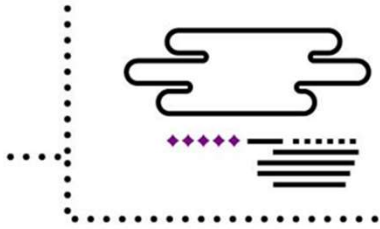


Networking for IoT

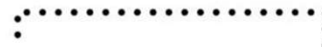
Introduction to standards

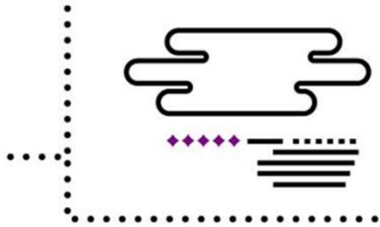
Riadh DHAOU



Lecture planning

- Introduction – applications
- Standardization
 - IEEE802.11/Halow, IEEE802.15.4/Zigbee
 - IETF standards for IoT: 6LowPAN, RPL, COAP
- Content aggregation and application layer
- Routing and network layer
- MAC and Physical layers
- Project





Introduction

- Wireless sensor networks (WSN) is a new computing paradigm based on the collaborative efforts of a very large set of self-organizing sensors





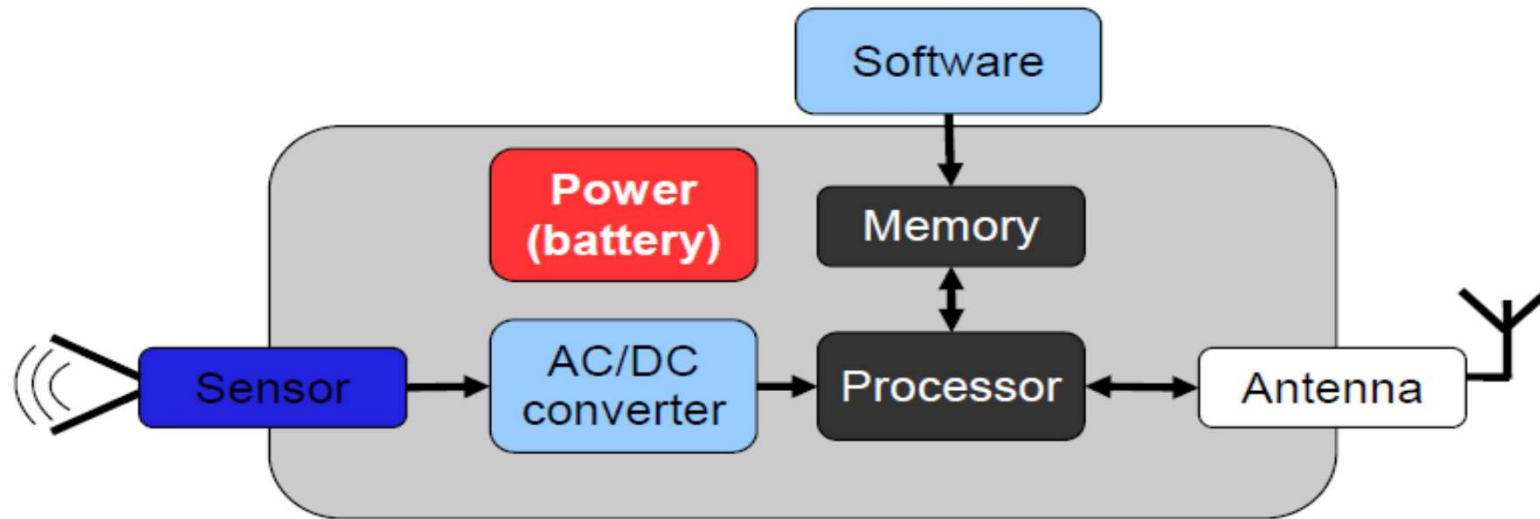
Architecture of a sensor



- What is a sensor?
 - Equipment that measures a physical quantity
- A "sensor" of a WSN
 - Senses continuously
 - Small / Large number
 - Limited in energy
 - Able to compute
 - Communicating

Architecture of a sensor

- Basic Architecture

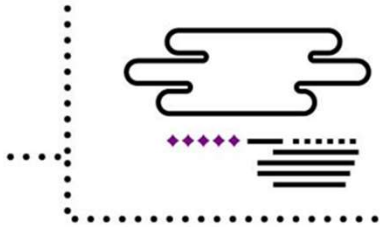




Architecture of a sensor



- Characteristics
- New capabilities
 - Communication
 - Computing
- Oversizing
 - Fault tolerance
- Real-time data processing
- Auto organization
- Effective at the material level
 - **Consumption**, cost, computing capacity, etc.
- Random or planned deployment



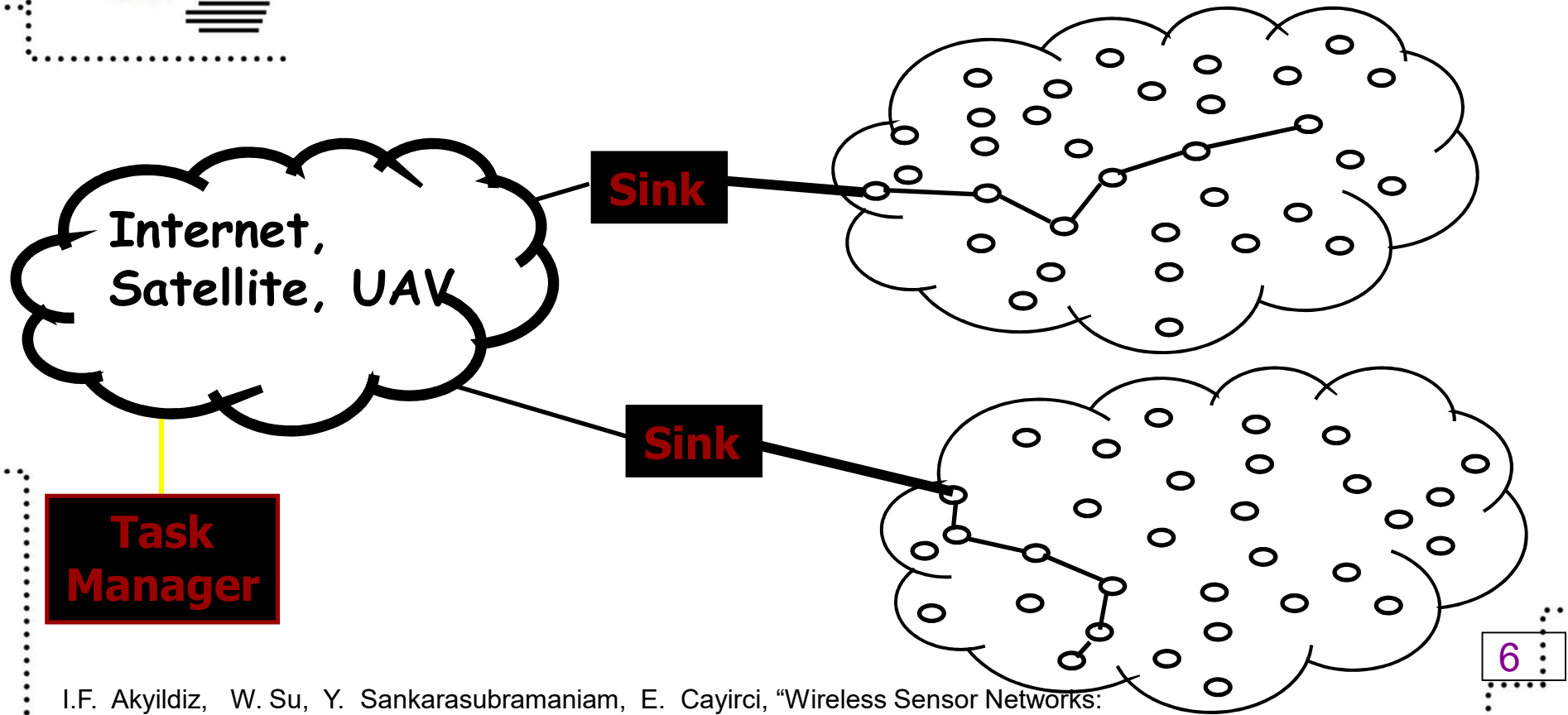
Characteristics of a sensor

<u>Processor/Radio Board</u>	<u>MPR300CB</u>
Speed	4 MHz
Flash	128K bytes
SRAM	4K bytes
EEPROM	4K bytes
Radio Frequency	<u>2.4 GHz</u> , 916MHz or 433MHz
Data Rate	40 kbits/sec
Power	0.75 mW
Radio Range	100 feet
Power	2 x AA batteries; Solar Energy

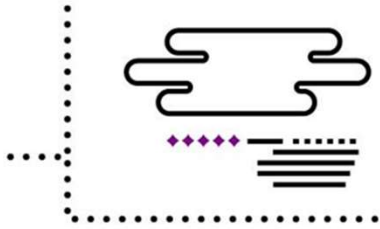




Classical architecture of WSN



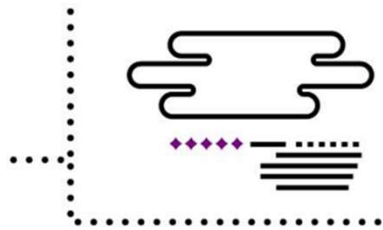
I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A Survey", Computer Networks (Elsevier) Journal, March 2002.



WSN vs MANET

- The number of sensors is at least an order of magnitude larger
- Their density is greater and they can break down
- The topology is more affected by failures than by displacements
- They have power, computing capabilities and limited memory
- The complete TCP / IP protocol stack is too heavy
- It is very dependent on the intended applications





WSN Applications



ENERGY



HEALTH



TRANSPORT



**INDUSTRY
& COMMERCE**



DOMOTICS



ENVIRONMENT



AGRICULTURE



**PUBLIC & LEGAL
ORDER AND
SAFETY**



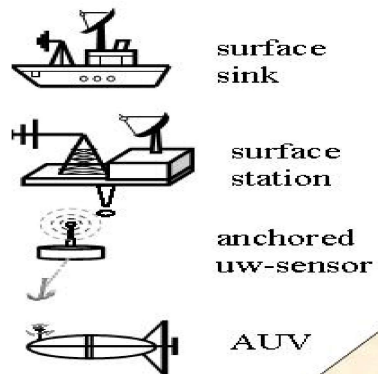
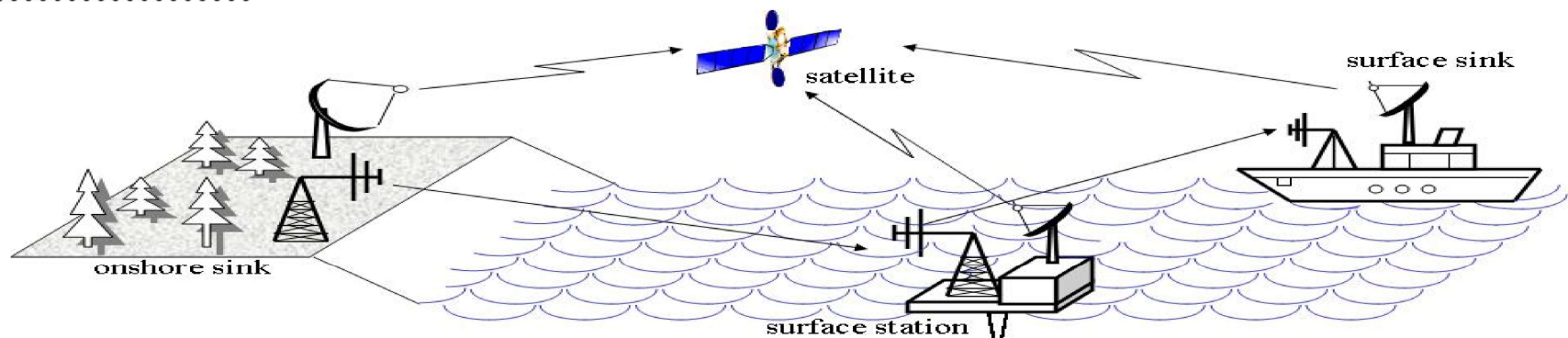
MILITARY



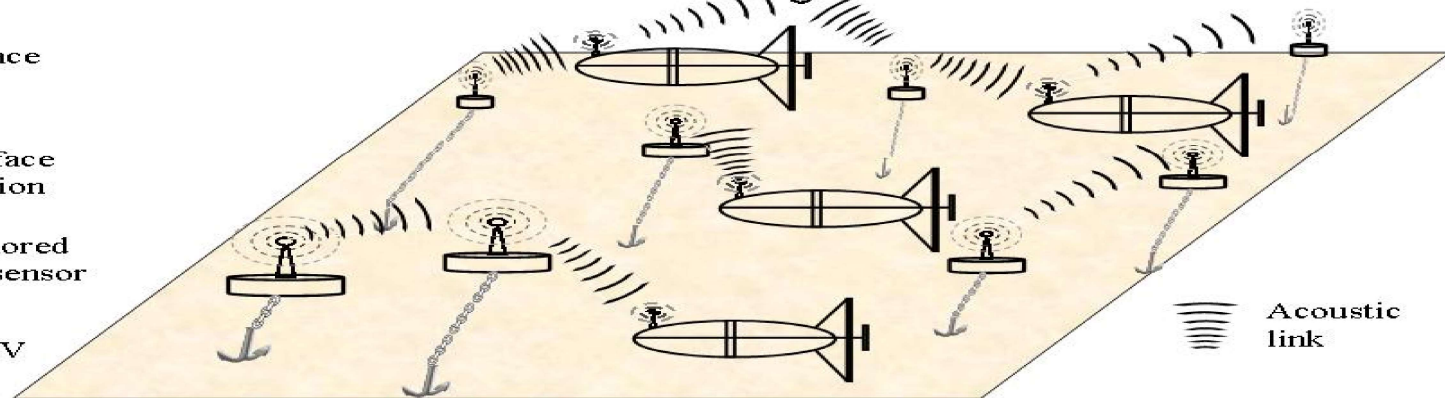
**SPACE AND
RESEARCH**

Titre

Underwater WSN



Titre



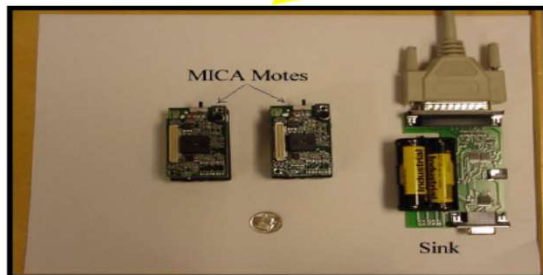
Acoustic link



WSN vs Underwater WSN

Terrestrial Wireless Sensor

Speed	4 MHz
Flash	128K bytes
Radio Frequency	916MHz or 433MHz (ISM Bands)
Data Rate	40 kbits/s (max)
Transmit Power	0.75 mW
Radio Range	100 feet
Power	2 x AA batteries

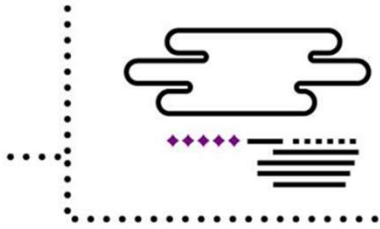


Underwater Acoustic Modem

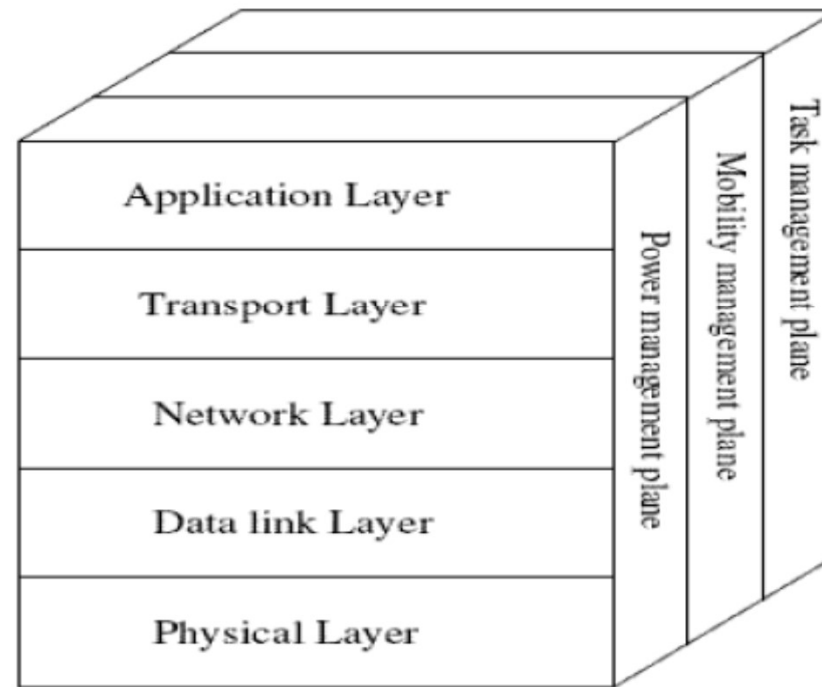
	<u>Short-range</u>	<u>Medium-range</u>
Acoustic Frequency	27- 45 kHz	54-89 kHz
Data Rate	7 kbit/s	14 kbit/s
Transmit Power	1 W	6 W
Receive Power	0.75 W	1 W
Sleep Power	8 mW	12 mW
Radio Range	1000 feet	3000 feet

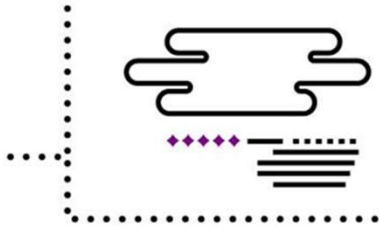


Titre



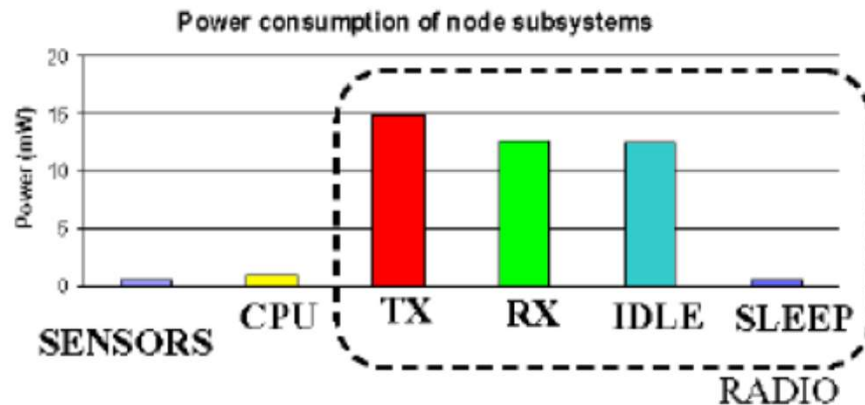
Protocolar Architecture of WSN





Performance Metrics

- Fault tolerance
- Connectivity of highly dense networks
- Auto-organization
- Low energy consumption



With 3J, a sensor
Executes 3 million instructions
Or
Transmits to a range of 100 meters
with 1Kb.



Main IoT standard solutions

IETF Group IPv6 Low power Personal Area Networks



IEEE LAN Standards 802.11



IEEE PAN Standards 802.15.4



IEEE PAN Standards 802.15.1



1 2 3 4 5 6 7 8 9 2000 1 2 3 4 5 6 7 8 9 2005 1 2 3 4 5 6 7 8 9 2010 1 2 3 4 5 6 7 8 9 2015 1 2 3 4 5 6 2020 1 2 3 4 5 6 2025

3GPP Standards



Low Power Wide Area Networks Solutions

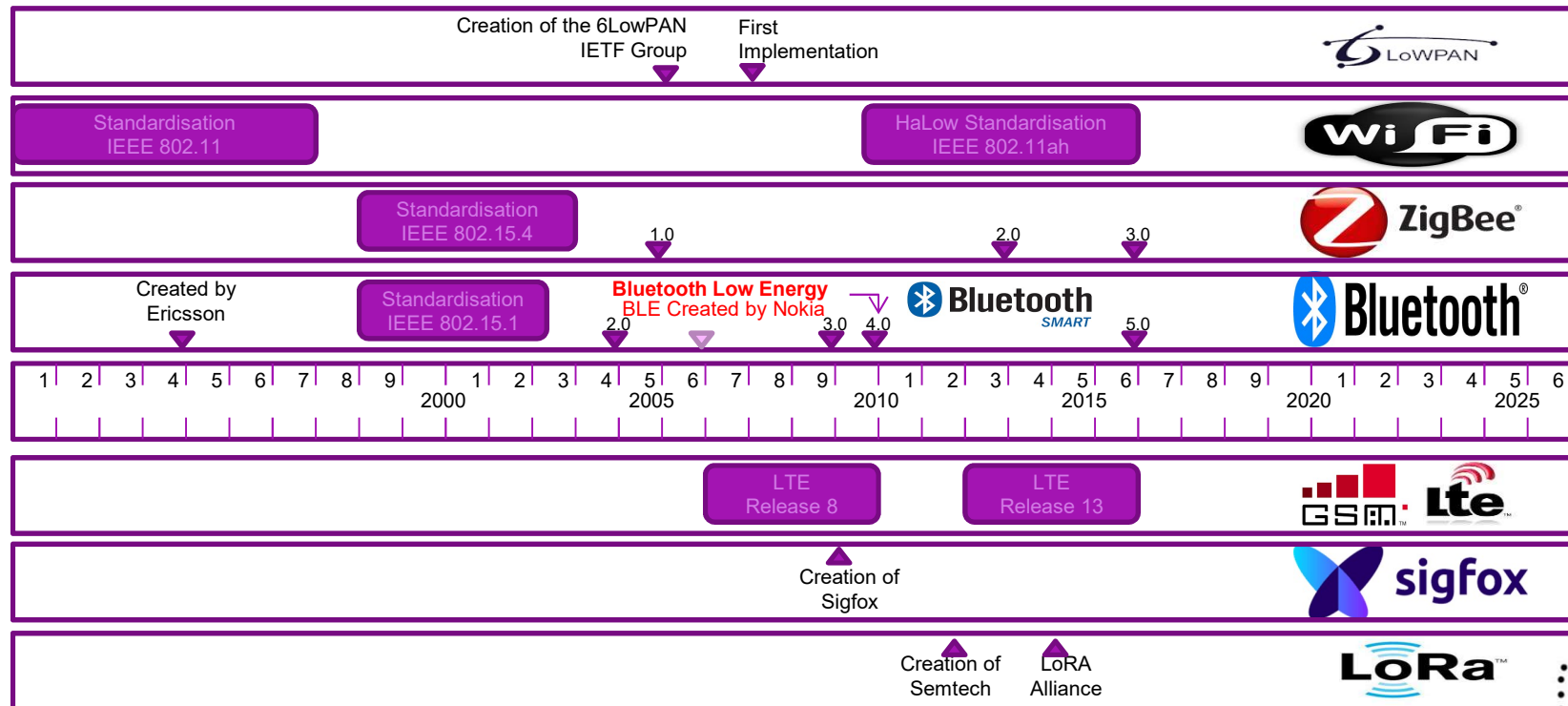


Low Power Wide Area Networks Alliance Standards



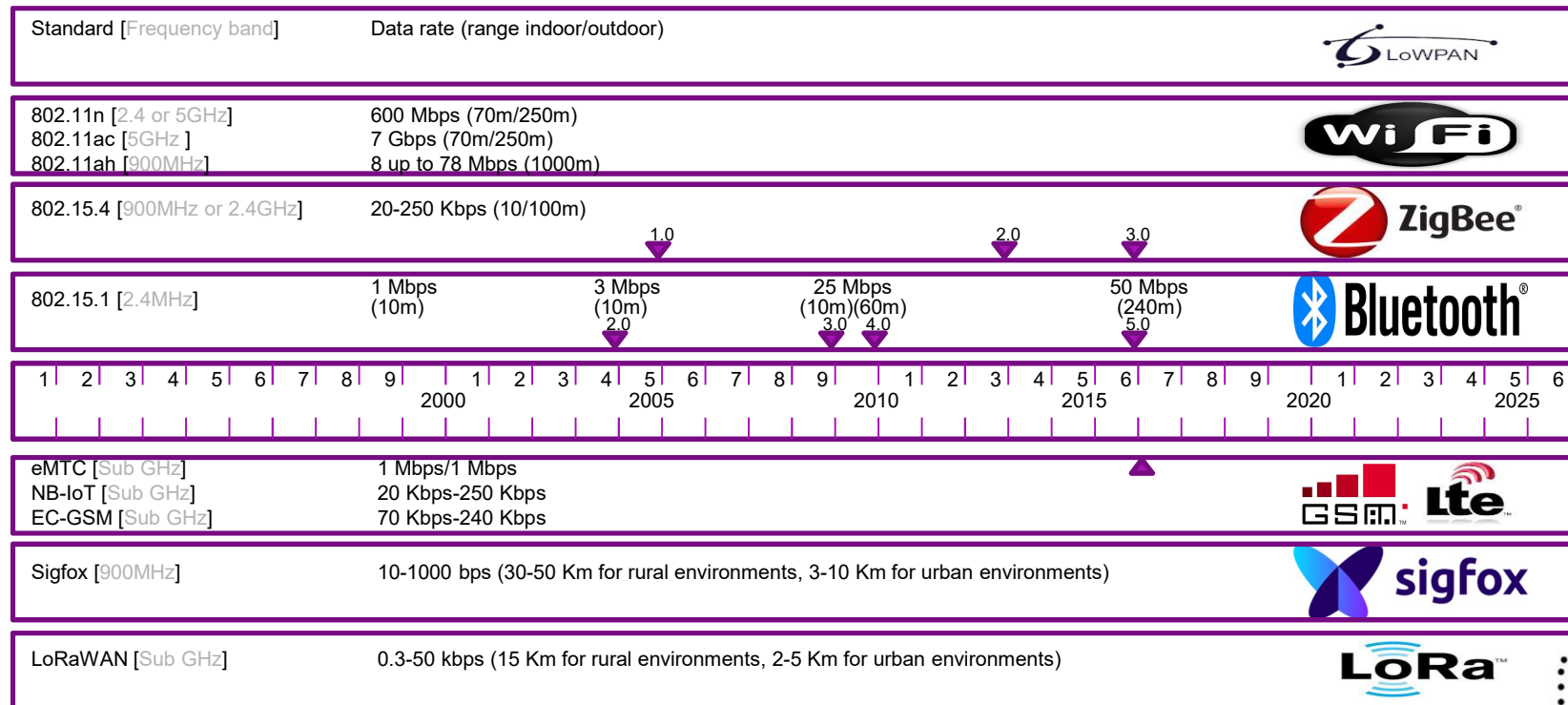


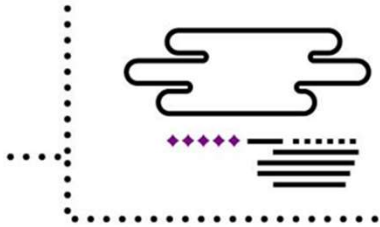
A brief history





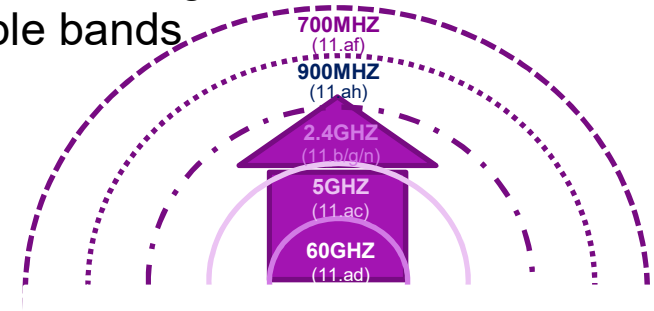
Focus on physical parameters



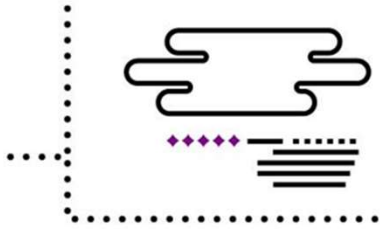


IEEE 802.11ah (HaLow)

- Why the WiFi isn't suitable for IoT
 - The absence of power saving mechanisms
 - The use of unsuitable bands



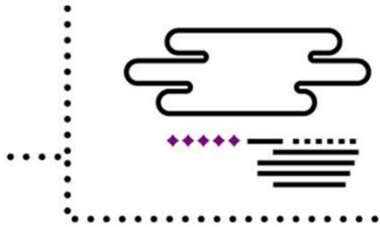
- Requirements of 802.11ah
 - Up to 8191 devices associated with AP
 - Data rates of at least 100Kbps
 - Transmission range up to 1km in outdoor areas
 - Very low consumption energy



IEEE 802.11ah: PHY Layer

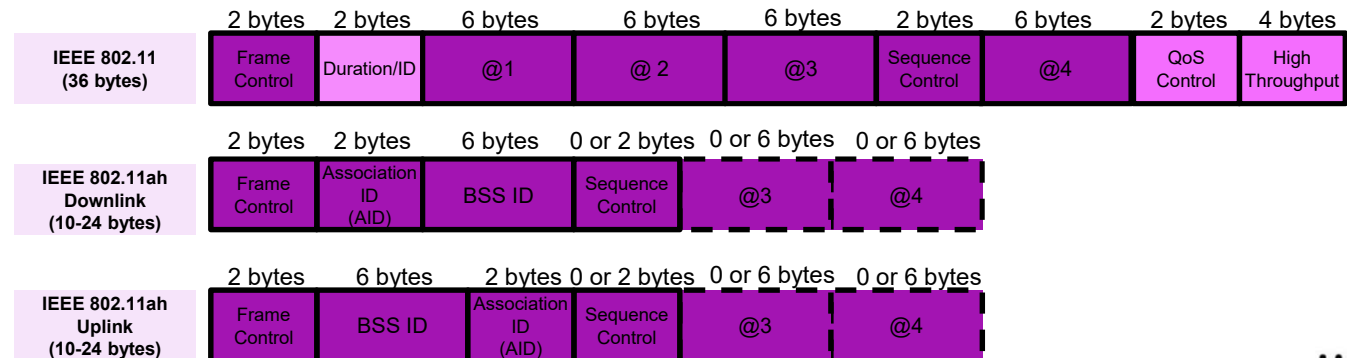
- Operates over a set of unlicensed radio bands (900MHz)
- Channel bandwidths: 1MHz and 2 MHz
- OFDM as transmission mechanism
- Supported modulation: BPSK, QPSK, 16-256 QAM
- Multiple Input Multiple Output (MIMO) and downlink multi-user MIMO

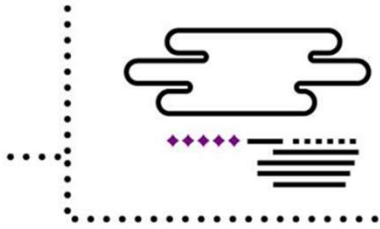




IEEE 802.11ah: MAC Layer

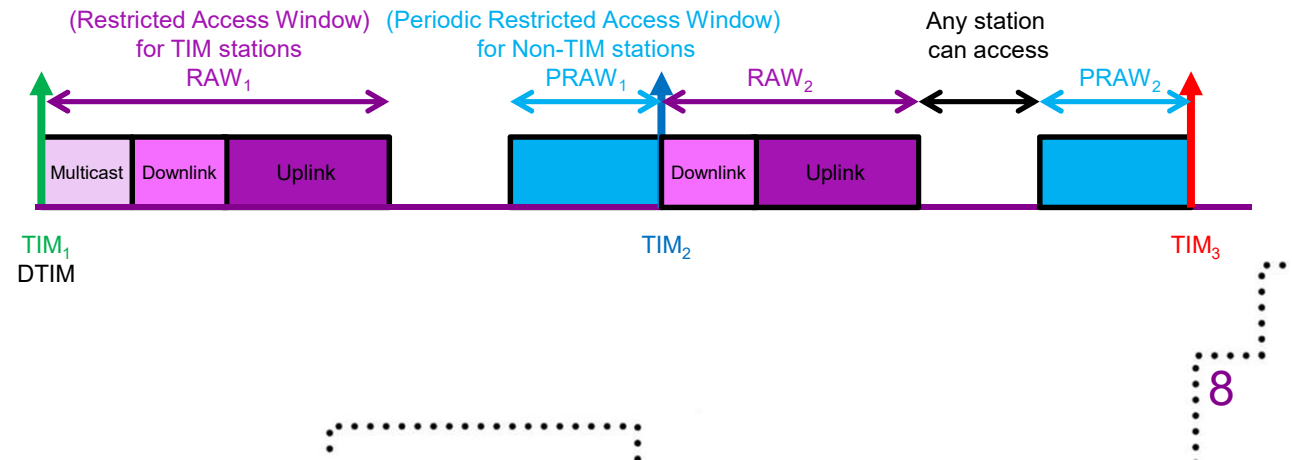
- Short MAC header
 - Removed : High Throughput control, QoS
 - Sequence field indicates if 3rd and 4th addresses are present





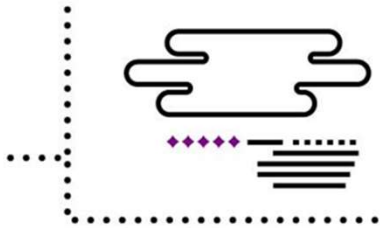
IEEE 802.11ah: MAC Layer

- Three different types of stations
 - Traffic Indication Map (TIM) stations
 - Non-TIM stations
 - Unscheduled stations



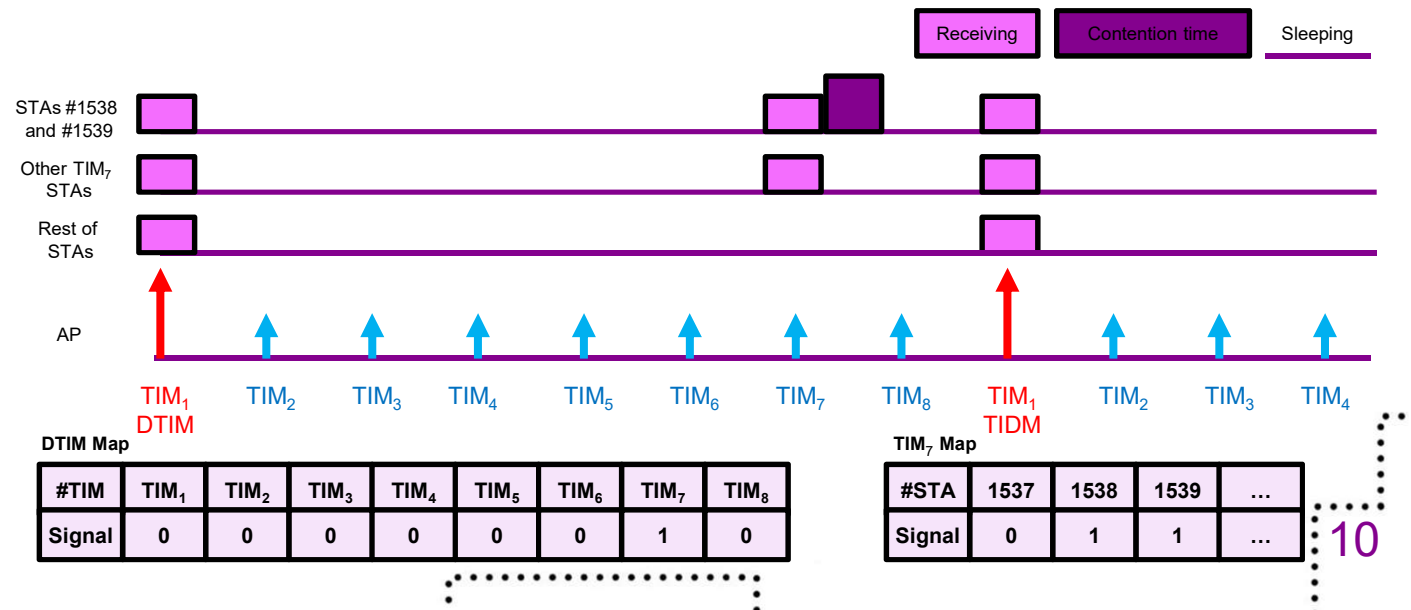
IEEE 802.11ah: MAC Layer

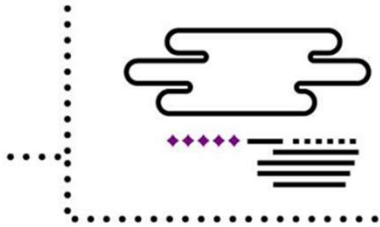




IEEE 802.11ah: MAC Layer

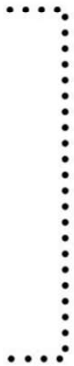
- The signaling system
 - DTIM beacons to signal intended TIM groups
 - TIM beacons to signal intended stations of the group





Summary

- Different standards and deployed technologies
- Dependent on application scenarios
- Emerging LAN standards (HaLow) vs WAN Solutions (LPWAN and 5G)



Dissémination et collecte de données dans les réseaux sans-infrastructure

Contributions pouvant s'appliquer aux Smart-Cities	Contexte d'application
Surveillance de la chaîne du froid par des <u>capteurs autonomes</u> (CAPTEURS)	Réseau auto-configurable, dynamique
<u>Hybridation</u> de satellites d'observation avec des réseaux de capteurs sans fil (IoT)	Surveillance de l'environnement et d'espèces mobiles
Dissémination de contenu dans un réseau véhiculaire (5G)	Forte mobilité avec intermittence des liens

Surveillance de la chaîne du froid (Contexte)

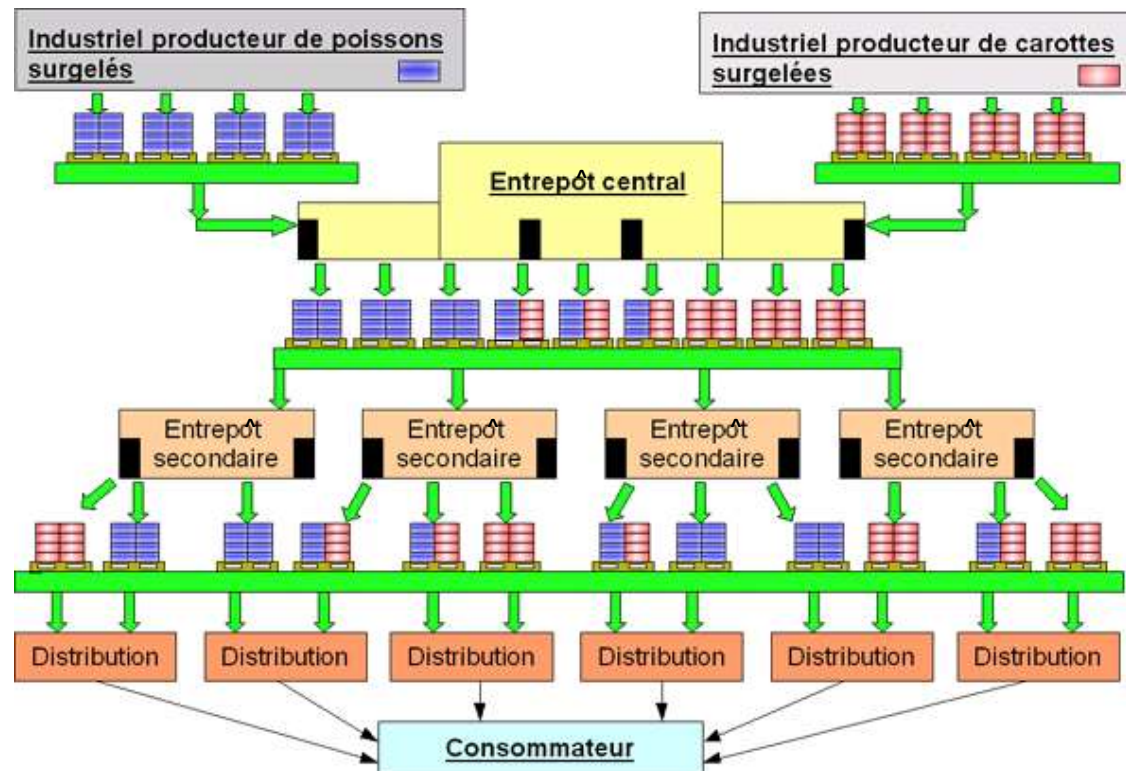
Projet ANR CAPTEURS

**Une solution pour la surveillance de la chaîne du froid
fondée sur un réseau de capteurs mobiles**

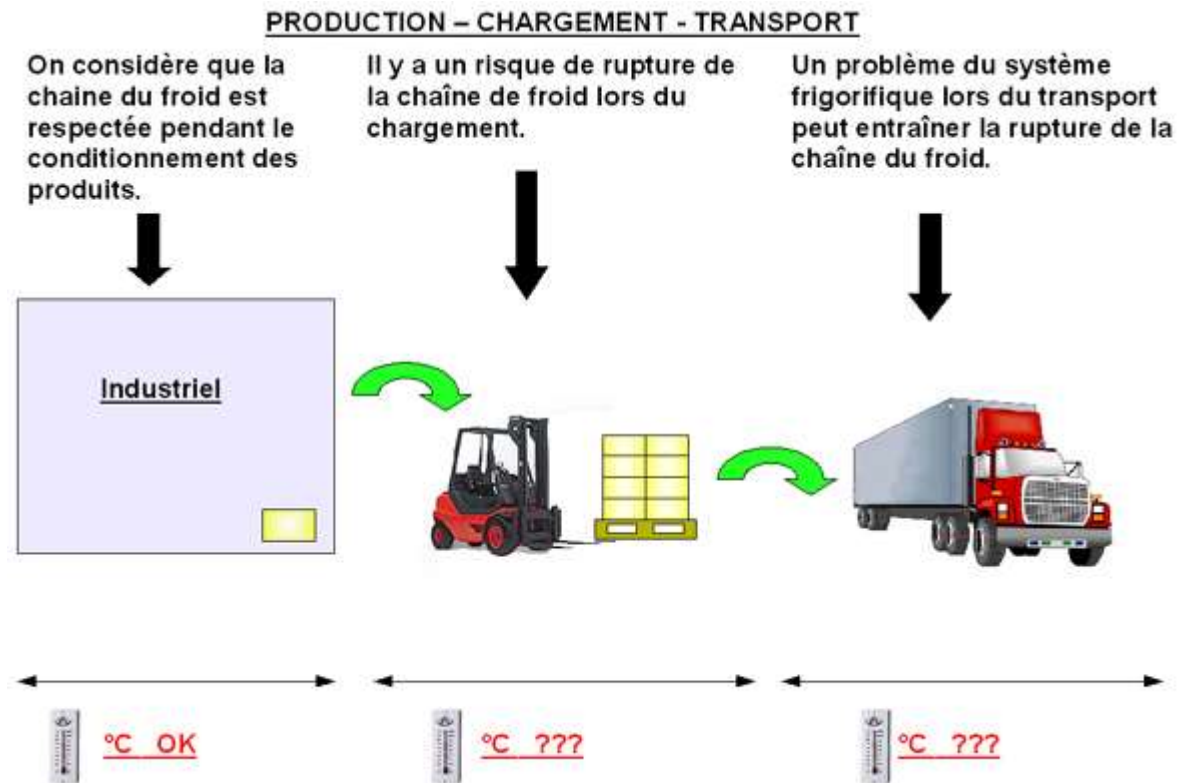
Objectif Initial

- Concevoir et valider des protocoles pour les réseaux de capteurs adaptés aux applications logistiques
- Cadre: la chaîne du froid

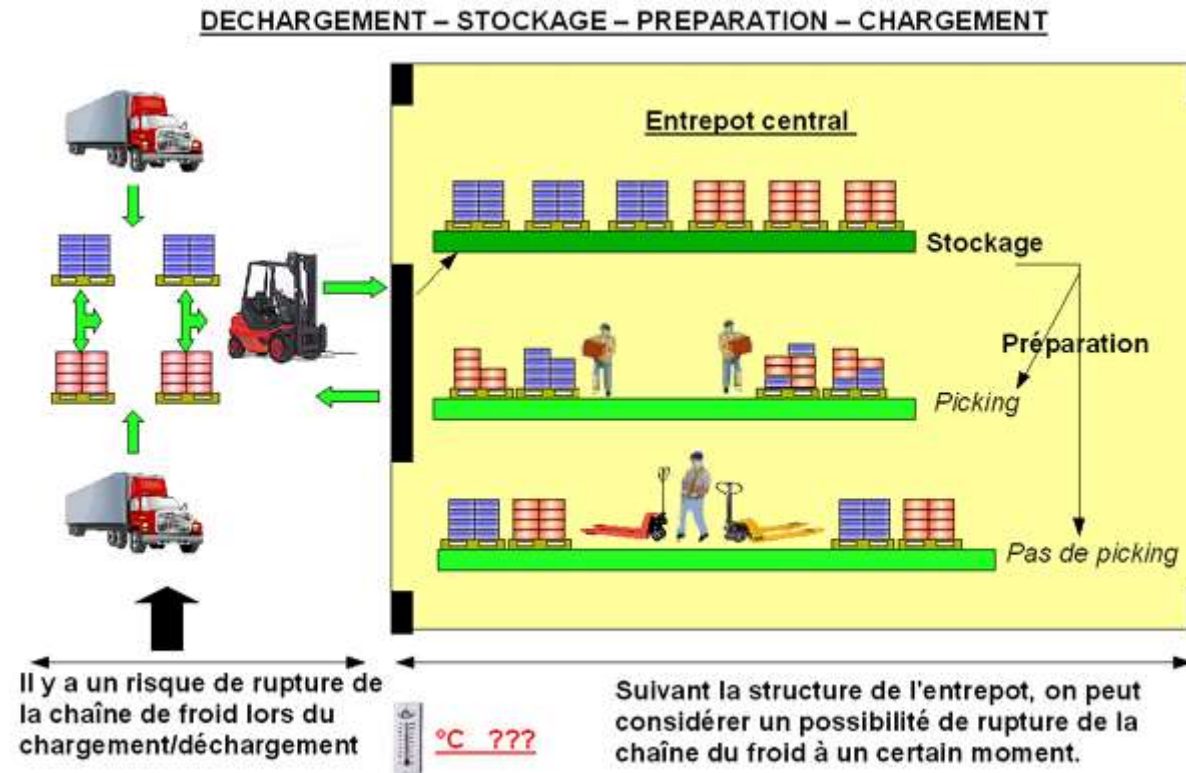
Surveillance de la chaîne du froid (Contexte)



Surveillance de la chaîne du froid (Contexte)



Surveillance de la chaîne du froid (Contexte)



Les problèmes de surveillance de la chaîne du froid

- **Problème sanitaire** induit par le non respect de la chaîne du froid
 - Rapport de 1999 : 76 millions d'intoxications, 325000 hospitalisations, 5000 décès par an aux USA
- **Directive européenne 92/1/EEC** : transport des produits congelés
 - Enregistrement automatique de la température de l'air dans les différentes étapes du transport à l'aide d'appareils fixes
- **Développement de petits enregistreurs autonomes** placés au contact de produits, mais réponse partielle au problème
 - Température ambiante \neq température du produit
 - Pas de contrôle pendant le chargement et le déchargement
- Produits associés aux emballages avec liaison RFID, mais trop coûteux et difficiles à gérer \Rightarrow peu utilisés
- Minimiser le coût du système (pas d'investissement, peu d'implication des personnels)

Surveillance de la chaîne du froid (Objectifs et contraintes)

Objectif final : amélioration des conditions d'utilisation des enregistreurs

- Utilisation de capteurs ne nécessitant pas d'investissement en matériel
- Contrôle d'une livraison ou d'un stock en une opération simple (e. g. lecture d'un message sur un PDA)

Surveillance de la chaîne du froid (Problèmes traités)

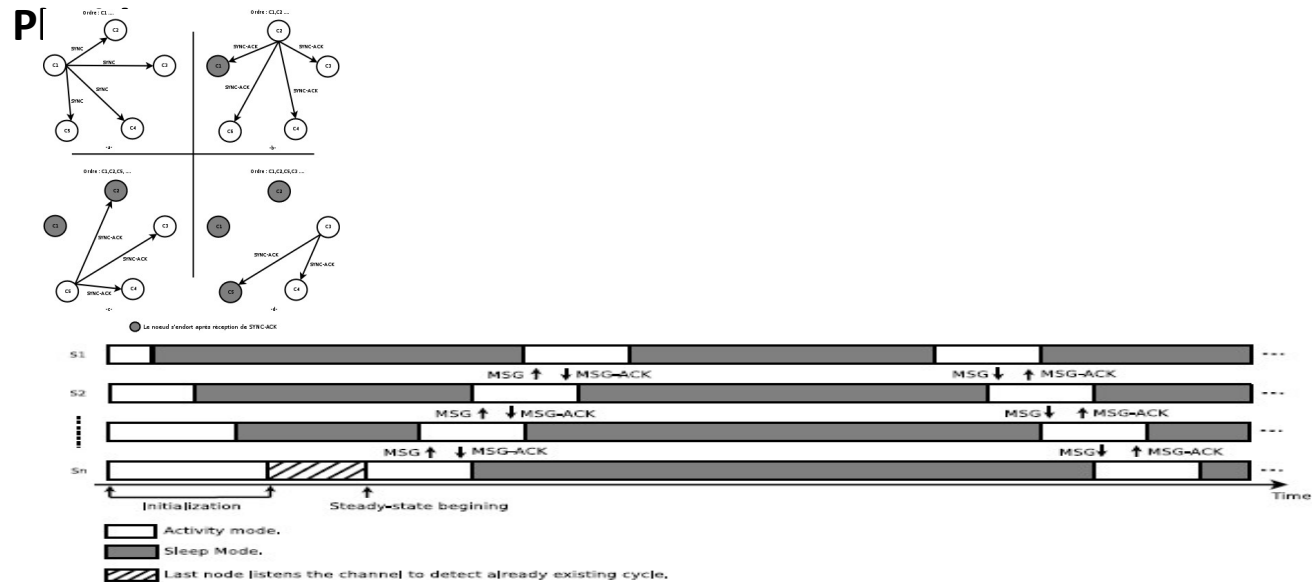
Définition d'une architecture réseau

- Avec l'absence d'infrastructure (pour la phase de transport)
 - Hypothèse: tous les capteurs à portée les uns des autres
 - Conception de protocoles de communication auto-organisés et économes en énergie
 - Prise en compte des aspects sécurité
- En présence d'infrastructure (dans les entrepôts)
 - Relâchement des contraintes précédentes (portée, auto-*)
 - Routage avec partage de charge économe en énergie du contenu vers les stations de base (minimisant la signalisation)\$

[§] [Rahim Kacimi](#), [Riadh Dhaou](#), [André-Luc Beylot](#). *Load Balancing Techniques for Lifetime Maximizing in Wireless Sensor Networks*. Dans : *Ad Hoc Networks Journal*, [Elsevier](#), Vol. 11 N. 8, p. 2172-2186, novembre 2013.

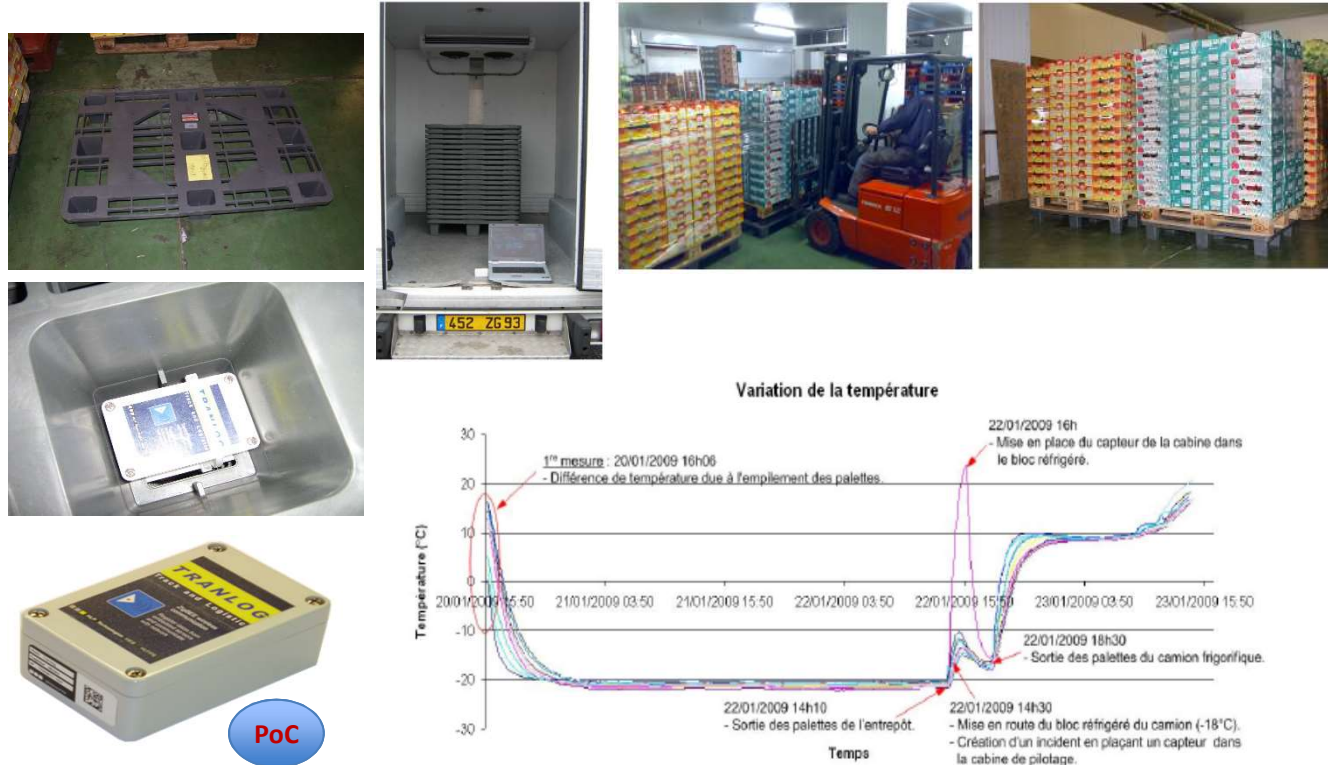
Surveillance de la chaîne du froid (Contributions)

Conception de protocoles auto-organisant de formation d'anneau virtuel (phase d'initialisation, phase de régime permanent , reconfiguration suite à fusion/scission d'anneaux,...): solution



[Rahim Kacimi](#), [Riadh Dhaou](#), [André-Luc Beylot](#). *Energy-aware self-organization algorithms for wireless sensor networks*. Dans : *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2008)*, La Nouvelle Orléans, 30/11/2008-04/12/2008, [IEEE](#), p. 1-5, décembre 2008.

Surveillance de la chaîne du froid (Preuve de Concept)



[Monique Becker](#), [André-Luc Beylot](#), [Riadh Dhaou](#), [Ashish Gupta](#), [Rahim Kacimi](#), [Michel Marot](#). *Experimental Study: Link Quality and Deployment Issues in Wireless Sensor Networks*. Dans : *IFIP Networking*, Aix-la-Chapelle, 11/05/09-15/05/09, [Springer](#), LNCS 5550, p. 14-25, mai 2009.

Observation de l'environnement (Contexte)

Extension du contexte, passage de capteurs à IoT

Satellites d'observation avec réseaux de capteurs autonomes au service de l'environnement

Objectif Initial :

- Architecture Unifiée.
- Hétérogénéité des données, hausses sporadiques

Contributions :

- Modélisation, simulation, implantations

Applications

- Surveillance de l'environnement
- Suivi de populations mobiles

Problème d'une architecture unifiée

- Des technologies hétérogènes (réseaux de capteurs sans fil, satellites d'observation, drones, ballons,...)

Réseaux de capteurs sans fil

Petits équipements pas chers, réseaux auto-configurables, protocoles minimisant la consommation d'énergie (IEEE 802.15.4), évolution d'une vision applications vers une vision réseau (6LoWPAN)

Satellites d'observation à orbites basses

faibles contraintes de délais, protocoles adaptés au satellites, évolution vers des systèmes multi-missions et interopérables (EO-1, CLEO sur UK-DMC)

- Différentes technologies mais missions communes
- Spécificités aux niveau de la couche liaison
- Limitation de la mémoire (missions secondaires, contraintes matérielles)
- Intermittence des liens.

Un problème en cache un autre

Comparaison des différentes implantations de DTN sur MicaZ
(ION, IBR-DTN, DTNLite, ContikiDTN,...)

PoC

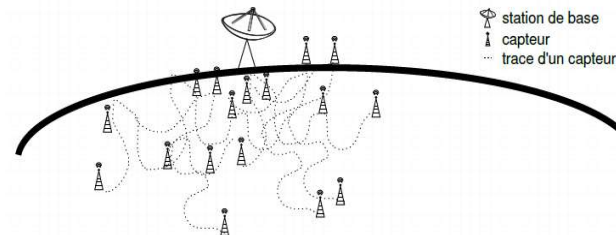
Implantation de nanoDTN inspirée de microDTN:
implantation plus légère avec une architecture modulable (adaptée à la mission).

Orientation de le réflexion :

mécanismes simples, peu de ressources mémoire.

Scénario

- Nœuds mobiles
- Station de collecte statique
- Mostly-on
- Limitation mémoire
- Limitation des capacités de traitement



****** [P. Raveneau](#), [R.Dhaou](#), [E. Chaput](#), [A.-L. Beylot](#). DTNs BACK: DTNs Broadcasting ACK. IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2014), Austin, 08/12/2014-12/12/2014, [IEEE](#), p. 2789-2794, décembre 2014.

Comment améliorer le routage opportuniste pour capteurs mobiles?

- Mécanismes de routage :
 - Prédicible (Contact Graph Routing)
 - Non déterministe (Réplication: Epidemic, PRoPHET, MaxProp; Quotas: SprayAndWait)
- Intuition : Accusés de réception (ACK) consomment de la mémoire
- ACK : gain ou perte?
- Modèles analytiques avec et sans ACK pour étudier le temps de séjour en mémoire infinie.

Résultat

- ACK améliorent nettement les performances
- Un mécanisme léger et implantable sur capteurs

** [P. Raveneau](#), [R. Dhaou](#), [E. Chaput](#), [A.-L. Beylot](#). DTNs BACK: DTNs Broadcasting ACK. IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM 2014), Austin, 08/12/2014-12/12/2014, [IEEE](#), p. 2789-2794, décembre 2014.

Dissémination de données dans les VANETs

Dissémination dans les réseaux véhiculaires fondée sur les intérêts et la durée de contact.

Contexte:

- Forte mobilité, durées de contact très limitées, volume de données

Objectifs:

- Dissémination des objets de données sous les contraintes des réseaux véhiculaires.

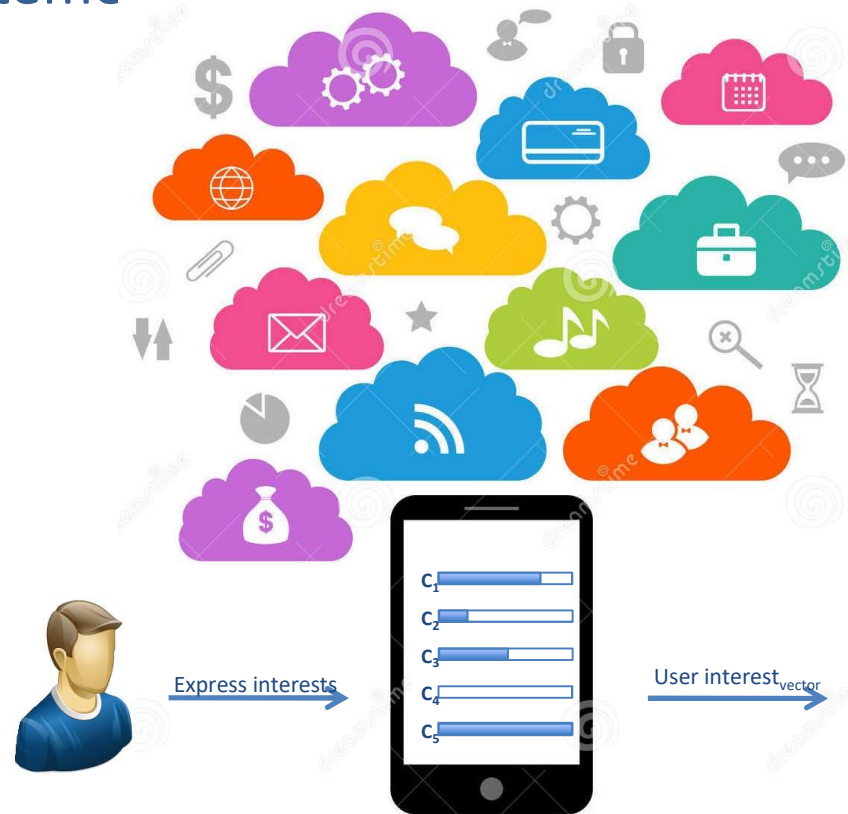
Applications :

- Divertissement, information, contrôle de trafic routier, annonces publicitaires

Dissémination dans les VANETs (Problème)

- Caractéristiques des VANETs : communications intermittentes, topologie dynamique, forte mobilité
- Connectivité limitée dans le temps \Rightarrow volume de données échangées faible.
- Critères classiques d'évaluation des mécanismes de dissémination (taux de délivrance, délais, débits)
 - conviennent aux applications de sécurité routière
 - n'accèdent pas aux préférences des utilisateurs

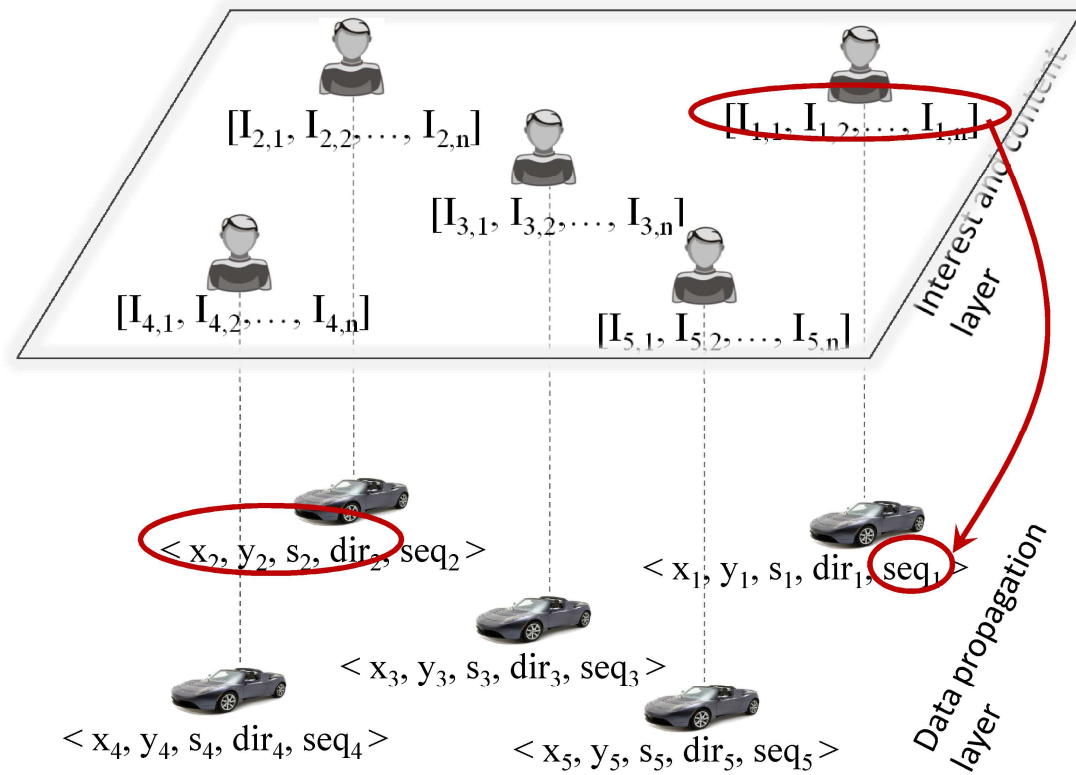
Modèle Système



Dissémination dans les VANETs (Contributions)

- Un protocole de signalisation et un mécanisme d'ordonnancement fondé sur les paramètres :
 - et réseau (durée de contact)
 - et utilisateur (intérêts)
- Une métrique d'évaluation quantifiant le gain de l'utilisateur à recevoir un contenu : Satisfaction de l'utilisateur

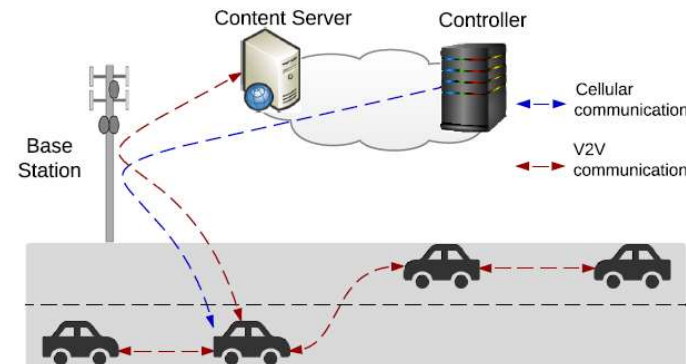
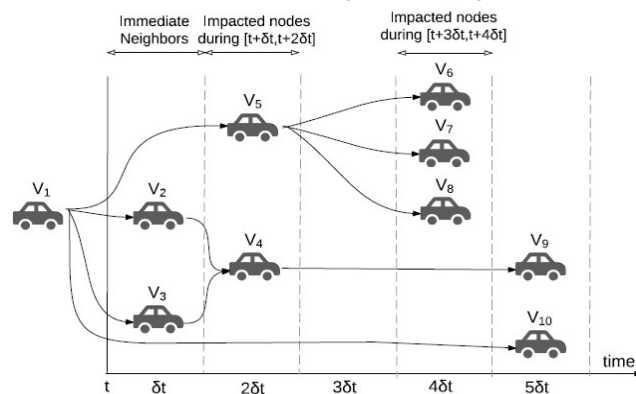
Modèle Système



[Farouk Mezghani](#), [Riadh Dhaou](#), [Michele Nogueira](#), [André-Luc Beylot](#). Content dissemination in Vehicular Social Networks: Taxonomy and User satisfaction. Dans : *IEEE Communications Magazine*, [IEEE](#), Vol. 52 N. 12, p. 34-40, décembre 2014.

Dissémination dans les VANETs (Contributions)

- Mécanisme d'offloading du réseau cellulaire à travers des communications V2V
 - Choix des sources initiales en charge de la propagation du contenu (I-Seed)



[Farouk Mezghani](#), [Riadh Dhaou](#), [Michele Nogueira](#), [André-Luc Beylot](#). Offloading Cellular Networks Through V2V Communications - How to Select the Seed-Vehicles? (regular paper). Dans : IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC 2016), Kuala Lumpur, Malaysia, 23/05/2016-27/05/2016, [IEEE](#), mai 2016

Dissémination dans les VANETs (Contributions)

- Mécanisme d'ordonnancement distribué :
 - Sélectionne le « Forwarder » présentant les objets avec le plus d'intérêt (I-Send)
 - Ignore les utilisateurs avec des durées de contact insuffisantes
 - Sélectionne les objets présentant le plus d'intérêt
 - Ordonne les objets sélectionnés en fonction des durées de contact (I-Pick)
- Evaluation des protocoles et des mécanismes par simulation
- Implantation sous IBR-DTN

PoC

[Farouk Mezghani](#), [Riadh Dhaou](#), [Michele Nogueira](#), [André-Luc Beylot](#). *Offloading Cellular Networks Through V2V Communications - How to Select the Seed-Vehicles? (regular paper)*. Dans : *IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC 2016)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 23/05/2016-27/05/2016, [IEEE](#), mai 2016



