

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 (Laboratoire d'Informatique pour l'Entreprise et les Systèmes de Production)
Ecole Centrale de Lyon, 36, avenue Guy de Collongue, 69134 ECULLY cedex
Adresses électroniques : {prénom.nom}@ec-lyon.fr*

Plan

- Problématique
 - **Contexte industriel**
 - **Approche choisie**
 - **Principaux concepts**

- Projet HelpMeToDo (HMTD)
 - **Plateforme IMERA**
 - **Principales caractéristiques**
 - **Scénario type**
 - **Architecture**

- Démarche et gains obtenus
 - **Configuration de l'ordinateur porté**
 - **Démarche d'utilisation et gains**

- Conclusions et perspectives

Contexte industriel

- Le constat
 - **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 et l'adaptabilité 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 contribution
 - **Pallier les difficultés, les manques d'information et de formations rencontrés par les personnes lors des tâches de diagnostic, de maintenance et de réparation en milieu industriel.**

Approche choisie

- **Répondre aux besoins à l'aide de**
 - L'informatique mobile, portée et ubiquitaire [Weiser, 1991] comme facteur de compétitivité,
 - Mobile learning, pour une meilleure formation, opérationnelle et acquise juste à temps,
 - Réalité Augmentée [Wellner, 1993], guidant l'opérateur dans ses tâches en superposant à la réalité des informations numériques d'accompagnement d'activités.

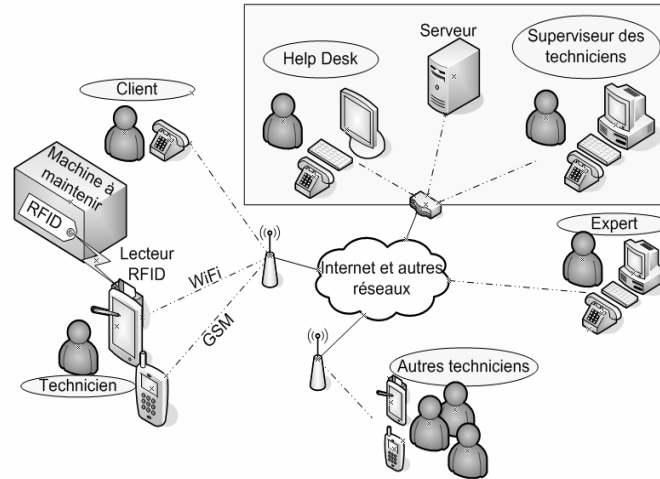
Principaux concepts

- IM (Interaction Mobile) : utilisation d'ordinateurs portés (PDAs, Smartphones, TabletPCs) et d'autres dispositifs adaptés aux situations mobiles ;
- ERA (Environnement Réel Augmenté) : disposer d'un environnement augmenté dans le sens de la réalité mixte et de l'informatique ubiquitaire ;
- MOCOCO (MObilité, COopération, COntextualisation) : réaliser des tâches 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.

Projet HelpMeToDo (HMTD)

- Le projet HelpMeToDo (HMTD) a pour but d'exploiter ces nouveaux moyens de communication mobiles pour :
 - **le grand public et les professionnels**
 - **dans toutes les activités qui nécessitent de l'aide.**
- Il s'agit de prendre en compte dans des contextes individuels, collectifs, industriels ou grand public des besoins :
 - **d'information,**
 - **de formation,**
 - **d'assistance,**
 - **d'aide à la maintenance et de dépannage**
- 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.

Plateforme IMERA dans sa déclinaison HMTD pour des activités industrielles



Principales caractéristiques

- ❑ L'informatique portée : accéder aux informations, les collecter et les traiter en mobilité
- ❑ Contextualisation : disposer sur le lieu d'intervention d'information appropriée, précise et actualisée
- ❑ Stockage in-situ : trouver toujours sur le lieu d'intervention les informations vitales
- ❑ Traçabilité : disposer d'une trace détaillée de l'intervention courante et des interventions passées, en vue d'analyse, d'explication, ...
- ❑ Prescription d'opérations : disposer d'un guide précis décrivant les séquences d'intervention avec les opérations à faire et les outils à utiliser
- ❑ Mobile learning : amener la formation sur le lieu d'intervention en permettant un apprentissage juste à temps et dans le contexte de l'activité menée

Scénario type

- Le scénario porte sur une intervention répondant aux besoins de maintenance sensible et obligatoire nécessitant un respect et un contrôle strict des procédures :
 - **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.**

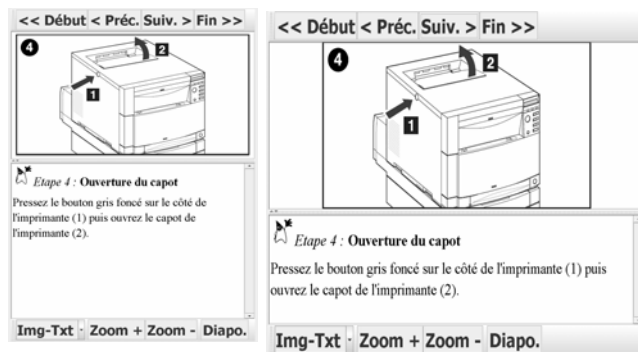
Scénario type

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 à la situation, et avec le support-média le plus approprié (texte, image, vidéo, son).

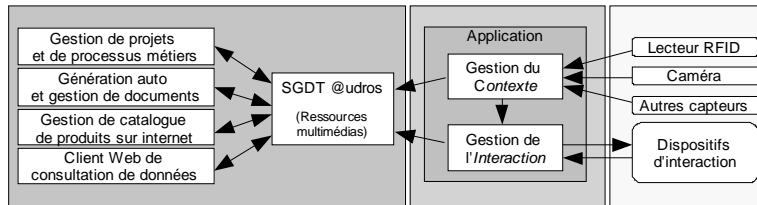
Scénario type

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.

Exemple de périphériques d'ordinateur porté



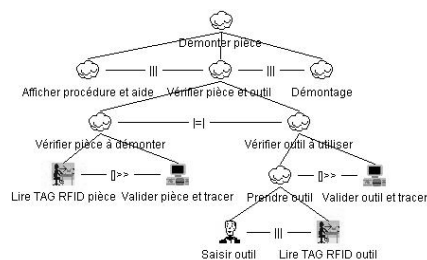
Architecture



- 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 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, ...).
- Nous avons choisi d'utiliser le SGDT @udros qui gère le cycle de vie complet des produits (PLM).
- La base @udros décrit 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, ...)**
- La contextualisation dans une logique de **Réalité Augmentée** est donc possible ainsi que le **M-learning**.

Démarche de configuration de l'ordinateur porté

- **Pour ne pas encombrer le technicien, l'ordinateur porté doit être adapté au contexte d'utilisation, notamment par le choix de périphériques en adéquation avec des tâches à réaliser.**
 - Analyse des tâches constitue la première étape :
 - **Il s'agit de modélisation des tâches que l'acteur doit réaliser. Dans le formalisme que nous utilisons (CTT [Paternò et al., 1997]), on décompose la tâche applicative en faisant apparaître clairement les tâches d'interactions indiquant des informations que l'utilisateur fournit à la machine, ou inversement lorsque la machine fournit des informations à l'utilisateur.**



Dispositifs envisagés

□ Environnement augmenté :

- **Étiquettes RFID**



- **Périphérique lecteur**

□ Pour l'utilisateur :

- **PDA + carte WiFi**



- **TabletPC**



- **Gants numériques : une ou 2 mains**



- **Lunettes de réalité augmentée**



Choix des dispositifs

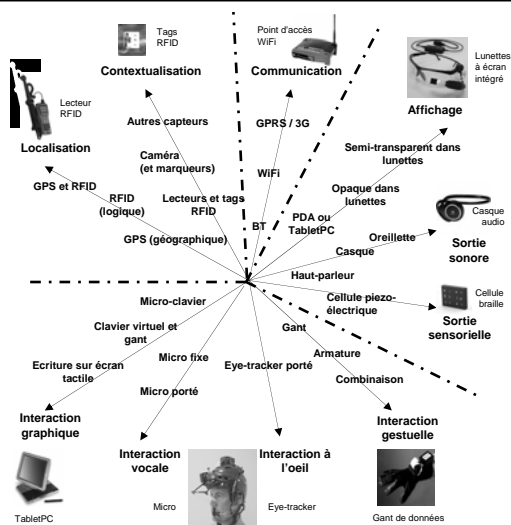
- **Ordinateurs portés**
- **Lecteurs et tags RFID**
- **Lunettes et gants de RA**



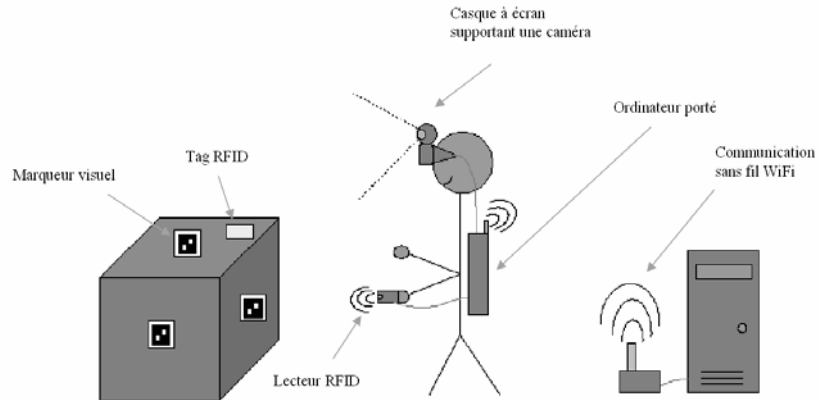
Démarche de configuration de l'ordinateur porté

- La seconde étape conduit au choix des dispositifs :
 - **Lors du choix de dispositifs il s'agit de 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, 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 au technicien un ordinateur porté équipé de dispositifs adéquats.**

Référentiel de dispositifs



Exemple d'une des propositions



Conférence CIGI 2007

L'ordinateur portable et la réalité augmentée dans les activités de diagnostic – maintenance – réparation
Laboratoire LIESP

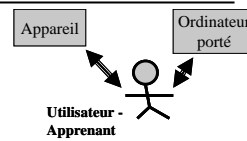
19

Problématique Projet HMTD Démarche et Gain Conclusions et perspectives

Trois formes de relation Equipement – Ordinateur porté

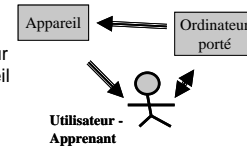
□ L'équipement ne propose aucun moyen de connexion avec l'ordinateur porté :

- 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;



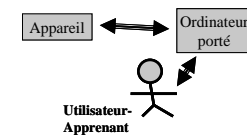
□ L'équipement est en mesure de recevoir des commandes via, par exemple, une interface infrarouge :

- l'ordinateur porté établit un contact unilatéral vers l'appareil, pour le commander. La communication dans l'autre sens, de l'appareil vers l'ordinateur porté reste à la charge de l'utilisateur;



□ Quand l'équipement 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



Conférence CIGI 2007

L'ordinateur portable et la réalité augmentée dans les activités de diagnostic – maintenance – réparation
Laboratoire LIESP

20

Démarche d'utilisation et gains obtenus

- Le besoin d'accéder à des informations propres aux équipements et plus généralement au contexte :
 - **les informations concernant l'identité de l'équipement, son historique, etc. Les deux solutions sont le stockage in-situ par le biais des étiquettes RFID et l'utilisation des tags RFID comme identifiants avec le stockage d'informations associées dans une base de données.**
- Notre scénario 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**
 - **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 solutions les plus adaptées :
 - **la mise en œuvre de la traçabilité (via les étiquettes RFID)**
 - **la prescription d'opérations 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.**

Démarche d'utilisation et gains obtenus

- Nous proposons deux moyens pour faire face aux ruptures de compétences des personnels dans des situations non prévisibles ou pour lesquelles ils n'ont pas été formés :
 - **Suivant les besoins en aide plus spécifiques, les intervenants peuvent collaborer à distance avec un ou plusieurs experts pour résoudre les cas les plus ardu.**
 - **Le personnel peut également se former sur le site en « apprenant juste à temps » les gestes, actions et opérations dont il a immédiatement besoin.**

Conclusions

- Nous avons présenté une réponse possible, mais naturellement 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).*

Conclusions

- *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.*
- *Notre système 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.*

Perspectives

- Des déclinaisons différentes sont actuellement étudiées pour proposer des configurations adéquates aux différents contextes envisagés :
 - **Application aux équipements domestiques du grand public**
 - **Application aux équipements publics**
 - **Applications aux équipements industriels plus ou moins sensibles**

- Les fonctionnalités et les dispositifs de l'ordinateur porté sont à ajuster de façon appropriée :
 - **Téléphone mobile dans le cas le plus courant**
 - **Des dispositifs très sophistiqués quand le contexte le justifie (industrie)**

Merci pour votre attention

- Questions ?