

# Démarche de configuration de l'ordinateur porté

Guillaume Masserey

Laboratoire ICTT -- Ecole Centrale de Lyon, 36 av. Guy de Collongue, 69134 ECULLY Cedex  
guillaume.masserey@ec-lyon.fr

## RESUME

Cet article décrit une démarche d'ingénierie des systèmes mobiles et de Réalité Augmentée inhérente à la performance. Elle est basée sur un référentiel de dispositifs d'interaction qui à vocation d'aiguiller le concepteur dans le choix des éléments à utiliser. Ce référentiel est couplé à des matrices dispositifs/critères permettant des comparaisons entre les dispositifs. Ces matrices aident au choix des dispositifs les plus performants c'est-à-dire les plus adaptés aux tâches d'interaction. Le fil conducteur de ce processus est la tâche modélisée avec ses tâches d'interaction, pré-requis à la démarche. Après avoir présenté cette démarche, nous concluons sur son apport.

**Mots Clés :** Démarche d'ingénierie, Performance, Ergonomie, Réalité Augmentée, mobilité.

## ABSTRACT

This paper describes a mobile and Augmented Reality systems engineering approach. It's based on a referential of interactive devices that must lead the designer in his choices. This referential is associated to device/criteria matrix enabling a better evaluation and a comparison between the devices. After presenting the referential of interaction devices and the device/criteria matrix, we introduce the approach. Finally we conclude on its efficiency and reproducibility properties.

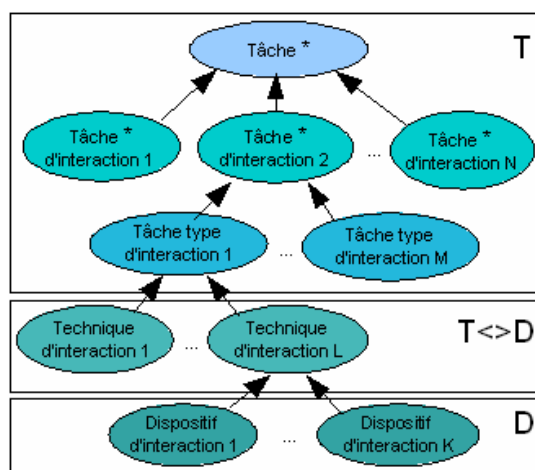
**Keywords:** Interactive System Engineering Approach, Performance, Ergonomics, Augmented Reality, Mobility.

## 1. INTRODUCTION

L'ingénierie des systèmes mixtes [26] et mobiles [24, 17] voire ubiquitaires [25] comme des autres systèmes interactifs [22, 9] nécessite une bonne connaissance des dispositifs et technologies existants pour aboutir à la conception et à la réalisation de systèmes **performants** en termes d'utilité, d'utilisabilité (efficacité, efficacité, satisfaction), d'acceptabilité, de fiabilité, de sécurité ou tout autre critère répondant à un besoin ou une attente. Partant de ces constats, la base de notre démarche est de fournir au concepteur un **référentiel** sur lequel il va s'appuyer durant toute la phase de conception. Ce référentiel couplé à des **matrices** dispositifs/critères facilite l'évaluation de la performance du système au fur et à mesure de sa conception et de se rendre compte des compromis réalisés, en traçant les choix effectués selon une approche Design Rationale [5, 16, 20, 21] de sorte à pouvoir aisément remettre en cause des choix si l'on se trouvait dans une impasse. Le choix d'un dispositif est quant à lui basé sur un raisonnement QoC [15] ou tout autre raisonnement logique prenant en compte différents critères [16] mais de sorte à réaliser un compromis entre ceux-ci. Cette démarche est en fait un processus itératif que nous présentons maintenant.

## 2. PRINCIPE

La tâche est le fil conducteur de toute la démarche. Elle est parcourue en profondeur d'abord et doit inclure les tâches d'interaction comme le permet le formalisme CTT [23]. L'affectation de dispositifs se fait pour chaque tâche d'interaction de la tâche, d'abord prise séparément puis considérée dans l'ensemble des tâches d'interaction de la tâche à laquelle elle appartient (figure 1, T). Il est difficile de déduire les dispositifs à utiliser pour mettre en œuvre une tâche d'interaction sans connaître leurs usages, il convient donc d'utiliser un **intermédiaire** entre tâche d'interaction et dispositif, c'est la **technique d'interaction** (figure 1, T<math>\leftrightarrow</math>D). Ainsi, une tâche d'interaction s'implémente en une ou plusieurs techniques d'interaction (figure 1, T<math>\leftrightarrow</math>D), de même le concepteur pourra choisir la meilleure **modalité** d'interaction à utiliser (la voix, le geste, le regard, ...) avant de déterminer le dispositif le plus adapté pour la réaliser (sur figure 1, D).



**Figure 1. Mise en relation de la Tâche (T), des techniques d'interaction (T<math>\leftrightarrow</math>D) et des Dispositifs d'interaction (D)**

Le concepteur doit considérer d'abord le niveau sémantique de la tâche concrétisée en tâches d'interaction puis le niveau syntaxique [6] que représentent les techniques d'interaction [12] et constituant les tâches d'interaction (figure 1, T<math>\leftrightarrow</math>D). Etant donné le nombre de techniques d'interaction possibles, un guidage des techniques d'interaction utilisables est conseillé, à cet effet, nous avons choisi d'utiliser les tâches d'interaction types [10] qui sont Sélection, Position, Orientation, Chemin, Saisie de Texte et Saisie de Nombre. Selon ce principe, chaque tâche d'interaction de la tâche devra être assimilée à une de ces tâches d'interaction type. D'un autre côté, une évaluation/comparaison des dispositifs pour réaliser chacune de ces techniques d'interaction doit exister pour déterminer lesquels affecter à ces techniques d'interaction et donc aux tâches d'interaction et finalement à la tâche, c'est ce que décrivent les matrices dispositifs/critères.

## 2.1 Le Référentiel

Le référentiel doit être choisi avec précaution pour exprimer tous les éléments pouvant potentiellement entrer dans le système.

Le référentiel doit être développé par un expert du domaine connaissant les différents dispositifs et technologies de celui-ci. Ce référentiel doit contenir les dispositifs et technologies les plus performants dans le sens que l'on a évoqué précédemment ou selon d'autres critères répondant à des contraintes justifiées, mais pas seulement : certains dispositifs peu performants peuvent combler les lacunes de certains autres très performants mais spécialisés et leur usage peut maximiser la performance globale du système qui reste très souvent un **compromis** [13].

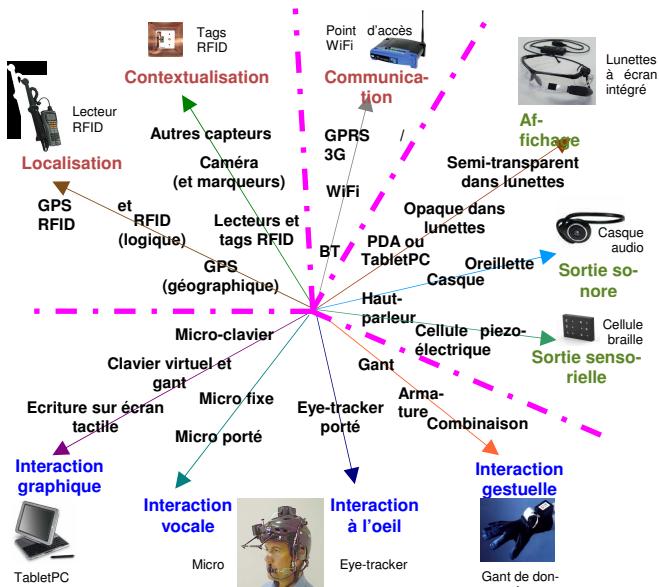


Figure 2. Un exemple de référentiel pour les systèmes mobiles et de Réalité Augmentée

Le référentiel s'organise en axes (flèches sur la figure 2), chaque axe pouvant être implémenté ou non dans le système. Plus les éléments sont situés vers l'extrémité des axes et plus ceux-ci sont performants relativement à un critère pertinent de l'axe. Par exemple pour l'axe Affichage, les différents éléments sont placés selon le critère de continuité du regard de plus en plus important.

La figure 2 présente un référentiel adapté pour la conception de systèmes mobiles et de Réalité Augmentée (RA). On peut remarquer le découpage en 4 groupes séparés par les traits en pointillés, ils correspondent aux trois grandes parties d'un système mobile et de RA et plus généralement d'un système interactif, ainsi qu'une partie plus système (Communication). Ces groupes sont : les interactions HM en entrées [2, 3, 7, 14, 19], les interactions HM en sorties [1, 8], les interactions de l'utilisateur avec l'environnement, et un groupe système.

## 2.3 PRINCIPE D'AFFECTATION DE DISPOSITIFS

Pour affecter un dispositif à une tâche d'interaction, il faut connaître les techniques d'interaction qu'il supporte. Il faut ensuite **évaluer** sa capacité à les réaliser pour pouvoir **comparer**

la **performance** des dispositifs. Dans notre démarche cela équivaut à évaluer :

- Son adéquation avec la technique d'interaction, la tâche d'interaction et la tâche (critères de continuité de l'interaction [11], minimisation du nombre de dispositifs).
- Ses capacités dans les conditions de réalisation de la tâche, quelles soient environnementales (humidité, luminosité, ...) ou de l'utilisateur (nombre de mains libres, porte des lunettes ...).
- Ses valeurs dans les critères de performance relativement à la technique d'interaction et aux conditions de réalisation.

De manière plus synthétique, le choix d'un dispositif pour une **technique** d'interaction à réaliser se fait selon les **conditions** de réalisation de la tâche, et en fonction de ses valeurs dans les différents **critères**, ces 3 axes forment un cube.

Pour chacune des techniques d'interaction, on est amené à évaluer chacun des dispositifs et dans les différentes conditions d'utilisation. Cela revient à réaliser autant de cubes que de techniques d'interaction, ainsi le nombre de cube peut-être très important. Si l'on souhaite appliquer la démarche au niveau tâche d'interaction, il faut considérer les tâches d'interaction types [10], ainsi il y aurait 6 cubes : Sélection, Position, Orientation, Chemin, Saisie de Texte, Saisie de Nombre.

## 2.2 Matrices dispositifs/critères

Pour chaque condition, le plan formé par les axes dispositifs et critères pris indépendamment des conditions forment une matrice « dispositifs/critères » (figure 3).

La figure 3 présente une matrice critères/dispositifs sans les valeurs pour la technique d'interaction Saisie de Texte sous des conditions non précisées. A noter que les conditions s'expriment comme des contraintes plutôt que comme des possibilités.

	C1	C2	...	CN	SCORE
Clavier					
Souris					
Gant					
Eye-tracker					
Micro					
Ecran-tactile+stylet					
<b>MOYENNE</b>					

Figure 3. Une matrice de description dispositifs/critères

### Définition d'une matrice dispositifs/critères

Les critères sont mis sur les colonnes (C1, C2, ... CN).

Les dispositifs sont mis sur les lignes.

La dernière colonne contient le score du dispositif. Le score est la valeur globale du dispositif, sa valeur est définie par une formule établie par le concepteur et utilisée pour calculer la valeur des scores de chacun des dispositifs d'une même matrice. La formule la plus simple étant la somme des valeurs du dispositif dans chaque critère, d'autres formules telles que la somme de la valeur des critères pondérés peuvent s'avérer pertinentes.

La dernière ligne contient une ou plusieurs valeurs caractéristiques pour chacun des critères et le score par rapport à

l'ensemble des dispositifs, ce peut être la valeur moyenne du critère ou du score, ou la valeur MMM (Minimum / Moyenne / Maximum) qui permet de se rendre compte des valeurs minimales, moyennes et maximales que peuvent avoir les critères et le score par rapport à l'ensemble des dispositifs. Ces valeurs calculées permettent d'estimer rapidement la place qu'occupe notre dispositif en respect de ses critères ou de son score parmi l'ensemble des dispositifs de la matrice.

#### Notes des dispositifs selon les différents critères

L'affectation de notes dans chaque critère et à chaque dispositif doit se faire avec précaution, le plus objectivement possible et ne peut être réalisé que par un expert des domaines concernés à savoir les systèmes mobiles et de RA mais aussi des domaines induits par les critères considérés.

#### Utilisation des couleurs dans la matrice

L'utilisation de différentes couleurs de fond communes aux matrices est recommandée pour les rendre les plus lisibles possibles et donc les plus efficaces. Ainsi, on conseille l'usage de quatre couleurs distinctes pour mettre en évidence les différentes cellules de la matrice :

- Élément non singulier, ex : fond blanc,
- Valeur la plus faible (de critère pris séparément) et dispositif de plus faible score, ex : fond vert,
- Valeur la plus forte (de critère pris séparément) et dispositif de plus fort score, ex : fond orange,
- Rubrique calculée pour la dernière colonne (score) et la dernière ligne (moyenne ou valeur MMM), ex : fond jaune.

## 4. DEROULEMENT DE LA DEMARCHE

Une fois les éléments précédents modélisés (Tâche, Référentiel, Matrices), la démarche peut s'appliquer. Il s'agit de parcourir la tâche en profondeur d'abord et d'affecter à chaque tâche d'interaction un ou plusieurs dispositifs d'interaction selon un **compromis** tendant à maximiser la performance, au sens des valeurs du dispositif dans chacun des critères, mais aussi dans le sens où il faut considérer la technique d'interaction en respect de la tâche d'interaction et de la tâche. En effet, la prise en compte quantitative et qualitative de l'ensemble des techniques d'interaction de chaque tâche d'interaction et de l'ensemble des tâches d'interaction est requise pour déterminer la meilleure **configuration** c.a.d. le meilleur ensemble de dispositifs pour réaliser la tâche. Cela permet notamment de maximiser la continuité de l'interaction, de minimiser le nombre de dispositifs, le coût des équipements, le poids, l'encombrement, et de prendre en compte tout autre critère relatif à la prise en compte de la tâche de manière globale.

Nous décrivons maintenant le raisonnement que doit faire le concepteur lorsqu'il doit affecter un dispositif à une tâche d'interaction.

#### Sélection de dispositifs pour une tâche d'interaction

Le concepteur doit d'abord se demander à quelle tâche d'interaction type la tâche d'interaction est assimilable pour déterminer les techniques d'interaction utilisables. Ayant décomposé la tâche d'interaction en techniques d'interaction [10, 12, 13, 14], il va appliquer de manière itérative le raisonnement de sélection de dispositifs pour chacune de ces techniques d'interaction, tout en tenant compte des choix réalisés précédemment.

#### Sélection de dispositifs pour une technique d'interaction

Pour comparer les dispositifs, le concepteur doit déterminer les conditions de réalisation de la tâche. Ces conditions permettent de déterminer la matrice dispositifs/critères. Elles peuvent être des indications hors formalisme ou des conséquences logiques des tâches d'interaction antérieures ou simultanées et finalement de l'ensemble des dispositifs déjà sélectionnés.

Dans un premier temps, le concepteur revoit le référentiel pour se remémorer les différents dispositifs qui peuvent répondre à son problème, cette évaluation reste fortement subjective. Dans un deuxième temps, une fois qu'il a déterminé les dispositifs qui lui semblent les plus adaptés selon le référentiel et les critères de performance, aidé de la matrice dispositifs/critères sélectionnée, il évalue ce dispositif et le compare aux autres, il fait alors le choix selon les critères, si son choix ne s'avère pas particulièrement performant, il peut consulter à nouveau le référentiel pour choisir d'autres dispositifs ou continuer son choix directement depuis la matrice.

#### Application des critères pour le choix du dispositif

Les critères sont ordonnés préalablement à l'exécution de la démarche. La prise en compte de cet ensemble de critères doit cependant se comprendre comme un **compromis**. Aussi un critère ayant une valeur très mauvaise peut écarter un dispositif même si celui-ci à une très bonne valeur dans un critère plus prioritaire. En effet, nous sommes bien dans un raisonnement de logique floue visant à atteindre un équilibre entre différentes contraintes pour arriver à concevoir et implémenter un système **cohérent**. Le concepteur va donc considérer les critères dans un certain ordre, mais sans jamais appliquer de raisonnement tout ou rien.

#### Traçage – Retour en arrière (Backwarding)

Le processus de sélection est incrémental, un choix de dispositif peut empêcher l'exécution complète de la tâche ou limiter la performance globale de celle-ci s'il est incompatible avec d'autres dispositifs requis pour d'autres parties de la tâche. Dans ce cas, un autre dispositif certes moins performant mais aboutissant à un meilleur compromis peut s'avérer utile. Pour rendre possible ce mécanisme de **retour en arrière** (backwarding), il faut **tracer** les choix effectués, c'est à dire noter les explications/justifications de chacun de ceux-ci avec leurs scores, leurs avantages et inconvénients. Grâce à cette trace, le concepteur est capable de justifier tous les choix réalisés, de ne pas refaire un même choix alors qu'il ne peut aboutir à l'ingénierie complète du système mais aussi de modifier des choix antérieurs, unitairement (technique d'interaction) ou par bloc (technique(s) d'interaction, tâche(s) d'interaction, tâche).

S'il n'arrive pas à constituer de configuration cohérente, le concepteur peut en dernier recours reconsidérer l'organisation des tâches puis réappliquer la démarche.

## 5. OUTIL INFORMATIQUE

Un outil informatique (similairement à [4]) en cours de développement va bientôt permettre d'éditer ces choix numériquement et ainsi d'altérer les choix effectués très simplement tout en stockant les traces de chaque choix dans un fichier et tout en calculant le score du système au fur et à mesure des options choisies avec les valeurs moyennes selon les différents critères. Cet outil permettra à terme en plus de représenter graphique-

ment les choix sur l'arbre de tâche, de présenter les choix sous forme de tableau et d'imprimer ces choix avec leurs justifications, et il va également historiser les différents chemins empruntés solutions ou sans issues. Cette historisation permettant une explication a posteriori des choix effectués et facilitant les opérations de retour en arrière.

## 6. CONCLUSION

Nous avons décrit une nouvelle démarche pour l'ingénierie des systèmes mobiles et de Réalité Augmentée. Nous avons donné les différents éléments qu'elle nécessite pour s'appliquer. Par manque de place nous ne l'avons pas illustrée sur un exemple mais nous avons déjà démontré son efficacité et sa reproductibilité sur un exemple concret [18]. Elle tend à réaliser des systèmes performants et cela en réalisant des compromis selon les critères considérés par le concepteur. Cette démarche souple se veut très générique et s'applique à l'ensemble des dispositifs d'interaction existants ou à venir et sous les diverses conditions selon lesquelles la tâche est exécutée.

## 7. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bernsen, N.O. (1994b): A revised generation of the taxonomy of output modalities. Esprit Basic Research project AMODEUS-2 Working Paper RP5-TM-WP11.
- [2] Bernsen, N.O. 1995. A taxonomy of input modalities. CCI Working Papers in Cognitive Science and HCI, WPCS-95-9. Centre for Cognitive Science, Roskilde University.
- [3] Bernsen, N.O. (1994a): Foundations of multimodal representations. A taxonomy of representational modalities. Interacting with Computers Vol. 6 No. 4, 347-71.
- [4] Bleser, T. W. and Sibert, J. 1990. Toto: a tool for selecting interaction techniques. In *Proceedings of the 3rd Annual ACM SIGGRAPH Symposium on User interface Software and Technology* (Snowbird, Utah, United States, October 03 - 05, 1990). UIST '90. ACM Press, New York, NY, 135-142. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/97924.97940>.
- [5] Burge J.E., Brown D.C. Reasoning with Design Rationale, In Artificial Intelligence in Design'00, In Proc. of AID'00, 2000.
- [6] Buxton, W. 1983. Lexical and Pragmatic Considerations of Input Structure. *Computer Graphics* 17(1), pp. 31-37.
- [7] Card, S. K., Mackinlay, J. D., and Robertson, G. G. 1991. A morphological analysis of the design space of input devices. *ACM Trans. Inf. Syst.* 9, 2 (Apr. 1991), 99-122. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/123078.128726>.
- [8] (ETSI) Human Factors (HF); Guidelines on the multimodality of icons and pictograms. EG 202 048 V1.1.1, August 2002.
- [9] Farenc, C. and Palanque, P. Exploitation des notations de Design Rationale pour une conception justifiée des applications interactives. In Proceedings of IHM'99, 1999.
- [10] Foley, J. D., Wallace, V. L., and Chan, P. 1984. The human factors of computer graphics interaction techniques. *IEEE Comput. Graph. Appl.* 4, 11 (Nov. 1984), pp. 13-48.
- [11] Florins, M., Trevisan, D., Vanderdonckt, J. The Continuity Property in Mixed Reality Systems and Multiplatform Systems: a comparative study. In proceedings of CA-DUI'04, pp. 328-339.
- [12] Hinckley, K., Jacob, R.J.K., and Ware, C. 2004. "Input/output Devices and Interaction Techniques," in *The Computer Science Handbook, Second Edition*, ed. by A.B. Tucker, pp. 20.1-20.32, Chapman and Hall/CRC Press.
- [13] Jacob, R.J.K., Leggett, J.J., Myers, B.A., and Pausch, R. 1993. "Interaction Styles and Input/Output Devices," *Behaviour and Information Technology*, vol. 12, no. 2, pp. 69-79.
- [14] Jacob, R. J., Sibert, L. E., McFarlane, D. C., and Mullen, M. P. 1994. Integrality and separability of input devices. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.* 1, 1 (Mar. 1994), 3-26. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/174630.174631>.
- [15] Lacaze X. La conception rationalisée pour les systèmes interactifs. Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse.
- [16] Lacaze, X., Palanque, P., Navarre, D. Evaluation de Performance et Modèles de Tâches comme Support à la Conception Rationnelle des Systèmes Interactifs. In Proceedings of IHM '02, 2002, pp. 17-24.
- [17] Lingrand, D., de Morais W. O., Tigli J.Y. 2005. "Ordinateur porté: dispositifs d'entrée-sortie" (short paper) in Proceedings of IHM'05, 2005, pp. 219-222.
- [18] Masserey, G., Champalle, O., David, B., Chalon, R., Démarche d'aide au choix de dispositifs pour l'ordinateur porté. In *proceedings of ERGO-IA'06*, Biarritz, France.
- [19] MacKenzie, I. S. 1995. Input devices and interaction techniques for advanced computing. In W. Barfield, & T. A. Furness III (Eds.), *Virtual environments and advanced interface design*, pp. 437-470. Oxford, UK: Oxford University Press.
- [20] McKerlie, D., MacLean, A. Reasoning with Design Rationale: Practical Experience with Design Space Analysis. *Design Studies*, 1994; 15:pp. 214-226.
- [21] Moran, T.P. and Carroll, J.M. *Design Rationale: Concepts, Techniques, and Use*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 1996.
- [22] Newman, W. and Lamming, M. *Interactive System Design*. Addison Wesley, 1995, ISBN:0201631628.
- [23] Paterno' F., Mancini C., Meniconi S. "ConcurTaskTrees: A Diagrammatic Notation for Specifying Task Models", In Proceedings of Interact'97, 1997, pp.362-369.
- [24] Plouznikoff N. & Robert J.-M., Caractéristiques, enjeux et défis de l'informatique portée, In Proceedings of IHM'04, 2004.
- [25] Weiser M. The Computer of the 21st Century, In *Scientific American*, vol. 265, no. 3, 1991, pp. 66-75.
- [26] Wellner P., Mackay W. and Gold R. Computer Augmented Environments: Back to the Real World. Special Issue of Communications of the ACM, vol. 36, 1993.