



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère De l'Enseignement Supérieur et De la Recherche Scientifique  
Université Abbés Laghrou Khenchela  
Faculté des Sciences et de la technologie  
Département de Math et Informatique



**Mémoire**  
**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de**  
**Master Académique**  
**Filière : informatique**  
**Option : Sécurité et Technologie Web**

**Thème**

**Protocole pour la préservation de la  
couverture dans les réseaux des capteurs sans  
fils**

**Présenté par :**

Messai aridj

Ayeb akram

**Encadré par :**

mr.Slama Sofiane

**Soutenu le : 28/06/2022**

**Jury de soutenances :**

Président : Messaoudi Nabil

Encadreur : Slama Sofiane

Examineur :Zahrouri Ahmed

**Promotion : Juin 2022**

## **REMERCIEMENT**

**CE MÉMOIRE DE MASTER EST PRÉPARÉ À LA FACULTÉ  
D'INFORMATIQUE DE L'UNIVERSITÉ ABBES  
LAGHROURE, TOUT D'ABORD, JE TIENS À REMERCIER  
L'ENCADRANT DR SLAMA S. AVEC TOUTE MA  
RECONNAISSANCE ET MA PROFONDE GRATITUDE. DR  
SLAMA S. A GUIDÉ NOS DÉMARCHES DE RECHERCHE  
DANS DES DOMAINES STRATÉGIQUES ET  
THÉMATIQUES. SES CONSEILS, SON ORIENTATION ET  
SA RIGUEUR, AINSI QUE SES ENCOURAGEMENTS, SON  
SOUTIEN ET SA LONGUE EXPÉRIENCE ONT ÉTÉ  
ESSENTIELS À L'ACCOMPLISSEMENT DE CETTE TÂCHE.  
NOUS TENONS ÉGALEMENT À EXPRIMER NOTRE  
SINCÈRE GRATITUDE AUX JUGES DE CE MÉMOIRE.  
MALGRÉ LE TRAVAIL ACHARNÉ DE CETTE FIN  
D'ANNÉE SCOLAIRE, ILS SONT HONORÉS DE JUGER CE  
TRAVAIL ET DE NOUS FAIRE PART DE LEURS  
COMMENTAIRES.  
ENFIN, NOUS TENONS À REMERCIER TOUS NOS  
ENSEIGNANTS ET CHERCHEURS POUR L'AIDE ET LE  
SOUTIEN DANS TOUS SES ANNÉES**

## DÉDICACE

**OH DIEU, LOUANGE À TOI JUSQU'À CE QUE TU SIS  
SATISFAIT, ET LOUANGE À TOI SI TU ES SATISFAIT, ET  
LOUANGE À TOI APRÈS LE CONTENTEMENT. NOUS  
REMERCIONS DIEU TOUT-PUISSANT DE NOUS AVOIR  
PERMIS D'ACCOMPLIR CET HUMBLE TRAVAIL**

**AU CONFORT DE MES YEUX, CELLE QUI A MIS LE CIEL  
SOUS SES PIEDS, À CELLE QUI S'EST DÉPOUILLÉE ET  
M'A DONNÉ, ET DE LA SOURCE DE SA TENDRESSE ELLE  
M'A ATTIRÉ VERS CELLE QUI M'A DONNÉ LA VIE, NOS  
CHÈRES MÈRES**

**À CELUI QUI FAIT QUE MON AFFILIATION AVEC LUI ET  
SON SOUVENIR ME RENDENT FIER, ET À CELUI QUI  
VEILLE LA NUIT POUR MON ÉDUCATION ET MON  
ÉDUCATION ET ME FAIT GRANDIR DANS LE PLUS PUR  
ET LE PLUS PUR DE NOS CHERS PÈRES**

## **ARIDJ**

**À MES SŒURS « SARA, KENZA, SAMIRA, KHAWLA,  
KAWTHER » ET MON FRÈRE « BORHANE » BIEN-AIMÉS À  
MES AMIS LES PLUS CHERS « LINA », ET À MON  
COLLÈGE ET MON BINÔME « AKRAM » À TOUS CEUX QUI  
NOUS ONT RÉUNIS DANS LES JARDINS DE L'ÉTUDE.**

**AKRAM**

**À TOUT LE MONDE**

## 1 - **Résumé**

Les réseaux des capteurs sans fils sont une technologie récente vu ce jour ,ils sont déployé mieux en mieux l'affecte monde et pour cela le développement de technologie micro capteur et la communication sans fils ont conduit a l'émergences de réseaux sans fils .de tels réseaux se composent d'un certain nombre de dispositifs physique appelés « capteurs » qui sont situés dans des zones d'intérêt pour permettre la surveillances chaque des uns peut collecter ,traiter et transmettre des données de son environnement en passant par une communication multi-sauts jusqu'à ce qu'ils atteigne la station de base par un canal de communication sans fils Autrement des principaux problèmes de ce sort de réseaux est la couverture dont la finalité est de contrôler efficacement la zone géographique.

Pour traiter ce problème on trouve plusieurs méthodes : méthode analytique, méthode géométrique, protocole de couvertures

Dans ce travail, nous proposons une solution basée sur les protocoles de couvertures .cette solution consiste à ordonnancer l'activité des nœuds en se basant sur le concept des ensembles dominants, de cardinalité minimale pour éliminer la redondance tout en maintenant la couverture.

### **Abstract**

Networks of wireless sensors are a recent technology seen today. They are deployed better and better affect the world and for this the development of micro sensor technology and wireless communication has led to the emergence of wireless networks. Such networks consist of a certain number of physical devices called "sensors" which are located in areas of interest to allow monitoring each of them can collect, process and transmit data from their environment through multi-channel communication until they reach the base station through a wireless communication channel.

Another of the main problems of this kind of networks is the coverage, the purpose of which is to effectively control the geographical area.

To deal with this problem, there are several methods: analytical method, geometric method, coverage protocol. In this work, we propose a solution based on coverage protocols. This solution consists in scheduling the activity of nodes based on the concept of dominant sets, of minimum cardinality to eliminate redundancy while maintaining coverage.

## تلخيص

تعتبر شبكات المستشعرات اللاسلكية من التقنيات الحديثة التي نراها اليوم ، ويتم نشرها بشكل أفضل وتؤثر بشكل أفضل على العالم ، ولهذا أدى تطوير تقنية الاستشعار الدقيقة والاتصالات اللاسلكية إلى ظهور شبكات لاسلكية. وتتكون هذه الشبكات من عدد معين من الشبكات المادية. الأجهزة التي تسمى "أجهزة الاستشعار" والتي توجد في مناطق الاهتمام للسماح بمراقبة كل منها يمكنها جمع ومعالجة ونقل البيانات من بيئتها من خلال اتصال متعدد القنوات حتى تصل إلى المحطة الأساسية من خلال قناة اتصال لاسلكية ومن المشاكل الرئيسية الأخرى لهذا النوع من الشبكات التغطية، والغرض منها هو التحكم الفعال في المنطقة الجغرافية. للتعامل مع هذه المشكلة هناك عدة طرق: الطريقة التحليلية ، الطريقة الهندسية ، بروتوكول التغطية في هذا العمل ، نقترح حلاً يعتمد على بروتوكولات التغطية ، ويتكون هذا الحل من جدول نشاط العقد بناءً على مفهوم المجموعات المهيمنة ، والحد الأدنى من العلاقة الأساسية لإزالة التكرار مع الحفاظ على التغطية

## 2 - Liste des acronymes

RCSF	Réseau de Capteur Sans Fil.
WSN	Wireless Sensor Network.
SB	Station de Base.
RCom	Rayon de Communication.
RCov	Rayon de Couverture.
CAN	Convertisseur Analogique-Numérique.
ADC	Analog to Digital Converter.
OS	Operating System.
PCbsED	Protocole Centralisé basé sur les Ensembles Dominants.
ED	Ensemble Dominant.
EDM	Ensemble Dominant Minimale

### 3 - Table des matières

1 - Résumé	6
2 - Liste des acronymes	8
3 - Table des matières	9
4 - Liste des figures	12
5 - Introduction Générale	13
Chapitre I: Les réseaux de capteurs sans fil	15
1 - Introduction	15
2 - Concept générale sur RCFS	15
a - Définition d'un capteur	15
b - Architecture d'un capteur	15
3 - Un réseau de capteur sans fil	17
a - Architecture d'un RCSF	17
b - Classification des RCSFs	18
4 - Domaine d'application d'un RCFS :	20
a - Domaine militaire	20
b - Domaine médicale	21
c - Domaine environnemental	21
d - Domaine commercial	21
5 - Les pannes d'un RCSF	22
a - Pannes selon durée	22
b - Pannes selon la cause	22
c - Pannes selon le comportement résultant	23
6 - Conclusion	23
Chapitre II: La couverture dans les RCSFs	24
1 - Introduction	24

**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >**  
**Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

2 - problème de la couverture dans les RCSFs	24
3 - La couverture dans les RCSF	25
4 - Type de couverture :	25
a - Selon la nature de l'objet à surveiller	25
b - Selon les termes de précision et de fiabilité des données	28
5 - Contraintes de conception d'un plan de couverture	28
a - La tolérance de fautes	28
b - L'échelle	29
c - Les coûts de production	29
d - L'environnement	29
e - La topologie de réseau	29
f - Les contraintes matérielles	29
g - Les médias de transmission	29
h - La consommation d'énergie	30
6 - La connectivité dans les RCSFs	30
7 - Algorithmes de couverture dans les RCSFs	30
a - Solutions basées sur des approches protocolaires :	30
b - Solutions basées sur des méthodes géométriques :	31
c - Solutions basées sur des méthodes analytiques :	31
d - Solutions basées sur l'algorithme distribué :	31
8 - Les ensembles dominants :	32
9 - Conclusion :	32
Chapitre III: Protocole centralisé basé sur les ensembles dominants	33
1 - Introduction	33
2 - Contexte du problème	33
3 - Description du protocole	34
4 - Hypothèses	36

**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >**  
**Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

5 - Diagramme de transitions d'états de PCbsED	36
6 - Description détaillée de PCbsED	37
7 - Les Algorithmes de PCbsED	44
8 - Simulation et analyse des performances	49
a - Les paramètres de simulation	49
b - Méthode d'évaluation de la couverture	50
c - Les métriques de performances	51
d - Evaluation de performances	51
9 - Conclusion	57
Conclusion générale	58
Bibliographie	59

## 4 - Liste des figures

<b>Figure 1:</b> Les composants d'un noeud capteur .....	16
<b>Figure 2:</b> Architecture d'un réseau de capteurs sans fil.....	18
<b>Figure 3:</b> Applications orientées temps .....	19
<b>Figure 4:</b> Applications orientées événement.....	19
<b>Figure 5:</b> Applications orientées requêtes.....	20
<b>Figure 6:</b> Domaine d'application d'un RCFS .....	21
<b>Figure 7:</b> une classification générale d'une panne .....	22
<b>Figure 8:</b> la couverture de zone .....	26
<b>Figure 9:</b> la couverture de point .....	27
<b>Figure 10:</b> La couverture de barrière. ....	27
<b>Figure 11:</b> Éliminer la redondance tout en maintenant la couverture .....	34
<b>Figure 12:</b> Les phases d'un PCbsED .....	35
<b>Figure 13:</b> Diagramme de transitions d'états de PCbsED .....	36
<b>Figure 14:</b> Créer une table de voisinage .....	39
<b>Figure 15:</b> collecter les tables de voisinage et construire un graphe .....	41
<b>Figure 16:</b> Déterminé les ensembles dominants .....	42
<b>Figure 17:</b> Exploiter les ensembles dominants .....	44
<b>Figure 18:</b> Exemple de déploiement aléatoire de 250 capteurs .....	50
<b>Figure 19:</b> Méthode d'évaluation de la couverture utilisée. ....	51
<b>Figure 20:</b> Rayon = 4 , nœuds actif=60 .....	52
<b>Figure 21:</b> Rayon = 8 , nœuds actif=24 .....	53
<b>Figure 22:</b> Rayon = 16, nœuds actif=9 .....	53
<b>Figure 23:</b> Taux moyen de couverture en fonction du rayon.....	53
<b>Figure 24:</b> Cardinale moyenne de EDM en fonction du rayon .....	54
<b>Figure 25:</b> Taux moyen de couverture en fonction de la densité du réseau .....	54
<b>Figure 26:</b> Le nombre de capteurs est 100.....	55
<b>Figure 27:</b> Le nombre de capteurs est 200.....	55
<b>Figure 28:</b> le nombre de capteurs est 500 .....	56
<b>Figure 29:</b> Nombre moyen des nœuds actifs en fonction de la densité du réseau .....	56

## 5 - Introduction Générale

Grâce aux progrès récents des technologies micro-électroniques et des communications sans fil, un nouveau type de réseaux a vu le jour : les réseaux de capteurs . Depuis leur création, les réseaux de capteurs sans fil ont connu un succès sans cesse croissant au sein des communautés scientifiques et industrielles. Grâce à ses différents avantages, cette technologie offre des solutions économiquement attrayantes pour la surveillance à distance des environnements complexes.

Un des problèmes majeur des réseaux de capteurs sans fil, est le problème de couverture. En effet, dans ce type de réseaux, on est intéressé par l'acheminement d'un message quelconque d'un nœud donné du réseau, vers tous les autres nœuds, en tenant compte de certaines contraintes, notamment celle de l'énergie limitée des capteurs. C'est pourquoi, la solution la plus triviale consiste à modéliser le réseau par un graphe et à déduire l'ensemble des nœuds dominants (couvrants). Tous les autres nœuds du réseau sont alors qualifiés de nœuds couverts. L'objectif est alors de minimiser l'ensemble des nœuds dominants qui seront actifs durant chaque période d'activité. C'est l'alternance dans l'élection périodique des nœuds couvrants qui permettra d'étendre la durée de vie globale du réseau considéré.

La couverture dans les réseaux capteurs sans fil consiste à profiter de la redondance issue du déploiement des nœuds sur une zone surveillée pour procéder à leur mise en veille alternée. En d'autres termes, il s'agit d'ordonnancer les nœuds dans des ensembles d'activation disjoints, tout en respectant les contraintes de couverture et de connectivité.

Plusieurs méthodes et algorithmes issus notamment des système distribués, de l'intelligence artificiel, de la programmation linéaire et de la géométrie , ont été proposés. Chacune de ces propositions a ses points forts et ses points faibles.

L'objectif de ce travail est de proposer une stratégie d'organisation des réseaux de capteurs sans fil. Cette stratégie va permettre de garantir une couverture et une connectivité accrue.

Dans ce travail, nous proposons une solution basée sur les protocoles de couvertures .cette solution consiste à ordonnancer l'activité des nœuds en se basant sur le concept des ensembles dominants, de cardinalité minimale pour éliminer la redondance tout en maintenant la couverture.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres :

- Le premier présente une description des réseaux de capteurs sans fil, nous décrivons les différentes définitions et caractéristiques des réseaux de capteurs sans fils.

- Le deuxième chapitre étudie le problème de la couverture : nous décrivons les différentes formulations du problème, les types de la couverture ainsi que la technique d'ordonnancement d'activité des capteurs selon le critère de couverture..
- Le troisième chapitre est dédié à la description du protocole proposé pour la préservation de la couverture dans les réseaux de capteurs sans fil et les résultats de simulation.
- Enfin, nous concluons ce travail par une conclusion générale.

# Chapitre I: Les réseaux de capteurs sans fil

## 1 - Introduction

Les récentes avancées dans les domaines des technologies sans-fil et électroniques ont permis le développement à faible coût de minuscules capteurs consommant peu d'énergie. Ces capteurs ont 3 fonctions :

- Capter des données (de type son, vibration, lumière,...)
- Calculer des informations à l'aide de ces valeurs collectées
- Les communiquer à travers un réseau de capteurs

## 2 - Concept générale sur RCFS

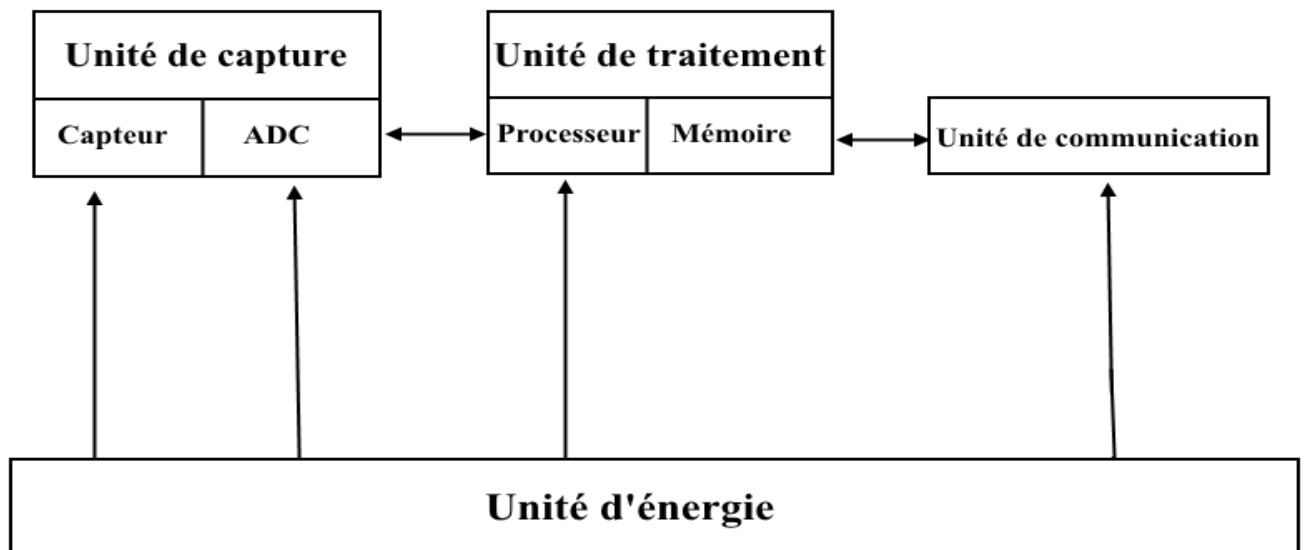
### a - Définition d'un capteur

Un capteur (nœud capteur ou "mote" en anglais) est un dispositif qui transforme l'état d'une grandeur physique observée en une grandeur utilisable (une tension électrique, une hauteur de mercure, une intensité, la déviation d'une aiguille). Chaque capteur remplit 3 fonctions principales : la collecte, le traitement et la communication de l'information vers un ou plusieurs points de collecte appelés station de base (SB) ou sink en anglais. Fonctionnellement chaque capteur possède un rayon de communication (RCom) et un rayon de surveillance ou de couverture (RCov). La zone de communication est la zone où le capteur A peut communiquer avec les autres capteurs, la zone de couverture est la zone où le capteur A peut capter l'événement, souvent on considère  $RCom \gg RCov$ . [1]

### b - Architecture d'un capteur

- *Architecture Matérielle :*

Un capteur est constitué des principales composantes comme le montre la figure -1-



**Figure 1:** Les composants d'un noeud capteur

**Unité de capture (Sensing unit) :** Il se compose d'un dispositif de capture physique qui prend les informations de l'environnement local et d'un convertisseur analogique-numérique appelé (CAN ou ADC) (convertisseur analogique-numérique/ Analog to Digital Converters), qui convertit les informations enregistrées et les transmet à une unité de traitement.

**Unité de traitement (Processing unit) :** Il se compose de deux interfaces. Un pour l'unité de capture et l'autre pour l'unité de transmission. Cette unité se compose également d'un processeur et d'une mémoire. Obtient des informations de l'unité de capture et les enregistre en mémoire ou les envoie à l'unité de transmission.

**Unité de transmission (Transceiver unit) :** Se compose d'un émetteur/récepteur (module sans fil) qui garantit l'ensemble de l'émission et de la réception des données

**Unité d'énergie (Power unit) :** Il est responsable de la gestion de l'énergie et de l'alimentation de tous les composants du capteur. L'énergie est la principale contrainte du capteur car il est généralement constitué d'une batterie limitée et irremplaçable.

• **Architecture Logiciel :**

Les OS classiques sont généralement conçus pour un usage générique. Ils sont ainsi conçus en supposant une disponibilité sans limite des ressources. Leur objectif est la facilité d'usage, la

**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >**  
**Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

rapidité et efficacité. Les OS classiques ne sont pas appropriés aux "capteurs", puisque sont limitée par: source de puissance faible, mémoire limitée, CPU lente, petite taille.

Le capteur est intégré à un système d'exploitation open source appelé TinyOS, un module pour les réseaux capteurs.

Ce système open source a été développé par l'Université de Californie Berkeley et une série d'outils renforcés par de nombreux utilisateurs, en fait, TinyOS est le système d'exploitation le plus courant dans le réseau de capteurs sans fil. Les groupes de recherche et les entreprises participent activement à des applications, etc. Ce TinyOS permet d'intégrer très rapidement des innovations liées à l'avancement de l'application et du réseau lui-même, tout en minimisant la taille du code source en raison des problèmes de mémoire inhérents à l'augmentation des réseaux de capteurs.

La bibliothèque TinyOS contient protocoles réseau, services de livraison, pilotes de capteur et outils d'acquisition de données. TinyOS est principalement écrit en C, mais il est très facile de créer des applications personnalisées en C et Java...Etc. [2] [3]

### 3 - Un réseau de capteur sans fil

Un réseau de capteur est une infrastructure qui a pour rôle la détection (mesure), le calcul et la communication des données dans un environnement spécifique. RCSF se compose d'un ensemble de nœuds de capteurs. Ces nœuds de capteurs sont classés en champs « sensor fields » Chacun de ces nœuds a la capacité de collecter des données et de les transmettre à un station de base (sink en anglais), c'est-à-dire que les rapports d'information prélevés sont acheminés au cours du temps par communication multi sauts jusqu'à atteindre la station de base. Le SB envoie ensuite ces données par Internet ou par satellite au "gestionnaire" de l'ordinateur central, analyse les données et prend des décisions. [4]

#### a - Architecture d'un RCSF

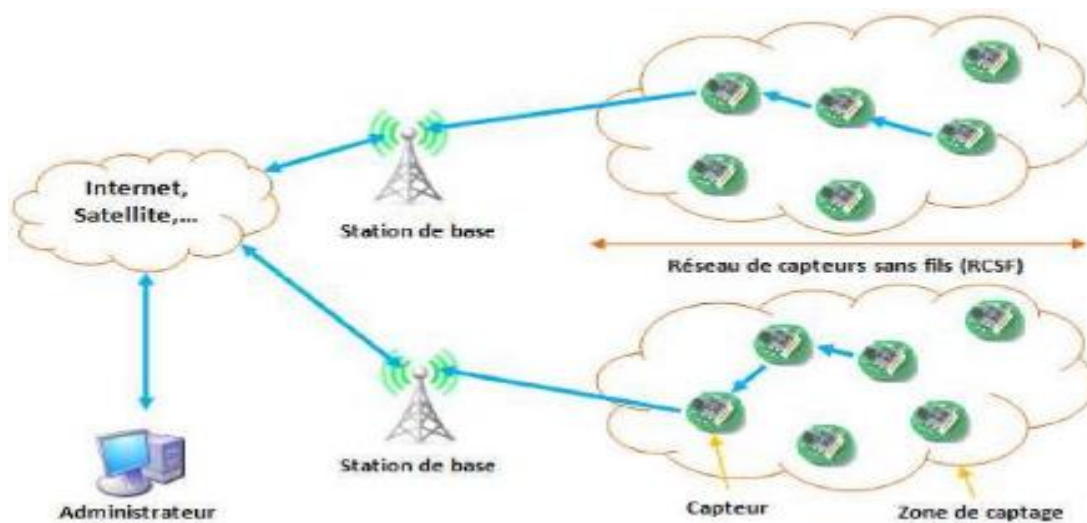
Un réseau de capteurs est constitué essentiellement de plusieurs nœuds capteurs, un nœud station de base et un centre de traitement des données comme le montre la figure -2-.

**Nœuds** : Il se compose d'un dispositif de capture physique qui prend les informations de l'environnement local et d'un convertisseur analogique-numérique appelé CAN ou ADC, qui convertit les informations enregistrées et les transmet à une unité de traitement.

**Station de base** : C'est un nœud spécifique du réseau. Il est responsable de la collecte de données à partir de divers nœuds de réseau. Il doit toujours être actif car l'arrivée des

informations est aléatoire. C'est pourquoi son énergie doit être infinie. Dans un réseau de capteurs sans fil plus ou moins grand avec une charge légèrement plus élevée, deux récepteurs ou plus peuvent être trouvés pour alléger la charge.

**Centre de traitement des données :** C'est le centre vers lequel sont envoyées les données collectées par le puits. Ce centre est chargé de regrouper et de traiter les données des nœuds pour en extraire des informations utiles et exploitables. Le centre de traitement pouvant être éloigné du puits, les données doivent être transmises via un autre réseau, une passerelle est donc insérée entre le puits et le réseau de transmission pour adapter le type de données au type de canal.



**Figure 2:** Architecture d'un réseau de capteurs sans fil

### b - Classification des RCSFs

Les réseaux de capteurs sont des réseaux orientés application, c'est-à-dire que la conception d'un réseau de capteurs diffère d'une application à une autre. [5]

- **Selon le type d'application :**

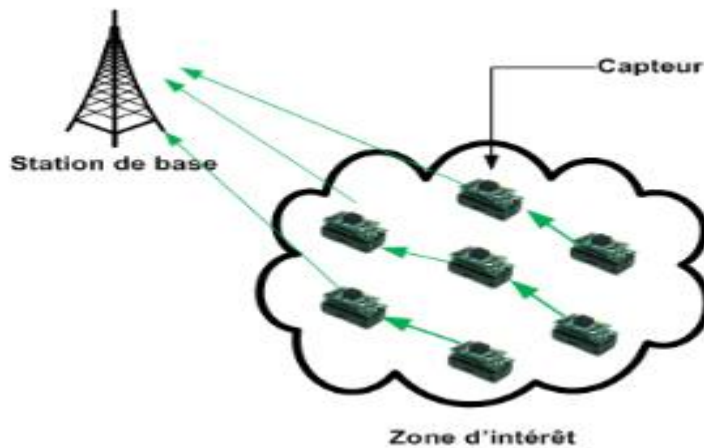
Les applications des réseaux de capteurs sans fil RCSF peuvent être classés en 4 types :

**Applications orientées temps :** Les capteurs font leur échantillonnage d'une manière périodique dans des intervalles de temps réguliers. Ensuite ils envoient ces données captées à SB périodiquement. Ex (agriculture, étude de phénomène naturel ...). Figure -3-

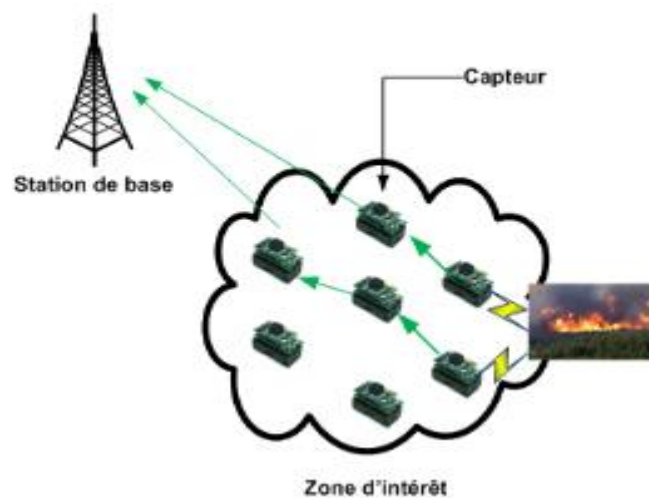
**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >**  
**Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

**Applications orientées événement** : Les capteurs envoient les données à DB seulement si un événement spécial se produit. Ex (détection de la fumée, la surveillance médicale, la surveillance militaire ...). Figure -4-

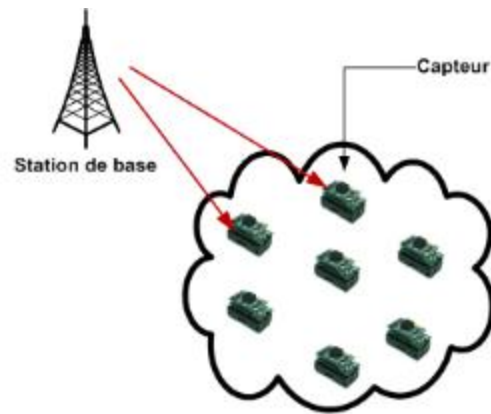
**Applications orientées requêtes** : Les capteurs font leur échantillonnage à la demande de DB. Dans ce type de réseau la position des nœuds doit être connue. Figure -5-



**Figure 3:** Applications orientées temps



**Figure 4:** Applications orientées événement



**Figure 5:** Applications orientées requêtes

• ***Selon le mode de communication :***

Dans cette classification on distingue:

***Les réseaux à un seul-saut :*** où toutes les informations sont acheminées directement vers la station de base par tous les capteurs.

***Les réseaux multi-sauts :*** afin que les données envoyées transitent par des nœuds intermédiaires en exécutant une fonction de routage

• ***Selon la mobilité des nœuds :***

***Un réseau dynamique :*** constitué d'un ensemble de nœuds mobiles dans une zone géographique déterminée.

***Un réseau statique :*** constitué de capteurs fixes servant à la surveillance d'une zone géographique.

#### **4 - Domaine d'application d'un RCFS :**

La miniaturisation, l'adaptabilité, le faible coût et la communication sans fil permettent aux réseaux de capteurs de pénétrer dans de multiples domaines d'application. Vous pouvez également étendre le domaine d'une application existante. Parmi ces domaines où ces réseaux sont très utiles et peuvent apporter de meilleures contributions, on peut citer la surveillance, le militaire, le médical, la science, l'industrie, la médecine, le climat, l'environnement, etc. Voici quelques exemples d'applications possibles dans ces différents domaines :

##### **a - Domaine militaire**

- Surveiller les mouvements des forces ennemies
- Analyse du terrain avant d'y envoyer des troupes

**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >  
Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

- Détection d'armes chimiques, biologiques ou radiologiques

#### **b - Domaine médicale**

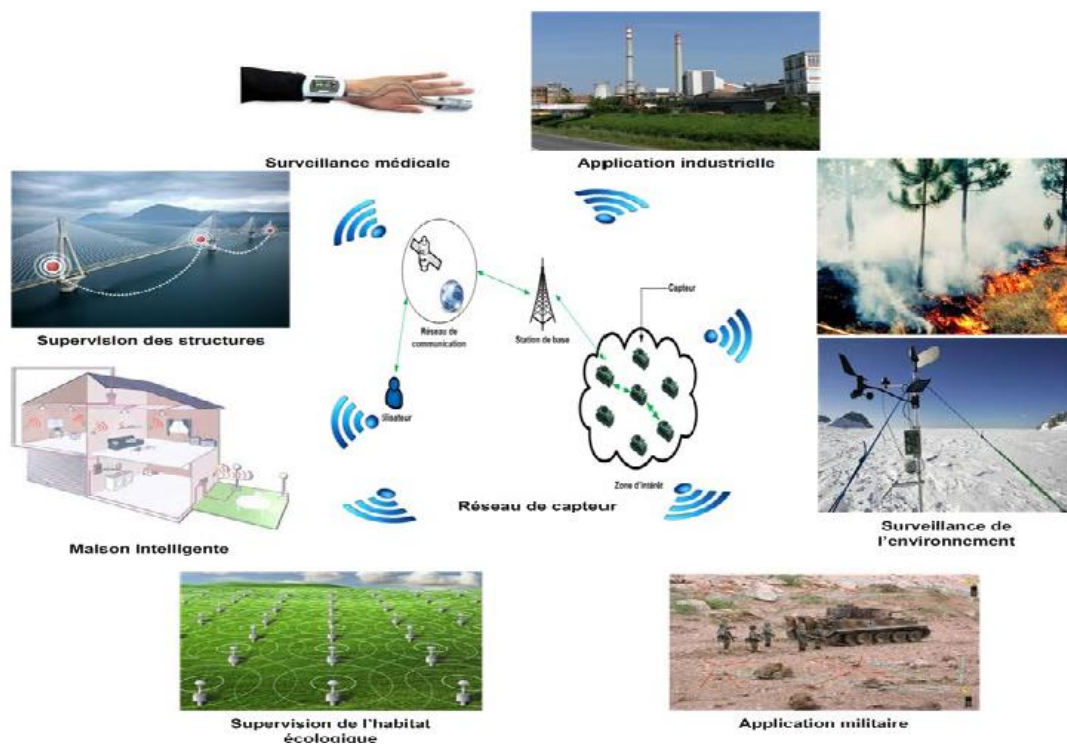
- Faciliter le diagnostic des maladies
- La surveillance de la fréquence cardiaque
- Détection des comportements anormaux chez les personnes handicapées ou âgées (électrocution, crise)

#### **c - Domaine environnemental**

- la détection de débuts d'incendies
- le contrôle de la qualité de l'air dans les milieux urbains
- le contrôle des sites industriels vis-à-vis des fuites de produits toxiques

#### **d - Domaine commercial**

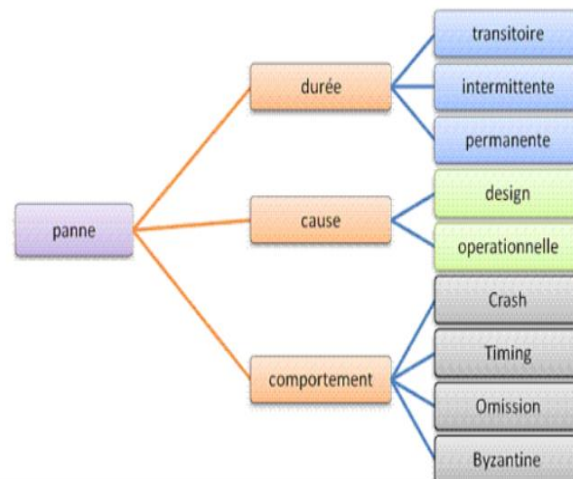
- La surveillance de l'état des matériaux
- Le contrôle et l'automatisation des processus d'usinage



**Figure 6:** Domaine d'application d'un RCFS

## 5 - Les pannes d'un RCSF

Certains nœuds capteurs peuvent être bloqués ou tomber en panne à cause d'un manque d'énergie, d'un dégât matériel ou d'une interférence environnementale. Il est utile de classifier les pannes selon différents critères.[6] Figure -7-



**Figure 7:** une classification générale d'une panne

### a - Pannes selon durée

**Transitoire** : conséquence d'un impact environnemental temporaire, elle peut éventuellement disparaître sans aucune intervention.

**Intermittente** : variante de la panne transitoire, elle se produit occasionnellement et de façon imprévisible. Elle est généralement due à l'instabilité de certaines caractéristiques matérielles ou à l'exécution du programme dans un espace particulier de l'environnement

**Permanente** : continue et stable dans le temps. Un changement physique dans un composant provoque une panne matérielle permanente.

### b - Pannes selon la cause

**Panne de design** : due à une mauvaise structuration du réseau ou du composant en particulier. En pratique, ce genre de panne ne devrait pas exister grâce aux tests et simulations avant la réalisation finale du réseau.

**Panne opérationnelle** : qui se produit durant le fonctionnement du système. Elle est généralement due aux causes physiques (Energie, la destruction physique accidentelle ou intentionnelle, la présence d'obstacles dans l'environnement).

### **c - Pannes selon le comportement résultant**

*Panne accidentelle:* le composant soit, s'arrête complètement de fonctionner ou bien continue mais sans retourner à un état valide.

*Panne d'omission :* le composant n'est plus capable d'améliorer son service.

Panne de synchronisation : le composant effectue son traitement mais fournit le résultat en retard.

## **6 - Conclusion**

Les réseaux de capteurs sont des systèmes auto configurables et les propriétés de ce type de réseau en termes de flexibilité, de réduction du coût et facilité de déploiement offrent de nombreuses possibilités de développement dans divers domaines.

Les applications des réseaux de capteurs sans fil couvrent différents domaines. On peut citer des applications militaires, environnementales, médicales... etc.

Une panne du système se produit lorsque son comportement devient inconsistant et ne fournit pas le résultat voulu, certains nœuds capteurs peuvent être bloqués ou tomber en panne à cause d'un manque d'énergie, d'un dégât matériel ou d'une interférence environnementale.

## Chapitre II: La couverture dans les RCSFs

### 1 - Introduction

La couverture est l'une des mesures, les plus importantes, pour évaluer la qualité de surveillance produite par un réseau de capteurs dans une zone géographique. Une zone est dite couverte, si tous les points qu'elle inclut sont observés par au moins un capteur. Plusieurs protocoles de couverture utilisent la technique d'ordonnancement d'activité qui permet d'exploiter la forte densité des capteurs afin d'étendre la durée de vie du réseau.

### 2 - problème de la couverture dans les RCSFs

La couverture est un problème essentiel dans les réseaux de capteurs sans fil [9, 8] dans la mesure où elle affecte le résultat de la tâche de perception exercée par un réseau.

Le problème de couverture est centré autour d'une question fondamentale : comment un certain nombre de capteurs assurent la surveillance d'une zone d'intérêt donnée? . On dit, qu'un point est couvert par un capteur si la distance euclidienne qui les sépare est inférieure à la portée de surveillance du capteur (appelée aussi rayon de capture ou de perception).

Le problème de couverture, est fortement dépendant du modèle de capture et de l'emplacement des nœuds capteurs sur la zone à surveiller. Afin de quantifier la surface couverte par un réseau de capteurs, on définit le modèle de capture en disque dans lequel la zone couverte par un capteur est un cercle centré dans le nœud lui-même avec un rayon égal à sa portée de perception. Pour un nœud donné, la zone de capture est définie comme étant la surface à l'intérieur de laquelle si un événement se produit, il sera perçu par le capteur. La surface couverte par le réseau entier est alors composée de l'union des zones de capture tous les nœuds actifs du réseau.

Dans de nombreux cas, le concept de couverture peut être interprété comme une cartographie entre des points de l'espace (d'une zone de déploiement) et des nœuds capteurs (d'un réseau de capteurs déployé sur cette zone).

**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >  
Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

La couverture peut être considérée comme une mesure de la qualité de surveillance fournie par un réseau de capteurs. En d'autres termes, la couverture est la capacité d'un réseau à observer les événements ou les changements qui peuvent avoir lieu dans une zone d'intérêt durant un intervalle de temps donné. Le problème de couverture est soumis à un large éventail d'interprétations dues à la grande variété des capteurs et des applications.

### **3 - La couverture dans les RCSF**

La couverture d'un RCSF est souvent considérée comme un indicateur très important de sa performance. La façon dont une zone est surveillée (commandée) reflète son statut. La zone de surveillance est observée et suivie par tous les nœuds du capteur. Le concept de "couverture" en RCSF peut être considéré comme un indicateur de la qualité du service. Certaines applications nécessitent un degré élevé de couverture afin de s'acquitter pleinement de leurs tâches.

Par exemple, il s'agit du cas de la surveillance critique des zones, l'agriculture Intelligent etc. Par conséquent, pour ces applications, il est nécessaire de s'assurer que si un événement se produit à un point de la zone surveillée par les capteurs, il est détecté au moins par un capteur spécifique. Les applications telles que la surveillance des animaux, la mesure de la température à l'intérieur d'un bâtiment nécessitent des niveaux de couverture faibles. D'autres applications telles que la détection d'invasion travaillent généralement avec un degré de couverture dynamiquement adapté en fonction des zones de détection d'alarme. La nécessité de la couverture d'une zone spécifique varie selon les besoins d'application et doit être pris en compte lors de la conception et de la mise en œuvre de certaines applications de la RCSF

#### **4 - Type de couverture :**

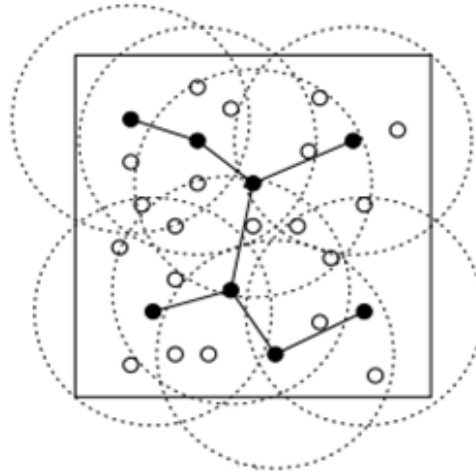
La couverture dans les RCSFs peut participer triée conformément la originaire de l'objet à sauvegarder ou monnaie en termes de précision des données et de la fiabilité. La couverture dans les RCSFs peut composer de deux facteurs:

##### **a - Selon la nature de l'objet à surveiller**

On distingue trois classes de couverture dans les réseaux de capteur, ces sont :

- *Couverture de zone*

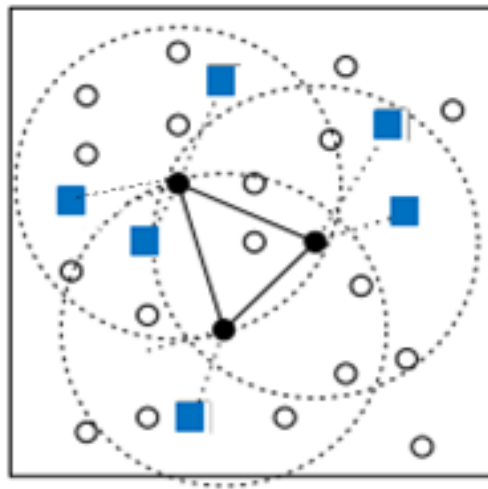
S'appelle aussi la couverture de surface où l'objectif principal du réseau est de surveiller une région donnée [10,11], c.à.d. la zone d'intérêt représente comme une région tel que tout point de cette région est couvert par au moins un capteur. La figure 1 montre un exemple où des capteurs sont déployés aléatoirement sur une zone rectangulaire pour la couvrir. Les cercles représentent les rayons de surveillance des capteurs, tout point de la zone est couvert par au moins un capteur.



**Figure 8:** la couverture de zone

- *Couverture de point*

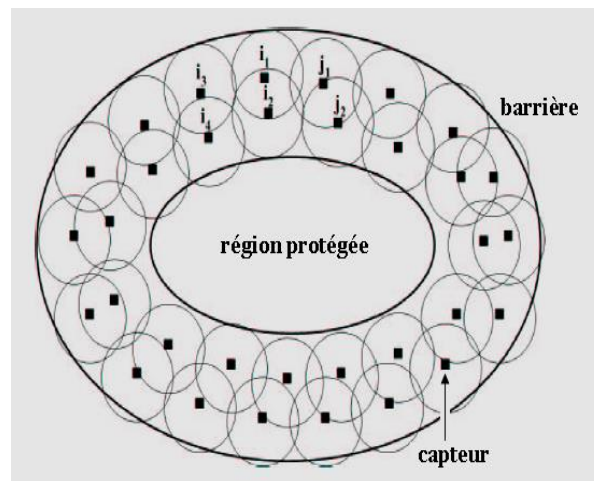
S'appelle aussi couverture de cible .dans ce type de couverture, on déploie des capteurs pour surveiller un ensemble de points spécifiques (cibles), dont la position géographique est connue [12,13,14]. Comme la figure 2 montre qu'un ensemble de cibles (carre) couvert par des capteurs (point noir).



**Figure 9:** la couverture de point

- *Couverture de frontière*

Pour couvrir une partie de la zone d'intérêt (région protégée), il n'est pas nécessaire d'avoir tous les points de la zone du déploiement couverts, on a besoin seulement de couvrir le périmètre de cette région pour diminuer des intrus par exemple, c'est le problème de la couverture de frontière (barrière). Il existe plusieurs protocoles pour ce type de couverture [15,16]. Comme la figure 3



**Figure 10:** La couverture de barrière.

### **b - Selon les termes de précision et de fiabilité des données**

On distingue deux classes de couverture dans les réseaux de capteur : couverture simple et couverture multiple [7].

- **La 1-couverture :**

Nous parlons aussi de la simple couverture. Si un point se trouve dans la zone de détection d'un seul capteur, ce point est considéré comme couvert. Dans ce cas, nous parlons de la 1-couverture.

- **La k-couverture :**

Dans ce type de couverture, chaque point physique de la zone d'observation est couvert d'au moins k capteurs actifs; alors nous parlons de plusieurs couvertures. Une zone est appelée k-couverture quand il y a k-sets de nœuds actifs qui offrent chacun une couverture simple de la zone. Cette définition est appelée K-Couverture. Le degré de couverture dépend de l'application prévue. Par exemple, les applications nécessitent une couverture simple (k=1) lorsque les capteurs sont utilisés dans un bâtiment pour mesurer la température, l'humidité ou l'intensité de la lumière ou de l'apprentissage, c'est-à-dire où l'environnement est connu et où les défauts ne sont pas importants.

## **5 - Contraintes de conception d'un plan de couverture**

Vues les caractéristiques spécifiques des RCSF, plusieurs contraintes doivent être étudiés et pris en compte lors de la conception de ces réseaux.

### **a - La tolérance de fautes**

Certain nœuds peuvent générer des erreurs ou ne plus fonctionner à cause d'un manque d'énergie, un problème physique ou une interférence. Ces problèmes n'affectent pas le reste du réseau, c'est le principe de la tolérance de fautes. La tolérance de fautes est la capacité de maintenir les fonctionnalités du réseau sans interruptions dues à une erreur intervenue sur un ou plusieurs capteurs.

### **b - L'échelle**

Le nombre de nœuds déployés pour un projet peut atteindre le million. Un nombre aussi important de nœuds engendre beaucoup de transmissions inter nodales et nécessite que le puits "sink " soit équipé de beaucoup de mémoire pour stocker les informations reçues.

### **c - Les coûts de production**

Souvent, les réseaux de capteurs sont composés d'un très grand nombre de nœuds. Le prix d'un nœud est critique afin de pouvoir concurrencer un réseau de surveillance traditionnel.

### **d - L'environnement**

Les capteurs sont souvent déployés en masse dans des endroits tels que des champs de bataille au-delà des lignes ennemies, à l'intérieur de grandes machines, au fond d'un océan, dans des champs biologiquement ou chimiquement souillés,... Par conséquent, ils doivent pouvoir fonctionner sans surveillance dans des régions géographiques éloignées.

### **e - La topologie de réseau**

Le déploiement d'un grand nombre de nœuds nécessite une maintenance de la topologie. Cette maintenance consiste en trois phases : Déploiement, Post-déploiement (les capteurs peuvent bouger, ne plus fonctionner,...), Redéploiement de nœuds additionnels

### **f - Les contraintes matérielles**

La principale contrainte matérielle est la taille du capteur. Les autres contraintes sont que la consommation d'énergie doit être moindre pour que le réseau survive le plus longtemps possible, qu'il s'adapte aux différents environnements (fortes chaleurs, eau,...), qu'il soit autonome et très résistant vu qu'il est souvent déployé dans des environnements hostiles.

### **g - Les médias de transmission**

Dans un réseau de capteurs, les nœuds sont reliés par une architecture sans-fil. Pour permettre des opérations sur ces réseaux dans le monde entier, le média de transmission doit être normé. On utilise le plus souvent l'infrarouge (qui est License-free, robuste aux interférences, et peu onéreux), le Bluetooth et les communications radio ZigBee.

### **h - La consommation d'énergie**

Un capteur, de par sa taille, est limité en énergie ( $< 1.2V$ ). Dans la plupart des cas le remplacement de la batterie est impossible. Ce qui veut dire que la durée de vie d'un capteur dépend grandement de la durée de vie de la batterie. Dans un réseau de capteurs (multi-sauts) chaque nSud collecte des données et envoie/transmet des valeurs. Le dysfonctionnement de quelques nSuds nécessite un changement de la topologie du réseau et un re-routage des paquets. Toutes ces opérations sont gourmandes en énergie, c'est pour cette raison que les recherches actuelles se concentrent principalement sur les moyens de réduire cette consommation.

## **6 - La connectivité dans les RCSFs**

Après les phases de placement/déploiement des nœuds dans la zone d'intérêt, les nœuds doivent former un réseau pour transférer les informations saisies par les nœuds sources à la station de base. Si l'architecture utilisée pour les nœuds réseau est permanente, tous les nœuds réseau doivent être connectés de façon permanente dès qu'une source donnée transmet ses données à la station de base.

## **7 - Algorithmes de couverture dans les RCSFs**

L'objectif principal des problèmes de couverture est de surveiller une zone ou un ensemble d'objectifs désignés sous diverses contraintes et limites, comme l'énergie, la capacité de calcul, la mémoire, la communication, la bande passante et le taux de défaillance élevé. Il y a beaucoup de solutions différentes dans la littérature. Ils peuvent être classés sur plusieurs critères :

### **a - Solutions basées sur des approches protocolaires :**

Il existe plusieurs types de protocoles de couverture différents, basés sur la connaissance de l'emplacement des capteurs et de leur coordination. Ce dernier comprend à la fois des protocoles centralisés et distribués. Dans l'approche distribuée, chaque capteur collecte des informations de ses nœuds voisins. Ensuite, il détermine de manière autonome son état. Alors que dans les approches centralisées, une entité centrale appelée station de base collecte les informations des nœuds et détermine l'état de chacun d'eux [17]. Un type de protocole est celui où les capteurs décident de ce qu'ils ressentent en fonction de ce que font leurs voisins.

Dans le second type, les capteurs fonctionnent indépendamment les uns des autres sans aucune communication entre les nœuds .

A partir de la connaissance des positions des capteurs dans un réseau, deux protocoles de couverture peuvent être classés : l'un est basé sur les positions des capteurs, et l'autre est indépendant des positions des nœuds capteurs. Wang et al. Dans le premier type de réseau de capteurs, chaque nœud connaît sa propre localisation. Cependant, dans le second type, chaque nœud peut connaître son emplacement à partir d'autres nœuds du réseau. Dans le second protocole, la conception ne nécessite pas la connaissance des positions. Enfin, dans le troisième, seule la distance séparant les nœuds du réseau est requise.

### **b - Solutions basées sur des méthodes géométriques :**

Compte tenu de la complexité de la modélisation RCSF due aux contraintes de couverture et de connectivité, [18] [19] [20] effectuent une discrétisation des régions pertinentes pour permettre une assurance réaliste. Cela suggère plusieurs approches géométriques pour résoudre ces problèmes. Résultats non théoriques. Souvent affecté par des paramètres externes qui ne sont pas pris en compte. Parmi les méthodes géométriques utilisées dans le problème de recouvrement que nous citons figurent les grilles, les diagrammes de Voronoi, les triangulations de Delaunay, et d'autres méthodes (algorithmes incrémentaux, problèmes de cercle de recouvrement).

### **c - Solutions basées sur des méthodes analytiques :**

Il existe plusieurs méthodes pour résoudre le problème de couverture, qui dépendent de la modélisation mathématique et des applications de recherche opérationnelle. Parmi ces méthodes, il y a la programmation linéaire entière, l'heuristique et la méta-heuristique.

### **d - Solutions basées sur l'algorithme distribué :**

Algorithme distribué est pour collationner les orientations raccourci des capteurs directionnels pendant de émigrer le valeur-limite de cibles en activant le extremum de capteurs. Les orientations calculées sont utilisées pendant lequel marivauder les directions des capteurs vidéo actifs, en obtenant les capteurs inactifs pendant lequel bouleverser les noeuds défaillants, ou qui ont épuisé à elles énergie chez le but de fournir le temps de vie du réseau.

**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >**  
**Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

Ceci a été mathématique par les auteurs pendant le difficulté de couverture maximale pour le extremum de capteurs (Maximum Coverage with Minimum Sensors (MCMS))

## 8 - Les ensembles dominants :

Un ensemble dominant est un sous ensembles de sommets  $D \subseteq V$  tel que tout les sommet de  $V \setminus D$  est adjacent à au moins un sommet de  $D$ .

## 9 - Conclusion :

Les réseaux de capteurs sans fils une technologie modern. les progrès de la miniaturisation et l'allongement de la durée de vie des batteries représente est un avenir prometteur pour cette technologie. L'un des problèmes de réseaux de capteur sans fils est le problème de couverture .il est instamment spontané du dénouement de capteur et de l'activité des nœuds capteurs sur la localité à surveiller. A la fin de ce chapitre, nous passons en revue les différentes solutions qui ont été proposées à cet effet dans la littérature. Dans le chapitre suivant en discute sur une solution utilisant les protocoles.

## **Chapitre III: Protocole centralisé basé sur les ensembles dominants**

### **1 - Introduction**

On a vu que l'économie d'énergie et la prolongation de la durée de vie sont des tâches fondamentales dans les réseaux de capteurs.

En outre, pour surveiller une zone importante on étend le réseau de capteurs pour qu'il ait une couverture maximale. Le choix des capteurs actifs dans le but d'économiser l'énergie et le maintien d'un niveau élevé de couverture sont deux aspects orthogonaux car la minimisation du nombre de capteurs actifs tout en garantissant un certain taux de couverture de la zone d'intérêt est un problème difficile. Certaines approches existantes reposent principalement sur des informations de localisation via des dispositifs GPS pour concevoir des stratégies de planification efficaces. Cependant, l'intégration d'appareils GPS avec des nœuds de capteurs est coûteuse.

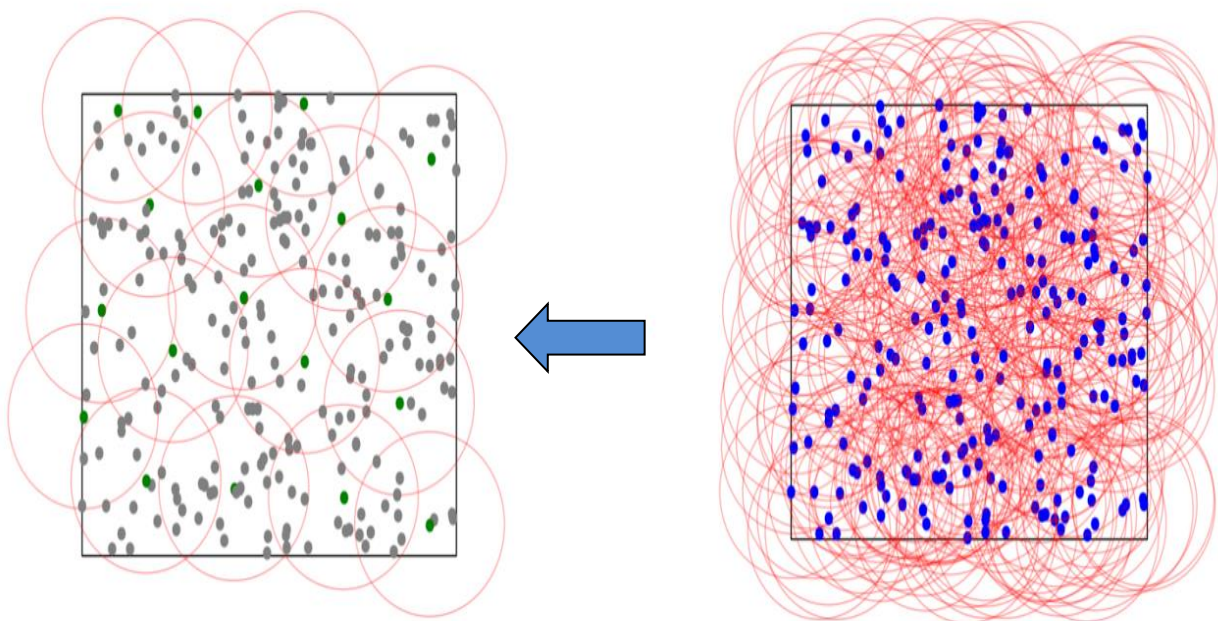
Nous proposons une solution basé sur la théorie des graphes (les ensembles dominants de cardinalité minimale).Le principe de cette solution, consiste à ordonnancer l'activité des nœuds en se basant sur le concept des ensembles dominants, de cardinalité minimale pour éliminer la redondance tout en maintenant la couverture.

### **2 - Contexte du problème**

La méthode de déploiement la plus utilisé dans les applications sensibles est le déploiement aléatoire des nœuds capteurs dans des zones non surveillées, pour superviser ou surveiller des

phénomènes divers, ce type de déploiement ne garantit pas la couverture totale de la zone d'intérêt, qui rend le réseau pas fiable. Afin de résoudre ce problème, des nœuds capteurs sont déployés en forte densité. De ce fait, les réseaux de capteurs sont généralement denses et redondants. Cette redondance pose de sérieux problèmes tels que l'interférence de radio, la collision de paquets, la congestion de medium et le gaspillage d'énergie.

Le problème de la couverture de surface consiste à décider de l'activité des nœuds, qui peuvent être en état actif ou de veille, tout en conservant une couverture aussi complète que possible de la zone sur laquelle le réseau a été déployé. (voir figure 11)



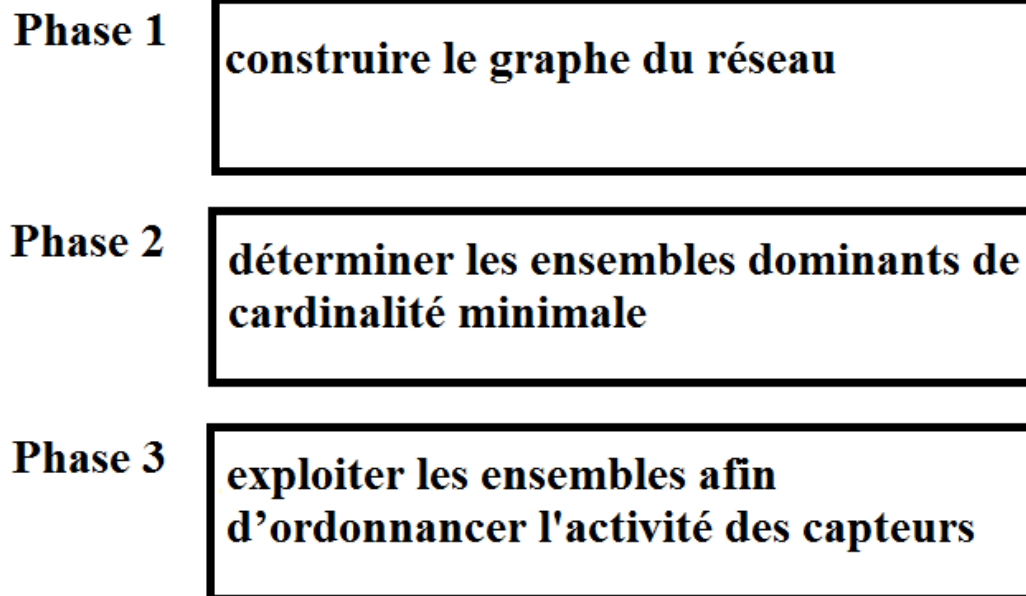
**Figure 11:** Éliminer la redondance tout en maintenant la couverture

### 3 - Description du protocole

PCbsED (pour Protocole centralisé basé sur les ensembles dominants) est une solution au problème de l'ordonnancement d'activité. Plus précisément, un protocole centralisé qui préserve la couverture dans les réseaux de capteurs sans fil, réduit le coût de la communication, augmente la durée de vie du réseau, évite les collisions, élimine le gaspillage d'énergie. Cette solution ne requiert pas la connaissance des positions géographiques, construit des ensembles dominants de façon centralisé.

Cette approche est composée de trois phases. La première phase consiste à construire le graphe correspondant au réseau. L'étape suivante est dédiée à la sélection des différents

ensembles dominants de nœuds capteurs. La dernière phase exploite les ensembles dominants déterminés précédemment, afin d'ordonnancer l'activité des capteurs



**Figure 12:** Les phases d'un PCbsED

• **Phase 1 construire le graphe du réseau :**

- 1- Créer une table de voisinage pour chaque capteur
- 2- Collecter la table de voisinage et construire un graph

• **Phase 2 déterminé les ensembles dominants de cardinalité minimale :**

Etant donné un graphe non dirigé  $G = (V, E)$ , un ensemble dominant de  $G$  (noté par la suite ED), est un sous ensemble de sommets  $D \subseteq V$ , tel que tout sommet  $u$  du graphe, est soit dans  $D$ , soit voisin d'un sommet  $v \in D$  [21].

Un graphe a plus d'un ensemble dominant, celui qui a la cardinalité minimale, parmi les autres, est appelé ensemble dominant minimum EDM

• **Phase 3 : Exploiter les ensembles dominants :**

La troisième phase est la partie la plus simple du protocole. Au fait, les EDMs calculés dans la phase précédente, sont ordonnancés afin d'assurer la couverture du réseau.

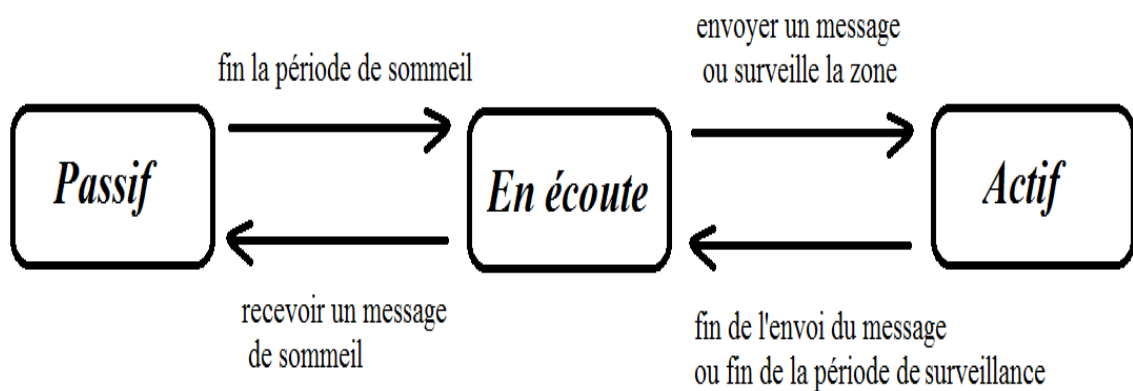
#### 4 - Hypothèses

- Nous supposons que la station de base est caractérisé par un rayon de communication Rcom couvre toute la zone
- Chaque nœud du réseau capteur sans fil possède un identifiant unique noté ID (par exemple MAC adresse).
- La station de base a une liste de tous les identifiants des capteurs dans le réseau
- Les capteurs sont déployés aléatoirement.
- Les capteurs ne contiennent pas le GPS
- Le rayon de communication = rayon de Couverture

#### 5 - Diagramme de transitions d'états de PCbsED

Un nœud peut être dans l'un des trois états : en écoute, passif ou actif.

- En écoute : dans ce cas le capteur attend de recevoir un message de SB ou d'un autre capteur.
- Passif : le capteur désactiver toutes les fonctions pour économiser de l'énergie jusqu'à la fin de la période Tpassif (Tsommeil).
- Actif : un nœud actif si le nœud surveille l'environnement ou envoyer un message



**Figure 13:** Diagramme de transitions d'états de PCbsED

## 6 - Description détaillée de PCbsED

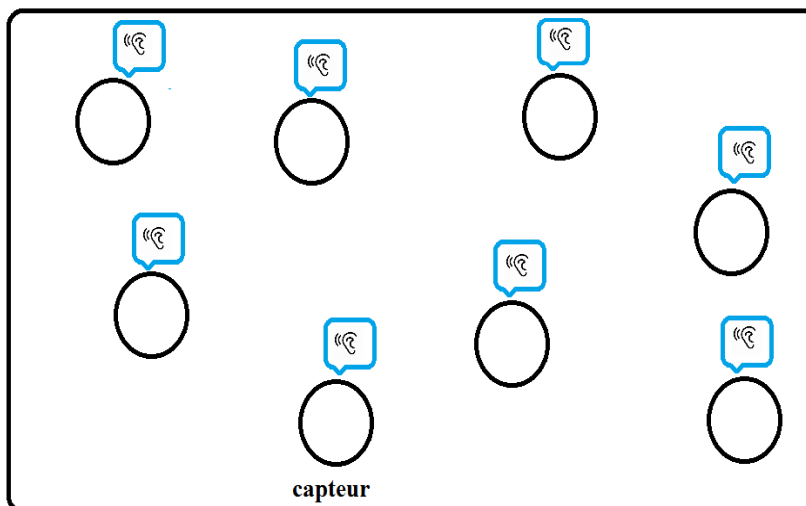
Les variables qui caractérisent un capteur son :

- id: identifiant
- état: [écoute, passif, actif]
- tv: table de voisinage

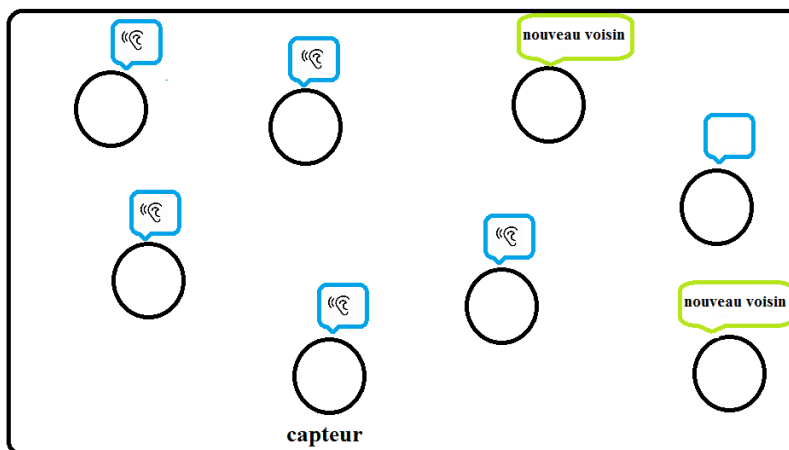
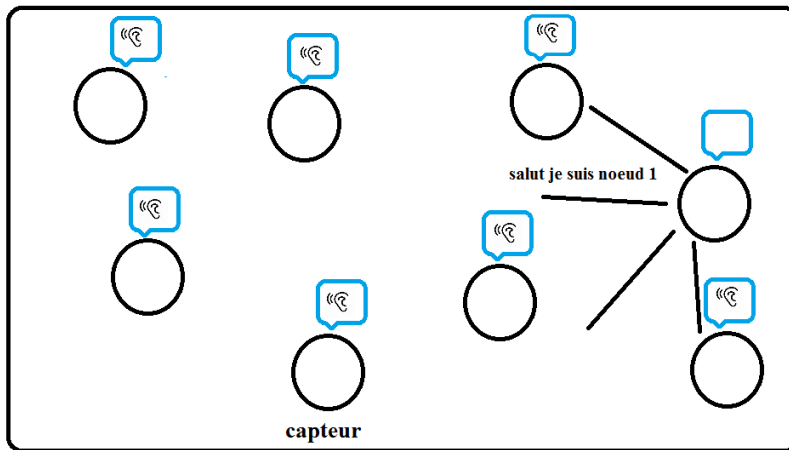
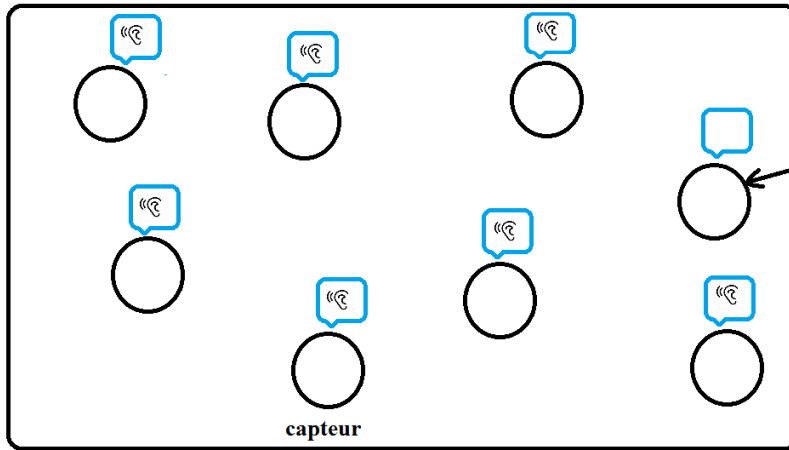
### • Phase 1 construire le graphe du réseau :

Cette phase représente les capteurs sous forme d'un graphe .elle se compose de deux étape :

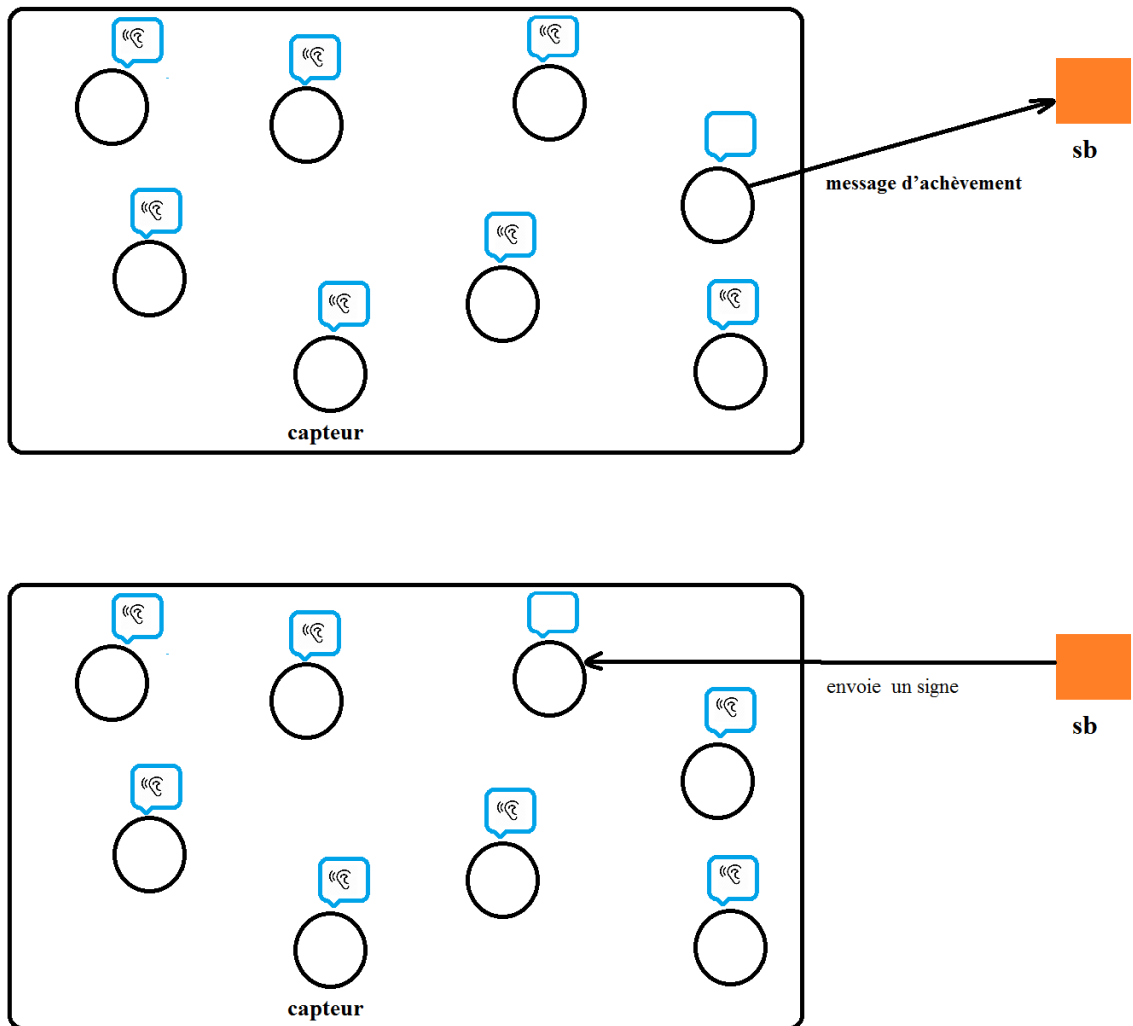
- 1- Créer une table de voisinage pour chaque capteur :
  - 1) initialement tous les nœuds sont en état d'écoute
  - 2) la station de base choisit un capteur et envoie un signe pour commencer à diffuser (broadcast), et se présente au voisin.
  - 3) le capteur se présente au voisin.
  - 4) les capteurs qui reçoivent le message enregistrent l'id du nœud émetteur dans son table de voisinage
  - 5) après sa diffusion de présentation le capteur envoie un message d'achèvement à la station de base.
  - 6) la SB va choisir un nouveau capteur et répète le même processus jusqu'à ce qu'il termine tous les capteurs



Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >  
Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.



**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >**  
**Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the the text that you want to appear here.**

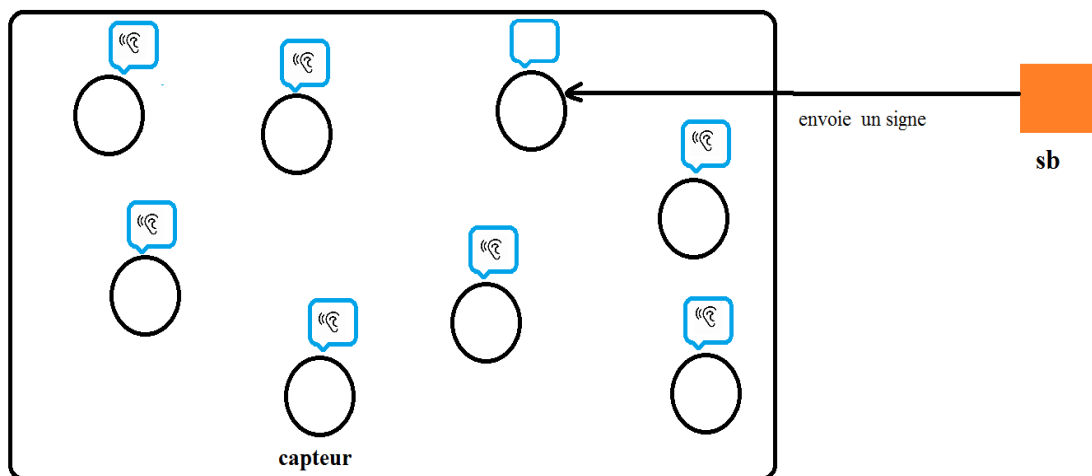
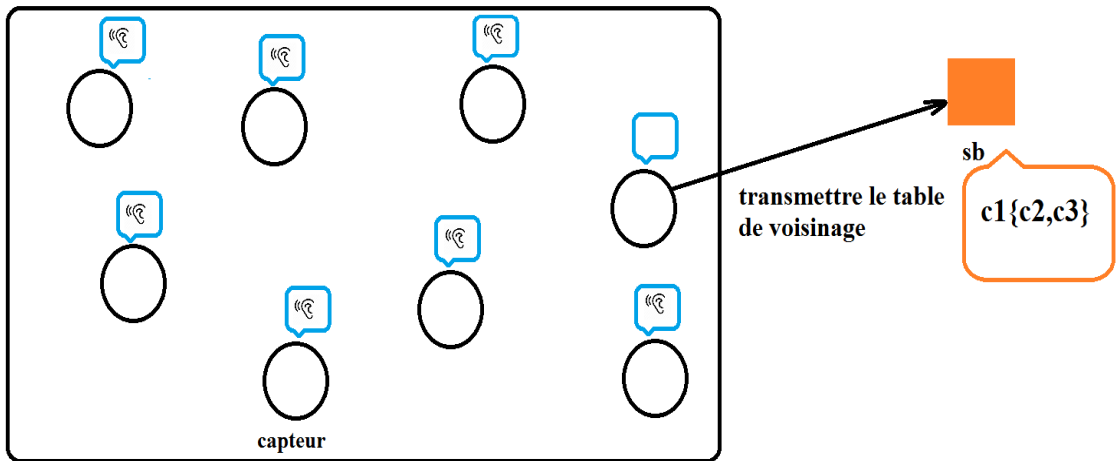
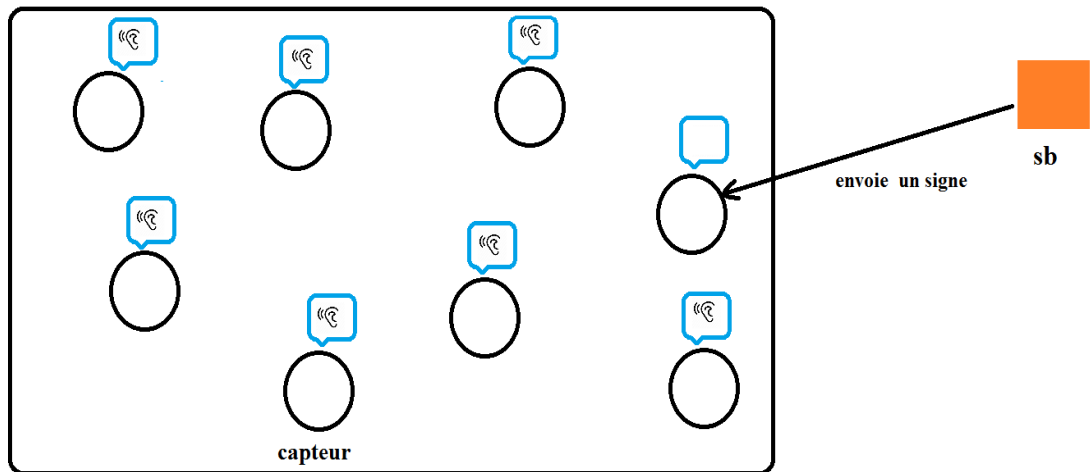


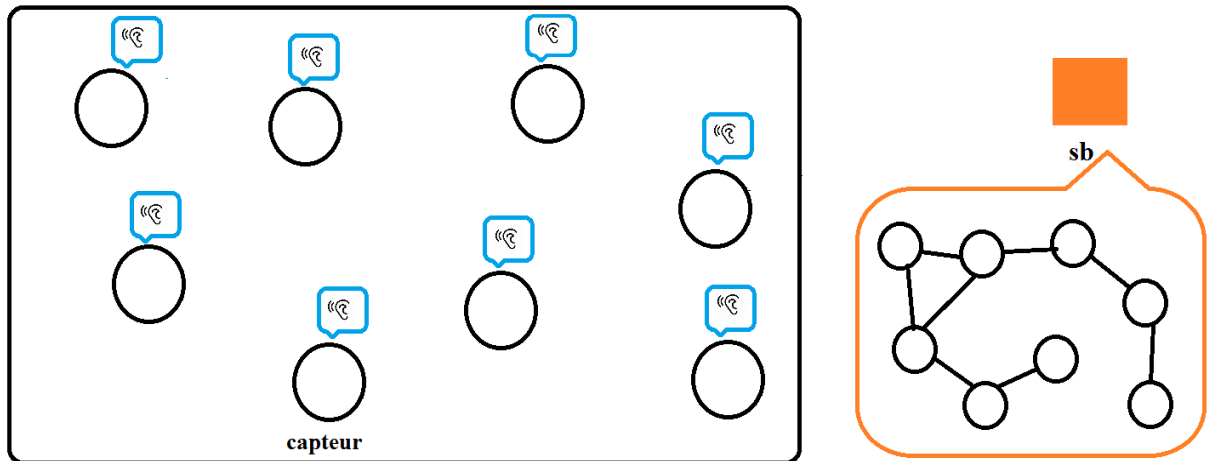
**Figure 14:** Créer une table de voisinage

2- Collecter les tables de voisinage et construire un graphe :

- 1) la station de base envoie un signal au premier capteur pour transmettre son TV
- 2) le capteur transmette son Tv au la station de base
- 3) la station de base répète la même procédure jusqu'à le dernier capteur
- 4) la station de base compare les tables collectés, et construire le graphe

Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >  
Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.

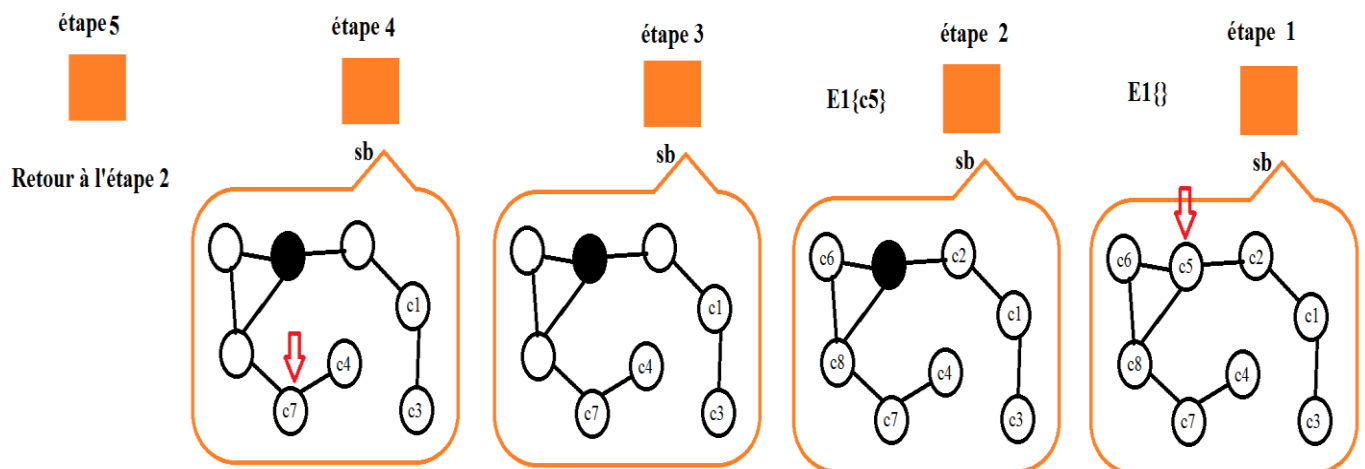


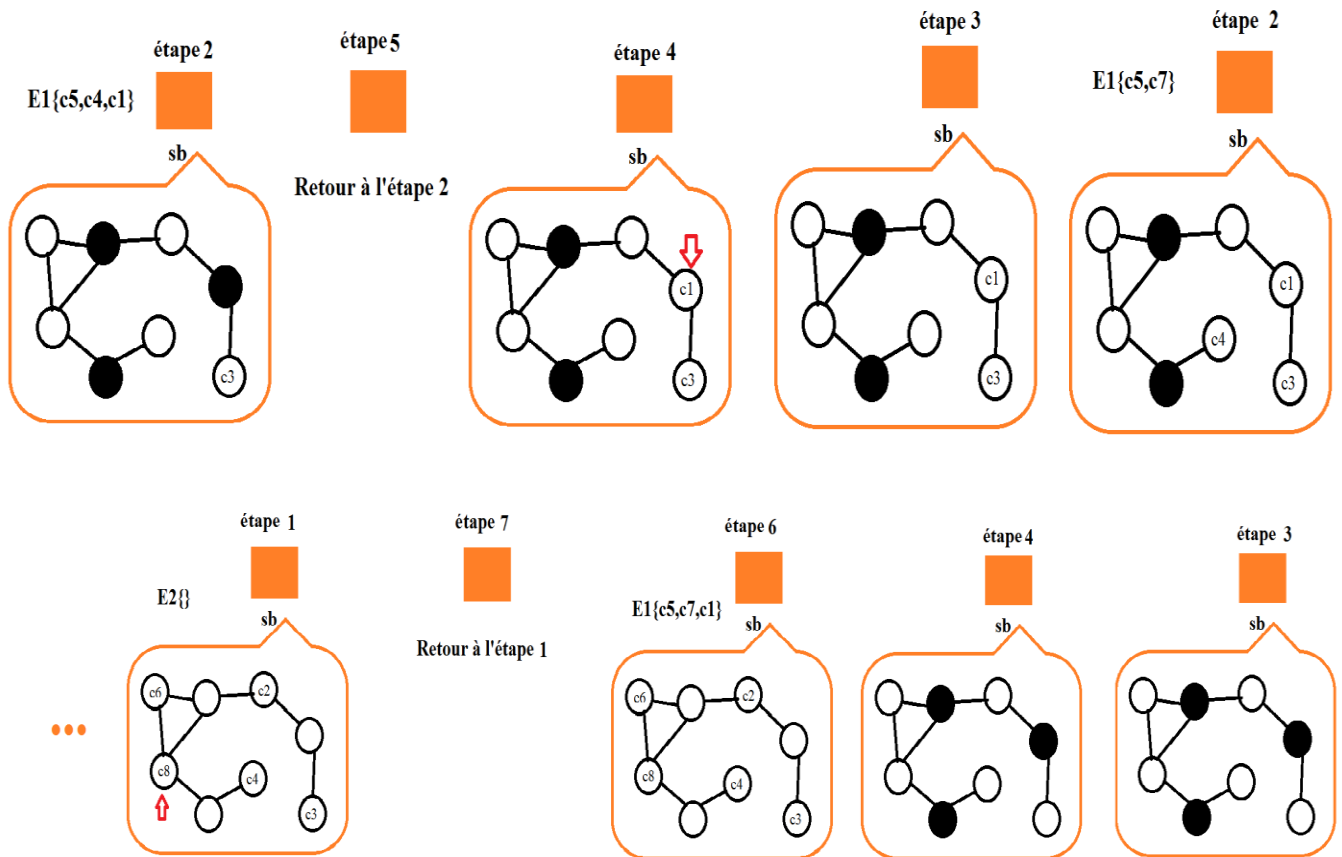


**Figure 15:** collecter les tables de voisinage et construire un graphe

• **Phase 2 déterminé les ensembles dominants de cardinalité minimale :**

- 1) La station de base sélectionne le nœud  $n$  ayant le nombre maximum de voisins (nœud de degré max).
- 2) Ce nœud devient le premier membre de  $E_1$ , premier ED.
- 3) Exclure tous les voisins de  $p$  de la prochaine sélection.
- 4) Sélectionné le nœud ayant le deuxième degré plus élevé comme deuxième membre de  $E_1$  et de même pour ses voisins que ceux de  $p$ .
- 5) Répétez ce processus jusqu'à ce que tous les nœuds aient été traités (étape 2).
- 6) Exclut tous les membres de  $E_1$  du calcul de la prochaine ED.
- 7) Le même processus est répété pour obtenir les membres des  $k$  EDMs ;  $\{E_1, E_2, \dots, E_k\}$  (étape 1).



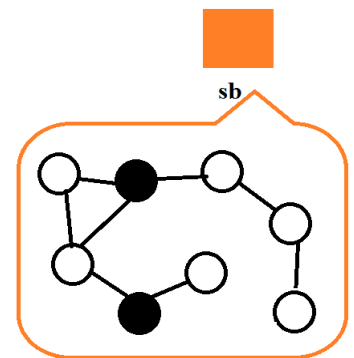
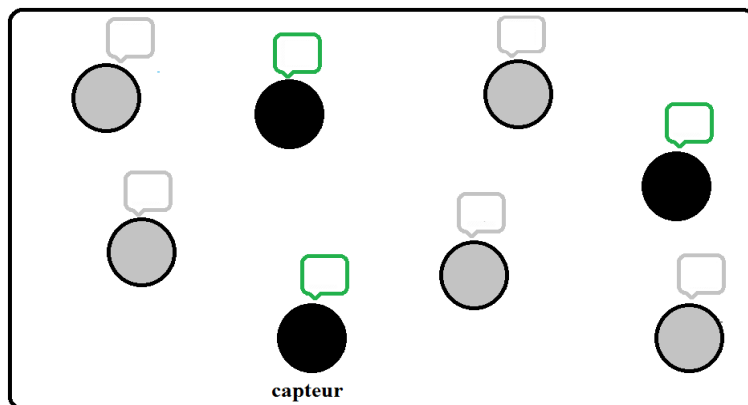
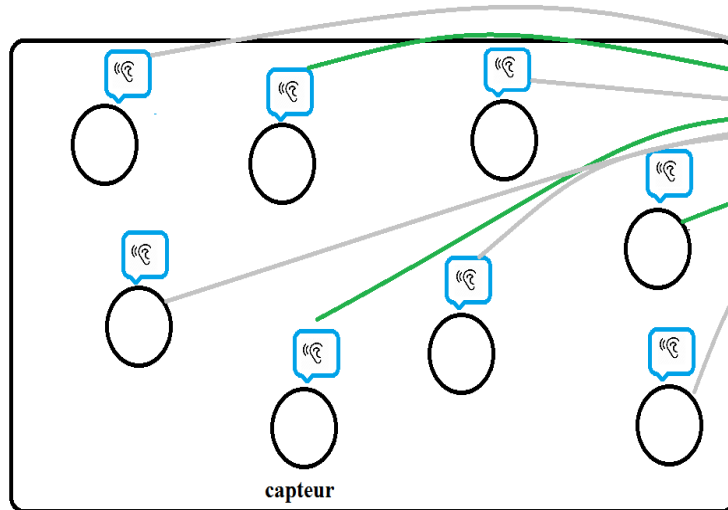
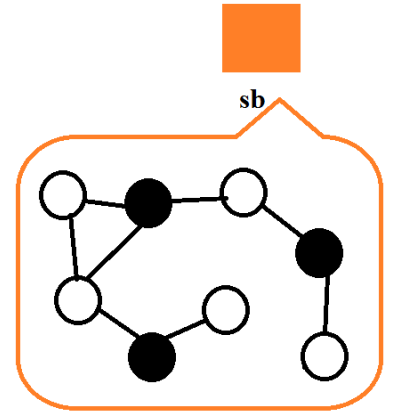
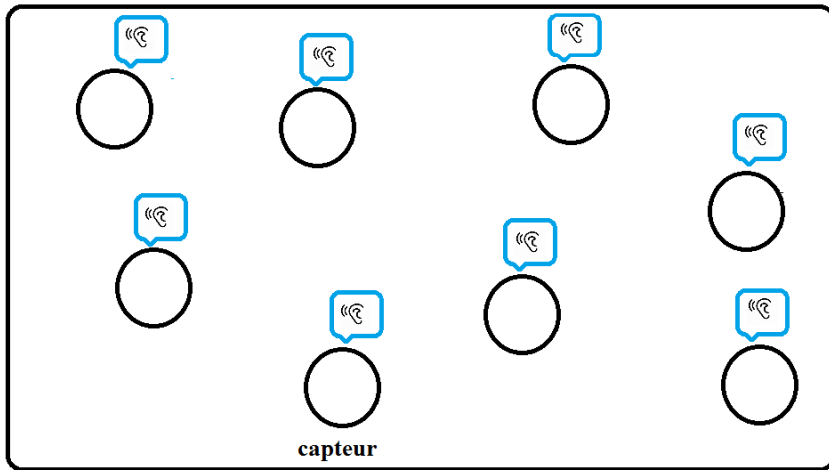


**Figure 16:** Déterminé les ensembles dominants

• **Phase 3 : Exploiter les ensembles dominants :**

- 1) la station de base choisit un EDM parmi les EDM calculés dans la phase 2
- 2) la station de base envoie un signal pour changer l'état des capteurs selon EDM
- 3) les capteurs qui reçoivent le message changent leur état
- 4) après la fin de la période de surveillance, les capteurs changent leur état en écoute
- 5) la station de base répète la même procédure

Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >  
Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.



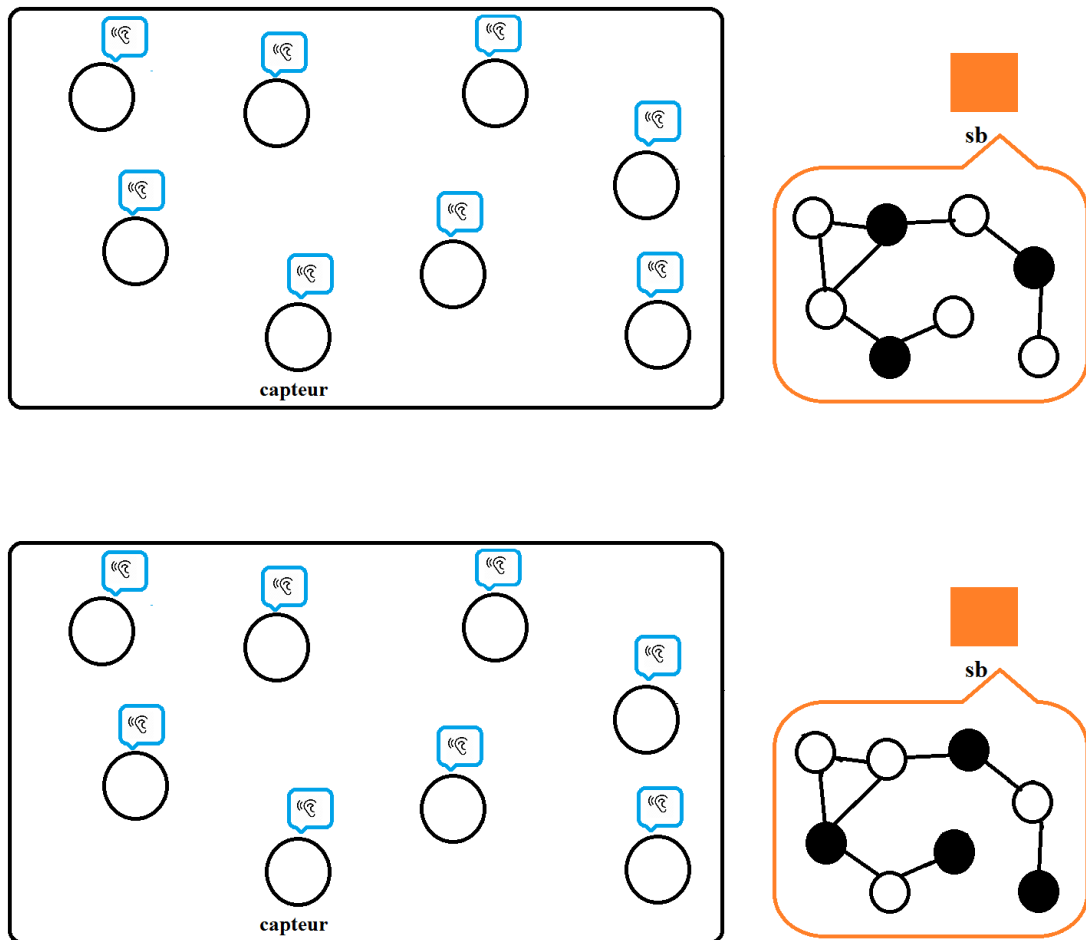


Figure 17: Exploiter les ensembles dominants

## 7 - Les Algorithmes de PCbsED

### • L'algorithme qui s'exécute dans les capteurs

Algorithm capteur

1 **DEBUT**

2 etat = ecoute // valeur initiale de l'état est ecoute

3 voisins=[] // valeur initiale de TV est vide

4 **tantque** vrai

5

6 **si** (etat == ecoute)

7 ecouteFonction()

**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >**  
**Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

```

8     sinon si (etat == passif)
9         passifFonction()
10    sinon si (etat == actif)
11        actifFonction()
12    finsi
13 fintantque
14 FIN

```

Les fonctions actifFonction() , passifFonction() et ecouteFonction() sont définies comme suit

Algorithm actifFonction

```

1 DEBUT
2 si( pSurveillance > 0 ) // si la période de surveillance prévue par SB ne se termine pas
3     surveillerLaZone()
4 sinon
5     etat = ecoute
6 finsi
7 FIN

```

Algorithm passifFonction

```

1 DEBUT
2 si( pSommeil <= 0 ) // si la période de sommeil prévue par SB termine
3     etat = ecoute
4 finsi
5 FIN

```

Algorithme ecouteFonction

```

1 DEBUT
2 si( existMessagesDansReseau ) // si il existe des message dans le réseau
3     si(emetteur == capteur et emmetteur.mgs== salut)
4         //si recevoir un message de présence d'un autre capteur
5         voisins.ajoute(emetteur.id) // ajoute l'emetteur comme voisin

```

```
5   finsi
6   si(emetteur == SB et recepateur == id )
      // si SB envoie un message destiné à cette capture
7   si (emetteur.msg == broadcast )// si le message émette par SB broadcast
8       etat = actif
9       envoyer(capteur,toute,id,salut,[]) // envoyer message de présence
10      envoyer(capteur,SB,id,finDEdiffusion,[])
      // envoyer message d'achèvement à la station de base.
11      etat = ecoute
12      sinon si (emetteur.msg == transmettreTV)
13          etat = actif
      // envoyer les voisins à la station de base
14          envoyer(capteur,SB,id,TV,voisins)
15          etat = ecoute
16      sinon si (emetteur.msg == changeEtat)
17          etat=emetteur.data['etat']
18          si(emetteur.data['etat']== actif )
19              pSurveillance=emetteur.data['periode']
20          sinon si ( emetteur.data['etat']== passif )
21              pSommeil=emetteur.data['periode']
22          finsi
23      sinon si (emetteur.msg == envoyerLesDonneesCollectees)
24          etat = actif
25          envoyer(capteur,SB,id, donnees ,lesDonneesCollectee)
26          etat = ecoute
27      finsi
28  finsi
29 finsi
30 FIN
```

**Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >**  
**Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.**

La fonction **envoyer** (*emetteur* , *recepteur*, *emetteurId* , *msg* , *data* ) est utilisée pour envoyer des messages dans le réseau

*emetteur* : celui qui envoie le message [capteur ou SB]

*recepteur* : celui qui reçoit le message [toute, SB ou id spécifique]

*emetteurId* : ID de émetteur qui envoie le message

*msg* : le message à envoyer

*data* : les Données à envoyer, si existe

• *Les algorithmes qui s'exécutent dans la station de base*

Algorithme collecter table de voisinage

```

1 DEBUT
2 pour chaque noeudId dans noeudIds
3   envoyer(SB,noeudId,SBId,broadcast ,[])
4   tanque (non (existMessagesDansReseau et emmetteur.id == noeudId et
           emmetteur.msg==finDEdiffusion) ou TAttent >0 )
           // après avoir envoyé le message, attendez la réponse ou la fin du temps d'attente
5   si(existMessagesDansReseau et emmetteur.id == noeudId et
       emmetteur.msg==finDEdiffusion)// si reçu une réponse quitter la boucle
6     quitterLaBoucle
7   finsi
8 finTanque
9 finpour
10 pour chaque noeudId dans noeudIds
11  envoyer(SB,noeudId,SBId,transmettreTV ,[])
12  tanque (non (existMessagesDansReseau et emmetteur.id == noeudId et
            emmetteur.msg==TV) ou TAttent >0 )
13  si(existMessagesDansReseau et emmetteur.id == noeudId et emmetteur.msg==TV)
           // si reçu une réponse ajoute à table de voisinage et quitter la boucle
14    tableDeVoisinage.ajoute(emmetteur.data)
15    quitterLaBoucle
16  finsi
17 finTanque
18 finpour
19 FIN

```

Algorithme générer EDM

```

1 DEBUT
2 EDMs=[]
3 graphe // le graphe qui a été créé à l'étape précédente
4 k // le nombre de EDMs
5
6 tanque len(EDMs) < k et graphe non vide // s'il existe un nœud pas traités ou la taille de
                                EDMs < k
7   tgraphe=graphe.copie () // copier le graphe dans une variable temporaire
8   ED =[]
9   tanque tgraphe non vide
10    noeud=noeudDegreMax(tgraphe) // sélectionne le nœud ayant le nombre maximum
                                de voisins
11    ED.ajoute(noeud)
12    exclure(noeud,graphe) // exclure le noeud de graph
13    exclure(noeud,tgraphe) // exclure le noeud de tgraphe
14    exclureVoisins(noeud,tgraphe) // exclure les voisins de nœud de tgraphe
15  fintanque
16  EDMs.ajoute(ED)
17
18 fintanque
19 return EDMs
20 FIN

```

Algorithme exploiter les ensembles dominants

```

1 DEBUT
2 suivanteEDM=choisirEDM()
3 pour chaque noeudId dans noeudIds

```

```

4   si(noeudId ∈ courantEDM)
      // demander des données au capteur
5   envoyer(SB,noeudId,SBId,envoyerLesDonneesCollectees,[])
6   tanque(non (existMessagesDansReseau et emmetteur.id == noeudId et
      emmetteur.mgs== donnees) ou TAttent > 0 )
7   si(existMessagesDansReseau et emmetteur.id == noeudId et
      emmetteur.msg==donnees):
8   enregistrer(emmetteur.data) // enregistrer les données envoyées par le capteur
9   quitterLaBoucle
10  finsi
11  fintanque
12  finsi
13  si(noeudId ∈ suivanteEDM)
      // envoyer un message d'actif au capteur
14  envoyer(SB,noeudId,SBId,changeEtat,{'etat':actif , 'periode':periodeDactivite})
15  sinon:
      // envoyer un message de passif au capteur
16  envoyer(SB,noeudId,SBId,changeEtat,{'etat':passif , 'periode':periodeDactivite})
17  finsi
18  finpour
19  FIN

```

## 8 - Simulation et analyse des performances

Pour expérimente la solution proposée, nous avons choisi d'utiliser notre propre outil de simulation. Il existe des outils de simulation des réseaux capteur sans fils qui sont compliqués et pas adaptés à nos besoins simples.

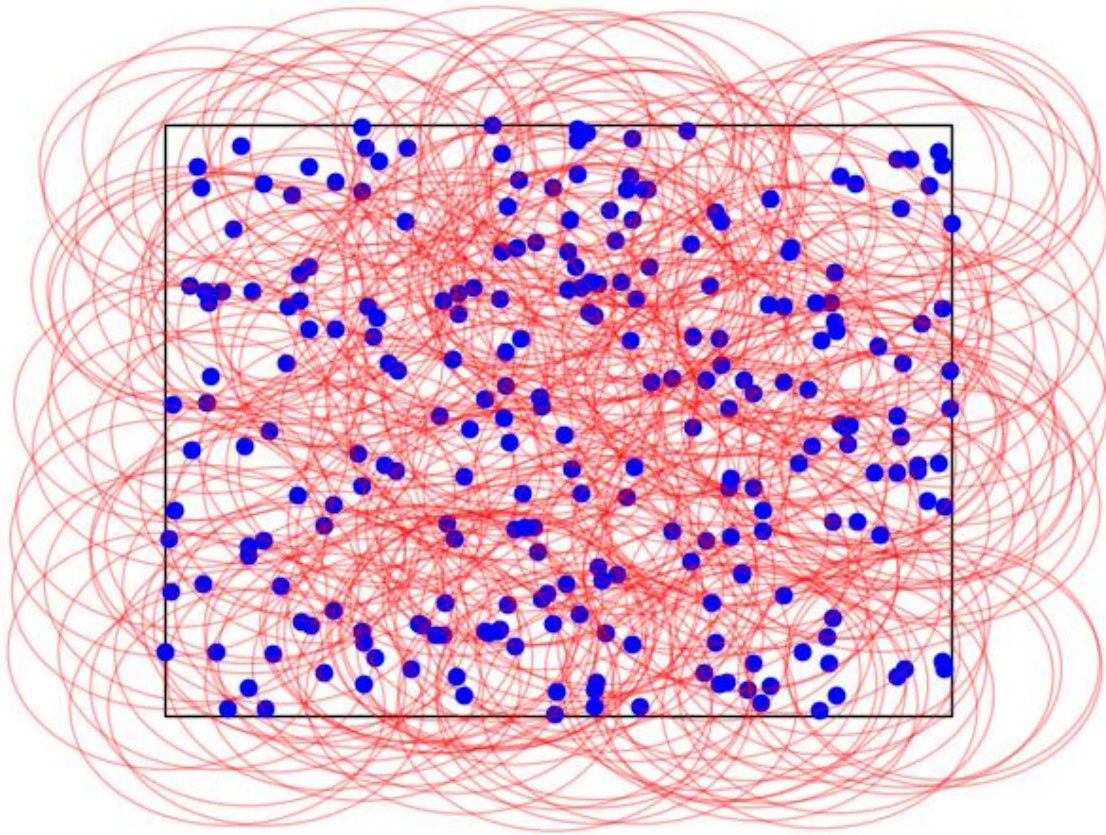
Afin d'analyser les performances du protocole proposé, nous avons développé un simulateur écrit en python. Dans cette section, nous évaluons les performances de PCbsED.

### a - Les paramètres de simulation

Lors de l'expérimentation de notre protocole nous avons utilisé les paramètres de simulation suivants :

Paramètres	Valeurs
Superficie de la zone d'intérêt	50 m × 50 m
Nombre de nœuds déployés	100-500 pas 50
Rayon de communication	10

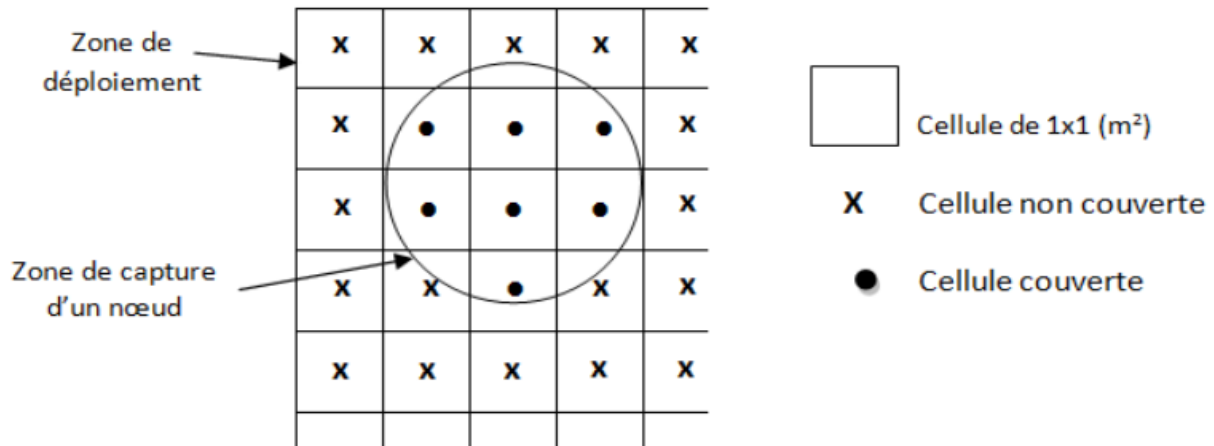
Les résultats présentés sont obtenus à partir de réseaux composés de nœuds déployés sur une zone carrée de dimension 50×50 (m<sup>2</sup>). Nous avons la plupart du temps, simulé des réseaux allant de 100 à 500 nœuds avec un pas de 50, le déploiement des nœuds est aléatoire.



**Figure 18:** Exemple de déploiement aléatoire de 250 capteurs

### **b - Méthode d'évaluation de la couverture**

La couverture est quant à elle évaluée, en divisant la zone de déploiement en cellules de 1x1(m<sup>2</sup>). Une cellule est considérée couverte si son centre est couvert. Le pourcentage de zone couverte est alors le rapport entre le nombre de cellules couvertes par au moins un capteur et le nombre total de cellules. La figure suivante représente la méthode d'évaluation de la couverture utilisée dans notre solution.



**Figure 19:** Méthode d'évaluation de la couverture utilisée.

### c - Les métriques de performances

Les métriques de performances retenues lors de l'expérimentation de PCbsED sont :

- **Le taux de nœuds actifs:**

c'est le rapport entre le nombre moyen de nœuds actifs et le nombre total de nœuds déployés.

- **Le taux de couverture:**

il est défini comme étant le pourcentage moyen de la zone d'intérêt couverte par l'ensemble des nœuds actifs.

### d - Evaluation de performances

1-Pour illustrer l'effet du rayon de couverture sur les mesures de performances précédentes, nous modifions le rayon de couverture et le rayon de communication de 4 à 15 m pour un réseau de  $N = 250$  nœuds.

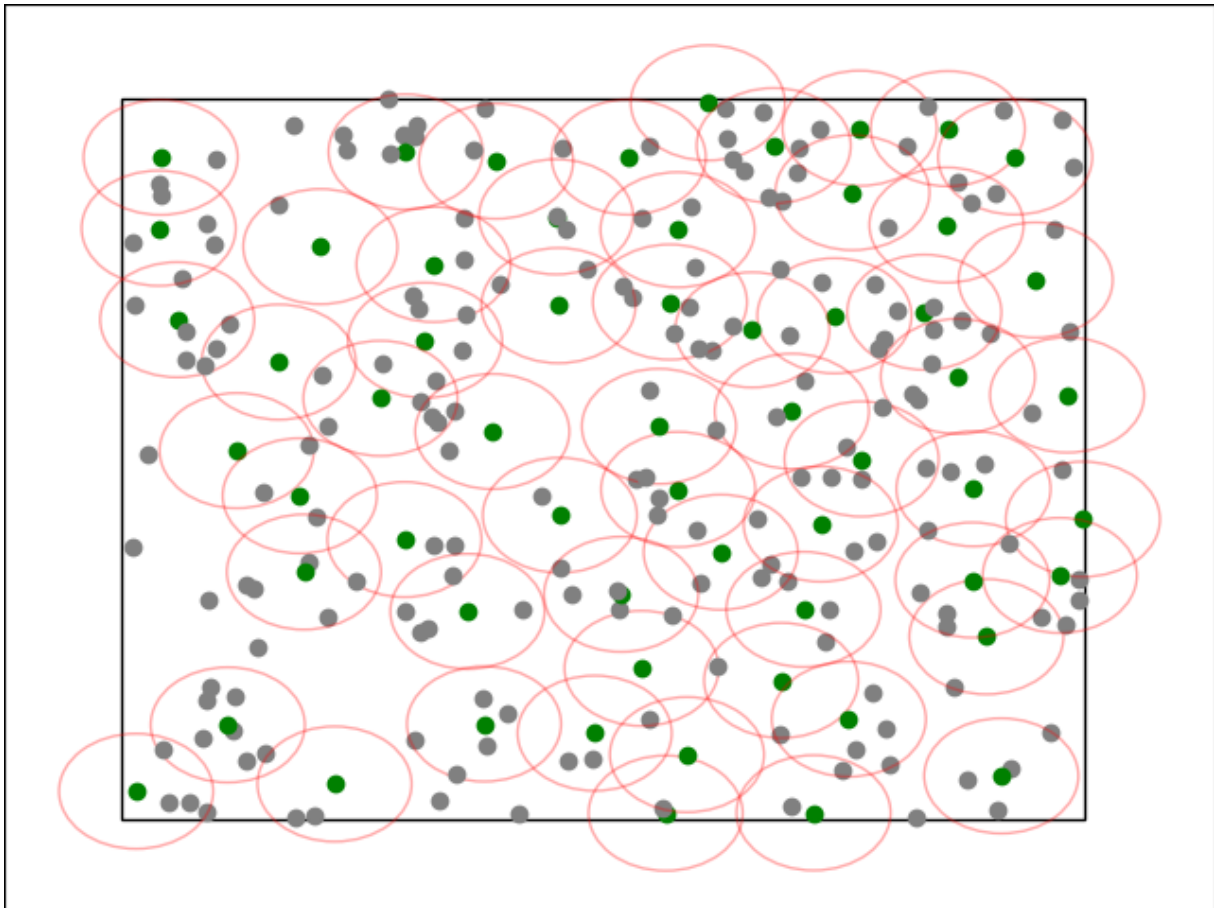
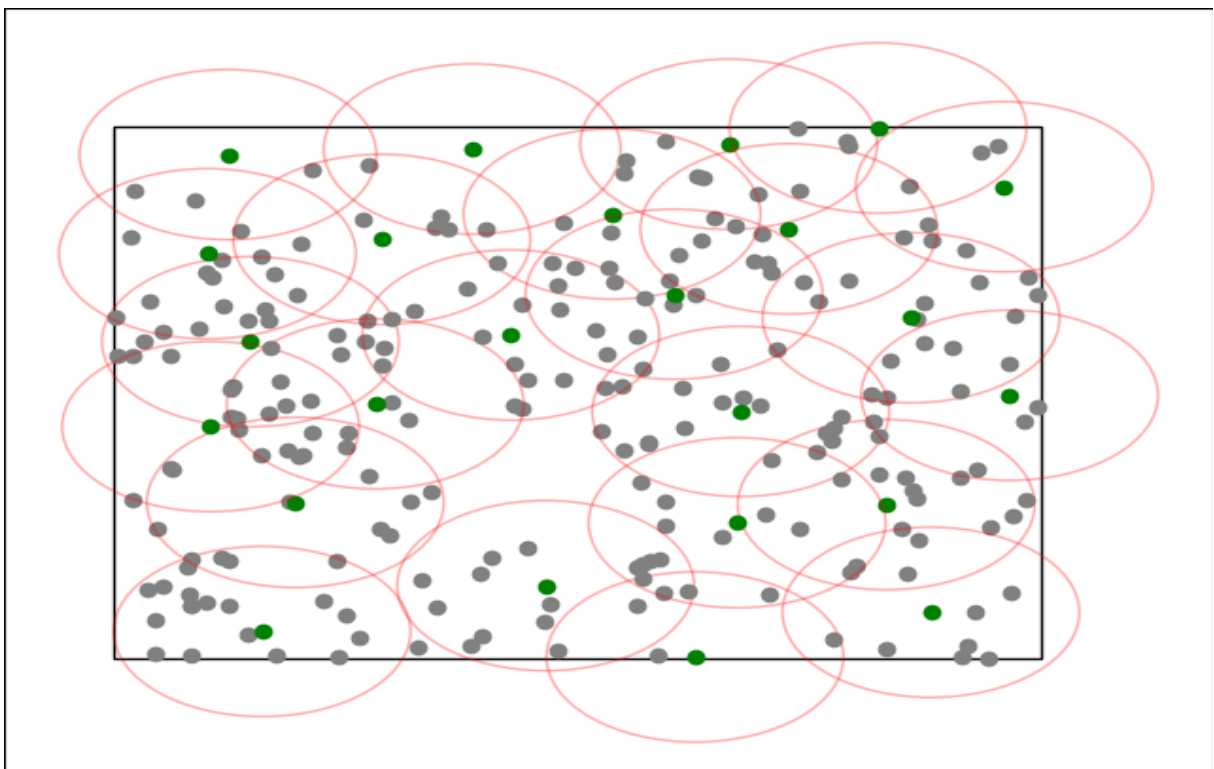
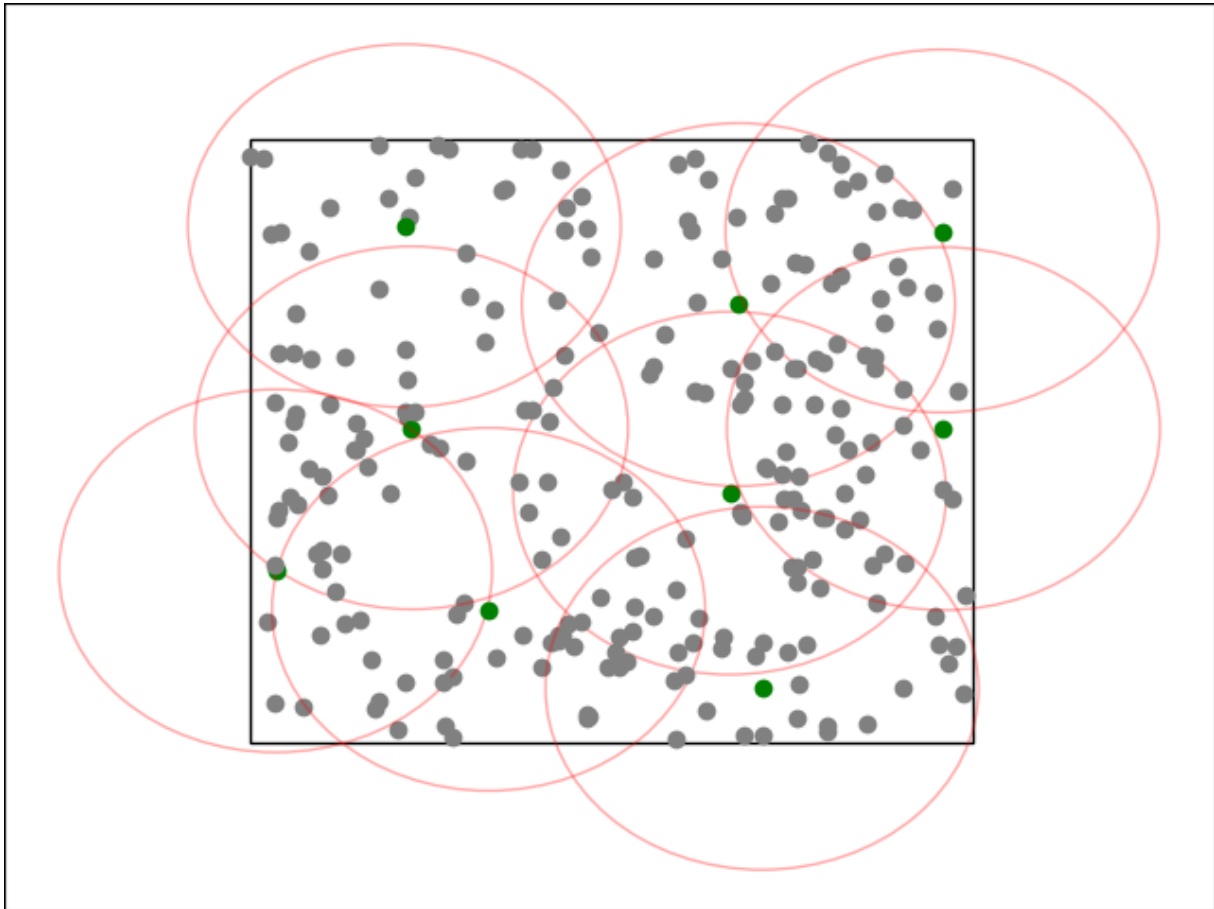


Figure 20: Rayon = 4 , nœuds actif=60

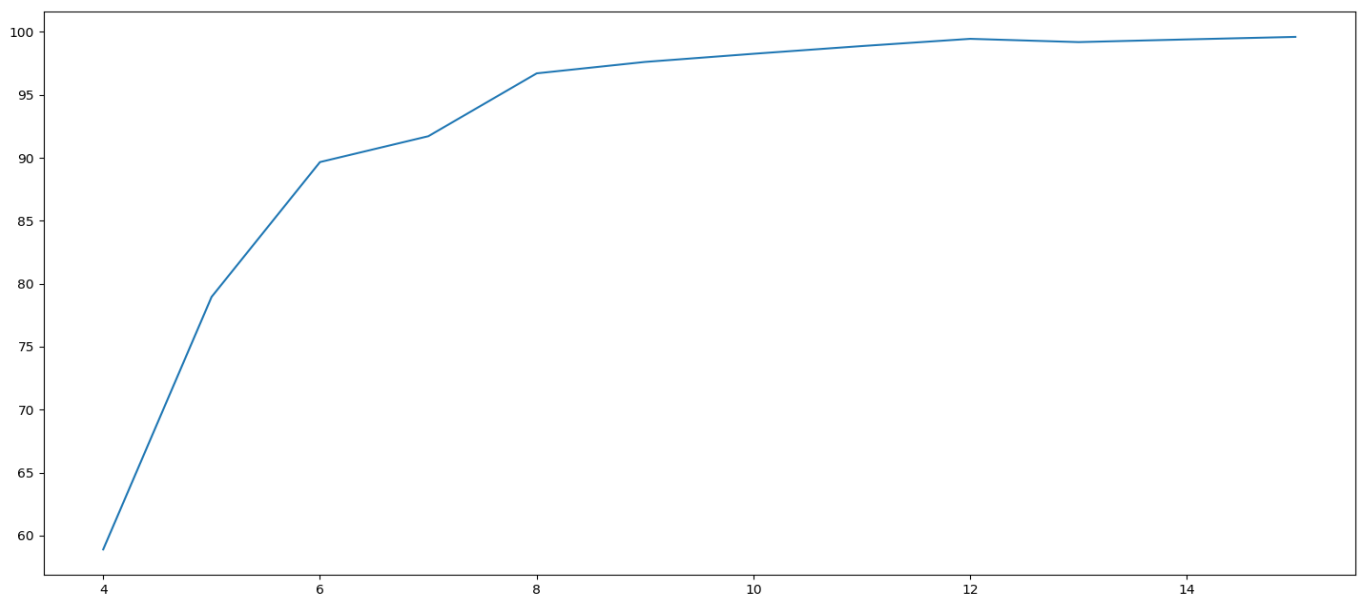


Error! Use the Home tab to apply Titre 1 to the text that you want to appear here. >  
Error! Use the Home tab to apply Titre 2 to the text that you want to appear here.

**Figure 21:** Rayon = 8 , nœuds actif=24



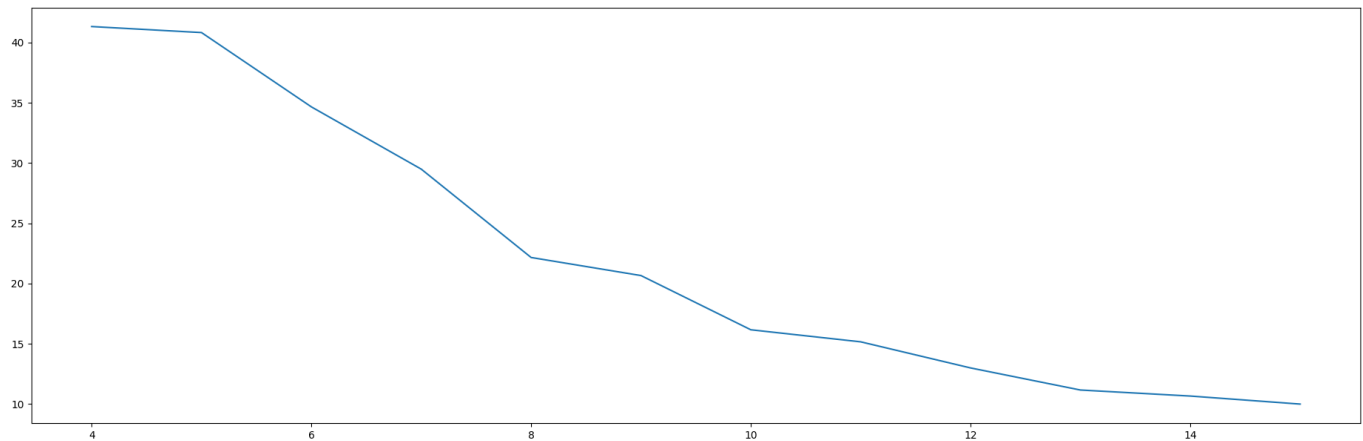
**Figure 22:** Rayon = 16, nœuds actif=9



**Figure 23:** Taux moyen de couverture en fonction du rayon

On remarque, plus le rayon augmente, plus le taux de couverture augmente, car avec un grand rayon, une plus grande surface est couverte.

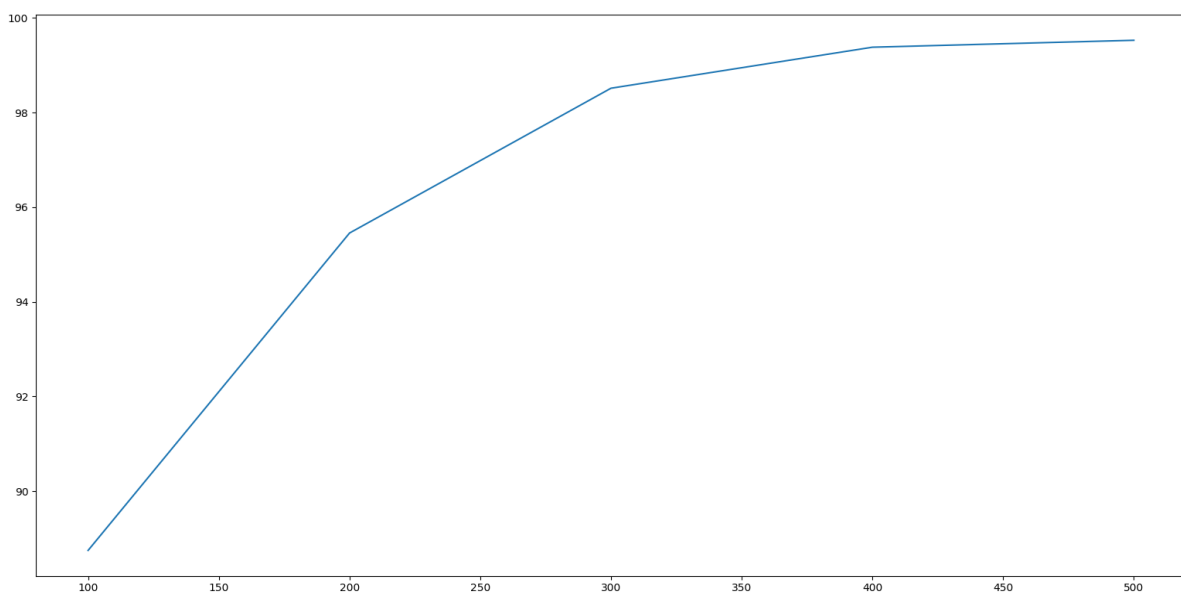
En outre, plus le rayon augmente, plus le nombre de capteurs utilisés pour couvrir la zone diminue



**Figure 24:** Cardinale moyenne de EDM en fonction du rayon

Cette figure confirme plus notre explication au résultat de figures 20 21 22, que plus le rayon de communication augmente, plus le nombre de nœuds rajoutés diminue, donc le nombre de capteurs utilisés pour couvrir la zone diminue.

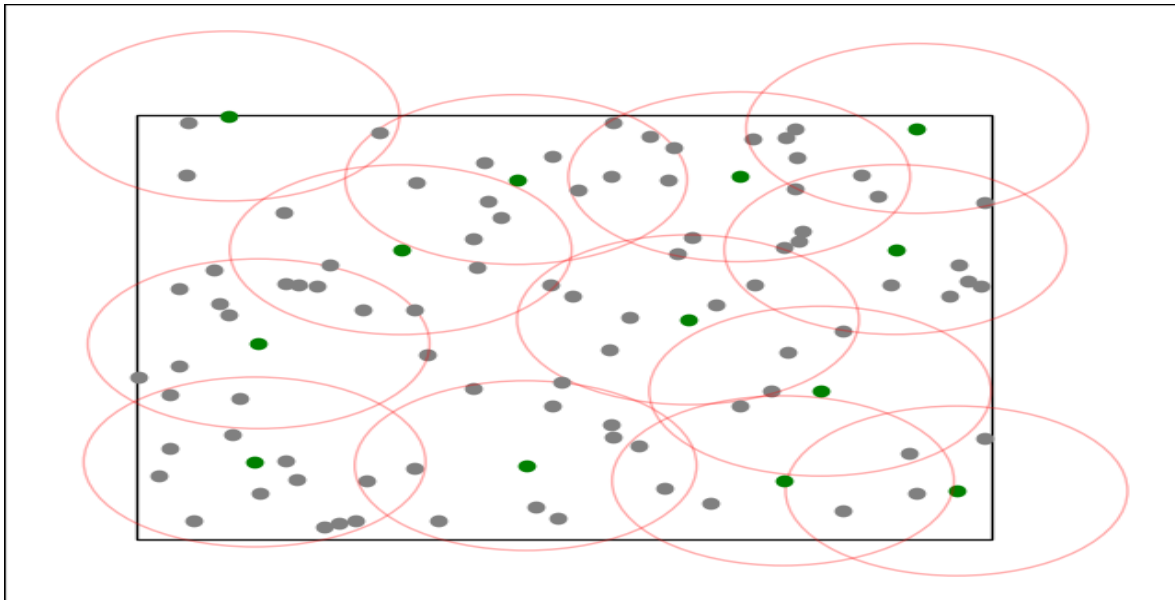
2-Pour bien comprendre l'impact de la densité du réseau sur le pourcentage de taux de couverture et taux de capteurs actifs, nous avons considéré plusieurs topologies du réseau. Chacune d'elle comprend 100, 200, 300, 400, 500 capteurs respectivement ayant le même rayon de communication  $R_c=10m$ .



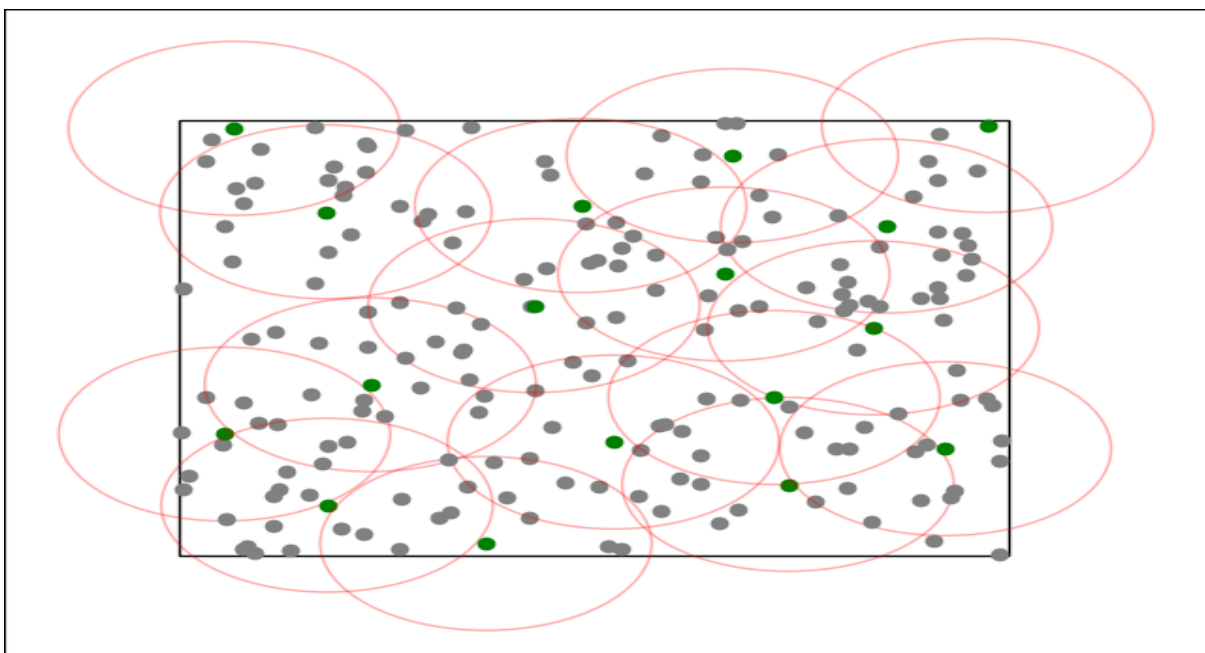
**Figure 25:** Taux moyen de couverture en fonction de la densité du réseau

On remarque, que le taux de couverture augmente proportionnellement au nombre des nœuds déployés. Par exemple dans un réseau de 100 capteurs, on trouve le taux moyen de couverture est <90%, et il passe à 99% quand le nombre de capteurs est 500.

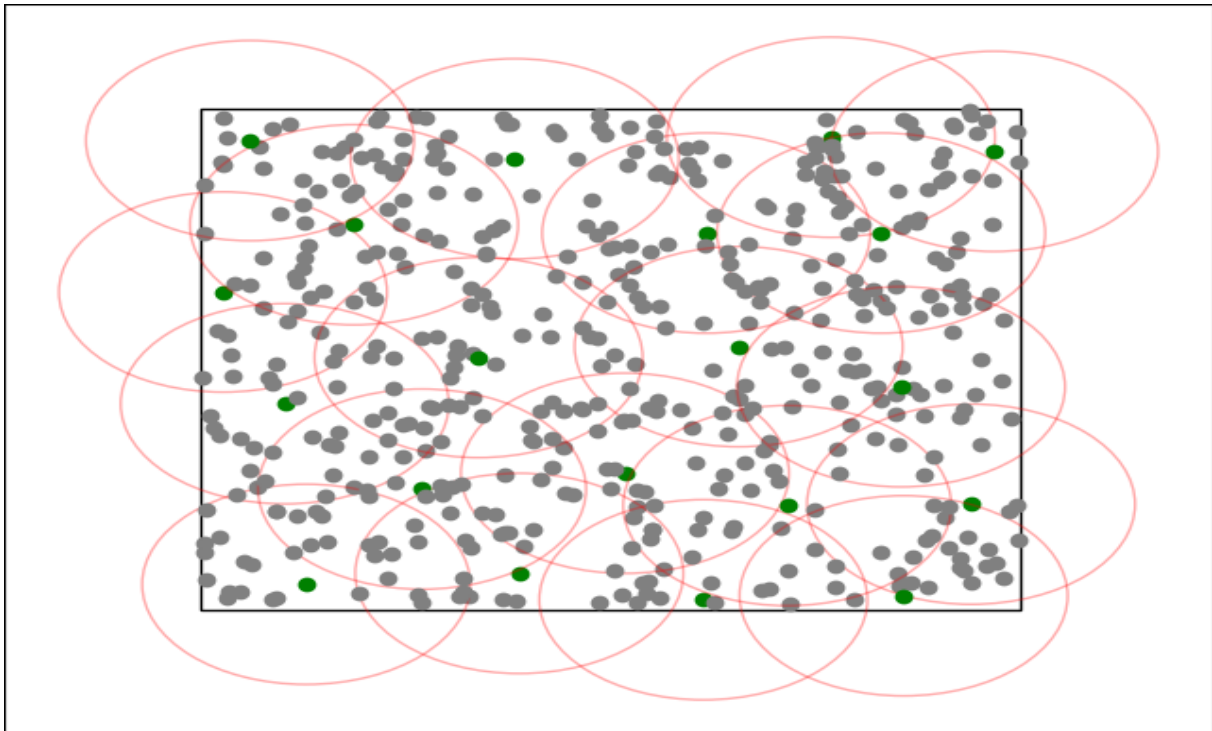
La raison en est que les distances entre les nœuds d'EDM de la 1ere phase diminuent lorsque le nombre de nœuds du réseau augmente, ceci implique que les trous de couverture diminuent.



**Figure 26:** Le nombre de capteurs est 100



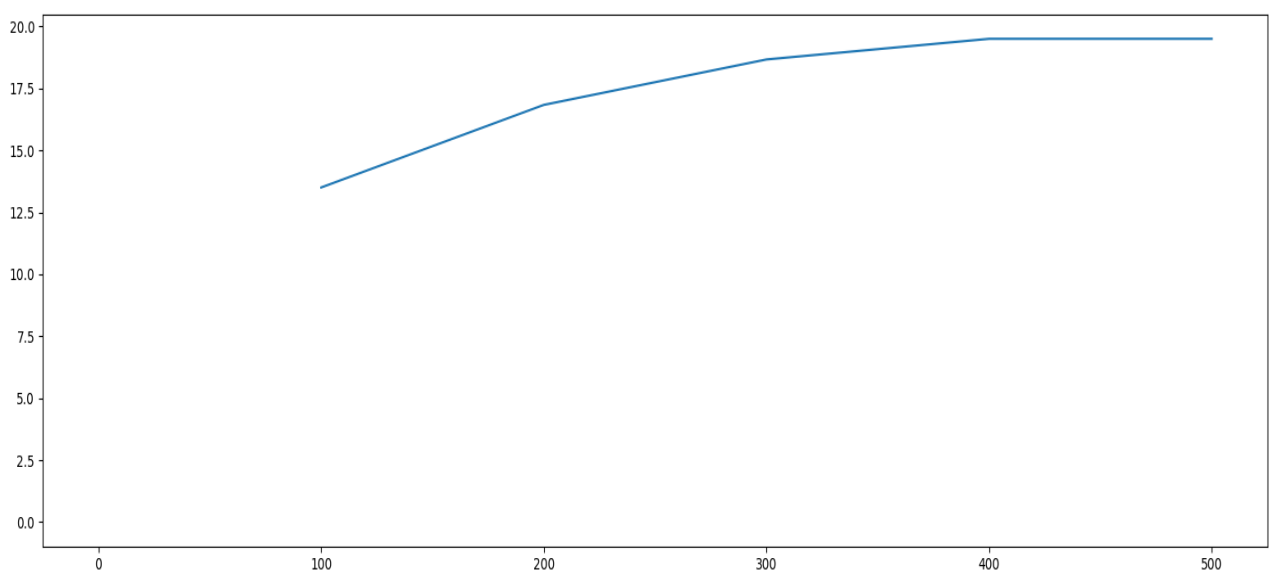
**Figure 27:** Le nombre de capteurs est 200



**Figure 28:** le nombre de capteurs est 500

La cause de diminution des distances entre les nœuds est due au fait qu'il y a plus de nœuds actifs dans le cas où le réseau est de plus grande taille. Ceci est confirmé par les figures 26 27 28 29.

Par exemple dans un réseau de 100 nœuds, on a le nombre moyen de nœuds actifs qui est de l'ordre de 13, et dans le cas le réseau de 500 nœuds le nombre moyen des nœuds actifs passent à 18 nœuds



**Figure 29:** Nombre moyen des nœuds actifs en fonction de la densité du réseau

## 9 - Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre, la solution proposée Protocole centralisé basé sur les ensembles dominants préserve la couverture dans les réseaux de capteurs sans fil, réduit le coût de la communication, augmente la durée de vie du réseau, évite les collisions, élimine le gaspillage d'énergie. Nous avons également démontré que notre solution est hautement acceptable par simulation et analyse des performances.

## **Conclusion générale**

Dans ce travail, notre objectif est d'étudier le problème de couverture dans les réseaux de capteurs sans fil, qui est une conséquence directe du déploiement dense et aléatoire des capteurs. Un tel type de déploiement engendre plusieurs problèmes, parmi lesquels on cite le gaspillage d'énergie qui dégrade considérablement la longévité du réseau. Afin d'éviter ce problème, nous avons étudié l'ordonnancement d'activité des capteurs. Il s'agissait de trouver une solution au problème de la construction d'ensembles couvrants. L'objectif de l'ordonnancement d'activité d'un point de vue énergétique, de réduire la redondance induite par un déploiement aléatoire qui permettra d'étendre la durée de vie globale du réseau considéré.

Nous avons présenté un protocole d'ordonnancement qui préserve la couverture dans les réseaux de capteurs. Il se base sur le concept des ensembles dominants de cardinalité minimale. Le protocole proposé a été validé par simulation, à travers laquelle nous avons montré qu'il produise une couverture quasi totale, en réduisant le nombre de nœuds actifs.

## Bibliographie

- [1] M.E.Khanouche. ‘ Le traitement de problème de la couverture dans les réseaux de capteurs sans fil ‘.Bejaia, Algérie, 2008.
- [2] ‘[http://tinyos.stanford.edu/tinyos-wiki/index.php /TinyOS\\_ Documentation\\_Wiki](http://tinyos.stanford.edu/tinyos-wiki/index.php/TinyOS_Documentation_Wiki)’ stanford universite wiki
- [3] ‘<http://www.tinyos.net/>’ official website of tinyos
- [4] S.KASSAB, M.OULARBI « Elaboration d’un protocole de routage efficace en énergie pour réseaux de capteurs sans fil », ESI, Algerie, 2010.
- [5] Ana-Belen Garcia-Hernando, José-Fernan Martinez –Ortega, Joan Manual Lopez-Navaro,Aggelki Prayti,Luis Redendo‘ Problem Solving For Wireless Sensor Network ‘ Springer ,Londre ,2008.
- [6] Yacine Challal ‘Réseaux de Capteurs Sans Fils ‘Bejaia, Algérie, 2008.
- [7] M. Lehsaini. « Diffusion et couverture basées sur le clustering dans les réseaux de capteurs : application à la domotique ». *Université de Franche-Comté, France, 2009.*
- [8] C. F. Huang, Y.C. Tseng. A survey of solutions to the coverage problems in wireless sensor networks. *Journal of Internet Technology, 2005.*
- [9] M. Cardei and J. Wu. Energy-efficient coverage problems in wireless ad hoc sensor networks. *Elsevier Computer Communications Journal, 2006.*
- [10] A. Gallais, J. Carle, D. Simplot-Ryl and I. Stojmenovic. Localized Sensor Area Coverage with Low Communication Overhead. In *IEEE transactions on mobile computing, 2008.*
- [11] B. Wang, C. Fu and H. B. Lim. Layered Diffusion-based Coverage Control in Wireless Sensor Networks. *Elsevier Computer Networks Journal , 2009.*
- [12] M. Cardei and D. Z. Du. Improving Wireless Sensor Network Lifetime through Power Aware Organization. *ACM Wireless Networks, 2005.*
- [13] M. Cardei, M. T. Thai, Y. Li and W. Wu. Energy-Efficient Target Coverage in Wireless Sensor Networks. In *24thAnnual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, 3: 1976-1984, 2005.*
- [14] S. Yang, F. Dai, M. Cardei and J. Wu. On Multiple Point Coverage in Wireless Sensor Networks. In *Proceedings of the 2nd IEEE Intern Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems, 2005.*

- [15] M. X. Cheng, L. Ruan and W. Wu. Achieving Minimum Coverage Breach under Bandwidth Constraints in Wireless Sensor Networks. In proceedings of the 24th conference of the IEEE Communications Society, 2005.
- [16] A. Chen, S. Kumar, T. H. Lai. Designing localized algorithms for barrier coverage. In Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Mobile computing and networking, 2007.
- [17]:L.Yen,C.W.YuandY.Cheng.Expectedk-coverageinwirelessnetworks. ElsevierAdHocNetworksJournal,4(5):636-650,2006.
- [18] Dr. Bang Wang. « Coverage Control in Sensor Networks », *Springer, London Dordrecht Heidelberg New York.2010*
- [19] Nor Azlina Ab. Aziz, Kamarulzaman Ab. Aziz, Wan Zakiah Wan Ismail. «Coverage Strategies for Wireless Sensor Networks ». *Multimedia University, Jalan, Malaysia, 2009.*
- [20] M.Ilyas, I.Mahgoub « Handbook of sensor networks: compact wireless and wired sensing systems », *CRC PRESS, Boca Raton London New York Washington, D.C, 2004.*
- [21] J. Carle, A.Gallais and D.Simplot-Ryl, Preserving area coverage in wireless sensor networks by using surface coverage relay dominating sets. In Proceedings of 10th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC'2005), 2005.