
LA PLASTICITÉ EN INTERACTION HOMME-MACHINE

David Thevenin, Gaëlle Calvary, Joëlle Coutaz

Laboratoire CLIPS-IMAG, Equipe IHM
BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France
{david.thevenin, gaelle.calvary, joelle.coutaz}@imag.fr

Résumé — La mobilité s'imposant aujourd'hui comme mode de vie ou de travail, la portabilité des interfaces sur dispositifs d'interaction variés émerge comme nouvel axe de recherche en interaction homme-machine. Nous proposons, en réponse, la propriété de plasticité, une forme particulière d'adaptation. Après l'avoir caractérisée dans un espace problème, nous lui dédions un processus de développement par spécification/génération. Ce processus met en oeuvre des modèles et requiert des heuristiques que nous illustrons sur une application de gestion d'énergie conformément au contrat établi avec EDF-CERD.

1. Introduction

La mobilité s'imposant aujourd'hui comme mode de vie ou de travail, l'accès ubiquitaire à l'information devient nécessaire. Conjointement, les avancées technologiques des réseaux sans fil et le succès des ordinateurs de poche et des téléphones portables encouragent ce mouvement. Mais si une activité donnée, telle que la lecture du courrier électronique ou la consultation de sites Internet, peut désormais être menée en des lieux distincts sur des supports électroniques variés, cette facilité suppose le développement et le maintien d'Interfaces Homme-Machine (IHM) dédiées. A l'évidence, l'IHM d'une application ne peut en effet 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. Cette variabilité grandissante du matériel et des contextes d'interaction, alliée à une conjoncture économique défavorable, condamne à terme les développements spécifiques. Aussi de nouvelles voies de recherche en Interaction Homme-Machine émergent-elles aujourd'hui : parmi elles, la plasticité des interfaces.

Après avoir défini cette nouvelle propriété de plasticité, nous proposons, en réponse, un processus de développement dédié. Ce processus, inspiré des approches à base de modèles, propose la génération de l'interface à partir de ses spécifications. Cette automatisation requiert des heuristiques de génération illustrées sur l'exemple du gestionnaire d'énergie conformément au contrat établi, sur ce thème, avec EDF-CERD.

2. Terminologie et espace problème

Par analogie avec la plasticité d'une matière, nous définissons la *plasticité* d'une interface comme étant sa capacité à s'adapter aux contraintes matérielles et environnementales dans le respect de son utilisabilité. La plasticité apparaît ainsi comme une forme particulière d'adaptation.

En IHM, l'adaptation d'une interface est caractérisée par deux propriétés : l'adaptabilité et l'adaptativité. Tandis que l'adaptabilité se réfère à la capacité d'une interface à être modifiée par l'utilisateur, l'adaptativité désigne sa capacité à se modifier sans intervention explicite de celui-ci. Nous immergeons ces propriétés dans un espace plus général caractérisant l'adaptation selon quatre dimensions : sa cause, son occurrence, l'objet sur lequel elle porte et enfin l'acteur en charge de son déclenchement.

Dans cet espace, la plasticité se caractérise comme suit :

- l'axe causal exprime l'ontologie de l'adaptation, à savoir une variation de l'environnement ou des caractéristiques physiques de la plate-forme cible ;
- l'axe temporel reflète le caractère statique ou dynamique de l'adaptation. A la différence de la version statique où les contraintes sont connues dès la conception et les IHM créées avant exécution, la version dynamique élabore des IHM, à la volée, au fil des nouvelles contraintes ;
- l'axe des objets identifie la cible de l'adaptation, à savoir l'arbre des tâches ou la technique de présentation des informations ;
- enfin, l'axe acteur précise qui, du système ou de l'homme concepteur ou utilisateur, provoque l'adaptation.

La plasticité étant ainsi définie et caractérisée, nous proposons un processus de développement permettant de l'appréhender.

3. Processus de développement

Le processus de développement proposé répond à la plasticité par le slogan : "Spécifier une fois, générer N fois". Il revendique une spécification de la sémantique applicative à des fins de génération de l'interface. Il s'inscrit ainsi dans le cadre des approches à base de modèles. Rappelons que ces approches militent pour une description explicite et déclarative de la sémantique applicative et des connaissances nécessaires à la spécification tant de l'apparence que du comportement d'un système interactif [UIST'94]. Ces connaissances sont

organisées au sein de modèles, classiquement les concepts du domaine, les tâches utilisateurs et les spécifications abstraites et concrètes de l'interface.

- Le modèle des concepts du domaine décrit les objets métier faisant sens dans l'application.
- Le modèle des tâches utilisateur est une transcription formelle ou semi-formelle de l'activité de l'utilisateur observé dans le monde réel. L'établissement de ce modèle requiert la contribution de spécialistes en sciences cognitives.
- Le modèle de l'interface utilisateur abstraite décrit l'interface en termes d'Unités de Présentation (PUs) [Bodart et al. 95] ou espaces de travail [Brisson, Andre 94]). La constitution de ce modèle est un prérequis à la génération de l'interface concrète.
- Le modèle de l'interface concrète est la spécification de l'interface en termes d'objets d'interaction. Elle peut être générée automatiquement ou semi-automatiquement à partir des modèles précédents.

Si ces modèles suffisent au développement d'une application donnée, ils s'avèrent insuffisants pour la production d'interfaces plastiques : la description de la plate-forme cible leur échappe notamment. Aussi, proposons-nous trois modèles supplémentaires : l'environnement, la plate-forme et les interacteurs.

- Le modèle de l'environnement décrit le contexte d'utilisation. Cette notion de contexte restant encore hésitante dans la littérature, nous la définissons comme étant l'ensemble des objets pouvant influencer la réalisation de la tâche. Ces objets peuvent être de natures diverses : une personne, un lieu, des événements, etc. Leur modélisation est déterminante dans notre étude pour modérer, par exemple, l'usage du son dans un lieu public. Une interface plastique sur téléphone mobile devrait automatiquement adopter un mode vibreur et inhiber la traditionnelle sonnerie.
- Le modèle de la plate-forme décrit le matériel ciblé en termes de dispositifs d'interaction, de performances de calcul et de communication.
- Enfin, le modèle des interacteurs précise les objets d'interaction ou widgets disponibles dans l'environnement de développement adopté.

Parmi ces modèles, deux bénéficient, d'un statut particulier : les concepts du domaine et les tâches utilisateur. Ils incarnent la sémantique de l'application et alimentent, à ce titre, les spécifications abstraites de l'interface. A leur différence, les autres modèles n'interviennent qu'en phase de spécification concrète : ils déterminent les objets d'interaction idoines.

Notre processus de développement intègre cette différence de statuts (figure 1) : il propose une approche en deux étapes par spécification/génération. De la richesse des modèles et justesse des heuristiques dépend l'automatisation des transitions. Aussi, illustrons-nous ces modèles et heuristiques sur un exemple applicatif donné : le gestionnaire d'énergie.

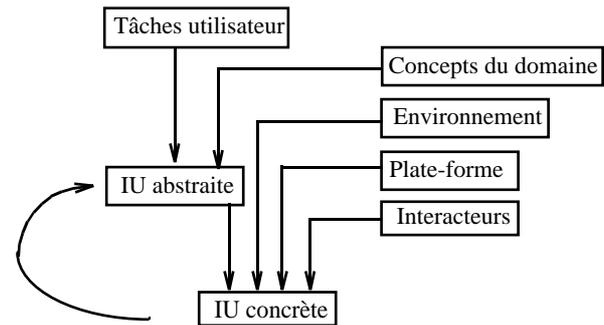


Figure 1: Espace de conception et de génération

4. Modèles et heuristiques

Conformément au contrat établi avec EDF-CERD, l'étude de la plasticité porte sur le gestionnaire d'énergie. Un gestionnaire d'énergie s'apparente à un boîtier électronique. Muni d'une ou plusieurs sondes de températures, l'appareil permet de gérer son confort par la définition de programmes journaliers ou hebdomadaires. Pour cette programmation, EDF souhaite offrir différents modes d'interaction : la manipulation directe du boîtier, sa programmation à distance via un butineur Internet, voire sa programmation par communication téléphonique. Nous décrivons ici les modèles et heuristiques adoptés pour la génération d'interfaces plastiques.

4.1. Modèles

La plasticité ciblée est une plasticité de type dispositifs d'interaction. Aussi, le modèle de l'environnement sera-t-il ici occulté.

4.1.1. Concepts du domaine

Notre modèle est un enrichissement du modèle objet UML [Muller 99].

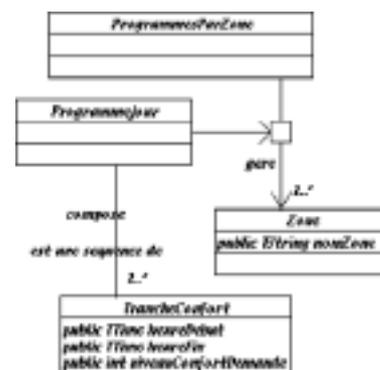


Figure 2: Spécification UML du concept de ProgrammesPar Zone. Le concept référence n zones de l'habitation. A chaque zone référencée est associé un programme journalier de chauffage (ProgrammeJour).

Il s'apparente à une structure objet (figure 2) mais requiert, en outre, pour chaque concept, la précision de son domaine de variation. Par exemple, *nomZone* est une chaîne prenant comme valeur "Salon", "Chambre" ou "Salle de bain".

Pour ce faire, nous introduisons la notion de type et supposons possible le typage de tout concept. Un type

est soit un *type de base*, soit un *type ensemble*, c'est-à-dire un ensemble de *type de base* :

- *Type de base* := caractère | entier | flottant | chaîne.
- *Type ensemble* := liste | arbre | tableau.

Un concept est modélisé par un ensemble d'attributs entretenant des relations de conjonction ou disjonction. Ces relations expriment respectivement une complémentarité ou équivalence entre attributs. Par exemple, un mois peut être modélisé par un entier ou une chaîne de caractères : c'est une disjonction d'attributs. Par opposition, le temps est défini par des heure, minute et seconde : c'est une conjonction d'attributs.

Ces attributs sont typés et leurs domaines de variation spécifiés : défini / indéfini, fini / infini, borné / nonBorné, extensif / intensif. Pour notre exemple, le diagramme UML de figure 2 est augmenté des informations suivantes :

- Sec := Integer (borné (0, 59));
- Min := Integer (borné (0, 59));
- Heure := Integer (borné (0, 23));
- TTime := Conjonction (heure {Heure}, minute {Min}, seconde {Sec});
- TrancheConfort := Conjonction (heureDebut {TTime}, heureFin {TTime}, niveauConfort {Integer (borné (0, 25))});
- Zone := String (extensif ("Salon", "Chambre", "Salle de bain"));
- ProgrammeJour := Liste (tranchesConfort {TrancheConfort});
- ProgrammesParZone := Conjonction (Liste (zones {Zone}), programmesParZone (tableau ({Zone}, {ProgrammeJour})).

Il reste alors à associer aux concepts ainsi modélisés un système représentationnel adéquat. [Mackinlay 86] et [Roth, Mattis 90] ont ouvert la voie pour des systèmes non interactifs. [Fischer 98] s'intéresse, quant à lui, aux interfaces à manipulation directe. Nous proposons une association fondée sur le typage par une mise en correspondance des modèles des concepts et des interacteurs. Avant d'évoquer ce dernier, examinons le deuxième modèle pivot de notre approche : les tâches utilisateur.

4.1.2. Tâches utilisateur

Pour la clarté de l'article, nous nous limitons à une tâche utilisateur : la consultation des programmes journaliers (figure 3). Un programme journalier spécifie, par zone d'habitation (salon, séjour, chambres, salle de bains, etc.), le niveau de confort requis au fil de la journée.

Le modèle des tâches est établi selon la méthode ProSPEct [Brisson, Andre 94]. Il organise hiérarchiquement les tâches en finalités, objectifs puis tâches élémentaires. Les concepts référencés dans ces tâches sont décorés d'une propriété de focalité : cette

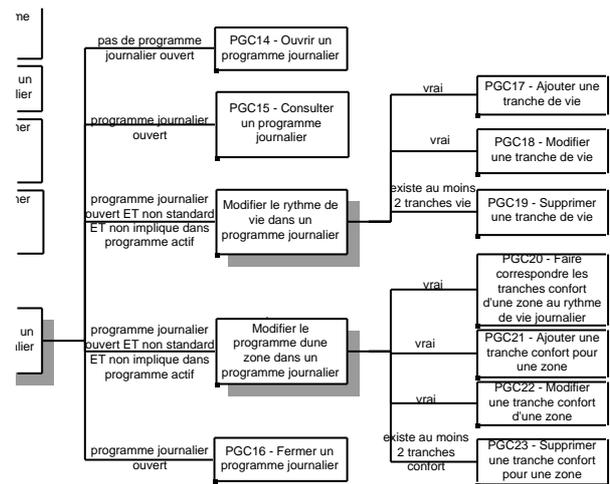


Figure 3: Modélisation, selon la méthode ProSPEct, d'un sous-ensemble de l'arbre des tâches utilisateur.

focalité reflète le poids relatif du concept dans la réalisation de la tâche. Par analogie avec la vision humaine, trois valeurs sont possibles : central / périphérique / non pertinent. Notons que [Sutcliffe 97] et [Johnson et al. 93] introduisent les notions d'"information requise" et "complémentaire".

Avant d'étudier l'implication de la focalité en plasticité, décrivons, au préalable, le modèle de la plate-forme et des interacteurs.

4.1.3. Plate-forme

Dans un premier temps, la priorité est mise sur la surface d'affichage. Aussi, le modèle de la plate-forme se limite-t-il aujourd'hui à un ensemble de couples $\langle x, y \rangle$ délimitant une surface de pixels.

4.1.4. Interacteurs

Un interacteur peut être vu comme une modalité et donc spécifié par le couple $m = \langle r, d \rangle$ [Coutaz et al. 95] où r et d dénotent respectivement un système représentationnel et un dispositif d'interaction. Dans le contexte de la plasticité, nous augmentons m des coûts C_r et C_d respectivement liés à r et d . Ils expriment les coûts cognitif et opératoire d'exploitation de l'interacteur. Nous enrichissons cette description de la notion d'adéquation de l'interacteur à une tâche donnée. L'objectif est double : aider, en phase de génération, à identifier l'interacteur le plus approprié et quantifier toute éventuelle dégradation de l'utilisabilité liée à un changement d'interacteur. Le problème est traité dans [Bodart et al. 95] et [Bersen 94] pour des systèmes multimodaux.

Les modèles étant décrits, étudions maintenant les premières heuristiques identifiées pour la génération d'interfaces plastiques.

4.2. Premières heuristiques

Pour l'établissement de ces heuristiques, nous avons opté pour une démarche pragmatique, à savoir : considérer les différentes plate-formes envisageables

puis maquetter, sur chacune d'elles, l'IHM de consultation des programmes journaliers (figure 4).



Figure 4: Interfaces de consultation des programmes journaliers pour écrans de tailles variables.

On constate que, pour une surface d'affichage non contrainte, les niveaux de confort des différentes zones sont simultanément affichés. En revanche, pour des petits écrans, l'utilisateur choisit sa zone d'intérêt. Deux interacteurs sont alors possibles : menu déroulant ou onglet. Le modèle des interacteurs permet de trancher en fonction des contraintes physiques via la résolution de la fonction $f(\text{données, coûts, adéquation})$.

Dans les deux cas, menu ou onglet, une tâche de navigation s'impose. Elle permet d'accéder à des informations jugées non prioritaires sur le critère de leur focalité. Cette heuristique, publiée dans [Thevenin, Coutaz 99], permet de s'adapter à une surface d'affichage restreinte, mais au prix de tâches articulatoires : certaines informations n'étant en effet plus immédiatement accessibles, leur observabilité requiert des actions opérateur supplémentaires, imposant donc un surcoût cognitif et opératoire.

Dans une optique d'économie, nous proposons une heuristique complémentaire visant à préserver l'opérateur de tâches articulatoires. Elle permet de conserver l'affichage des informations mais de les condenser en une surface d'affichage plus compacte. La figure 5 en fournit un exemple : le mois et l'année sont abrégés. Le jour de la semaine est en revanche occulté l'information étant spécifiée non focale.



Figure 5: Deux représentations possibles d'un même concept : une version complète à gauche, une version économique à droite. Le jour de la semaine y est occulté, le mois et l'année condensés.

Ces premières heuristiques reposent exclusivement sur les modèles. Nous envisageons désormais la formulation de méta-règles pour l'agencement spatial des interacteurs.

5. Conclusion

L'effervescence technologique alliée à une mobilité croissante condamne aujourd'hui les approches artisanales traitant isolément les interfaces par plate-forme cible. En réponse à ce constat, nous introduisons la propriété de plasticité que nous appréhendons par une démarche à base de modèles. Nous éprouvons l'approche sur un exemple issu d'EDF-CERD : la plasticité y est traitée en termes de surface d'affichage.

Nous souhaitons étendre cette approche à l'environnement. Nous allons, pour ce faire, enrichir nos modèles et définir de nouvelles heuristiques. Nous proposerons alors un outil de spécification/génération encapsulant ces stratégies de plasticité. Il nous restera alors à évaluer le degré d'automatisation idoine.

6. Bibliographie

- [Bersen 94] N.O.Bersen, (1994) Foundations of Multimodal Representations; a Taxonomy of Representational Modalities. *Interacting with Computers*, 6, pp. 347-371.
- [Bodart et al. 95] F. Bodart, A.-M. Hennebert, J.-M. Leheureux, J. Vanderdonckt, (1995) Computer-Aided Window Identification in TRIDENT. Dans *INTERACT'95* pp. 331-336.
- [Brisson, Andre 94] G. Brisson et J. Andre, (1994) PROSPECT. Analyse et spécification de l'interface utilisateur d'un système interactif. Actes du colloque ERGO.IA 94, Biarritz, pp 382-393.
- [Coutaz et al. 95] J. Coutaz, L. Nigay, D. Salber, A. Blandford, J. May, et R. Young, (1995) Four Easy Pieces for Assessing the Usability of Multimodal Interaction: The CARE Properties. Dans *INTERACT'95*, pp. 115-120.
- [Fischer 98] M. Fischer, (1998) A Framework for generating Spatial Configurations in User Interfaces. Dans *DSV-IS'98*, Springer Computer Science, pp. 225-241
- [Johnson et al. 93] P. Johnson, S. Wilson, P. Markopoulos, Y. Pycok, (1993) ADEPT-Advanced Design Environment for Prototyping with Task Model. Dans *INTERCHI'93*, pp. 56
- [Mackinlay 86] J. Mackinlay, (1986) Automating the Design of Graphical Presentations of Relational Information", *ACM Tr. on Graphics*,5,2, pp.110-141.
- [Muller 99] P. A. Muller, (1999) Modélisation objet avec UML. Editions Eyrolles, 420 p.
- [Roth, Mattis 90] S. Roth, J. Mattis, (1990) Data Characterization for Intelligent Graphics Presentation. Dans *CHI'90*, ACM, pp. 193-200.
- [Sutcliffe 97] A. Sutcliffe, (1997) Task-Related Information Analysis. *Int. J. of Human-Computer Studies*, 47, pp. 223-257.
- [Thevenin, Coutaz 99] D. Thevenin, J. Coutaz, (1999) Plasticity of User Interfaces: Framework and Research Agenda. Dans *INTERACT'99*, pp. 110-117
- [UIST'94] (1994) Model-Based User Interfaces. What are They and Why Should We Care? *UIST Novembre 1994*, pp. 133-135.