

Plasticité des interfaces : une nécessité !

Gaëlle Calvary, Joëlle Coutaz

CLIPS-IMAG
BP53, 38041 Grenoble Cedex 9
Gaelle.Calvary@imag.fr, Joelle.Coutaz@imag.fr

Résumé. Cet article traite de la plasticité des interfaces, c'est-à-dire de la capacité des interfaces à s'adapter à leur contexte d'usage dans le respect de leur utilisabilité. Par contexte d'usage, on entend un triplet « utilisateur, plate-forme, environnement ». Après avoir précisé la problématique et la terminologie dans le domaine, l'article présente un cadre de référence pour la production et l'exécution d'interfaces plastiques. Ce cadre de référence est une réponse à un problème d'actualité de plus en plus pressant : la plasticité des interfaces est devenue nécessité !

1 INTRODUCTION

Avec le déploiement des réseaux sans fil et les progrès en miniaturisation, l'ordinateur devient évanescent. Nos objets quotidiens s'augmentent d'électronique [8] devenant supports possibles à l'interaction. Citons, comme prototypes de recherche, le musée augmenté [14] (Fig. 1a), le tableau magique [3] (Fig. 1b) ou le mètre augmenté [12] ; comme produits commercialisés, le réfrigérateur qui commande les produits manquants, la montre-caméra-appareil photo ou le « roboticien » qui répond à la voix de son maître. En même temps, nos ordinateurs de poche s'adaptent au contexte d'usage et nous offrent une information située. Pour exemple, le Cyberguide [1], l'assistant de bureau [22] ou encore l'assistant conversationnel Welbo [2]. L'assistant personnel devient télécommande universelle [16], permettant à l'utilisateur de piloter n'importe quel dispositif ambiant : cafetière, télévision, éclairage, etc. Rekimoto prolonge la réflexion en

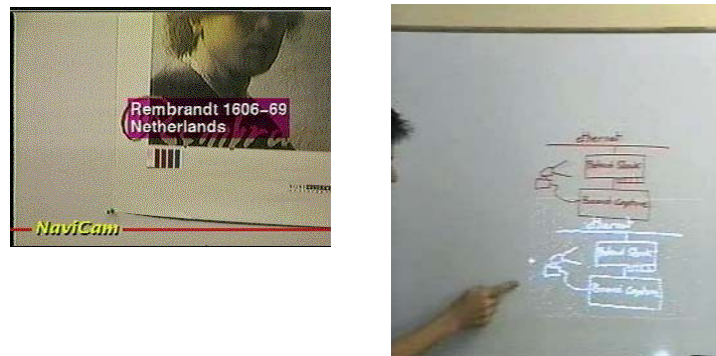


FIG. 1 – Exemples d'objets quotidiens augmentés.

implémentant la métaphore du peintre [15] : désormais, l'assistant personnel devient une palette d'outils s'appliquant à des objets gérés par une autre plate-forme. L'interaction multisurface est née : l'utilisateur peut sélectionner la couleur rouge sur son PDA (Personnal Digital Assistant) et l'appliquer à un texte géré par un PC et projeté sur le mur.

Si, de cette effervescence technologique, certains extrapolent et imaginent déjà un « objet pensant [...] doté de senseurs [...] qui nous permettra de dépasser nos limitations » [9], d'autres, plus dubitatifs, sont empreints de terreur ou de résignation [7]. Aussi, est-il essentiel, pour que l'enthousiasme se généralise, de conserver un œil sur l'utilisateur.

D'un point de vue de l'usage, ce qui semble séduisant c'est de permettre à l'utilisateur de se concentrer sur sa tâche et en oublier les dispositifs : exploiter au mieux les surfaces d'interaction ambiantes, c'est-à-dire migrer (ou faire migrer), à bon escient, tout ou partie de l'interface vers un nouveau support. Mais, à l'évidence, l'IHM d'un système interactif ne peut être identique sur un téléphone portable, un calculateur de poche ou une station de travail : les différences de ressources matérielles nécessaires à l'interaction personne-système, comme la taille de l'écran ou l'absence de clavier, imposent des solutions interactionnelles dédiées. Si aujourd'hui une connaissance préalable des plates-formes permet une ingénierie au cas par cas, demain la multiplicité des contextes d'usage et la possibilité de migrations partielles ou totales compromettent la pratique. En particulier, comment maîtriser le développement et la maintenance d'autant d'interfaces ? Comment

garantir une continuité de l'interaction lorsque l'utilisateur commute d'une plate-forme à une autre ? Autant de questions qui militent pour le développement de méthodes et d'outils répondant à ce nouveau requis d'interaction multisurface.

Après une section consacrée à la problématique et à la terminologie (section 2), la section 3 présente un cadre de référence pour le développement d'interfaces plastiques. La conception et l'exécution de telles applications y sont considérées.

2 PROBLEMATIQUE ET TERMINOLOGIE

Après l'utilité et l'utilisabilité, l'universalité [18] s'impose comme troisième maître mot au regard d'une nouvelle diversité et variabilité des utilisateurs, des plates-formes et des environnements. La plasticité des interfaces concilie ces trois exigences dans la couverture des contextes d'usage.

2.1 Universalité

L'universalité est un thème de recherche nouveau dont les dimensions sont encore mal cernées. On pressent :

- l'accessibilité humaine : offrir l'accès à tout individu quels que soient ses capacités ou handicaps physiques et intellectuels, ses origines culturelles, sociales, etc. ;
- l'accessibilité fonctionnelle : conférer à l'interface un caractère multi-usage et donner ainsi aux utilisateurs l'accès à différents services et informations. Cette dimension rejoint la notion de portail ou tunnel ;
- l'accessibilité topologique : permettre l'interaction quelle que soit la localisation physique de l'utilisateur ;
- l'accessibilité temporelle : permettre l'interaction à tout instant ;
- l'accessibilité matérielle : permettre l'interaction sur toute plate-forme.

Cinq dimensions émergent ainsi dans l'Universalité. Dans cet espace du possible, il ne s'agit pas de cibler l'extrême et donner accès à tout le monde (équité), pour tout (libéralité), partout (ubiquité), toujours (atemporalité), sur tout (portabilité). Il s'agit de se poser les bonnes questions pour une accessibilité réfléchie. L'utilité et l'utilisabilité jouent alors le rôle de modérateurs (Fig. 2).

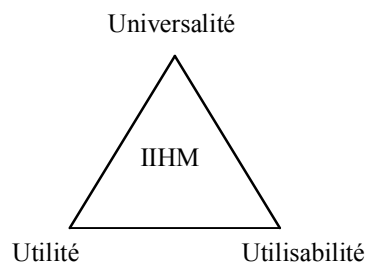


FIG. 2 – Les trois « U » (Utilité, Utilisabilité, Universalité) : les trois maîtres mots en Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine (IIHM). Les traditionnelles Utilité et Utilisabilité modèrent la plus récente Universalité.

Dans cet espace du possible, la plasticité des interfaces couvre les variations de l'utilisateur, de la plate-forme et de l'environnement dans le respect de l'utilité et de l'utilisabilité.

2.2 Plasticité

Par analogie avec la plasticité des matériaux qui, sans rompre, s'étirent et se contractent au gré de la chaleur, la plasticité d'une interface dénote sa capacité à s'adapter au contexte d'usage dans le respect de son utilisabilité [20]. Par contexte d'usage, on entend un triplet « utilisateur, plate-forme, environnement » où [21] :

- l'utilisateur est un utilisateur représentatif du public ciblé. Il est généralement décrit par ses capacités physiques et cognitives, typiquement ses compétences métier et informatiques ;
- la plate-forme est la structure matérielle et logicielle sous-tendant l'interaction. Par exemple, un assistant personnel ou un téléphone portable. La taille de l'écran, les dispositifs d'interaction, les capacités de calcul et de communication y sont des informations déterminantes, puisque susceptibles d'influencer l'interaction. Typiquement, sur téléphones portables, des tâches telles que « Rédiger un article » ou « Visionner un film » ne font pas sens ;
- l'environnement se réfère à l'environnement physique accueillant l'interaction. Il est décrit par un ensemble d'informations, périphériques à la tâche en cours mais susceptibles de l'influencer. Par exemple, la luminosité, le bruit, la localisation géographique, la

colocalisation sociale, etc. Typiquement, au cinéma, il est maladroit de conserver le mode sonnerie d'un téléphone. Mieux vaut opter pour le mode vibreur plus respectueux de l'environnement social.

La plasticité apparaît ainsi comme une forme d'adaptation. Elle mobilise un processus de type « Action \Rightarrow Réaction » où :

- l'action se réfère au changement survenu dans le contexte d'usage (utilisateur et/ou plate-forme et/ou environnement) ;
- la réaction dénote les mesures mises en œuvre par le système et/ou l'utilisateur pour préserver l'utilisabilité, c'est-à-dire l'ensemble des propriétés relatives à l'usage, consignées dans le cahier des charges.

Pour la partie *action*, Schmidt suggère trois types de déclencheurs [17] : l'entrée dans un contexte, la sortie d'un contexte et la présence dans un contexte. Ces déclencheurs sont combinables par conjonction et disjonction. Ainsi « sortie(C1) et entrée(C2) » est un déclencheur exprimant la transition du contexte C1 au contexte C2.

Pour la partie *réaction*, deux types de prescriptions sont envisageables : soit l'identification explicite des mesures à mettre en œuvre (par exemple, commuter vers l'interface Fig. 3b), soit la formulation de consignes permettant le calcul de la réaction (par exemple, distribuer l'interface sur les différentes plates-formes). Que la réaction soit directement ou indirectement spécifiée, au final, les réactions envisageables combinent les patrons suivants :

- une action sur le contexte d'usage (par exemple, allumer la lumière ou diminuer l'intensité lumineuse de l'écran) ;
- un remodelage de l'interface (par exemple, commuter de l'interface Fig. 3a à Fig. 3b pour s'accommoder d'un redimensionnement de l'interface) ;
- une redistribution de l'interface sur les différentes plates-formes composant l'environnement. La redistribution soulève alors deux questions : les grains de migration et de reprise.

La migration peut être totale ou partielle : dans le premier cas, l'interface est intégralement transférée vers une nouvelle plate-forme ; dans le second, seul un sous-ensemble de l'interface est déporté. Ce sous-ensemble peut être envisagé à différents niveaux :

- au niveau des espaces de travail. C'est le cas de la métaphore du peintre [15] où les espaces de travail « palette » et « dessin » sont respectivement hébergés par le PDA et le PC gérant le mur ;
- au niveau des concepts manipulés dans les tâches. Les concepts sont alors répartis entre les différentes plates-formes. Le rendu est adapté à

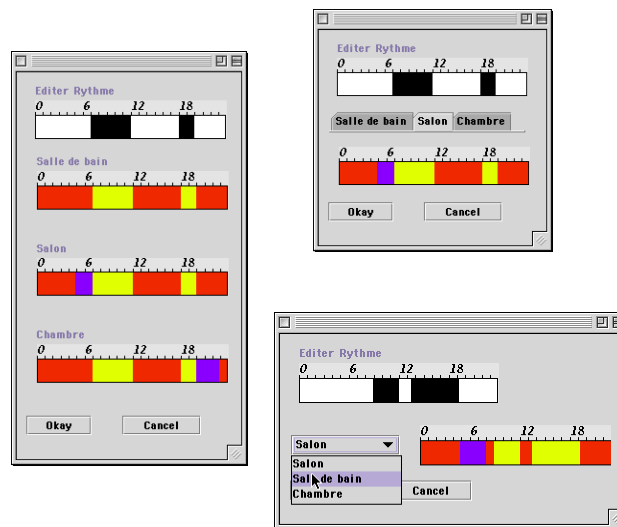


FIG. 3 – Cas d'un système de chauffage permettant à un usager de programmer le confort de son habitat. En b1) et b2), contrairement à a), la surface d'affichage est trop restreinte pour afficher la température de toutes les pièces. Une navigation par onglet en b1), par menu déroulant en b2) permet à l'utilisateur de parcourir ses différentes pièces.

la plate-forme cible. Par exemple, dans Built-IT [13], les objets sont représentés en deux ou trois dimensions selon la topologie de la surface (3D sur PC ; 2D en version projetée sur la table) ;

- au niveau pixels. Un même concept peut alors être partiellement représenté sur différentes plates-formes [19]. Mais qu'en est-il alors de son rendu dans le cas de plates-formes hétérogènes ?

Au-delà de cette migration partielle, c'est finalement une révision de la notion de frontière entre plates-formes qu'il faut voir. Jusqu'ici considérée au niveau matériel, cette frontière est désormais abstraite au niveau logiciel.

Qu'elle soit totale ou partielle, la migration peut être mise en œuvre selon quatre grains de reprise différents :

- au niveau session, le contexte d'interaction de l'utilisateur est définitivement perdu. Le système interactif est réinitialisé, perdant le

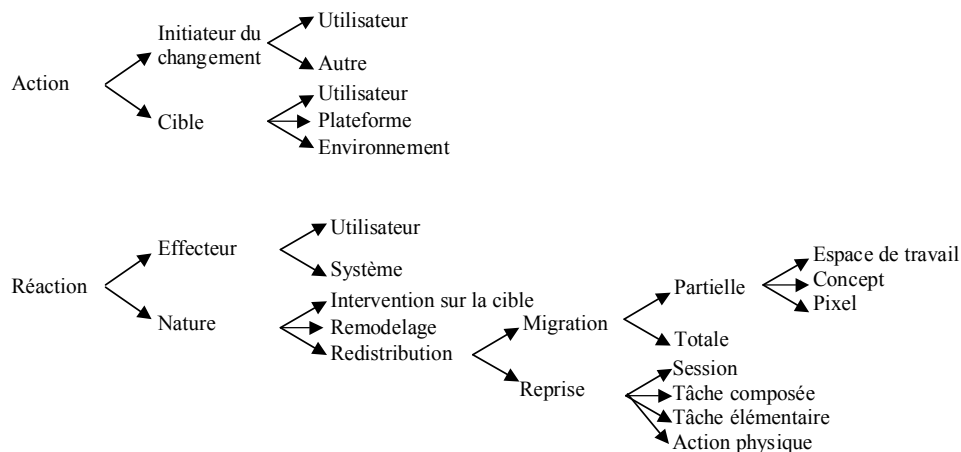


FIG. 4 – Espace problème de l'adaptation selon une perspective utilisateur.

bénéfice d'éventuelles interactions passées. Sur l'exemple du système de chauffage (Fig. 3), si l'utilisateur avait commencé à modifier la température de sa chambre sur grand écran, le fait de commuter sur PDA lui fait perdre ses interactions. La température de la chambre est celle anciennement programmée ;

- au niveau tâche composée, l'achèvement de tâches abstraites (par exemple, pour le contrôle du chauffage, *spécifier température des pièces*) est préservé lors du changement de plate-forme. Ainsi, si l'utilisateur avait terminé la programmation de ses trois pièces, alors ces nouvelles températures sont retrouvées sur PDA. Par contre, les éventuelles actions physiques amorçant la réalisation d'une nouvelle tâche sont définitivement perdues ;
- au niveau tâches élémentaires (par exemple, *spécifier rythme de vie, spécifier température chambre, spécifier température salle de bains, spécifier température salon*), ce même principe est reconduit. Les tâches achevées sont restituées telles quelles sur la nouvelle plate-forme. En revanche, les actions physiques ne suffisant pas à l'accomplissement d'une tâche élémentaire supplémentaire sont définitivement perdues ;
- enfin, au niveau le plus fin, les actions physiques sont préservées. Dans ce cas, lorsque l'utilisateur change de plate-forme, son contexte d'interaction est fidèlement reproduit. S'il avait sélectionné la chambre

sur grand écran, la chambre est, de même, sélectionnée sur version PDA.

La figure 4 synthétise l'espace problème de l'adaptation d'un point de vue utilisateur. Les acteurs à l'origine du changement (initiateur) et en charge de la mise en œuvre de la réaction (effecteur) y sont mentionnés. Supposons, en effet, qu'une baisse de lumière soit observée et qu'elle résulte de l'extinction par l'utilisateur de la lumière. Alors l'*initiateur* étant l'utilisateur, il faudra éviter, dans la réaction, de réallumer la lumière. Supposons que la mise en œuvre de cette réaction puisse être déléguée au système. Le champ *effecteur* permet de le spécifier.

On trouvera dans [21] une version système de l'espace centré utilisateur présenté en Fig. 4.

Remodeler l'interface ou redistribuer l'interface suppose, d'une part, la production d'interfaces adaptées au nouveau contexte et, d'autre part, la connaissance de leur domaine de plasticité. Par domaine de plasticité, on entend l'ensemble des contextes d'usage pour lesquels l'interface reste opérationnelle et utilisable [5]. La rupture de plasticité survient dès lors que le nouveau contexte est situé au-delà de ce domaine de plasticité. On appelle *seuil* cette frontière de plasticité (Fig. 5).

Considérons, par exemple, un changement de contexte $C1 \rightarrow C2$. Cinq cas peuvent se présenter (Fig. 6) :

- Cas a : Les contextes C1 et C2 sont couverts par la même interface. L'interface reste valide ;

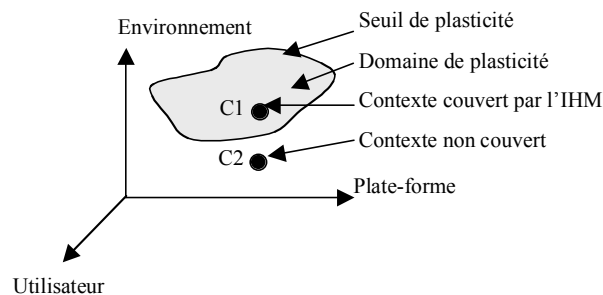


FIG. 5 – Domaine de plasticité d'une interface.

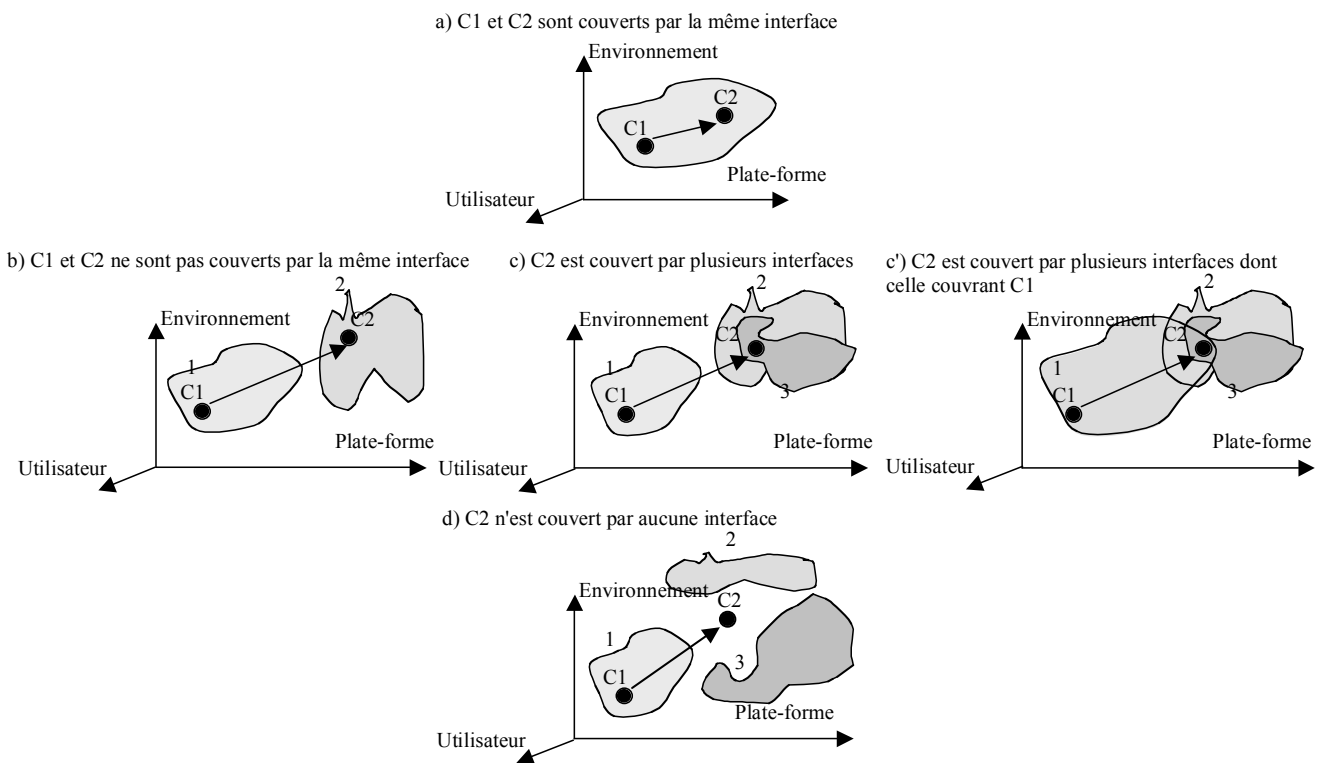


FIG. 6 – Domaines de plasticité et changement de contexte.

- Cas b, c et c' : Le contexte C2 est situé au-delà du seuil de plasticité de l'interface courante, couvrant C1. Un changement d'interface s'impose. Il s'agit, pour cela, de recenser les interfaces couvrant C2 : une seule dans le cas b) ; plusieurs dans le cas c), dont potentiellement l'interface courante (cas c')) ;
- Cas d : Le contexte C2 n'est couvert par aucune interface. Soit l'utilisateur accepte une dégradation de l'utilisabilité, soit son activité est condamnée.

Dans les cas c) et c'), des critères de choix s'imposent pour trancher entre les alternatives. Les coûts de migration entre contextes peuvent, par

exemple, être considérés. Ces coûts peuvent être évalués d'un point de vue système et/ou utilisateur.

Dans le cas c'), l'interface courante reste valide. On peut néanmoins envisager une anticipation de l'adaptation en vue de changements de contexte à venir. En supposant en effet qu'un historique des contextes soit maintenu, le système peut, par exemple, supprimer une transition $C2 \rightarrow C3$ après une transition $C1 \rightarrow C2$. Il peut alors anticiper l'adaptation et commuter, dès le contexte $C2$, vers une interface couvrant $C3$. Ainsi, même si l'interface courante (celle couvrant $C1$) reste valide (car couvrant $C2$), le système commute, par avance, vers une interface adaptée au futur contexte d'usage $C3$.

D'un point de vue implémentatif, ces interfaces peuvent être précalculées, c'est-à-dire produites en phase de conception avant exécution du système interactif, ou calculées à la volée. Elles peuvent être embarquées dans un même exécutable ou, au contraire, donner lieu à des exécutables spécifiques. Quelles que soient les alternatives retenues, des méthodes et mécanismes sont nécessaires pour la production et l'exploitation d'IHM plastiques. C'est l'objet de la section suivante.

3 CADRE DE REFERENCE

Le cadre de référence ici présenté couvre à la fois la conception et l'exécution d'IHM plastiques. Il permet la production d'IHM dont les domaines de plasticité sont connus.

3.1 Conception

Un consensus émerge aujourd'hui pour s'orienter vers les approches basées modèles. On distingue trois groupes de modèles (Fig. 7) :

- les modèles relatifs au domaine qui décrivent les concepts du domaine ainsi que les tâches utilisateur ;
- les modèles relatifs à la cible qui décrivent le contexte d'usage en termes d'utilisateur, de plate-forme et d'environnement ;
- les modèles relatifs à l'adaptation qui décrivent l'adaptation en termes d'évolution et de transition. L'évolution spécifie la réaction à mettre en œuvre en cas de changement de contexte d'usage. La transition préconise un accompagnement de l'utilisateur dans le changement pour une continuité de l'interaction.

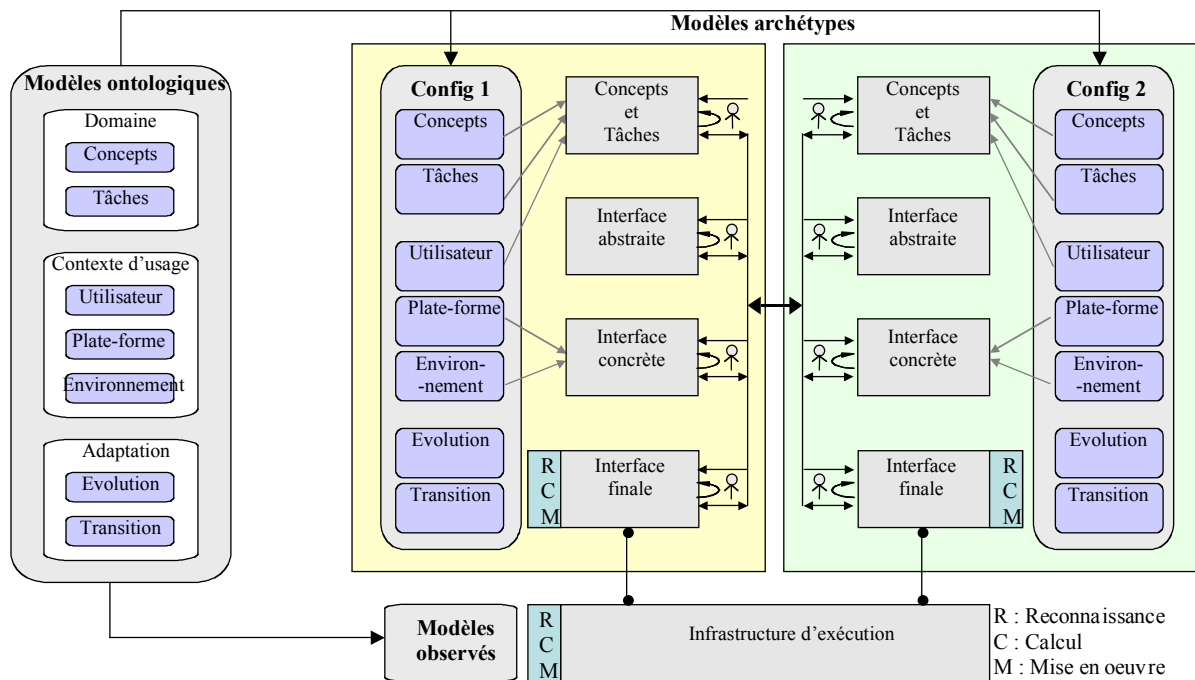


FIG. 7 – Cadre de référence en plasticité des interfaces.

Ces trois groupes de modèles soutiennent le processus de référence de deux manières :

- ils alimentent, d'une part, la phase de conception en définissant les contextes archétypes ciblés. Ces contextes sont des contextes pressentis dès la conception. On envisagera, par exemple, la classe des PDA en environnement quelconque pour des utilisateurs voyants : c'est un exemple de contexte archétype ;
- ils interviennent, d'autre part, à l'exécution pour la mise en œuvre de la réaction. Le calcul de la réaction repose sur la version *observée*, c'est-à-dire effective, de ces modèles.

Versions archétypes et observées sont des instances de méta-modèles, dits ontologiques au regard des définitions données par [10] et [11] de

l'ontologie. Par exemple, UML est un modèle ontologique des concepts ; ConcurTaskTrees [4], un modèle ontologique des tâches utilisateur.

Le processus de référence prévoit, pour chaque contexte archétype, l'établissement d'un ensemble de modèles (Fig. 7) :

- le lien tâches-concepts mentionne, pour chaque tâche utilisateur, les concepts applicatifs manipulés dans la tâche. Les tâches et concepts proviennent respectivement des modèles des tâches et des concepts ;
- l'interface abstraite structure l'IHM en espaces de travail et spécifie l'enchaînement entre espaces ;
- l'interface concrète instancie l'IHM abstraite en fenêtres/canevas et objets d'interaction ;
- l'IHM finale est une version exécutable de l'IHM concrète.

Ces modèles sont produits par réifications successives à partir des modèles archétypes. Des traductions restent possibles, à tout niveau de réification, pour cibler un nouveau contexte d'usage. L'entrelacement de réifications et translations permet de s'affranchir de la production de certains modèles dans des contextes donnés [6].

Au delà de la méthode de production véhiculée par ce processus, il faut voir en cet outil une grille d'analyse permettant de caractériser les approches existantes [6]. L'apport est double : non seulement mieux comprendre le principe et la portée des différentes approches, mais aussi mesurer la couverture des outils au regard de l'espace problème.

En termes de méthode, le déploiement de ce processus permet la production d'IHM de domaine de plasticité connu : le contexte archétype ciblé. D'un point de vue mise en œuvre, ces IHM précalculées peuvent être embarquées dans un même exécutable ou, au contraire, donner lieu à des exécutables différents, spécifiques au contexte archétype traité. Des mécanismes d'adaptation, embarqués dans l'IHM ou, au contraire, confiés à une structure externe dédiée à l'exécution (Fig. 7), sont en charge de la mise en œuvre de la plasticité.

3.2 Exécution

[5] propose un processus d'adaptation en trois étapes : la reconnaissance de la situation, le calcul de la réaction puis la mise en œuvre de la réaction.

- La reconnaissance de la situation comprend la capture du contexte (ex : température de 22°), la détection du changement (ex : passage de

21° à 22°) puis l'identification de ce changement (ex : transition du contexte *Normal* au contexte *Confort*). C'est cette identification qui va déclencher une éventuelle réaction ;

- Le calcul de la réaction couvre le recensement des réactions possibles puis le choix d'une solution parmi les candidates. Ces aspects ont été développés dans la problématique (section 2) ;
- La mise en œuvre de la réaction comprend, outre la réaction proprement dite, des éventuels prologue et épilogue. Ces prologue et épilogue sont des lieux privilégiés pour l'implémentation des sauvegarde puis restitution du contexte d'interaction (cas d'un grain de reprise plus fin que la session).

Ces trois étapes (R pour Reconnaissance de la situation ; C pour Calcul de la réaction ; M pour Mise en œuvre de la réaction) (Fig. 7) sont, en pratique, mises en œuvre par le système et/ou l'utilisateur. Dans le cas du système, elles sont prises en charge par le système interactif lui-même et/ou une infrastructure logicielle dédiée à l'exécution. Pour une réaction automatique, nous suggérons l'exploitation des domaines de plasticité des différentes IHM.

De même que pour le processus de production d'IHM, il est intéressant de noter que cet espace problème permet de caractériser les approches existantes. On en trouvera quelques exemples dans [6].

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

En conclusion, rappelons que, dans l'esprit de la plasticité, cet article présente, en premier lieu, un espace problème de l'adaptation selon une perspective centrée utilisateur. La problématique étant ainsi cernée, un cadre de référence est proposé selon, cette fois, un ancrage système. Ce cadre de référence fournit, outre une méthode de conception et d'exécution d'IHM plastiques, une grille d'analyse pour une revue critique de l'état de l'art. Aujourd'hui, cette revue est en cours et confirme l'intérêt de l'outil. Il s'agit maintenant d'affiner puis de formaliser les différents modèles pour ensuite les assortir de mécanismes de production et d'exécution. Nos efforts se concentrent aujourd'hui sur la notion de contexte, et notamment de frontière entre contexte, ainsi que sur le modèle d'évolution.

5 REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié du soutien du projet européen IST CAMELEON (IST-2000-30104). Nous remercions particulièrement Jean Vanderdonckt et Fabio Paternò, membres du projet, pour le concours apporté à l'étude.

6 RÉFÉRENCES

- [1] Abowd G.D., Atkeson C.G., Hong J., Long S., Kooper R., Pinkerton M. Cyberguide: A Mobile Context-Aware Tour Guide, GVU Technical Report GIT-GVU-96-27, December 1996
- [2] Anabuki, Mahoro, Kabuka, Hiroyuki, Yamamoto, Hiroyuki, Tamura, Hideyuki Welbo: An embodied Conversational Agent Living in Mixed Reality Space, Videos of CHI'2000
- [3] Bérard F., Coutaz J., Crowley J.L. Le tableau Magique, Ergonomie et Informatique Avancée-Interaction Homme-Machine (ErgoIHM'2000), D.L Scapin & E. Vergisson (eds), CRT ILS & ESTIA, Octobre 2000, Biarritz, pp. 33-40
- [4] Breedvelt-Schouten, I.M., Paterno, F.D., Severijns, C.A.: Reusable structure in task models. In: Proceedings of DSVIS'97, Design, Specification and Verification of Interactive System, Horrison, M.D., Torres, J.C. (Eds), 1997, 225-240
- [5] Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D. Supporting Context Changes for Plastic User Interfaces: a Process and a Mechanism, in "People and Computers XV – Interaction without Frontiers", Joint Proceedings of AFIHM-BCS Conference on Human-Computer Interaction IHM-HCI'2001 (Lille, 10-14 September 2001), A. Blandford, J. Vanderdonckt, and Ph. Gray (eds.), Vol. I, Springer-Verlag, London, 2001, pp. 349-363
- [6] Calvary, G., Coutaz, J., Thevenin, D., Limbourg, Q., Souchon, N., Bouillon, L. Vanderdonckt, J. Plasticity of User Interfaces: A Revised Reference Framework, First International Workshop on Task Models and Diagrams for User Interface Design TAMODIA'2002, Bucarest, 18-19 July 2002
- [7] Coutaz, J. Interfaces Homme-Machine : « le Futur ne manque pas d'Avenir », ERGO-IA'98, Novembre 1998, Biarritz
- [8] Crowley J.L., Coutaz J., Bérard F. Things That See, Communication of the ACM (CACM) Vol 43 (3), March 2000, pp. 54-64
- [9] Edelman, G.M. « Je crois fermement que l'espèce humaine va construire un objet pensant », Science & Vie, N° 907, Avril 1993, pp 54-57
- [10] Gruber, T.R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. Int. J. Hum. Comput. Stud. 43, 5/6, 1995, pp. 907-928

- [11] Gruninger, M., Lee, J. *Ontology: Application and Design*, Communications of the ACM, February 2002, Vol. 45, N°2, pp. 39-41
- [12] Lee J., Su V., Ren S., Ishii H. *HandSCAPE: A Vectorizing Tape Measure for On-Site Measuring Applications*, Videos of CHI'2000, April 2000
- [13] Rauterberg, M. et al. *BUILT-IT: A Planning Tool for Construction and Design*. In Proc. Of the ACM Conf. In Human Factors in Computing Systems (CHI98) Conference Companion, 1998, pp. 177-178
- [14] Rekimoto J., Nagao, K. *The World through the Computer : Computer Augmented Interaction with Real World Environments*, Acte du symposium UIST'95, 1995
- [15] Rekimoto, J. *Pick and Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments*. In Proceedings of UIST97, ACM Press, 1997, pp. 31-39
- [16] Schilit B.N., Adams N.I., Want R. *Context-Aware Computing Applications*, Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA'94), IEEE Press, Santa Cruz CA, December 1994, pp 85-90
- [17] Schmidt, A. *Implicit human-computer interaction through context*. 2th Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices. Edinburgh, Scotland, 31 August 1999
- [18] Scholtz J., Muller M., Novick D., Olsen D.R., Schneiderman B., Wharton C. *A Research Agenda for Highly Effective Human-Computer Interaction : Useful, Usable, and Universal*, SIGCHI bulletin, ACM/SIGCHI, October 1999, Volume 31, Number 4, pp 13-16
- [19] Streit, N. et al., *I-LAND: An interactive landscape for creativity and innovation*. In Proc. of the ACM Conf. On Human Factors in Computing Systems (CHI99), Pittsburgh, May 15-20, 1999, pp. 120-127
- [20] Thevenin, D., Coutaz, J. *Plasticity of User Interfaces: Framework and Research Agenda*. In Proceedings of INTERACT'99, 1999, pp. 110-117
- [21] Thevenin, D. *Adaptation en Interaction Homme-Machine : le cas de la Plasticité*. Thèse de l'Université Joseph-Fourier Grenoble I, Spécialité Informatique, 2001
- [22] Yan H., Selker T., *Context-Aware Office Assistant*, Proceedings of the 2000 International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI'2000), H Lieberman (eds), ACM Press, New-Orleans LA USA, pp 276-279.