

L'ordinateur porté et la réalité augmentée dans les activités de diagnostic – maintenance – réparation

Bertrand DAVID, Guillaume MASSEREY, Olivier CHAMPALLE, Chuantao YIN, Olivier GAGNE, René CHALON

Laboratoire LIESP-ICTT, Ecole Centrale de Lyon, 36, avenue Guy de Collongue, 69134 ECULLY cedex +33 4 72 18 65 81. {prénom.nom}@ec-lyon.fr

RÉSUMÉ : Le durcissement des marchés à l'échelle mondiale pousse les entreprises à améliorer leurs méthodes voire à innover pour rester compétitives. Avec un souci de remettre l'homme au centre de la performance, nous présentons un système générique pour la maintenance et le dépannage industriel en réponse à cette problématique d'hyper compétitivité. Ce système est basé sur l'utilisation de l'ordinateur porté et son couplage à des dispositifs d'interaction ainsi que la mise en application de certains paradigmes de la Réalité Augmentée ; l'idée sous jacente étant la réalisation « naturelle » de la tâche en mobilité.

Notre cadre de recherche est le projet HelpMeToDo qui met en avant l'utilisation de l'ordinateur porté ainsi que les éléments clés que sont la prise en compte du contexte, la mise en œuvre du stockage in-situ, la traçabilité et la prescription d'opérations dans ces activités de maintenance et dépannage en mobilité. Les concepts MOCOCO (MObilité, COopération, COntextualisation) et IMERA (Interaction Mobile dans l'Environnement Réel Augmenté) sont au centre de notre approche, d'autant que nous nous intéressons à la maintenance collaborative, lorsque par exemple un technicien envoyé sur site est soutenu à distance par un expert.

MOTS-CLÉS : Innovation et compétition, Fiabilité et maintenance, Interfaces Mobiles, Environnements de Réalité Mixte, Travail collaboratif, Intelligence ambiante.

1. Introduction

Le climat de durcissement des marchés à l'échelle mondiale pousse les entreprises et leurs forces vives à proposer continuellement des améliorations et innovations. Dans ce contexte d'hyper compétitivité, la réactivité, l'adaptabilité et la capacité des personnels à pouvoir répondre positivement à des contraintes et sollicitations toujours plus variées sont cruciales. Les besoins de coopération, de mobilité et d'accès à l'information adaptée à l'action, l'apprentissage et la formation deviennent particulièrement critiques.

Notre étude cristallise ces besoins à travers le projet HelpMeToDo dont la finalité est de pallier les difficultés et les manques d'informations et de formations rencontrés par les personnes lors des tâches de diagnostic, de maintenance et de réparation en milieu industriel. Dans cet article, nous tentons de répondre à leurs besoins en nous basant sur les principes de l'informatique mobile, portée¹ et ubiquitaire [Weiser, 1991] comme facteurs de compétitivité ajoutés à ceux de Mobile learning et de Réalité Augmentée [Wellner, 1993].

Dans ce cadre, nos principaux concepts sont :

- IM (Interaction Mobile), qui propose des interfaces utilisateur pour des ordinateurs portés (PDAs, Smartphones, TabletPCs) et d'autres dispositifs adaptés aux situations mobiles ;
- ERA (Environnement Réel Augmenté), mettant en place un environnement augmenté dans le sens de la réalité mixte et de l'informatique ubiquitaire ;

¹ Par informatique portée, nous entendons un ensemble de dispositifs informatiques permettant de réaliser des tâches d'interaction. Le cœur de l'informatique portée est l'ordinateur porté.

- MOCOCO (MObilité, COopération, COntextualisation), visant les tâches réalisées en collaboration par plusieurs acteurs mobiles, qui ont accès à des données précises et contextualisées ;
- Proactivité, la faculté de l'interface de s'adapter aux actions de l'utilisateur et au contexte dans lequel il interagit (dans une logique d'intelligence ambiante) en montrant des capacités d'anticipation.

L'étude relatée se base sur une exploration des solutions possibles et leur validation lors d'expérimentations « terrain » en contexte réaliste. En outre, nous prenons en compte volontairement des industries à fortes exigences sécuritaires sans s'orienter spécifiquement vers l'aéronautique ou les industries chimiques voire nucléaires.

2. Le projet HelpMeToDo

Le projet HelpMeToDo (HMTD) a pour but d'exploiter des nouveaux moyens de communication mobiles pour le grand public et les professionnels dans toutes les activités nécessitant de l'aide. Les besoins d'information, de formation, d'assistance, d'aide à la maintenance et de dépannage dans des contextes individuels, collectifs, industriels ou grand public sont donc pris en compte. Le projet HMTD vise à étudier cette problématique de façon générique et déclinable dans ces contextes où les contraintes et exigences sont à la fois spécifiques mais « dérivables » à partir de situations génériques.

2.1. La Plateforme IMERA

La plateforme IMERA s'appuie sur une infrastructure réseau filaire et sans fil WiFi. Elle intègre divers objets communicants fixes ou mobiles, parmi lesquels les tags RFID ont une place importante. La technologie RFID est déployée sous forme de tags (containers de données consultables et modifiables) disposés à des endroits devant être identifiés ou caractérisés, des bornes (lecteurs fixes) et des lecteurs mobiles dont sont dotés les acteurs mobiles. Sur cette plateforme évoluent des acteurs mobiles équipés de dispositifs d'interaction, effectuant des actions sur le terrain, ainsi que des acteurs fixes ayant des rôles spécifiques, individuels ou de groupe, comme la supervision et la coordination, via des équipements appropriés, telle la table interactive. Les acteurs mobiles disposent tous d'un ordinateur porté (TabletPCs, PDAs, ...) connecté en WiFi et équipé d'un lecteur d'étiquettes RFID.

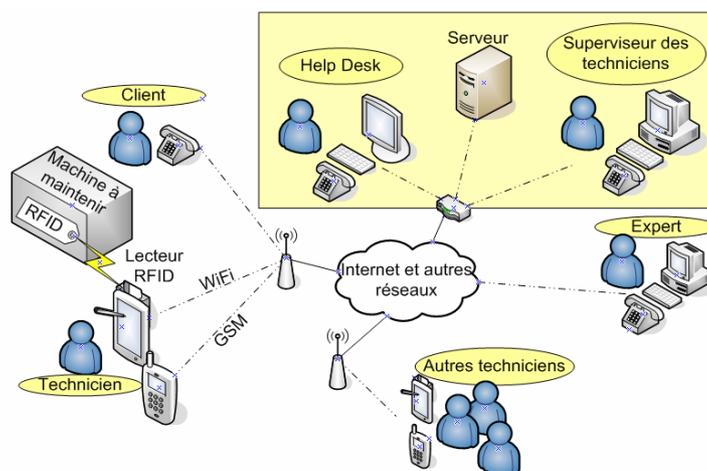


Figure 1. Plateforme IMERA dans sa déclinaison HMTD pour des activités industrielles

2.2. Caractéristiques mises en avant

2.2.1. L'informatique portée

L'informatique portée est une tendance récente de l'informatique où différents dispositifs sont « embarqués » sur l'acteur mobile et sont interconnectés via un ordinateur porté, cœur du système. L'informatique portée soulève bien des enjeux [Plouznikoff et al., 2004] que Mann [Mann 1998] essaya de caractériser en « 6 flux de signaux de base » tels que la « non monopolisation de l'attention de l'utilisateur » ou encore la « prise en compte de l'environnement ». Dans notre cadre d'étude qui est la maintenance [Feiner et al., 1997], nous cherchons notamment à intégrer ces ordinateurs portés dans des situations d'assistance où un technicien est envoyé sur site d'intervention avec un système mobile supportant la collaboration [Bauer et al., 1998, Kuzuoka et al., 1994], présentant des données contextualisées [Bauer et al., 1998] et pouvant mettre en œuvre des dispositifs de réalité augmentée (RA) [Feiner et al., 1997].

2.2.2. Contexte

Nous définissons le contexte comme Dey [Dey, 2000] qui met en avant 3 aspects (environnement – plateforme – préférences de l'utilisateur) qui traduisent très précisément nos préoccupations. La prise en compte du contexte est incontournable car une fois capturé et interprété, il va réellement permettre d'assister l'utilisateur. C'est notamment par cette prise en compte que l'on peut rendre l'interface utilisateur proactive.

2.2.3. Stockage in-situ

Dans les applications mobiles sensibles au contexte comme HMTD il est important d'accéder facilement aux informations décrivant et caractérisant ce contexte. Des objets de l'environnement (code-barres, tags RFID ou autres marqueurs) peuvent fournir ces informations statiques aux dispositifs mobiles qui les détectent ou leur permettre d'accéder à un contenu plus riche en servant d'identifiants d'accès au serveur distant accessible via le réseau sans fil contenant un SGDT (Système de Gestion de Données Techniques). Toutefois, dans certaines applications mobiles, il n'est pas possible de compter systématiquement sur la disponibilité d'accès réseau et il faut, dans ce cas, disposer sur place des informations contextualisées permettant d'agir efficacement. Le stockage in-situ d'informations dynamiques constitue donc une exigence importante pour certaines applications. La technologie RFID peut constituer une solution à ce problème car ses capacités de stockage sont de plus en plus importantes.

2.2.4. Traçabilité

La traçabilité d'opérations est une exigence forte dans des opérations de maintenance et de dépannage d'équipements sensibles. Il s'agit d'enregistrer les opérations effectuées dans des cadres professionnels et d'industries à risque pour pouvoir les retracer a posteriori. Les opérations de maintenance se font en mémorisant pour chaque opération la pièce concernée et l'outil utilisé. Pour cela le marquage par des tags RFID de toutes les pièces de l'équipement à maintenir ainsi que des outils (tournevis, pince, marteau et autres outils plus sophistiqués) permet de collecter « naturellement » les informations sur les opérations effectuées. Par la suite, il est possible de retrouver l'ensemble des opérations effectuées sur chaque pièce, ainsi que l'utilisation de différents outils. Pour cela les informations collectées sont soit centralisées dans une base de données soit stockées localement sur les tags RFID.

2.2.5. Prescription d'opérations

En complément de la traçabilité on peut également mettre en place le dépannage sous contrôle, autrement dit l'exécution guidée du processus métier imposé. En effet, assurer la

sureté et la robustesse du dépannage revient à effectuer le travail en suivant un mode prescrit d'opérations. Ce contrôle peut porter d'une part sur l'identité, et donc la qualification du dépanneur, qui doit s'identifier à l'aide de son badge RFID et d'autre part au niveau du processus de dépannage pendant lequel la séquence d'actions et les pièces et outils utilisés sont contrôlés. En pratique, cela revient à prendre connaissance de la séquence d'opérations effectuées et de l'ensemble des outils et pièces manipulés pendant celle-ci, en contrôlant la cohérence de ce que fait le dépanneur en respect de ce qui est demandé et en le notifiant de ses mauvais choix le cas échéant.

2.2.6. Mobile learning

Le mobile learning (M-learning) est une forme d'apprentissage utilisant les dispositifs mobiles; c'est le résultat du développement des technologies mobiles, y compris des réseaux sans fil, et de l'évolution des méthodes d'apprentissage. Une des définitions les plus significatives du Mobile learning est « toute sorte d'apprentissage se produisant lorsque l'apprenant n'est pas statique, à une position déterminée, ou l'apprentissage qui se produit lorsque l'apprenant tire partie des possibilités d'apprentissage offertes par les technologies mobiles » [O'Malley, 2003]. Sans détailler plus avant les différentes taxonomies du M-learning [Meyer, 2006], nous pouvons seulement séparer le M-learning en deux catégories suivant la prise en compte ou non du contexte. La première catégorie considère l'activité d'apprentissage comme totalement indépendante de la localisation de l'acteur et du contexte dans lequel il évolue prenant uniquement en compte la possibilité d'utiliser des dispositifs mobiles dans le but d'apprendre (dans les transports publics, en attendant le bus, ...). A l'opposé, notre deuxième catégorie détermine une activité d'apprentissage en relation avec la localisation (physique, géographique, ou logique) de l'acteur et du contexte dans lequel il évolue. Dans notre approche, nous nous focalisons sur cette deuxième catégorie de M-learning qui est celle à laquelle appartient le projet HMTD. Celle-ci possède des caractéristiques que notre système doit être en mesure de supporter. Ce sont principalement le Just in time Learning (Apprentissage juste à temps) [Bryan, 1998], le Learning by Doing (Apprentissage par l'action) [Grant, 1996] et le Learning & Doing (Apprendre et faire).

2.2.7. Trois formes de relation

Afin de répondre pleinement à notre problématique HMTD, il nous faut introduire le concept d'ordinateur porté (cf. 2.2.1) support d'activité de diagnostic – maintenance – réparation et de son M-learning. Celui-ci doit être mis en corrélation avec les technologies des appareils, machines ou équipements sur lesquels l'acteur veut intervenir. Trois formes de relation entre l'ordinateur porté et l'équipement sont à distinguer (Figure 2a, 2b et 2c) :

- Quand l'appareil (l'équipement) ne propose aucun moyen de connexion avec l'ordinateur porté c'est à l'utilisateur (l'acteur) d'assurer le lien entre les informations fournies par l'ordinateur porté et les situations observées ou à produire sur l'appareil (Figure 2a) ;
- Quand l'appareil est en mesure de recevoir des commandes via, par exemple, une interface infrarouge, il est possible d'établir un contact unilatéral depuis l'ordinateur porté vers l'appareil, pour le commander. L'autre voie, celle qui devrait fournir à l'ordinateur porté des informations observées sur l'appareil reste à la charge de l'utilisateur (Figure 2b) ;
- Quand l'appareil est en mesure d'établir avec l'ordinateur porté une communication dans les deux sens, il est possible de substituer à l'interface originale de l'appareil, l'interface proposée par l'ordinateur porté. Dans ce cas cette nouvelle interface, complètement déportée, peut être spécifique aux exigences de l'utilisateur (Figure 2c).

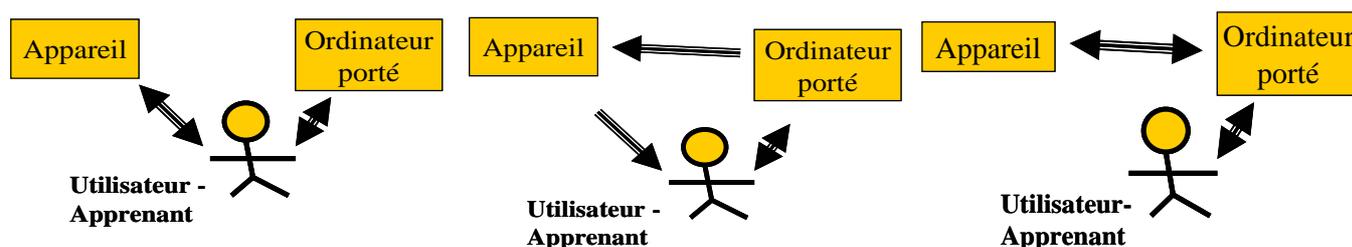


Figure 2a, 2b, 2c. Les 3 différents types d'utilisation de l'ordinateur portable

2.3. Démarche de configuration de l'ordinateur portable

L'intérêt de l'ordinateur portable consiste dans sa capacité de s'adapter de façon très précise au contexte d'utilisation. Il est ainsi possible d'équiper l'acteur par les périphériques les plus appropriés par rapport aux tâches à réaliser. C'est dans ce but que nous avons proposé une démarche de configuration de l'ordinateur portable [Masserey et al., 2006] que nous ne présentons ici que dans les grandes lignes.

2.3.1. Analyse des tâches

La première étape a pour but de modélisation des tâches que l'acteur doit réaliser. Nous utilisons le formalisme faisant apparaître clairement les tâches d'interactions tel que CTT [Paternò et al., 1997]. Une tâche d'interaction est une tâche où l'utilisateur fournit volontairement des informations à la machine, ou inversement lorsque la machine fournit des informations à l'utilisateur. Un exemple de tâche modélisée avec CTT est donné sur la figure 3 ci-dessous.

2.3.2. Choix des dispositifs

Le choix des dispositifs consiste à parcourir l'arbre de tâches et affecter à chacune des tâches d'interaction un dispositif d'interaction. Pour avoir un panorama des dispositifs existants, nous mettons à disposition du concepteur un référentiel contenant les dispositifs les plus représentatifs et permettant d'effectuer les tâches d'interaction en entrée et en sortie, tenant compte du contexte ainsi que les moyens de communication utilisables (WiFi, GPRS). C'est ainsi que pour l'affichage par exemple, nous pouvons proposer un tablePC, un écran intégré dans les lunettes ou les lunettes see-through de réalité augmentée. Un ensemble de matrices « dispositifs/critères » exprime les choix potentiels et facilite l'évaluation des dispositifs selon différents critères. Ceci permet de comparer différentes configurations envisagées, puis de choisir la plus appropriée en respectant des règles importantes qui sont notamment la minimisation du nombre de dispositifs à utiliser et la continuité de leur utilisation dans la tâche et entre les tâches. De cette façon on est en mesure de proposer à l'acteur un ordinateur portable équipé de dispositifs adéquats.

3. Scénario type

Le scénario que nous présentons sommairement ci-après porte sur une intervention répondant aux besoins de maintenance sensible et obligatoire nécessitant un respect et un contrôle strict des procédures.

Dans ce scénario l'intervenant accède aux caractéristiques de la machine et à l'historique des interventions effectuées sur celle-ci. Les caractéristiques sont, entre autres, son **identifiant entreprise**, ses **marque**, **modèle**, et **type** (ex : tour ou fraiseuse à commande numérique, ...), son **année d'achat**, sa **puissance**. L'historique des dernières interventions est une liste

structurée. Une intervention étant notamment décrite par sa **date**, son **type** (maintenance préventive ou réparation), la liste des **intervenants**, son **descriptif textuel** (problème et résolution), ainsi que les listes des **actions effectuées** et des **pièces manipulées**

Le déroulement du scénario se fait en respectant le processus métier (workflow) et lors de chaque étape, celui-ci affiche les outils à utiliser, les plans précis des sous-ensembles et pièces à démonter-remonter, et enregistre les actions de l'intervenant. Outils et pièces sont pour cela équipés de tags RFID que le technicien doit « taguer » dans l'ordre de la procédure. Cette action conditionne le passage à l'étape suivante.

Nous donnons maintenant les grandes étapes de ce scénario :

1. L'intervenant se connecte au système de gestion d'interventions et accède à son environnement ainsi qu'à son planning. Il prend connaissance de la machine à dépanner, et télécharge sur son dispositif mobile les documents qu'il ne pourra pas récupérer sur site, le cas échéant.

Une fois sur le lieu de l'intervention, grâce au(x) tag(s) RFID de la machine concernée, il récupère l'ensemble de ses caractéristiques ainsi que l'historique des dernières interventions. Suivant les possibilités de liaison par un réseau sans fil (ex : WiFi), l'intervenant accède « à la volée » aux rapports détaillés des interventions précédentes ainsi qu'aux caractéristiques complètes de la machine, sinon il consulte les données qu'il a téléchargées sur son appareil mobile avant de débiter l'intervention.

2. Il démarre ensuite le workflow de maintenance correspondant à la machine à réparer. La procédure impose à l'intervenant de mettre en correspondance l'identité de la machine, stockée dans le tag RFID, et celle du workflow. Une fois cette étape validée, la maintenance commence et l'heure de démarrage est sauvegardée dans l'historique de l'intervention.

3. Le technicien procède ensuite au démontage, étape suivante du workflow. Pour cette étape, en fonction de son niveau d'expertise, il peut éventuellement choisir d'« apprendre à faire », selon le principe de l'apprentissage juste à temps, en consultant la documentation adaptée (Figure 3) à la situation, et avec le support-média le plus approprié (texte, image, vidéo, son).

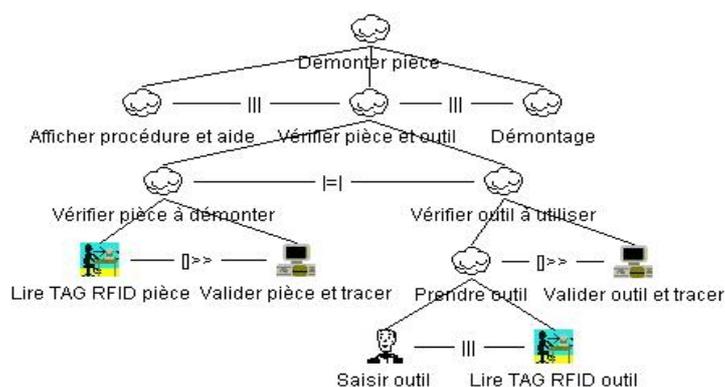


Figure 3. Arbres de tâche de l'étape 4 exprimé avec CTT

4. En cas de rupture de compétence, le technicien peut établir une collaboration à distance avec un expert. Ce dernier accède au contexte, à l'historique de l'intervention et guide l'intervenant via des indications graphiques, orales, textuelles.

5. Si au cours de la maintenance, l'intervenant repère une pièce défectueuse, il peut, à l'aide de l'étiquette RFID située sur celle-ci, donnant toutes les caractéristiques nécessaires, lancer un processus de remplacement et transmettre les informations correspondantes : **Identifiant de la pièce, famille de pièce**, etc.

6. Le remontage est intégré dans la procédure. Chaque pièce et outil sont « tagués » pour vérifier que le remontage est effectué en respectant les règles de l'art. Pour cette étape, comme pour l'étape 3, en fonction de son niveau d'expertise, l'intervenant peut si besoin se former (« apprendre à faire »), selon le principe de l'apprentissage juste à temps, en consultant la documentation adaptée à la situation, et avec le support- média le plus approprié (texte, image, vidéo, son).

7. La procédure se termine par la mémorisation de l'historique de l'intervention dans le ou les étiquette(s) RFID de la machine et la génération et le stockage d'un rapport plus complet dans la base de données de l'entreprise de dépannage et/ou chez le client.

4. Architecture

Notre système prend en compte le contexte et permet d'accéder à des données précises sur les équipements à réparer ou simplement présents sur le lieu de l'intervention. Il nous est donc impératif de pouvoir décrire le contexte de l'intervention. Celui-ci contient les machines à réparer ou simplement présentes car potentiellement dangereuses (ex : fraiseuses, scies à rubans, ...), ainsi que d'autres objets avec lesquels l'utilisateur pourrait interagir. Dans ce but, nous avons choisi d'utiliser le SGDT @udros fourni par notre partenaire Assetium spécialisé dans la gestion des données techniques, des documents et des opérations liés au cycle de vie des produits (SGDT / PLM) - <http://www.assetium.com/>. @udros est un SGDT qui a la particularité de gérer le cycle de vie complet des produits (PLM). @udros dispose d'un puissant outil graphique de pilotage de la base et de nombreux outils pour la génération de documentation ou de données techniques ainsi que pour la description de processus d'intervention (Figure 4, cadre de gauche). La base @udros permet de décrire les objets sous forme hiérarchique avec pour chacun un ensemble de propriétés communes à l'ensemble (nom, classe, date de création, date de mise à jour, version, révision, ...) ainsi que d'autres propriétés spécifiques (date de mise en service, ...). A chaque objet, il est possible d'associer des ressources multimédias (documents, objets 3D, ...). Il est ensuite possible d'accéder aux différents objets définis, par des requêtes (écrites en langage SQL) ou par le biais de scripts (en langage @upl ; langage dérivé de Perl et écrit par Assetium).

La figure 4 présente l'architecture générique du système collaboratif proposé. Cette architecture se compose d'une partie logicielle (Figure 4, partie gauche), d'une partie logicielle spécifique (Figure 4, partie centrale) et d'une partie dispositifs (figure 4, partie droite).

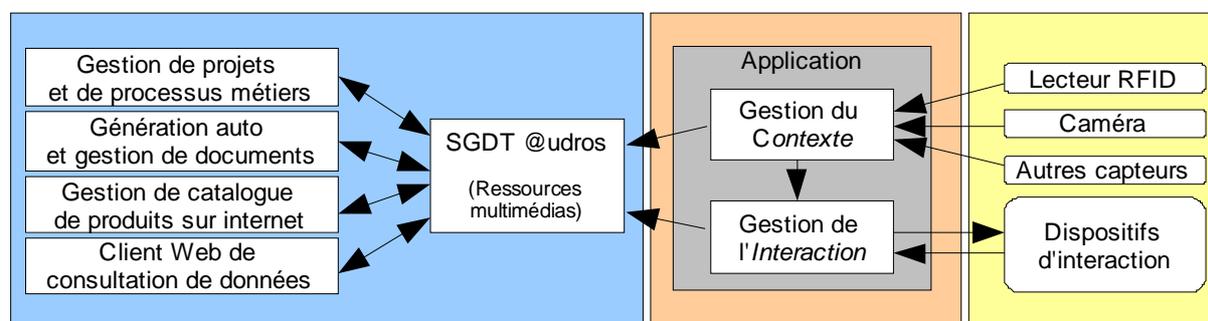


Figure 4. Architecture du système collaboratif

La partie dispositifs comprend un ensemble de capteurs pour la capture du contexte (caméras, lecteurs RFID, capteurs de luminosité, ...), un ensemble de dispositifs pour la présentation d'informations à l'acteur mobile (écran, écouteurs, cellules brailles, ...) ainsi qu'un ensemble de dispositifs d'entrée (micro-clavier, eye-tracker, micro, ...).

La partie logicielle se divise en deux parties, une sur le client l'autre sur le serveur. Suivant la puissance de l'ordinateur porté, on peut effectuer soit sur le client, soit sur le serveur des traitements comme la gestion de la superposition dans le cadre de la réalité augmentée – RA, la gestion des interactions et la gestion du contexte. Dans tous les cas, le SGDT @udros et les ressources qu'il référence sont localisés sur un ou plusieurs serveurs accessibles via un réseau sans fil (Bluetooth, WiFi, GPRS, 3G, ...), le débit du réseau sans fil induisant les types de ressources exploitables sur l'ordinateur porté.

4.1. Données stockées et manipulées

Tous types de données peuvent être pris en compte dans la base @udros. A savoir texte, image, objets 2D ou 3D, animations, trajectoires (ex : pour accéder à une pièce), ...

Nous donnons rapidement quelques données relatives à notre scénario. Ce sont principalement :

- *Marque, modèle, version, révision* : Caractéristiques inhérentes aux éléments et qui permettent de les retrouver.
- *Historique des interventions* : Ensemble des opérations effectuées sur une machine telles que démontage, changement de pièce, nettoyage, etc. Chaque historique a une date, une liste d'intervenants et une liste de pièce changées, démontées ou inspectées.
- *Instructions, schéma, plan, pointeur* : Des informations qui peuvent guider l'utilisateur ou l'aider à se repérer. Les instructions décrivent un processus que l'utilisateur à suivre pour mener à bien la tâche. Un couplage avec des capteurs peut permettre de savoir où l'on se situe dans le processus et permet de vérifier l'ordre des actions effectuées. Les instructions peuvent référencer des plans ou guides, et inversement un schéma ou plan peut indiquer des documents d'instructions. Un pointeur permet de montrer à quel endroit se situe le centre de l'intervention ou indiquer la prochaine opération à réaliser ;
- *Objet 2D ou 3D* : Ils représentent des entités physiques, ou purement numériques. Ils sont particulièrement présents dans les interfaces de Réalité Augmentée et souvent utilisés comme des références au monde physique et pour indiquer virtuellement la place d'éléments ;
- *Animation 2D ou 3D* : Elles confèrent un guidage dynamique à l'utilisateur. Leur particularité est de pouvoir se focaliser sur des éléments particuliers.

Ces données ont d'autres caractéristiques intrinsèques que nous ne détaillons pas ici. Des données de structure sont aussi utilisées (arborescence, composition, etc.) pour indiquer les relations inter-éléments.

5. Démarche d'utilisation et gains obtenus

Nous résumons dans ce paragraphe les problèmes soulevés et les solutions proposées.

Dans un premier temps, nous avons pointé le besoin d'accéder à des informations propres aux équipements qu'un intervenant est amené à maintenir et plus généralement au contexte dans lequel il évolue. Nous ciblons ici les informations concernant l'identité de l'équipement, son historique, etc. Les deux possibilités les plus stratégiquement adaptées à ces problématiques d'entreprise sont le stockage in-situ par le biais des étiquettes RFID (cf. 2.2.3) et l'utilisation des tags RFID comme identifiants avec le stockage d'informations associées dans une base de données sur un serveur. Les étiquettes RFID étant un des moyens les plus intéressants de stocker et d'accéder à des informations de manière sûre et de se passer partiellement d'une

connexion réseau, ce qui peut parfois permettre le travail sous contrôle dans des conditions dégradées.

Notre scénario (cf. 3) nous a permis de soulever deux autres types de problèmes propres aux maintenances d'équipements sensibles que sont le suivi complet de l'intervention en temps réel et le contrôle strict de l'ordre d'exécution. Ces deux points sont essentiels pour limiter les erreurs humaines éventuelles, pouvant engager des temps d'immobilisation des équipements importants, retardant ainsi la production et pénalisant la réactivité de l'entreprise. Nos propositions les plus adaptées à ces enjeux reposent sur la mise en œuvre de la traçabilité (cf. 2.2.4) (via les étiquettes RFID) et de la prescription d'opérations (cf. 2.2.5) permettant de vérifier étape par étape que l'ordre de démontage-remontage des pièces est bien respecté suivant la procédure de maintenance définie et validée.

Toujours au travers de notre scénario (cf. 3), nous insistons aussi sur les possibilités de faire face aux ruptures de compétences des personnels devant faire face régulièrement et rapidement à des situations non prévisibles ou pour lesquelles ils n'ont pas été formés, qui peuvent devenir bloquantes pour le bon fonctionnement de l'entreprise. Le personnel doit donc pouvoir se former rapidement afin de répondre à un problème précis. Nous proposons pour cela de leur « apprendre à faire » en leur fournissant la documentation adaptée à la situation, et avec le support-média approprié (texte, image, vidéo, son), permettant ainsi d'« apprendre juste à temps ». Suivant les besoins en aide plus spécifiques, les intervenants peuvent aussi pouvoir collaborer avec un ou plusieurs experts pour résoudre les cas les plus ardues (cf. 2.2.6).

Enfin, dans le but de répondre au besoin de mobilité des intervenants lors des phases de maintenance, et donc des choix des dispositifs appropriés selon les tâches à effectuer, nous avons élaboré une démarche de choix de dispositifs (cf. 2.3).

6. Conclusion

Nous avons présenté une réponse partielle à la problématique d'hyper compétitivité à laquelle doivent actuellement faire face les entreprises. Notre proposition se situe dans le contexte de la maintenance et du dépannage industriel et repose sur l'utilisation de l'ordinateur porté auquel nous couplons un ensemble de dispositifs d'interaction. Les techniciens restent ainsi très mobiles et sont, au final, plus efficaces dans la réalisation de leurs tâches. Ce système mobile supporte le M-learning par lequel le technicien va apprendre « juste à temps » ou « en faisant ». Le paradigme de réalité augmentée, conduisant à superposer des éléments du monde physique avec des éléments virtuels peut faciliter la compréhension des tâches à effectuer. Pour donner tout son aspect professionnel à notre système, nous le mettons en œuvre dans des processus métiers où stockage in-situ, traçabilité et prescription d'opérations permettent une assistance importante au technicien qui n'a alors plus qu'à saisir un nombre très limité d'informations (l'utilisation de tags et lecteurs RFID étant particulièrement appropriée dans ce but). Dans les cas où le technicien ne parviendrait pas malgré tout à résoudre la tâche seul, il peut contacter des experts distants avec qui il pourra réaliser diagnostic voire collaborer dans le processus de réparation. Enfin, notre système qui met en avant la contextualisation d'informations requiert l'utilisation d'une base de données, c'est-à-dire d'un SGDT et @udros est un choix judicieux par sa multitude d'outils et possibilités supplémentaires proposés.

L'humain reste ainsi au centre de la performance de notre système tout en étant grandement assisté, de sorte à limiter ses besoins en formation et à maximiser son autonomie. L'effort de

développement des logiciels adéquats au fonctionnement de ce système générique et par la même à le spécialiser sera ainsi largement compensé par les gains de réactivité de l'entreprise.

7. Références bibliographiques

- Bauer M., Heiber T., Kortuem G., Segall Z., (October 1998) « A Collaborative Wearable System with Remote Sensing », *Proc. of ISWC'98*, Pittsburgh, p. 10-18.
- Bryan P., Bergeron M., (May 1998), « Methods to bring the instructor and library to you », *Postgraduate Medicine*, vol. 103, no.5.
- Chalon R., (Décembre 2004) « Réalité Mixte et Travail Collaboratif : IRVO, un modèle de l'Interaction Homme-Machine », *Thèse de doctorat*, Ecole Centrale de Lyon.
- Delotte O., David B. et Chalon, R., (November 2004) « Task Modelling for Capillary Collaborative Systems », *ACM SIGCHI Workshop TAMODIA*, 2004, Prague, p. 15-16.
- Dubois E., Gray P., Nigay L., (August 2003) « ASUR++: A Design Notation for Mobile Mixed Systems », *Interacting with Computers*, Elsevier Publ., Volume 15, Issue 4, p.497-520.
- Dey A.K., (December 2000) « Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications », *PhD thesis*, Georgia Institute of Technology.
- Feiner S., MacIntyre B., Seligmann D., (July 1993) « Knowledge-based augmented reality », *Communications of the ACM*, vol. 36, n°7, p. 53-62.
- Grant W.S., (1996), « Teaching Using The World Wide Web », *Post Graduate Certificate in Open and Distance Learning*, University of Southern Queensland.
- Holly G., (2002) « Virtual Libraries Supporting Student Learning », *School Libraries Worldwide*, Volume 8, no. 2, p. 27-37
- Kuzuoka H., Kosuge T., Tanaka M., (1994) « GestureCam: a Video Communication System for Sympathetic Remote Collaboration », *Proceeding of CSCW'94*, p. 35-43.
- Mann S., (November 1998) « Humanistic Intelligence/Humanistic Computing: 'Wearcomp' as a New Framework », *Proc. IEEE*, vol. 86, no.11, p. 2123–2151.
- Masserey G., Champalle O., David B., Chalon R., (2006) « Démarche d'aide au choix de dispositifs pour l'ordinateur porté », *ERGOIA 2006*
- Meyer C., Chalon R., David B., (2006) « Caractérisation de situations de M-Learning », *TICE 2006*.
- Nigay L. et al., (September 2002) « Mobile and Collaborative Augmented reality: A Scenario Based Design Approach », *Proceedings of Mobile HCI*, Pisa, LNCS, Vol. 2411, Springer-Verlag Publ., p. 241-255.
- O'Malley C., (2003), « Mobile learning guidelines for learning in a mobile environment », *UoN*, www.mobilelearn.org
- Paternò F., Mancini C., Meniconi S., (1997) « ConcurTaskTrees: A Diagrammatic Notation for Specifying Task Models », *In Proceedings of Interact'97*, p.362-369.
- Plouznikoff N., Robert J.-M., (Septembre 2004) « Caractéristiques, enjeux et défis de l'informatique portée », *International Conference Proceedings Series*, ACM Press, IHM'04, Namur, Belgique, p.125-132.
- Weiser M., (September 1991) « [The Computer for the Twenty-First Century](#) », *Scientific American*, p. 94-104.
- Wellner P., Mackay W. and Gold R., (July 1993) « Computer Augmented Environments: Back to the Real World », *Special Issue of Communications of the ACM*, vol. 36, n° 7.