- ❖ Loisirs et jouets
- ❖ Environnement
- ❖ Logistique

5 - Internet des objets

5.2 - Types de réseaux

❖ Infrastructures réseau

- ❖ WAN : Internet, 3G, 4G, 5G
- ❖ LAN / PAN : Wi-Fi, Bluetooth, **Zigbee, Z-Wave, Thread**

❖ Réseaux M2M, *Machine to Machine*

- ❖ Réseaux dédiés à la communication entre objets connectés et les infrastructures Internet (smartphones, serveurs, data-centers, cloud, etc.) qui exploitent les données qu'ils génèrent voire les pilotent quand ils sont actifs
- ❖ Exemples :
 - ❖ Sigfox (à Labège près de Toulouse), opérateur télécom de l'Internet des objets
 - ❖ LoRA, une alliance supportant une technologie propriétaire issue de l'américain Semtech.
 - ❖ Les opérateurs Bouygues Télécom et Orange ont annoncé en 2015 le lancement de leur propre réseau M2M à base de technologie LoRA.
 - ❖ Standard ouvert **Weightless-N**

5 - Internet des objets

5.3 - Définitions

❖ **RFID, Radio Frequency IDentification**

- ❖ Méthode pour récupérer les données à distance d'une radio-étiquette, *RFID tag*
- ❖ Un lecteur est un équipement actif, émetteur de radiofréquences, qui va activer un RFID tag (passif) en lui fournissant l'énergie nécessaire



Fig 5.1 - RFID tag

❖ **Qu'est-ce-qu'un iBeacon ?**

- ❖ **iBeacon** est un protocole pour des petites balises de géolocalisation
 - ❖ Présentée par Apple en 2013, utilisée par Android
- ❖ Un boîtier de quelques centimètres, que l'on peut installer là où l'on veut, émet dans un rayon de quelques dizaines de mètres via **Bluetooth Low Energy**



Fig 5.2 - Logo iBeacon

- ❖ Une balise iBeacon coûte quelques euros
 - ❖ La précision est colossale
- ❖ D'autres *beacons* existent :
 - ❖ Eddystone (Google), AltBeacon (Radius Networks), SemBeacon (Vrije Universiteit Brussel), GeoBeacon (Tecno-World), etc.

❖ 5 utilisations étonnantes du Beacon en entreprise

5 - Internet des objets

5.4 - Protocoles de communication

❖ Z-Wave

- ❖ Protocole radio conçu pour la domotique (éclairage, chauffage...)
- ❖ Bande de fréquence de 868,42 MHz
- ❖ L'alliance Z-wave a certifié env. 1500 produits, de 375 compagnies (en 2016)



❖ ZigBee

- ❖ ZigBee, est un standard de communication sans-fils (comme le Wi-Fi ou le Bluetooth), basé sur IEEE 802.15.4 (LoWPAN, *Low Rate Wireless PAN*)
- ❖ Les principaux avantages du standard sont :
 - ❖ Autonomie de l'émetteur, (plusieurs années à l'aide d'une batterie)
 - ❖ La possibilité de mettre en place une topologie de réseaux maillés
 - ❖ 65535 nœuds sont adressables sur le réseau
 - ❖ Le standard définit les méthodes de communication sur le réseau, mais aussi les fonctionnements des applications
 - ❖ Les produits sont certifiés par la CSA, *Connectivity Standards Alliance*, ex Alliance ZigBee



5 - Internet des objets

5.4 - Protocoles de communication

❖ **CSA, Connectivity Standards Alliance**

- ❖ L'alliance Zigbee change de nom en 2021 pour devenir la *Connectivity Standards Alliance* (CSA) en 2021



❖ **Matter**

- ❖ Le groupe de travail CHIP, *Connected Home over IP*, devient **Matter** en 2021.
- ❖ Matter est une nouvelle norme avec comme objectif d'harmoniser l'IoT, de fournir un label de qualité et de simplifier la compatibilité des appareils labélisés.
- ❖ Cette norme est encadrée par la [CSA, Connectivity Standards Alliance](#).



5 - Internet des objets

5.4 - Protocoles de communication

❖ CoAP (*Constrained Application Protocol*)

- ❖ Protocole de transfert Web, de type REST, optimisé pour les périphériques et réseaux contraints.
- ❖ Utilisés dans les réseaux de capteurs sans fil pour former l'Internet des objets.
- ❖ CoAP a été créé par le groupe de travail CoRE (*Constrained Restful Environment*) et s'inscrit dans la continuité des travaux réalisés par l'IETF avec la spécification 6LoWPAN (*IPv6 Low-power Wireless Personal Area Network*).
- ❖ La taille des messages CoAP est allégée par rapport à celle des messages HTTP ; l'en-tête d'un message est fixé à 4 octets.

❖ Architecture de CoAP

- ❖ CoAP s'appuie sur un modèle client-serveur semblable à HTTP, où les clients envoient des requêtes sur des ressources REST pour récupérer de l'information d'un capteur ou contrôler un périphérique et son environnement. Cependant CoAP traite les échanges de manière **asynchrone** via des **datagrammes UDP**.

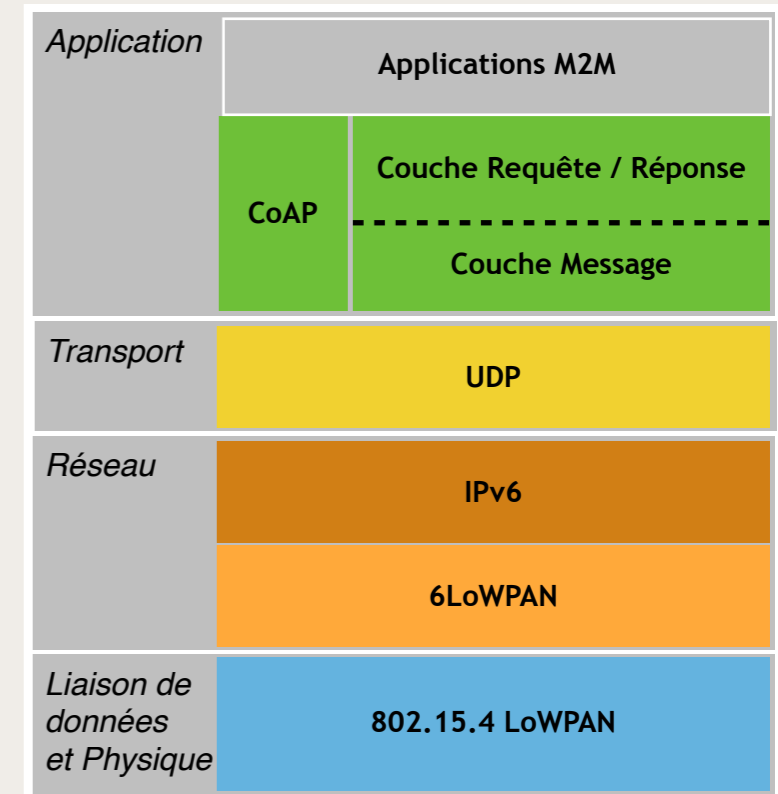


Fig 5.2 - Architecture de CoAP

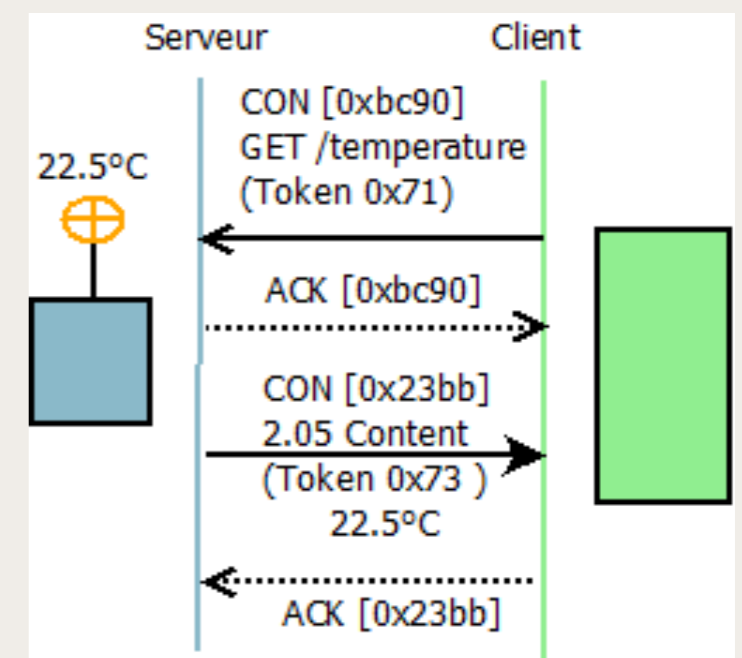


Fig 5.3 - Ex. de primitives de CoAP

5 - Internet des objets

5.4 - Protocoles de communication

❖ Architecture de CoAP (suite...)

❖ CoAP est divisée en deux couches :

- ❖ Une couche message qui apporte fiabilité et le séquençement des échanges de bout en bout qui repose sur UDP.
- ❖ Une couche «*Request/Response*» qui utilise des méthodes et codes réponses pour les interactions requêtes/réponses.
- ❖ Il s'agit cependant bien d'un seul et même protocole qui propose ces fonctionnalités dans son entête.

❖ La couche **Message** apporte la fiabilité pour les messages typés *Confirmables*.

- ❖ Un message *Confirmable* (CON) doit être acquitté avec un message *Acknowledgement* (ACK) qui transporte la réponse. La couche **Message** assure alors un contrôle de bout en bout et une retransmission en cas de perte.
- ❖ Les autres types de messages sont :
 - ❖ *Non-confirmable* (NON), qui n'impliquent pas de ACK
 - ❖ *Reset* (RST), qui est émis par le serveur (un récepteur) qui ne peut pas traiter un message (CON) ou un message (NON).
- ❖ L'utilisation d'un jeton permet à CoAP de faire l'association entre les requêtes et réponses au cours d'une communication. Tandis qu'un «Label» généré et inséré par le client dans chaque entête de message CoAP permet de détecter les doublons.

5 - Internet des objets

5.4 - Protocoles de communication

❖ Architecture de CoAP (suite...)

❖ Couche Requête-Réponse ; CoAP y dispose des méthodes suivantes :

- ❖ **GET** : récupère la représentation de l'information correspondant à la ressource identifiée par l'URI.
- ❖ **POST** : demande le traitement de la représentation jointe à la ressource identifiée par l'URI. (création d'une nouvelle ressource ou mise à jour).
- ❖ **PUT** : mise à jour de la ressource identifiée par la requête URI soit avec la représentation jointe. Le format de données est spécifié par le type de media et la valeur de l'option Content-Format.
- ❖ **DELETE** : suppression de la ressource identifiée par la requête URI.
- ❖ Les **réponses** à une requête sont :
 - ❖ **Success**, code 2.xx : la requête a été correctement reçue, comprise et acceptée.
 - ❖ **Client Error**, code 4.xx : indique que le client a rencontré une erreur.
 - ❖ **Internal Server Error**, code 5.xx : indique que le serveur est dans l'impossibilité de traiter la requête.

❖ Voir :

- ❖ [RFC 7252: Constrained Application Protocol \(CoAP\)](#) - Stéphane Bortzmeyer
- ❖ [Introduction au protocole CoAP](#) - [d8s.eu](#)

5 - Internet des objets

5.5 - Protocoles de routage

- ❖ **RPL, Routing Protocol for Low power and Lossy Networks**
 - ❖ Routing Protocol for LLN, *Low-Power and Lossy Network*.
 - ❖ RFC 6550, en mars 2012, suite aux travaux de ROLL, *Routing Over Low-Power and Lossy Network* de l'IETF.
 - ❖ Adapté aux RWSN, Réseaux de capteurs sans fil (WSN, *Wireless sensor network*), et aux LLN, *Low-Power and Lossy Network* (Réseau à faible puissance et à pertes) ;
 - ❖ Exemple : un groupe de capteurs dispersés dans un bâtiment industriel.
 - ❖ Réseau où mêmes les routeurs ont peu de courant et où pas mal de paquets se perdent en route.
 - ❖ Certains objets doivent tenir le rôle de routeur, relayant les communications d'autres objets.
 - ❖ La distinction entre routeur et machine terminale est donc assez floue dans RPL.
 - ❖ Pour des réseaux de capteurs :
 - ❖ Les données captées par les nœuds sont acheminées vers un point de collecte, alias nœud-puits ou *sink*.
 - ❖ L'acheminement utilise un routage multi-saut.
 - ❖ RPL est un protocole proactif basé sur l'algorithme à vecteurs de distance.

5 - Internet des objets

5.5 - Protocoles de routage

❖ RPL, *Routing Protocol for Low power and Lossy Networks*

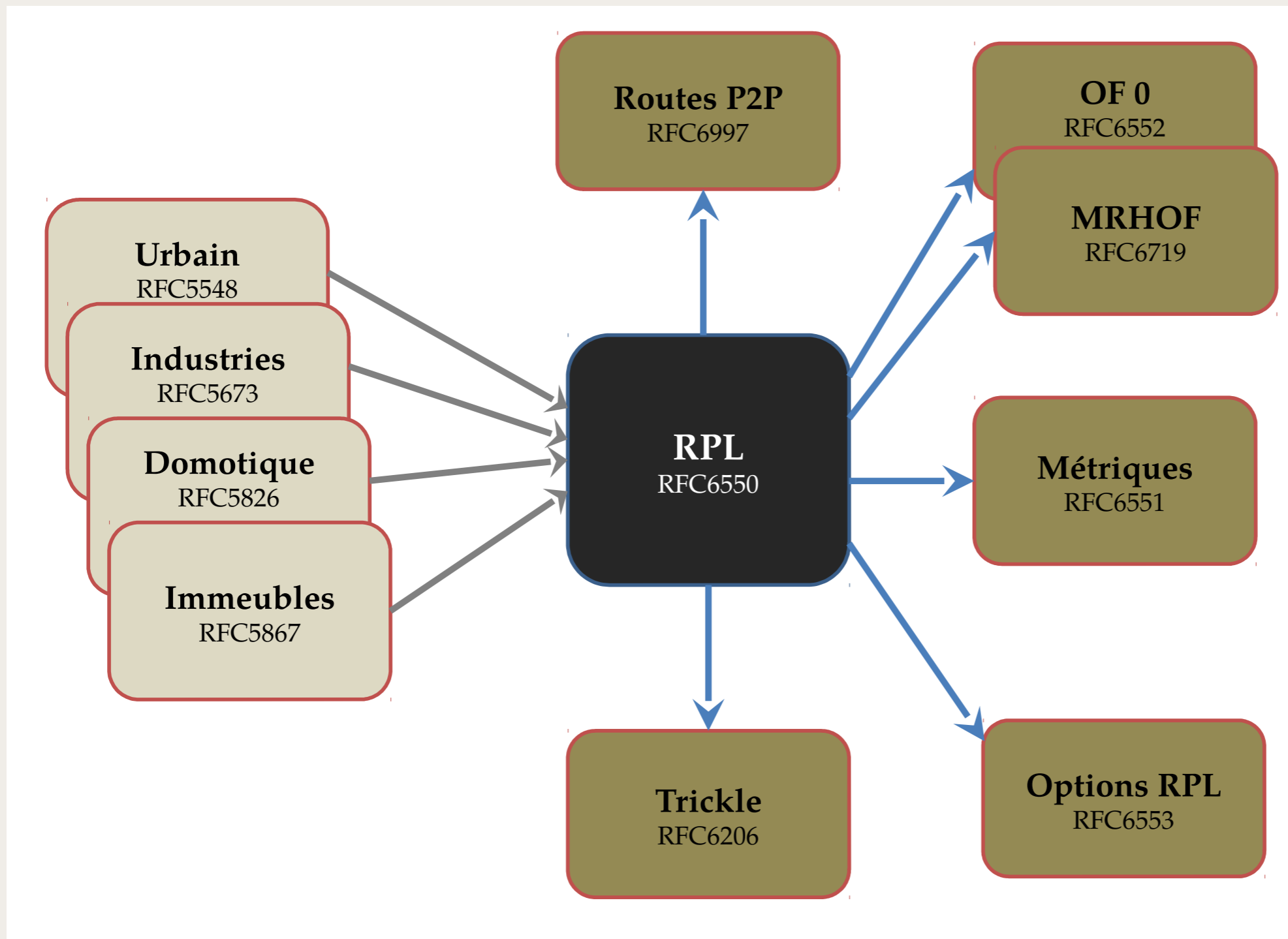


Fig 5.4 - Les standards autour de RPL, RFC 6550

5 - Internet des objets

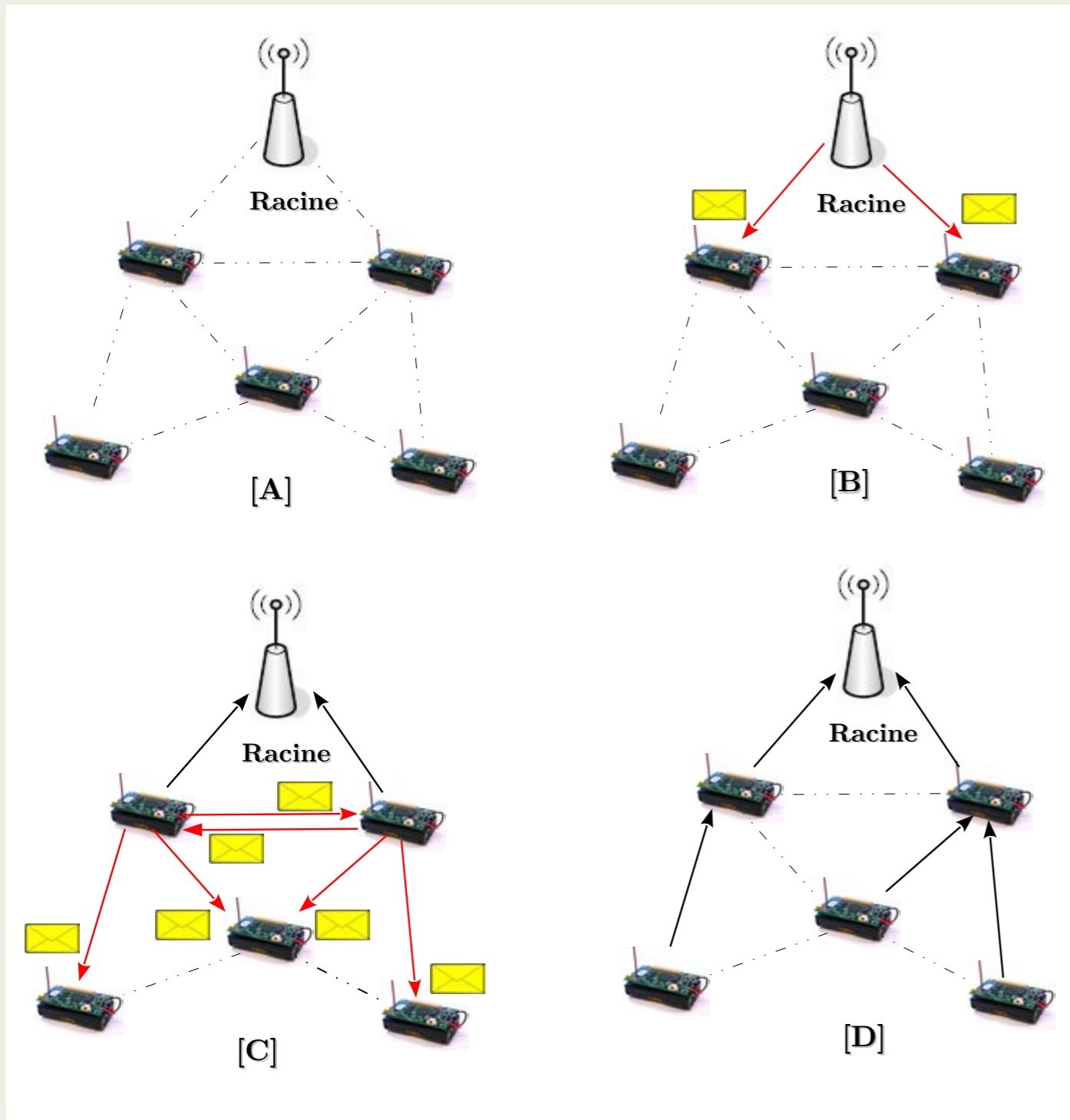
5.5 - Protocoles de routage

- ❖ **RPL, Routing Protocol for Low power and Lossy Networks (suite...)**
 - ❖ RPL construit une topologie arborescente basée sur des graphes acycliques (sans boucle) nommées :
 - ❖ DAG, *Direct Acyclic Graphs* ;
 - ❖ DODAG, *Destination-Oriented Direct Acyclic Graphs*, pour les DAG orientés.
 - ❖ RPL utilise différents messages de contrôle :
 - ❖ DIO, *DODAG Information Object*, utilisé pour la création des routes ascendantes. Il se propage de la racine RPL vers les nœuds enfants et transporte des paramètres nécessaires à la mise en place de la topologie. Les DIO se propagent par défaut en multidiffusion et parfois en monodiffusion.
 - ❖ DIS, *DODAG Information Solicitation*, est un message :
 - ❖ envoyé en multidiffusion, par un nœud qui souhaite rejoindre la topologie
 - ❖ envoyé en monodiffusion par un nœud réclamant des informations de configuration plus récentes.
 - ❖ La réponse est un DIO en monodiffusion.
 - ❖ DAO, *DODAG Advertisement Object*, est envoyé en monodiffusion à la racine ou à un parent pour connaître des routes descendantes. Il nécessite un acquittement du destinataire :
 - ❖ DAO-Ack, acquittement du destinataire d'un DAO

5 - Internet des objets

5.5 - Protocoles de routage

❖ RPL, *Routing Protocol for Low power and Lossy Networks* (suite...)



❖ Construction du DODAG :

- ❖ **A/** Au départ, seule la racine fait partie de la topologie active du DODAG
- ❖ **B/** La racine envoie périodiquement des messages DIO, *DODAG Information Object*
- ❖ **C/** Les nœuds qui acceptent de rejoindre le DODAG envoient un DIO à leurs voisins. Lorsqu'un nœud reçoit plusieurs DIO de voisins distincts, il choisit celui ayant le meilleur coût.
- ❖ **D/** Ainsi, le nœud central opte pour le parent de droite.

5 - Internet des objets

5.6 - Acteurs

❖ Écosystèmes

- ❖ Allseen Alliance (Fondation Linux, Cisco, D-Link, Panasonic, Qualcomm, Microsoft, etc.)
 - ❖ Plateforme logicielle open-source
 - ❖ Technologie de connexion, **AllJoyn**, conçue par Qualcomm
- ❖ Apple : interface **HomeKit**
- ❖ Google :
 - ❖ API pour Nest
 - ❖ Avec Samsung et ARM, promotion de **Thread**, protocole de communication en concurrence avec Bluetooth

5 - Internet des objets

5.6 - Acteurs

❖ Standardisation

- ❖ OIC, *Open Interconnect Consortium* (Cisco, Dell, IBM, Intel, Samsung, etc.)
 - ❖ Projet de normes d'interopérabilité
 - ❖ Plateforme logicielle open-source
- ❖ IIC, *Industrial Internet Consortium* (AT&T, Cisco, General Electric, IBM, Intel, etc.)
 - ❖ Normes pour des scénarios d'usage, les architectures de connexion et les alimentations électriques des objets connectés
- ❖ IEEE, *Institute of Electrical and Electronics Engineers*
 - ❖ IEEE 802.15 : Bluetooth, ZigBee
 - ❖ IEEE 802.15.4 : LR WPAN, *Low Rate Wireless Personal Area Network* ; Nombreuses implémentations basées sur des protocoles propriétaires ou sur IP, comme ZigBee et 6LoWPAN.
- ❖ IETF, . Voir [IETF | The Internet of Things](#)
 - ❖ Groupe de travail **RoLL**, *Routing over Low-power and Lossy Network*. Voir RFC 7102.
 - ❖ RFC 9010 : *Routing for RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks)*