

# Réseaux de Capteurs Sans Fils

Dr.ing. SAOUD Bilal

UAMOB



# Plan

Introduction

Capteurs

Applications

WSN vs MANET

Caractéristiques des RCSF

Challenges

Communication dans les RCSF

Protocoles de routage dans les RCSF

Exemples de protocoles de routage dans les RCSF

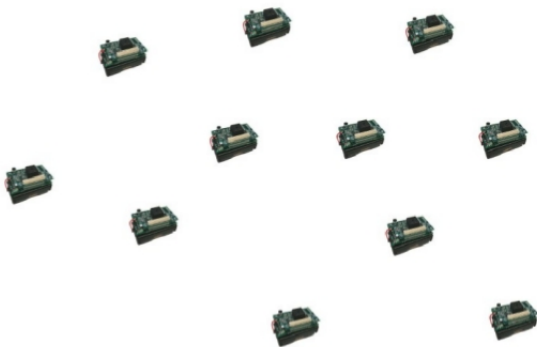
Conclusion

Références

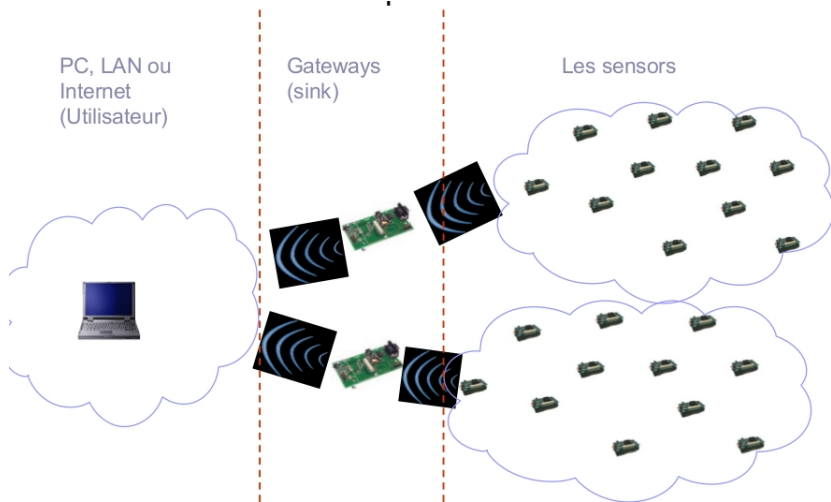


# Introduction

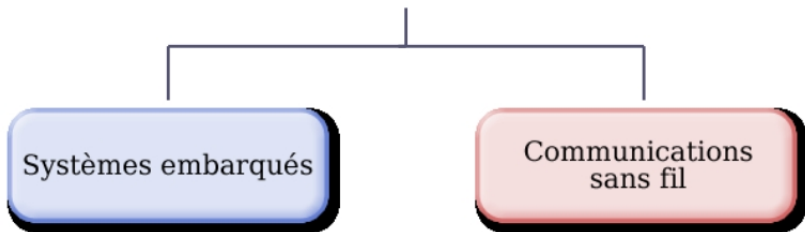
- WSN (Wireless Sensor Network)
- Réseau de capteurs auto-alimentés dotés de capacités de calcul et de communication sans fils.



# Introduction-Architecture



# RCSF

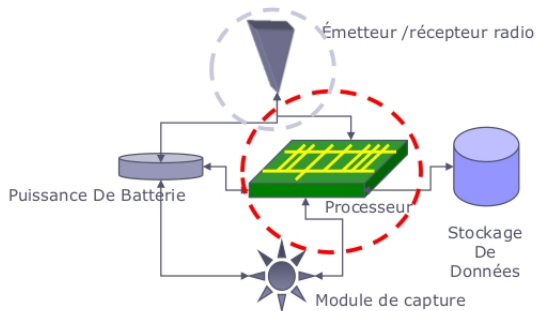


- Petite taille, Faible coût et Faible capacité
- N'importe quelle situation, Sans installation, Toujours

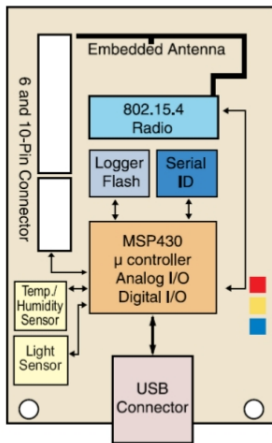


## Anatomie d'un noeud capteur

- Petits, peu coûteux, ressources très limitées
- Tâches :
  - Collection de données
  - Traitement des données
  - Communication
- Il existe plusieurs modèles



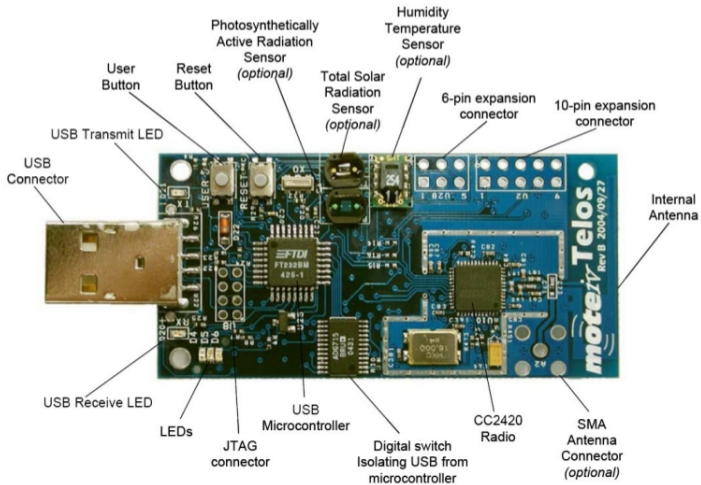
## TelosB



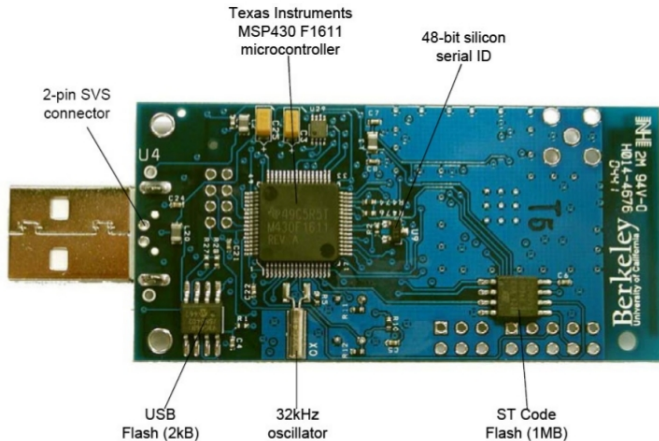
- Processeur
  - TI MSP430
  - 8 MHz
  - 10kB RAM
- Transmission
  - IEEE 802.15.4 (ZigBee)
  - 250 Kbps (Bande 2.4-2.4835 GHz)
  - Antenne intégrée
- Flash
  - 1 MB
- Sensor
  - Lumière
  - Température
  - Humidité
- Système
  - tinyOS



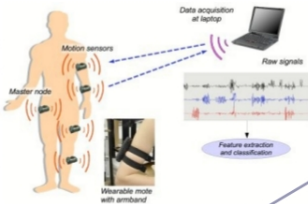
# TelosB



# TelosB



# Applications



Monitoring médical



Tracking militaire



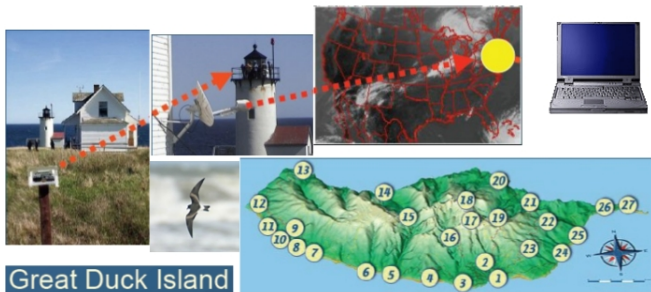
Surveillance dans les environnements hostiles



Agriculture de précision



## Contrôle de l'environnement



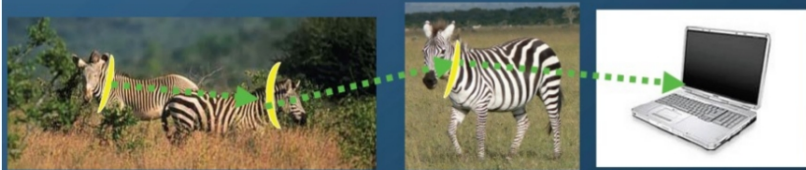
Great Duck Island

- 32 capteurs déployés sur l'île, relaient des données (température, pression, ...) à un dispositif central.
- Surveillance de l'environnement des oiseaux marins
- Les données sont accessibles à partir d'internet (réseau satellite, ...)



## Contrôle de l'environnement

*Zebranet: a WSN to study the behavior of zebras*



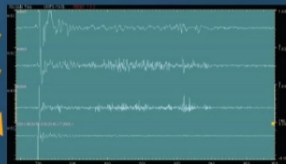
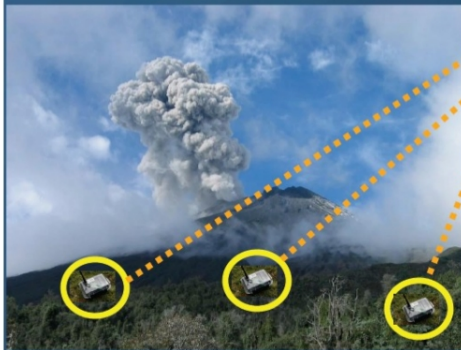
Princeton University

- Des chaînes équipées de GPS sont attachés aux Zebras



## Contrôle de l'environnement

### Volcano Monitoring in Ecuador



Phenomena whose monitoring discourages human presence are best observed with WSNs.

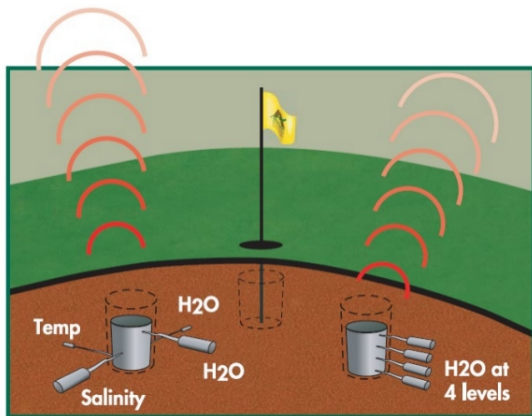
Harvard, Univ. of New Hampshire, Univ. of NC



## Contrôle de l'agriculture



# Contrôle de l'agriculture



- Agriculture de précision : Underground WSN



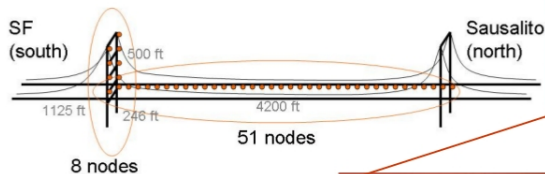
## Surveillance médicale



- Intel a déployé un réseau de 130 sensors pour surveiller l'activité de personnes âgées dans une maison de repos
- wireless Sensor Networks dor Medical, Havard Univ.



## Contrôle des structures



6V Lantern  
Battery X 4

Extreme Rust  
on C-clamp

Accelerometer  
Board and Mote



Zip tie around  
antenna

Bi-directional  
Patch  
Antenna

Duct Tape to  
Hold Wires

- Golden Gate Bridge (Berkeley Univ.)



## WSN vs MANET

	WSN	MANET
Objectif	But ciblé	Général/communication
Collaboration	Nœuds collaborent ensemble pour le même objectif	Chaque nœud a son propre objectif
Flux de données	Many-to-One	
Taille et Identité	Très grand nombre de nœud sans ID	Présence de la notion d'ID
Principal facteur	Ressource d'énergie	Débit, QoS
Type de communication	Broadcast	Point à point



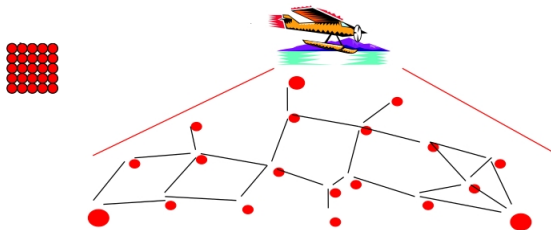
## Caractéristiques des RCSF

- Un grand nombre de nœuds (zigbee)
- Accès sans fil (Les interférences sont inévitables)
- Ressources limitées (Calcul (4MHz), énergie (Piles AA), mémoire(512-1MB))
- Gestion d'énergie
  - Alimentation par batterie
  - Personne n'ira changer les batteries
  - Différents modes de veilles



## Caractéristiques des RCSF

- Mode de déploiement
- Déploiement dans la nature
  - Présence d'intrus menant des attaques de sécurité
  - Capture des noeuds
- Posés à un endroit précis : topologie pré-configurée
- Dispersés aléatoirement (Algorithme d'auto-organisation)

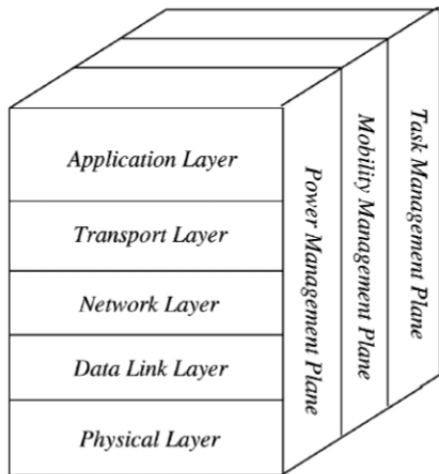


## Caractéristiques des RCSF

- Réduire la consommation d'énergie
  - Calcul, stockage, communication
- Adapté les mécanisme de sécurité au caractéristiques de WSN
  - Absence d'un tiers de confiance
  - Stockage des clés
  - Puissance de calcul très limitée
- Assurer la fiabilité et la disponibilité du réseau
  - Intervention difficile une fois le réseau est déployé
- Gestion de réseau
  - Calcul distribué , agrégation,
  - Routage, Auto-ganisation, localisation



## Architecteur de communication



## Architecteur de communication

- La couche physique : Spécifications des caractéristiques matérielles, des fréquences porteuses, etc...
- La couche liaison : Spécifie comment les données sont expédiées entre deux noeuds/routeurs dans une distance d'un saut. Elle est responsable du multiplexage des données, du contrôle d'erreurs, de l'accès au media,... Elle assure la liaison point à point et multi-point dans un réseau de communication (ZigBee/IEEE 802.15.4).
- La couche réseau : Dans la couche réseau le but principal est de trouver une route et une transmission fiable des données, captées, des noeuds capteurs vers le puits "sink" en optimisant l'utilisation de l'énergie des capteurs. Ce routage diffère de celui des réseaux de transmission ad hoc sans fils.



# Architecteur de communication

- La couche transport : Cette couche est chargée du transport des données, de leur découpage en paquets, du contrôle de flux, de la conservation de l'ordre des paquets et de la gestion des éventuelles erreurs de transmission.
- La couche application : Cette couche assure l'interface avec les applications. Il s'agit donc du niveau le plus proche des utilisateurs, géré directement par les logiciels.



## Architecteur de communication

Les plans de gestion d'énergie, de mobilité et de tâche contrôlent l'énergie, le mouvement et la distribution de tâche au sein d'un noeud capteur. Ces plans aident les noeuds capteurs à coordonner la tâche de captage et minimiser la consommation d'énergie. Ils sont donc nécessaires pour que les noeuds capteurs puissent collaborer ensemble, acheminer les données dans un réseau mobile et partager les ressources entre eux en utilisant efficacement l'énergie disponible. Ainsi, le réseau peut prolonger sa durée de vie.



## Architecteur de communication

- Plan de gestion d'énergie : contrôle l'utilisation de la batterie. Par exemple, après la réception d'un message, le capteur éteint son récepteur afin d'éviter la duplication des messages déjà reçus. En outre, si le niveau d'énergie devient bas, le noeud diffuse à ses voisins une alerte les informant qu'il ne peut pas participer au routage. L'énergie restante est réservée au captage.



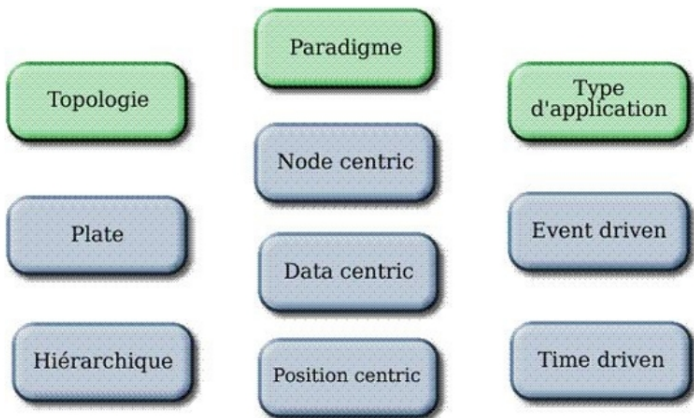
## Architecteur de communication

- Plan de gestion de mobilité : détecte et enregistre le mouvement du noeud capteur. Ainsi, le noeud peut garder trace de ses noeuds voisins. En déterminant leurs voisins, les noeuds capteurs peuvent balancer l'utilisation de leur énergie et la réalisation de tâche.
- Plan de gestion de tâche : balance et ordonnance les différentes tâches de captage de données dans une région spécifique. Il n'est pas nécessaire que tous les noeuds de cette région effectuent la tâche de captage au même temps ; certains noeuds exécutent cette tâche plus que d'autres selon leur niveau de batterie.



## Taxonomie des protocoles de routage

- Les protocoles de routage pour les RCSF ont été largement étudiés, et différentes études ont été publiées.
- Les méthodes employées peuvent être classifiées suivant plusieurs critères comme illustré sur la figure suivante :



## Topologie du réseau

La topologie détermine l'organisation des capteurs dans le réseau. Il existe deux principales topologies dans les protocoles de routage pour les RCSF.

- Topologie plate : dans une topologie plate, tous les noeuds possèdent le même rôle. Les noeuds sont semblables en termes de ressources.
- Topologie hiérarchique : afin d'augmenter la scalabilité du système, les topologies hiérarchiques ont été introduites en divisant les noeuds en plusieurs niveaux de responsabilité. L'une des méthodes les plus employées est le clustering, où le réseau est partitionné en groupes appelés "clusters". Un cluster est constitué d'un chef (cluster-head) et de ses membres.



## Paradigme de communication

Dans un RCSF on trouve trois paradigmes de communication :

- Node centric : est employé dans les réseaux conventionnels, où les communications se basent sur l'identification des noeuds participants, qui se fait à l'aide d'adresses IP.
- Data centric : dans un RCSF, la donnée est plus importante que le noeud lui-même, ce qui rend son identification inutile. Dans le paradigme data centric, les communicants sont identifiés par leurs données, et donc tout le système (routage, interrogation, . . . etc) doit être régi par cette propriété. Ainsi, le système peut être vu comme une base de données distribuée, où les noeuds forment des tables virtuelles, alimentées par les données captées.
- ...



## Paradigme de communication

Dans un RCSF on trouve trois paradigmes de communication :

- ...
- Position centric : dans cette approche, les positions des noeuds représentent le moyen principal d'adressage et de routage. Dans certaines applications, il est plus intéressant d'interroger le système en utilisant les positions des noeuds, que leurs adresses IP. Dans ce cas, le routage s'effectue grâce à des techniques géométriques afin d'acheminer l'information d'une zone géographique vers une autre.



## Type d'application

La méthode de captage des données dans un RCSF dépend de l'application et de l'importance de la donnée. De ce fait, les RCSF peuvent être catégorisés comme time-driven ou event-driven.

- Application time-driven : un réseau time-driven est approprié pour des applications qui nécessitent un prélèvement périodique des données. Par exemple, cela est utile dans des applications de monitoring (feu, météo) afin d'établir des rapports périodiques.
- Application event-driven : dans des applications temps réel, les capteurs doivent réagir immédiatement à des changements soudains des valeurs captées. Un prélèvement périodique des données est inadapté pour ce type de scénarios. Pour cela, le protocole doit être réactif et doit donner des réponses rapides à l'occurrence d'un certain nombre d'évènements.



# Protocoles de routage des RCSF

Il existe plusieurs protocoles de routages. Parmi ces protocoles on trouve :

- SPIN
- Directed Diffusion
- MCFA : Minimum Cost Forwarding Algorithm
- Rumour Routing
- ...



# SPIN

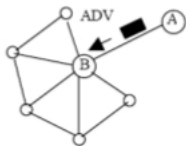
Les communications dans SPIN se font en trois étapes :

- Lorsqu'un noeud veut émettre une donnée, il émet d'abord un message ADV contenant une description de la donnée en question.
- Un noeud recevant un message ADV, consulte sa base d'intérêt. S'il est intéressé par cette information, il émet un message REQ vers son voisin.
- En recevant un message REQ, l'émetteur transmet à l'intéressé la donnée sous forme d'un message DATA.

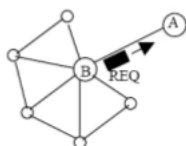


# SPIN

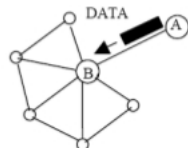
Les communications dans SPIN se font en trois étapes :



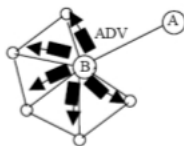
(a)



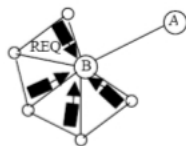
(b)



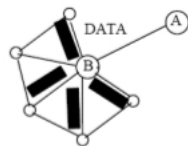
(c)



(d)



(e)



(f)

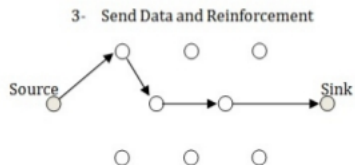
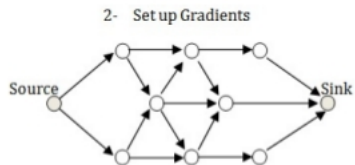
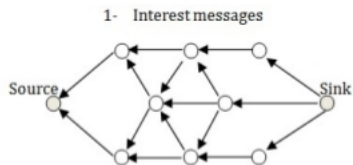


## Directed Diffusion

- Directed Diffusion est un protocole de propagation de données, permettant d'utiliser plusieurs chemins pour le routage d'information.
- Le puits diffuse un intérêt sous forme de requête, afin d'interroger le réseau sur une donnée particulière.
- Il se base sur le modèle publish/subscribe.
- Directed Diffusion repose sur quatre éléments : 1) nomination des données, 2) propagation des intérêts et établissement des gradients, 3) propagation des données, 4) renforcement des chemins.



# Directed Diffusion



## Conclusion

- Le modèle RCSF comprend 5 couches qui ont les mêmes fonctions que celles du modèle OSI ainsi que 3 couches pour la gestion de la puissance d'énergie, la gestion de la mobilité ainsi que la gestion des tâches (interrogation du réseau de capteurs).
- ZigBee / IEEE 802.15.4 est utilisé au niveau de la couche liaison.
- Il existe plusieurs protocoles de routages.
- Certains noeuds capteurs peuvent être bloqués ou tomber en panne à cause d'un manque d'énergie, d'un dégât matériel ou d'une interférence environnementale. La panne d'un noeud capteur ne doit pas affecter le fonctionnement global de son réseau (La tolérance aux pannes dans les RCSF).
- Sécurité dans les RCSF!!!?



## Références

- CHALLAL, Y., Réseaux de Capteurs Sans Fils.2008
- Akkaya, K., Younis, M. (2005). A survey on routing protocols for wireless sensor networks. Ad hoc networks, 3(3), 325-349.
- Pantazis, Nikolaos A., Stefanos A. Nikolidakis, and Dimitrios D. Vergados. "Energy-efficient routing protocols in wireless sensor networks : A survey." IEEE Communications surveys & tutorials 15.2 (2012) : 551-591.



# Plan

Introduction

Capteurs

Applications

WSN vs MANET

Caractéristiques des RCSF

Challenges

Communication dans les RCSF

Protocoles de routage dans les RCSF

Exemples de protocoles de routage dans les RCSF

Conclusion

Références



