

ICARE : approche à composants pour l'interaction multimodale

Jullien Bouchet
CLIPS-IMAG
38000, Grenoble, France
Jullien.Bouchet@imag.fr

Laurence Nigay
CLIPS-IMAG
38000, Grenoble, France
Laurence.Nigay@imag.fr

Didier Balzagette
DGA/DSP/STTC/DT/SH
00303, Armées, France
Didier.Balzagette@dga.defense.gouv.fr

RESUME

Les applications mobiles et pervasives font intervenir de multiples techniques d'interaction combinant le plus souvent de façon synergique des modalités actives (parole, geste, etc.) et des modalités passives (direction du regard, position de l'utilisateur, etc.). De tels systèmes sont le résultat d'une conception et d'un développement de plus en plus complexes. Or les outils actuels de conception et de développement ne sont pas adaptés. Dans cet article, nous décrivons une approche à composants logiciels, appelée ICARE, permettant de spécifier et de développer des interfaces combinant des modalités actives et passives. Notre approche se base sur deux catégories de composants : (1) les composants élémentaires qui décrivent des modalités pures (actives ou passives) et (2) les composants de composition (Complémentarité, Redondance et Equivalence) qui permettent au concepteur de spécifier l'usage combiné des modalités. Le concepteur assemble graphiquement les composants ICARE et le code est automatiquement généré. La plate-forme ICARE n'est pas complètement développée, aussi nous illustrons notre approche par la conception et le développement de trois systèmes par l'assemblage manuel de composants. Tout d'abord, nous présentons deux systèmes de Post-its ancrés dans le monde réel puis un prototype pour le cockpit d'avion Rafale (avion militaire français).

Mots-clés

IHM, multimodalité, modalités actives et passives, dispositifs d'entrée / sorties, langages d'interaction, ubiquité, mobilité, composants logiciels.

ABSTRACT

Mobile and ubiquitous systems support multiple interaction techniques such as the synergistic use of active modalities (speech, gesture, etc.) and passive modalities (gaze, localization of a user, etc.). The flexibility they offer results in an increased complexity that current software development tools do not address appropriately. In this paper we describe a component-based approach, called ICARE, for specifying and developing interfaces combining active and passive modalities. Our approach relies on two types of components: (1) elementary components

that describe pure modalities (active and passive) and (2) composition components (Complementarity, Redundancy and Equivalence) that enable the designer to specify combined usage of modalities. The designer graphically assembles the ICARE components and the code of the multimodal user interface is automatically generated. Although the ICARE platform is not fully developed, we illustrate the applicability of the approach with the implementation of three mobile systems: two GeoNote systems and one prototype of cockpit commands of Rafale (French military plane).

Categories and Subject Descriptors

H.5.2 [Information Interfaces and Presentation]: User Interfaces - *Input devices and strategies, Interaction styles, Prototyping*; D.2.2 [Software Engineering]: Design Tools and Techniques - *User Interfaces*.

General Terms

Algorithms; Human Factors.

Keywords

HCI, multimodality, active and passive modalities, I/O devices, interaction languages, ubiquitous, mobility, software components.

1. INTRODUCTION

Depuis les travaux fondateurs de R. Bolt « Mets ça là » [5], combinant la voix et le geste, les moyens d'interaction ou modalités se sont multipliés, diversifiés et améliorés. Aujourd'hui, les interfaces multimodales jouent un rôle crucial pour les systèmes mobiles et pervasifs puisque la multimodalité offre la flexibilité exigée pour des contextes variables d'utilisation [29].

Les récents paradigmes d'interaction comme les interfaces tangibles [13] ou les interfaces manipulables [12], couplés aux progrès des systèmes de localisation, à la miniaturisation des dispositifs, à la qualité des réseaux sans fils [16], à l'amélioration de la reconnaissance de la parole ou de gestes [23] ouvrent un vaste champ de possibilités d'interaction pour les systèmes mobiles et pervasifs. Nous retrouvons une grande variété de systèmes combinant plusieurs techniques d'interaction comme les systèmes de réalité augmentée en situation de mobilité [5][9][26][27], les systèmes distribués sur ordinateurs miniatures (ordinateur de poche, téléphone, tablettes PC, etc.) [7][19][25] ou encore les systèmes embarqués dans des véhicules [15].

Au sein de ces systèmes, nous distinguons deux types de modalités : les modalités actives et les modalités passives. En entrée, les modalités actives sont utilisées par l'utilisateur pour spécifier une commande au système comme une commande

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee.

Mobilité & Ubiquité 2004, June 1-3, 2004, Nice, France
Copyright 2004 ACM 1-58113-915-2/04/0006...\$5.00.

vocale ou une commande gestuelle avec un ordinateur de poche. Souvent complémentaires aux modalités actives, les modalités passives sont exploitées pour obtenir des informations importantes pour l'interaction qui ne sont pas issues de commande explicite spécifiée par l'utilisateur au système, comme la capture de la direction du regard pour la gestion des fenêtres de R. Bolt [4] ou la localisation d'un utilisateur mobile.

La prise en compte de plusieurs modalités aussi bien actives que passives dans un système interactif est devenue de plus en plus efficace et utilisable grâce aux études sur l'usage de la multimodalité (propriétés CARE [21], espace de conception TYCOON [17]) fournissant de véritables guides de conception ergonomique. Néanmoins, malgré la maturité des résultats conceptuels et la robustesse des modalités d'interaction, les outils actuels de conception et de développement [18] ne sont pas adaptés. Parmi les outils existants, certains permettent de résoudre des problèmes techniques comme le mécanisme de fusion des données provenant de différentes modalités [20] ou la désambiguïsation de données multimodales [24]. D'autres sont dédiés à des modalités spécifiques comme la reconnaissance de gestes [28] ou de la parole [10]. Ainsi concevoir et réaliser un système multimodal reste aujourd'hui une tâche difficile et longue.

Cet article est dédié à la conception et à l'implémentation des interfaces multimodales combinant des modalités actives et passives pour des systèmes mobiles et/ou pervasifs. Nous décrivons une plate-forme à composants logiciels qui permet de concevoir l'interaction multimodale (c'est-à-dire de définir les modalités actives et passives utilisées dans l'application et la manière dont ces modalités peuvent être combinées), en assemblant des composants logiciels dans un éditeur dédié. Le code correspondant à l'assemblage est automatiquement généré.

Dans la première partie de cet article, nous fixons la terminologie adoptée. Nous présentons ensuite la plate-forme ICARE puis nous détaillons les différentes catégories de composants ICARE. Enfin nous illustrons notre approche par la conception et le développement de trois applications où les composants ICARE ont été manuellement assemblés.

2. MODALITE ET MULTIMODALITE

L'absence de consensus parmi la communauté scientifique sur la définition des notions liées à la multimodalité nous incite à lever l'ambiguïté terminologique. Deux manières d'appréhender la multimodalité existent : les notions sont alors abordées soit par rapport à l'utilisateur, soit par rapport à la technologie.

2.1 Modalité

Pour nos travaux, nous adoptons la définition orientée vers la technologie de [20] : une modalité d'interaction est définie par un couple $\langle d, L \rangle$ où d désigne un dispositif physique et L , un langage d'interaction.

- Un *dispositif physique* est un élément du système qui acquière des informations (dispositif d'entrée) ou fournit des informations à l'utilisateur (dispositif de sortie). Des exemples de dispositifs incluent un clavier, une souris, un microphone, un GPS, un magnétomètre, un écran ou encore un casque semi-transparent.

- Un *langage d'interaction* définit un ensemble d'expressions bien formées et significatives (par exemple, un assemblage conventionnel de symboles). En entrée, la génération d'un symbole, ou d'un ensemble de symboles, résulte d'actions sur les dispositifs physiques d'entrée. Des exemples de langages d'interaction incluent le langage pseudo-naturel, la manipulation directe ou encore la localisation.

Une modalité d'entrée comme la parole peut être décrite par le couple $\langle \text{microphone, langage pseudo-naturel} \rangle$ où le langage pseudo-naturel est défini par une grammaire spécifique. De façon similaire, la modalité de localisation d'un utilisateur peut être décrite par le couple $\langle \text{GPS, localisation en données GPS} \rangle$. Cette définition d'une modalité caractérise les échanges entre le système et l'utilisateur en mettant en relation deux niveaux d'abstraction : le niveau physique (dispositif) et le niveau logique (langage d'interaction). Basés sur cette définition d'une modalité, nous distinguons deux classes de modalités, celles actives et celles passives.

2.1.1 Modalité active

Une modalité d'entrée est qualifiée d'active quand l'utilisateur doit réaliser une action explicite avec un dispositif en vue de spécifier une commande au système comme la parole $\langle \text{microphone, langage pseudo-naturel} \rangle$. De même dans les interfaces manipulables, la modalité $\langle \text{ordinateur de poche, langage gestuel} \rangle$ constitue une modalité active, l'utilisateur inclinant par exemple l'ordinateur de poche pour faire défiler une liste. Une modalité de sortie est dite active lorsque l'utilisateur doit effectuer une action explicite pour percevoir les informations véhiculées par la modalité, comme regarder l'écran d'un ordinateur de poche.

2.1.2 Modalité passive

Une modalité est caractérisée de passive quand le dispositif qui la constitue ne requiert pas l'attention et d'action explicite de l'utilisateur comme la capture par un GPS de la localisation d'un utilisateur, la modalité passive correspondante étant décrite par le couple $\langle \text{GPS, localisation en données GPS} \rangle$. De nombreuses interfaces (interfaces sensibles au contexte et "*perceptual user interfaces*") exploitent des modalités d'entrée passives afin de rendre l'interaction plus robuste et efficace. De même de nombreux systèmes de réalité augmentée sur supports mobiles reposent sur des modalités de sortie passives exploitant un casque semi-transparent (principe de l'attention minimale, crucial en situation de mobilité).

2.2 Multimodalité

La multimodalité reflète le caractère de multiplicité (préfixe multi) des modalités pour un système interactif. Un système est multimodal s'il dispose d'au moins deux modalités pour un sens donné, entrée ou sortie. Ainsi, le système est qualifié de multimodal en entrée (en sortie) si au moins deux modalités d'entrée (de sortie) sont disponibles.

3. PLATE-FORME ICARE

La plate-forme ICARE, pour Interaction-CARE (Complémentarité, Assignment, Redondance, Equivalence), permet aux concepteurs de manipuler graphiquement et

d'assembler des composants logiciels (définis dans [1]) afin de spécifier l'interaction multimodale pour une tâche donnée du système interactif. De cette spécification, le code de l'assemblage est automatiquement généré. Afin de cerner la portée de notre plate-forme ICARE, nous montrons à la Figure 1 où se situe le code généré dans une architecture logicielle ARCH [2], choisie à des fins analytiques.

Pour la capture du contexte (modalités passives), l'étude présentée dans [22] affine le modèle ARCH en ajoutant une branche composée de deux composants logiciels. Cette étude reprend la définition du contexte issue de [11], le contexte étant « un ensemble de propriétés de phénomènes physiques qui peuvent être captées ». Les composants ICARE correspondant à la fois aux modalités actives et passives sont situés à la Figure 2 au sein du modèle d'architecture ARCH étendu à la capture de contexte. La nouvelle branche logicielle dédiée au contexte est alors réalisée par un ensemble de composants ICARE dédiés aux modalités passives.

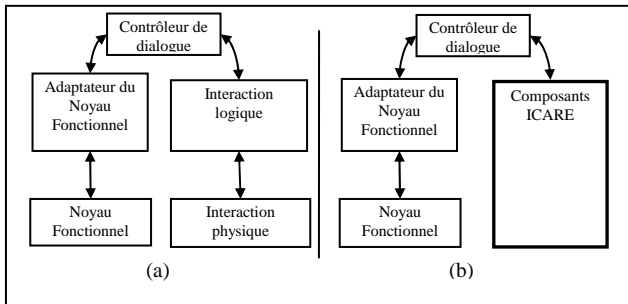


Figure 1 : (a) Le modèle d'architecture logiciel ARCH (b) Les composants ICARE dans ARCH

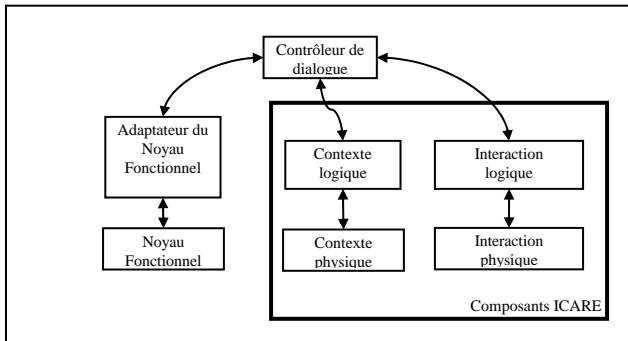


Figure 2 : Les composants ICARE dans ARCH avec prise en compte des modalités passives (contexte)

Il est à noter qu'ICARE permet de spécifier aussi bien les entrées que les sorties. Cependant, nos travaux sur les sorties n'étant pas encore totalement validés, cet article focalise seulement sur l'interaction en entrée.

L'originalité de la plate-forme ICARE repose sur le fait qu'elle est destinée aux concepteurs et non aux développeurs. Le concepteur sélectionne les modalités actives et passives, et spécifie les combinaisons des modalités en termes de propriétés ergonomiques CARE [21]. Cette spécification de l'interaction se fait de manière graphique en assemblant des composants logiciels. Ainsi, le concepteur n'a pas à connaître les détails de

programmation du composant. A partir de cette spécification de haut niveau d'abstraction, le code de l'interaction en entrée est automatiquement généré. De plus, l'utilisation de composants logiciels présente de nombreux avantages en termes de réduction des coûts de production, de maintenabilité, de réutilisabilité et d'évolution [1].

La Figure 3 présente une maquette de l'interface utilisateur de l'éditeur permettant de manipuler les composants ICARE. L'éditeur contient une palette de composants (zone A) permettant au concepteur de sélectionner les composants ICARE, une zone d'édition pour assembler les composants sélectionnés (zone B) et une palette de configuration (zone C) pour paramétrer les propriétés du composant sélectionné.

L'éditeur est en cours de développement. Néanmoins, afin de valider notre approche, nous avons déjà conçu et développé des composants ICARE incluant des composants de modalités et des composants de combinaison. En les assemblant manuellement, nous avons développé plusieurs systèmes mobiles et pervasifs. Avant de présenter ces systèmes, nous détaillons au paragraphe suivant les différents types de composants ICARE.

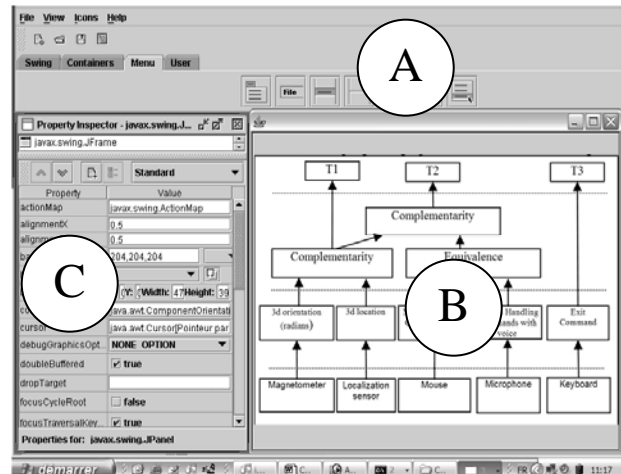


Figure 3 : Maquette de l'interface de l'éditeur d'assemblage de composants ICARE

4. COMPOSANTS ICARE

Nous identifions deux types de composants ICARE :

1. les composants élémentaires qui permettent au concepteur de définir des « modalités pures » [2],
2. les composants de composition (ou combinaison) qui permettent au concepteur de spécifier l'usage combiné de modalités. Les composants de composition sont indépendants des modalités à composer.

4.1 Composants élémentaires

Basés sur la définition d'une modalité d'interaction comme étant l'association d'un dispositif physique d avec un langage d'interaction L, <d, L>, deux types de composants ICARE élémentaires sont identifiés : les composants Dispositifs et les composants Langues d'interaction.

4.1.1 Composants Dispositifs

Un composant Dispositif représente une couche supplémentaire du pilote d'un dispositif physique. Il s'agit du niveau physique d'une modalité.

Par exemple, le composant Dispositif Souris abstrait les données (mouvements effectués ou pressions sur les boutons) fournies par le pilote de la souris. De même pour le GPS, le composant Dispositif correspondant abstrait les données réelles capturées.

Tous les composants ICARE Dispositifs enrichissent aussi les données brutes du pilote en y ajoutant des informations comme l'état de marche du dispositif, une estampille de temps, un facteur de confiance des données produites, et une description en terme de manipulation du dispositif par l'utilisateur (par exemple, s'il s'agit d'une modalité active ou passive ainsi que le lieu d'interaction lié au dispositif).

Un composant Dispositif peut être lié à un composant Langage d'interaction afin de former une *modalité pure* [2].

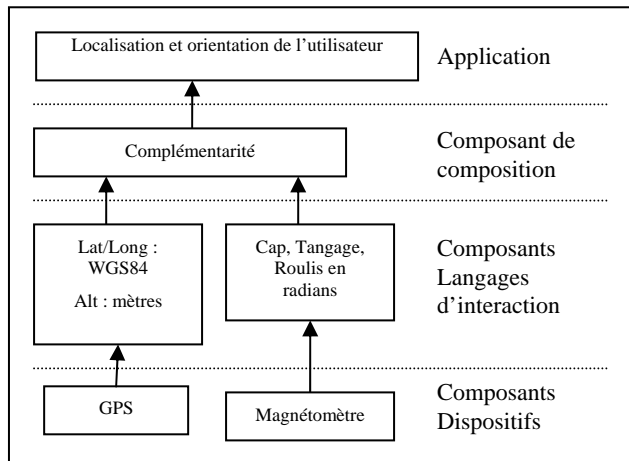


Figure 4 : Complémentarité de deux modalités

4.1.2 Composants Langages d'interaction

Un composant Langage d'interaction correspond au niveau logique d'une modalité d'interaction.

Par exemple, un composant Langage d'interaction peut abstraire les données d'un composant Dispositif Souris en une commande correspondant à la sélection dans un menu d'options. Un autre exemple, présenté à la Figure 4, correspond à une modalité passive. Le composant Langage d'interaction (Latitude, longitude et altitude) abstrait les données du composant Dispositif GPS en une localisation de l'utilisateur selon un système de coordonnées donné.

Enfin, comme pour les composants ICARE Dispositifs, tous les composants Langages d'interaction enrichissent les données par l'ajout d'information incluant une estampille de temps, un facteur de confiance de la donnée produite, une description du langage selon les critères analogique / statique / arbitraire / linguistique de N. Bernsen [2].

Les composants ICARE Dispositifs et Langages d'interaction constituent donc des blocs élémentaires de construction pour définir des modalités. Le concepteur peut aussi les combiner afin de spécifier une nouvelle modalité composée représentant un usage combiné de plusieurs modalités.

4.2 Composants de composition

Les propriétés CARE [21] caractérisent les différents usages de la multimodalité. Basés sur ces propriétés CARE, nous définissons quatre composants permettant de combiner les données de 2 à n composants : un pour la Complémentarité, un pour la Redondance, un pour l'Equivalence et un pour la Redondance/Equivalence. L'Assignation n'est pas explicite dans la spécification ICARE car elle est représentée par un simple lien entre deux composants. En effet, un composant A lié à un composant B implique que A est assigné à B.

La Figure 4 présente un exemple de spécification ICARE de complémentarité entre deux modalités passives permettant de connaître la position et l'orientation d'un utilisateur. Plus précisément, le composant Complémentarité définit une fenêtre temporelle paramétrable autorisant la fusion des données reçues des deux composants Langages d'interaction (respectivement l'orientation en radians et la localisation en coordonnées GPS, en WGS84 pour la latitude et la longitude et en mètres pour l'altitude).

Comme pour les composants élémentaires, les composants de composition ICARE enrichissent aussi les données en ajoutant des informations générales incluant une estampille de temps, un facteur de confiance des données produites, etc. De plus, les composants de composition incluent aussi des paramètres qui permettent au concepteur de choisir le mécanisme de composition des données. L'un de ces paramètres est la stratégie d'intégration (définie dans le mécanisme de fusion de [20]). Par exemple, la sélection de la stratégie « différée » pour un composant Complémentaire garantit que les données qui sont fournies par les composants élémentaires pendant la même fenêtre temporelle et qui ont les facteurs de confiance les plus élevés, sont fusionnées et envoyées au composant suivant.

4.3 Implémentation des composants

Pour programmer les composants ICARE, nous utilisons la technologie à composants JavaBeans de Sun Microsystems [14]. La communication entre les composants est faite par génération d'événements et appels de méthodes. L'événement généré véhicule les données à traiter. Les propriétés des composants ICARE sont des attributs de classe qui peuvent être accessibles ou modifiés (*getter/setter*). Pour assembler deux composants ICARE, il est nécessaire que l'un des composants soit abonné aux événements générés par l'autre composant ICARE.

Nous avons développé quatre composants de composition et plusieurs composants élémentaires. Nous les avons utilisés dans trois systèmes interactifs. Pour cela, nous avons assemblé les composants ICARE manuellement car l'éditeur graphique de la Figure 3 est encore en cours de développement.

5. SYSTEMES INTERACTIFS REALISES AVEC LES COMPOSANTS ICARE

Trois systèmes interactifs ont été développés avec des composants ICARE. Deux d'entre eux concernent le même cadre applicatif. Il s'agit de deux systèmes interactifs permettant de manipuler des mémos (post-its) numériques qui sont ancrés dans le monde physique comme le système GEONOTE [25]. Les deux systèmes diffèrent par les techniques d'interaction pour manipuler et visualiser les post-its. L'un exploite des techniques de Réalité

Augmentée et l'autre repose sur l'utilisation d'un ordinateur de poche.

5.1 Deux systèmes de Post-its

MEMO RA (Réalité Augmentée) permet à un utilisateur d'annoter des lieux physiques avec des mémos numériques. Ces mémos peuvent être lus, supprimés et déplacés par d'autres utilisateurs. Dans ce premier prototype, les mémos sont déjà créés et l'utilisateur ne peut pas en ajouter.

La plate-forme matérielle est constituée d'un ordinateur portable (rangé dans un sac à dos), de lunettes de réalité augmentée semi-transparentes, d'une souris, d'écouteurs et d'un capteur d'orientation.

Deux techniques d'interaction sont simulées par la technique de magicien d'Oz : la reconnaissance de la parole (modalité active) et la localisation (modalité passive).

MEMO RA permet de manipuler des mémos numériques en se déplaçant dans le monde réel. La Figure 5 montre la vision d'un utilisateur. Ce dernier perçoit le monde réel au travers des lunettes de réalité augmentée semi-transparentes. Dans cet exemple, elle/il se trouve devant l'un des bâtiments du campus universitaire de Grenoble et visualise deux mémos numériques. Le mémo situé au centre sous son curseur de visé vient d'être déplacé par l'utilisateur, car comme nous l'indique le retour d'information, le mémo vient d'être posé à un nouvel emplacement.



Figure 5 : Interface graphique de MEMO RA

Pour l'interaction en entrée dans MEMO RA, cinq modalités actives et passives sont mises en place. La Figure 6 montre la spécification ICARE de cette interaction multimodale en entrée. Trois tâches sont identifiées et concrètement spécifiées par le « schéma ICARE » (nom donné aux schémas d'assemblage des composants ICARE) de la Figure 6 :

1. l'orientation et la localisation de l'utilisateur (T1) pour que le système affiche dans les lunettes semi-transparentes de RA les mémos visibles en fonction de la position et l'orientation de l'utilisateur mobile.
2. la manipulation d'un mémo (ramassage, suppression, déplacement) (T2).

3. la fin de l'application (T3).

La modalité « orientation » est représentée par le couple magnétomètre (composant Dispositif) et l'orientation en 3D selon trois angles en radians (composant Langage d'interaction). De même, la « localisation » est représentée par le couple <capteur de localisation, localisation en 3D>. Les modalités « orientation » et « localisation » sont complémentaires (reliées avec le composant Complémentarité-1). Deux modalités « équivalentes » sont utilisées pour la manipulation des mémos. En effet, les commandes peuvent être spécifiées en utilisant la souris ou la parole. Une autre modalité <Clavier, Commande> est assignée à la tâche de sortie de l'application (T3).

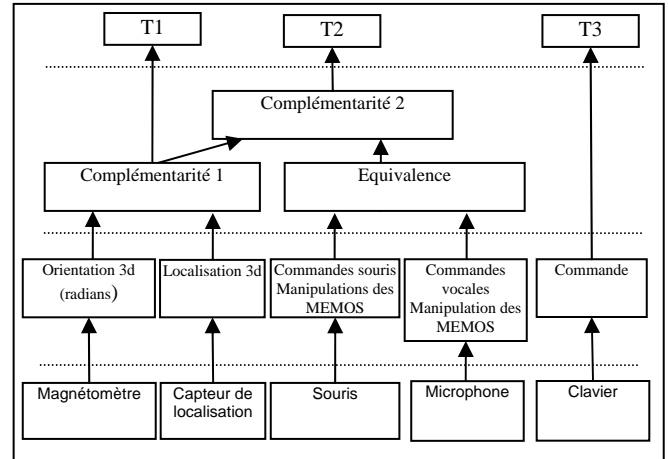


Figure 6 : Schéma ICARE pour l'interaction en entrée de MEMO RA

Basée sur la spécification de la Figure 6, nous expliquons maintenant comment une commande complète, permettant de supprimer le mémo que l'utilisateur regarde, est obtenue (T2). Toutes les 3 millisecondes, la modalité passive « orientation » fournit un vecteur de trois réels (float) correspondant à l'orientation 3D en radians (cap, tangage, roulis). Avec la même fréquence, la modalité passive « localisation » fournit un vecteur de trois réels correspondant à la position 3D de l'utilisateur (x, y, z). Le composant de complémentarité-1 réalise la fusion de ces deux vecteurs en un unique vecteur. Avec une stratégie précoce, dès que le vecteur des six réels (complémentarité entre orientation et localisation : 3 réels + 3 réels) est complet, un événement est généré et le nouveau vecteur est envoyé au composant suivant. Avec une stratégie différée, le vecteur n'est envoyé qu'à la fin de la fenêtre temporelle. Dans notre exemple, le composant suivant est le composant Complémentarité-2. Si l'estampille de temps de l'événement correspondant à la commande <supprimer>, reçue de l'une des modalités actives équivalentes (manipulation avec la souris ou parole), appartient à la même fenêtre temporelle que le vecteur des six réels des deux modalités passives alors les deux événements sont combinés. Le composant Complémentarité-2 envoie la commande complète <supprimer, six réels> au contrôleur de dialogue du système qui détermine par appel au Noyau fonctionnel (Figure 2) quel mémo doit être supprimé.

Dans cette première version, MEMO RA, les modalités et leurs usages combinés peuvent facilement être modifiés. Par exemple, nous avons développés un deuxième système de post-its noté MEMO PDA qui repose sur l'usage d'un ordinateur de poche.

Par rapport à MEMO RA, MEMO PDA permet en plus l'édition de nouveaux post-its. Une fois édité, l'utilisateur positionne son nouveau mémo dans le monde réel en le posant à l'endroit où elle/il se situe.

Dans ce système, l'orientation de l'utilisateur n'est plus nécessaire. En effet, les mémos peuvent être consultés sur l'ordinateur de poche si leur position dans le monde réel est incluse dans un cercle (de rayon configurable) dont le centre correspond à la position de l'utilisateur (T1 à la Figure 7).

Comme le montre la Figure 7, trois modalités actives équivalentes (gestes, paroles et manipulation directe par la surface tactile de l'ordinateur de poche) permettent de manipuler (consulter, supprimer, éditer et poser) un mémo. Deux de ces modalités actives sont simulées par la technique du magicien d'Oz : il s'agit de l'utilisation des gestes et de la parole pour la manipulation des mémos. Pour poser un nouveau mémo dans le monde réel (T2 à la Figure 7), la commande <poser> provenant de l'une des trois modalités actives équivalentes est combinée avec la position <x, y, z> de l'utilisateur (modalité passive) grâce au composant Complémentarité. Cette fusion des données permet de poser le mémo exactement à l'endroit où se situe l'utilisateur. La consultation, la suppression et l'édition (T3 à la Figure 7) sont réalisées de façon équivalente par l'une des trois modalités actives. D'autre part, la manipulation directe sur la surface tactile est aussi utilisée pour d'autres tâches du système comme celle de configuration du rayon du cercle (zone d'influence) permettant la consultation des mémos. Par soucis de clarté et de concision, ces tâches représentées par Tn à la Figure 7 ne sont pas décrites dans cet article.

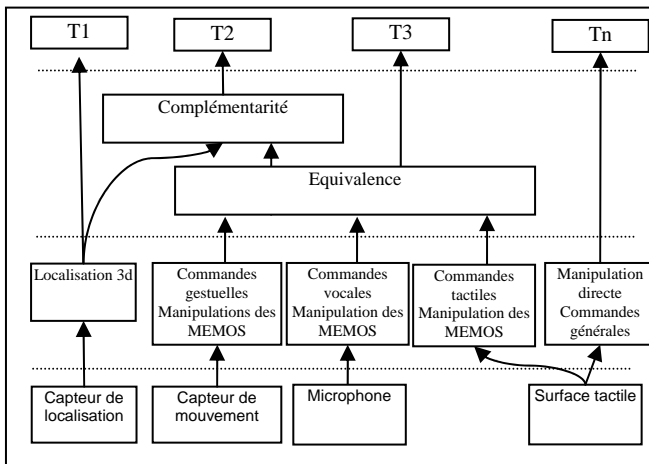


Figure 7 : Schéma ICARE pour l'interaction en entrée de MEMO PDA

MEMO PDA montre que les composants ICARE sont réutilisables. En effet, les composants Complémentarité et Equivalence, ainsi que les composants de la modalité passive de Localisation de l'utilisateur utilisés dans MEMO RA ont été réutilisés dans ce nouveau système interactif. Leurs codes n'ont donc pas été réécrits. Seule une nouvelle instanciation des JavaBeans a été effectuée. Les autres composants JavaBeans ont été créés pour cette application MEMO PDA et peuvent être réutilisés dans d'autres applications exploitant un ordinateur de poche.

5.2 Cockpit du Rafale

Nous sommes en cours de développement d'un troisième système dédié au cockpit de l'avion Rafale. Dans ce système, des modalités actives et passives sont aussi combinées. Ce système a de fortes contraintes de temps réel.

La Figure 8 montre une spécification ICARE correspondant à l'interaction multimodale d'une seule tâche du prototype du Rafale. Cette tâche concerne le marquage d'un point au sol par le pilote pendant un vol (T1) : avec son regard le pilote désigne un point et le marque en utilisant une commande vocale ou en utilisant les boutons de ses joysticks (appelés HOTAS pour *Handle On Throttle And Stick*). Les modalités passives représentent ici l'orientation et la position du pilote (en relatif par rapport à l'avion) ainsi que l'orientation et la position de l'avion. Ces modalités passives sont complémentaires (Complémentarité-1). Contrairement aux deux systèmes MEMO RA et MEMO PDA, le prototype du Rafale fait intervenir des dispositifs fournissant directement l'association des données d'orientation et de localisation. Ensuite, les modalités passives sont combinées (Complémentarité-2) aux commandes provenant des modalités actives équivalentes que sont la manipulation des boutons des joysticks et la parole.

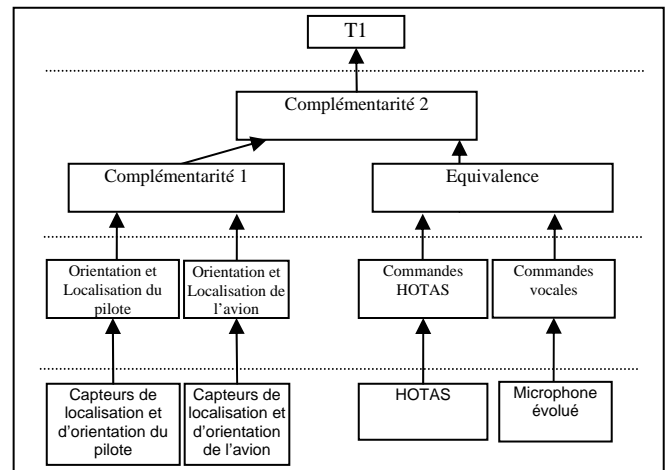


Figure 8 : Schéma ICARE pour l'interaction en entrée de d'une tâche du prototype du Rafale

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nos travaux contribuent au domaine de l'ingénierie de l'interaction multimodale. Avec une approche basée sur les composants logiciels, nous fournissons les éléments nécessaires pour concevoir facilement et rapidement l'interaction multimodale en entrée. Notre approche, utilisable avec les interfaces classiques (GUI), est particulièrement adaptée aux systèmes mobiles et pervasifs en traitant de façon similaire les modalités actives et passives.

De plus, en analysant les différents exemples de cet article, nous remarquons que les modalités passives peuvent être combinées aux modalités actives. En utilisant la plate-forme ICARE, les deux chaînes indépendantes de la Figure 2 sont en pratique fortement liées. En réduisant le contexte aux modalités passives et comme le montre la Figure 9, des liens de composition (propriétés CARE) entre les modalités passives et les modalités actives sont ajoutés aux deux niveaux d'abstraction.

Plusieurs perspectives à ces travaux sont envisagées. A très court terme, nous visons la complétude de l'éditeur graphique de la Figure 3 afin de manipuler et d'assembler les composants ICARE par manipulation directe. Ensuite, nous compléterons la base des composants ICARE disponibles en ajoutant ceux du système final du Rafale. D'autre part, plusieurs extensions de l'éditeur sont envisagées. Dans le cas d'IHMs distribuées sur plusieurs machines, l'éditeur devra pouvoir permettre de spécifier cet environnement distribué. De plus, nous planifions qu'une vérification de propriétés ergonomiques sera effectuée automatiquement lors de la phase d'assemblage des composants ICARE, donc de la spécification de l'interaction. Par exemple, la continuité actionnelle [8] peut être automatiquement vérifiée en se basant sur les propriétés des composants ICARE Dispositifs. Enfin, nous travaillons sur l'intégration dans le modèle à composants ICARE d'éléments utiles pour la réalisation de tests formels des systèmes développés avec la plate-forme ICARE.

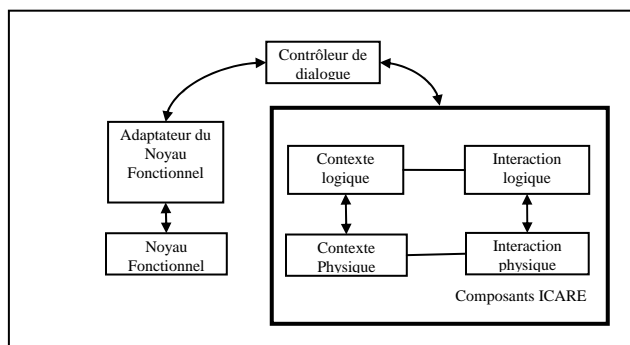


Figure 9 : Liens entre le contexte (modalités passives) et les modalités actives

7. REMERCIEMENTS

Le travail présenté dans ce papier est en partie classé par la DGA sous le contrat #00.70.624.00.470.75.96.

8. REFERENCES

- [1] Bass, L. et al. Market Assessment of Component-Based Software Engineering. SEI TR, 2000.
- [2] Bass, L., Little, R., Pellegrino, R., Reed, S., Seacord, R., Sheppard, S. and Szczur, M.R. A Metamodel for Runtime Architecture of an Interactive System. The UIMS Workshop Tool Developers, SIGCHI Bulletin, 24(1), 1992, 32-37.
- [3] Bernsen, N. Modality Theory in support of multimodal interface design. Proc. of Intelligent Multi-Media Multi-Modal Systems, 1994, 37-44.
- [4] Bolt, R. Gaze-orchestrated dynamic windows. Proc. of the 8th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, Dallas, 1981, 109-119.
- [5] Bolt, R. "Put-that-there": Voice and gesture at the graphics interface. Proc. of the 7th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, Seattle, 1980, 262-270.
- [6] Cheok, A., Fong, S., Goh, K., Yang, X., Liu, W., Farbiz, F., Li and Y. Human Pacman: A Mobile Entertainment System with Ubiquitous Computing and Tangible Interaction over a Wide Outdoor Area. Proc. mobile HCI 2003, Udine, 2003, 209-223.
- [7] Cohen, P. R., Johnston, M., McGee, D., Oviatt, S., Pittman, J., Smith, I., Chen, L., Clow and J. QuickSet: multimodal interaction for distributed applications. International Multimedia Conference, Proc. of the fifth ACM international conference on Multimedia, Seattle, 1997, 31-40.
- [8] Dubois, E., Nigay, L., Troccaz, J. Assessing Continuity and Compatibility in Augmented Reality Systems. UAIS Journal, 4, 2002, 263-273.
- [9] Feiner, S., MacIntyre, B., Hollerer, T. and Webster, A. A Touring Machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment. Proc. 1st Int'l Symp. Wearable Computers, Los Alamitos, 1981, 439-449.
- [10] Glass, J., Weinstein, E., Cyphers, S. and Polifroni, J. A Framework for Developing Conversational User Interfaces, Proc. of CADUI'2004, Funchal, 2004, 354-365.
- [11] Gray, P. and Salber, D. Modelling and Using Sensed Context Information in the Design of Interactive Applications, Proc. of EHCI 01, 2002, 92-111.
- [12] Harrison, B. and al., R. Squeeze me, Hold me, Tilt Me! An exploration of Manipulative User Interface. Proc. of CHI'98, 1998, 17-24.
- [13] Ishii, H. and Ullmer, B. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms. Proc. Of CHI'97, 1997, 234-241.
- [14] JavaBeans1.01 specification, Sun Microsystems, 1997, <http://java.sun.com/products/javabeans/docs/>
- [15] Kamp, J.-F., Poirier, F. et Doignon, P., Un dispositif tactile pour la commande en véhicule : étude d'une utilisation sans retour visuel, Proc. d'IHM'97, Poitiers, 1997, 175-182.
- [16] Kangas, K. and Röning, J. Using Code Mobility to Create Ubiquitous and Active Augmented Reality in Mobile Computing, Proc. Int'l Conf. Mobile Computing and Networking (Mobicom'99), Seattle, 1999, 48-58.
- [17] Martin, J. C. TYCOON: Theoretical Framework and Software Tools for Multimodal Interfaces. Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces, AAAI Press, 1997.
- [18] Myers, B.A., Hudson, S.E. and Pausch R. Past, Present, and Future of User Interface Software Tools, ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 7, No. 1, March 2000, 3-28.
- [19] Myers, B.A., Mobile Devices for Control. Proc. of Mobile HCI 2002, Pise, 2002, 1-8.
- [20] Nigay, L. and Coutaz, J. A Generic Platform for Addressing the Multimodal Challenge. Proc. Of CHI'95, 1995, 98-105.
- [21] Nigay, L. and Coutaz, J. Multifeature Systems: The CARE Properties and Their Impact on Software Design. Intelligence and Multimodality in Multimedia Interfaces, AAAI Press, 1997.
- [22] Nigay, L. et Gray P. Architecture Logicielle Conceptuelle pour la Capture du Contexte. Proc. d'IHM'2002, Poitiers, 2002, 211-214.

- [23] Oviatt, S. and Cohen, P. Multimodal interfaces that process what comes naturally. *Comm. of the ACM*, 43, 3, 2000, 45-53.
- [24] Oviatt, S. Taming recognition errors with a multimodal interface. *Comm. of the ACM*, 43, 9, 2000, 45-51.
- [25] Persson, P., Espinoza, F. and Cacciatore, E. GeoNote: Social Enhancement of Physical Space. *Proc. Of CHI2001 Ext. Abstracts*, 2001, 43-45.
- [26] Renevier, P., Nigay, L., Bouchet, J. and Pasqualetti, L. Generic interaction techniques for mobile collaborative mixed systems. *Proc. of CADUI'2004, Funchal*, 2004, 314-328.
- [27] Thomas, B., Close, B., Donoghue, J., Squires, J., De Bondi, P., Morris, M., and Piekarski, W. ARQuake: An Outdoor/Indoor Augmented Reality First Person Application. In *4th Int'l Symposium on Wearable Computers (ISWC 00)*, Atlanta, 2000, 139-146.
- [28] Westeyn, T., and al. Georgia tech gesture toolkit: supporting experiments in gesture recognition. *Proc. of ICMI03*, 2003, 85-92.
- [29] Zouinar, M., and al. Multimodal Interaction on Mobile Artifacts. *Communicating with smart objects developing technology for usable pervasive computing systems*, Kogan Page Science, 2003.