HAL
open science

Expérimentation de co-conception inter-universitaire

Alexandre Schneider, Jean-Yves Tigli, Stéphane Lavirotte

To cite this version:

Alexandre Schneider, Jean-Yves Tigli, Stéphane Lavirotte. Expérimentation de co-conception inter-universitaire. Virtual Product Life Management (Virtual PLM'12), Nov 2012, Reims, France. hal-00917165

HAL Id: hal-00917165

https://hal.science/hal-00917165v1

Submitted on 14 Dec 2013

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.

Expérimentation de co-conception inter-universitaire

Alexandre SCHNEIDER* — **Jean-Yves TIGLI**— Stéphane LAVIROTTE****

**IFTS Charleville-Mézières URCA (laboratoire CMCAO/CReSTIC)*
*** Polytech'Nice Sophia, Université Nice Sophia Antipolis (Laboratoire I3S)*

RÉSUMÉ. L'école Polytech'Nice Sophia et l'IFTS de Charleville-Mézières organisent depuis quatre années une expérimentation pédagogique de Co-conception. Plusieurs groupes réunissant un binôme niçois et un étudiant carolomacérien, conçoivent, dans le cadre d'un module commun de conception d'un objet communicant, un produit interagissant avec son milieu. Ce travail collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO) se déroule sur une durée de trois mois et se décompose en plusieurs phases de la rédaction du cahier des charges, à la Co-conception en passant par la fabrication d'un prototype fonctionnel pour terminer par l'assemblage de la partie électronique. Cet article propose un retour sur cette expérience, dans ses aspects pédagogiques, organisationnels et technologiques.

MOTS-CLÉS : Co-conception, Gestion de la connaissance, Fablab, Prototypage Rapide, Cloud des Objets

ABSTRACT. The Polytech'Nice Sophia School and the IFTS of Charleville-Mézières have been organizing an experiment of Co- design for four years. Two students from Polytech'Nice Sophia and one from the IFTS are working in partnership and have to design a communicating object, ie a product that interacts with its environment. This Computer supported cooperative work (CSCW) takes place over a period of three months and is divided into several phases. (definition of the functional specifications of the product, the co-design, the prototype manufacturing and assembly). This paper proposes a back-up on this experience, through its pedagogical, organizational and technological point of views.

KEYWORDS: Co-design, knowledge management, Fablab, Rapid prototyping, Cloud of Things

1. Introduction

L'école Polytech'Nice Sophia (Université Nice Sophia Antipolis) et l'IFTS de Charleville-Mézières (Université de Reims-Champagne-Ardenne) organisent depuis quatre années une expérimentation pédagogique de Co-conception. Plusieurs groupes réunissant un binôme niçois et un étudiant carolomacérien, inventent, conçoivent et réalisent tous les ans des objets communicants interagissant avec leur milieu. Cette coopération se déroule dans le cadre d'un module commun de conception d'un objet communicant.

Les étudiants de dernière d'école d'ingénieurs à Polytech'Nice Sophia et de Master 2 IFI suivant le parcours IAM (Informatique Ambiante et Mobile), sont spécialisés en informatique dans la conception de nouveaux services et applications pour l'Intelligence Ambiante. Un des modules de la formation permet aux étudiants de travailler, dans le cadre d'un projet, sur la conception et le design d'un objet jusqu'à l'orchestration de services. L'objectif de cette formation en informatique est le double développement de services pour dispositif embarqués sur un objet communicant, et de l'orchestration de services sur PC (à terme une box à la maison ou dans le cloud) illustrant les multiples services à haute valeur ajoutée qui peuvent être créés dont l'originalité est une conséquence de l'originalité de l'objet. Cette formation est depuis 2012 en cours de transfert hors des murs de l'Université grâce à

des collaborations avec la Tunisie et l'Egypte. Les étudiants de l'IFTS et notamment les Master INC (Ingénierie Numérique et Collaborative) interviennent tout au long de la chaine numérique et ce, jusqu'à la réalisation de produit.

Pour trouver de nouvelles idées d'objets communicants, la méthodologie d'amorce du projet est la suivante : quels sont les objets de mon quotidien qui ne communiquent et qui pourraient communiquer ? Quelles sont les informations que celui-ci pourraient me fournir ? Quelles actions pourrait-il exécuter ? Une fois l'idée de projet initiée, le travail collaboratif Assisté par Ordinateur (TCAO) se déroule sur une durée de trois mois et se décompose en trois phases majeures.

La première phase est la rédaction du cahier des charges fonctionnelles (CDCF) qui permet, selon (ZANIN 10 octobre 1997), par une approche systémique d'appréhender la complexité du projet, pour ensuite apporter la rigueur de construction de la solution par une approche analytique. La rédaction du CDCF se fait sur une première proposition des étudiants en IAM puis, dans l'objectif de rendre le projet réalisable et optimisé, la rédaction du CDCF est menée conjointement. Cette rédaction répond à la norme AFNOR X50-151 permettant de valider les deux étapes clés, de définition des rôles de chacun et de définition de la solution la mieux adaptée.

La seconde étape correspond à la conception du prototype avec un modeleur volumique (Catia V5R19 Dassault System) avec intégration des composants électroniques. De plus, des contraintes économiques et technologiques sont imposées aux étudiants. Par exemple, la prise en compte des règles métier propres soit, à la fabrication par prototypage rapide PR (Imprimante 3D, Stratoconception, impression par frittage de poudres…) ou à la réalisation par des procédés plus conventionnels (Usinage, thermoformage, …).

La dernière phase du projet correspond à la fabrication du prototype fonctionnel avec intégration des composants électroniques et le développement des programmes logiciels nécessaires. La réalisation de l'objet physique se fait sur le site de l'IFTS à Charleville-Mézières et l'intégration de l'électronique et le développement logiciel se déroulent à Polytech'Nice Sophia. C'est en ce sens que seule une bonne méthodologie de Co-conception permet de garantir une montabilité et une fonctionnalité optimum au produit.

2. Contexte de l'expérimentation

2.1. *Démarche pédagogique*

Notre objectif pédagogique commun est de placer les étudiants en situation de jeu de rôle : donneur d'ordre/sous-traitant. Cependant cette Co-conception permet

également d'aborder d'autres objectifs. Ainsi ce module va offrir à la majorité des apprenants leur première expérience de collaboration en conception autour d'un produit nécessitant des compétences multidisciplinaires. A cela s'ajoute une autre facette puisque le module mobilise des étudiants aux profils très diversifiés et multiculturels. Un travail de réflexion est mené quant à la critique du déroulement de la collaboration ainsi que sur les leviers et freins d'une démarche collaborative.

De plus, le choix du thème du module répond à une expansion des objets communicants selon le Professeur Friedemann Mattern de l'Université de Zurich (Suisse) qui dans son article Smart – its friend ***(Holmquist et al., 2001)*** décrit les quatre raisons de cet avènement :

- La première étant la loi empirique de Moore (1965) relative à la croissance de la performance des CMOS tous les 24 mois ;
- la seconde raison tient au développement de nouveaux matériaux (comme les polymères émetteur de lumière, les semi-conducteurs organiques ou encore l'opto-électronique) ;
- la troisième s'appuie sur l'amélioration des capteurs qui sont de plus en plus performants (comme les radio-capteurs ou encore à la miniaturisation des caméras);
- la dernière raison découle des progrès notables des technologies de communication comme le modèle multi-sphère du World Wireless Research Forum[1]

2.1.1. *Le module Objet communicant coté « Nice »*

La miniaturisation des dispositifs informatiques et de télécommunication, le progrès des protocoles de communication, l'incorporation de ces fonctions dans des objets usuels devenus communicants voire intelligents (téléphones, lunettes, montres, ceintures, sacoches (Sideshow de Microsoft), vêtements , équipements ménagers, automobiles, jouets comme le Nabaztag de la société Violet, produits " tracés " avec les RFIDs, etc.), sont les facteurs technologiques du secteur émergeant des nouvelles applications et services en Informatique Ambiante.

[1] http://www.wireless-world-research.org/

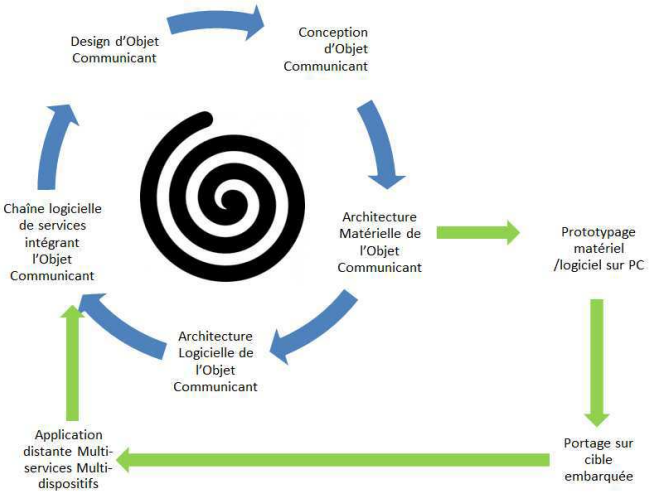


Figure 1 : Cycle de développement d'un objet communicant

Après une introduction du sujet et un état de l'art technologique, des travaux dirigés ont permis de mettre en œuvre ces technologies, d'en acquérir la maîtrise sur des scénarios applicatifs et d'étudier d'autres cas d'utilisation. Dans un second temps et après avoir été sensibilisé aux autres facteurs tels que le design d'objet, nécessaires à la création de services à haute valeur ajoutée associés à des objets communicants, les étudiants sont accompagnés dans la conception et le prototypage d'un objet communicant et ses services associés selon le cycle de développement de la figure 1.

Ces développements et réalisations de prototypes s'appuient sur WComp, un environnement de développement de type « *Rapid Application Developpement at Runtime* », réalisé par l'équipe Rainbow du Laboratoire I3S (Université de Nice CNRS). Cet environnement permet le développement dynamique sur ordinateur PC et le portage immédiat sur des plateformes de type ARM9 utilisées par les objets communicants. WComp permet aussi la conception de services pour dispositifs composites de manière aisée et réalise aussi l'orchestration des différents services informatiques (web services classiques et web services pour dispositifs). Cet environnement de développement logiciel est utilisé au sein de l'Ubiquarium qui permet la mise en œuvre des objets communicants réalisés par les étudiants dans un environnement réel et simulé, ce qui permet de valider les idées développées.

2.1.2. *Le module Co-Conception côté « Charleville-Mézières»*

Le module de Co-conception fait partie intégrante du Master spécialité Sciences des Matériaux et Nouvelles Technologies, Mention Physique et Sciences pour l'Ingénieur. L'option Ingénierie Numérique et Collaborative a été mise en place afin

de répondre aux besoins des centres de recherche et de développement notamment sur les thématiques de la CFAO et de la simulation numérique tout en ayant une vue d'ensemble des processus de conception-fabrication.
Le cours de Co-conception est en soi la mise en pratique d'un ensemble de connaissances dispensées en Master INC.
Dans le cadre de la collaboration entre Polytech'Nice Sophia et l'IFTS, les étudiants de Charleville-Mézières se trouvent dans plusieurs rôles :

- de collaborateur (pour la réalisation du CDCF)
- de sous-traitant (pour la conception et la réalisation des prototypes),
- de manager (création d'une équipe de trois techniciens issus de la Licence 3° année Science pour l'Ingénieur afin de les assister dans la réalisation des prototypes)

Afin d'appréhender l'ensemble des contraintes économiques et techniques inhérentes à leur futur milieu industriel, il est imposé aux étudiants du Master INC plusieurs exigences.

- la conception sur modeleur volumique doit intégrer un paramétrage associé aux capabilités de chaque machine utilisée, ce qui induit, inéluctablement, une compréhension globale des procédés en mettant en place une méthodologie basée sur les résultats de plan d'expérience visant à déterminer les limites physiques des machines. C'est ainsi que l'approche Design For Manufacturing (DFM) vise à agir sur tous les éléments physiques possibles dans le but de rendre la Fabrication la plus efficace possible (Lamothe &Aldanondo 2001).
- Sachant également qu'environ 75% des coûts sont déterminés dès les toutes premières phases de conception (Sharpe 1995), il est préconisé d'optimiser les DFN. Tant en matière, par l'utilisation de l'optimisation de formes paramétriques qui selon (Allaire G. 2001) permet de calculer les dimensions optimales des formes paramétrées. Mais également en réfléchissant à l'uniformisation des achats de matières premières afin de réduire les coûts directs.
- La commercialisation éventuelle du produit « objet communicant » est assurée par la prise en compte des règles métier propres aux procédés industriels visant la réalisation de petite ou moyenne série. Par exemple, un prototype de coque réalisé sur imprimante 3D sera conçu pour être réalisé par thermoformage à plus grande échelle de production en intégrant les dépouilles et les épaisseurs minimum préconisées.

2.1.3. Le lien Physique et Virtuel…

Une réflexion pédagogique ainsi que le retour d'expérience nous a conduit à conserver un lien physique et direct lors d'un cours dispensé par l'enseignant chargé du module de Co-conception de l'IFTS dans les locaux de Polytech'Nice Sophia.

Il s'est avéré essentiel de présenter les compétences ainsi que les possibilités offertes aux élèves en IAM de Polytech'Nice Sophia par leurs homologues de l'IFTS. Toute l'importance de cette étape est donc de faire assimiler à ce public que les moyens de prototypage rapide sont capables de réaliser des formes extrêmement complexes (inclusion, cavité...), irréalisables par des procédés tels que l'usinage par exemple (Aoussat A 2000). Il est également important de faire comprendre les risques de ces procédés et notamment la transition entre le prototype unique et sa mise sur le marché en grande série. L'utilisation de maquette tactile montrant les possibilités effectives des moyens de PR ainsi que la présentation des projets déjà réalisés dans le cadre du module Co-conception/Objet communicant.

La Co-conception ou ingénierie collaborative a pour objectif selon (Corboz M. & Leseul M. 2002) « d'étudier différentes solutions en amont pour optimiser la conception, d'accélérer les décisions en mettant en commun les différentes idées, de réduire les erreurs et les itérations, d'intensifier et simplifier les communications dans les équipes, d'intégrer tous les métiers techniques et économiques au projet, de s'affranchir des contraintes de localisation, ... ». C'est ainsi que les membres d'un groupe de travail doivent collaborer au travers d'une plateforme commune visant à briser les contraintes spatio-temporelles.

2.2. Moyens mis en œuvre

Il s'agit presque d'un Fablab… puisque selon la définition de (Gershenfeld N. 2005), le Fablab est « un atelier composé de machines pour réaliser, rapidement et sur demande, des biens de nature variée et si possible le tout relié à Internet ». La complémentarité de compétences et de moyens entre l'IFTS et Polytech'Nice Sophia offre aux étudiants de ce module la possibilité d'imaginer, concevoir, prototyper ou tester n'importe quel type d'objet, tout comme dans un Fablab. La différence réside dans l'ouverture des moyens au grand public ainsi que dans l'utilisation de logiciel libre de droit tel que le préconise la Charte du MIT sur les FabLabs[2].

2.2.1. ***Les moyens côté « Nice »***

L'Ubiquarium (Hourdin, Cheung-Foo-Wo, Lavirotte, Tigli 2006) est constitué de divers dispositifs ainsi que de services découvrables et composables dynamiquement. Ces dispositifs peuvent être soit des dispositifs virtuels (objets d'une scène 3D dans laquelle l'utilisateur est immergé), soit des dispositifs réels portés par l'utilisateur ou présents dans son environnement. Tous les équipements de l'Ubiquarium, réels ou virtuels, sont donc basés sur une interface de type Web Service (classique ou pour dispositifs) ce qui limite ainsi au maximum les conceptions ad-hoc.
L'Ubiquarium actuellement mis en œuvre repose sur trois grandes classes d'équipements :

[2] http//fab.cba.mit.edu/about/charter

- Dans l'environnement réel de l'utilisateur : des dispositifs sans-fil présents dans l'environnement, tels que des capteurs (luminosité, température, accéléromètre, …) et actionneurs (télé-relais, …),
- Sur l'utilisateur : des dispositifs d'interaction: joystick, téléphone portable, PDA, « Wearable Computer »,
- Dans l'environnement simulé : sous forme d'une scène virtuelle 3D, des dispositifs virtuels UPnP associés à des objets de la scène.

Un tel environnement est un cadre idéal pour l'évaluation de nouvelles applications de l'informatique mobile et ambiante telles que les usages des ordinateurs portés (Wearable Computers), l'Internet des Objets (IoT), ou bien encore le M2M (machine to machine). Cette plate-forme est tout particulièrement adaptée à l'étude des mécanismes d'adaptation logicielle pour des applications de l'informatique mobile et ambiante sensibles au contexte. Tous les ans, les meilleurs projets viennent ajouter de nouveaux objets à l'Ubiquarium.

2.2.2. Les moyens côté « Charleville-Mézières»

Il s'agit essentiellement des moyens mis en œuvre dans le cadre de la plate-forme NUM3D (travaux de l'ERT Gaspard Monge - 2009-2011).
Les étudiants travaillent dans une salle dédiée au travail collaboratif équipée d'un écran d'immersion 3D, un système intégré de visioconférence, un tableau interactif tactile ainsi que des postes informatiques équipés de logiciels.

De plus, ils bénéficient des moyens en prototypage rapide de l'équipe de recherche CMCAO appartenant au groupe CReSTIC de l'URCA, qui se composent d'une imprimante 3D type MJM, d'une machine de frittage de poudre SLA (métallique ou PA), d'une imprimante 3D couleur à plâtre 3DP, d'une imprimante 3D à cire (pour fonderie à cire perdue), d'une imprimante de bureau type Roland, d'une machine de stratoconception type CRI et d'une machine de découpe par fil chaud type CROMA. Ainsi que des moyens propres à l'IFTS, comme un centre d'usinage 5 axes continus, des machines d'injection plastique ou encore d'une thermoformeuse.

2.2.3. Les moyens communs…

Afin de garantir la communication, les créneaux horaires des modules sont décalés d'une journée afin de laisser le temps aux étudiants niçois de s'imprégner de leur cours et de pouvoir formuler clairement leurs orientations. Ainsi, dès le lendemain du cours dispensé à Polytech'Nice Sophia, les étudiants de Charleville-Mézières peuvent prendre en compte les critiques et doléances de leurs camarades.

Toujours dans un souci de communication, il a été mis en place l'utilisation d'une plateforme collaborative numérique commune avec obligation de communiquer à travers celle-ci pour garder une trace de chaque prise de décision.

3. La plateforme de co-conception

3.1. *Les plateformes collaboratives*

Les outils de travaux collaboratifs (TC) peuvent être distingués, selon (Gardan N. 2005), suivant le degré d'assistance qu'ils apportent du point de vue de la coopération :

- Les outils de communication tels que les visioconférences ou les chat ;
- Les outils de coordination pour la gestion des activités et des données du projet comme les SGDT, le versionning avec synchronisation des tâches par exemple.
- Les outils de collaboration visant à partager des outils métier (visualisation ou annotation de modèles géométriques)

Ainsi s'offre à nous pléthore d'outil de TC. Il a été décidé de nous orienter vers un outil destiné aux PME-PMI répondant à des contraintes simples et visant à gérer des projets de moyennes envergures.

3.2 *La plateforme « Adhoccollaboration[3] »*

Le choix s'est porté sur un outil de TC intuitif, accessible sans formation et innovant en permettant notamment du travail synchrone (et asynchrone de fait) en référence à la taxonomie espace-temps des collecticiels (figure 2) d'après (Ellis C. A. & Gibbs

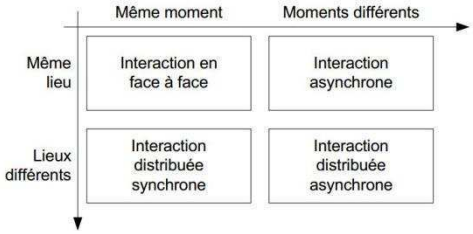


Figure 2 : Taxonomie espace-temps des collecticiels selon Ellis, 1991

S. J. 1991). Malgré cette simplicité d'utilisation, cet outil permet une gestion des documents et des accès avancés comme la délégation des droits, la gestion des fichiers et des versions, un workflow et une traçabilité rigoureuse. Une communication intégrée est prévue pour assurer le suivi, les commentaires éventuels ainsi que les discussions autour de documents communs. Des outils internes de

[3] Centre Technique DINCCS, Association Micado www.adhoccollaboration.com

coordination permettent une communication simplifiée ainsi que des outils de planification pour la préparation de réunion.

Le portail permet également un travail synchrone sur une vue de document(s) (traitement de texte, feuille de calcul, présentation ou fichier volumique de CAO par exemple) avec une visualisation et une annotation en direct avec une production de rapport automatique de la réunion de travail.

4. Aspects méthodologiques

La figure 3 (figure adaptée d'un cours d'introduction à la chaine numérique dispensé par M. Reimeringer de l'entreprise DINCCS) représente le scénario de Co-conception mis en place et développé pour le module Objet Communicant/Co-conception. Il permet de préciser le rôle et les interactions de chaque membre d'un groupe. Cette schématisation tend à mettre au cœur du développement du produit le portail de collaboration.

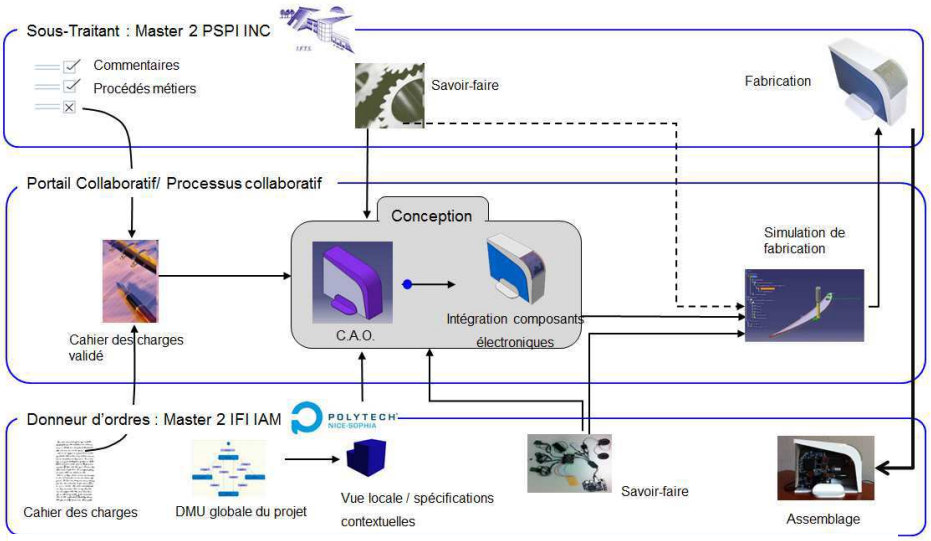


Figure 3 : Scénario de co-conception inter-universitaire

5. Expérimentation / Exemple de réalisation

On illustre l'application du scénario de Co-conception sur le projet « SmartLight » réalisé en collaboration entre un binôme de Polytech'Nice Sophia et un étudiant de Master de l'IFTS de Charleville-Mézières.

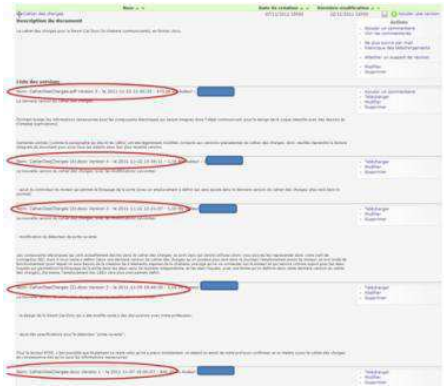
La première étape a été la création d'un espace collaboratif pour la réalisation de l'Objet Communicant appelé « SmartLight » (une lampe d'intérieur communicante cf figure 4). L'espace comporte un blog, servant à la communication entre les membres du groupe (34 commentaires cf. figure 4), et cinq sous-dossiers visant à améliorer la recherche d'information spécifique à un groupe. C'est en ce sens que suivant le degré d'intérêt ou de confidentialité l'animateur du groupe autorise ou non la lecture ou l'écriture dans un sous-dossier. Par exemple, les étudiants du Master IFI IAM n'ont pas besoin d'avoir accès au fichier natif de conception (logiciel métier n'étant disponible qu'à l'IFTS) ni au code machine de fabrication. Par conséquent l'accès à la lecture de ces sous-dossiers ne leur est pas autorisé. Par contre, ils sont essentiels à la gestion et à la réalisation du produit pour les Master MPSI INC et donc leur accès est validé. Cette délégation des droits est primordiale pour des questions de sécurité des données mais elle a aussi un rôle prépondérant

Figure 4 : Espace de travail collaboratif / Blog

dans la clarté et la simplification de l'accès aux informations pertinentes.

- Le sous-dossier Cahier des Charges est relatif à la création en collaboration du document de travail spécifiant les contraintes et les objectifs du produit. La prise en compte des remarques du blog a permis la réalisation d'un CdCF répondant aux normes **AFNOR X50-151.** Sur le projet SmartLight, cinq versions (cf. figure 5) du CdCF ont été nécessaires à lever toutes ambiguïtés tant techniques qu'ontologiques au sens de l'appropriation de chacun des termes et concepts d'un domaine de compétences (Elena Simperl 2009);

- Le sous-dossier « Conception » est utilisé dans un premier temps pour stocker et conserver l'historique de la conception du produit en parallèle de l'évolution du CdCF et au format natif CATIA. Cette partie étant non visible aux étudiants de Polytech'Nice Sophia car non lisible (pas de viewer direct de Catia). Par conséquent, il a été créé un espace d'échange de visualisation 3D au moyen de fichier de type 3DXML (cf. figure 6) ;



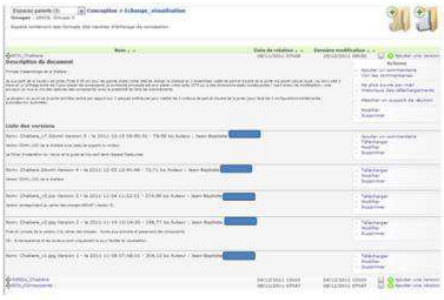


Figure 5 : Collaboration rédaction CdCF ; Figure 6 : Conception/Echange_Visualisation

- Le sous-dossier « Fabrication » est uniquement destiné au sous-traitant qui trouvera regroupés les fichiers natifs de FAO, les codes de fabrication ainsi que des vidéos montrant l'usinage du produit ;
- le sous dossier « Ressources » contient toutes les ressources nécessaires à la réussite du projet. Il contient par exemple le logiciel de visualisation 3D mais également la notice de montage du système et l'intégration des éléments électroniques ;
- et enfin le sous-dossier « Bilan du projet » recense sur une diapositive le récapitulatif du projet (Modèle CAO, intégration dans son environnement, objet réel ainsi que son coût de revient). Pour information, le coût de réalisation pour un prototype type Smarlight a été estimé à 400 euros uniquement en composant électronique et la réalisation du prototype physique et à 120 heures de travail par groupe[4].

La figure 7 illustre la finalité du projet SmartLight et notamment le prototype physique livré avec intégration des composants électroniques.

[4] http://users.polytech.unice.fr/~dvarenne/OC/index.html

Pour l'année universitaire 2012-2013, l'ensemble des objets réalisés doivent contribuer à améliorer la prévention santé et l'auto quantification santé (projet U-Health). L'auto-quantification permet à une personne de mesurer ses activités et

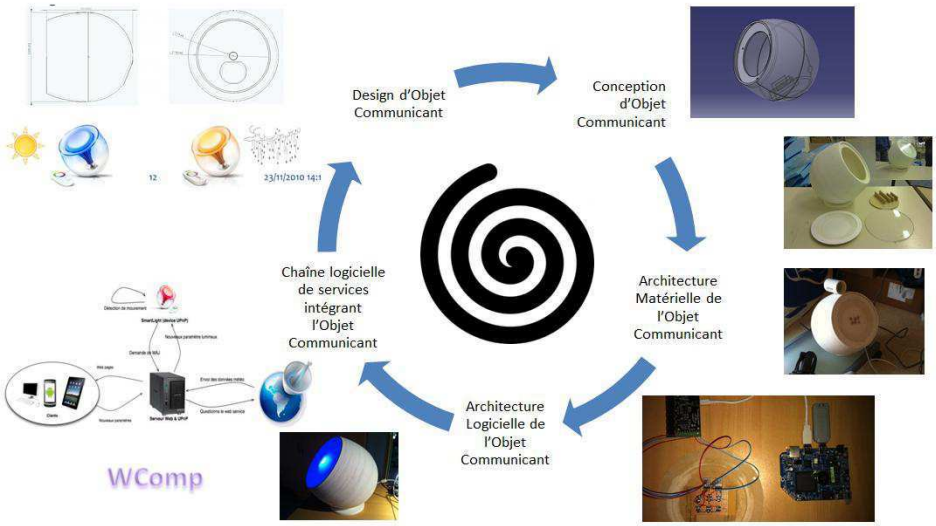


Figure 7 : cycle de développement de l'objet communicant Smartlight

données physiologiques quotidiennes pour influencer positivement la modification de comportements et générer un flux de données utiles à la recherche. Aujourd'hui cette auto-quantification se fait grâce à un rapport régulier de la personne sur son activité et à des mesures sur des appareils spécialisés (pèse-personne, tensiomètre, …). Or les technologies ubiquitaires permettent aujourd'hui à tout appareil et objet de la vie quotidienne de communiquer des informations sur les interactions naturelles qu'il peut avoir avec son usager (ex. chaise pouvant mesurer le temps de son utilisation, chaussures pouvant mesurer le nombre de pas effectués dans une journée, montre récupérant les mouvements du bras et la fréquence cardiaque …). Nous pouvons ainsi récupérer un très grand nombre d'informations sur l'activité d'une personne et son état physiologique sans lui imposer d'exercice particulier et de la manière la plus discrète possible.

6. Conclusion

L'expérience de travail collaboratif entre nos deux entités perdure depuis l'année universitaire 2008/2009 et s'est soldée par la réalisation de 36 prototypes fonctionnels. Un bilan en fin de module ainsi que la mise en place d'une

méthodologie rigoureuse nous ont permis de passer de 20% de satisfaction (conformité du CdCF, respect des délais et coûts…) lors de la première année de mise en place du module à près de 90% selon les mêmes critères lors du dernier exercice. L'intégration dans un cursus de formation d'ingénieur avec un fort accompagnement pédagogique est un gage de réussite pour les étudiants.

Plusieurs points sont toutefois à améliorer notamment sur la gestion des droits de la plateforme collaborative ainsi que sur son utilisation systématique et ce, dans un souci de traçabilité des informations. Mais également un travail sur la mise en place d'une base de données commune de composants électroniques est engagé et plus largement sur toutes les problématiques de transfert de connaissance. En effet, les connaissances et la gestion des problèmes liées à la co-conception sont « perdues » chaque année et à retraiter à chaque nouvelle promotion de Master. La capitalisation de la connaissance devient, de plus, une réelle problématique du monde industriel. La création future d'un FabLab est également étudiée et participera à la mise en place de procédure rigoureuse de sous-traitance.

La démarche de mise en relation entre un sous-traitant et son donneur d'ordre, accentuée par les différences de vocabulaire commun, participe à une meilleure appréhension des modes de fonctionnement du développement de projet. Des contacts industriels ont déjà eu lieu pour la valorisation de certains projets. Nous invitons toute entreprise souhaitant participer à cette démarche et sponsoriser ou collaborer dans une approche fédérative à rentrer en contact avec les auteurs de cet article.

7. Bibliographie

- Holmquist, L., Mattern, F., Schiele, B., Alahuhta, P., Beigl5, M., Gellersen, H.W., 2001. Smart-its friends: A technique for users to easily establish connections between smart artefacts, in: Ubicomp 2001: Ubiquitous Computing. pp. 116–122.
- Allaire G. 2001, 'Shape Optimization by the Homogeneization Method', Springer Verlag.
- Aoussat A D.R. & D.P. 2000, 'Prototypage Rapide - Généralités', Techniques de l'Ingénieur, BM7017.
- Corboz M. & Leseul M. 2002, 'L'ingénierie Collaborative', Dossier Technologies des Pays de Savoie.
- Elena Simperl October 2009, 'Reusing Ontologies on the Semantic Web: a Feasibility Study', Data & Knowledge Engineering, Volume 68, Issue 10, , p. Pages 905-925.
- Ellis C. A. &Gibbs S. J. 1991, 'Groupware, Some Issues and Experiences, Communications of the ACM, vol. 34, pp. 38-58.
- Gardan N. Proposition D'une Méthodologie de Travail Collaboratif : Concepts et Applications. Thèse de doctorat Université de Reims Champagne-Ardenne. 2005.
- Gershenfeld N. 2005, 'The Coming Revolution on Your Desktop. From Personal Computers to Personal Fabrication', Basic Books.
- Sharpe J. 1995, 'Computer Tools for Integrated Conceptual Design', Design Studies, 16(4), pp. 471-488.
- Zanin J. 10 octobre 1997, 'Cahier des Charges Fonctionnel', Techniques de l'Ingénieur, Référence A5090.
- Lamothe J. & Aldanondo M. 2001, 'Une Approche D'ingenierie Integree Pour la Logistique: Interets et Limites de la Cooperation', MOSIM 2001.
- Hourdin V., Cheung-Foo-Wo D., Lavirotte S. et Tigli J.-Y., 2006. « Ubiquarium Informatique: Une plate-forme pour l'étude des équipements informatiques mobiles en environnement simulé ». Actes des 3èmes Journées Francophones Mobilité et Ubiquité (UbiMob), Paris.
- Ferry N., Hourdin V., Lavirotte S., Rey G. et Tigli J.-Y, 2012. « WComp, Intergiciel pour l'Informatique Ambiante et Adaptation Centrée Système ». Informatique et Intelligence Ambiante : des Capteurs aux Applications (Traité Informatique et Systèmes d'Information, IC2), chapitre 6, pages 113-146, Hermes Science. ISBN 2-7462-2981-1.