

Décomposition Multimodale de l'Activité : Vers un outil d'aide à la conception

Plos Ornella

Buisine Stéphanie

Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers
Laboratoire Conception de Produits et Innovation
151, bd de l'Hôpital 75013 Paris

plosornella@aol.com

stephanie.buisine@paris.ensam.fr

RESUME

Aujourd'hui les produits de la vie quotidienne ont tendance à se doter de pouvoirs numériques, informationnels, communicationnels, etc. Ils deviennent donc « multifonctionnels » et par là même bien souvent « multimédia » ou « multimodaux ». Cependant il existe encore des problèmes d'accessibilité de ces produits aux personnes en situation de handicap. Dans cet article, nous présentons une méthode originale d'Analyse de l'Activité : au-delà de la décomposition des activités en actes élémentaires, nous faisons apparaître dans les diagrammes de représentation les modalités perceptives et motrices associées à ces actes. Baptisée Décomposition Multimodale de l'Activité, elle permet la prise en compte des utilisateurs déficients dans le processus de conception ainsi que la formalisation des données ergonomiques issues de l'analyse de l'activité.

MOTS CLES : Ergonomie, Analyse de l'Activité, Handicap, Conception.

ABSTRACT

Nowadays products of the daily life tend to be augmented with numeric, informative or communicative power. They become thus "multifunctional" and therefore often "multimedia" or "multimodal". However, there are still problems of product accessibility to disabled people. In this article, we present an original method of Activity Analysis: beyond the decomposition of the activities in elementary acts, we insert in the diagrams the representation of perceptive and motor modalities associated to these acts. With this new method called Multimodal Decomposition of the Activity, it becomes possible to account for disabled users in the design process. It also enables a formalization of the ergonomic data collected during the analysis of the activity.

KEYWORDS : Ergonomics, Activity Analysis, Disabled People, Design.

INTRODUCTION

Avec le développement et la miniaturisation des technologies numériques, de plus en plus de produits de notre environnement quotidien intègrent une interface multi-

média (téléphones mobiles, assistants personnels de type PDA, lecteurs MP3, domotique...). Une interface est dite multimédia lorsqu'elle transmet à l'utilisateur des informations sous plusieurs modalités de communication (informations visuelles, auditives, tactiles ou proprioceptives...); lorsque l'utilisateur peut lui aussi utiliser plusieurs modalités pour transmettre des informations au système (entrées gestuelles, verbales...), l'interface est dite multimodale [8]. Le multimédia et le multimodal rendent potentiellement l'interaction plus riche, plus intuitive et parfois plus flexible. Encore faut-il, pour l'utilisateur, disposer de toutes ses modalités perceptives et motrices.

L'accessibilité des nouvelles technologies aux personnes présentant des déficiences est devenue une préoccupation affichée pour de nombreux industriels et pour les pouvoirs publics. En France, cette préoccupation a récemment été formalisée par une loi (loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées). A première vue, l'adaptation des produits multimédia et multimodaux ne semble pas poser de problèmes insurmontables : ces produits exploitant par nature plusieurs canaux de communication avec l'utilisateur, on peut imaginer compenser totalement l'absence d'une modalité par le recours à une ou plusieurs autres modalités. Mais ceci nécessite d'avoir au préalable identifié précisément le besoin, puis de l'avoir traduit de manière appropriée en paramètres de conception. Prenons l'exemple d'un utilisateur aveugle et d'un téléphone mobile : si on considère uniquement que cet utilisateur ne pourra pas recevoir les informations visuelles, on peut penser que la déficience sera compensée par un système de synthèse vocale (qui lit les informations affichées à l'écran). Or, l'absence de vision perturbe également les actions motrices de l'utilisateur, puisqu'il ne peut identifier par la vue les touches sur lesquelles il doit appuyer. On pourrait alors penser que l'ajout d'un système de reconnaissance vocale (permettant d'agir sur le téléphone par la parole au lieu du geste) résoudra le problème. Mais en réalité il s'avère que pour certaines opérations il n'est pas souhaitable d'utiliser des commandes vocales (par exemple, lorsque l'utilisateur doit entrer son code

PIN). Ainsi, l'accessibilité d'un téléphone mobile pour un utilisateur aveugle impliquera nécessairement que le clavier soit utilisable, notamment grâce à des repères tactiles [9]. Cet exemple montre que la conception de produits multimédia ou multimodaux adaptés aux personnes présentant des déficiences nécessite une connaissance approfondie à la fois des besoins des utilisateurs en termes de modalités d'interaction, et de l'activité réalisée avec le produit ou le système.

L'objectif de cet article est de présenter une méthode d'analyse de l'activité permettant de visualiser les modalités d'interaction sollicitées lors de l'utilisation d'un produit ou d'un système. Dans un premier temps, nous proposerons un bref état de l'art des méthodes d'analyse des tâches ou de l'activité. Puis nous exposerons les principes de notre méthode, intitulée Décomposition Multimodale de l'Activité (DMA), avant d'en donner un exemple d'application. Enfin, nous positionnerons les apports potentiels de cette méthode dans le processus de conception.

LES MODELES D'ANALYSE DES TACHES

L'analyse des tâches consiste à décrire précisément les actions nécessaires lors de l'utilisation d'un système pour atteindre un objectif donné. On distingue classiquement la tâche prescrite, telle qu'elle a été imaginée par le concepteur du système, et l'activité, telle qu'elle est effectivement réalisée par l'utilisateur. Les modèles d'analyse de la tâche ou de l'activité sont des méthodes qui permettent de formaliser et de visualiser les résultats de cette analyse. Cette partie, destinée à présenter un rapide panorama des modèles existants, s'appuie principalement sur l'état de l'art fourni par Scapin et Bastien [10].

Les modèles d'analyse des tâches se présentent sous des formes variées comme par exemple les diagrammes d'entrées-sorties, les organigrammes fonctionnels, les arborescences, les réseaux de Petri, etc. Un des principes de base consiste à décomposer la tâche en sous-tâches jusqu'au niveau terminal des actions. A cette décomposition peuvent s'ajouter d'autres relations entre les éléments : causales (conjonction et/ou occurrence), temporelles (séquencement, simultanéité), cognitives (comparaison, choix, décision...), etc.

Parmi les premiers modèles d'analyse des tâches, le modèle HTA pour Hierarchical Task Analysis [2] consiste à décomposer, de façon hiérarchique, une tâche globale en sous-tâches élémentaires. Il permet alors de mettre en évidence les informations nécessaires à l'utilisateur pour chaque but et chaque sous-but. Par la suite, d'autres modèles se sont inspirés de cette structure, et notamment :

- Le modèle CLG (Commun Language Grammar), qui comporte trois composants : conceptuel, communication, physique [6].

- Le modèle GOMS qui décompose la tâche en Goals, Operators, Methods et Selection rules [4].
- Le modèle KLM (Keystroke Level Model) [3], qui permet de prédire le temps d'exécution des tâches.
- Le modèle MAD* ou MAD (STAR) (Modèle Analytique de Description des tâches utilisateur orienté spécification d'interface) [10] qui permet de prendre en compte la dynamique de la tâche avec ses interruptions, itérations, changements de niveaux, etc.

Ces modèles abordent l'analyse de l'activité sous des angles légèrement différents, en intégrant des informations différentes, et permettent ainsi de répondre à des objectifs d'évaluation ou de conception différents. Dans le contexte qui nous intéresse (la conception de produits multimédia / multimodaux adaptés pour des personnes présentant des déficiences perceptives ou motrices), il nous semble pertinent de chercher à intégrer les modalités d'interaction dans l'analyse de l'activité. Vis-à-vis des méthodes que nous avons recensées, cette idée apparaît originale puisqu'elle ne semble pas avoir été mise en œuvre auparavant. C'est en nous appuyant sur ce constat que nous proposons ci-après une méthode de Décomposition Multimodale de l'Activité.

LA DECOMPOSITION MULTIMODALE DE L'ACTIVITE

Certaines méthodes innovantes sont nées du rapprochement de différents modèles et outils préexistants ; c'est le cas par exemple de la méthode SADT/Petri [1]. Nous inspirant de cette démarche, nous avons pensé utiliser de manière conjointe le modèle HTA [2] et la modélisation dynamique et formelle des réseaux de Petri pour proposer une nouvelle méthode.

Les réseaux de Petri permettent de décrire de façon formelle des systèmes composés de variables, les places (représentées par des ellipses) qui peuvent changer d'état grâce à des opérateurs de changement d'état, les transitions (représentées par des rectangles). L'état du système est modélisé par une distribution de jetons dans les places du réseau représentant la valeur des variables [7]. La figure 1 présente un exemple de réseau de Petri : la place 1 contient un jeton et la place 2 n'en contient pas, on dit alors que la place 1 est marquée. La transition 1 a besoin d'au moins un jeton dans la place 1 pour pouvoir s'exécuter, on parle alors de franchir une transition. Comme la place 1 contient un jeton, la transition 1 peut être franchie, en retirant le jeton de la place 1 et en déposant le jeton dans la place 2. Après le franchissement de la transition 1, la place 2 contient un jeton, rendant franchissable la transition 2, etc.

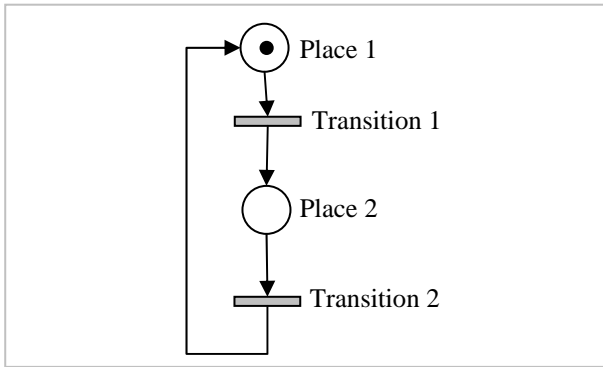


Figure 1: Exemple de réseau de Petri.

Certains réseaux de Petri appelés Object Petri Nets ont été utilisés dans le cadre d'analyse des tâches comme ICO (Interactive Cooperative Object) [7] ou TOOD (Task Object Oriented Design) [11] ainsi que pour modéliser l'activité cognitive [5]. Ils permettent notamment de modéliser des objets d'un système disposés en réseau. Cette représentation a l'avantage de permettre une souplesse de modélisation en faisant ressortir l'aspect dynamique (parallélisme, synchronisation, etc.) des tâches.

Le principe de l'intégration de jetons dans le diagramme représentant l'activité nous a semblé intéressant pour faire apparaître les modalités d'interaction. Nous avons donc élaboré la méthode de Décomposition Multimodale de l'Activité (DMA) en combinant une analyse de l'activité de type HTA [2] avec la représentation graphique des réseaux de Petri.

En reprenant le principe de décomposition du modèle HTA [2], l'activité est décomposée en actions jusqu'à obtenir des actes élémentaires. Cette décomposition poussée permet d'identifier, pour chaque acte élémentaire, les modalités perceptives (visuelle, auditive, tactile, etc.), motrices (geste, parole, etc.) et cognitive (dans notre modèle, la modalité cognitive regroupe toutes les fonctions cognitives de manière non différenciée : un choix, une décision, une recherche en mémoire, etc.) de l'interaction homme-système.

Chacun de ces éléments (les actes élémentaires, les modalités) est ensuite traduit au sein d'une représentation globale utilisant le formalisme graphique des réseaux de Petri. Les actes élémentaires sont représentés comme un ensemble de places (P) et de transitions de places (T). Chaque place est marquée par la mise en jeu d'une ou plusieurs modalités, représentées par des jetons ronds, triangulaires et carrés (correspondant aux modalités perceptives, motrices et cognitives, respectivement). Dans notre modèle, ce sont donc les modalités (jetons) qui permettent de passer d'un acte élémentaire à un autre (places, transitions de places). Si une place obligatoire (représentée par un cercle continu) n'est pas marquée (absence de jetons) car la ou les modalités sont déficientes ou absentes, la transition ne peut être franchie. Il

existe également des places facultatives (représentées par des cercles en pointillé) et des transitions facultatives (représentées par des rectangles en pointillé), qui correspondent à des actes élémentaires qui ne sont pas toujours observés dans l'activité.

Il faut souligner que nous n'avons adopté que la représentation graphique des réseaux de Petri et non l'intégralité de leur fonctionnement. En effet, certaines règles n'ont pas pu être respectées, notamment au niveau du parcours des jetons : dans les réseaux de Petri, c'est un même jeton qui franchit des transitions successives. Or, dans le cas des modalités d'interaction, il est parfois nécessaire de mettre en jeu différentes modalités pour accomplir des actes élémentaires successifs. Chaque modalité n'est pas nécessaire à toutes les places et une modalité unique est insuffisante pour parcourir tout le diagramme. En conséquence, nous ne faisons apparaître au niveau de chaque place que les modalités qui y sont mises en jeu. Par exemple, si une partie de l'activité consiste à réagir à un signal sonore par un geste, la première place fera apparaître la modalité auditive uniquement et la seconde fera apparaître la modalité gestuelle uniquement.

Pour marquer une place obligatoire en l'absence de jeton, l'ajout d'un compensateur (C) permet de « réparer » les conséquences d'une modalité absente ou déficiente. Cette notion peut être assimilée à celle des réparateurs que l'on retrouve dans les réseaux de Petri utilisés en « sécurité machine ». Ces éléments permettent notamment de franchir une transition si la place n'est pas marquée. Par exemple, pour un équipement qui tombe en panne, la transition « attente de réparation » peut être franchie si un réparateur externe est disponible (figure 2). Dans notre méthode DMA, les compensateurs sont représentés par des losanges et peuvent être une solution qui englobe plusieurs places, ou une solution qui agit sur une seule transition.

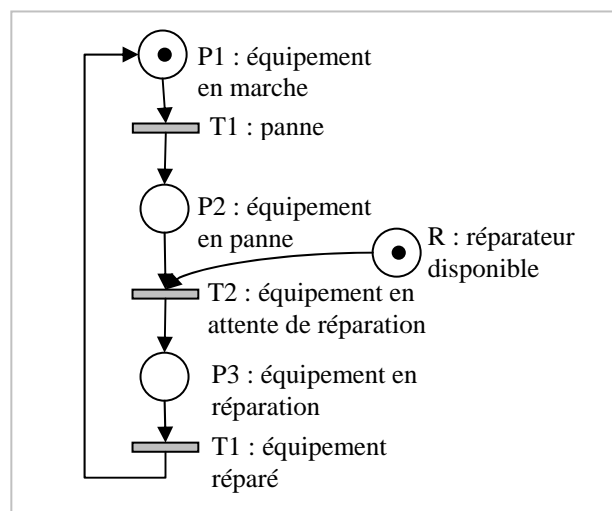


Figure 2: Exemple de réseau de Petri avec un réparateur.

L'originalité de ce nouveau modèle repose sur le fait de pouvoir identifier et comprendre la mise en jeu des différentes modalités lors de la réalisation d'une activité. Il permet de voir, de façon schématique, quels actes élémentaires vont poser problème lorsqu'une modalité est déficiente ou absente. L'équipe de conception peut alors réfléchir à la façon d'éviter un blocage lié à une déficience, c'est-à-dire d'intégrer des compensateurs ou d'en créer de nouveaux. Les compensateurs peuvent provenir notamment :

- D'une modification des modalités d'interaction existantes : par exemple une personne malvoyante peut avoir besoin d'augmenter la taille et le contraste des caractères dans un message textuel.
- Et/ou de l'utilisation de modalités alternatives : pour une personne aveugle on peut compenser en améliorant les retours sonores ou tactiles.

Dans la section suivante, nous proposons de déployer la méthode de Décomposition Multimodale de l'Activité à un exemple concret.

APPLICATION A L'UTILISATION D'UN TELEPHONE PORTABLE

Avec un taux d'équipement avoisinant les 70% en France, le téléphone mobile peut être considéré comme un produit grand public, à forte valeur ajoutée. Ce produit réunit à la fois une interface physique et une interface numérique, qui sont liées dans le sens où la facilité de navigation de l'interface numérique (l'accès aux différents menus, les retours en arrière, l'intuitivité...) est en partie dépendante de l'utilisabilité de l'interface physique (prise en main et taille du téléphone, taille et résolution de l'écran, taille du clavier, forme et emplacement des touches, symboles des raccourcis...). Au final, il est difficile de traiter l'un sans l'autre, l'interface physique pouvant avoir des conséquences sur l'interface numérique. Pour comprendre cette relation de dépendance, il semble préférable d'étudier le produit dans sa globalité.

Parmi toutes les manières d'émettre un appel au moyen d'un téléphone portable (composer un numéro, utiliser le répertoire...), nous prendrons l'activité « composer un numéro » pour appliquer notre méthode DMA.

Cette activité peut être décomposée en actes élémentaires (par exemple : presser une touche), auxquels sont associées des modalités perceptives, motrices et cognitives. La figure 3 montre trois diagrammes (un par colonne) obtenus en appliquant notre méthode à l'activité « composer un numéro ». Les places sont représentées par des cercles, les transitions de places par des rectangles. A l'intérieur du diagramme figurent des jetons qui représentent les modalités : les jetons ronds correspondent aux modalités perceptives (vue, toucher, ouïe), les

jetons triangulaires aux modalités motrices (geste et parole) et le jeton carré représente les modalités cognitives.

La colonne de gauche décrit l'activité « composer un numéro » pour une personne non déficiente disposant de toutes ses modalités. La colonne du milieu illustre la même activité à effectuer par une personne non voyante. L'absence de la modalité « vue » s'exprime par la suppression du jeton rond bleu dans le diagramme. Cela permet d'identifier les actes élémentaires (places et transitions de places) qui vont être touchés par l'absence de cette modalité. Les places problématiques pour une personne non voyante sont par conséquent :

- L'identification des touches (reconnaître les touches portant un numéro des touches de contrôle, distinguer les touches portant des numéros entre elles, etc.).
- La vérification, à l'écran, du chiffre ou du numéro composé (être sûr qu'on a bien appuyé sur la bonne touche).

La colonne de droite représente l'activité réalisée par une personne non voyante avec différentes solutions (ou compensateurs) possibles mises à disposition. L'introduction d'un compensateur (représenté par un losange) entraîne l'apparition de nouvelles modalités dans le diagramme. Par exemple, une solution de discrimination tactile des touches se traduit par un nouveau jeton de perception tactile, un système de reconnaissance vocale permet l'introduction d'un jeton de parole, et des feedbacks auditifs donnent lieu à autant de jetons de perception auditive. La modélisation DMA pour un utilisateur non voyant (colonne de droite) offre une vue synthétique de l'activité avec notamment :

- Des solutions existantes comme la reconnaissance vocale (commande vocale) disponible sur certains modèles de téléphones portables, ou la synthèse vocale.
- Certaines stratégies employées par les utilisateurs, que nous avons identifiées grâce à des entretiens et des observations. C'est par exemple le cas du repérage tactile grâce au point sur la touche 5 du clavier.
- De nouvelles voies de solution, comme par exemple le repérage par discrimination tactile des touches : l'utilisateur pourrait identifier certaines touches grâce à leur forme particulière ou à leur texture.

La méthode DMA peut ainsi s'avérer utile en phase de traduction du besoin, pour formaliser les résultats de l'analyse du besoin et en déduire des spécifications pour la conception ou la re-conception. Mais les bénéfices potentiels de cette méthode ne se limitent pas à cette

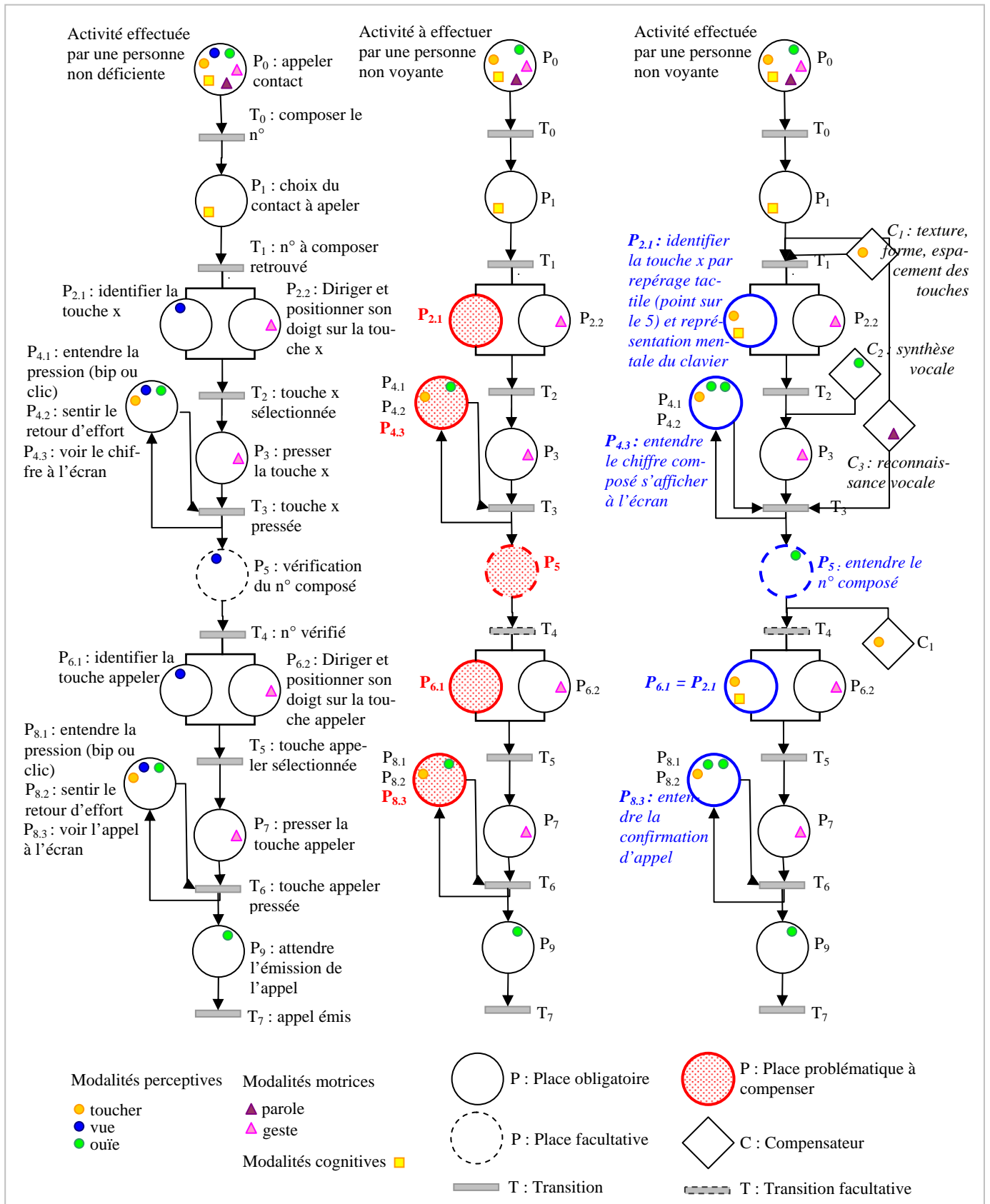


Figure 3: Exemple de diagrammes DMA appliqués à l'activité « composer un numéro » sur un téléphone portable. Le modèle de gauche correspond à la réalisation de cette activité par un utilisateur disposant de toutes ses modalités ; les deux autres modèles par un utilisateur non voyant sans compensateurs (milieu) et avec compensateur (droite).

seule phase, comme nous allons tenter de le montrer dans la section suivante.

INTEGRATION AU PROCESSUS DE CONCEPTION

La figure 4 montre différents points d'insertion pour la méthode DMA dans le processus de conception. Nous considérons ici principalement un projet du type conception de produit multimédia ou multimodal, en particulier lorsqu'un des objectifs est qu'il soit adapté aux personnes présentant des déficiences ; car dans ce cas l'étude des modalités d'interaction doit être plus fine.

En phase de **traduction du besoin**, la DMA peut être utilisée en trois points (DMA1, DMA2, DMA3 sur la figure 4). La DMA1 est réalisée par les concepteurs, et repose sur deux sources principales :

- L'Analyse Fonctionnelle Externe (méthode APTE®) des produits existants et de leur environnement, qui permet d'avoir une première idée du fonctionnement global du système.
- L'analyse des produits et solutions existantes, la veille technologique, afin d'intégrer au modèle les technologies disponibles.

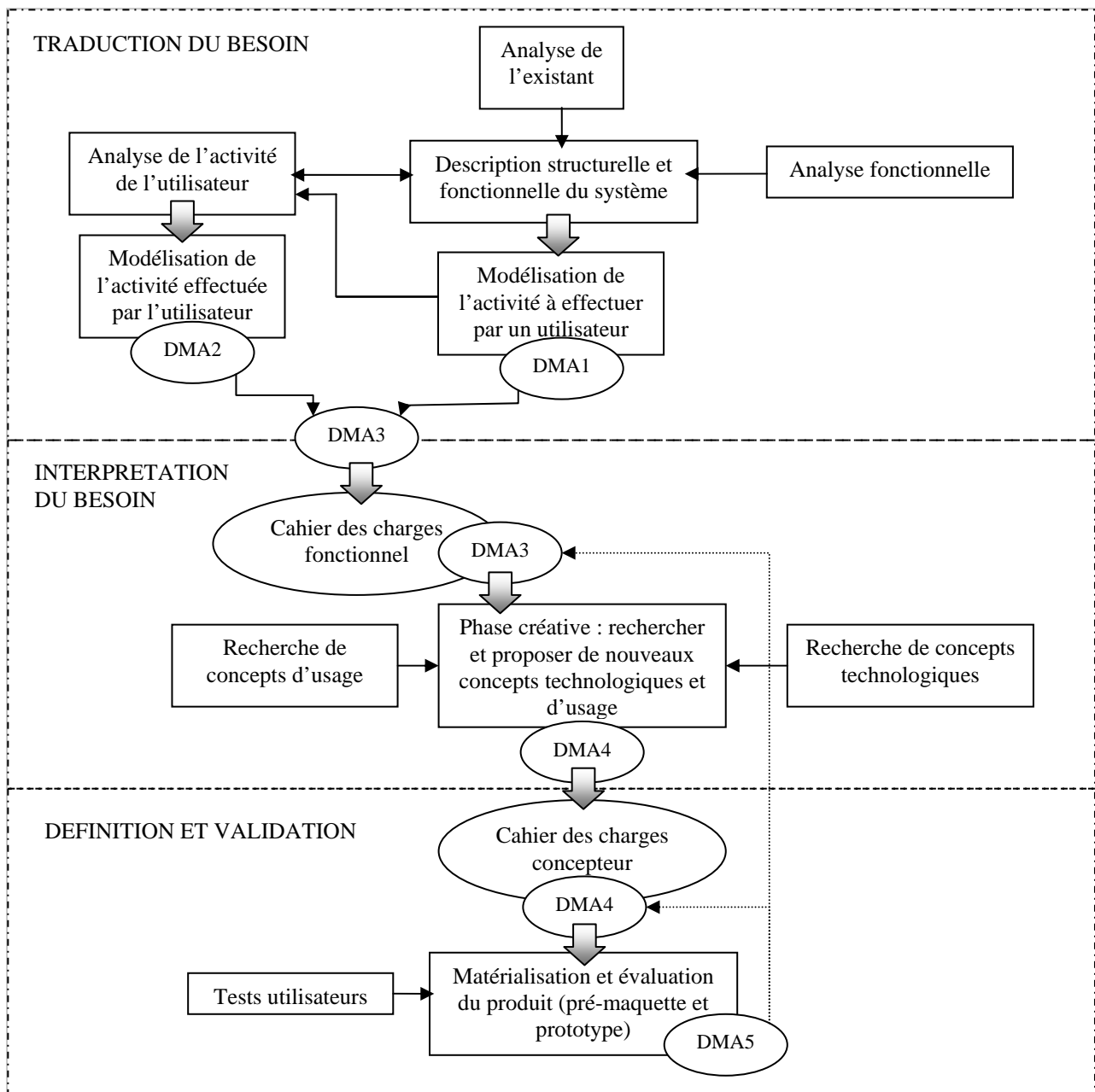


Figure 4: Utilisations potentielles de l'outil DMA dans le processus de conception.

DMA1 correspond plus ou moins à l'usage prescrit par l'équipe de conception en phase amont. Vis-à-vis de notre précédent exemple (figure 3), DMA1 correspond aux organigrammes de gauche (utilisateur non déficient) et du milieu (hypothèse et anticipation des problèmes d'un utilisateur présentant une déficience et ne bénéficiant d'aucun compensateur). DMA2 concerne davantage les données réelles issues de l'analyse de l'activité des utilisateurs cibles. Cette étape permet de recueillir les stratégies et les besoins des utilisateurs, et a pour but d'aboutir à des recommandations d'ordre ergonomique pour la conception du nouveau produit. La méthode DMA permet non seulement de synthétiser les données recueillies, mais également de guider l'analyse de l'activité. En effet, la réflexion sur l'usage possible (prescrit) menée avec DMA1 pourrait permettre de préparer le terrain et d'observer tout de suite les places qui ne s'effectuent pas de la manière prévue, celles qui manquent... DMA2 aboutit à une comparaison du prescrit et du réel.

DMA3 est un modèle synthétique et enrichi (DMA1+DMA2), dont l'objectif est à la fois d'être le plus proche possible de l'activité réelle d'utilisation des produits existants et de faire figurer de premières solutions et hypothèses de conception. DMA3 est destiné à servir de donnée d'entrée à la rédaction du Cahier des Charges Fonctionnel.

DMA3 faisant également ressortir les besoins des utilisateurs, cette représentation intermédiaire peut aussi être un support de créativité lors de la phase **d'interprétation du besoin**. Face à l'altération ou l'absence d'une ou plusieurs modalités, la phase de créativité peut être orientée vers la recherche de solutions et de compensateurs, aboutissant ainsi à de nouveaux concepts d'usages. Une fois un ou plusieurs concepts sélectionnés, le modèle est remis à jour pour les intégrer. On obtient alors DMA4.

En phase de **définition et de validation du produit**, DMA4 est traduit en paramètres de conception. Ce même diagramme peut aussi permettre d'élaborer un guide d'évaluation du produit soulignant les critères à respecter au niveau des modalités mises en jeu dans l'utilisation du produit (DMA5).

Le processus de conception présenté en figure 4 inclut la possibilité de retours en arrière vers DMA3 ou DMA4 afin de les corriger en fonction des résultats d'évaluation de la maquette ou du prototype, et ainsi d'opérer une boucle d'amélioration du produit.

CONCLUSION

La méthode de Décomposition Multimodale de l'Activité proposée dans cet article peut s'avérer être un outil d'aide à la conception permettant la prise en

compte des spécificités d'une population en termes de modalités d'interaction :

- DMA peut aider à identifier les problèmes potentiels et réels liés à l'absence ou l'altération d'une modalité.
- Elle peut aussi faciliter la recherche de solutions existantes ou innovantes pour compenser des modalités d'interaction déficientes.

Comme tout modèle d'analyse de la tâche ou de l'activité, DMA n'est qu'une représentation abstraite de la réalisation de l'activité, qui peut varier en fonction des différences interindividuelles, du contexte, du produit, etc. Elle ne permet de comprendre que certains aspects du problème, mais peut néanmoins être utile à l'analyse et à la conception.

L'emprunt du formalisme graphique des réseaux de Petri permet au modèle DMA de proposer une décomposition uniforme de l'activité, avec une description des interactions aussi bien déclarative (état des choses) que procédurale (façon d'arriver à ces états). Autorisant la prise en compte de phases parallèles et séquentielles, DMA peut être ajusté en fonction du système étudié ou du contexte de réalisation de l'activité.

L'originalité de DMA repose sur la mise en avant des modalités d'interactions utilisateur-système dans l'usage d'un produit. Elle permet d'identifier les problèmes liés à une modalité déficiente mais pourrait aussi être utilisée pour un produit qui utilise une modalité plus qu'une autre, etc. Cette méthode permet de formaliser les données issues du terrain et d'intégrer l'analyse de l'activité de façon schématique dans un outil utilisé par l'ensemble de l'équipe de conception. Elle permet également au concepteur d'imaginer l'usage d'un produit encore non-existant et d'en anticiper ses problèmes potentiels.

Nous avons mis en œuvre l'outil DMA dans le cadre d'un projet de définition d'un Cahier des Charges d'Evaluation Handicap de terminaux mobiles pour un opérateur français de téléphonie mobile. Notre utilisation s'est arrêtée au stade DMA3 et n'a pas été étendue à un processus de conception complet, néanmoins cette méthode a été appréciée pour ses qualités de synthèse des données recueillies lors de l'analyse de l'existant et de l'analyse des besoins des utilisateurs.

La méthode DMA n'ayant pas été appliquée à toutes les étapes du processus de conception, elle manque sans doute de maturité à l'heure actuelle. Son utilisation tout au long de la démarche de conception devrait permettre d'évaluer sa pertinence pour chaque étape et éventuellement de l'améliorer. Nous pouvons aussi envisager d'expérimenter son usage par différents acteurs

de la conception afin d'évaluer ses coûts et ses bénéfices. Car si la DMA propose une logique de fonctionnement qui se veut intuitive, empruntée aux réseaux de Petri, il s'avère nécessaire de s'accoutumer, par apprentissage, au formalisme graphique.

BIBLIOGRAPHIE

1. Abed, M., Bernard, J.M., and Angué, J.C. Task analysis and modelization by using SADT and Petri Networks. In *Proceedings of European Conference on Human Decision Making and Manual Control*, 1991.
2. Annett, J. and Duncan, K.D. *Task analysis and training design*. Occupational Psychology, 41, 1967, pp. 211-221.
3. Card, S.K. and Moran, T.P. *The Keystroke-Level Model for user performance time with interactive systems*. Communication of the ACM, 23, 1980, pp. 396-410.
4. Card, S.K., Moran, T.P., and Newell, A. *The Psychology of Human Computer Interaction*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1983.
5. Ezzedine, H. and Kolski, C. *Modelling of cognitive activity during normal and abnormal situations using Object Petri Nets, application to a supervision system*. Cognition, Technology & Work, 7, 2004, pp. 167-181.
6. Moran, T.P. *The command language grammar: A representation of the user interface of interactive computer systems*. International Journal of Man-Machine Studies, 15, 1981, pp. 3-50.
7. Navarre, D. *Contribution à l'ingénierie en Interaction Homme Machine - Une technique de description formelle et un environnement pour une modélisation et une exploitation synergiques des tâches et du système*: Thèse de l'Université de Toulouse, 2001.
8. Oviatt, S.L. Multimodal interfaces. In J.A. Jacko and A. Sears (Ed.) *The Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, evolving technologies and emerging applications*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ. 2003, pp. 286-304.
9. Plos, O. and Buisine, S. Universal design of mobile phones: A case study. In *Proceedings of CHI'06 International Conference on Human Factors in Computing Systems (work-in-progress)*, ACM Press, 2006, pp. 1229-1234.
10. Scapin, D.L. and Bastien, J.M.C. Analyse des tâches et aide ergonomique à la conception: L'approche MAD*. In C. Kolski (Ed.) *Analyse et Conception de l'IHM*, Hermès Science Publications, Paris. 2001, pp. 85-116.
11. Tabary, D., Abed, M., and Kolsky, C. Object oriented modelling of manual, automatic, interactive tasks in mono or multi-user contexts using the TOOD method. In *Proceedings of Conference on Management and Control of Production and Logistics*, 2000, pp. 101-111.