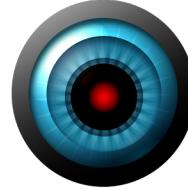




Réseau de Capteurs Sans Fil (RCSF)



Wireless Sensor Networks

Capteur

Définition

Qu'est-ce qu'un capteur ?

Capteur

Définition

Qu'est-ce qu'un capteur ?

Equipement électronique capable de détecter un évènement physique

Capteur

Définition

Qu'est-ce qu'un capteur ?

Equipement électronique capable de détecter un évènement physique

Un capteur capture des données sous forme d'une grandeur physique

Capteur

Définition

Qu'est-ce qu'un capteur ?

Equipement électronique capable de détecter un évènement physique

Un capteur capture des données sous forme d'une grandeur physique

Celle-ci est convertie en format numérique par un convertisseur analogique-numérique

Capteur

Définition

Qu'est-ce qu'un capteur ?

Équipement électronique capable de détecter un évènement physique

Un capteur capture des données sous forme d'une grandeur physique

Celle-ci est convertie en format numérique par un convertisseur analogique-numérique



Capteur

Acquisition de données

Acquisition de données?

Consiste à **collecter** des données se rapportant à **un phénomène physique**

Capteur

Acquisition de données

Acquisition de données?

Consiste à **collecter** des données se rapportant à **un phénomène physique**

Relever/Collecter des mesures en rapport avec un changement du phénomène observé

Capteur

Acquisition de données

Acquisition de données?

Consiste à **collecter** des données se rapportant à **un phénomène physique**

Relever/Collecter des mesures en rapport avec un changement du phénomène observé

Exemple: le corps humain est équipé de capteurs sensoriels tels que :

Oreille pour capturer des données sonores

Yeux pour capturer des données visuelles

Autres organes de sens ...



Capteur et “transducer”

Qu'est-ce qu'un **transducer**?

_ Équipement capable de convertir de l'énergie d'une forme à une autre

Chaque capteur est équipé d'au moins un **transducer**

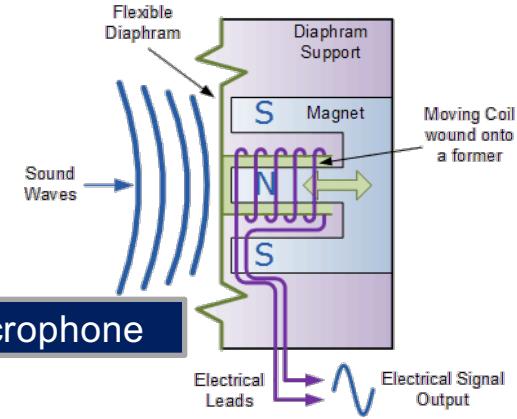
Capteur et “transducer”

Qu'est-ce qu'un **transducer**?

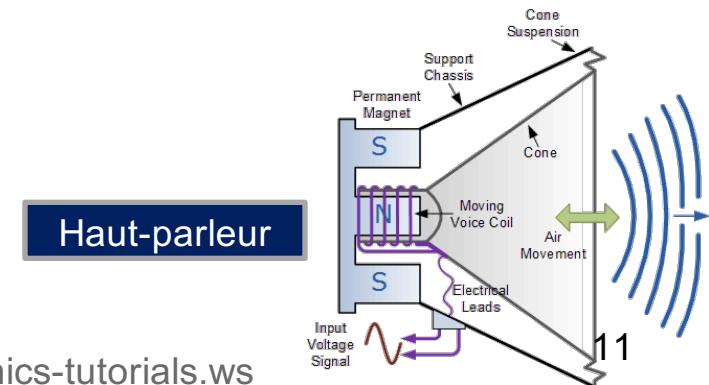
_ Équipement capable de convertir de l'énergie d'une forme à une autre

Chaque capteur est équipé d'au moins un **transducer**

Exemple: Capteur audio : microphone, haut-parleur



Microphone



Haut-parleur

Capteur

Composants modulaires

❑ Noeud Capteur =

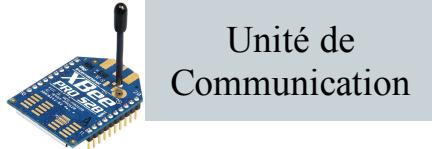
Capteur



Convertisseur
analogique-numérique



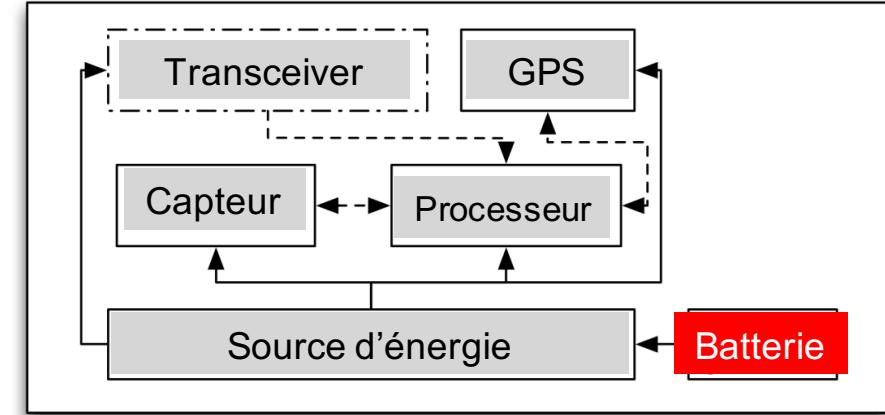
Unité de
Communication



Micro
Processeur



Source
d'énergie



Réseau de capteurs

Qu'est-ce qu'un réseau de capteurs?

13

Déploiement de plusieurs capteurs interconnectés et coopérant entre eux, dans une zone d'intérêt pour effectuer une tâche globale.

Réseau de capteurs

Qu'est-ce qu'un réseau de capteurs?

14

Déploiement de plusieurs capteurs interconnectés et coopérant entre eux, dans une zone d'intérêt pour effectuer une tâche globale.



Nœud collecteur
Sink, Station de base

Accès à distance

Domaines d'application



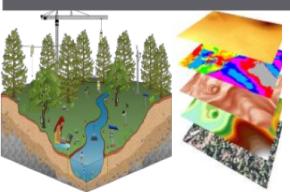
Maintenance à distance



Contrôle de l'énergie



Gestion du transport et de la logistique



Nouvelles connaissances



Building intelligent



Augmenter la productivité



Optimisation de ressources (eau, aliments)



Sécurité des infrastructures



Soins médicaux



Maisons intelligentes

Historique des réseaux de capteurs (1)

- ❑ **DARPA** (*Defense Advanced Research Projects Agency*) a organisé en :
 - ❑ 1978: le premier workshop sur les défis et issues technologiques des capteurs

Historique des réseaux de capteurs (1)

- ❑ **DARPA** (*Defense Advanced Research Projects Agency*) a organisé en :
 - ❑ 1978: le premier workshop sur les défis et issues technologiques des capteurs
 - ❑ 1980: **DSN** (*Distributed Sensor Network*) program et Sensor Information Technology (SensIT)

Historique des réseaux de capteurs (1)

- ❑ DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) a organisé en :
 - ❑ 1978: le premier workshop sur les défis et issues technologiques des capteurs
 - ❑ 1980: **DSN** (*Distributed Sensor Network*) program et Sensor Information Technology (SensIT)
 - ❑ 1996: **WINS** (*Wireless Integrated Network Sensors*) est un projet de l'université de Californie en collaboration avec Rockwell Science Center.
 - ❑ Objectifs: Concevoir un système intégré de capteur à faible consommation d'énergie avec communication sans fil

Historique des réseaux de capteurs (1)

- ❑ DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) a organisé en :
 - ❑ 1978: le premier workshop sur les défis et issues technologiques des capteurs
 - ❑ 1980: DSN (*Distributed Sensor Network*) program et Sensor Information Technology (SensIT)
 - ❑ 1996: WINS (*Wireless Integrated Network Sensors*) est un projet de l'université de Californie en collaboration avec Rockwell Science Center.
 - ❑ Objectifs: Concevoir un système intégré de capteur à faible consommation d'énergie avec communication sans fil
 - ❑ Smart Dust Project est lancé en 1999 par l'université de Berkeley
 - ❑ Intégration d'une plate forme complète de capteur dans un équipements miniaturisés

Historique des réseaux de capteurs (2)

Implication des grandes firmes commerciales

Basés sur les efforts consentis par les institutions académiques, les constructeurs de composants électroniques se sont investis dans la conception de capteurs, **à faible coût, programmables**, et pouvant être **déployés** pour divers types d'applications.

Historique des réseaux de capteurs (2)

Implication des grandes firmes commerciales

Basés sur les efforts consentis par les institutions académiques, les constructeurs de composants électroniques se sont investis dans la conception de capteurs, **à faible coût, programmables**, et pouvant être **déployés** pour divers types d'applications.

Crossbow (www.xbow.com)

Sensoria (www.sensoria.com)

Worldsens (<http://worldsens.citi.insa-lyon.fr>)

Dust Networks (www.dustnetworks.com)

Ember Corporation (<http://www.ember.com>)

Challenges et contraintes

- Les réseaux de capteurs partagent beaucoup de similarités avec les systèmes distribués

Challenges et contraintes

- Les réseaux de capteurs partagent beaucoup de similarités avec les systèmes distribués
- Cependant, il existe des **contraintes spécifiques** aux RCSFs qui font que les algorithmes et protocoles dans ce domaine sont différents des protocoles distribués classiques

Challenges et contraintes

- Les réseaux de capteurs partagent beaucoup de similarités avec les systèmes distribués
- Cependant, il existe des **contraintes spécifiques** aux RCSFs qui font que les algorithmes et protocoles dans ce domaine sont différents des protocoles distribués classiques
- Ces **contraintes spécifiques** adressent un certain nombre de **défis/challenges** à relever

Challenges et contraintes

Énergie (1)

- Les capteurs fonctionnent sous batterie (**batterie AA**) la plupart du temps
- Certains capteurs font exception car munis de batterie solaire

Challenges et contraintes

Énergie (1)

- Les capteurs fonctionnent sous batterie (**batterie AA**) la plupart du temps
 - Certains capteurs font exception car munis de batterie solaire
- Lorsque la batterie est déchargée, le capteur ne fonctionne plus
 - La décharge de la batterie entraîne l'extinction du capteur



Challenges et contraintes

Énergie (1)

- Les capteurs fonctionnent sous batterie (**batterie AA**) la plupart du temps
 - Certains capteurs font exception car munis de batterie solaire
- Lorsque la batterie est déchargée, le capteur ne fonctionne plus
 - La décharge de la batterie entraîne l'extinction du capteur
- Remplacer la batterie d'un capteur n'est pas toujours envisageable
 - Plus particulièrement lorsque le déploiement est fait dans une zone inaccessible



Challenges et contraintes

Énergie (1)

- Les capteurs fonctionnent sous batterie (**batterie AA**) la plupart du temps
 - Certains capteurs font exception car munis de batterie solaire
- Lorsque la batterie est déchargée, le capteur ne fonctionne plus
 - La décharge de la batterie entraîne l'extinction du capteur
- Remplacer la batterie d'un capteur n'est pas toujours envisageable
 - Plus particulièrement lorsque le déploiement est fait dans une zone inaccessible



Comment gérer le temps de fonctionnement des capteurs, de façon à ce que la durée de vie du RCSF soit maximisée ?

Challenges et contraintes

Autonomie (1)

- Dans les réseaux informatiques, le déploiement ainsi que la maintenance du système informatique sont planifié à l'avance

Challenges et contraintes

Autonomie (1)

- Dans les réseaux informatiques, le déploiement ainsi que la maintenance du système informatique sont planifié à l'avance
- Dans un réseau de capteur, nous avons deux types de déploiement

Challenges et contraintes

Autonomie (1)

- ❑ Dans les réseaux informatiques, le déploiement ainsi que la maintenance du système informatique sont planifié à l'avance
- ❑ Dans un réseau de capteur, nous avons deux types de déploiement
 - ❑ Déploiement déterministe
 - ❑ Les capteurs sont placés à des endroits précis dans la zone d'intérêt
 - ❑ Les capteurs peuvent être entretenus et surveillés par des personnes

Challenges et contraintes

Autonomie (1)

- Déploiement **Ad Hoc**
 - Dans les réseaux informatiques, le déploiement ainsi que la maintenance du système informatique sont planifié à l'avance
 - Dans un réseau de capteur, nous avons deux types de déploiement
 - Déploiement déterministe
 - Les capteurs sont placés à des endroits précis dans la zone d'intérêt
 - Les capteurs peuvent être entretenus et surveillés par des personnes
 - Déploiement aléatoire
 - Les capteurs sont déployés de manière aléatoire dans une zone inaccessible
 - L'intervention humaine n'est toujours pas envisageable

Challenges et contraintes

Autonomie (2)

- Une fois déployé, les capteurs doivent
 - Effectuer les configurations nécessaires au démarrage de leur fonctionnement
 - Établir les liens de communications avec les voisins
 - Coopérer entre eux pour accomplir une tâche globale
-

Challenges et contraintes

Autonomie (2)

- Une fois déployé, les capteurs doivent
 - Effectuer les configurations nécessaires au démarrage de leur fonctionnement
 - Établir les liens de communications avec les voisins
 - Coopérer entre eux pour accomplir une tâche globale
- **Auto-organisation:** Aptitude à adapter les paramètres de configuration avec le réseau

Challenges et contraintes

Autonomie (2)

- Une fois déployé, les capteurs doivent
 - Effectuer les configurations nécessaires au démarrage de leur fonctionnement
 - Établir les liens de communications avec les voisins
 - Coopérer entre eux pour accomplir une tâche globale
- **Auto-organisation:** Aptitude à adapter les paramètres de configuration avec le réseau
- **Auto-optimisation:** Aptitude à contrôler et optimiser ses propres ressources

Challenges et contraintes

Autonomie (2)

- Une fois déployé, les capteurs doivent
 - Effectuer les configurations nécessaires au démarrage de leur fonctionnement
 - Établir les liens de communications avec les voisins
 - Coopérer entre eux pour accomplir une tâche globale
- **Auto-organisation:** Aptitude à adapter les paramètres de configuration avec le réseau
- **Auto-optimisation:** Aptitude à contrôler et optimiser ses propres ressources
- **Auto-protection:** Aptitude à reconnaître et de se protéger des intrusions et attaques.

Challenges et contraintes

Autonomie (2)

- Une fois déployé, les capteurs doivent
 - Effectuer les configurations nécessaires au démarrage de leur fonctionnement
 - Établir les liens de communications avec les voisins
 - Coopérer entre eux pour accomplir une tâche globale
- **Auto-organisation:** Aptitude à adapter les paramètres de configuration avec le réseau
- **Auto-optimisation:** Aptitude à contrôler et optimiser ses propres ressources
- **Auto-protection:** Aptitude à reconnaître et de se protéger des intrusions et attaques.
- **Auto-réparation:** Aptitude à s'adapter à réparer le mal fonctionnement du système en cas de changement de topologie ou de panne

Challenges et contraintes

Communication Sans Fil

La connectivité est un aspect important des réseaux de capteurs sans fil

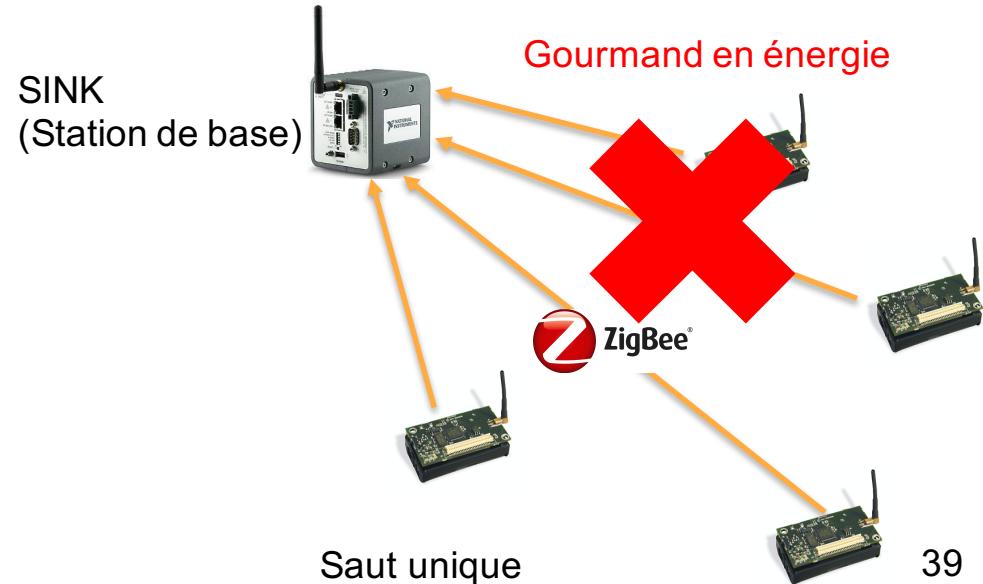
Les capteurs transmettent les données capturées par le biais de communication à multiple saut

Challenges et contraintes

Communication Sans Fil

La connectivité est un aspect important des réseaux de capteurs sans fil

Les capteurs transmettent les données capturées par le biais de communication à multiple saut

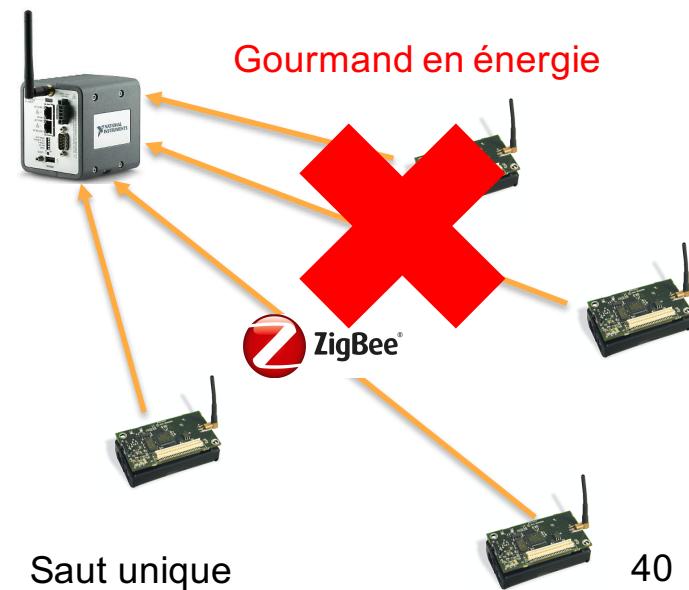
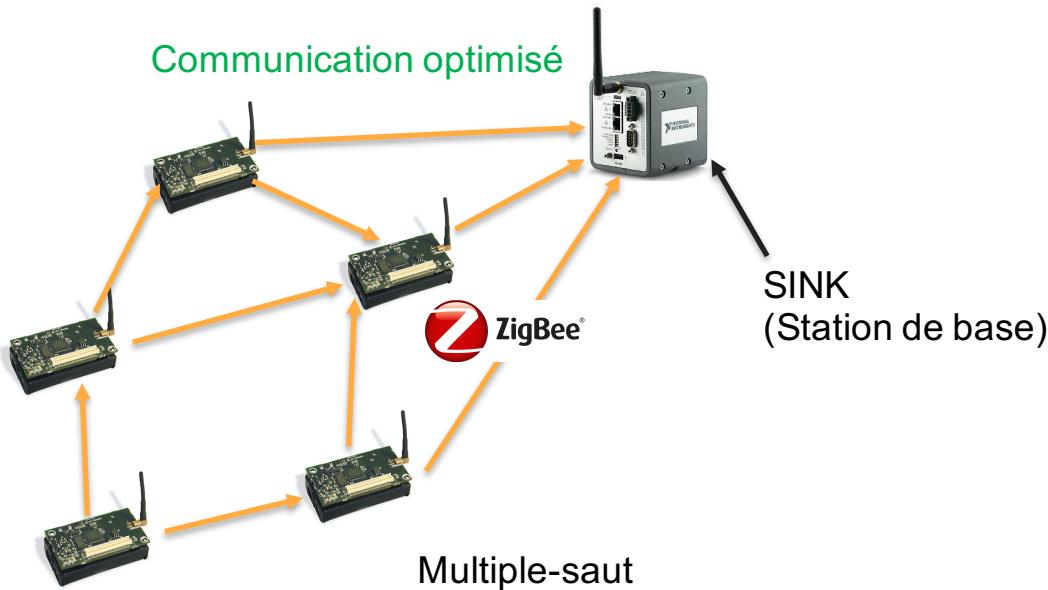


Challenges et contraintes

Communication Sans Fil

La connectivité est un aspect important des réseaux de capteurs sans fil

Les capteurs transmettent les données capturées par le biais de communication à multiple saut



Challenges et contraintes

Gestion distribuée (1)

Algorithmes centralisés vs Algorithmes distribués

Challenges et contraintes

Gestion distribuée (1)

Algorithmes centralisés vs Algorithmes distribués

Centralisé

- ❑ Présence d'un coordonnateur centrale qui gère la distribution d'informations
- ❑ Contrôle de l'accès aux protocoles dans le réseau

Challenges et contraintes

Gestion distribuée (1)

Algorithmes centralisés vs Algorithmes distribués

Centralisé

- ❑ Présence d'un coordonnateur centrale qui gère la distribution d'informations
- ❑ Contrôle de l'accès aux protocoles dans le réseau

Distribué

- ❑ Absence d'un nœud central
- ❑ Les nœuds coopèrent entre eux pour prendre des décisions

Challenges et contraintes

Gestion distribuée (2)



Centralisé: présence d'un coordonnateur central dans le système

Challenges et contraintes

Gestion distribuée (2)



Distribué: absence d'un coordonnateur central dans le système



Centralisé: présence d'un coordonnateur central dans le système

Challenges et contraintes

Gestion distribuée (3)

Algorithmes centralisés vs Algorithmes distribués

Exemples: Table de routage

Centralisé

Toutes les entrées sont stockées dans la mémoire du capteur

Problème: contrainte énergétique et puissance de calcul

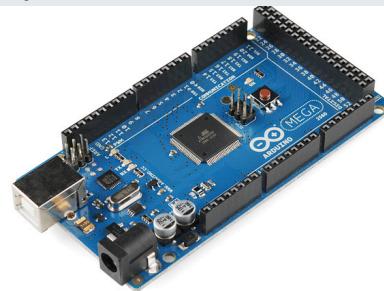
Distribué

Chaque capteur stocke dans sa mémoire que les entrées de ses voisins proches

Challenges et contraintes

Design matériel

Arduino
Microprocesseur + circuit + mémoire



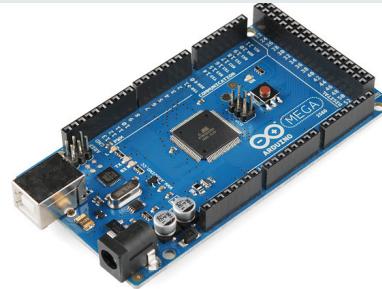
Challenges et contraintes

Design matériel

Capteur



Arduino
Microprocesseur + circuit + mémoire



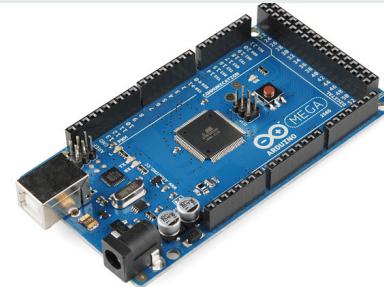
Challenges et contraintes

Design matériel

Capteur



Arduino
Microprocesseur + circuit + mémoire



Module sans fil



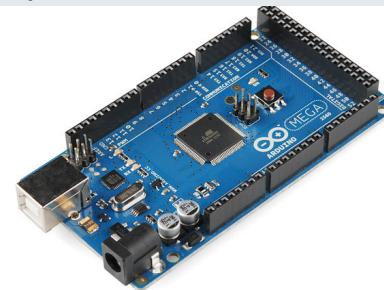
Challenges et contraintes

Design matériel

Capteur



Arduino
Microprocesseur + circuit + mémoire



Module sans fil



Actuateur



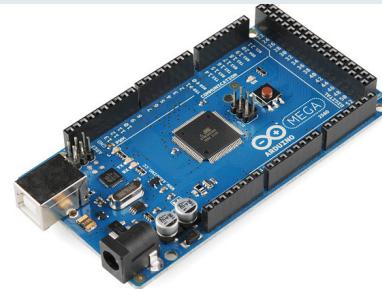
Challenges et contraintes

Design matériel

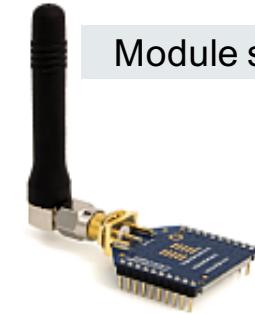
Capteur



Arduino
Microprocesseur + circuit + mémoire



Module sans fil



Module GPS

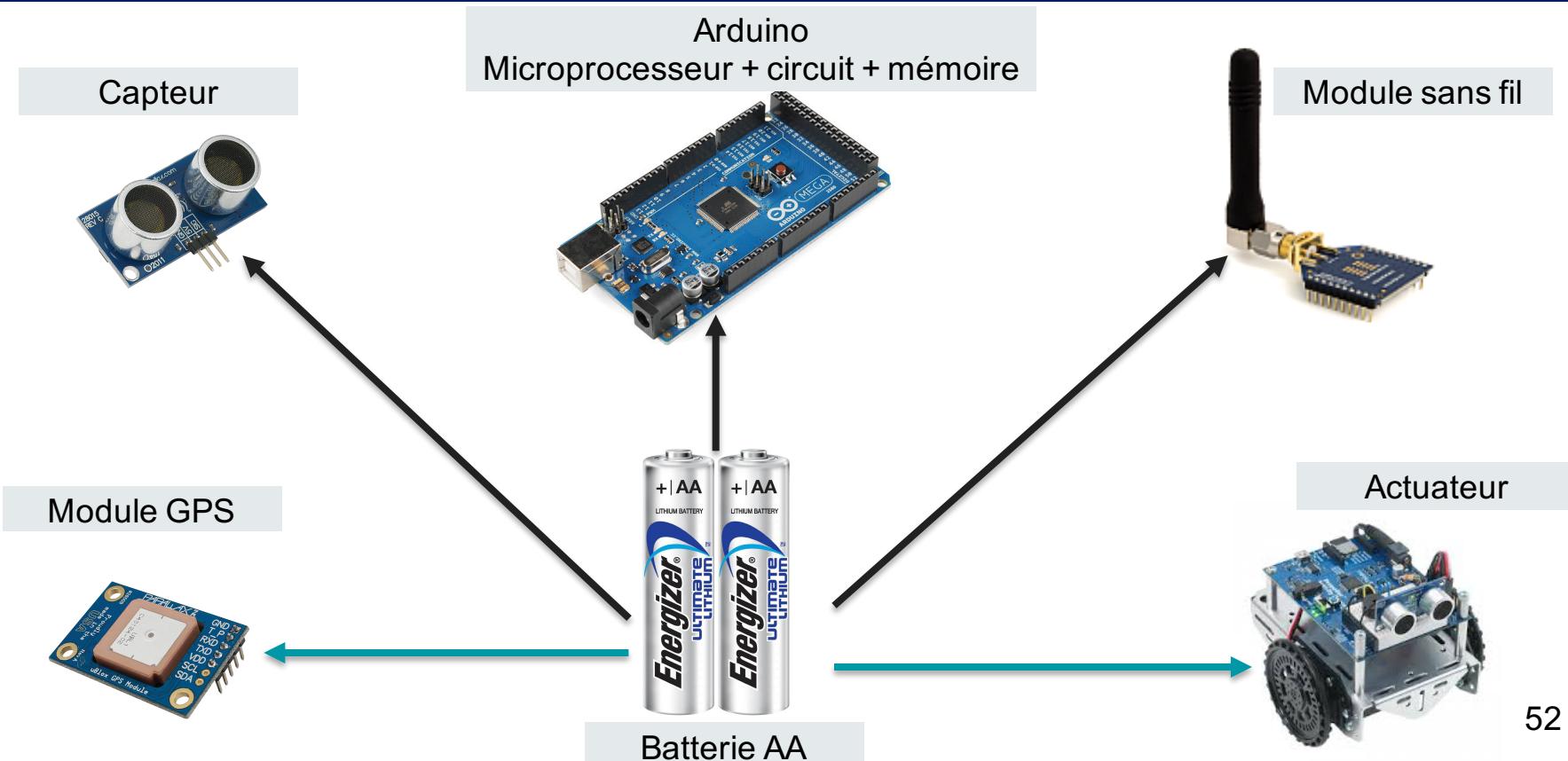


Actuateur



Challenges et contraintes

Design matériel



Challenges et contraintes

Design logiciel

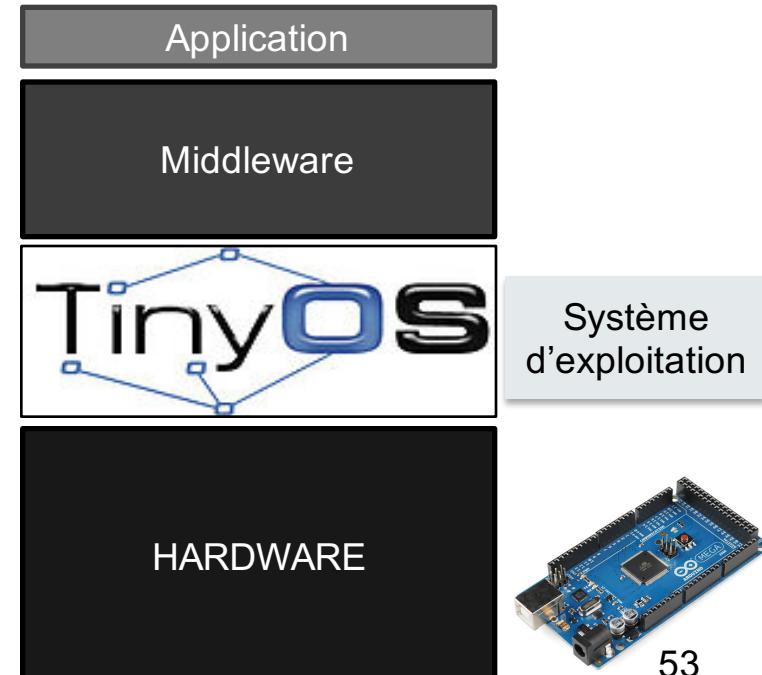
Capteur = Mémoire flash + Micro processeur + Transceiver + Batterie

Les capteurs sont contraints à un design matériel robuste, minuscule, et à faible consommation d'énergie

Les capteurs fonctionnent sur TinyOS [1]

Les protocoles résident dans la couche « middleware » et interfacent les applications et le système du capteur

Toutes ces composants logiciels doivent être conçus de façon à permettre un fonctionnement optimal du capteur et du réseau



[1] Levis, Philip, et al. "Tinyos: An operating system for sensor networks."

Ambient intelligence. Springer Berlin Heidelberg, 2005. 115-148.

Challenges et contraintes

Sécurité (1)

- L'autonomie des capteurs augmente leur vulnérabilité
- Les capteurs font l'objet de beaucoup de **menaces** telles que :

Exposition à des zones inconnues/inaccessibles qui augmente les risques de vol, de destruction, etc ...

Déni de service – Attaque ayant pour but de rendre indisponible les **services** dans le RCSF, ou d'empêcher les utilisateurs légitimes d'un **service** de l'utiliser

Jamming – Emission de signaux à une certaine fréquence

Challenges et contraintes

Sécurité (2)

Attaques actives

Attaque de "jamming"

Emission de signaux à une certaine fréquence. Cette attaque peut être très dangereuse car elle peut être menée par une personne non authentifiée et étrangère au réseau.

Sink hole

Attirer le plus de chemins possibles permettant le contrôle sur la plupart des données circulant dans le réseau. l'attaquant présente des routes optimales aux autres

Sommaire

Réseaux classiques	Réseaux de capteurs sans fil
Conçu pour diverses applications	Conçu pour une application spécifique
Contraintes de performance et latence	Contrainte énergétique
Topologies et infrastructures connues	Déploiement ad hoc sans topologies régulières
Equipements opérant dans des endroits entretenus	Capteurs opèrent dans des zones inaccessibles, aux conditions de vie inconnues
Facilité de maintenance et de réparation	Accès physique aux capteurs est souvent impossible
Beaucoup de protocoles centralisés	Beaucoup de protocoles distribués
Maintenance régulière exigée	Autonomie, autogestion, auto-organisation, auto-configuration, auto-optimisation

