



HAL
open science

Modèle de Produits Actifs et Communication Ambiante pour la Gestion de la Sécurité de Produits Dangereux

Ahmed Zouinkhi, Eddy Bajic, Mohamed Ben Gayed, Naceur Abdelkrim

► **To cite this version:**

Ahmed Zouinkhi, Eddy Bajic, Mohamed Ben Gayed, Naceur Abdelkrim. Modèle de Produits Actifs et Communication Ambiante pour la Gestion de la Sécurité de Produits Dangereux. 8ème conférence internationale des Sciences et Techniques de l'Automatique, STA'2007, Nov 2007, Monastir, Tunisie. pp.121-128. hal-00199449

HAL Id: hal-00199449

<https://hal.science/hal-00199449>

Submitted on 19 Dec 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Modèle de Produits Actifs et Communication Ambiante pour la Gestion de la Sécurité de Produits Dangereux

A. Zouinkhi^{1,2}, E. Bajic², M. Ben Gayed¹ et M. N. Abdelkrim¹

¹ Unité de recherche MACS (Modélisation, Analyse et Commande de Systèmes)
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Gabès, 6029 Gabès, Tunisie.

² Centre de Recherche en Automatique de Nancy – CRAN – CNRS 7039
Faculté des Sciences – BP 239 – 54506 Vandoeuvre les Nancy, France
zouinkhi.ahmed@gmail.com

Résumé. *Ce papier présente et propose la formalisation d'un concept novateur de produit actif, intégrant des technologies de capteurs et de communication ambiante sans fils afin d'assurer la sécurité active des produits d'un dépôt pour de substances chimiques. Le concept de produit actif supporté par un modèle que nous proposons, offre les possibilités aux objets d'interagir entre eux d'une manière autonome, transparente et intelligente, sans aide humaine, afin d'augmenter leur sécurité, dans un contexte d'intelligence ambiante. Nous introduisons de plus le terme de sécurité active dans le cadre des industries de stockage de produits chimiques, pris en charge directement par les produits actifs assujettis par un niveau de sécurité sous contrainte.*

Mots clés. *Intelligence ambiante, Produit actif, WSN, Sécurité Active, RSSI, industrie chimique.*

Abstract. *This paper presents and proposes the formalisation of an innovative concept of active product, integrating technologies of sensors and ambient wireless communication in order to ensure the active security of products of a deposit for chemical substances. The active product concept supported by a model that we propose, offers possibilities of interaction between objects with an autonomous transparent and intelligent manner, without human help, in order to increase their security, in a context of ambient intelligence. We introduce the term of active security in the setting of industries of chemical storage, taken in charge directly by the active products subjugated by a level of security under constraint.*

Key words. *Ambient intelligence, active Product, WSN, Active Security, RSSI, chemical industry.*

1. Introduction

Les entreprises de productions de biens doivent répondre à des impératifs de plus en plus exigeants de qualité, de disponibilité, de réactivité, de traçabilité et de sécurité des produits, et offrir une interaction croissante avec leurs clients.

La technologie devient de plus en plus intégrée et enfouie dans les systèmes industriels et les activités quotidiennes. Une ère nouvelle apparaît, caractérisée par la notion d'informatique diffuse « pervasive computing » et omniprésente « ubiquitous

STA'2007-ACS-178, pages 1 à 10

computing » [1]. Ce nouveau concept se caractérise par l'utilisation d'objets intelligents afin de gérer différemment la collecte et le traitement des informations sensibles de capteurs embarqués et les interactions avec les systèmes environnants. Les objets intelligents ont été introduits par Neil Gershefelds en 1999 : "When Things Start to Think" en indiquant trois caractéristiques premières, à savoir : avoir une identité, accéder à d'autres objets et détecter la nature de son environnement [2].

De nombreux travaux de recherche s'appuient sur cette nouvelle approche afin d'améliorer les capacités et les performances des infrastructures automatisée et informatisée mettant en œuvre des objets, des produits. Un groupe de recherche à l'Université Lancaster de UK définit ainsi les « Cooperative Artefacts » [3], ce sont des objets physiques ont la capacité d'estimer les situations dans leurs environnements par un raisonnement coopératif à l'aide de leurs connaissances collectives. Ils ne nécessitent pas d'infrastructure externe et sont programmables avec un langage de haut niveau. Ces dispositifs communicants ne dépendent pas d'une supervision extérieure et sont implémentés sur des produits physiques dans une usine chimique pour la gestion des mouvements des produits.

D'autres travaux menés par le laboratoire TecO Université Karlsruhe d'Allemagne et le MIT [4], projettent le concept d'objets intelligents à la gestion de l'intégrité de documents écrits (fichiers, notes, documents, rapports, ...) afin de respecter des accès restreints et garder la trace des changements dans un document physique ou électronique. Le projet CHAOS [5] s'est aussi appuyé sur l'approche objet intelligent pour sécuriser l'échange des informations dans les systèmes distribués.

L'objectif de notre travail se place dans le contexte de l'amélioration de la gestion de la sécurité des produits et des personnes à travers du concept d'objets intelligents appliqué aux produits chimiques dangereux. Il s'agit d'analyser, de définir, de formaliser et de mettre en place des mécanismes d'intelligence ambiante dans les environnements de stockage et de logistique industrielle dans le domaine chimique, afin d'améliorer les interactions entre les produits et les acteurs du système de manière à assurer la sécurité active des biens et des personnes.

Dans un objectif de sécurité active, il s'agit de transformer les produits de nature dangereuse en « Produit Communicant » ou « Produit Actif » capable de communiquer, informer, acquérir, décider et réagir aux stimuli et perturbations de son environnement afin de permettre au produit de prendre en charge sa sécurité intrinsèque et la sécurité globale dans ses interactions avec d'autres produits ou personnes.

Notre papier est composé de 4 parties. Après une introduction, la deuxième partie présente le concept de produit actif, et des méthodes définies pour la gestion de la sécurité. La troisième partie présente la communication et la programmation de produit actif. Finalement la quatrième partie présente une méthode d'estimation de la distance entre produits actifs par la méthode RSSI contribuant aux contraintes de sécurité.

2. Concept de produit actif

Le concept de produit dit actif consiste à doter un produit de capacités à communiquer, informer, acquérir, décider et réagir aux stimuli et perturbations de son environnement afin de permettre au produit de s'adapter, d'influer, de coopérer, de transformer le comportement de son environnement. Le produit est ainsi un acteur intelligent et proactif dans son environnement ambiant avec lequel il interagit au moyen de communication sans fil.

Dans l'industrie chimique, on peut utiliser ce concept sur un produit industriel de type conteneur pour l'administration de sécurité des biens et des personnes. Cet objet est composé d'un fût contenant une substance chimique auquel est attaché un dispositif microélectronique qui peut communiquer avec d'autres dispositifs qui sont attachés aux autres fûts. Ainsi un Produit à Intelligence Ambiante est capable de « sentir » son environnement, à travers de capteurs embarqués, de décider et faire un choix d'action/réaction selon des spécifications propres et/ou partager dans un environnement coopératif, de communiquer avec son environnement.

Les dispositifs microélectroniques, appelés Particules utilisés dans nos travaux sont « pParticle », commercialisés par « Teco » [9] et issus de projets de recherches européens.

Si deux particules se trouvent dans le même champ de communication, elles communiquent entre eux par des messages envoyés par radio fréquence. Aussi, une particule peut communiquer avec le superviseur de la même manière. En plus, les particules peuvent profiter des services dans l'environnement si elles viennent près d'un Wbridge, interfaçant le monde sans fils au réseau Ethernet / internet comme l'indique la figure 1.



Fig. 1. Système ambiant de Gestion de la Sécurité Active

2.1. Communication entre les Produits Actifs

Les dispositifs pParticle sont équipés d'un module de radiofréquence TR 1001 de 125 kBits/s fonctionnant à 868.35 MHz. Le protocole utilisé est AwareCon et peut assurer des transmissions synchronisées de données pour plusieurs particules à la fois [6]. AwareCon utilise le principe TDMA (Time Division Multiple Access) comme mode de multiplexage temporel avec une période de 13 ms. La figure 2 représente la structure d'une trame et les délais de synchronisation du protocole AwareCon.

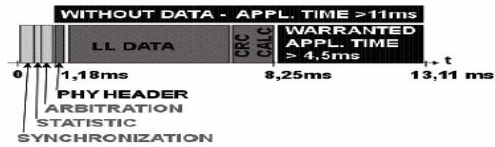


Fig.2. Le protocole AwareCON

En référence au modèle OSI/ISO, les trois couches principales du protocole sont : ACL (Application Convergence Layer), LL (Link Layer) et RF (Radio Frequency).

Un message, d'une durée maximum de 13,11 ms, peut contenir 64 octets de données et est constitué de paquets nommés « Tuples ». Chaque tuple contient 2 octets pour représenter le type de données, 1 octet pour la dimension et N octets pour les données. Tous les tuples à envoyer sont concaténés et mis dans un paquet par la couche ACL. Le format utilisé pour transmettre les paquets s'appelle ConCom [7].

La connexion entre la Particule et un système de type PC, se réalise à l'aide d'une passerelle UHF / Ethernet appelée WBridge comme l'indique la figure 3.

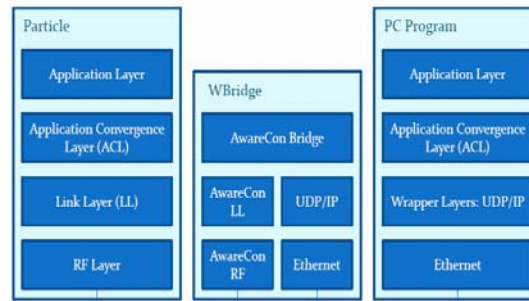


Fig. 3. La connexion entre la Particule et le PC

2.2. Analyse fonctionnelle du Produit Actif

Afin d'implémenter le concept de produit actif pour la gestion de sécurité active entre les produits à haute toxicité ou dangerosité, les fûts sont transformés en produits actifs, par les technologies avancées de réseaux de capteurs et d'intelligence ambiante. Chaque fût de substance doit avoir une plateforme embarquée de capteurs, un microcontrôleur, une mémoire, un module pour la communication sans fil et doit être configuré avec toutes les restrictions de cette substance et être surveillée. Il est possible de créer un comportement pour le système, qui doit répondre correctement à l'environnement et aux règles de sécurité des directives européennes 67/548/EEC et 91/155/EEC.

Le travail dans un espace très dangereux, exige la connaissance de certains paramètres qui influencent le niveau de sécurité. La variation de certains facteurs de l'environnement peut déranger l'état d'équilibre normal de la substance chimique à l'intérieur de fût. Dans ce cadre, nous avons pris en considération les facteurs suivants de l'environnement : la température, l'accélération, la lumière visible, la lumière infrarouge et le niveau audio.

Nous devons conserver dans le produit actif les différents renseignements sur la substance: son nom, l'identificateur international de la substance, le code électronique du produit (ePC), les expressions et les symboles de sécurité selon les directives en vigueur.

2.3. Comportement Interne d'un Produit Actif

Nous proposons dans notre approche de définir, spécifier et implémenter un comportement interne pour la particule, tenant compte de toutes les exigences du système. Chaque substance a des propriétés spéciales d'entreposage et des réactions spéciales avec d'autres substances. Cela signifie, que nous devons créer un ensemble de règles pour la sécurité du dépôt de stockage entier.

Chaque substance dispose d'une fiche technique de sécurité contenant les informations sur la substance, les limites pour les facteurs d'environnement, les symboles de sécurité et toutes les substances incompatibles [8].

Pour la sécurité d'une substance nous devons respecter deux types de règles ; les règles de sécurité ambiante et les règles de compatibilité entre produits. Le comportement que nous avons développé est un comportement réactif c'est-à-dire, qu'après une détection, il survient une action.

2.3.1. Les règles de sécurité ambiante

Le traitement des données des capteurs ne serait pas possible sans créer un ensemble de règles. Les règles dites « de sécurité ambiante » que nous avons définies sont fondées sur une approche logique floue avec des contraintes de limites pour les valeurs de ces paramètres comme le montre le gabarit de la figure 4. Une valeur de sécurité surveillée est caractérisée par 3 niveaux Bon, Mauvais, Danger.

Pour la valeur de température nous avons choisi une limite supérieure et inférieure, Par contre pour les valeurs de la lumière, la lumière infrarouge, l'audio et l'accélération nous avons choisi seulement une limite supérieure. Par l'utilisation de fiche technique de sécurité d'une substance chimique, nous pouvons établir les valeurs optimales pour chaque paramètre.

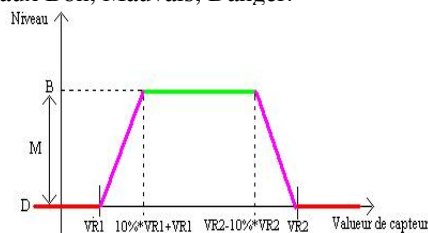


Fig. 4. Les niveaux de sécurité ambiante

2.3.2. Les règles de compatibilité

Chaque substance chimique peut avoir d'autres substances avec lesquelles elle n'est pas compatible. Les Particules associées sont en mesure de surveiller la compatibilité des substances proches C'est pour cela que nous avons besoin de connaître toutes les compatibilités d'une substance.

Une fiche technique de sécurité qui contient toutes les informations. Une substance peut avoir quelques symboles qui décrivent leurs propriétés chimiques ou les risques pour les personnes.

Dans un environnement de sécurité, un produit actif envoie des informations sur la substance à l'intérieur de fût comme l'ID de la substance et les symboles de sécurité. Un deuxième produit actif reçoit ces informations puis calcule la valeur de RSSI du message et renvoie cette valeur et ses symboles de sécurité. Le premier produit actif reçoit ce message, lit la valeur de RSSI, vérifie s'il est compatible avec le deuxième produit actif et calcule une valeur pour le niveau de compatibilité de

sécurité comme le montre la figure 5. En se basant sur une table de compatibilité des produits, on a établi en plus sur le produit actif des règles de compatibilité.

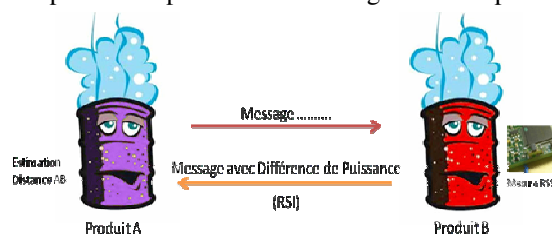


Fig. 5. Mesure de distance entre produits par méthode du RSSI

2.3.3. Information électronique du produit et niveaux de Sécurité Globale

La plate-forme a une mémoire dans laquelle toutes les données seront conservées. Ces données sont utiles dans l'application de règles de sécurité et pour le surveillant: règles de sécurité ambiante et règles de compatibilité.

Dans une structure nommée « CONFIGURATION » nous avons conservé sur la mémoire du produit actif: l'ID de la substance, le nom de la substance, les symboles de sécurité et le code électronique de produit (EPC).

Ce code EPC est une information standardisée qui code le nom du fabricant, l'identificateur de classe d'objets et l'identificateur unique pour cette classe de produit.

Les renseignements ambiants des capteurs sont traités et sont transformés dans les données utilisables. Avec l'extraction de valeur limite des règles de sécurité, les limites de dangerosité, nous calculons les niveaux de sécurité pour chaque capteur. Nous avons défini 3 niveaux de 1 à 3.

Après la réception de la valeur de RSSI (Received Signal Strength Indicator), un objet doit vérifier l'incompatibilité pris. Il lit les symboles de sécurité de l'autre objet et en fonction de la matrice d'incompatibilité il calcule un niveau de proximité.

Le niveau de proximité peut être 1, 2 ou 3:

- 1 (Bon) : les substances sont compatibles et peuvent être stockées ensemble ou les substances sont incompatibles, mais elles sont stockées loin l'un de l'autre
- 2 (Mauvais) : les substances sont incompatibles et sont stockées près de la distance limite.
- 3 (Dangereux) : les substances sont incompatibles et la distance entre eux est plus petite que la distance limite.

3. Modèle Interne du produit Actif

Le comportement du produit actif doit être réactif, c'est à dire que pour une situation anormale ou en dehors des contraintes de sécurité, il existe une réaction immédiate. Si le produit actif n'est pas configuré quand il entre dans le dépôt, il peut être configuré par le surveillant et il peut envoyer des messages sur son état au surveillant ou il peut recevoir des messages de commande. Aussi, il peut recevoir

une valeur de RSSI (Received Signal Strength Indicator) provenant d'autres produits actifs et envoyer des messages à d'autres produits, il peut vérifier les règles de sécurité ambiante et les règles de compatibilités et prendre une décision nécessaire.

Le produit actif peut communiquer avec le poste de surveillance et avec les autres produits actifs. Il communique par messages radio fréquence. La programmation structurée sur un algorithme logique est illustré dans le schéma de la figure 6.

Si un nouveau produit non configuré entre dans le dépôt, il envoie au surveillant des messages de non configuration (NCF) jusqu'à ce qu'il reçoive une configuration. Une fois il reçoit une configuration, le produit actif entre dans un nouvel état (IDLE)

en envoyant des messages de salutation (GRE). Dans l'état IDLE, le produit actif lit les valeurs de chaque capteur et les valeurs de RSSI de chaque produit actif dans sa proximité et calcule ensuite un niveau de sécurité. Le produit actif, envoie après le message de salutation (GRE), l'information de la substance à l'intérieur du produit et le niveau de sécurité. S'il n'y a aucun changement important dans les conditions de stockage, le produit actif reste dans le même état.

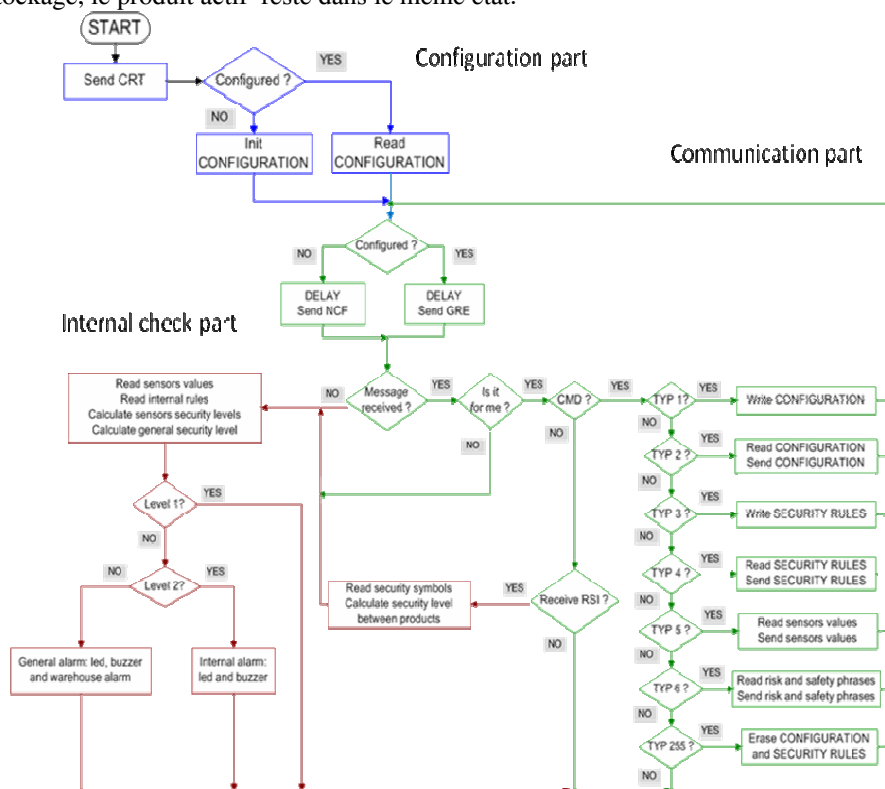


Fig. 6. Modèle Algorithmique Interne du Produit Actif

Si une valeur de capteur atteint 90 % de la limite, le produit actif enregistre la valeur et entre dans un état d'avertissement ou de niveau de sécurité 2. S'il succède à 100 % de limite il entre alors dans le niveau de sécurité 3 ou d'alarme. Dans les deux derniers cas, le produit actif commencera une alarme audible en envoyant des messages d'alarme avec le niveau de sécurité et il revient à l'état IDLE quand la

menace est éliminée. Chaque produit actif a la capacité pour demander des renseignements d'autres produits actifs, d'évaluer sa compatibilité et décider s'il peut être stocké.

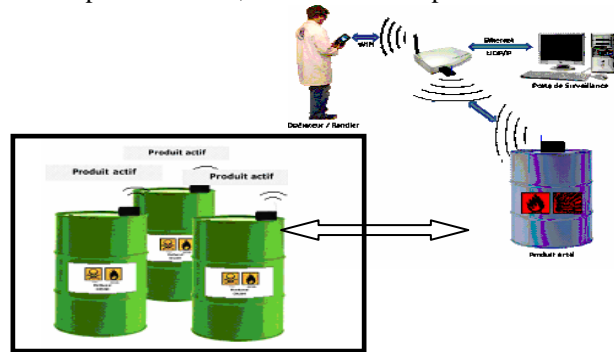


Fig. 7. Communication d'un nouveau produit

4. Mesure de distance entre produits actifs par RSSI

Le terme RSSI (Received Signal Strength Indicator) est une mesure de la puissance du signal UHF reçu.

Pour vérifier les règles internes, chaque produit actif a besoin de connaître la distance avec les produits environnants, qui peut être calculée en utilisant la méthode RSSI. Cette méthode est relative et nécessite un étalonnage.

Les mesures relevées sont assez précises pour déterminer la distance utile de notre application, même dans les conditions précaires que nous avons expérimentées. Il faut mentionner que nous avons fait les essais dans un environnement plein d'interférences, spécialement équipés des équipements électroniques, pour simuler exactement un système ambiant industriel.

En se basant sur ces expériences nous avons ainsi déterminé la dépendance entre le RSSI et la distance. La figure 8 montre cette dépendance avec la plage de dispersion. Pour établir cette figure nous avons pris les résultats pour les distances suivantes (5, 50, 75, 100 et 200 cm).

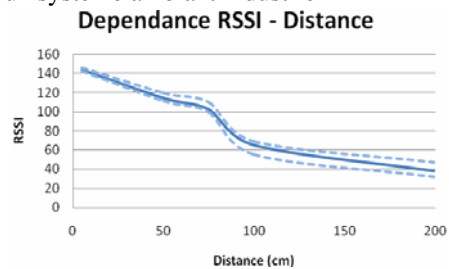


Fig. 8. La dépendance entre le RSSI et la distance

Nos expériences montrent qu'il existe plusieurs facteurs influant sur la mesure du RSSI. Ce qui affecte l'estimation de la distance entre produits actifs est la position de l'antenne du pParticle, et les obstacles éventuels à la propagation UHF. Les valeurs du RSSI sont plus grandes quand l'antenne est orientée vers une autre pParticle qu'à la position quand elle est orientée vers le haut.

Un autre élément qui perturbe les mesures du RSSI est la position des particules par rapport au sol. Les valeurs données par une particule située juste au niveau du sol sont inférieures à ceux fournies par une particule posée sur un fût. On peut voir

dans la figure 9 que pour la même distance de 100 cm la particule qui se trouve par terre a une RSSI de valeur moyenne 43,71 par contre celle placée sur le bureau a une valeur 64,86.

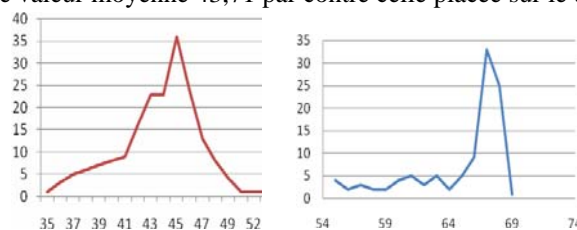


Fig. 9. Indications RSSI pour différentes positions des pParticules (gauche – particule sur terre et droite – particule sur le bureau)

La tension de batterie a une forte influence sur le RSSI. par conséquent, nous avons fixé pour tous les messages une valeur maximum de la puissance d'émission sur chaque particule (32). Quand la tension de la batterie se diminue le signal devient plus faible.

En outre, la puissance du signal devient un véritable problème quand il y a des objets positionnés entre les particules. Quelques uns, comme les boîtes en carton, ne font que prolonger la période de temps entre deux messages de RSSI mais autres, par exemple les dispositifs électroniques, interrompent complètement la série de messages.

Une observation très importante est que toutes les particules n'envoient pas la même valeur du RSSI pour une même distance. Bien que les circuits soient identiques les expériences ont montré que les valeurs moyennes du RSSI sur une certaine période de temps sont significativement différentes pour deux particules. La figure 10 montre que pour une distance de 100 cm, une particule donne une valeur moyenne de 43,60 et l'autre 47,41.

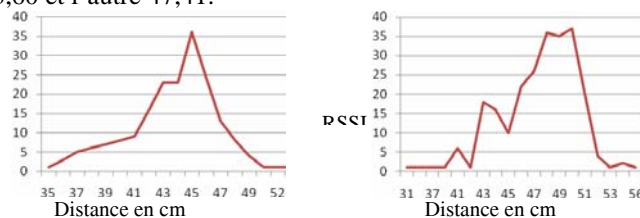


Fig.10. Indications RSSI pour deux particules positionnées à 100 cm une de l'autre

Pendant nos expériences nous avons trouvé des valeurs pertinentes du RSSI pour des distances allant jusqu'à 3 mètres, au-delà, les messages deviennent très faibles voire absents.

6. Conclusions

Dans ce travail, nous avons proposé le concept de produit actif et démontré la faisabilité d'accomplir une gestion de la sécurité active d'une zone de stockage pour les produits dangereux en utilisant les Objets Intelligents, la technologie des capteurs

sans fils et la modélisation du comportement d'un produit actif orienté sécurité des biens et des personnes.

En intégrant aux produits des capacités sensibles locales de surveillance ambiante, des capacités de communication et des règles pour prendre des décisions après la vérification de la compatibilité, il est possible de conférer aux produits dangereux un comportement autonome et adaptatif, basé sur la sécurité. Une alarme réactive ou une action feedback peut être réalisée par chaque produit dangereux par le concept proposé de Sécurité Active pour prévenir les situations catastrophiques dans les zones périlleuses, tel qu'un domaine chimique.

Plusieurs aspects, des points de vue théorique ou technologique, doivent être résolus pour mettre en œuvre ce concept à grande échelle, avec beaucoup de produits et des règles de sécurité adaptées.

Le concept de Sécurité Active proposé dans ce travail est innovant et ouvre de grandes perspectives et de nombreux axes de recherche dans les interactions produits à produits et produits à homme. Ainsi nous envisageons d'étendre la connaissance des facteurs ambiants d'un produit par la connaissance portée par tous les produits environnants afin de multiplier les caractéristiques sensibles d'un produit. Chaque produit connaît son état mais aussi l'état des produits environnants et il peut utiliser ses règles pour arbitrer une situation sans avoir besoin de l'intervention d'un tiers. La modélisation du comportement interne du produit pour s'adapter à diverses situations est poursuivie, avec une volonté de simulation de grande communauté de produits actifs.

Remerciements : Les auteurs remercient Iulia BUNU, Roxna FALCOS, Andrei MITRICA, Bogdan NICOLAE, Alexandru VELICU pour leur grande contribution à ce travail mené dans le cadre d'un projet Leonardo da Vinci avec l'Université Polytechnica de Bucarest.

References

- [1]. M. Weiser, "The computer for the 21st century", Scientific American 265, No. 3, pages 94 - 104 (1991)
- [2]. Gershenfeld N., "When Things Start to Think", Henry Holt & Company, 1st edition, USA (1999)
- [3]. M. Strohhach, G. Kortuem and H. Gellersen, "Cooperative Artefacts - A Framework for Embedding Knowledge in RealWorld Objects", Smart Object Systems, 91 - 99. UbiComp 2005, Tokyo, Japan (2005)
- [4]. C. Decker, M. Beigl, A.Eames and U. Kubach, "DigiClip: Activating Physical Documents", ICD-CSW'04, Tokyo, Japan (2004)
- [5]. David Liu, Kincho Law and Gio Wiederhold, "CHAOS: An Active Security Mediation System", Conference on Advanced Information Systems Engineering, Stockholm, (2000)
- [6]. M. Beigl, A. Krohn, T. Zimmer, Christian Decker and P. Robinson, "AwareCon: Situation Aware Context Communication", UbiComp 2003, Oct. 12-15, Seattle, USA (2003)
- [7]. A. Krohn, M. Beigl, C. Decker, T. Zimmer ConCom A language and protocol for communication of context. ISSN 1432-7864 2004/19 University of Karlsruhe 2004
- [8]. www.merck.com
- [9]. <http://particle.teco.edu/>