

*République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique*

*Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou
Faculté de Génie Electrique & d'Informatique
Département d'Informatique*



MEMOIRE

*En vue de l'obtention du Diplôme de Master2 en informatique
Spécialité: Systèmes Informatiques*

Thème

*La fusion d'information dans un
réseau de capteurs sans fils*

Dirigé et proposé par :

Mr LALAM Mostapha

Réalisé par :

M^{lle} BENYOUCEF Souhila

M^{lle} INGRACHEN Rachida

Promotion 2010/2011

Remerciements

Nos remerciements vont en premier lieu à Monsieur LALAM Mostapha d'avoir accepté de diriger ce travail et pour ses qualités d'encadrement.

Nous tenons également à remercier les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail.

Enfin tous ceux qui nous ont encouragé, aidé et contribué à la réalisation de ce projet.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui me sont les plus chers au monde; ma mère et mon père à qui je dois mon existence et mes succès

Que Dieu le tout puissant les protège,

A mes frères et sœurs,

Mes neveux et Mes nièces,

A tous mes amis(e),

A ma chère amie et binôme, avec laquelle j'ai eu le plaisir de partager ce travail

Souhila

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à la pensée de mon père, à la personne la plus chère au monde; ma mère que Dieu le tout puissant la protège.

À mes frères et sœurs

À tous mes amis(e)

À ma chère amie et binôme, avec laquelle j'ai eu le plaisir de partager ce travail

Rachida



Table des matières

Table des matières

Introduction Générale	1
Chapitre I : Généralités sur les réseaux de capteurs	
I.1.Introduction	3
I.2.Définition d'un capteur	3
I.3.Définition d'un WSN	4
I.4.Domains d'application des réseaux de capteurs	5
I.5.Définition de la fusion de l'information	5
I.5.1. Historique	5
I.5.2 Définition	8
I.6.Limitations d'utilisation des WSNs	8
I.7.Limitations de la fusion d'information	9
I.8.Conclusion.....	9
Chapitre II : Classification de la fusion d'information	
II.1.introduction.....	10
II.2.Classification de la fusion d'information	10
II.3. Classification basé sur la relation entre les sources	10
II.4. Classification basé sur des niveaux d'abstraction	11
II.5. Classification basé sur l'entrée et la sortie	12
II.6. Conclusion.....	13
Chapitre III : méthodes de la fusion d'information	
III.1.introduction.....	14
III.2.Méthodes et algorithmes pour la fusion d'information	14
III.2.1. Inférence	14
III.2.1.1. Inférence Bayésienne	14
III.2.1.2. Inférence De Dempster-Shafer	14
III.2.1.3. Logique floue.....	16
III.2.1.4. Réseaux Neurologiques	16
III.2.1.5. Raisonnement D'Abduction	17
III.2.1.6. Fusion Sémantique de l'information	17

Table des matières

III.2.2. Méthodes	17
III.2.2.1. Maximum de vraisemblance (Maximum Likelihood) (ML)	18
III.2.2.2. Maximum A posteriori (MAP)	18
III.2.2.3. Méthodes des moindres carrés	19
III.2.2.4. Filtre Moyen et Mobile	19
III.2.2.5. Filtre De Kalman.....	20
III.2.2.6. Filtre de Particules	22
III.2.3. Capteur Abstrait et Fiables	22
III.2.3.1. Défaut de tolérance moyenne	23
III.2.3.2. La fonction de Défaut de tolérance d'intervalle.....	24
III.2.4. Agrégation	25
III.3. conclusion.....	25

Chapitre IV : modèles pour la fusion d'information

IV.1. introduction.....	26
IV.2. Architectures et modèles	26
IV.2.1. Modèles Basés Information	26
IV.2.1.1. Modèle de JDL et ses dérivés	26
IV.2.1.2. Modèle de Dasarathy	28
IV.2.1.3. Quelques remarques sur les modèles basés information	29
IV.2.2. Modèles basés activités	29
IV.2.2.1. OODA modèles (Architecture cyclique)	29
IV.2.2.2. Cycle d'intelligence	30
IV.2.2.3. Modèle Omnibus	30
IV.2.2.4. Quelques remarques sur les modèles basés Activités	31
IV.2.3. Modèles basés rôle	32
IV.2.3.1. Modèle Orienté Objet	32
IV.2.3.2. Architecture de Frankel-Bedworth	33
IV.2.3.3. Quelques remarques sur les modèles Basés Rôles	34
IV.3. conclusion.....	35

Chapitre V : Fusion de l'information et communication de données

V.1. introduction.....	36
V.2. Fusion de l'information et communication de données	36
V.2.1. Paradigmes de l'Informatique répartie	36
V.2.1.1. Agrégation dans le réseau	36
V.2.1.2. Client-Serveur	37
V.2.1.3. Réseaux Actifs	37
V.2.1.4. Agents Mobiles	38

Table des matières

V.2.2. La fusion d'information et protocoles de communication de données	38
V.2.2.1. Fusion de l'information comme rôle de support	38
V.2.2.2. Fusion de l'information comme principal rôle	38
V.3. conclusion.....	39
Chapitre VI : la réalisation	
VI.1. introduction.....	40
VI.2. Présentation de TinyOs	40
VI.2.1. Pourquoi TinyOS.....	40
VI.2.2. Notions principales	41
VI.3. Présentation de NesC	41
VI.4. Présentation de TOSSIM.....	41
VI.5. Présentation de TinyViz	42
VI.6. implémentation.....	42
VI.7. Conclusion	44
Conclusion générale.....	45
Bibliographie.....	46
Annexe.....	50
Annexe A.....	50
Annexe B.....	54
Annexe C.....	56

Table des matières



Liste des figures

Chapitre I :

Figure 1 : composants d'un nœud.....02
 Figure 2 : Exemple de réseau de capteurs.....03
 Figure 3 : La relation entre le terme de la fusion.....06

Chapitre II :

Figure 4: Les types de fusion de l'information basés sur la relation entre les sources.....09

Chapitre III :

Figure 5. Schéma fonctionnel du filtre de Kalman.....19
 Figure 6. Exemple d'algorithme Défaut de tolérance moyenne.....22
 Figure 7. Exemple de la fonction de défaut de tolérance d'intervalle.....23

Chapitre IV :

Figure 8. Extension Le modèle de JDL.....25
 Figure 9 : Le modèle de Dasarathy.....27
 Figure 10: Le Cycle D'Intelligence.....29
 Figure 11 : Modèle d'omnibus30
 Figure 12: Le modèle Orienté Objet pour la fusion de l'information.....31
 Figure 13 :L'architecture de Frankel-Bedworth32

Chapitre VI :

Figure 14 : détection du nœud puits.....42
 Figure 15 : sélection de cluster head.....43
 Figure 16 : envoi de message par le CH.....43

Liste des acronymes

Liste des Acronymes

acronymes	signification	acronymes	signification
ATR	Automatic Target Recognition	FTI	Fault-Tolerant Interval
ADC	Analog to Digital Converter	GPS	Global Positioning System
BPA	Basic Probability Assignment	JDL	Joint Directors of Laboratories Data Fusion Working Group
CDMA	Code Division Multiple Access	MAC	Medium Access Control
DAI-DAO	Data In–Data Out	MAP	Maximum A Posteriori
DAI-FEO	Data In Feature Out	OODA	Observe, Orient, Decide, Act
DFD	Data-Feature-Decision	PDF	Probability Density Function
DSP	Digital Signal Processing		
DOS	Denial of Service	SMC	Sequential Monte Carlo
EWMA	Exponentially Weighted Moving Average	UKF	Unscented Kalman Filter
FEI-FEO	Feature In–Feature Out	WSN	Wireless Sensor Network
FEI-DEO	Feature In–Decision Out		

Introduction générale

Introduction générales

Depuis quelques décennies, le besoin d'observer et de contrôler des phénomènes physiques tels que la température, la pression ou encore la luminosité est essentiel pour de nombreuses applications industrielles et scientifiques.

Les avancées récentes dans le domaine de communication sans fil ont permis le développement des micro-composants qui intègrent des dispositifs de captages et de communication sans fil dans un seul circuit, à dimension réduite, et avec un coût raisonnable. Ces composants, communément appelés micro-capteurs, ont favorisé l'idée de développer les réseaux de capteurs basés sur l'effort collaboratif d'un grand nombre de nœuds opérant d'une façon autonome et communiquant entre eux via des transmissions à courte portée.

Le rôle principal d'un réseau de capteurs est de collecter des informations dignes d'intérêts, soit pour prendre une décision soit pour les envoyer à l'utilisateur final. La fusion de données dans les réseaux de capteurs consiste essentiellement à confronter et intégrer des informations multiples provenant de plusieurs capteurs, pour former une seule information globale. Par exemple, trouver la moyenne de plusieurs mesures (température, humidité, etc) prises à différents endroits par les capteurs.

Cependant, le domaine de réseaux de capteurs soulève d'importantes problématiques de recherche en termes d'organisation, de communication, de gestion, d'exploitation des données récoltées, etc. La fusion de l'information est un sujet relativement ancien qui trouve ses origines à partir du moment où les chercheurs ont fait leurs premières tentatives d'imitation de l'intelligence humaine. Les travaux présentés dans ce projet s'inscrivent dans ce cadre là

Pour mener à bien notre travail, nous l'avons organisé en six chapitres selon un plan méthodologique suivant :

Dans le premier chapitre nous verrons les concepts généraux aux domaines des réseaux de capteurs sans fils. Dans le deuxième chapitre nous allons voir les différentes classes de la fusion d'information. Après nous ferons une étude de quelques méthodes et algorithmes utilisés dans le troisième chapitre. Puis nous entamerons une description des modèles et la relation entre la fusion de l'information et la communication des données dans le quatrième et cinquième chapitre respectivement et on finira par la partie réalisation qui comporte la

Introduction générales

représentation de l'environnement de développement, les outils utilisés, quelques interfaces de notre application.



Chapitre I

I.1. Introduction :

Les réseaux de capteur sans fil produisent une grande quantité de données qui doivent être traitées, livrées, et évaluées selon les objectifs d'application. La manière que ces données sont manipulées par les nœuds de capteur est une question fondamentale. La fusion de l'information apparaît comme réponse aux données de processus recueillies par des nœuds de capteur et bénéficie de leurs possibilités de traitement. En exploitant la synergie (fusion) des données disponibles, les techniques de fusion d'information peuvent réduire la quantité de circulation de données, filtrer les mesures bruyantes, et font des prévisions et inférences au sujet d'une entité surveillée.

Dans ce travail, nous examinons la situation courante de la fusion d'information en présentant les méthodes, les algorithmes, les architectures, et les modèles connus de la fusion de l'information, et discuter leur applicabilité dans le contexte des réseaux de capteur sans fil.

I.2. Définition d'un capteur :

Un capteur est un élément qui effectue trois tâches principales : il prélève des données sur le terrain, il effectue si nécessaire un traitement de données et enfin il communique avec les autres nœuds. Pour remplir ces fonctions, un nœud possède 4 composants de base [AJC02] :

- Une batterie
- Un élément de détection et de prélèvement
- Un processeur et une unité de stockage
- Un élément de communication

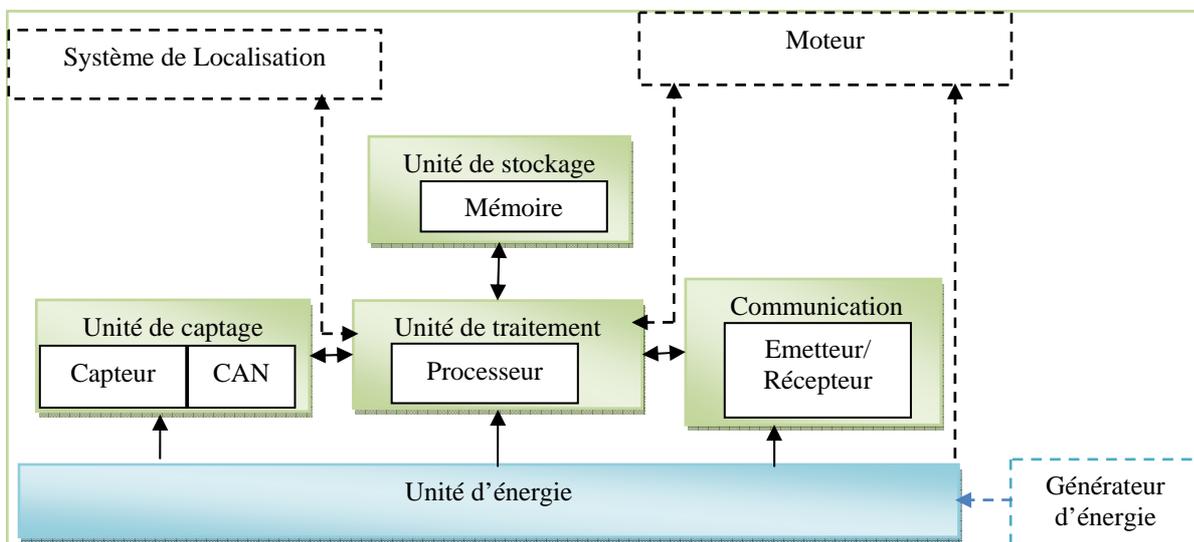


Figure 1 : composants d'un nœud

Des composants additionnels peuvent être ajoutés selon les applications du réseau, par exemple un générateur d'énergie ou un élément moteur lui permettant de se déplacer. Tous ces éléments (principaux et ceux qui sont optionnels) sont visibles sur la figure 1 qui schématise un capteur.

I.3. Définition d'un WSN :

Les réseaux de capteurs sans fil (WSNs) sont un type particulier de réseau Ad-hoc [PKA02], dans lesquels les nœuds sont des capteurs. Ils se composent généralement d'un grand nombre de capteurs communiquant entre eux via des liens radio pour le partage d'information et le traitement coopératif. Dans ce type de réseau, les capteurs échangent des informations, par exemple sur l'environnement, pour construire une vue globale de la région contrôlée, qui est rendue accessible à l'utilisateur externe par un ou plusieurs nœud(s). Les données collectées par ces capteurs sont acheminées directement ou via les autres capteurs de proche en proche à un « point de collecte », appelé puits (SINK en anglais ou station de base). Cette dernière peut être connectée à une machine puissante via internet ou par satellite. En outre, l'utilisateur peut adresser ses requêtes aux capteurs en précisant l'information d'intérêt.

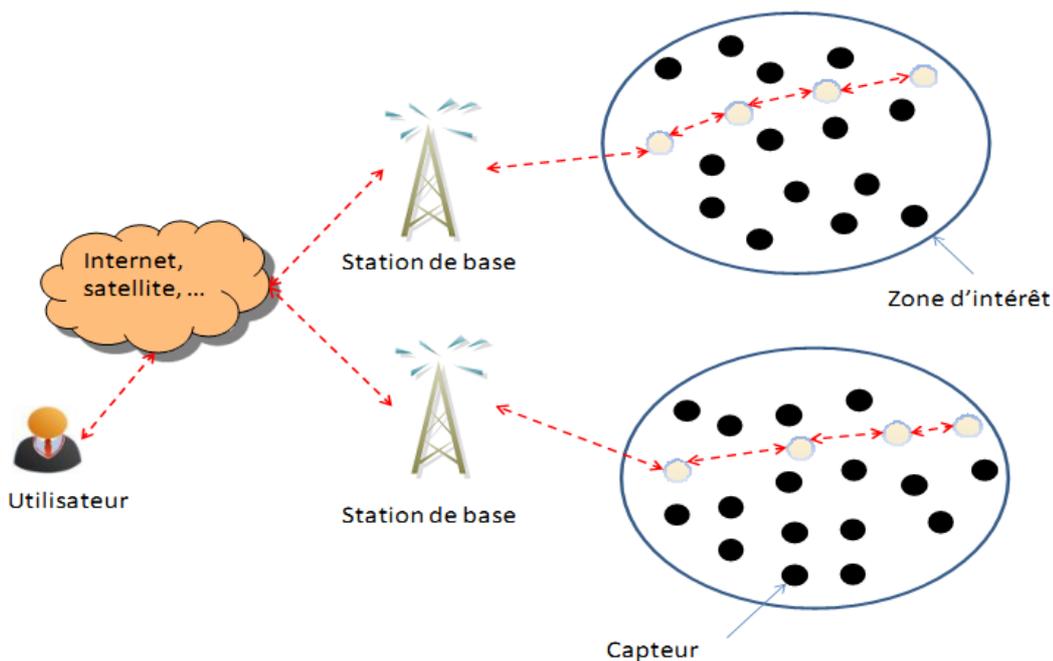


Figure 2 : Exemple de réseau de capteurs

Un exemple de réseaux de capteurs est fourni dans la Figure 2 : les capteurs sont déployés d'une manière aléatoire dans une zone d'intérêt, et une station de base située à l'extrémité de cette zone qui est chargée de récupérer les données collectées par les capteurs. Lorsqu'un capteur détecte un événement pertinent, un message d'alerte est envoyé à la station de base par le biais d'une communication entre les capteurs.

Une question fondamentale dans WSNs est la manière que les données rassemblées sont traitées. Dans ce contexte, la fusion de l'information apparaît comme discipline qui est concernée

par la façon dont des données recueillies par des capteurs peuvent être traitées pour augmenter la pertinence d'une telle masse de données.

I.4. Domaines d'application des réseaux de capteurs :

La miniaturisation des capteurs, le coût de plus en plus faible, la large gamme des types de capteurs disponibles ainsi que le support de communication sans fil utilisé, permettent aux réseaux de capteurs de se développer dans plusieurs domaines d'application. Ils permettent aussi d'étendre les applications existantes. Les réseaux de capteurs peuvent se révéler très utiles dans de nombreuses applications lorsqu'il s'agit de collecter et de traiter des informations provenant de l'environnement. Parmi les domaines où ces réseaux peuvent offrir les meilleures contributions, nous citons les domaines : militaire, surveillance, environnemental, médical, domestique, commercial, etc.

I.5. Définition de la fusion de l'information :

I.5.1. Historique :

Beaucoup de définitions de fusion de données ont été fournis au cours des années, la plupart d'entre elles a dérivé des champs de télédétection militaire.

- En 1991, le groupe de travail de fusion de données des directeurs communs des laboratoires JDL (Joint directors of laboratories) a organisé un effort de définir un lexique. Avec un certain mandat pour la fusion de données. Ils définissent la fusion de données comme "processus traitant la détection automatique, association, corrélation, évaluation, et combinaison à multi niveaux et à plusieurs côtés des données et de l'information des sources multiples." [UDD06]
- Klein(1993) généralise cette définition, déclarant que des données peuvent être fournies par une source simple ou par des sources multiples. Les deux définitions sont générales et peuvent être appliquées dans différents champs, y compris la télédétection. Bien qu'ils suggèrent la combinaison des données sans indiquer son importance ni son objectif, le modèle de fusion de données de JDL a été fourni par le département des Etats-Unis des affaires de la défense dans le but d'améliorer la qualité. [KLE03]
- En 1997, Hall et Llinas définissent la fusion de données comme combinaison des données fournies par plusieurs capteurs, et l'information fournie par les bases de données associées. Ici, la fusion de données est exécutée avec un objectif : amélioration d'exactitude.[HAL04] Cependant cette définition est limitée aux données fournies par des capteurs ; elle ne prévoit pas l'utilisation des données d'une source simple.
- Réclamant que toutes les définitions précédentes sont concentrées sur des méthodes, moyens, et des capteurs, Wald(1999) change cette définition employée pour fusionner les données. Il reste à dire que la fusion des données est un cadre formel dans lequel sont exprimés les moyens et les outils pour l'alliance des données provenant de différentes sources. Elle vise à obtenir l'information de qualité ; la définition exacte de la qualité dépendra de l'application. En outre, Wald considère des données prises de la même source à différents instants comme des sources distinctes. Le mot qualité est un terme vague intentionnellement adoptée pour dénoter que les données fusionnées sont d'une façon plus appropriées à l'application que les données originales.

Chapitre I : Généralités

En particulier pour WSNs, des données peuvent être fusionnées avec au moins deux objectifs : amélioration d'exactitude et économie d'énergie.[WAL01]

Bien que la définition et la terminologie de Wald soient bien acceptées par la Géoscience et Société de télédétection, et officiellement adopté par le serveur de fusion de données, la fusion de Multi capteurs a été employée avec la même signification par d'autres auteurs, comme Hall, et Waltz et Llinas.

L'intégration de Multi capteurs est un autre terme utilisé dans la vision de robotique/machine et automatisation industrielle.

- Selon Luo et al. L'intégration de Multi capteurs est l'utilisation synergique d'information fournie par les dispositifs de capteurs multiples à l'aide d'accomplissement d'une tâche par un système ; et la fusion de Multi capteurs traite la combinaison de différentes sources d'information fournies par le capteur dans un format de représentation pendant n'importe quelle étape dans le procédé d'intégration.[LAK05]

L'intégration de Multi capteurs est un terme plus large que la fusion de Multi capteurs. Elle rend explicite comment les données fusionnées sont employées par le système entier pour agir l'un sur l'autre avec l'environnement.

Cependant, il pourrait suggérer que seulement des données fournies par les capteurs soient employées dans les processus de fusion et d'intégration.

- Cette confusion de termes est accentuée par Dasarathy qui a adopté le terme de fusion de l'information. Elle englobe la théorie, techniques et outils créés et appliqués à l'exploitation de la synergie dans l'information acquise par plusieurs sources (capteurs, bases de données, information recueillie par des humains, etc.) de telle manière que la décision ou l'action résultante soit dans un certain sens mieux que possible si une quelconque de ces sources était employée individuellement sans une telle exploitation de synergie. Probablement, c'est la plus large définition englobant n'importe quel type de source, la connaissance, et la ressource utilisée pour fusionner différentes informations. [DAZ01]

La définition de la fusion d'information de Dasarathy est également adoptée par la société internationale de la fusion de l'information. Kokar et al emploient également ce terme dans un cadre de théorie formelle de logique et de catégorie où les structures représentent la signification d'information, des théories et des modèles sont fusionnées réellement, alors que les données sont justes traitées et filtrées par de telles structures.

Le terme de L'agrégation de données est devenu populaire dans la communauté réseau de capteurs sans fil comme synonyme pour la fusion de l'information.

- Selon Cohen et al[CON01], l'agrégation de données comporte la collection des données brutes des points d'émission de données dominants, la composition programmable des données brutes en données agrégées moins volumineuse, et la livraison opportune de données agrégées au nœud agrégateur. En employant l'agrégation des données, l'amélioration d'exactitude est suggérée. Cependant,

- comme la définition de van Renesse, l'agrégation est la capacité de récapituler, ce qui signifie que la quantité de données est réduite. Par exemple, au moyen de la fonction de récapitulation, le volume de données étant manipulées est réduit. Cependant, pour les applications qui exigent des mesures originelles et précises, une telle récapitulation peut représenter une perte d'exactitude. En fait, bien que beaucoup d'applications puissent être intéressées seulement dans des données

récapitulées, nous ne pouvons pas toujours affirmer si les données récapitulées sont plus précises que l'originel de l'ensemble de données. Pour cette raison, l'utilisation de l'agrégation de données comme terme globale devrait être évitée parce qu'elle se réfère également à un exemple de fusion de l'information : **récapitulation**. [VAR03]

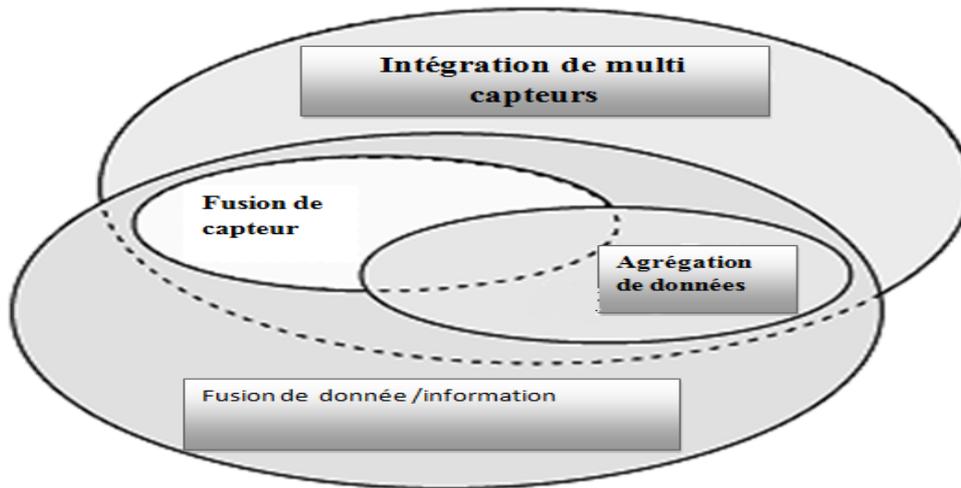


Figure 3 : La relation entre le terme de la fusion : fusion de multi capteurs/capteur, intégration de multi capteurs, agrégation de données, fusion de données, et fusion de l'information.

La figure 3 représente La relation entre les concepts de la fusion de multi capteurs/capteur, de l'intégration de multi capteurs, de l'agrégation de données, de la fusion de données, et de la fusion de l'information. Ici, nous avons appris que les deux termes, fusion de données et fusion de l'information, peuvent être employés avec la même signification. La fusion de multi capteurs/capteur est le sous-ensemble qui fonctionne avec des données fournies par les capteurs. L'agrégation de données définit un autre sous-ensemble de fusion de l'information qui vise à réduire le volume de données, qui peut manipuler n'importe quel type de donnée/information, y compris des données fournies par les capteurs. D'autre part, l'intégration de multi capteurs est un terme légèrement différent dans le sens qu'elle applique la fusion de l'information pour faire des inférences en utilisant les dispositifs de capteurs et l'information associée pour agir l'un sur l'autre avec l'environnement. Ainsi, la fusion de multi capteurs/capteur est entièrement contenue dans l'intersection de l'intégration de multi capteurs et de la fusion d'information/donnée.

Ici, nous avons choisi d'employer la fusion de l'information comme terme globale de sorte que la fusion de capteur et de multi capteurs puisse être considérée comme sous-ensemble de fusion de l'information qui manipule des données acquises par les dispositifs de capteur. Cependant, pendant que la fusion de données est également acceptée comme terme globale, nous renforçons la recommandation d'Elmenreich, qui déclare que la fusion des données devrait explicitement désigner sous le nom de la fusion de données brutes ou du bas niveau de fusion de données pour éviter la confusion avec le terme de fusion de données employé par la Géoscience et société de télédétection.

I.5.2. Définition :

D'après les différentes définitions, la fusion d'information peut être définie comme combinaison de sources multiples pour obtenir une grande amélioration de l'information. La fusion de l'information est généralement employée dans des tâches de détection et de classification dans différents domaines d'application, telle que la robotique et les applications militaires. Récemment, ces mécanismes ont été employés dans de nouvelles applications comme détection d'intrusion et détection du déni du service (DOS). [ELW02]

I.6. Limitations d'utilisation des WSNs :

WSNs sont prévus pour être déployés dans les environnements où les capteurs peuvent être exposés aux conditions hostiles. De telles conditions incluent des variations fortes de la température et de pression, bruit électromagnétique, et rayonnement.

Par conséquent, les mesures des capteurs peuvent être imprécises ou même inutiles dans de telles conditions. Même lorsque les conditions environnementales sont idéales, les capteurs peuvent ne pas fournir des mesures parfaites. Essentiellement, un capteur est un dispositif de mesure, et une valeur d'imprécision est habituellement associée à son observation. Une telle imprécision représente les imperfections de la technologie et les méthodes employées pour mesurer un phénomène ou une propriété physique.

Les échecs ne sont pas une exception dans WSNs. Les nœuds de capteur peuvent être détruits par le feu, les animaux, ou même les êtres humains; ils pourraient présenter des problèmes de fabrication, et ils pourraient arrêter de travailler dû à un manque d'énergie.

Les deux couvertures spatiale et temporelle posent également des limitations aux WSNs. Les possibilités d'observation d'un nœud sont limitées à une région limitée.

- La couverture spatiale dans WSNs a été explorée dans différents fonctionnement, tels que le routage de données, établissement du comportement de nœud, et placement de capteur.

- La couverture temporelle peut être comprise comme capacité à la réalisation de but du réseau pendant sa vie.

Pour surmonter des échecs de capteur, des limitations spatiaux, technologiques, et des problèmes temporels, trois propriétés doivent être assurées : coopération, redondance, et complémentarité. Habituellement,

✓ une région d'intérêt peut seulement être entièrement couverte par l'utilisation de plusieurs nœuds de capteur, chacun qui coopère avec une vue partielle de la région; la fusion de l'information peut être employée pour composer la vue complète des morceaux fournis par chaque nœud.

✓ La redondance rend le WSN moins vulnérable à l'échec d'un nœud simple, et des mesures de recouvrement peuvent être fusionnées pour obtenir des données plus précises.

✓ La complémentarité peut être réalisée par l'utilisation des capteurs qui perçoivent différentes propriétés de l'environnement; la fusion de l'information peut être employée pour combiner les données complémentaires ainsi les données résultantes permettent les inférences qui pourraient être non possibles pour être obtenues des différentes mesures

En raison des propriétés de redondance et de coopération, WSNs se composent souvent de grand nombre de nœuds de capteur sposant un défi d'extensibilité provoqué par des collisions potentielles et transmissions des données redondantes. Concernant les restrictions d'énergie, la

communication devrait être réduite pour augmenter la vie des nœuds de capteur. Ainsi, la fusion de l'information est également importante pour réduire toute communication chargée dans le réseau, en évitant la transmission des messages redondants. En outre, n'importe quelle tâche dans le réseau qui manipule des signaux ou doit faire des inférences peut potentiellement employer la fusion de l'information.

I.7. Limitations de la fusion d'information :

La fusion de l'information devrait être considérée comme une étape critique en concevant un réseau de capteurs sans fil. La raison est que la fusion de l'information peut être employée pour prolonger la vie de réseau et est généralement employée pour réaliser les objectifs de l'application, tels que :

- le routage de données,
- la détection d'événement, et
- la prise de décision.

La fusion de l'information peut avoir comme conséquence le gaspillage de ressources et d'évaluations trompeuses. Par conséquent, nous devons nous rendre compte de limitations possibles de la fusion de l'information pour éviter ces situations.

En raison des besoins d'optimisation de ressource de WSN, l'informatique est généralement mise en application comme algorithmes dans le réseau.

Par conséquent, autant que possible, la fusion de l'information devrait être exécutée dans un mode distribué pour prolonger la vie du réseau. Néanmoins, nous devons nous rendre compte des limitations des réalisations distribuées de fusion de l'information.

Concernant la charge de communication, un système centralisé de fusion peut dépasser le système distribué. La raison est que la fusion centralisée a une connaissance globale dans le sens que toutes les données mesurées sont disponibles, tandis que la fusion distribuée fait des mesures fournies par un ensemble de nœuds voisins et les résultats pourrait être encore fusionnés par des nœuds intermédiaires jusqu'à ce qu'un nœud collecteur soit atteint.

Un autre résultat concernant la fusion de l'information est que, intuitivement, on pourrait croire que dans le processus de fusion, la plupart des données sont meilleures, puisque la fusion de données devrait ajouter la connaissance. Cependant, quand la quantité de fusion de données incorrectes est plus grande que la quantité de fusion de données correctes, l'exécution globale du processus de fusion peut être réduite.

I.8. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons vu les concepts généraux liés aux réseaux de capteurs sans fil. Parmi ces concepts nous avons identifié quelques définitions sur les réseaux de capteurs sans fil, ainsi sur la fusion de l'information et ces limitations.

Chapitre II

II.1. Introduction :

La fusion de l'information peut être classée par catégorie basée sur plusieurs aspects. La relation entre les données d'entrée peut être employée pour isoler la fusion de l'information dans des classes. En outre, le niveau d'abstraction des données manipulées pendant le processus de fusion peut être employé pour distinguer les processus de fusion. Une autre classification commune consiste à la fabrication explicite du niveau d'abstraction de l'entrée et de la sortie d'un processus de fusion.

II.2. Classification de la fusion d'information :

II.2.1. Classification basée sur la relation entre les sources :

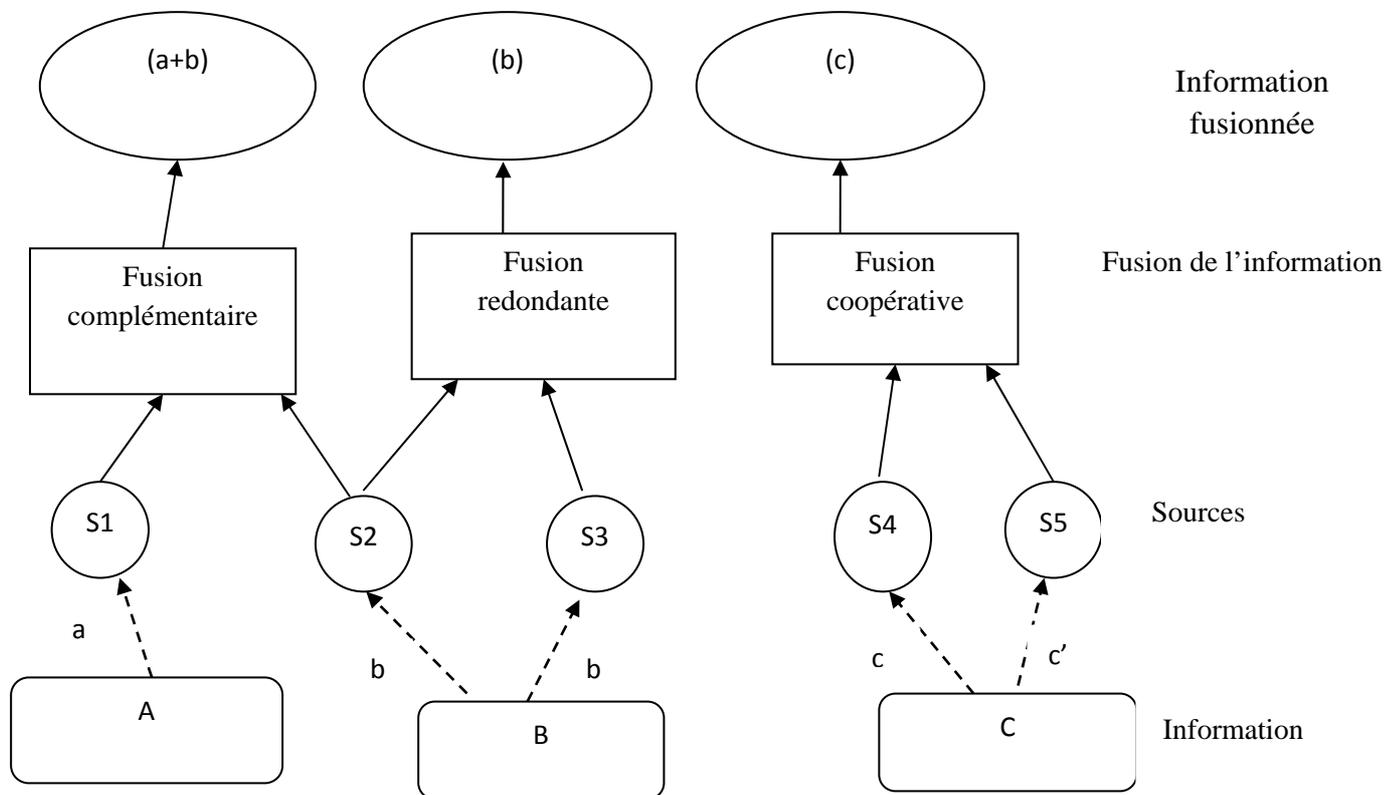


Figure 4: Les types de fusion de l'information basés sur la relation entre les sources.

Selon la relation entre les sources, la fusion de l'information peut être classifiée en tant que complémentaire, redondante, ou coopérative [DWH08]:

- **Complémentaire :** Quand l'information fournie par les sources représente différentes parties d'une plus large scène, la fusion de l'information peut être appliquée pour obtenir une information qui est plus complète. Sur le schéma 4, les sources S1 et S2 fournissent les différentes informations, a et b, respectivement, qui sont fusionnées pour réaliser une plus large

Chapitre II : Classification de la fusion d'information

information, dénotée par $(a+b)$, composée de morceaux non redondants a et b qui se rapportent à différentes parties de l'environnement.

La fusion complémentaire recherche la perfection en composant la nouvelle information de différents morceaux.

- **La redondance:** Si deux ou plusieurs sources indépendantes fournissent la même information, ces morceaux peuvent être fusionnés pour augmenter la confiance associée. Sources S_2 et S_3 sur le schéma 4 fournissent les mêmes informations, b , qui est fusionnée pour obtenir plus précisément l'information, (b) .

La fusion de redondance pourrait être employée pour augmenter la fiabilité, l'exactitude, et la confidentialité d'information. Dans WSNs, la fusion de redondance peut fournir des informations de haute qualité et empêcher les nœuds de capteurs de transmettre l'information redondante.

- **Coopération:** Deux sources indépendantes sont coopératives quand l'information à fournir par elles est fusionnée dans la nouvelle information. Les sources S_4 et S_5 , sur la figure 4, fournissent les informations différentes, c et c' , qui sont fusionnées dans (c) , qui est meilleur décrite comparée à c et c' individuellement.

II.2.2. Classification basée sur des niveaux d'abstraction :

Luo et al emploient quatre niveaux d'abstraction pour classer la fusion de l'information [LYS02] : signal, pixel, dispositif (caractéristique), symbole.

- La fusion de niveau de signal traite les signaux simples ou multidimensionnels des capteurs. Elle peut être employée dans des applications en temps réel ou comme étape intermédiaire pour d'autres fusions.
- La fusion de niveau de Pixel opère sur des images et peut être employée pour augmenter les tâches à traitement d'images.
- La fusion de niveau de dispositif traite des dispositifs ou des attributs extraits des signaux ou des images, telles que la forme et la vitesse.
- Dans la fusion de niveau du symbole, l'information est un symbole qui représente une décision, et elle est désignée également sous le nom du niveau de décision.

Typiquement, les fusions de dispositif et de symbole sont employées dans des tâches d'identification d'objet.

Inconvénients :

Une telle classification présente quelques inconvénients et elle n'est pas appropriée à toutes les applications de fusion de l'information.

- D'abord, les signaux et les images sont considérés comme des données brutes habituellement fournies par des capteurs, ainsi ils pourraient être inclus dans la même classe.
- En second lieu, les données brutes peuvent ne pas être seulement issus de capteurs, puisque les systèmes de fusion de l'information pourraient également fusionner des données fournies par des bases de données ou interaction humaine.
- Troisièmement, elle suggère qu'un processus de fusion ne puisse pas traiter tous les niveaux simultanément.

Chapitre II : Classification de la fusion d'information

En fait, la fusion de l'information traite trois niveaux d'abstraction de données : **mesure**, **dispositif**, et **décision**: Ainsi, selon le niveau d'abstraction des données manipulées, la fusion de l'information peut être classifiée dans quatre catégories :

Fusion De Bas-Niveau : En outre désignée sous le nom de la fusion de niveau de signal (mesure). Les données brutes sont fournies comme entrées, combinées dans le nouveau morceau de données qui sont plus précises que les entrées d'individus.

Fusion De Niveau Milieu : les Attributs ou les caractéristiques d'une entité sont fusionnés pour obtenir une carte de caractéristiques qui peut être employée pour d'autres tâches. Ce type de fusion est également connu en tant que fusion de niveau de caractéristique/attribut.

Fusion De Haut-Niveau. Ce type de fusion agit au niveau de l'espace de décision. Elle effectue l'association d'informations élaborées (numériques ou symboliques) qui peuvent être considérées comme des propositions de décision.

Fusion multi niveaux. Quand le processus de fusion englobe des données des différents niveaux d'abstraction, l'entrée et la sortie de la fusion peuvent être de n'importe quel niveau à multi niveaux.

Bien que les trois premiers niveaux de la fusion soient indiqués par Iyengar et al, ils n'ont pas indiqué la fusion à multi niveaux. Typiquement, seulement les trois premières catégories de la fusion sont considérées, habituellement avec les termes pixel/mesure, dispositif, et fusion de décision. Cependant, une telle catégorisation ne prévoit pas la fusion d'information de différents niveaux d'abstraction au même temps.

II.2.3. Classification basée sur l'entrée et la sortie :

Une autre classification bien connue qui considère le niveau d'abstraction est fournie par Dasarathy, dans lequel la fusion de l'information traitée est classée par catégorie basée sur le niveau d'abstraction de l'information d'entrée et de sortie. [DAZ 07] Dasarathy identifie cinq catégories :

- **Données d'entrée Données de sortie (Dai-dao)**: Dans cette classe, la fusion de l'information traite des données brutes et le résultat est également des données brutes, probablement plus précises ou fiables.
- **Données d'entrée Dispositif de sortie (Dai-feo)** : La fusion de l'information emploie des données brutes des sources pour extraire les caractéristiques ou les attributs qui décrivent une entité. Ici, l'entité signifie n'importe quel objet, situation, ou abstraction du monde.
- **Dispositif d'entrée Dispositif de sortie (Fei-feo)**:La fusion de Fei-feo travaille sur un ensemble de dispositifs à améliorer /raffiner un dispositif, ou extraire des nouveaux dispositifs.
- **Dispositif d'entrée décision de sortie (Fei-deo)**: Dans cette classe, la fusion de l'information prend un ensemble de dispositifs d'une entité produisant une représentation symbolique ou une décision.
- **Décision d'entrée décision de sortie (Dei-deo)**: les décisions peuvent être fusionnées afin d'obtenir des nouvelles décisions ou mettre l'accent sur les précédents.

Comparaison entre la classification basée sur des niveaux d'abstraction et la classification basée sur l'entrée et la sortie :

Comparant à la classification présentée précédemment, la classification basée sur l'entrée et la sortie peut être vue comme prolongation de la classification basée sur des niveaux d'abstraction mais avec une granularité plus fine, où

- Dai-dao correspond à la fusion de niveau bas,
- Fei-feo à la fusion de niveau moyen,
- Dei-deo à La fusion de niveau haut, et
- le Dai-feo et le Fei-deo sont inclus dans la fusion à multi niveaux.

La contribution principale de la classification de Dasarathy est qu'elle indique le niveau d'abstraction d'entrée et de la sortie d'un processus de fusion, évitant des ambiguïtés possibles. Cependant, elle ne permet pas dans le même processus, la fusion.

II.3.Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons identifié et classifié la fusion de l'information. De façon générale, ces modèles sont classifiés selon la relation entre les sources, le niveau d'abstraction et selon l'entrée et la sortie.

Chapitre III

III.1. Introduction :

Des méthodes et algorithmes employés pour fusionner des données peuvent être classifiés en se basant sur plusieurs critères, tels que le niveau d'abstraction de données, but, paramètres, type de données, et base mathématique. La classification présentée dans cette section est basée sur le but de la méthode. Selon ce critère, la fusion de l'information peut être exécutée avec les différents objectifs tels que l'inférence, évaluation, classification, trace de dispositif, capteur abstrait, agrégation, et compression.

III.2. Méthodes et algorithmes pour la fusion d'information :

III.2.1. Inférence :

Des méthodes d'inférence sont souvent appliquées dans la fusion de décision. Dans ce cas-ci, une décision prise est basée sur la connaissance de la situation perçue. Ici, l'inférence se rapporte à la transition d'une proposition vraie probable à l'autre, dont la vérité est censée pour résulter le précédent. Des méthodes classiques d'inférence sont basées sur l'inférence bayésienne et théorie d'accumulation de croyance de Dempster-Shafer.

III.2.1.1. Inférence Bayésienne :

La fusion de l'information basée sur l'inférence bayésienne offre un formalisme pour combiner l'évidence selon des règles de théorie des probabilités. L'incertitude est représentée en termes de probabilités conditionnelles décrivant la croyance, et elle peut assumer des valeurs dans l'intervalle $[0, 1]$, où 0 est incrédulité absolue et 1 est croyance absolue. L'inférence bayésienne [BAY03] est basée plutôt sur la règle vieille du Bayes', qui déclare ceci :

$$\Pr(Y/X) = \frac{\Pr(X/Y) \times \Pr(Y)}{\Pr(X)} \quad (1)$$

là où la probabilité postérieure $\Pr(Y/X)$ représente la croyance des hypothèses est donnée par Y par rapport à l'information X. Cette probabilité est obtenue en multipliant $\Pr(Y)$, la probabilité antérieure de l'hypothèse Y, par $\Pr(X/Y)$, la probabilité de recevoir X, étant donné que Y est vrai ; $\Pr(X)$ peut être traitée comme constante de normalisation. Le problème principal concernant l'inférence bayésienne est que les probabilités $\Pr(X)$ et $\Pr(X/Y)$ doivent être estimées ou devinées à l'avance puisqu'elles sont inconnues.

Dans le domaine de WSN, l'inférence bayésienne a été employée pour résoudre le problème de localisation.

III.2.1.2. Inférence De Dempster-Shafer :

Est basée sur l'accumulation de croyance de Dempster-Shafer (également désignée sous le nom de la théorie d'évidence ou de raisonnement fondé de Dempster-Shafer), qui est une

théorie mathématique [DEM08] [SHA06] qui généralise la théorie bayésienne. Elle traite la croyance ou la fonction de masse juste comme la règle de Bayes ! fait avec des probabilités. La théorie de Dempster-Shafer fournit un formalisme qui peut être employé pour la représentation de la connaissance, les mises à jour de croyance, et la combinaison inachevées d'évidence.

Un concept fondamental dans un système de raisonnement de Dempster-Shafer est la structure d'estimation, qui est définie comme suit :

Let $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_N\}$ soit l'ensemble de toutes les déclaration possibles qui décrivent le système, tels que le Θ est approfondi et mutuellement exclusif dans le sens que le système est certainement dans un, et seulement un, l'état $\theta_i \in \Theta$, lorsque $1 \leq i \leq N$.

Nous appelons Θ la structure d'estimation parce que ses éléments sont employés pour distinguer les états réels du système.

Les éléments de l'ensemble de puissance 2^Θ s'appellent les hypothèses.

Dans la théorie de Dempster-Shafer, basée sur l'évidence E, une probabilité est assignée à chaque hypothèse $H \in 2^\Theta$ selon une tâche de base de probabilité (bpa), ou fonction de masse, $m: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ cela satisfait :

$$m(\emptyset) = 0 \quad (2)$$

$$m(H) \geq 0, \forall H \in 2^\Theta \quad (3)$$

$$\sum_{H \in 2^\Theta} m(H) = 1 \quad (4)$$

Pour exprimer la conviction globale en hypothèse H, Dempster-Shafer définit la fonction de croyance sur 2^Θ comme bel : $2^\Theta \rightarrow [0,1]$:

$$\text{bel}(H) = \sum_{A \subseteq H} m(A), \quad (5)$$

là où $\text{bel}(\emptyset) = 0$, et $\text{bel}(\Theta) = 1$.

Le degré de doute dans H peut être intuitivement exprimé en termes de fonction de croyance bel $2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ comme :

$$\text{dou}(H) = \text{bel}(\neg H) = \sum_{A \subseteq \neg H} m(A), \quad (6)$$

Pour exprimer la probabilité de chaque hypothèse, la fonction pl est définie sur $pl: 2^\Theta \rightarrow [0,1]$ comme :

$$\text{pl}(H) = 1 - \text{dou}(H) = \sum_{A \cap H = \emptyset} m(A) \quad (7)$$

La probabilité déclare intuitivement que moins ou a le doute dans l'hypothèse H, H est plus faisable. Dans ce contexte, l'intervalle de confiance $[\text{bel}(h), \text{pl}(h)]$ définit la croyance vraie de l'hypothèse H.

Pour combiner les effets de deux m_1 et de m_2 des bpa, la théorie de Dempster-Shafer définit une règle de combinaison, $m_1 \oplus m_2$, qui est donné par :

$$m_1 \oplus m_2(\theta) = 0, \quad (8)$$

$$m_1 \oplus m_2(\theta) = 0, \quad (8)$$

$$m_1 \oplus m_2(H) = \frac{\sum_{X \cap Y = H} m_1(X)m_2(Y)}{1 - \sum_{X \cap Y = \emptyset} m_1(X)m_2(Y)} \quad (9)$$

La théorie de Dempster-Shafer est plus flexible que l'inférence bayésienne car elle permet à chaque source de contribuer l'information avec différents niveaux de détail.

En outre, dans l'inférence de Dempster-Shafer nous n'avons pas besoin d'assigner des probabilités a priori aux propositions inconnues. Au lieu de cela, des probabilités sont assignées seulement quand l'information de soutien est disponible.

Le choix entre l'inférence bayésienne et la théorie d'évidence n'est pas une tâche insignifiante parce que, entre autres, il y a une différence entre l'exactitude de Dempster-Shafer et la flexibilité bayésienne.

III.2.1.3. Logique floue :

La logique floue [BAN01] [LEE90] généralise la probabilité et est donc capable de traiter le raisonnement approximatif à dessiner des conclusions des lieux imprécis. Chaque entrée quantitative est fuzzyfié (Transformation d'une valeur numérique en degré d'appartenance flou) par la fonction d'appartenance. Les règles brouillées d'un système d'inférence produisent les sorties brouillées ce qui, à leur tour, sont defuzzyfié (Transformation, après inférence, d'un ensemble flou en valeur numérique) par un ensemble de règles de sortie.

✚ Après fuzzyfication, ces caractéristiques sont transformées en variables linguistiques et une règle est obtenue. La technique s'avère être mieux amélioré que le procédé aléatoire.

Concernant la conception des protocoles de contrôle d'accès moyens (Medium Access Control (MAC)), Wallace et al proposent une commande basée sur la fuzzyfication à deux étapes visant à prolonger la vie du réseau.

Les entrées pour la première étape sont : l'emplacement de chaque nœud dans la file d'attente, le niveau restant de batterie, et la collision des paquets précédents. La deuxième étape accorde la priorité du nœud pour accéder au milieu de la file d'attente en utilisant les trois entrées précédentes. Les auteurs prouvent que leurs coefficients d'utilisation de sommeil prolongent la vie de réseau.

III.2.1.4. Réseaux Neurologiques :

Des réseaux neurologiques ont été lancés au début des années 60 [ROS09] [WAH60], ils représentent une alternative aux théories bayésiennes et de Dempster-Shafer, étant employée par des tâches de classification et d'identification dans le domaine de fusion de l'information.

Des réseaux neurologiques ont été appliqués à la fusion de l'information principalement pour l'identification automatique de cible (ATR) à l'aide des capteurs complémentaires et multiples.

La raison est que les réseaux neurologiques fournissent fortement le moyen parallèle du rendement du traitement, ainsi de la robustesse face à différents problèmes comme le bruit. Des réseaux neurologiques pour la fusion de l'information peuvent également être trouvés dans d'autres applications sans compter que l'ATR.

III.2.1.5. Raisonnement D'Abduction :

L'abduction, ou l'inférence pour une meilleure explication, [PER05] est une méthode de raisonnement dans laquelle nous choisissons l'hypothèse qui, si vraie, expliquerait mieux une évidence observée. En d'autres termes, une fois qu'on observe un fait, l'abduction dérive l'explication la plus susceptible pour ce fait. Ainsi, donnée une règle comme $a \rightarrow b$ (a nécessite b), l'abduction et la déduction diffèrent dans la direction dans laquelle la règle est employée pour l'inférence.

Dans la déduction, une fois qu'on observe le fait a, nous dérivons b par suite de a, tandis que dans l'abduction, une fois qu'on observe la conséquence b, nous dérivons a comme explication de b.

Dans le contexte du raisonnement probabiliste, l'inférence abductive correspond à la conclusion de l'état maximum de probabilité à posteriori des variables du système, étant donné quelques variables observées. Cependant, l'abduction est réellement un raisonnement modèle plutôt qu'une méthode de fusion de l'information. Par conséquent, différentes méthodes d'inférence peuvent être employées, comme les réseaux neurologiques et la logique floue.

III.2.1.6. Fusion Sémantique de l'information :

La fusion sémantique de l'information est essentielle dans le processus d'inférence du réseau dans lequel des données fournies par les capteurs sont traitées de sorte que les nœuds échangent seulement les interprétations sémantiques résultantes. L'abstraction sémantique permet au WSN d'optimiser son utilisation de ressources : quand rassembler, stocker, et traiter des données Sémantique. [FRP02] [FRD05] [WLZ06].

La fusion de l'information comporte habituellement deux phases : construction de base de connaissances et assortiment de modèle (inférence). La première phase (habituellement off-line) agrège la plupart des connaissances appropriées d'abstraction en une information sémantique qui est alors employée dans la deuxième phase (en ligne), une phase d'assortiment du modèle pour fusionner des attributs appropriés et fournissant une interprétation sémantique des données de capteurs.

III.2.2. Méthodes :

Des méthodes d'évaluation ont été héritées de la théorie de commande et emploient les lois de la probabilité pour calculer un vecteur de processus d'état d'une mesure dirigé ou un ordre des vecteurs de mesure. Dans cette section, nous présentons les méthodes d'évaluation connues en tant que : Maximum de vraisemblance, maximum à posteriori, filtre moyen des moindres carrés et mobile, filtre de Kalman, et filtre de particules.

III.2.2.1. Maximum de vraisemblance (ML) :

Les méthodes d'évaluation basées sur la probabilité conviennent quand l'état étant estimé n'est pas le résultat d'une variable aléatoire. [BDS02]

Dans le contexte de la fusion de l'information, étant donné x , l'état estimé, et $z = (z(1), \dots, z(k))$, k est l'ordre des observations de x , la fonction de la probabilité $\lambda(x)$ est défini comme fonction de densité de la probabilité (probability density function pdf) de l'ordre k d'observation qui est donné par la vraie valeur de l'état X :

$$\lambda(x) = p(z | x). \quad (10)$$

Noter que la fonction de probabilité n'est plus un pdf.

L'estimateur de maximum de vraisemblance (MLE) recherche la valeur de x qui maximise la fonction de probabilité.

$$\hat{x}(k) = \arg \max_x p(z/x) \quad 11$$

Cela peut être obtenu à partir des modèles empiriques ou analytiques de capteurs.

Les auteurs ont étendu cette méthode pour soutenir des mesures fournies et opportunes : mesures prises aux différentes étapes du temps qui se produisent d'une manière asynchrone dans le réseau. D'autres réalisations distribuées de MLEs pour WSN incluent l'algorithme décentralisé de la maximisation d'espérance et l'estimateur local de maximum de vraisemblance qui détendent la condition de partager toutes les données.

Le MLE est généralement employé pour résoudre des problèmes de découverte d'endroit. Dans ce contexte, la méthode est souvent employée pour obtenir les évaluations précises de distance (ou direction, angle) qui sont employées pour calculer l'endroit des nœuds ou sources (cibles).

III.2.2.2. Maximum A posteriori (MAP) :

Cette méthode est basée sur la théorie bayésienne ; donc elle est employée quand le paramètre X à découvrir est le résultat d'une variable aléatoire avec le $p(x)$ connu de pdf. L'ordre de mesure est caractérisé par le modèle de capteur (pdf conditionnel de l'ordre de mesure).

Dans le contexte de la fusion de l'information, étant donné x , l'état estimé, et $z = (z(1), \dots, z(n))$, un ordre des observations de k de x , l'estimateur de maximum à posteriori recherche la valeur de x qui maximise la fonction de distribution postérieure.

$$\hat{x}(k) = \arg \max_x p(x/z) \quad (12)$$

Les deux méthodes, maximum de vraisemblance et maximum à posteriori, essaient de trouver la valeur le plus susceptible pour l'état X . cependant, la première méthode suppose que x est cependant un point inconnu fixe de l'espace de paramètre, tandis que la dernière prise X comme résultats d'une variable aléatoire avec le pdf antérieur connu. Ces deux méthodes sont équivalentes quand le pdf antérieur de x n'est pas instructif. [BDS02] [SBR02].

III.2.2.3. Méthodes des moindres carrés :

Cette classe comporte des méthodes d'évaluation basées sur des moindres carrés. En un mot, la méthode des moindres carrés est une technique mathématique d'optimisation qui recherche une fonction sur un ensemble de mesures d'entrée. [BDS02] [RAN04].

Ceci est réalisé en réduisant au minimum la somme des erreurs carrées entre les points produits par la fonction et les mesures d'entrée. La métrique différente de place-erreur peut être employée (réduit au minimum) comme l'erreur carrée ordinaire.

La méthode des moindres carrés convient quand le paramètre à estimer est considéré fixe. Contrairement à la probabilité de maximum à posteriori, cette méthode n'assume aucune probabilité antérieure. Ici, les mesures sont manipulées comme fonction déterministe de l'état, comme

$$z(i) = h(i, x) + w(i), \quad (13)$$

là où h représente le modèle de capteur et le w un ordre de bruit, pour un ordre d'observations de $1 \leq i \leq k$. La méthode des moindres carrés recherche la valeur de x qui réduit au minimum la somme des erreurs carrées entre les observations réelles et prévues :

$$\hat{x}(k) = \arg \min_x \sum_{i=1}^k [z(i) - h(i, x)]^2. \quad (14)$$

Les méthodes de maximum de vraisemblance et les moindres carrés sont équivalentes quand le $w(i)$ de bruit est une séquence des résultats indépendants des variables aléatoires identiquement distribuées.

Concernant WSN, les réalisations distribuées des moindres carrés ordinaires et la fonction de perte de Huber sont contrastées par Rabbat et Nowak qui prouvent que, dans les environnements bruyants, bien que l'algorithme des moindres carrés ordinaire converge rapidement à la valeur prévue, le désaccord est fortement affecté par des mesures bruyantes.

Ceci suggère que la fonction de perte de Huber soit plus appropriée dans beaucoup de vrais cas dans lesquels les mesures bruyantes pourraient être fréquentes. Réduire la communication, au lieu de transmettre les données réelles de capteur.

Cette technique vise à construire les cartes spatiales décrivant des propriétés du gisement de capteur et à guider des nœuds mobiles dans la construction de telles cartes.

III.2.2.4. Filtre Moyen et Mobile :

Le filtre moyen et mobile est largement adopté dans le signal numérique traitant les solutions (DSP) parce qu'il est simple à comprendre et à employer. [SWI09]

En outre, ce filtre est optimal pour réduire le bruit blanc aléatoire tout en maintenant une réponse d'étape pointue. C'est la raison qui fait du filtre moyen et mobile un filtre principal pour traiter les signaux codés dans le domaine du temps. Comme le nom suggère, des calculs de ce filtre, la moyenne arithmétique d'un certain nombre de mesures d'entrée produit chaque point du signal de sortie. Etant Donnée une entrée de signal numérique $z = (z(1), z(2), \dots)$, le signal vrai

$X = (\hat{x}(1), \hat{x}(2) \dots)$ est estimés par :

$$\hat{x}(k) = \frac{1}{M} \sum_{i=0}^{M-1} z(k-i) \quad (15)$$

Pour chaque $k \geq M$, où M est la fenêtre du filtre, le nombre d'observations d'entrée est fusionné. Observer que M est également le nombre d'étapes que le filtre prend pour détecter le niveau de signal. Plus la valeur de M est inférieure, plus le bord d'étape est pointu. Quand un signal d'étape a le bruit blanc aléatoire, le filtre moyen et mobile parvient à réduire le désaccord de bruit par un facteur de \sqrt{M} . Ainsi, M devrait être la plus petite valeur dans laquelle cette réduction de bruit répond aux exigences d'application.

Généralement des filtres moyens et mobiles sont également utilisés dans WSN, particulièrement le filtre exponentiellement estimé de la moyenne mobile (EWMA).

Les applications ont utilisé des filtres d'EWMA pour obtenir des évaluations de raffinement à partir des capteurs pour des tâches de détection et de classification et pour estimer des distances pour des algorithmes de localisation.

III.2.2.5. Filtre De Kalman :

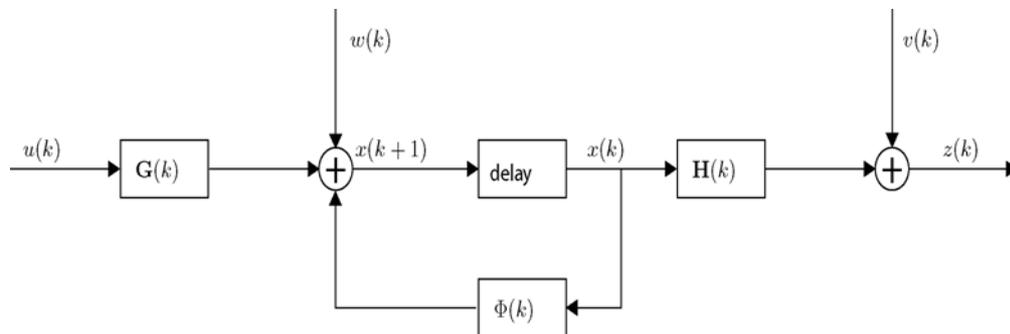


Figure 5. Schéma fonctionnel du filtre de Kalman.

Le filtre de Kalman est une méthode très populaire de la fusion [KAL60]. Il a été à l'origine proposé en 1960 par Kalman et il a été intensivement étudié depuis. Le filtre de Kalman (représenté sur le schéma 5) estime l'état X qui est dirigé par le modèle d'espace d'état.

$$x(k+1) = \Phi(k)x(k) + G(k)u(k) + w(k), \quad (16)$$

Les mesures z étant représentées par :

$$z(k) = H(k)x(k) + v(k), \quad (17)$$

là où le $\Phi(k)$ est la matrice de transition d'états, $G(k)$ est la matrice de transition d'entrée, $u(k)$ est le vecteur d'entrée, $H(k)$ est la matrice de mesure ; w et v sont des variables aléatoires obéissant aux lois gaussiennes avec zéros moyens des matrices $Q(k)$ et $R(k)$ de covariance, respectivement.

Basé sur le $z(k)$ de mesure et sur la connaissance des paramètres de système, de l'évaluation du $x(k)$, représentés par le $\hat{x}(k)$, et la prévision du $x(k+1)$, représentée par le $\hat{x}(k+1|k)$ sont

$$\hat{x}(k) = \hat{x}(k|k-1) + K(k)[z(k) - H(k)\hat{x}(k|k-1)], \quad (18)$$

$$\hat{x}(k) = \hat{x}(k|k-1) + K(k)[z(k) - H(k)\hat{x}(k|k-1)], \quad (18)$$

$$\hat{x}(k+1|k) = \Phi(k)\hat{x}(k|k) + G(k)u(k), \quad (19)$$

Respectivement, où K est le gain de filtre de Kalman déterminé par :

$$K(k) = Pr(k|k-1)H^T(k)[H(k)P(k|k-1)H^T(k) + R(k)]^{-1} \quad (20)$$

là où $P(k|k-1)$ est la matrice de covariance de prévision qui peut être déterminée par

$$P(k+1|k) = \Phi(k)Pr(k)\Phi^T(k) + Q(k), \quad (21)$$

Avec

$$P(k) = P(k|k-1) - K(k)H(k)P(k|k-1). \quad (22)$$

Le filtre de Kalman est utilisé pour fusionner des données redondantes de bas niveau.

Si un modèle linéaire peut décrire le système et l'erreur peut être modélisée en tant que bruit, le filtre de Kalman recherche périodiquement et statistiquement des évaluations optimales. Cependant, pour traiter la dynamique non linéaire et les modèles non linéaires de mesure, d'autres méthodes devraient être adoptées. Selon Jazwinski, la variation appelée le filtre Extended Kalman (EKF) est une approche populaire pour mettre en application les filtres non linéaires récursifs. Plus récemment, le filtre d'Unscented Kalman (UKF) a gagné l'attention puisqu'il n'a pas une étape de linéarisation et les erreurs associées. L'UKF emploie une technique d'échantillonnage déterministe pour choisir un ensemble minimal de points témoins autour du moyen. Ces points sont propagés par les fonctions non linéaires ainsi la covariance de l'évaluation est récupérée. Le filtre standard de Kalman peut être encore étendu pour améliorer son exécution ou pour fournir des réalisations décentralisées.

Pendant longtemps, des filtres de Kalman ont été utilisés dans les algorithmes pour la localisation et le routage de source, particulièrement en robotique. Les réseaux de capteurs sans fil ont hérité de cette tendance d'application et l'amélioration visant l'exactitude, le filtre de Kalman a été appliqué pour raffiner des évaluations d'endroit, de distance et des sources de voie différentes.

Un protocole MAC peut également tirer bénéfice de l'applicabilité d'un filtre de Kalman pour prévoir, par exemple sa taille de structure.

III.2.2.6. Filtre de Particules :

Les filtres de particules sont des réalisations récursives du traitement des signaux statistiques connus sous le nom des méthodes séquentielles de Monte Carlo (SMC). [GRS06]. Bien que le filtre de Kalman soit une approche classique pour l'évaluation d'état, les filtres de particules représentent une alternative pour des applications avec le bruit, particulièrement quand la puissance informatique est plutôt bon marché et le taux de prélèvement est lent. [NGG02].

L'évaluation est le résultat de la somme pesée de toutes les particules. L'algorithme de filtre de particules a deux phases : prévision et mise à jour. Dans la phase de prévision, chaque particule est modifiée selon le modèle existant, y compris l'addition du bruit aléatoire qui simule l'effet du bruit. Puis, dans la phase de mise à jour, le poids de chaque particule réévalué est basé sur la dernière information de capteur disponible, de sorte qu'on élimine des particules avec de petits poids.

Dans WSN, le routage de cible est actuellement le problème principal de recherches où des filtres de particules ont été utilisés. [ACR03].

Contrairement à la cible simple dépistant, le routage multiple de cible est un problème plus difficile et plus général, dont les solutions peuvent également utiliser des filtres de particules.

L'algorithme estime le nombre et les états d'un groupe de cibles mobiles occupant une région de surveillance.

Une autre application normale des filtres de particules dans WSN : ils doivent trouver les endroits des nœuds.

D'autres applications intéressantes des filtres de particules incluent le paramètre à utilisateurs multiples dépistant dans des systèmes de communication basés sur l'accès multiple de division de code (CDMA), et la détection sans visibilité de symbole des systèmes.

III.2.3. Capteur Abstrait et Fiabiles :

Dans cette section, nous présentons des méthodes de fusion de l'information particulièrement proposées pour traiter les capteurs abstraits et fiabiles. [MAR09] Le concept de capteur abstrait et fiable a été présenté pour définir un des trois types de capteur : capteur abstrait et concret, abstrait, et fiabiles. Un capteur concret est le dispositif qui perçoit l'environnement en prélevant une variable physique d'état d'intérêt.

Le capteur abstrait est un intervalle des valeurs qui représente l'observation fournie par un capteur concret.

En conclusion, le capteur abstrait et fiable est l'intervalle (ou un ensemble d'intervalles) qui contient toujours la valeur réelle de la variable physique d'état. Un capteur abstrait et fiable est calculé à base de plusieurs capteurs abstraits. Des méthodes de fusion pour les capteurs abstraits et fiabiles ont été employées dans le contexte de la synchronisation de sorte que les nœuds de capteur

exécutent la synchronisation externe en maintenant les limites inférieures et supérieures du temps courant.

III.2.3.1. Défaut de tolérance moyenne:

L'algorithme faisant la moyenne insensible aux défaillances a été présenté la première fois par Marzullo dans le contexte de la synchronisation dans les systèmes répartis. [MAR09] [MAR04] Après, il a été employé dans le domaine de fusion de l'information pour fusionner un ensemble de capteurs abstraits dans un capteur abstrait et fiable qui est correcte même lorsque certaines valeurs des capteurs originels sont incorrectes.

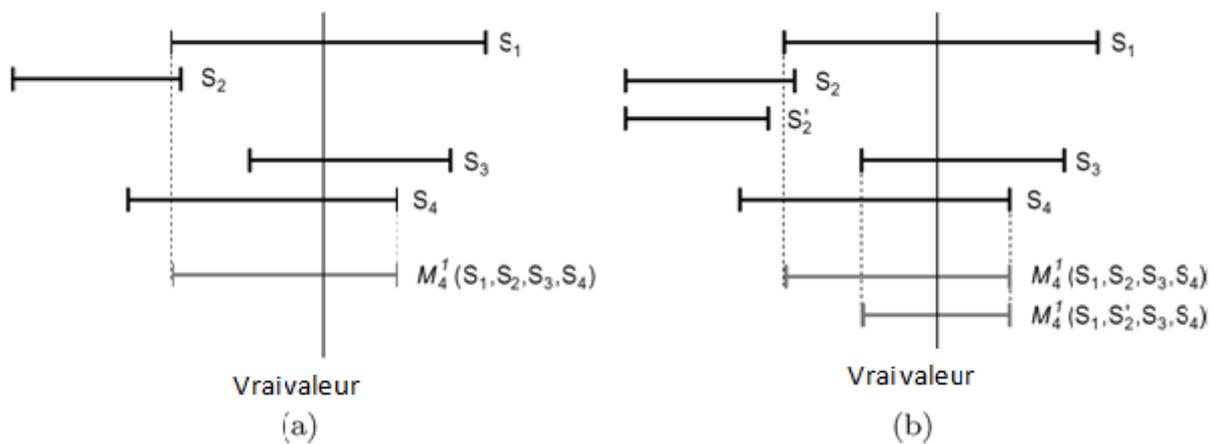


Figure 6: Exemple d'algorithme Défaut de tolérance moyenne

L'algorithme suppose que, au plus, f de n capteurs abstraits sont incorrectes où f est un paramètre. Let $\tau = \{I_1, \dots, I_n\}$ est l'ensemble d'intervalles $I_i = [X_i, Y_i]$ fourni par les n capteurs abstraits se rapportant à des échantillons de la même variable physique d'état prise au même instant. Considérant qu'à la plupart de f hors de n capteurs sont incorrectes, la moyenne de défaut de tolérance est calculé $M_f^1(\tau)$ [bas, haut], où le bas est la plus petite valeur dans au moins des n intervalles de f dans τ , et haut est la plus grande valeur dans au moins des n intervalles de f dans τ . Marzullo prouve que l'algorithme est de complexité $O(n \log n)$.

Pendant que l'algorithme calcule une intersection des intervalles, selon les intervalles dans τ , le résultat $M_f^1(\tau)$ peut être plus précis que n'importe quel capteur dans τ , l'intervalle résultant peut parfois être plus serrée que l'originale. Cependant, $M_f^1(\tau)$ ne peut pas être plus précis que le capteur dans τ quand $n = 2f + 1$.

Le résultat de M certainement contient la valeur correcte quand le nombre de capteurs défectueux est à la plupart de f . Cependant, il peut présenter un comportement instable dans le sens que les changements mineurs de l'entrée peuvent produire les sorties tout à fait différentes.

Le schéma 6(a) décrit un scénario avec quatre capteurs défectueux $\{S1, S2, S3, S4\}$. Dans cet exemple, S2 et S3 n'ont aucune intersection, par conséquent un d'entre eux est le capteur défectueux. Puisqu'il n'est pas possible de découvrir le quel fournit l'intervalle correct, tous les

deux doivent être couverts pour inclure solidement la valeur vraie. Ainsi $M_4^1(S_1, S_2, S_3, S_4)$ renvoie l'intervalle [bas, haut], où le bas est la plus petite valeur dans au moins $n - f = 4 - 1 = 3$ intervalles (qui est le bord gauche de S_1), et est haut la plus grande valeur dans au moins $n - f = 4 - 1 = 3$ intervalles (qui est le bord droit de S_4).

Le schéma 6(b) illustre l'instabilité de M . Dans ce cas-ci, si le bord droit de S_2 se déplace vers la gauche, comme donné par S'_2 , puis le bord gauche du résultat devient le bord gauche de S_3 . Ainsi un petit changement de S_2 , mais assez grand pour éviter une intersection avec S_1 , cause une grande variation dans le résultat final.

III.2.3.2. La fonction de Défaut de tolérance d'intervalle :

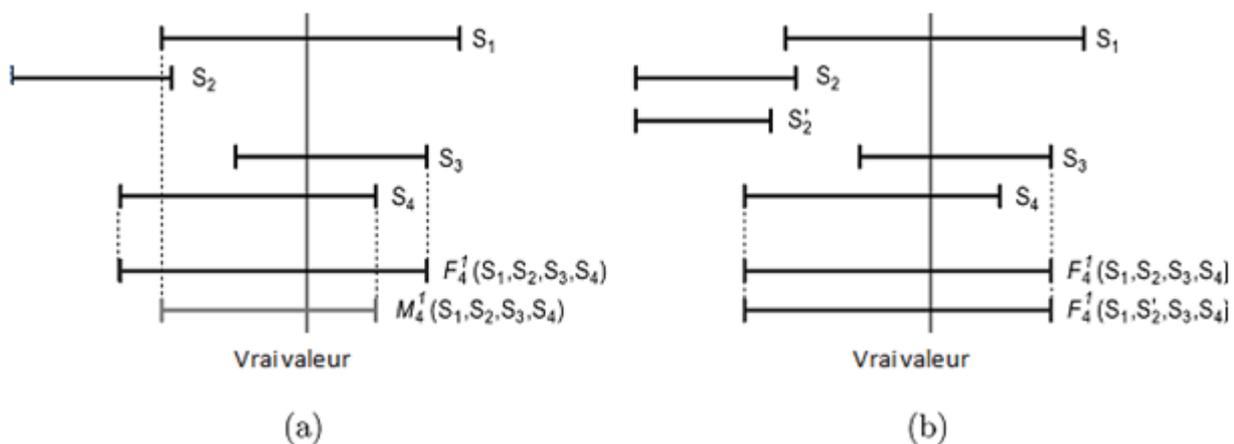


Figure 7. Exemple de la fonction de défaut de tolérance d'intervalle

On a proposé la fonction de défaut de tolérance d'intervalle (FTI), ou simplement la fonction F , FTI est une fonction alternative d'intégration qui considère la largeur des intervalles étant fusionnés. [SUK01].

L'algorithme suppose également que, au plus, f de n capteurs abstraits sont défectueux où f est un paramètre. Let τ est l'ensemble d'intervalles fournis par les n capteurs abstraits, La fonction d'intersection de FTI est $F_n^f(\tau) = [\text{bas}, \text{haut}]$, où le bas $(f + 1)^{\text{th}}$ correspond au plus grand des bords gauches $\{x_1, \dots, x_n\}$, et est haut $(f + 1)^{\text{th}}$ le plus petit des bords droits $\{y_1, \dots, y_n\}$.

La fonction F est robuste. Ceci signifie qu'il s'assure que les changements mineurs des intervalles d'entrée auront comme conséquence les changements mineurs du résultat intégré.

Pour illustrer le comportement de F nous considérons sur le schéma 7, le même exemple fourni avant (sur le schéma 6). L'intervalle résultant est légèrement plus grand que les intervalles retournés par M (le schéma 7(a)). Cependant, l'intervalle résultant ne change pas quand S'_2 est employé au lieu de S_2 (le schéma 7(b)). Comme résultat général, M tend à réaliser des intervalles plus serrés que F . Cependant, F est moins vulnérable à de petits changements des intervalles d'entrée.

III.4. Agrégation :

Kulik et al [KHB02] définissent l'agrégation de données comme technique employée pour surmonter deux problèmes :

- **Implosion** : Dans l'ancien, des données observées par un nœud sont reproduites dans le réseau dû à la stratégie de routage de données.
- **Chevauchement** : Le problème de chevauchement se produit quand deux nœuds différents disséminent les mêmes données. Ceci pourrait se produire quand les capteurs sont redondants. Ils observent la même propriété dans le même endroit.

Dans les deux cas, la redondance, qui se produit de différentes raisons, pourrait avoir son impact négatif (par exemple, gaspillage d'énergie et de largeur de bande) réduit par l'agrégation de données et la fusion de l'information.

III.4. Conclusion :

L'information traitée dans un réseau avec les capteurs représente des observations de l'environnement dans lequel ces capteurs sont enfoncés pour recueillir des informations.

Dans ce chapitre nous avons identifié quelques méthodes utilisées pour fusionner ces informations recueilli tel que le maximum de vraisemblance, ainsi les différents algorithmes employés, on site Défaut de tolérance moyenne..etc.



Chapitre IV

IV.1. Introduction :

On a proposé plusieurs architectures et modèles pour servir de directives pour concevoir des systèmes de fusion de l'information. Cette section présente l'évolution des modèles et des architectures pour de tels systèmes. Chronologiquement, ces modèles évolués de modèles basés sur l'information aux modèles basés sur le rôle.

Ces modèles sont utiles pour guider les spécifications, la proposition et l'utilisation de la fusion de l'information dans WSN. Comme nous montrons dans le paragraphe suivant, certains de ces modèles, tels que le JDL et le Frankel-Bedworth, fournissent une vue systémique de fusion de l'information, tandis que d'autres, tel que le cycle intelligent et la boucle d'avertissement de Boyd, fournissent une vue de tâche de fusion de l'information.

IV.2. architectures et modèles :

IV.2.1. Modèles basés information :

Les modèles et les architectures proposés pour concevoir des systèmes de fusion de l'information peuvent être portés sur l'abstraction des données produites pendant la fusion. Cette section discute les modèles qui indiquent leurs étapes basées sur les niveaux d'abstraction de l'information manipulée par le système de fusion.

IV.2.1.1. Modèle de JDL et ses dérivés :

Le premier mécanisme pour maîtriser la combinatoire liée à la complexité grandissante est de réaliser une découpe fonctionnelle [SBW09]. Un groupe de travail sous l'impulsion du Département de la Défense Américain a alors proposé un modèle de fusion comportant initialement 3 niveaux fonctionnels et aujourd'hui globalement 6 ou 7 niveaux. Un modèle d'architecture fonctionnelle associe alors l'ensemble de ces niveaux. Un tel modèle dénommé JDL user model dérivé du modèle JDL original est présenté dans la figure 7. La dénomination JDL (Joint Directors of Laboratories Data Fusion Working Group) provient du fait que ce modèle est issu d'un groupe de travail associant les directeurs de laboratoire travaillant dans le domaine de la fusion.

Les niveaux sont les suivants :

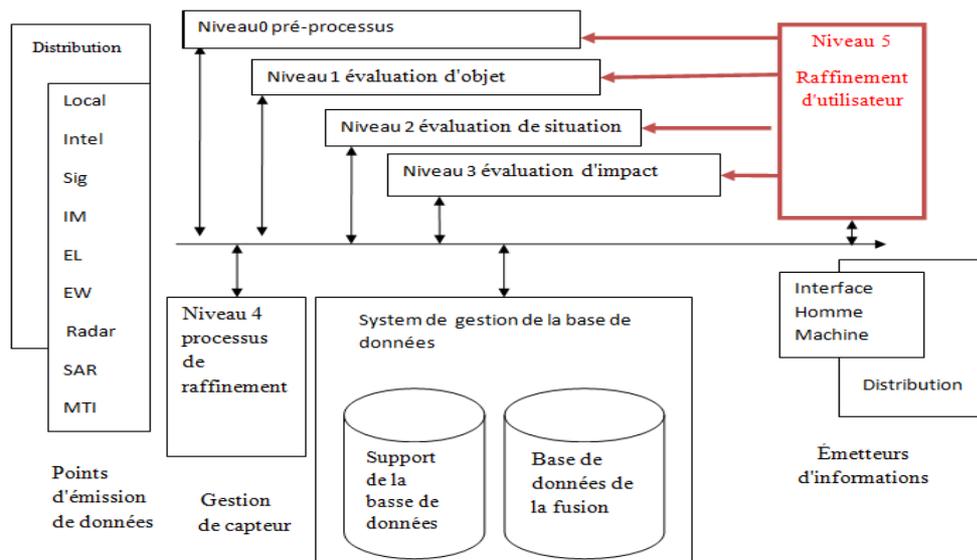


Figure 8. Extension de modèle de JDL

- Les entrée capteurs
- Niveau 0: Extraction de caractéristiques ou de prémisses
- Niveau 1: Définition de pistes, pistage et fusion d'attributs. Fusion des prémisses pour aboutir à des objets
- Niveau 2: Raisonnement pour l'évaluation de la situation courante
- Niveau 3: Evaluation de la menace
- Niveau 4: Supervision et contrôle du processus de fusion
- Niveau 5: Raffinement introduit par l'utilisateur
- L'homme dans la boucle de décision
- Les bases de données

- Les niveaux 1, 2, 3 furent les trois premiers définis. Ils correspondent à la façon dont les opérationnels organisent leurs raisonnements. Il est à noter que les niveaux fonctionnels deux et trois sont très ambitieux et encore aujourd'hui quasi inaccessibles à un système automatique. L'essentiel des publications concerne le niveau un et un niveau 0 a dû être défini pour prendre en compte et classer tous les modules de détection, décisions partielles, reconnaissance des formes en traitements d'images et détection de cibles. Il est important de garder en mémoire le concept centré humain des fonctions de chaque niveau, car il permet aux différentes communautés de capitaliser les investissements en vue d'automatiser certaines tâches en exhibant les difficultés pour automatiser ces tâches ou pour utiliser ces tâches automatisées. Ceci est particulièrement vrai concernant l'évaluation de la situation courante et encore plus pour l'évaluation des impacts possibles auxquels la situation peut aboutir.

- Le niveau 4 a été introduit plus tard et autorise des traitements successifs avec raffinement du contrôle des processus de fusion.

Alors que les niveaux 0, 1, 2, 3 sont étiquetés comme des niveaux de fusion, le niveau 4 est plutôt considéré comme la gestion de ressources, et le niveau 5 comme une part de l'interface homme machine.

- Ce niveau 5 ad hoc appelé « User Refinement » permet de décrire les adaptations de la façon que l'on trouve dans tous les systèmes opérationnels orientés vers l'utilisation efficace par un

Chapitre IV : modèles pour la fusion d'information

opérateur. En effet, en remplaçant l'application dans un contexte d'aide à la décision, il permet d'exhiber quelles sont les sorties de ce système. Il autorise alors une paramétrisation évolutive des différents traitements présents dans les différents niveaux fonctionnels.

Le Modèle JDL ne donne aucun détail sur la façon dont une sortie globale d'un mécanisme de fusion particulier peut-être générée et contrôlée. Il s'agit d'un schéma d'organisation fonctionnelle dans lequel les flux d'information entre niveaux ne sont pas décrits. Il en est de même des mécanismes de contrôle des flux gérant le parallélisme d'exécution de tâches à différents niveaux fonctionnels, la valeur ajoutée apportée lorsqu'un niveau communique avec un autre pouvant être contrebalancée par une complexité due à une combinatoire croissante et des délais temporels pour autoriser l'usage de boucle de contre réaction.

Une littérature abondante existe concernant les modifications et adaptation du modèle JDL pour le rendre plus expressif et donc plus opérationnel.

IV.2.1.2. Modèle de Dasarathy :

Dasarathy [DAZ 07] suggère d'accéder aux flots de données et de contrôle suivant 3 niveaux de fusion: les données; les prémisses et les décisions. Tous les flux ont un type comme en programmation orientée objet. Ce travail reste au niveau taxonomie, il montre la richesse des mécanismes de fusion qui peuvent être implantés dans une application. Sur la figure 8, un mécanisme donné est représenté par une flèche et un acronyme. Par exemple DAI-FEO désignant un mécanisme de fusion acceptant des données du niveau DATA en entrée et fournissant des prémisses en sortie.

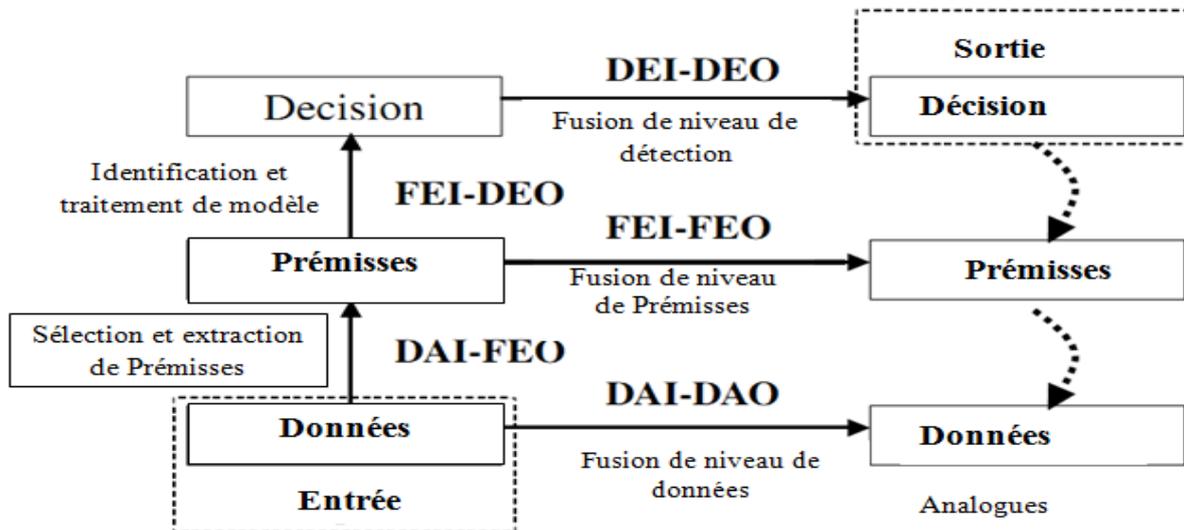


Figure 9 : Le modèle de Dasarathy

Cette façon de voir est largement utilisée dans le domaine du traitement d'images et de la reconnaissance des formes. Un point important est que le type des flots est clairement identifié à partir de leur sémantique, ce qui rajoute une dimension essentielle par rapport au modèle JDL. Il est alors possible de faire apparaître un mécanisme de régulation qui contrôle les niveaux inférieurs à partir de décisions partielles des niveaux supérieurs tel qu'il est représenté par les flèches descendantes sur la figure 8.

IV.2.1.3. Quelques remarques sur les modèles basés information:

Les modèles basés information représentent la génération des modèles pour la fusion de l'information, qui se concentrent sur le niveau d'abstraction de l'information manipulée par les tâches de fusion. En général, une limitation de tels modèles est qu'ils n'indiquent pas l'ordre d'exécution des tâches de fusion.

La différence principale entre le JDL et les modèles de Dasarathy est que l'ancien fournit une perspective orientée système de la fusion de l'information qui convient pour les systèmes de conception qui incorporent des tâches de fusion tandis que le dernier fournit une perspective entrée-sortie-orientée de la fusion de l'information qui convient à comprendre le rapport entre des tâches de fusion et les données manipulées.

Dans le domaine de WSN, ces modèles peuvent être employés pour faciliter la compréhension des conditions et limitations présentées par des techniques de fusion. Bien que de tels modèles ne spécifient pas les aspects du réseau de WSNs, ils travaillent comme guide pour indiquer quelles méthodes peuvent être employées et comment ils peuvent être intégrés avec une application donnée.

IV.2.2. Modèles basés activités:

Quelques modèles sont indiqués basés sur les activités qui doivent être exécutées par un système de fusion de l'information. Dans de tels modèles, les activités et leur ordre correct d'exécution sont explicitement indiqués.

IV.2.2.1. modèles d'OODA (Observe, Orient, Decide, Act) [BOY07] :

Les travaux d'Endsley ont clairement indiqué que la conscience d'une situation se base sur la perception des éléments constituant au sein de l'environnement constitué par un volume de temps et d'espace, la compréhension de leur signification et la projection de leur devenir dans un court terme. C'est dans ce contexte qu'un étage de fusion dénommé ORIENT a été défini par Boyd au sein d'une architecture cyclique constituée de flux unidirectionnels et dont les aspects contrôle se font à travers du monde réel par un bouclage avec un délai. Ce nouveau niveau a en charge de placer l'information dans son contexte afin d'améliorer soit la précision soit la coordination temporelle.

Cette façon de procéder met de nouveau en avant les flux circulant entre des niveaux fonctionnels. Le bouclage est réalisé à travers du monde réel ce qui amène une simplification notable au niveau de l'Operating System, mais ne conduit pas à des systèmes opérationnels dans la pratique. Le processus Orient joue un rôle particulier car il permet d'introduire un contrôle opportuniste avant le niveau décision.

Une instanciation est proposée par Bedworth dans laquelle les fonctionnalités sont plus précisément décrites pour chaque niveau dans une application de traitement d'images, à savoir par exemple l'étage de décision comprend les tâches de prises de décisions à proprement parler, ainsi que des traitements contextuels.

IV.2.2.2. Cycle d'intelligence:

La communauté d'intelligence britannique (UK) décrit le processus d'intelligence comme cycle à quatre étapes, qui s'appelle Cycle d'Intelligence [SHC02]. Le cycle d'intelligence, représenté sur le schéma 10, décrit le processus de développement des informations brutes (capteur) en intelligence finie utilisée dans la prise de décision et l'action.

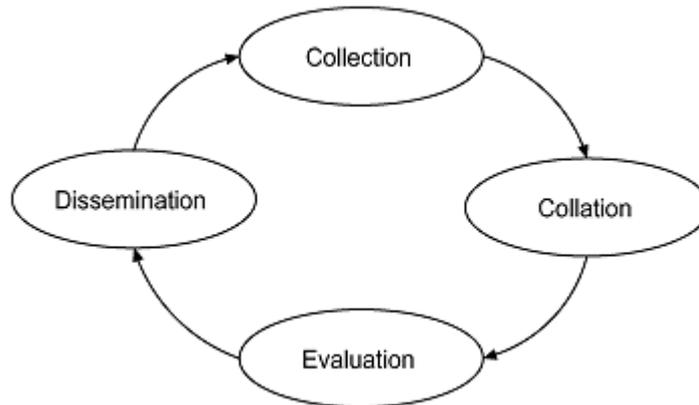


Figure 10: Le Cycle D'Intelligence

Les étapes (activités) du cycle d'intelligence sont :

Collection: L'information brute est rassemblée à partir de l'environnement.

Collation: L'information rassemblée est analysée, comparée, et corrélée. L'information non pertinente et incertaine est jetée.

Évaluation: L'information assemblée est fusionnée et analysée.

Diffusion: Des résultats de fusion sont fournis aux utilisateurs qui utilisent l'information fusionnée pour produire des décisions et des actions en réponse à la situation détectée.

Tous les algorithmes de routage précédemment mentionnés peuvent être employés pour dépeindre le cycle d'intelligence.

Par rapport au modèle de JDL, la collection occupe le niveau 0 du modèle de JDL ;

La collation inclut du niveau 1 ; L'évaluation comporte les niveaux 2 et 3 ; et la diffusion correspond au niveau 4 du modèle de JDL.

À la différence du modèle d'OODA, le cycle d'intelligence ne fait pas explicitement la planification (décider) et les phases d'exécution (Loi), qui sont vraisemblablement incluses dans les phases d'évaluation et de diffusion. Encore, ce modèle ne représente pas les tâches spécifiques d'un système de fusion de l'information.

IV.2.2.3. Modèle Omnibus :

À la différence du modèle de JDL, le modèle omnibus organise les étapes d'un système de fusion de l'information dans un ordre cyclique, juste comme la boucle d'OODA et le cycle d'intelligence. Cependant, elle fait explicitement les activités se rapportant à des tâches de fusion de l'information (voir le schéma 10). Le modèle omnibus doit être appliqué répétitivement pendant la phase de conception d'un système de fusion de l'information. [BED09].

Chapitre IV : modèles pour la fusion d'information

Au commencement, il devrait être employé pour modéliser le cadre fournissant une perception globale du système. Après, ce modèle peut être employé pour concevoir les tâches secondaires fournissant une compréhension du système.

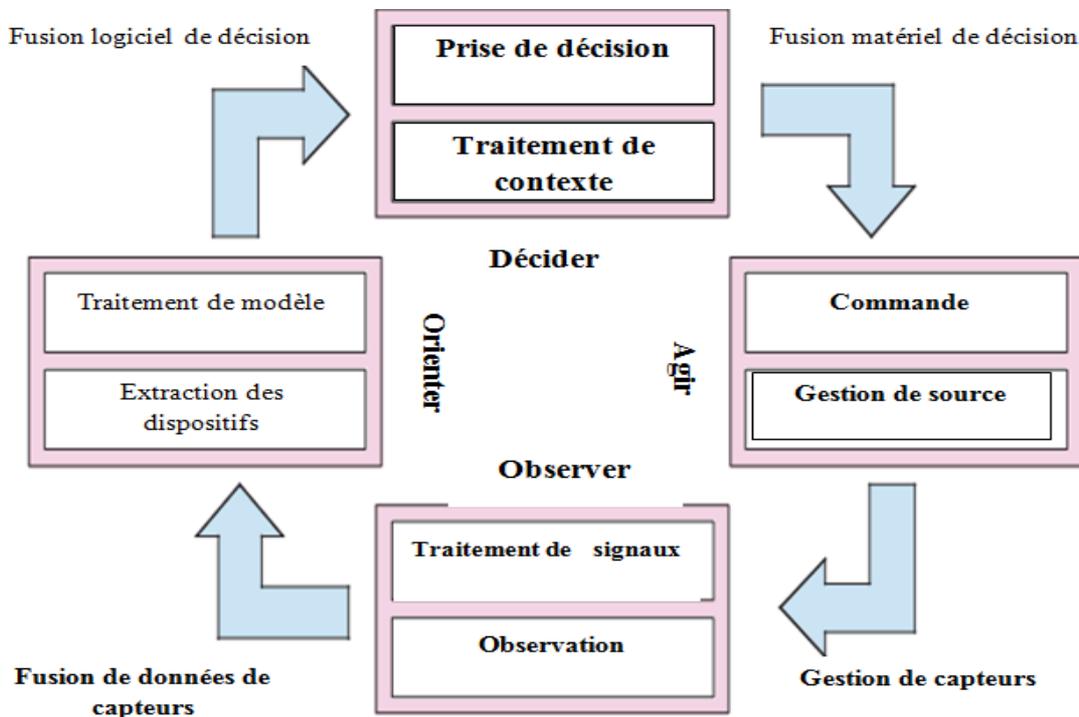


Figure 11 : Modèle d'omnibus

À l'origine le modèle omnibus est proposé pour traiter l'information recueillie par les dispositifs de capteurs. Quelques modifications peuvent être suggérées pour la rendre plus générale et appropriée à d'autres systèmes de fusion de l'information. D'abord, l'observation et le traitement des signaux peuvent être remplacés par le rassemblement de l'information et le prétraitement de l'information, respectivement. En second lieu, la fusion de données de capteurs devrait être énoncée en tant que fusion de données brutes. Troisièmement, au lieu de la gestion de capteurs nous devrions adopter la gestion de sources. De cette façon, nous faisons l'approprié modèle omnibus aux systèmes d'information qui traitent n'importe quel genre de sources, y compris des capteurs.

IV.2.2.4. Quelques remarques sur les modèles basés Activités:

Les deux premières activités des modèles (OODA et cycle d'intelligence) sont générales et peuvent être utilisées dans n'importe quel domaine d'application. En conséquence, elles n'accomplissent pas les aspects spécifiques du domaine de fusion exigeant, ainsi, expérience et expertise pour modéliser des tâches de granularité fine. Le modèle omnibus n'est pas vraiment un nouveau modèle. Il détaille les activités d'OODA en indiquant les tâches de fusion qui devraient être exécutées à chaque étape.

IV.2.3. Modèles basés rôle :

Les modèles basés rôle représentent un changement de lieu sur la façon dont les systèmes de fusion de l'information peuvent être modélisés et conçus. Dans de tels modèles, des systèmes de fusion de l'information indiqués sont basés sur les rôles de fusion et les rapports entre eux fournissant un modèle pour le système de fusion. Les deux membres de cette génération sont le modèle Orienté Objet et l'architecture de Frankel-Bedworth. Contrairement aux modèles précédents, les modèles basés rôle n'indiquent pas des tâches ou des activités de fusion. Au lieu de cela, ils fournissent un ensemble de rôles et indiquent les rapports entre eux.

IV.2.3.1. Modèle Orienté Objet :

Kokar et al proposent un modèle orienté objet pour les systèmes de fusion de l'information. Ce modèle emploie également l'architecture cyclique. Cependant, à la différence des modèles précédents, il n'indique pas des tâches ou des activités de fusion. Au lieu de cela, le modèle orienté objet fournit un ensemble de rôles et indique la relation entre eux. [KBF02]. Le schéma 11 est une simplification du modèle orienté objet.

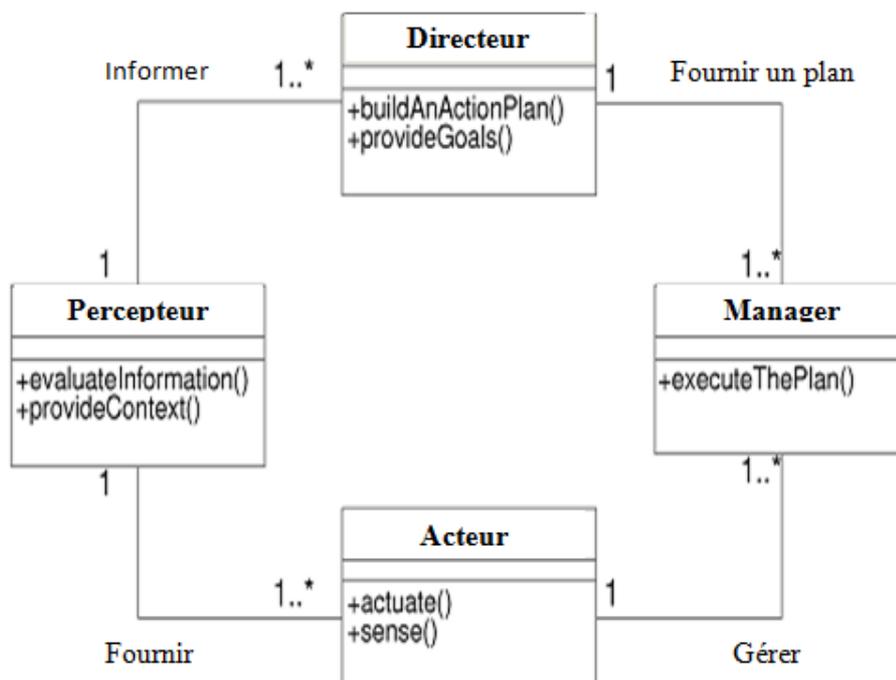


Figure 12: Le modèle Orienté Objet pour la fusion de l'information

Où quatre rôles sont identifiés :

Acteur : Responsable de l'interaction avec le monde, rassemblant l'information et agissant sur l'environnement.

Percepteur : Une fois que l'information est recueillie, le percepteur évalue une telle information fournissant une analyse mise dans un contexte au directeur.

Chapitre IV : modèles pour la fusion d'information

Directeur : Basé sur l'analyse fournie par le perceuteur, le directeur établit un plan d'action indiquant les buts du système.

Manager: Le Manager commande les acteurs pour exécuter les plans formulés par le directeur.

De la perspective de réalisation (rôle des objets), les objectifs de l'humain et de la machine ne sont pas distincts. Pour cette raison, le modèle Orienté Objet ne sera probablement pas directement tracé sur des réalisations de système réelles basées sur les langages de la programmation orientée objet, néanmoins, il mérite cette brève discussion, parce que c'est un modèle intermédiaire vers l'architecture de Frankel-Bedworth que nous discutons ci-dessous.

IV.2.3.2. Architecture de Frankel-Bedworth :

Frankel [FRA09] décrit une architecture pour la fusion humaine composée de deux processus autorégulateurs: local et global. L'évaluation locale du processus contrôle l'exécution des activités courantes basées sur des buts et des horaires fournis par le processus global. Le processus global met à jour les buts et les horaires selon la rétroaction fournie par le processus local. L'architecture de Frankel est alors transportée à une architecture de fusion de machine qui sépare la commande et l'évaluation,

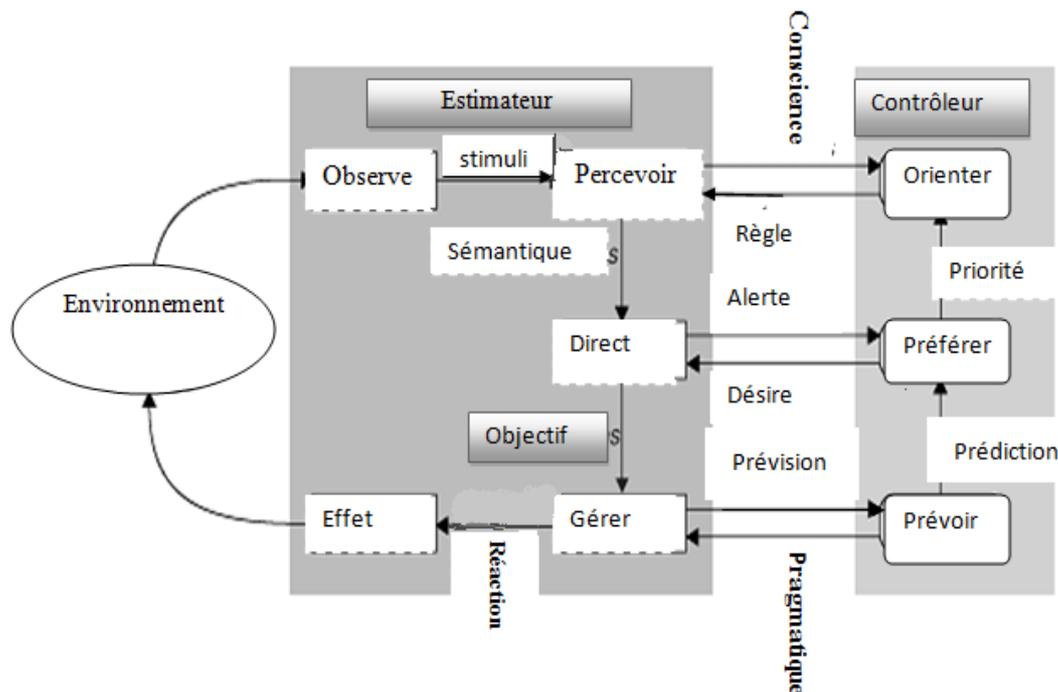


Figure 13 :L'architecture de Frankel-Bedworth

Les processus locaux et globaux ont différents objectifs et, par conséquent, ont différents rôles. Le processus local essaye de réaliser les buts indiqués et de maintenir les normes indiquées. Ainsi le processus local a le rôle d'estimateur, qui est semblable au précédent des modèles de la fusion et inclut les tâches suivantes :

Sens: L'information brute est recueillie par les émetteurs d'information.

Percevoir: Des stimuli recherchés par l'observation sont occupés selon leur pertinence et le contrôleur est au courant que des stimuli sont employés (conscience).

Chapitre IV : modèles pour la fusion d'information

Direct : Basé sur la compréhension de la perception (sémantique). L'estimateur fournit une rétroaction (alerte) au contrôleur. La disparité entre la situation actuelle et la situation désirée est évaluée. Puis, l'estimateur est alimenté en avant avec des désirs qui indiquent les nouveaux buts et horaires.

Contrôler : Basé sur les objectifs, le contrôleur est activé pour définir ce qui est pratique (Pragmatique) ainsi l'estimateur peut fournir une réponse appropriée. Puis, l'estimateur fournit une rétroaction au contrôleur en rapportant les espérances fournies au sujet de la décision (sensibilité).

Effet: Des décisions choisies (réponses) sont appliquées et la boucle est fermée par l'observation des changements de l'environnement.

Le procédé global de commande contrôle les buts et l'exécution du système pendant l'exécution du processus local. Ainsi, le processus global a le rôle de contrôleur, ce qui est responsable de commander et de contrôler le rôle d'estimateur et inclut les tâches suivantes :

Orienter: L'importance ou la pertinence des stimuli est configurée.

Préférer: La priorité est accordée aux aspects qui sont les plus appropriés au comportement de la réalisation de but, détaillant les buts locaux (désirs).

Prévoir: Des prévisions sont faites et les objectifs intentionnels sont filtrés, déterminant ce qui est pratique à la pragmatique d'estimateur.

L'architecture de Frankel-Bedworth présente la notion d'un processus global séparé du processus local. Dans le procédé global de commande règne le processus local en commandant et en définissant ses buts et en surveillant son exécution. D'autre part, le processus local est censé mettre en application et exécuter des méthodes et des algorithmes de fusion pour accomplir les objectifs du système. Cette architecture prolonge les modèles précédents cela ont été concernés seulement par les aspects de processus locaux. Cependant, d'autres discussions sur la façon dont employer efficacement cette architecture pour concevoir et mettre en application les vrais systèmes de fusion d'information sont encore souhaitables.

Dans les vrais WSNs, le procédé global de commande sera très probablement effectué par les êtres humains qui alimentent le réseau avec des directives d'opération (priorités, désirs, et pragmatique), tandis que le procédé local d'évaluation devrait être mis en application dans le système informatique (des nœuds de capteurs et des systèmes intégrés). Dans ce contexte, toutes les fois que nécessaire, le processus global peut alimenter le processus local par la diffusion d'intérêt en employant, par exemple, le paradigme dirigé de communication de diffusion.

IV.2.3.3. Quelques remarques sur les modèles Basés Rôles:

Les modèles basés Rôles sont les modèles qui indiquent les acteurs et leurs rôles dans la tâche de fusion. Ces modèles représentent un niveau évolué de maturité dans le domaine de fusion. Bien que ces modèles fournissent une meilleure compréhension de la tâche de fusion, ils ne considèrent pas explicitement les particularités de WSNs.

IV.3. Conclusion :

Plusieurs modèles de la fusion de l'information ont été proposés pour les RCSF basés sur des critères, parmi ces critères on cite : information, activité, rôle.

Dans ce chapitre on a décrit selon chaque critères quelques modèles a titre d'exemple selon l'information on a présenté le modèle JDL, le modèle de Dasarathy. Ainsi a on fait des petites comparaisons entre eux.



Chapitre V

V.1. Introduction :

Dans WSNs, la fusion de l'information est étroitement liée à la communication de données. La raison est due aux sources d'énergie limitées des nœuds de capteurs, il est habituellement souhaitable de tirer profit de la capacité limitée de calcul de nœuds de capteur d'exécuter la fusion dans le réseau pour réduire le trafic des données globales. Ainsi, dans cette section nous discutons quelques aspects appropriés concernant la relation entre la fusion d'information et la communication de données.

V.2. Fusion de l'information et communication de données :

V.2 .1. Paradigmes de l'informatique répartie :

Différents paradigmes de l'informatique répartie ont été adoptés dans WSNs, et selon le paradigme choisi, la fusion de l'information se produit à différentes manières. Dans cette section, nous discutons l'utilisation de la fusion de l'information dans différents paradigmes de l'informatique répartie, à savoir l'agrégation dans le réseau, le Client /Serveur, les réseaux actifs, et les paradigmes d'agents mobiles.

V.2.1.1. Agrégation dans le réseau :

L'agrégation dans le réseau est le plus populaire paradigme de l'informatique répartie dans WSNs. L'idée est de tirer profit du nœud de la capacité de calcul et exécutent l'algorithme désiré de fusion tandis que des données sont conduites vers le nœud collecteur. Pour cette raison, ce paradigme désigné également sous le nom du routage central de données. Trouver un arbre de routage optimal, relier des sources aux collecteurs s'avèrent un problème NP-complet.

La solution de diffusion dirigée est le premier travail de l'agrégation de données dans WSNs.

Une caractéristique principale de la diffusion dirigée est que des événements sont envoyés et arrivés d'une manière asynchrone, et quand ils arrivent à un nœud, ils déclenchent des rappels de service aux applications appropriées (abonnés). Ces applications sont ceux qui mettent en application et exécutent les algorithmes désirés de fusion de l'information. Dans cette solution, les détails de la façon dont les données éditées sont fournies aux abonnés dépendent de l'implémentation des filtres qui sont réellement les algorithmes de routage et de fusion.

Selon l'organisation de réseau, l'agrégation dans le réseau peut se produire de différentes manières selon la stratégie de routage.

Dans les réseaux plats, les données sont conduites d'un mode de multi sauts(d'un nœud à nœud) jusqu'à atteindre le collecteur. Ainsi, la fusion de l'information devrait être exécutée par chaque nœud qui prend partie dans le processus de routage, et tous les algorithmes de fusion doivent être mis en application par chaque nœud.

Dans les réseaux hiérarchiques, nous avons habituellement deux communications. Une pour que les membres de groupe atteignent la cluster-head, et une autre pour que les cluster-head atteignent le nœud collecteur. Dans ce type de communication, la fusion de l'information est exécutée par les cluster-head qui envoient les résultats au collecteur.

Chapitre V : la fusion de l'information et communication de données

Les premières solutions hiérarchiques des WSNs étaient l'épuisement, mais plusieurs autres ont été proposées depuis. Dans une solution hybride, nous pourrions prendre le saut multiple relié des nœuds de source à leur cluster-head, et/ou saut multiples reliant des cluster-head, au collecteur. Ainsi, dans un tel scénario nous pouvons combiner l'agrégation plate et hiérarchique dans le réseau.

V.2.1.2. Client-serveur :

Le modèle client/serveur traditionnel, comme nous avons dans l'Internet, exige la connaissance, à chaque nœud, de l'existence des nœuds communiquant (serveurs) avec leurs adresses. [XAQ04]

Dans WSN, cependant, nous pouvons détendre cette restriction dans une approche donnée centrale où, au lieu de savoir les adresses des nœuds, nous devons seulement savoir des noms de données (par exemple, la température et mouvement). Dans ce contexte, des systèmes donnés centraux de stockage peuvent être vus comme variante de donnée-central-client-serveur dans le sens que, dans de tels systèmes, des données sont stockées par nom dans un nœud ou un ensemble de nœuds (serveurs de données), et quand un utilisateur ou un nœud différent de capteur (client de données) recherche des données spécifiques, elles peuvent directement questionner le nœud stockant ce type de données. De la perspective de fusion, les nœuds stockant des données peuvent répondre à la question en exécutant l'algorithme désiré de fusion, et à l'expédition seulement le résultat.

Quand l'algorithme de fusion exige différents types de données de différents serveurs de données, nous pouvons combiner le Client/Serveur et les paradigmes d'agrégation de données dans le réseau de sorte que la fusion de l'information soit également exécutée le long du chemin de routage. Une approche moins intéressante du paradigme de serveur et client se produit quand les nœuds de capteur (clients de la fusion) envoient leurs données au collecteur (serveur de la fusion) et la fusion de données est exécutée.

V.2.1.3. Réseaux Actifs :

Les réseaux actifs permettent l'injection des programmes opérateurs dans les nœuds du réseau. En conséquence, ce paradigme permet la complexité élevée et les calculs personnalisés à exécuter dans le réseau. Dans ce cas-ci, la fusion de l'information peut voyager dans le réseau en tant que paquets actifs, permettant différentes méthodes et applications à exécuter à différents moments, au lieu de stocker chaque algorithme possible de fusion dans les nœuds.

En particulier, Maté et les cadres de SensorWare ont proposé d'implémenter le paradigme actif de réseaux dans des réseaux de capteur. Ce paradigme est particulièrement intéressant pour au moins deux scénarios :

- (i) quand nous ne pouvons pas prévoir le comportement de l'application
- (ii) quand nous devons concevoir les réseaux à longue durée dont les applications peuvent être à distance changées. [LEC02] [BHS03].

V.2.1.4. Agents Mobiles :

Les agents mobiles sont des programmes qui peuvent émigrer du nœud au nœud dans un réseau, aux temps et aux lieux de leur propre choix. L'état du programme courant est sauvegardé, envoyé au nouveau nœud et reconstitué, ainsi le programme peut continuer du point qu'il s'est arrêté. Xu et Qi évaluent l'utilisation des agents mobiles pour la performance de la fusion de l'information dans WSN

Chapitre V : la fusion de l'information et communication de données

et prouvent que, contrairement au modèle de client/serveur, ce paradigme sauvegarde la largeur de la bande de réseau et fournit une manière efficace de surmonter la latence de réseau quand le nombre de nœuds est grand, qui devrait souvent être le cas. [XAQ04] [KAG09].

V.2.2. La fusion d'information et protocoles de communication de données:

Concernant le rapport des protocoles de communication de fusion de données et de l'information dans WSN, la fusion de l'information peut jouer un rôle de support ou un rôle principal. Dans l'ancien, nous avons la fusion de l'information agissant en tant qu'outil pour aider l'établissement de protocole de transmission, tandis que dans le dernier, les protocoles de transmission sont conçus pour soutenir une application de fusion de l'information (par exemple, cible d'agrégation de données dépointant). Pour démontrer, nous revisitons brièvement quelques références, les mettant dans le contexte du rôle de la fusion de l'information.

V.2.2.1. Fusion de l'information comme rôle de support :

La fusion de l'information est un outil important pour soutenir différentes tâches dans WSN. Toutes les tâches exigeant n'importe quelle sorte d'évaluation de paramètres peuvent tirer bénéfice des méthodes discutées auparavant. De même, chaque décision basée inférence peut employer les techniques présentées. Actuellement, la fusion de l'information a commencé à être employée comme rôle de support pour aider des protocoles de transmission mais son potentiel est loin d'être entièrement exploré.

Les protocoles de MAC ont employé des techniques de fusion de l'information intensivement. La logique floue est employée pour définir le coefficient d'utilisation des nœuds dans la couche de MAC.

Des filtres moyen et mobile ont été employés par des protocoles de MAC avec différents buts comme :

- estimant le bruit ambiant pour déterminer si le canal est clair.
- synchronisation d'horloge locale pour la controverse.

V.2.2.2. Fusion de l'information comme principal rôle :

Dans beaucoup de cas, nous ne pouvons pas distinguer des algorithmes de fusion de l'information de l'application, dans le sens que, pour accomplir les objectifs d'application nous exécutons un ou des algorithmes multiples de fusion de l'information. Par exemple, le cheminement de cible est essentiellement l'application des algorithmes de fusion de l'information tels que Kalman, ou le filtre de particule ; une détection d'événement est essentiellement une tâche d'inférence qui peut employer une technique de fusion de l'information telle que l'inférence bayésienne ou de Dempster-Shafer. Quand la fusion de l'information joue un rôle principal (application) dans le réseau, la manière que la communication est établie peut affecter les résultats concernant la qualité de données et la consommation d'énergie.

Chapitre V : la fusion de l'information et communication de données

V.3. Conclusion :

Nous avons consacré ce chapitre à l'étude de l'utilisation de la fusion de l'information dans les paradigmes de l'informatique répartie tel que l'agrégation, client/serveur, nous avons aussi spécifiés la relation entre la fusion de l'information et les protocoles de communication de données ainsi son rôle qu'elle occupe dans ce dernier.



Chapitre VI

VI.1. Introduction

Dans ce chapitre nous décrivons l'environnement et les outils qui ont servi au développement et à la réalisation de notre application, et nous terminons par la présentation de ses fonctionnalités à travers ses différentes interfaces.

VI.2. Présentation de TinyOs :

Suite aux différents défis des WSN qu'on a vus dans les chapitres précédents, l'université de Berkeley, en plus de nombreux contributeurs ont développé un système d'exploitation destiné au WSN afin de faciliter l'implémentation et l'exécution de protocoles dédiés à ce type de réseaux. L'objectif consiste à minimiser la taille du code afin de respecter les contraintes de ressources énergétiques et physiques des nœuds capteurs. Ce système est intitulé TinyOS. [MWI06].

Il a l'avantage de permettre une programmation simple et puissante tout en gardant la portabilité du code pour les nombreuses plateformes supportées. Il est utilisé par plus de 500 universités et centres de recherche dans le monde vu la caractéristique open source qu'il détient [SYL07]. Il respecte une architecture basée sur une association de composants. Il utilise une programmation entièrement réalisée en langage NesC.



VI.2.1. Pourquoi TinyOS ?

Les systèmes d'exploitation pour les nœuds capteurs sont généralement moins complexes que les autres systèmes. Plusieurs systèmes d'exploitation ont été proposés pour les WSN parmi lesquels on trouve SOS [CEM05], Contiki[ABT04], MANTIS[CCJ06].

TinyOS reste néanmoins le plus répandu pour les WSNs car il répond aux exigences particulières des applications des WSN. Il convient alors de mentionner les propriétés qui rendent TinyOS aussi populaire pour ce genre de réseaux: [HJK08]

- Une taille de mémoire réduite.
- Une basse consommation d'énergie.
- Des opérations robustes.
- Applications orientées composants: TinyOS fournit une réserve de composants systèmes utilisables au besoin.

La réalisation

– Programmation orienté évènement : Généralement sur TinyOS, un programme s'exécute suivant le déclenchement des événements. Sinon, les capteurs restent en veille ce qui maximise la durée de vie du réseau.

VI.2.2. Notions principales :

TinyOS est construit autour des différents concepts décrits ci-dessous: [SYL07]

- Les composants : constitués de :
 - Frame : est un espace mémoire de taille fixe permettant au composant de stocker les variables globales et les données qu'il utilise. Il n'en existe qu'un seul par composant.
 - Tâches : contiennent l'implémentation des fonctions. Elles sont décomposées en deux catégories : les commandes et les évènements.
- Les interfaces : représentent le descriptif des fonctions définies dans les tâches.

VI.3. Présentation de NesC :

NesC est un langage de programmation orienté composants syntaxiquement proche du langage C. Il est conçu pour la réalisation des systèmes embarqués distribués, en particulier, les WSN. [HJK08]

Il existe trois types de fichiers sources des applications NesC: les fichiers interfaces, les fichiers configurations et modules qui constituent les composants. [DPH06]

- □ Une configuration définit les composants et/ou les interfaces utilisés par l'application déployée sur le capteur. Elle définit aussi la description des liaisons entre eux.
- □ Un module constitue la brique élémentaire du code et implémente une ou plusieurs interfaces.
- Une interface définit d'une manière abstraite les interactions entre deux composants. Elle définit un fichier décrivant les commandes et les évènements proposés par le composant qui les implémente. Une commande doit être implémentée par le fournisseur de l'interface et un évènement doit être implémenté par l'utilisateur de l'interface.

VI.4. Présentation de TOSSIM :

Avant sa mise en place, le déploiement d'un WSN nécessite une phase de simulation afin de s'assurer du bon fonctionnement de tous les protocoles de communication qu'il utilise. En effet, pour de grands réseaux, le nombre de capteurs peut atteindre plusieurs milliers et entraîne donc un coût financier relativement important. Ainsi, il faut réduire au maximum les erreurs de la conception. Malgré cela, il reste des facteurs réels qui ne peuvent être pris en

La réalisation

compte par la simulation, tels que les contraintes physiques (perturbations électromagnétiques, inondations, etc.) ou les aléas (détériorations dues à un animal, etc.)

Pour arriver à simuler le comportement des capteurs au sein d'un WSN, un outil très puissant a été développé et proposé pour TinyOS sous le nom de TOSSIM. Le principal but de TOSSIM est de créer une simulation très proche de ce qui se passe dans les WSN dans le monde réel. Une économie d'effort et une préservation du matériel sont possibles grâce à cet outil. [MWI06]

Pour une compréhension moins complexe de l'activité du réseau, TOSSIM peut être utilisé avec une interface graphique TinyViz. Cette dernière est équipée par plusieurs API plugins qui permettent d'ajouter plusieurs fonctions à notre simulateur comme par exemple suivre la dépense d'énergie en utilisant un autre simulateur qui s'appelle PowerTOSSIM. [WAS06]

VI.5. Présentation de TinyViz :

TinyViz est une interface graphique Java. Elle permet de donner un aperçu des capteurs à tout instant ainsi que des divers messages qu'ils émettent. Elle détermine un délai entre chaque itération des capteurs afin de permettre une analyse pas à pas du bon déroulement des actions en activant différents modes comme Radio, CPU, etc. [HJK08].

VI.6. implémentation :

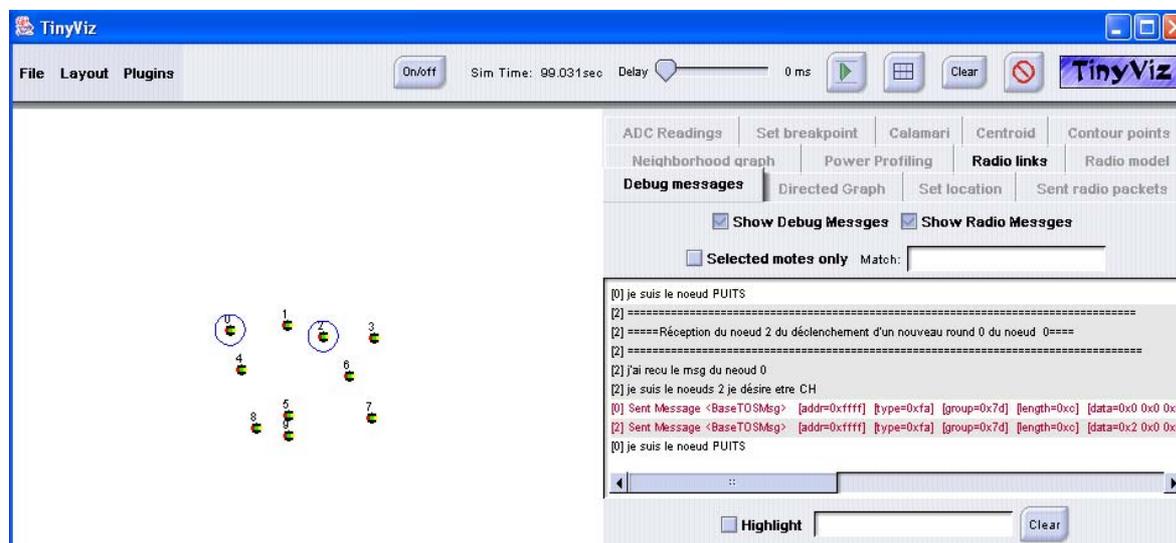


Figure14 : détection du nœud puits

La figure 1 montre que le nœud 0 est le nœud puits et il envoie des messages d'information à tous les nœuds du réseau, et on voit ici que le nœud 2 a reçu le message du nœud puits.

La réalisation

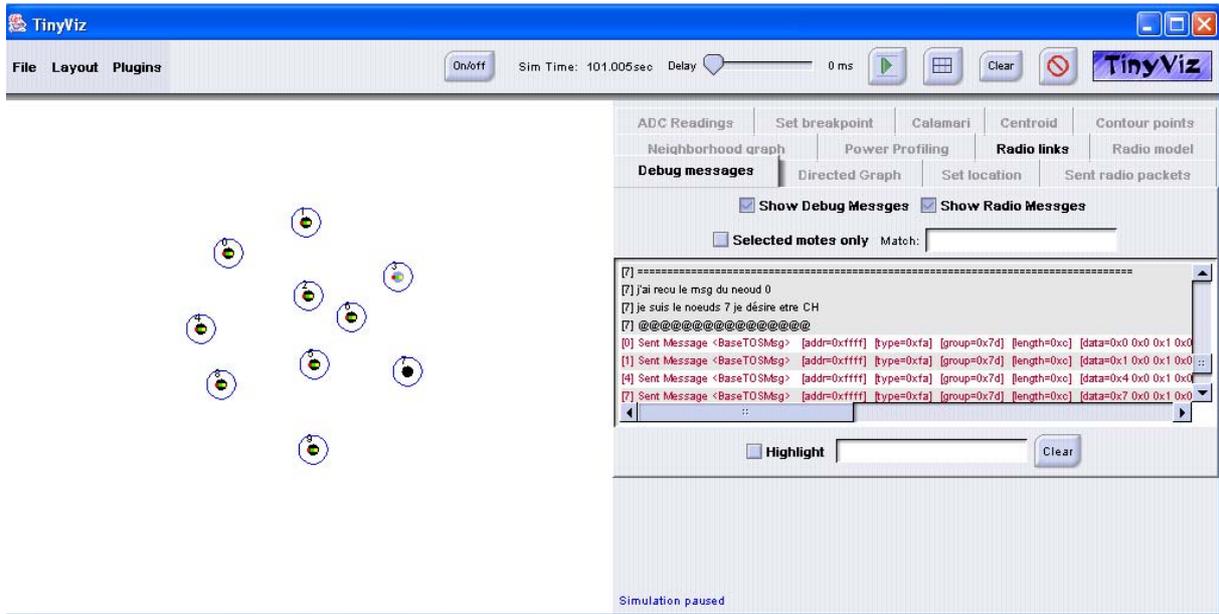


Figure 15: sélection de cluster head

Dans la figure 2 on voit que le nœud 7 a de la couleur noire ce qui veut dire qu'il est sélectionné pour être le cluster head de tous les nœuds.

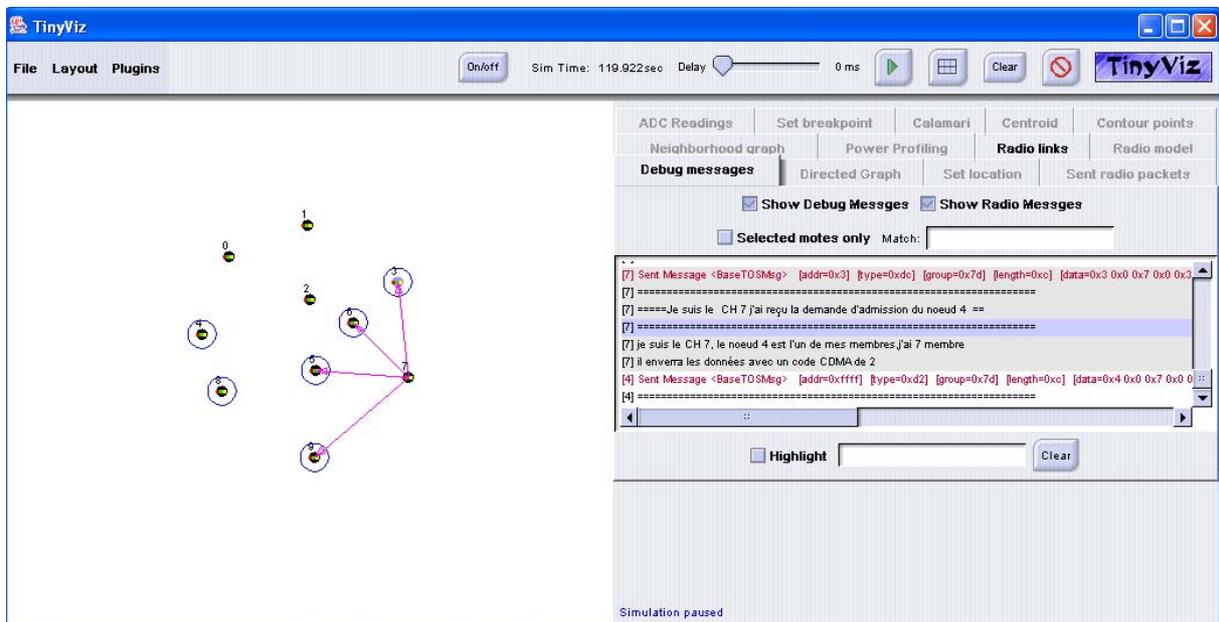


Figure 16 :envoi de message par le CH

La réalisation

Dans cette figure on voit que le nœud 7 est cluster head et envoie les messages aux nœuds de cluster (9, 3, 6, 5) pour leur dire que lui est le cluster head et demande à ces membres de lui envoyer leurs informations.

VI.7. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté le résultat de notre simulation ainsi que l'environnement que nous avons utilisé pour cette réalisation.

Nous avons décrit quelques fenêtres de notre projet ainsi que le fonctionnement général.

Nous estimons avoir atteint notre objectif en réalisant une simulation d'un réseau de capteur sans fils.

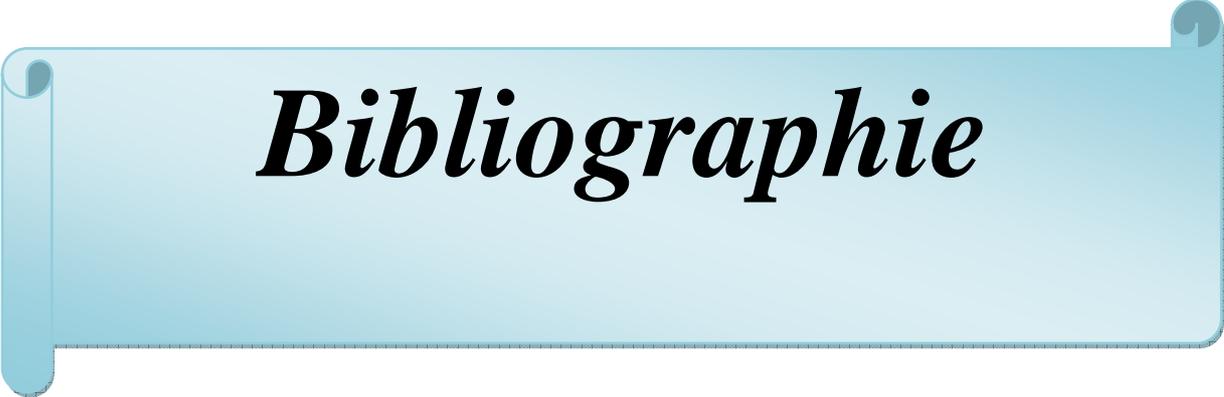
Conclusion générale

Depuis quelques années, les avancées technologiques en termes de miniaturisation des machines et des supports de communication y afférant ont rendu envisageable le déploiement et l'exploitation de milliers de capteurs, organisés en réseau. D'ailleurs, les réseaux de capteurs ont été identifiés comme l'une des dix technologies clefs de l'avenir et ce en raison de l'incroyable potentiel applicatif qu'elle renferme.

La fusion de l'information est employée aussi bien dans la vie quotidienne que dans les technologies les plus récentes. Il existe plusieurs topologies et niveaux de fusion dont le choix dépend de la nature des sources et de l'information. De nombreux travaux sur la fusion de l'information dans les applications réelles montrent que la fusion améliore nettement les performances du système par rapport à chacune des sources prises isolément. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées. Les principales sont essentiellement basées sur une modélisation floue et probabiliste. Les premières sont issues des approches bayésiennes, de la théorie des croyances les secondes reposent sur la théorie des sous ensembles flous et la théorie des possibilités.

Dans ce projet, nous avons vu les différents concepts de la fusion d'information, ainsi leur classification, les méthodes utilisées et nous avons visité quelques modèles employés.

Comme perspectives de notre travail, il serait intéressant de poursuivre ce projet en introduisant d'autres méthodes de fusion de données et de procéder au contrôle automatique du réglage des différents capteurs. Nous envisageons tous cela dans nos futurs travaux de recherche qu'ils soient d'ordre individuels, professionnels ou académiques.



Bibliographie

Bibliographie

- [**ABT04**] Adam Dunkels, Björn Grönvall, Thiemo Voigt, « Contiki - a Lightweight and Flexible Operating System for Tiny Networked Sensors », 29th Annual IEEE International Conference on Local Computer Networks, Pages: 455–462, Swedish Institute of Computer Science, 2004.
- [**AJC02**] Alexandre Brianceau, Jérémie Christin « sécurité de l'agrégation de données dans les réseaux de capteurs », rapport de projet M1 Informatique, Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines.
- [**ACR03**] ASLAM, J., BUTLER, Z., CONSTANTIN, F., CRESPI, V., CYBENKO, G, AND RUS, D. Tracking a moving object with a binary sensor network. Proceedings of the 1st International Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys'03), 2003.
- [**BAN01**] BANON, G. Distinction between several subsets of fuzzy measures. Fuzzy Sets Syst. 5, May, 1981.
- [**BAY03**] BAYES, T. R. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances. Philosophical Transactions of the Royal Society 53, 1763.
- [**BDS02**] BROWN, C., DURRANT-WHYTE, H., LEONARD, J., RAO,B., AND STEER, B. Distributed data fusion using Kalman filtering: A robotics application. In Data Fusion in Robotics and Machine Intelligence, M.A. Abidi and R. C. Gonzalez, Eds. Academic Press, Inc., San Diego, CA, 1992.
- [**BED09**] BEDWORTH, M.D. AND O'BRIEN, J. C. The omnibus model: A new model for data fusion? In Proceedings of the 2nd International Conference on Information Fusion (FUSION'99). ISIF, Sunnyvale, 1999.
- [**BHS03**] BOULIS, A., HAN, C.-C., AND SRIVASTAVA, M. B. Design and implementation of a framework for efficient and programmable sensor networks. In Proceedings of the 1st International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys'03). USENIX, San Francisco, 2003.
- [**BOY07**] BOYD, J. R. 1987. A discourse on winning and losing. Unpublished set of briefing slides available at Air University Library, Maxwell AFB, Alabama.
- [**CCJ06**] Cormac Duffy, Cormac J. Sreenan, John Herbert, Utz Roedig, « A Performance Analysis of MANTIS and TinyOS », Technical Report CS-2006-27-11, University College Cork, Ireland, November 2006.

Bibliographie

- [CEM05]** C. Han, E. Kohler, M. Srivastava, R. Kumar, R. Shea, « A Dynamic Operating System for Sensor Nodes», Proceedings of the 3rd International Conference on Mobile Systems, Applications and Services (Mobisys), Page(s): 163,176,University of California, Los Angeles, June 2005.
- [CON01]** COHEN, N. H., PURAKAYASTHA, A., TUREK, J., WONG, L., AND YEH, D. Challenges in flexible aggregation of pervasive data. IBM Research Report RC 21942 (98646), IBM Research Division, Yorktown Heights,NY (January). 2001.
- [DAZ01]** DASARATHY, B. V. What, where, why, when, and how? Inform. Fus. 2, 2 (January), 2001.
- [DAZ 07]** DASARATHY, B. V. Sensor fusion potential exploitation-innovative architectures and illustrative applications. Proc. IEEE 85, (January), 1997.
- [DEM08]** DEMPSTER, A. P. A generalization of Bayesian inference. J. Royal Stat. Soc., Series B 30,1968.
- [DPH06]** David Gay, Philip Levis, « TinyOS Programming », Livre, ISBN: 0521896061, Nombre de Pages: 264, Presse de l'université de Cambridge, 28 Juin 2006.
- [DWH08]** DURRANT-WHYTE, H. F. Sensor models and multisensor integration. Inter. J. Robotics Res. (December), 1988.
- [ELW02]** ELMENREICH, W. Sensor fusion in time-triggered systems. Ph.D. thesis, Institut für Technische Informatik, Vienna University of Technology, Vienna, Austria. 2002
- [FRA09]** FRANKEL, C. B. Such order from confusion sprung: Adaptive competence and affect regulation. Ph.D.thesis, Pacific Graduate School of Psychology, Palo Alto, CA. 1999.
- [FRD05]** FRIEDLANDER, D. S. Semantic information extraction. In Distributed Sensor Networks, S. S. Iyengar and R. R. Brooks, Eds. CRC Press, Boca Raton, 2005.
- [FRP02]** FRIEDLANDER,D.S. AND PHOHA, S. Semantic information fusion for coordinated signal processing in mobile sensor networks. Int. J. High Perf. Comput. Appl. 2002.
- [GRS06]** GILKS, W., RICHARDSON, S , AND SPIE, D., Eds. Markov Chain Monte Carlo in Practice. Chapman &Hall/CRC, London, UK. 1996.
- [HAL04]** HALL, D. L. AND LLINAS, J. An introduction to multi-sensor data fusion. Proc. IEEE 85, 1 (January), 1997.

Bibliographie

- [**HJK08**] H. Alatrasta, J. Mathieu, K. Gouaïch S. Aliaga, « Implémentation de protocoles sur une plateforme de réseaux de capteurs sans fil », TER master 1 informatique, Université de Montpellier II, 29 Avril 2008.
- [**KAG09**] KOTZ,D. AND GRAY, R. S. Mobile agents and the future of the internet. ACM SIGOPS Oper. Syst.Rev. 33, 3 (July), 1999.
- [**KAL60**] KALMAN, R. E. A new approach to linear filtering and prediction problems. Trans. ASME J. Basic Engin. 1960.
- [**KBF02**] KOKAR, M. M., BEDWORTH,M.D., AND FRANKEL, C. B. 2000. A reference model for data fusion systems. In Sensor Fusion: Architectures, Algorithms and Applications IV. SPIE, Orlando, FL, 191–202.
- [**KHB02**] KULIK, J., HEINZELMAN,W., AND BALAKRISHNAN, H. Negotiation-based protocols for disseminating information in wireless sensor networks. *Wireless Networks* 8, 2/3 (March-May). 2002.
- [**KLE03**] KLEIN, L. A. Sensor and Data Fusion Concepts and Applications. Vol. TT14. SPIE Optical Engineering Press, 1993.
- [**LAK05**] LUO,R.C. AND KAY, M. G. Multisensor Integration and Fusion for Intelligent Machines and Systems, Reissue edition Computer Engineering and Computer Science. Ablex Publishing, New Jersey, USA, 1995.
- [**LEE90**] LEE, C. C. Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller—part i. *IEEE Trans. Syst., ManCyber.* 20, (March–April), 1990.
- [**LEC02**] LEVIS,P. AND CULLER, D. Maté: A tiny virtual machine for sensor networks. In Proceedings of the 10th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS). ACM Press, San Jose, CA, 2002.
- [**LYS02**] LUO, R.C.,YIH, C.-C., AND SU, K. L. Multisensor fusion and integration: Approaches, applications, and future research directions. *IEEE Sensors J.* 2, 2 (April), 2002.
- [**MAR09**] MARZULLO, K. Tolerating failures of continuous-valued sensors. *ACM Trans. Comput. Syst.(TOCS)* 8, 4 (November). 1990.
- [**MAR04**] MARZULLO, K. Maintaining the time in a distributed system: An example of a loosely-coupled distributed service. Ph.D. thesis, Stanford University, Department of Electrical Engineering, Stanford,CA. 1984.
- [**MWI06**] Mathieu Badnet, Nicolas Belloir «Réseaux de capteurs : Mise en place d’une plateforme de test et d’expérimentation », Master Technologie de l’Internet 1ère année, France, 2005/2006.

Bibliographie

- [**NGG02**] NORDLUND, P.-J., GUNNARSSON, F., AND GUSTAFSSON, F. Particle filters for positioning in wireless networks. In Proceedings of the XI European Signal Processing Conference (EURSIPCO'02). Vol. II. TeSA, Toulouse, France, 2002.
- [**PER05**] PEIRCE, C. S. Abduction and induction. In Philosophical Writings of Peirce, C. S. Peirce and J. Buchler, Eds. Dover, New York, 1955.
- [**PKA02**] POTTIE, G. J. AND KAISER, W. J. Wireless integrated network sensors. Comm. ACM 43, 5 (May). 2000.
- [**RAN04**] RABBAT, M. AND NOWAK, R. D. Distributed optimization in sensor networks. In Proceedings of the 3rd International Symposium on Information Processing in Sensor Networks (IPSN'04), 2004.
- [**ROS09**] ROSENBLATT, F. Two theorems of statistical separability in the perceptron. In Mechanization of Thought Processes. National Physical Laboratory, London, UK, 1959.
- [**SBR02**] SCHMITT, T., HANEK, R., BEETZ, M., BUCK, S., AND RADIG, B. Cooperative probabilistic state estimation for vision-based autonomous mobile robots. IEEE Trans. Robotics Autom. (October), 2002.
- [**SBW09**] STEINBERG, A. N., BOWMAN, C. L., AND WHITE, F. E. 1999. Revisions to the JDL data fusion model. In Proceedings of the SPIE. Vol. 3719. SPIE, Orlando, FL, 430–441.
- [**SHA06**] SHAFER, G. A Mathematical Theory of Evidence. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1976.
- [**SHC02**] SHULSKY, A. N. AND SCHMITT, G. JSilent Warfare: Understanding the World of Intelligence, Brassey's, Inc., New York, 2002.
- [**SUK01**] SCHMID, U. AND SCHOSSMAIER, K. How to reconcile fault-tolerant interval intersection with the Lipschitz condition. Distrib. Comput. 14, 2 (April). 2001.
- [**SWI09**] SMITH, S. W. The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing, 2nd ed. California Technical Publishing, San Diego, CA. 1999.
- [**SYL07**] Sylvie Tixier, « TinyOS », Mini rapport, LIF12, Université Lyon 1, 6 Décembre 2007.
- [**UDD06**] U.S. Department of Defense, Data fusion lexicon. Published by Data Fusion Subpanel of the Joint Directors of Laboratories. Technical Panel for C3 (F.E. White, Code 4202, NOSC, San Diego, CA). 1991.
- [**VAR03**] VAN RENESSE, R. The importance of aggregation. In Future Directions in Distributed Computing: Research and Position Papers, A. Schiper, A. A. Shvartsman, H. Weatherspoon, and B. Y. Zhao, Eds. Lecture Notes in Computer Science, vol. 2584. Springer, Bologna, Italy, 2003.

Bibliographie

[WAH60] WIDROW, B. AND HOFF, M. E. Adaptive switching circuits. 1960 IRE Western Electric Show and Convention Record 4, 1960.

[WAL01] WALD, L. Some terms of reference in data fusion. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 13, 3 (May), 1999.

[WAS06] Yasmina Khalfaoui, «Routage dans les réseaux de capteur sans fils», Projet de fin d'étude, Centre universitaire Mustapha Stambouli, Mascara, 2006.

[WLZ06] WHITEHOUSE, K., LIU, J., AND ZHAO, F. Semantic streams: A framework for composable inference over sensor data. In 3rd European Workshop on Wireless Sensor Networks (EWSN'06), K. Rømer, H. Karl, and F. Mattern, Eds. Lecture Notes in Computer Science, vol. 3868. Springer, Zurich, Switzerland, 2006.

[XAQ04] XU, Y. AND QI, H. Distributed computing paradigms for collaborative signal and information processing in sensor networks. J. Para. Distrib. Comput. 64, 8 (August), 2004.

[YAC08] Yacine Challal, « Réseaux de Capteurs Sans Fils », Cours, Systèmes Intelligents pour le Transport, Université de Technologie de Compiègne, France, 17 Novembre 2008.



Annexe

Annexe A : Le système d'exploitation TinyOS

A.1. Présentation générale de TinyOS :

TinyOS est un système d'exploitation open source conçu pour les réseaux de capteurs par l'université américaine de BERKELEY. Le caractère open source permet à ce système d'être régulièrement enrichi par une multitude d'utilisateurs. Sa conception a été entièrement réalisée en NesC, langage orienté composant syntaxiquement proche du C. Il respecte une architecture basée sur une association de composants, réduisant ainsi la taille du code nécessaire à sa mise en place. Cela s'inscrit dans le respect des contraintes de mémoires qu'observent les capteurs pourvus de ressources très limitées dues à leur miniaturisation.



Fig. A-1 : Cigle du système d'exploitation TinyOS.

Pour autant, la bibliothèque de composants de TinyOS est particulièrement complète puisqu'on y retrouve des protocoles réseaux, des pilotes de capteurs et des outils d'acquisition de données. Un programme s'exécutant sur TinyOS est constitué d'une sélection de composants systèmes et de composants développés spécifiquement pour l'application à laquelle il sera destiné (mesure de température, taux d'humidité...).

TinyOS s'appuie sur un fonctionnement évènementiel, c'est-à-dire qu'il ne devient actif qu'à l'apparition de certains évènements. Le reste du temps, le capteur se trouve en état de veille, vu les faibles ressources énergétiques des capteurs, garantissant ainsi une durée de vie maximale. Ce type de fonctionnement permet une meilleure adaptation à la nature aléatoire de la communication sans fil entre capteurs.

A.2. Caractéristiques de TinyOS :

TinyOS a été créé pour répondre aux caractéristiques et aux nécessités des RCSF telles que :

- **Taille réduite** : TinyOS a une empreinte mémoire très faible puisqu'il ne prend que 4 Ko de mémoire libre et 300 à 400 octets dans le cadre d'une distribution minimale.

- **Applications orientées composants:** Un programme s'exécutant sur TinyOS est constitué d'une sélection de composants qui peut être utilisée telle quelle ou bien adaptée à une application précise (mesure de température, du taux d'humidité, etc.). A cette fin, TinyOS fournit une réserve de composants systèmes utilisables au besoin.
- **Programmation orienté évènement:** Le plus gros avantage de TinyOS est qu'il est basé sur un fonctionnement événementiel, c'est à dire qu'il ne devient actif qu'à l'apparition de certains évènements. Le reste du temps, le capteur se trouve en état de veille afin de garantir une durée de vie maximale aux faibles ressources énergétiques du capteur. Ce fonctionnement événementiel (event-driven) s'oppose au fonctionnement dit temporel (time-driven) où les actions du système sont gérées par une horloge donnée.

A.3. Allocation de la mémoire :

Il est très important d'aborder la façon avec laquelle un système d'exploitation gère la mémoire, d'autant plus lorsque ce système travaille dans un environnement aussi restreint. TinyOS occupe un espace mémoire faible répartie en :

- Pile : sert de mémoire temporaire au fonctionnement du système notamment pour l'empilement et le dépilement des variables locales.
- Variables globales : réservent un espace mémoire pour le stockage de valeurs pouvant être accessible depuis des applications différentes.
- Mémoire libre : pour le reste du stockage temporaire.

A.4. Guide d'installation :

Deux principales versions de TinyOS sont disponibles : la version stable (1.1.0) et la version en développement (2.0.2) qui nécessite l'installation de l'ancienne version pour fonctionner. TinyOS peut être installé sur Windows (2000 et XP), GNU/Linux, Mac OS ou sur un capteur.

Nous avons procédé à l'installation de la première version de TinyOS sur Windows.

A.6.1. Procédure d'installation sous Windows :

Ce guide propose l'installation du principal outil nécessaire au bon fonctionnement du système, notamment Cygwin (couche d'émulation de l'API Linux) qui permet d'avoir une interface Unix sous Windows. Cygwin est un environnement d'émulation Linux qui permet d'avoir un shell et de compiler et exécuter les programmes Linux (On dispose ainsi de gcc, apache, bash, etc.).



Fig. A-2 : Cygwin.

1- Télécharger le fichier `tinyos-1.1.0-1is.exe` de la source <http://www.tinyos.net/dist-1.1.0/tinyos/windows/>.

2- Exécuter ce fichier pour installer la version 1.1.0 sous windows. L'installation se fait automatiquement. Un raccourci de Cygwin est sauvegardé sur le bureau.

3- Accéder à `C:\tinyos\cygwin\opt\tinyos-1.x\doc\tutorial\verifyhw.html` et suivre les étapes que contient cette page afin de vérifier si l'installation est bien réussie.

A.6.2. Procédure de désinstallation :

Cygwin ne possède pas de désinstalleur intégré, mais, ce logiciel étant propre, il n'éparpille pas ses fichiers sur le disque. Il est facile à désinstaller à la main. Si des services (tels que Apache ou sshd) ont été installés, il est très important de les arrêter et les désinstaller avant de désinstaller Cygwin.

1- Pour arrêter un service taper : `cygrunsrv -E nomDuService` Ou bien passer par le panneau de configuration. Puis supprimer le service : `cygrunsrv -R nomDuService`

2- Supprimer le répertoire `c:\cygwin` et tout ce qu'il contient.

3- Supprimer le sous-répertoire qui se trouve juste en dessous de `setup.exe`: il contient tout ce que l'installeur Cygwin a téléchargé. Ce répertoire porte un nom long qui correspond au miroir qui a été utilisé pour télécharger Cygwin. Par exemple : `http%3a%2f%2fcygwin.cict.fr`

4- Prendre Regedit et supprimer les 2 entrées suivantes en base de registre :

`HKEY_LOCAL_MACHINE\Software\Cygnus Solutions Et`
`HKEY_CURRENT_USER\Software\Cygnus Solutions`

5- Retirer les raccourcis que Cygwin a créés sur le bureau et dans le menu Démarrer.

6- Eventuellement, retirer le chemin `c:\cygwin` ou `c:\cygwin\bin` qui a été ajouté à la variable d'environnement PATH. (Clic-droit sur le poste de travail > Propriétés > onglet > « Avancé » > Variables d'environnement)

7- Si des services (tels que ssh, NFS ...) ont été installés, les scripts d'installation Cygwin ont probablement créé des utilisateurs spéciaux dans Windows pour faire tourner ces services (par exemple, l'utilisateur « sshd_server » pour le serveur ssh). Il faut également supprimer ces utilisateurs en passant par le panneau de configuration (ou bien en tapant `control userpasswords2`).

Annexe B : Le langage de programmation NesC

B.1. Présentation générale de NesC :

NesC est une extension du langage de programmation C. Il est conçu pour incarner les concepts structurant et le modèle d'exécution de TinyOS. Les composants sont les éléments de base pour former une application NesC. Chaque composant correspond à un élément matériel (LED, timer, ADC ...) et peut être réutilisé dans différentes applications.

Les composants NesC fournissent ou utilisent des interfaces bidirectionnelles qui définissent d'une manière abstraite les interactions entre deux composants. L'utilisation des mots clés `use` et `provide` au début d'un composant permet de savoir respectivement si celui-ci fait appel à une fonction de l'interface ou redéfinit son code. Il est à noter que tous les composants NesC doivent posséder l'interface `StdControl` car celle-ci est utilisée pour initialiser, démarrer et arrêter les composants.

Les composants NesC présentent des similarités avec des objets. Les états sont encapsulés et on peut y accéder par des interfaces. En NesC, l'ensemble des composants et leurs interactions sont fixés à la compilation pour plus d'efficacité. Ce type de compilation permet d'optimiser l'application pour une exécution plus performante. En langage objet, cette phase est réalisée lors de l'exécution ce qui rend celle-ci plus lente.

B.2. Implémentation d'une application NesC

Pour implémenter une application NesC, il faut avoir connaissance sur la structure et le fonctionnement des composants et des interfaces qui la constituent. Cette partie permet de bien expliquer ces notions.

B.2.1. Les interfaces :

Une interface déclare deux types de fonctions: commandes et événements. Afin de distinguer ces fonctions, leurs en-têtes sont précédés des mots-clés respectifs `event` ou `command`.

Les commandes font typiquement des appels du haut vers le bas (des composants applicatifs vers les composants plus proches du matériel). Tandis que les événements remontent les signaux du bas vers le haut.

B.2.2. Les composants :

Il existe deux types de composants : les configurations et les modules.

B.2.2.1. Les configurations :

Elles permettent de décrire les composants composites, i.e., des composants composés d'autres composants. Elles relient les interfaces utilisées par certains composants aux interfaces offertes par d'autres composants. Une configuration est donc constituée de modules et/ou d'interfaces ainsi que de la description des liaisons entre ces composants.

Il est à noter que la configuration Main est obligatoirement présente dans la configuration décrivant l'ensemble de l'application car son rôle est de démarrer l'exécution de l'application.

B.2.2.2. Les Modules :

Ce sont les éléments de base de la programmation. Ils permettent de fournir les codes des applications NesC. Par ailleurs, il est à noter que le modèle d'exécution proposé par NesC repose sur les tâches et les gestionnaires d'interruption. Donc, les modules permettent aussi d'implémenter ces tâches.

Une tâche est un ordonnancement FIFO utilisée pour réaliser un travail qui nécessite beaucoup de calculs. Elle peut être postée par une commande ou un événement.

B.3. Compilation d'une application NesC ;

Les fichiers de NesC portent l'extension .nc. Par ailleurs, le compilateur de NesC est appelé ncc. Pour effectuer la compilation, les fichiers sources doivent se situer dans le même répertoire contenant aussi un makefile de la forme :

```
COMPONENT= nom de l'application  
include ../Makerules
```

Ce Makefile permet de compiler le composant en spécifiant en paramètre la plateforme sur laquelle doit fonctionner l'application. Par exemple, pour un capteur de type mica2, la commande permettant de compiler l'application sera : `make mica2`. Le compilateur ncc offre aussi la possibilité de pouvoir compiler l'application pour l'utiliser sur un simulateur de TinyOS. Dans ce cas, la commande sera : `make pc`. Cette commande génère un exécutable `main.exe` dans l'arborescence `/repertoire_courant/build/pc`.

Annexe C : L'interface graphique TinyViz :

C.1. Présentation générale de TinyViz :

TinyViz est fourni avec TinyOS. Il s'agit d'une interface graphique programmée en langage JAVA. Elle permet de représenter un RCSF émulé grâce au simulateur TOSSIM.

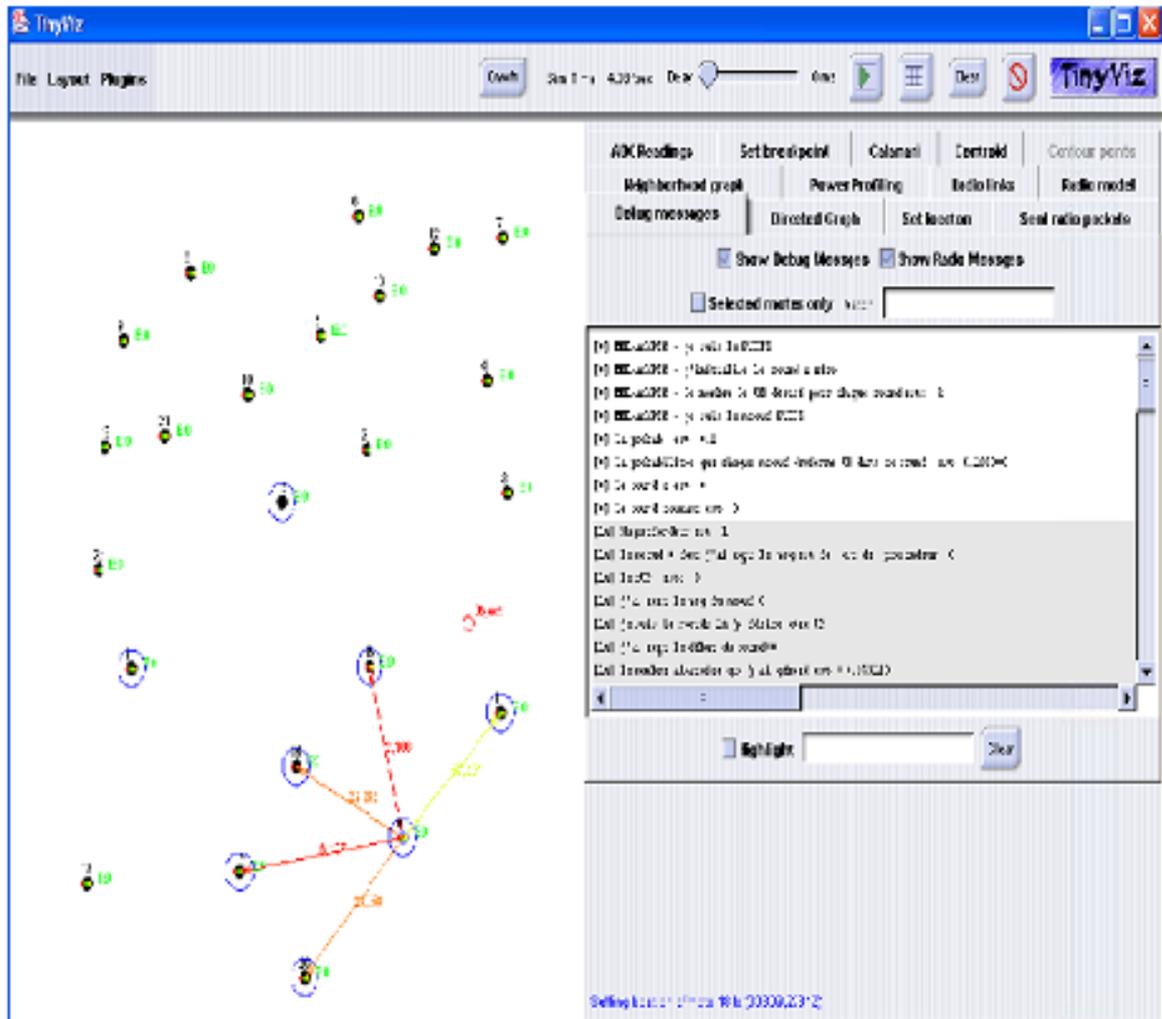


Fig.

C-1: fenêtre graphique de TinyViz.

Une fois TinyViz est lancé, on peut visualiser une fenêtre comme celle illustrée dans la figure C.1. Dans la partie gauche de cette figure, on distingue les capteurs qui sont déplaçables dans l'espace. Quant à la partie droite, on distingue les commandes permettant d'intervenir sur la simulation:

- On/Off: met en marche ou éteint un capteur.
- Delay: permet de sélectionner la durée au bout de laquelle se déclenche le timer.
- Play: permet de lancer la simulation où de la mettre en pause .

Annexe

- Bouton de grilles: affiche un quadrillage sur la zone des capteurs afin de pouvoir les situer dans l'espace.
- Clear: efface tous les messages qui avaient été affichés lors de la simulation.
- Stop: arrête la simulation et ferme la fenêtre.

Pour lancer une application, il faut régler le Delay souhaité entre chaque application, choisir les plugins de visualisation que l'on souhaite, et, appuyer sur Play. La simulation démarre.

Chaque onglet contient un plugin qui permet de visualiser la simulation de façon plus ou moins détaillée. Par exemple, en activant le plugin Debug Messages, tous les messages de type Debug apparaîtront dans l'onglet correspondant.

