

UNE APPROCHE DE MODELISATION DES INTERACTIONS PRODUITS - PROCESSUS PAR LES OBJETS COMMUNICANTS

A. CEA*, E. BAJIC*, Ph. DE MATTEIS**

*Centre de Recherche en Automatique de Nancy – CRAN - UMR CNRS 7039

Université Henri Poincaré Nancy I

Faculté des Sciences - BP 239

F-54506 - Vandoeuvre Les Nancy - France

aldo.cea@cran.uhp-nancy.fr

eddy.bajic@cran.uhp-nancy.fr

**OMRON – European Auto ID Group

1140, rue Ampère – F-13795 – Aix en Provence – France

PhilippeDeMatteis@eu.omron.com

RÉSUMÉ: *L'émergence des approches de gestion et de conduite des processus centrée sur le produit, conséquente aux besoins de réactivité et de gestion des flux, de personnalisation des produits, impacte de façon significative sur les relations produit - processus, dans les domaines de la production, de la chaîne logistique jusqu'au commerce de détail. Des capacités nouvelles sont attendues des produits dans leurs interactions informationnelles, sensorielles et décisionnelles avec les processus, les systèmes d'information, les opérateurs et les utilisateurs.*

Cet article présente une approche visant à transformer un produit en produit intelligent ou objet communicant, enrichi par des capacités de communication, de gestion de l'information local et étendue en réseau, voire de perception et d'action. Un objet physique devient un acteur communicant et interagissant avec d'autres objets dans un environnement de services, durant son cycle de vie, en s'appuyant sur des technologies de l'identification automatique par radio fréquence (RFID). Cet article développe sur la base du concept d'objet communicant, une approche de formalisation et de modélisation des interactions entre produits et processus et met en évidence les éléments qui permettent d'effectuer la modélisation d'une infrastructure de services ambiants associée à un produit physique. Des implémentations de laboratoire sont présentées, concrétisant le concept de produit communicant et intelligent.

MOTS-CLÉS : *Objet Communicant, Produit Intelligent, Modélisation, Logistique Industrielle, Identification Automatique, RFID.*

1. INTRODUCTION

Durant les dernières années les demandes du marché deviennent chaque jour plus exigeantes, car le client exige des produits personnalisés, de haute qualité avec des temps de réponse attendus plus courts dans l'accomplissement des processus [1]. Les interactions entre les processus, les opérateurs et le produit depuis sa fabrication, en passant par son transport, sa distribution, son stockage, jusqu'à son utilisation, requièrent chaque fois plus d'information et d'échanges automatisés ou intelligents entre les partenaires [2], et ce de façon sûre et quasi-immédiate. Cela est lié aux nouveaux impératifs, tels que :

1. connaître l'état de la ligne de production et l'état d'avancement du produit sur celle ci en temps réel ;

2. de personnaliser, et modifier le produit pendant sa production ;
3. de tracer toutes les interventions réalisées sur le produit ;
4. d'assurer la distribution du produit vers le client dans les meilleures conditions de pérennité et de traçabilité ;
5. de permettre l'accessibilité aux informations caractéristiques ou liées à l'exploitation du produit ;
6. de développer des interactions entre le produit et son environnement ;
7. d'offrir des nouveaux services sur la connaissance, l'utilisation, l'exploitation, la destruction, le recyclage du produit.

Pour répondre à ces nouveaux besoins, nous présentons une approche de formalisation des interactions produits – processus en s'appuyant sur la mutation d'un produit en produit intelligent (ou objet communicant), enrichi par

des capacités de communication, de gestion de l'information local ou en réseau, voire de perception et d'action.

Nous préciserons d'un point de vue industriel, les besoins et problématique exprimés à ce jour dans le domaine logistique concernant la gestion et la prise en compte du produit.

Nous avancerons une proposition de services sur les produits permettant de donner une valeur ajoutée à un produit, dans le cadre d'une définition des interactions entre les produits et les processus acteurs.

En s'appuyant sur des technologies de l'identification automatique par radio fréquence (RFID), nous détaillerons les mécanismes et les travaux actuels visant à transférer un objet physique en acteur communicant et interagissant avec d'autres dans un environnement de services, durant son cycle de vie.

Puis nous présenterons une approche de formalisation et de modélisation des interactions entre produits et processus dans une infrastructure de services ambiants.

Des démonstrateurs de laboratoire seront présentés en dernière partie afin de valider l'implémentation des concepts présentés.

2. BESOINS ET PROBLEMATIQUE INDUSTRIELLE EN LOGISTIQUE

Les problématiques industrielles en logistique peuvent se regrouper sous les trois termes suivants [6] :

- La Compétitivité. L'amélioration constante de compétitivité est une question stratégique et vitale pour toute entreprise. Elle résulte de l'amélioration de la productivité, et, d'une manière générale, de la baisse des coûts de la non-qualité,
- La Traçabilité. Par une réduction draconienne des écarts de connaissance entre les flux physiques et informationnels, par l'accessibilité à une information fiable, elle doit permettre de maîtriser au plus près les flux physiques comme administratifs, d'accéder aux informations en temps réel et de disposer d'un outil de pilotage efficient. La traçabilité est la clef de la prévision, de la rétroaction, pour une optimisation des processus décisionnels de gestion.
- La Qualité. C'est le moyen méthodologique permettant de mettre en œuvre une démarche permanente d'évolution positive, de contrôle des étapes et des actions, vers une compétitivité accrue et consolidée.

C'est dans ce contexte que l'Identification Automatique des flux physiques, prend toute sa dimension stratégique. Qu'il s'agisse des matières constituant le produit final, le produit lui-même, que ce soit dans sa dimension physique ou virtuelle, l'usage des technologies RFID permet de développer :

- Une collecte automatisée et en temps réel des flux physiques, à chaque point névralgique des

mouvements et lors d'événements spécifiques : stockage, réceptions, livraisons, transports, etc. Ce faisant, l'entreprise dispose d'un système d'information précis et fiable, conforme à la réalité et à jour.

- La prise en compte des dimensions sécuritaires liées aux produits et à leur fabrication (santé publique, environnement naturel, etc.) dont l'entreprise peut être responsable juridiquement. Les rappels de produits défectueux, lots impropres à la consommation, etc... sont des risques majeurs, préjudiciables à son image et valeur de marque.
- L'introduction de la notion de Produit Intelligent qui, en relation et communication avec l'environnement physique et informationnel, constitue une expérience dont il conservera la mémoire, de sa naissance (assemblage, fabrication, etc.) jusqu'à sa fin de vie et au-delà, lors du recyclage de ses constituants.
- Une plate-forme produit stellaire pour la conception de nouveaux produits, de nouveaux services satellites et évolutifs, offerts aux clients de l'entreprise.

Cette nouvelle dimension du produit constitue un nouvel espace à la recherche de compétitivité permanente et vitale, comme au développement pérenne de l'Entreprise Industrielle.

3. PRODUIT INTELLIGENT ET SERVICES

Notre approche se base sur un postulat de travail énoncé ainsi : « le produit est un acteur qui gère son évolution en coopération avec les différents acteurs de la chaîne logistique (fournisseur, producteur, distributeur, consommateur) » [3]. À cet effet, nous utilisons le concept de produit intelligent [4], qui est défini comme un objet dual physique et virtuel, doté de capacités de mémorisation, de communication, d'action, de décision qui lui permettent de :

1. posséder une identification unique;
2. communiquer avec son environnement;
3. mémoriser et gérer des informations propres;
4. disposer d'un langage de dialogue et d'échange de ses informations et états;
5. participer aux processus de décision durant son évolution;
6. surveiller et contrôler son environnement.

2.1 Produit physique / produit virtuel

Le **produit physique**, vu comme une entité physique, est un objet matériel, caractérisé et identifié par des informations de nature intrinsèque telles que couleur, forme, taille, poids, volume, marques,...

Au produit physique peut être associé un ensemble de ressources et d'informations telles que les spécifications du produit : nomenclature composant, gamme de

fabrication, lieu et conditions de stockage, mode d'emploi, procédure de maintenance, procédure de recyclage, ... constituant ainsi une extension du produit. Cette extension constitue un **artefact** du produit ou **produit virtuel** représenté par un système d'information, des ressources et des mécanismes de décision associés et distribués entre le produit physique lui-même et des ressources distantes appelées **ressources ambiantes**. La liaison du produit physique au produit virtuel, nous le verrons plus loin, sera réalisée par des technologies d'identification automatique et des systèmes en réseau.

Dans ce schéma de dichotomie physique/virtuel du produit, les interactions entre les processus et les produits physiques, doivent permettre d'atteindre les fonctionnalités avancées du produit virtuel, au travers d'un ensemble de services constituant des primitives d'interactions entre les acteurs impliqués. La figure 1 représente le principe d'interaction de processus avec le produit au travers de services liés aux différentes phases du cycle de vie produit.

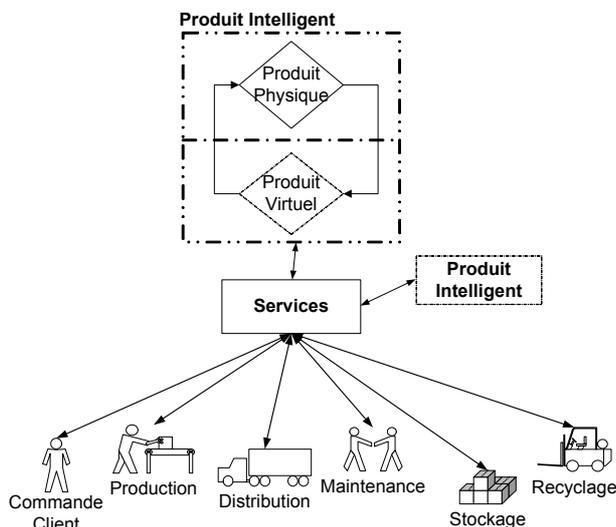


Figure 1. Interactions entre le produit physique, le produit virtuel et les services attendus dans chaque phase du cycle de vie.

2.2 Interactions, services et acteurs

Dans ce contexte, nous définissons les **interactions** comme un mécanisme d'échange permettant d'effectuer une transformation ou manipulation du produit (physique), ou permettant d'accéder aux informations associées au produit (informationnelle). Les interactions entre des acteurs sont basées sur le concept de service.

Un **service** est représenté par une ressource matérielle et/ou logicielle qui offre une fonctionnalité caractéristique disponible localement ou à travers un réseau. Dans [5], un service est étendu à un ensemble regroupé autour d'une offre globale destinée à l'utilisateur pour lui faciliter l'accomplissement d'une tâche ou la lui rendre plus agréable.

Les **acteurs** peuvent être un **producteur / prestataire** offrant des services, ou un **consommateur / client** faisant appel aux services offerts par les autres acteurs. Comme acteur central, nous considérons le produit intelligent. Celui-ci interagit avec les différents acteurs au travers de « services attendus » par les acteurs de la chaîne logistique. Par exemple, un acteur de la chaîne logistique ou le produit peut accéder aux services et aux informations associés à la transformation, manipulation, utilisation, maintenance, stockage, recyclage d'un produit.

Dans notre approche, une interaction entre deux acteurs dont un produit, est réalisée au travers de l'invocation d'un service sur le produit dans l'objectif d'obtenir un support ou une aide à un acteur, dans les processus d'exploitation de l'information et des capacités associées au produit dans son cycle de vie.

La dualité client et prestataire dans cette relation d'acteurs pourrait être indifféremment réalisée par un produit dans sa transformation en tant que produit intelligent.

La technologie Auto-ID permet de répondre aux besoins d'interaction entre le produit et les processus de décision et de gestion dans une chaîne logistique.

4. TECHNOLOGIE AUTO-ID

L'identification automatique de produits permet d'identifier rapidement, de façon unique et sans erreur un produit physique au moyen d'un certain identificateur. L'innovation réelle en RFID n'est pas technologique, mais réside dans les possibilités d'application étendue de cette technologie dans le monde réel [7].

Le code barres, qui permet la lecture d'un code imprimé sur un objet, présente la grande limitation d'une lecture sans écriture possible et l'impossibilité de lire globalement un ensemble de produits. En revanche, les étiquettes électroniques ou « tags » présentent les caractéristiques suivantes : écriture et lecture de données, taille réduite, identifications simultanées de plusieurs étiquettes par une antenne et opération à distance (du centimètre aux mètres). Ces tags peuvent stocker de 64 bits à plusieurs kilo octets en modalité lecture/écriture [8].

Un système RFID est composé des éléments suivants (Figure 2.):

- une étiquette contenant l'identification de l'objet et des données additionnelles ;
- une antenne utilisée pour transmettre et recevoir le signal de communication entre l'étiquette et le lecteur (lecture et écriture de données) ;
- un contrôleur assurant l'interface informatique entre l'antenne et l'ordinateur ;
- un logiciel qui effectue l'analyse et le traitement des données portées par l'objet.

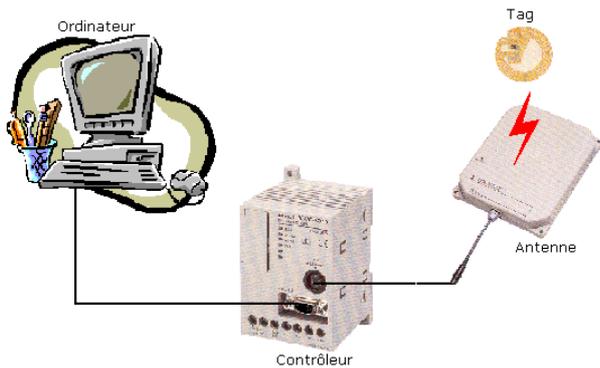


Figure 2. Vue d'un système RFID

La RFID opère dans plusieurs bandes de fréquence. Les fréquences génériques sont 125-135 KHz; 13,56 MHz; 400-930 MHz (UHF); 2,45 GHz; 5,8 GHz. Chacune de ces bandes de fréquences a des avantages et des inconvénients. Les basses fréquences sont moins sensibles aux perturbations électromagnétiques mais présentent des débits de communication faibles. Les tags passifs (sans batterie) disposent d'une distance d'accès en lecture plus réduite, une plus grande sensibilité à l'orientation, et une vitesse de lecture plus petite que les tags actifs (avec batterie). L'avantage d'employer les tags passifs est leur bas coût et leur plus grande durée de vie utile en comparaison des tags actifs.

5. OBJET COMMUNICANT

Les termes **produit intelligent**, « *smart product* » et **objet communicant** sont des synonymes désignant les potentialités d'un objet/produit communicant, actif dans son environnement, et assurant des interactions avec ses utilisateurs ou d'autres objets.

Un objet communicant peut être défini comme un objet physique qui interagit avec son environnement physique, avec d'autres objets communicants et les utilisateurs humains, doté de la capacité d'acquiescer, recevoir et distribuer une information dans un environnement proche ou distant, et doté de capacité de réaliser et/ou de faire réaliser par d'autres objets des actions diverses [5]. Nous pouvons distinguer les différents scénarios suivants d'interactions des objets communicants :

- Services qui impliquent une interaction physique avec des objets communicants dotés de capteurs et d'actionneurs spécifiques, ou d'objets dotés d'étiquettes électroniques. Dans cette perspective, les étiquettes permettent d'assurer le suivi complet des objets, un par un, depuis leur fabrication jusqu'à leur recyclage, en passant par leur distribution. Elles permettent une gestion totalement intégrée avec des outils informatiques, tel qu'un suivi de production et de gestion de stocks. L'actuelle initiative EPC global (electronic product code) [9], consécutive au travail du groupe Auto-ID [10], propose une architecture de système d'information dans laquelle les produits sont identifiés avec un code unique sur 96 bits appelé code ePC. Un lecteur RFID lit le code du

produit, et un programme informatique appelé SAVANT permet d'accéder aux informations associées au produit au travers d'une recherche Internet. Dans cette architecture, l'Object Name Server (ONS) agit comme un serveur DNS (Domain Name Server), en permettant de trouver l'information associée au produit, ou produit virtuel, selon les spécifications contenues dans un fichier PML (Physical Markup Language) [11] codé en langage XML (eXtended Markup Language).

- Services de communication classiques avec l'incorporation de nouvelles modalités d'interfaces humaines offertes par les objets communicants. La localisation d'objets et de personnes, la gestion de stock, aide à l'orientation personnelle... Ces services geo-dépendants sont quelques possibilités de services [12].
- Services attentifs au contexte, intelligence ambiante et nouvelles interfaces adaptées à l'utilisateur dans un environnement donné. Il existe des résultats dans la personnalisation de services à bord d'une automobile, où l'objectif est de livrer information touristique au conducteur en fonction de son profil et de son environnement [12].

La matérialisation d'un objet communicant peut prendre deux formes selon sa capacité intrinsèque à réaliser des traitements informatiques.

5.1 L'objet dans l'ordinateur

Dans cette situation, l'objet présente une identification automatique et quelques données de base, et les capacités d'informations additionnelles de l'objet se trouvent dans un ou plusieurs ordinateurs ou dans des bases de données externes (système d'information distribué) (Figure 3).

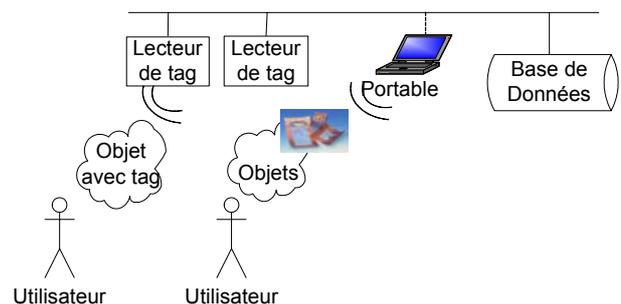


Figure 3. Objet identifiable avec capacités étendues dans un système d'information.

5.2 L'ordinateur dans l'objet

Dans ce cas, en plus de posséder une identification automatique, l'objet possède un ordinateur intégré avec une adresse IP, qui lui permet de communiquer avec d'autres objets ou ordinateurs à travers un réseau local ou étendu. L'interface entre l'utilisateur et l'objet, gère les

actions possibles dans l'environnement communicant. (Figure 4)

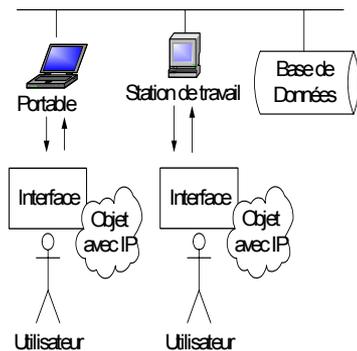


Figure 4. Objet identifiable avec ordinateur intégré.

6. UBIQUITOUS COMPUTING

La tendance actuelle de conception des objets communicants vise à développer des technologies invisibles, où les instruments font partie de la tâche en disparaissant de la vue et de la conscience des utilisateurs. Ceci implique que l'utilisateur porte son attention sur la tâche à réaliser et non sur l'utilisation de l'outil informatique support.

L'objet se confond ainsi avec sa fonction. Les informations sont dans deux mondes réel et virtuel, et l'utilisateur les fusionne dans sa tâche. Ainsi, le concept de l'informatique ubiquiste (ubiquitous computing), introduit par Marc Weiser en 1991 chez Xerox [13], est un nouveau paradigme des technologies de l'information qui repose sur les trois principes suivants [5] :

1. technologie invisible ou transparente,
2. technologie disponible partout,
3. renforcement du couplage des mondes réel et informationnel.

De nombreux projets sont menés dans le prolongement de cette approche ubiquiste. Ainsi le projet "smart-its", développé dans le laboratoire PLAY, a compilé l'expérience dans les développements de prototypes expérimentaux dans cette approche ubiquiste. Le but est de concevoir de futures expériences d'interaction entre l'utilisateur et de petits ordinateurs équipés de capteurs pour la lumière, le son, la pression, le mouvement, la température... [14].

Le projet "smart-things" mené au laboratoire ETH Zurich, vise quant à lui à développer des prototypes d'objets intelligents dédiés à des usages spécifiques : Smart Tool Box, Smart Medicine, Smart Agenda, RFID Chef, Smart Playing Card. Dans ces expériences, qui considèrent des fonctionnalités de base, services et identification automatique d'objets, l'instrumentation informatique et RFID utilisée a été transparente pour les utilisateurs [15].

Les interactions entre les nécessités du client et les produits intelligents permettent le développement de divers environnements de travaux interconnectés [16], où

l'informatique ubiquiste est la technologie qui met en interaction le produit physique réel, le produit virtuel et les services ajoutés qui enrichissent le produit (Figure 5).

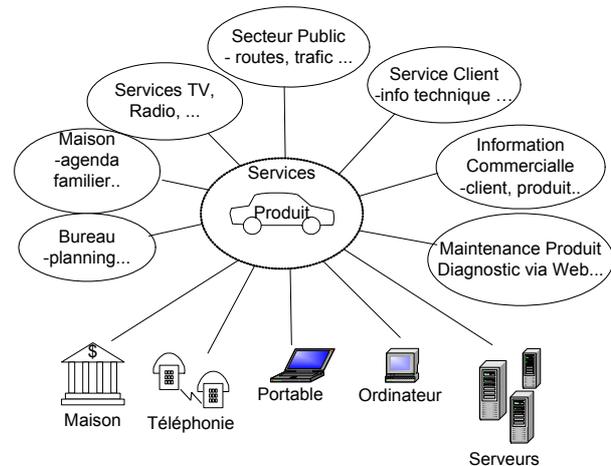


Figure 5. Représentation d'une informatique ubiquiste, où un produit physique dispose de services ajoutés dans divers environnements.

7. INTERACTIONS PRODUIT - PROCESSUS - UTILISATEUR

Nous proposons dans notre approche une vue ubiquiste transférée au domaine de la chaîne logistique s'appuyant en trois acteurs : produit, processus, utilisateur. Ainsi, dans le cycle de vie d'un produit, les interactions entre acteurs peuvent survenir soit entre : le produit et le processus, le produit et l'utilisateur, le produit et l'environnement ou un produit et un autre produit. Les interactions entre les acteurs dans les différentes phases de son cycle de vie, requièrent divers services spécifiques.

En s'appuyant sur une modélisation UML (Unified Modeling Language) nous formalisons les objets et classes impliqués dans les interactions avec un produit intelligent (Figure 6). Ce modèle est constitué des classes suivantes :

- **Produit Physique** : Objet matériel identifiable au moyen d'une technologie d'identification automatique ;
- **Information Locale** : Information stockée sur le produit ;
- **Actionneurs** : Appareil, organe d'un appareil équipant un objet et pouvant générer une action de manière à modifier l'état, le comportement, l'environnement de l'objet ;
- **Capteurs** : Appareils, senseurs qui rassemblent des informations significatives sur l'environnement immédiat de l'objet et mémorisées par l'objet ;
- **Produit Virtuel** : Artefact ou extension du produit physique représenté par un système d'information, des ressources et des mécanismes de décision associés et distribués entre le produit physique lui-même et des ressources distantes, accessibles en réseau généralement ;

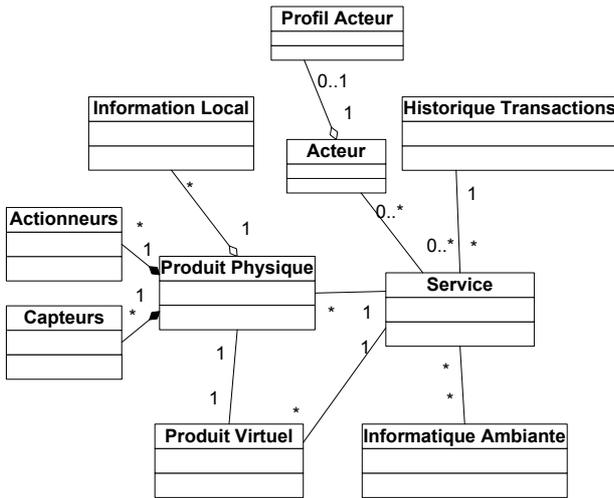


Figure 6. Diagramme de Classes support des interactions avec un produit intelligent.

- **Service** : Représenté par une ressource matérielle ou informatique qui offre une fonctionnalité caractéristique disponible localement ou à travers un réseau. Un service se caractérise par la possession d'un nom unique, d'un ensemble de propriétés ou attributs et la disposition d'un protocole d'accès ;
- **Acteur** : Entité de la chaîne logistique qui prend part du cycle de vie d'un produit qui représente un processus, un utilisateur ou autre produit. Cette entité peut effectuer une demande de service particulier ou accepter/rejeter les demandes de services qu'effectuent le produit intelligent ou un autre acteur ;
- **Profil Acteur** : Vecteur caractérisant la classe d'application qui interagit avec le produit ;
- **Informatique Ambiante** : Ressources informatiques disponibles, distribuées et non visibles, permettant d'offrir des services à l'acteur en fonction de son environnement et de l'état du produit ;
- **Historique Transactions** : Traçabilité des transactions sur le produit intelligent à travers de la classe Service en enregistrant les valeurs de chaque variable d'état du produit pour chaque phase de son cycle de vie.

Ce diagramme de classes est support à la modélisation des interactions et des flux d'informations entre objets communicants qui est effectuée par des diagrammes d'activités et diagramme de séquences.

La réalisation des services dans les mécanismes d'interaction nécessite une infrastructure d'échange et de communication entre les acteurs. La mobilité intrinsèque des produits dans les environnements traversés au cours de leurs cycles de vie rapproche notre problématique du domaine de l'informatique ambiante. Les concepts et mécanismes de communication des réseaux mobiles dits Ad hoc, permettent de figurer les préceptes d'une intelligence ambiante [17] projetée dans le cadre des

produits intelligents dans les système manufacturier et logistique.

Plusieurs mécanismes de mise à disposition et de découverte des services sont recensés dans les activités de recherche actuelles :

Méthode « centralized pull » : Tout acteur entrant dans un domaine de travail dévolu, doit enregistrer l'ensemble des services qu'il peut réaliser auprès d'un gestionnaire centralisé de services.

Un acteur nécessitant un service effectue une demande de ce service auprès du gestionnaire centralisé. La réponse du gestionnaire lui fournit l'identification du prestataire de service et ses conditions d'accès.

L'acteur initial effectue sa demande de service auprès du prestataire de service désigné.

Méthode « distributed pull » : Un acteur nécessitant un service émet en diffusion, « à la ronde », une demande de ce service. Un prestataire compétent, disponible et accessible de ce service répond alors à l'émetteur.

Méthode « distributed push » : Chaque acteur diffuse régulièrement « à la ronde » une liste de ses services disponibles. Tous les acteurs présents dans un environnement ou domaine de travail dévolu enregistrent ces listes.

Un acteur effectuera sa demande de service auprès du prestataire de service en consultant sa liste de services mémorisée.

Les méthodes dites « Pull », à gestion centralisée des services, disposent d'un potentiel certain d'implémentation avec les technologies d'identification automatique étudiées précédemment.

Le diagramme de séquence indiqué sur la figure 7, représente les échanges caractérisant les interactions entre un acteur et le produit dans une relation client serveur et dans une architecture de services ambiants de type « centralized pull ».

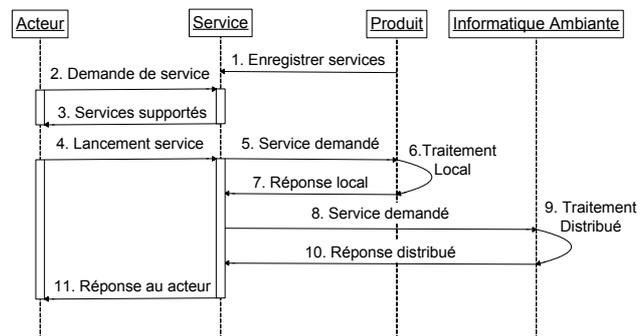


Figure 7 : Diagramme de séquence UML représentant les interactions entre un acteur et le produit intelligent.

8. EXPERIENCES DE LABORATOIRE

Nous avons effectué deux projets expérimentaux de laboratoire pour formaliser et implémenter le concept de produit intelligent et leurs interactions avec

l'environnement, en définissant des services de bases sur un produit durant la phase après vente de son cycle de vie.

8.1 Gestion de l'approvisionnement de produits intelligents

Ce projet a pour but la gestion de l'approvisionnement de produits intelligents et leur traçabilité, dans le domaine des produits alimentaires de consommation courante. La figure 8 décrit le diagramme de classes UML des éléments de l'interaction produit / acteur sur la base d'un ensemble de services centralisés reprenant une approche « centralized pull ».

L'interface de services offre à l'acteur : l'identification des produits, l'exploitation des caractéristiques des produits, la vérification de la date limite de consommation des produits, un assistant pour l'exploitation du produit qui sera dans notre cas une aide de recettes de cuisine en fonction de la disponibilité des produits et la traçabilité pour l'approvisionnement des produits. (Figure 9).

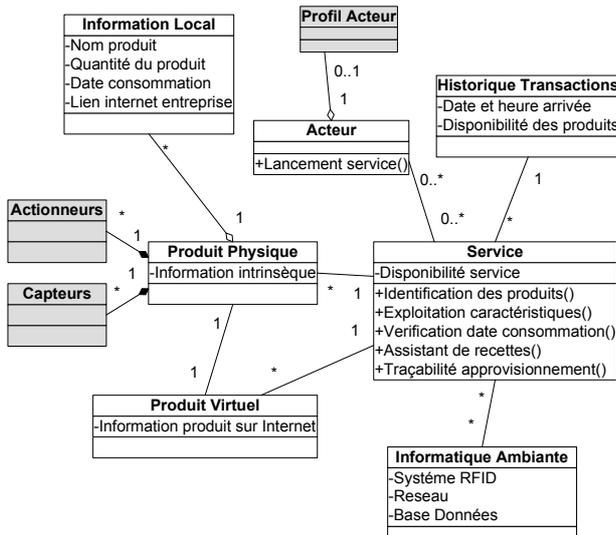


Figure 8. Diagramme de Classes UML instancié à la gestion d'approvisionnement de produits intelligents

A chaque approvisionnement d'un nouveau produit, il y a détection d'un produit grâce a l'antenne, lecture des données du produit.

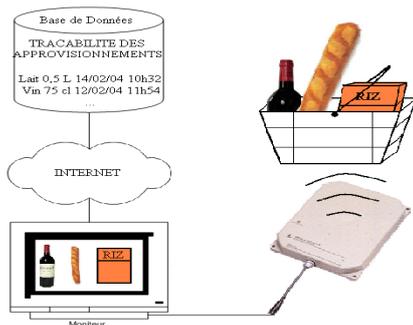


Figure 9. Représentation fonctionnelle du système.

Une étiquette électronique souple V720-D52P02 Omron I-Code est portée par chaque produit contenant les données du produit, information locale : le nom du produit, la quantité du produit, la date de consommation et le lien Internet de l'entreprise qui fabrique le produit. La capacité limitée de l'étiquette électronique de 44 octets acteur, est étendue par les informations « produit virtuel » accessible sur l'informatique ambiante au travers des services énoncés.

8.2 Système d'information augmentée de produit ou le « Poster Intelligent »

Lorsque l'on rentre en interaction humaine avec un produit, par une préhension manuelle ou une lecture visuelle humaine nous avons accès à des informations intrinsèques extraites et disponibles directement sur le produit (forme, matière, message écrit, date, usage possible, ...). Ce projet vise à enrichir les informations intrinsèques d'un produit avec un système d'information augmentée ambiante et des services associés, permettant de développer des interactions nouvelles avec le produit.

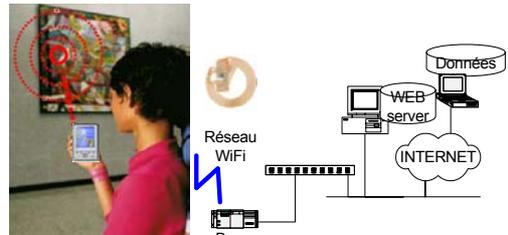


Figure 10. Acteur sollicitant les services du produit

En prenant le cas d'un poster, ne permettant qu'une information limitée à sa surface portante, on peut envisager alors de « naviguer » sur le poster à travers son produit virtuel pour avoir plus d'information, et rentrer en relation avec ses concepteurs, voire à proposer des modifications ou extensions (Figure 10).

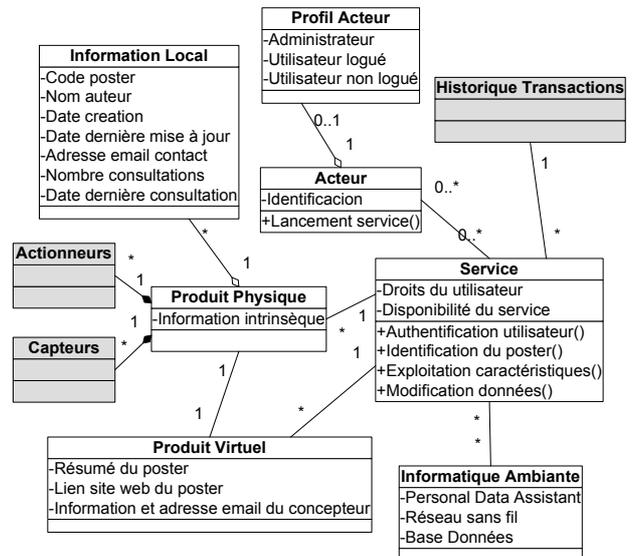


Figure 11. Diagramme de Classes UML support de l'interaction avec le produit poster intelligent

La figure 11, détaille le diagramme de classes UML servant de support à l'interaction avec le produit physique dans un contexte de produit virtuel ambiant, figurant un système d'information augmenté du produit.

Un PDA (Personal Data Assistant) est équipé avec une antenne RFID et une liaison réseau sans fil WiFi. Il réalise l'interface de services avec le produit intelligent. Les données à stocker sur le produit sont : un code du poster, le nom de l'auteur, les dates de création et de dernière mise à jour, l'adresse email d'un contact habilité à donner de plus amples informations, le nombre de consultations effectuées au poster et la date de dernière consultation.

9. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

L'émergence du concept d'objet communicant et des technologies d'identification automatique dans les secteurs manufacturier et logistique, ainsi que dans la vie courante, constitue un des challenges du développement de la société de l'information des prochaines années.

Nous avons présenté dans cet article au travers du concept d'objet communicant, une approche de formalisation et de modélisation des interactions entre produits et processus, et décrit les éléments de modélisation d'une infrastructure ambiante, exploitant les ressources informatique en réseau, pour fournir des services associés à un produit physique, muté en un produit intelligent. La technologie RFID constitue une solution industrielle émergente pour la mise en oeuvre de ces nouvelles interactions et nouveaux services permettant d'enrichir un produit physique. Les deux expériences de laboratoire montrent la faisabilité et l'application de ces concepts théoriques pour des objectifs de gestion de la qualité, de la traçabilité et de système d'information augmentée de produit.

La notion de service associé à un produit doit permettre de transformer un simple produit porteur d'information en un acteur d'une infrastructure de services ambiante et implicite, selon une vue ubiquiste des interactions entre objets, par laquelle l'objet se confond avec les services qu'il peut fournir.

Ce travail se poursuit par la spécification et la modélisation des services sur un produit intelligent, dans le cadre de la chaîne logistique, adaptés selon les profils acteurs et les phases du cycle de vie du produit. L'évaluation et la simulation des interactions produit-processus s'appuiera sur la chaîne de modélisation et simulation UML-SDL, pour déployer les interactions avec les produits intelligents dans les processus de la chaîne logistique.

REFERENCES

[1] M. G. Helander, J. Jiao. Research on e-product development (ePD) for mass customization. *Technovation* 22, 717-724. Pergamon. 2002

[2] Karkkainen M. & all. Intelligent products – a step towards a more effective project delivery chain, in

Computer in industry 50, 141-151, Elsevier Science. 2003

[3] E. Bajic, F. Chaxel. Holonic Manufacturing with Intelligent Objects. Holonic 5th IFIP International Conference on Information Technology for Balanced automation systems in Manufacturing and Services, BASYS 02, Cancun, Mexico. 2002

[4] C.Y. Wong, D. McFarlane, A. Ahmad Zaharudin, V. Agarwal. The intelligent product driven supply chain. Proc. IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics, 6-9 October 2002, Hammamet, Tunisia.

[5] G. Kintzig, G. Poulain, G. Privat, P. Favennec. Objets Communicants. Collection scientifique et technique des télécommunications, Ed. Hermès, ISBN 2-7462-0475-4, 2002.

[6] Ph. de Matteis. Focus sur le magasin du futur : le cas METRO. Conférence « Les 21èmes assises de la traçabilité ». Salon de la Traçabilité 2004, 27-29 janvier 2004. CNIT, Paris, France.

[7] A. Brewer, N. Sloan, T. L. Landers. Intelligent tracking in manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*. 10, 245-250, 1999.

[8] D. Paret. Identification radiofréquence et cartes à puce sans contact, ISBN 2-10-004263-7, Ed. Dunod, 2001.

[9] EpcGlobal, 2003 www.epcglobalinc.org

[10] D. L. Brock.. The electronic product code. Auto-Id center, MIT, Cambridge, 2001.

[11] D. L. Brock. The Physical Markup Language. MIT Auto-ID Center, 2001.

[12] L. Console, I. Torre, I. Lombardi, S.Gioria, V. Surano. Personalized and Adaptive Services on Board a Car: An Application for Tourist Information. *Journal of Intelligent Information Systems*, 21:3, 249-284, 2003.

[13] M. Weiser The computer for the 21st century, in *Scientific America*, Vol 265, N°3, pp 94-104. 1991

[14] L.E. Holmquist, R. Mazé, S. Ljungblad, Designing Tomorrow's Smart Products - Experience with the Smart-Its Platform. Proceedings of Designing User Experience (DUX), 2003.

[15] K. Römer, T. Schoch, F. Mattern, T. Dübendorfer. Smart Identification Frameworks for Ubiquitous Computing Applications. Proceedings of PerCom 2003 (IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications), March 2003.

[16] E. Bajic, F. Chaxel. Auto-ID Mobile Information System for Vehicle Life Cycle Data Management. Proc. IEEE International Conference on System, Man and Cybernetics, 6-9 October 2002, Hammamet, Tunisia.

[17] A. Duda. Ambient Networking. Smart Objects Conference, Grenoble, France 2003.