

# Adaptation des IHM : Taxonomies et Archi. Logicielle

*David Thevenin*

National Institute of Informatics  
Hitotsubashi 2-1-2-1913 Chiyoda-ku, Tokyo,  
101-8430, Japon  
thevenin@nii.ac.jp

*Joëlle Coutaz*

Laboratoire CLIPS-IMAG  
Equipe IIHM  
BP 53 38041 Grenoble Cedex 9 France  
joelle.coutaz@imag.fr

## RÉSUMÉ

La plupart des taxonomies sur l'adaptation des IHM permettent de raisonner sur le problème de l'adaptation à l'utilisateur, mais ne couvrent pas l'adaptation à plusieurs cibles (plates-formes, environnements). Récemment, des taxonomies traitent le multicible sans préciser la nature des constituants logiciels impliqués dans le processus d'adaptation. Dans cet article, nous visons à combler cette lacune en proposant un axe complémentaire fondé sur la décomposition fonctionnelle du modèle Arch.

**MOTS CLES :** Adaptation, Interaction Homme Machine, taxonomie, architecture logicielle, modèle Arch.

## ABSTRACT

Most of taxonomies about IHM adaptation are made for reasoning on adaptation to the user. They do not cover the adaptation to several targets (platform, environment). Recently, some talk about adaptation to multi-target but without clarifying the nature of software components influenced by the adaptation process. Here, we present a complementary axis based on the functional decomposition of Arch model, which fill this gap.

**KEYWORDS :** Adaptation, Human Computer Interaction, taxonomy, software architecture, Arch model.

## INTRODUCTION

L'étude de l'adaptation des systèmes numériques n'est pas un phénomène nouveau. L'Intelligence Artificielle (IA), en quête de construire des machines intelligentes, s'est la première intéressée à l'automatisation de l'adaptation. En ingénierie logicielle classique, on s'est contenté jusqu'ici d'identifier les paramètres de personnalisation accessibles à l'utilisateur par des menus de préférences. Si l'IA, par le tout automatique, visait l'adaptativité des systèmes, l'ingénierie logicielle traitait essentiellement de leur adaptabilité. Aujourd'hui, les deux disciplines se rejoignent sur ce problème.

L'adaptativité comme l'adaptabilité résultent d'un processus de conception dirigé par les questions

quintiliennes "qui, quoi, pourquoi, comment, quand". Ces questions récurrentes sont à l'origine de plusieurs taxonomies qui, chacune offre un point de vue sur l'adaptation : certaines centrées sur l'utilisateur, d'autres sur les IHM multicibles, aucune ne permettant d'analyser avec précision les conséquences de l'adaptation sur les composants logiciels d'un système interactif.

Dans cet article, nous proposons une perspective complémentaire : celle de l'ingénierie logicielle par le biais de la décomposition fonctionnelle du modèle Arch. Ce nouveau point de vue sur l'adaptation permet d'étudier et de comparer les outils actuellement disponibles en matière d'adaptation, d'identifier les lacunes et d'évaluer les effets de l'adaptation sur la mise en œuvre. Dans les deux sections qui suivent, nous passons en revue les taxonomies les plus représentatives selon qu'elles sont centrées utilisateur ou multicible, puis nous présentons notre proposition avant d'explicitier en conclusion, les utilisations possibles de notre taxonomie.

## TAXONOMIES CENTRÉES UTILISATEUR

Nous proposons comme référence les travaux du projet AID [1] et de Dieterich [4].

### AID (Adaptive Intelligent Dialogue)

AID traite de la conception et de la mise en œuvre de systèmes capables de s'adapter aux utilisateurs décrits par leurs motivations, envies, facultés psychomotrices, d'apprentissage et de compréhension. Dans AID, quatre composants sont susceptibles de s'adapter : l'aide (en accord avec le niveau de compréhension de l'utilisateur), les messages d'erreur (comme source de réconfort et de mise en confiance), le langage de commande (dont la terminologie doit être conforme à celle de l'utilisateur) et le style de dialogue. Nous constatons que les formes d'adaptativité envisagées collent aux recommandations ergonomiques de base de l'époque et n'envisagent pas l'adaptation au contexte d'interaction (plate-forme et environnement physique, lieu de l'interaction).

Si, dans AID, la couverture fonctionnelle de l'adaptativité paraît rudimentaire, la couverture méthodologique est significative. En particulier, AID propose des classes de métriques comme guide de pensée à la conception, mise en œuvre et évaluation d'IHM adaptative : l'**Objectif** motive l'adaptation (par exemple, diminuer le taux d'erreurs). L'**évaluation de théorie** permet d'évaluer une théorie (par exemple, une théorie visant à réduire le taux

d'erreurs). Le **déclencheur** ou cause de l'adaptation (latence du système ou de l'utilisateur, taux d'erreurs, etc) détermine la nature des données à collecter et à interpréter à l'exécution. La **recommandation** décrit les réactions à appliquer. La **Généralité** précise le domaine d'adaptativité du système en termes, notamment, de population d'utilisateurs ou de domaine de tâches. Les métriques d'**implémentation** permettent d'évaluer les effets des mécanismes d'adaptation sur les performances du système.

Ces différentes classes de métriques suscitent les bonnes questions dès la conception avec leurs conséquences sur les mécanismes à mettre en œuvre. La nature de ces mécanismes catégorise les systèmes adaptatifs en six niveaux de sophistication croissante : **Câblé**, le comportement du système est fixé à la conception. **Adaptable**, le système est personnalisable sur intervention explicite de l'utilisateur. **Adaptatif**, il sait reconnaître la situation (parmi plusieurs déclencheurs fixés par le concepteur) et applique la recommandation fixée, elle aussi, par le concepteur. **Autorégulateur**, il reconnaît la situation et utilise, pour effectuer son choix de réaction, une fonction de *feedback* sur lui-même par essai-erreur. **Automédia-  
teur**, il a les caractéristiques de l'autorégulation, mais en plus, sait résoudre le problème de l'adaptation par planification et évaluer a priori l'effet d'une réaction. **Automodificateur**, le système, doué de généralisation, est autonome.

#### Taxonomie de Dieterich et al.

L'espace de conception de Dieterich et al. inclut des dimensions similaires à celles du projet AID et propose de nouveaux axes : les **acteurs** de l'adaptation (concepteur, administrateur, expert local, utilisateur final, le système) ; la structuration du processus d'adaptation en **étapes** (initiative, suggestion et choix parmi les suggestions et exécution de la réaction choisie. Nous observons que l'étape d'auto-évaluation prévue dans AID est ici manquante) ; le **moment de l'adaptation** (avant l'installation du système, entre sessions, à l'exécution), et la nature des **constituants adaptés** : les fonctions générales (correction d'erreurs, aide) et l'interaction. Pour chacune de ces deux classes de composants, Dieterich distingue cinq **niveaux d'adaptation** sans les décrire formellement : les niveaux lexical, syntaxique, sémantique, tâche et but.

Les taxonomies présentées jusqu'ici sont résolument orientées par l'objectif d'adaptation à l'utilisateur, ignorant l'adaptation au contexte d'interaction (ou IHM multicible). Nous présentons maintenant des taxonomies visant le multicible.

#### TAXONOMIES CENTRÉES IHM MULTICIBLE

Les taxonomies sur l'adaptation multicible sont récentes. Elles s'appuient, en les simplifiant, sur les taxonomies précédentes qu'elles complètent pour tenir compte de la

diversité des contextes d'interaction et notamment des plates-formes d'exécution. Nous retenons les propositions de Stephanidis et, pour le multimédia, celles de Kobsa et Brusilovski.

#### Taxonomie de Stephanidis

Stephanidis et al. [8] structurent l'espace problème de l'adaptation en trois axes : l'**instant d'acquisition des connaissances** nécessaires à l'adaptation (à la conception via des modèles ou à l'exécution), le **niveau des artefacts de dialogue** concerné par l'adaptation (c.-à-d., l'aspect lexical, syntaxique ou sémantique de l'interaction), et le **type de connaissances** qui correspond aux déclencheurs de AID étendus ici au contexte d'interaction (plate-forme, environnement physique). Si cette taxonomie couvre le contexte d'interaction, Stephanidis évacue le problème de l'adaptation de l'aide, de la correction d'erreur, etc. mis en avant dans AID.

#### Taxonomie pour le multimédia

Parmi les travaux récents sur l'adaptation des systèmes multimédia, nous relevons ceux de Kobsa et Brusilovski [5, 3]. Les trois axes proposés reflètent les fonctions centrales d'un système multimédia (la visualisation, la navigation et la couverture de l'espace d'information) : l'**adaptation de la présentation** correspond au niveau lexical de Stephanidis ; l'**adaptation de la navigation** (par lien, au moyen d'une carte, etc.) relève à la fois des niveaux lexical et syntaxique ; l'**adaptation du contenu** (modification de l'information en fonction de l'utilisateur, des performances réseau, etc.) correspond au niveau sémantique.

#### TAXONOMIES : SYNTHÈSE CRITIQUE

Les travaux et taxonomies présentés offrent des éléments utiles à la structuration de l'espace problème de l'adaptation. Ils soulèvent les bonnes questions en relation avec les étapes du processus de développement. Toutefois, ils entremêlent plusieurs points de vue sans les expliciter. En particulier, les notions de "constituants adaptés" et les "niveaux d'adaptation" (lexical, syntaxique, etc.) chez Dieterich et Stephanidis sont non seulement sujets à interprétation, mais couvrent à la fois l'effet de l'adaptation (qui concerne l'utilisateur final) et son impact sur les niveaux d'abstraction de l'interaction qui concerne, cette fois-ci, le développeur du système et les outils de développement. Si, sur ce point, Kobsa et Brusilovski sont plus précis en distinguant l'adaptation de la présentation, de la navigation ou du contenu, cette décomposition ne s'applique pas directement au développement d'un système interactif. Cette rapide critique justifie notre propre contribution qui propose une révision de l'axe des constituants logiciels adaptés.

#### NOTRE TAXONOMIE DES CONSTITUANTS ADAPTÉS

Comme le montre la figure 1, les constituants logiciels adaptés d'une IHM multicible correspondent aux niveaux d'abstraction fonctionnelle du modèle Arch.

Ainsi, nous distinguons : l'adaptation des interacteurs physiques, celle des interacteurs de présentation logique, l'adaptation du contrôleur de Dialogue et celle de l'Adaptateur du Noyau Fonctionnel (ANF).

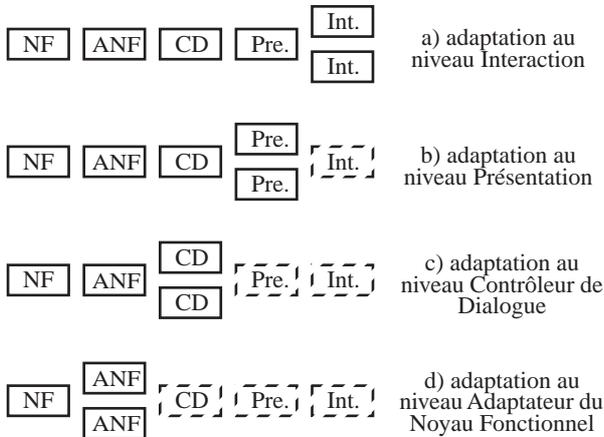


Figure 1: L'adaptation des IHM selon Arch. Les composants en pointillés expriment le fait que l'adaptation décrite, peut avoir des répercussions dans ces niveaux.

### Adaptation des interacteurs physiques

L'adaptation des interacteurs physiques concerne l'adaptation du composant d'interaction physique de Arch (Cf. figure 1.a). L'IHM s'adapte en utilisant les objets de la boîte à outils présents sur la, ou les, plates-formes cibles. Par exemple, sur Macintosh, l'IHM utilisera un NSButton et sur PC, un WinButton.

Avec ce type d'adaptation, la nature des interacteurs physiques est conservée, mais leur rendu peut être éventuellement distinct. La figure 2 montre l'exemple d'adaptation d'un bouton physique lorsque le système migre entre plates-formes (MacOS-X, Java/JFC et PalmOS).

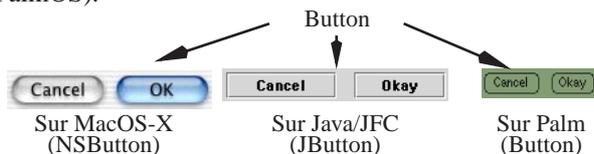


Figure 2: Adaptation du niveau de l'interaction physique

### Adaptation des interacteurs logiques

L'adaptation des interacteurs logiques concerne le composant de présentation logique de Arch (Cf. figure 1.b). Dans ce cas, l'IHM s'adapte en changeant de système représentationnel.

L'adaptation consiste à choisir parmi les interacteurs logiques disponibles ceux dont les capacités représentationnelles et fonctionnelles (ou navigationnelles<sup>1</sup>) sont équivalentes. Avec ce type d'adaptation, les interacteurs sont de nature distinctes mais leurs capacités représentationnelles et fonctionnelles sont équivalentes. La figure 3

1. Comme pour Kobsa et Brusilovski, la navigation est une tâche particulière que nous traitons différemment des autres tâches. Aussi des interacteurs spécifiques lui sont associés.

en montre des exemples.

La mise en œuvre de l'adaptation du niveau de la présentation logique peut s'appuyer sur la distinction classique entre Objets Interactifs Abstraits (OIA) et Objets Interactifs Concrets (OIC) [10]. Ce type d'adaptation peut ajouter ou supprimer des tâches articulatoires (changement de navigation chez Kobsa [5]). Nous considérons que ces tâches ne modifient pas le Contrôleur de Dialogue.

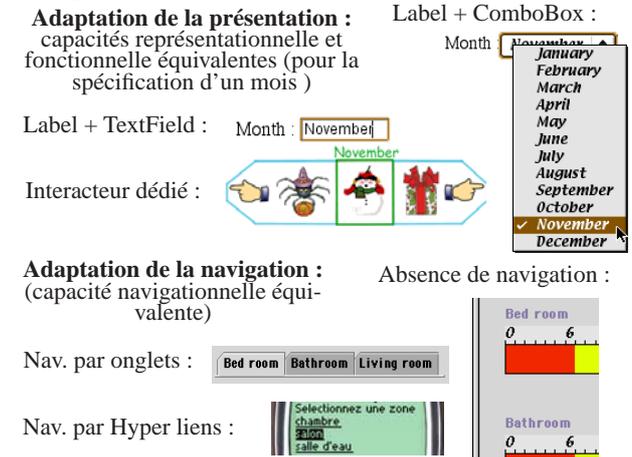


Figure 3: Adaptation du niveau de la présentation logique

### Adaptation du Contrôleur de Dialogue

Comme le montre l'exemple de la figure 4, une modification de ce type correspond à un changement de la structure du dialogue (Cf. figure 1.c). La nature des tâches reste inchangée, mais leur agencement diffère. Par exemple, passer d'un style de manipulation directe "sélectionner objet d'abord puis spécifier fonction" au style langagier, "spécifier fonction puis sélectionner objet", conserve les tâches mais change l'ordonnement des tâches élémentaires. Les tâches polymorphiques de Stephanidis [7] relèvent de ce type d'adaptation.

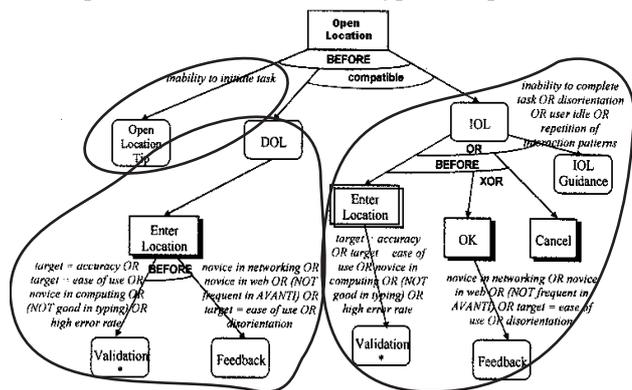


Figure 4: Adaptation du dialogue.

Exemple des tâches polymorphiques dans AVANTI [7]. La même tâche est décomposée différemment selon l'utilisateur. Ici trois décompositions sont proposées.

### Adaptation de l'Adaptateur du Noyau Fonctionnel

Ce type d'adaptation correspond au changement de la nature des concepts et des fonctions exportés du Noyau Fonctionnel (l'application). La nature des tâches et des

concepts manipulés a changé (Cf. figure 1.d). Cette forme d'adaptation est appliquée notamment lorsque les contraintes sont si fortes qu'il est nécessaire de supprimer des concepts ou des tâches. L'exemple de la figure 5 en fournit une illustration : une partie des tâches d'édition est supprimée lorsque l'application est accédée depuis un assistant personnel.

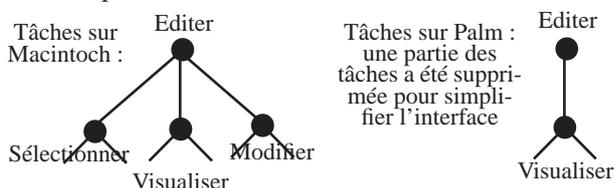


Figure 5: Adaptation de l'Adaptateur du Noyau Fonctionnel. Ses conséquences sur l'arbre de tâches et par suite sur le contrôleur de Dialogue.

L'adaptation de l'ANF est à rapprocher du niveau sémantique de Stephanidis [8], et des niveaux (sémantique, tâches, buts) de Dieterich [4]. Zizi et al. [11] présentent une adaptation à ce niveau de composant Arch avec le zoom sémantique.

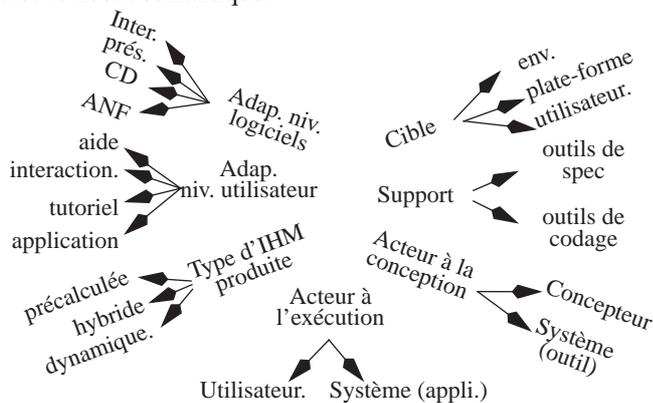


Figure 6: La fleur des outils pour IHM multicibles. Espace de classification des outils pour la production d'IHM multicible

### Synthèse

Notre choix de calquer l'adaptation sur la décomposition fonctionnelle du modèle Arch offre plusieurs avantages :

- Un fondement solide. Le modèle Arch est une décomposition canonique qui fait référence dans la communauté de l'Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine. Ses niveaux fonctionnels, aujourd'hui bien compris, constituent une base commune d'analyse.
- Un pont explicite entre adaptation et architecture logicielle.
- Un gain en précision et en clarté. L'effet de la propagation d'une adaptation peut être étudié selon un référentiel solide. Les niveaux lexical, syntaxique et sémantique des taxonomies citées précédemment ne permettent pas une telle analyse. En effet, une adaptation lexicale a des effets de bord sur les interacteurs physiques. Elle peut aussi en avoir au niveau de la présentation logique ou du contrôleur de dialogue. Par exemple, un changement de modalité, qualifié d'adaptation lexicale, a un impact sur les niveaux de Présentation logique et éventuellement d'Interaction

physique.

### CONCLUSION

Notre révision de l'axe des composants adaptés, conjointement à l'apport des taxonomies de référence de la littérature, nous a permis de produire la fleur des outils pour IHM multicible représenté dans la figure 6. En particulier, on trouvera dans [9], une revue détaillée des outils de développements d'IHM multicible, qui démontre au moyen de la fleur et notamment l'axe "constituants logiciels", les lacunes de l'état de l'art. En perspective de ce travail, nous comptons proposer une architecture implémentable de type Arch qui couvre les différents niveaux d'adaptation présentés ici.

### RÉFÉRENCES

1. D. Browne, P. Totterdell, M. Norman, *Adaptive User Interfaces*. Academic Press - Computer And People Series, 1990.
2. D. Browne, M. Norman, d. Riches, *Why Build Adaptive Systems?* Dans [1], pp. 15-58.
3. P. Brusilovsky, *Adaptive Hypermedia*. Dans le journal User Modeling and User-Adapted Interaction 2001, (AMAUI'01), 11(1-2), ed. A. Kobsa, chez Kluwer Academic Publishers, pp. 87-110.
4. H. Dieterich, U. Malinowski, T. Kühme, M. Schneider-Hufschmidt, *State of the Art in Adaptive User Interfaces*. Dans [6], pp.13-48.
5. A. Kobsa, J. Koenemann and W. Pohl, *Personalized Hypermedia Presentation Techniques for Improving Online Customer Relationships*. The Knowledge Engineering Review 16(2), 2001, pp. 111-155.
6. M. Schneider-Hufschmidt, T. Kühme, U. Mallinowski, *Adaptive User Interfaces, Principles and Practice*. Human Factors in Information Technologie 10, ed. M. Schneider-Hufschmidt, T. Kühme, U. Mallinowski, chez Elsevier Science Publishers, 1993.
7. C. Stephanidis, A. Paramythis, M. Sfyarakis et A. Savidis, *A case Study in Unified User Interface Development: The AVANTI Web Browser*. User Interfaces for All - concepts, methods and tools. Lawrence Erlbaum Associates, 2001, pp. 525-568.
8. C. Stephanidis et A. Savidis, *Universal Access in the Information Society: Methods, Tools, and Interaction Technologies*. Journal Universal Access in the Information Society (UAIS), 1(1), 2001, pp. 40-55.
9. D. Thevenin, *La plasticité des Interfaces Homme Machine : une approche, un outil*. Thèse d'informatique, Université Joseph Fourier - Grenoble I, 2001, 212 p.
10. J. Vanderdonckt et F. Bodard, *Encapsulating Knowledge For Intelligent Automatic Interaction Objects Selection*. INTERCHI, 1993, ACM Press, pp. 424-9.
11. M. Zizi, M. Beaudouin-Lafon, *Accessing Hyperdocuments through Interactive Dynamic Maps*. European Conference on Hypermedia Technology (ECHT'94), ACM Press, 1994, pp.126-135.