

## **Expression et Reconnaissance des Intentions Conceptuelles Apports de la Multimodalité**

**Franck TARPIN-BERNARD, Bertrand T. DAVID**

Laboratoire GRACIMP - Ecole Centrale de Lyon - Département MIS  
36, avenue Guy de Collongue, B.P. 163, 69131 Ecully cedex  
tél : 72.18.64.43 Fax : 78.33.16.15  
email : tarpin@cc.ec-lyon.fr, david@cc.ec-lyon.fr

*Résumé.* La prise en compte des intentions conceptuelles des utilisateurs est un des enjeux nouveaux des systèmes de CAO. Elle doit permettre une meilleure adéquation entre les méthodes de conception intuitives de l'homme et les outils industriels de l'ingénierie moderne. Pour capter des intentions conceptuelles, nous permettons au concepteur d'enrichir le prototype en cours de construction par des informations jugées pertinentes. L'utilisation d'interfaces homme-machine multimodales est une des techniques pouvant être mise en œuvre pour faciliter l'expression des intentions conceptuelles. Un éditeur contextuel multimodal est présenté pour illustrer ces nouvelles possibilités. Pour reconnaître des intentions conceptuelles profondes, nous nous appuyons sur un prototype initial qui est élaboré pour éviter la réalisation manuelle du cahier des charges complet. Dans ce cas, nous considérons le prototype en cours de construction comme un exemple concret illustrant le cahier des charges. Celui-ci comporte alors un certain nombre de choix non pertinents globalement mais nécessaires pour sa réalisation. Pour dégager les vraies intentions conceptuelles il est donc nécessaire de faire abstraction de ces choix et généraliser ainsi l'exemple construit.

*Abstract.* Taking in account conceptual user intentions is one of the new goals of CAD systems. This consideration should allow a best adequation between human intuitive design methods and industrial tools of modern engineering. In order to catch conceptual intentions, we propose to the designers to enrich an under construction prototype by information considered as relevant. The use of a multimodal man - machine interface is one of the techniques that should be implement to facilitate the expression of conceptual intentions. A multimodal contextual editor is presented to illustrate these new possibilities. To recognize deep conceptual intentions, we lean on an initial prototype that is elaborated to avoid the manual realization of the complete functional specifications. In this case, we consider the prototype under construction as a concrete example illustrating the functional specifications. Indeed, the former contains several choices which are non globally relevant but necessary for its realization. To release the true conceptual intentions, it is therefore necessary to extract the hidden abstraction of these choices, and thus, to generalize the example.

## ***1. Introduction***

Les systèmes industriels qu'ils soient de conception, de contrôle de production ou de formation sont à la fois de plus en plus intégrés et de plus en plus collectifs. La dimension intégration a fait objet de nombreuses investigations, de recherches et de mises en oeuvre industrielles. Nous avons étudié cette problématique dans le cadre du projet CIM-ONE [DMV91]. Ce projet a conduit à proposer un modèle d'intégration basé sur les données, ainsi qu'une architecture du système correspondant. C'est à cette occasion que nous avons entrepris une première étude d'explicitation du processus de conception. Nous nous sommes rendu compte que le progrès passe par la modélisation explicite du processus qui permet de faire apparaître clairement les rôles des participants et la dynamique de leur participation au projet. Une modélisation semblable a été utilisée dans le projet ESPRIT IPDES [Bru93] avec la notion de contrat de conception et la transformation de ce contrat en sous-contrats. Dans le cadre d'un nouveau projet financé par la Région Rhône-Alpes sur la conception coopérante, nous avons été amenés à approfondir cette étude en nous intéressant au processus de conception dans le domaine de la mécanique. Plusieurs modèles de déroulement du processus ont été proposés allant de la conception séquentielle à la conception simultanée en passant par la conception concourante. Chacun de ces modèles exprime des cheminements entre phases du processus en précisant les différents cahiers des charges constituant les contrats de conception, les activités à mener dans chaque phase, les droits et les devoirs de chaque intervenant, et les résultats à obtenir sur l'objet en cours de construction.

Dans son évolution actuelle, l'informatique ne se contente plus d'être un outil performant permettant aux différents acteurs du processus de conception de saisir puis d'échanger des informations techniques. Elle ambitionne aujourd'hui d'assister les hommes dans leurs travaux de conception en captant leurs intentions. Ces intentions conceptuelles peuvent être relativement simples (ex: choix implicite de certains paramètres), ou être beaucoup plus complexes, car faisant appel à l'interprétation du processus de conception. L'assistance que peut apporter l'expression et la reconnaissance des intentions conceptuelles peut donc revêtir de nombreux aspects tels que : la prise en compte automatique de paramètres implicites, la validation des choix, le respect des contraintes, la proposition de solutions plus ou moins génériques, etc.

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à deux approches de prise en compte d'intentions conceptuelles. Il s'agit tout d'abord de la **construction de prototype**, phase durant laquelle l'expression des intentions conceptuelles peut être simplifiée par une bonne organisation de l'espace de travail, par un grand éventail d'informations réutilisables disponibles et par l'utilisation d'une interface multimodale facilitant l'expression des intentions de l'utilisateur.

La deuxième approche consiste à reconnaître les intentions du ou des concepteurs à partir des prototypes ne constituant que des exemples concrets de la

solution proposée. L'objectif de cette approche est de découvrir les véritables intentions conceptuelles par la **généralisation de ces exemples**. C'est cette opération de généralisation qui permet de faire la part entre les informations exprimant les intentions et les informations spécifiques au cas servant d'exemple. Extraire les éléments conceptuels fondamentaux à partir d'exemples permet de réaliser ensuite plus facilement une conception innovante.

## ***2. Les intentions conceptuelles dans la génération de prototypes***

Dans le cadre de la construction de prototype, il est toujours intéressant de fournir aux concepteurs des outils qui permettent de s'exprimer plus librement. Cette remarque est particulièrement valable dans le cadre de la construction de schémas cinématiques. Jusqu'à présent, les outils de construction et d'analyse de schémas cinématiques reposent sur des interfaces homme-machine très éloignées de l'interface "naturelle" que constitue le papier et le crayon. Ainsi, le principe de saisie des schémas consiste généralement en la saisie itérative et manuelle de la nature des liaisons, de leurs positions et orientations ainsi que des noms des pièces qu'elles relient. Cette approche tient souvent au fait qu'il s'agit de produits spécialisés dans l'analyse et la validation de systèmes mécaniques et non dans la construction de schémas en cours de conception.

Nous nous sommes donc intéressés à la réalisation d'un logiciel permettant une construction beaucoup plus naturelle et intuitive. Ecartant les systèmes de reconnaissance de schémas manuscrits scannerisés auxquels s'est intéressée une autre équipe du projet [RVE95], nous avons privilégié la solution plus classique qu'est l'éditeur. Cependant, nous nous sommes efforcés de ne pas tomber dans le piège des éditeurs de CAO courants qui multiplient à outrance les menus rendant particulièrement difficile et pénible la saisie d'informations.

Dans ce contexte, nous avons construit un premier éditeur appelé CinémaTek qui propose des fenêtres de visualisation (dans un repère 3D en projection parallèle) permettant la construction de schémas tridimensionnels. L'édition d'un schéma cinématique s'effectue en construisant des squelettes de pièce, c'est-à-dire des ensembles de noeuds et de branches. Sur ces squelettes, on crée des liaisons via des menus contextuels apparaissant à l'emplacement de la souris (Figure 1 & 2).

Il est possible de renommer les pièces ou de les mettre en évidence en utilisant des couleurs ou des épaisseurs de traits différentes. Toutes les fonctions d'édition (création, modification, déplacement et suppression) sont possibles aussi bien sur les noeuds et les branches que sur les pièces ou les liaisons. Toutes les phases de création, ajout ou déplacement sont dynamiques, ce qui signifie que le schéma se transforme en temps réel à partir des actions de l'utilisateur à l'aide du pointeur d'écran.

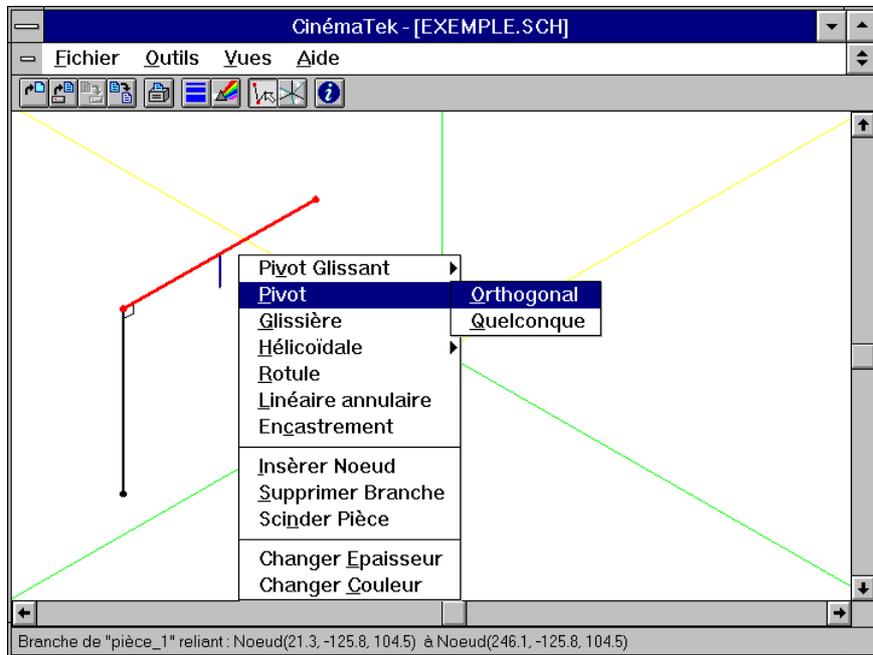


Figure 1 : Construction d'une liaison sur une branche à partir du menu contextuel.

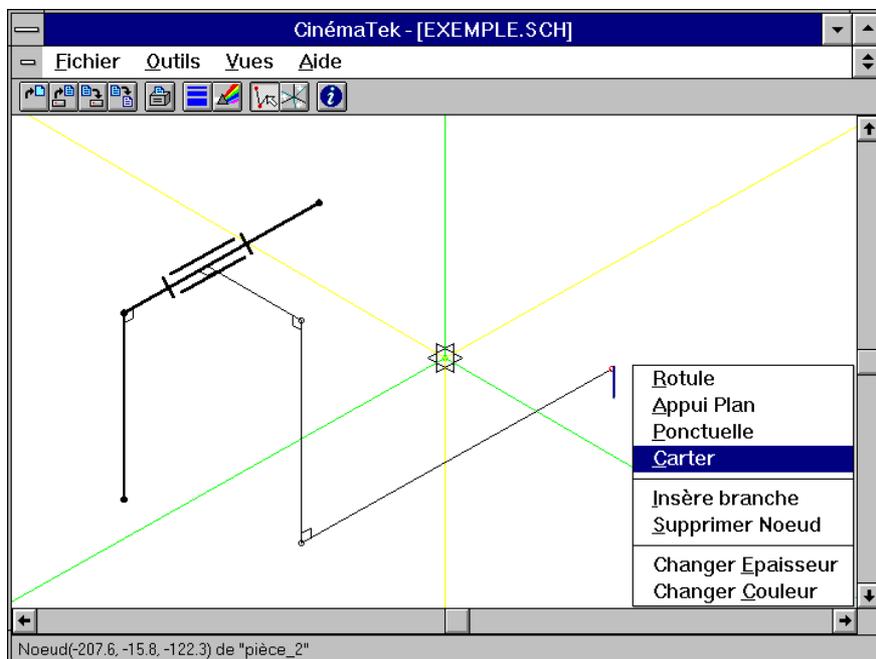


Figure 2 : Insertion d'une liaison au carter sur un noeud à partir du menu contextuel.

L'objectif principal de notre éditeur est de fournir un système souple permettant au concepteur de traduire très rapidement ses idées sous forme de schémas sémantiquement aussi complets que possible pouvant être directement utilisés, c'est-à-dire imprimés et exportés vers d'autres outils de calcul comme MECAMaster [Clo90]. Pour faciliter le maniement du pointeur dans l'espace 3D, les mouvements de ce dernier sont analysés par rapport aux trois directions principales que constituent les axes du repère. Ces directions sont bien sûr fonctions de la position de l'observateur du schéma. Cette méthode permet de proposer un système dans lequel on ne retrouve pas les 3 fenêtres classiques de projection sur les plans principaux du repère. Ceci permet une saisie beaucoup plus rapide dans un contexte où la précision de positionnement des objets n'est pas fondamentale. Cependant, pour assister le concepteur dans sa perception de la profondeur de la scène, nous visualisons des cubes de projection pour chaque noeud de la pièce en cours de construction (Figure 3).

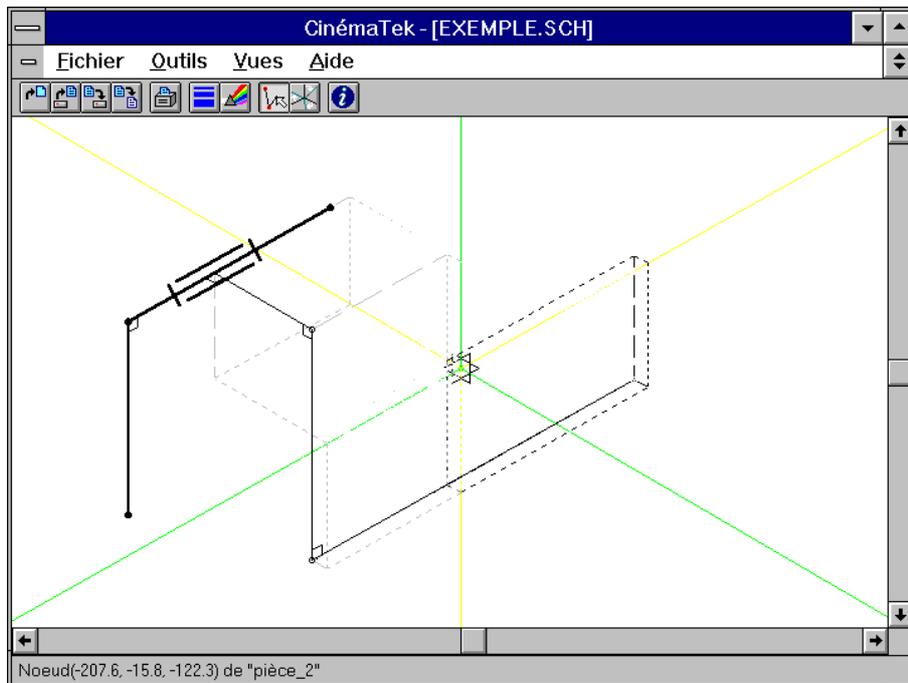


Figure 3 : Cubes de projection permettant d'apprécier la position des noeuds.

Par ailleurs, il est possible de créer simultanément d'autres fenêtres de visualisation pour observer le schéma sous d'autres angles. Il est aussi possible de visualiser plusieurs schémas en même temps. Enfin, le système détecte automatiquement les perpendicularités entre branches qu'il traduit au fur et à mesure sous forme de petits parallélogrammes. De fait, CinémaTek permet une expression simple d'intentions conceptuelles telles que la perpendicularité ou le parallélisme. La

prise en compte de ces contraintes dans les transformations dynamiques du schéma est en cours d'étude.

Sous cette forme, CinémaTek permet donc une saisie rapide et beaucoup plus naturelle. La souplesse de ses fonctionnalités de modification permet au concepteur de tester immédiatement des solutions différentes. Son couplage avec MECAMaster permet de les valider instantanément en terme d'isostatisme, comme en terme d'efforts ou couples transmis. Pour l'instant, ce couplage est manuel (exportation puis importation), mais son automatisation est en cours de réalisation. La détection des directions principales et des orthogonalités permet un premier niveau de reconnaissance des intentions conceptuelles du concepteur. En effet, celui-ci n'a pas à indiquer de façon explicite qu'il veut une orientation selon un axe principal, ou qu'il désire une orthogonalité ou un parallélisme entre deux branches de squelette.

Pour poursuivre ces travaux, nous nous intéressons aux apports que les multimodalités [IHM94] sont susceptibles d'apporter à l'expression des intentions conceptuelles. En effet, nous estimons que l'identification des intentions des concepteurs peut être grandement facilitée si celles-ci sont exprimée avec des médias plus adaptés.

Après avoir construit une interface au modèle de fonctionnement basé sur le papier et le crayon, nous avons cherché à pousser la métaphore encore plus loin en ajoutant à CinémaTek un système de reconnaissance et de fusion d'événements multimodaux mis au point dans le laboratoire [Zho95]. Grâce à ce système, et en utilisant le crayon de la tablette graphique pour plus de facilité, la construction des liaisons du schéma cinématique ne se fait plus seulement par sélection dans des menus contextuels, mais peut aussi être réalisée à l'aide de gestes élémentaires basés sur les représentations 2D standardisées des liaisons (Figure 4).

De fait, le concepteur peut se concentrer sur sa tâche de conception en utilisant un crayon et en "dessinant" ses schémas sans avoir à se préoccuper des contraintes de l'éditeur. Les intentions conceptuelles élémentaires (orthogonalités, directions principales, etc.) sont automatiquement pris en compte par CinémaTek car le mode d'expression utilisé pour la construction du schéma transpose implicitement ces intentions.

De même, nous étudions les avantages que peut apporter le système de reconnaissance vocale, notamment dans l'expression des données techniques du domaine. Pour l'instant, nous utilisons le canal vocal pour indiquer le paramètre d'orthogonalité des liaisons [ZTD96]. Pour obtenir le squelette de la pièce en cours de construction présentée sur la figure 3, une liaison pivot orthogonal a été construite sur une première pièce. La commande d'insertion a été déclenchée en effectuant le geste "Liaison Pivot" sur l'arbre concerné et en prononçant le mot clé "orthogonal". Si le paramètre d'orthogonalité n'est pas produit par une des modalités utilisables (parole ou menu contextuel), il prend la valeur par défaut "quelconque" (l'orthogonalité n'est pas imposée).

Nom de la liaison	Représentation 2D standard	Geste dans CinémaTek
Pivot Glissant		
Pivot		
Glissière		
Hélicoïdale		
Linéaire Annulaire		
Rotule		
Ponctuelle		
Appui Plan		

Figure 4 : L'ensemble des prototypes gestuels de définition des liaisons cinématiques.

### 3. Les intentions conceptuelles dans la généralisation des prototypes

La réalisation d'un prototype peut intervenir en différentes phases du processus de conception. Classiquement, celui-ci se situe après la rédaction du cahier des charges fonctionnel (CCF) et intervient pour la concrétisation des schémas cinématiques (SC) et des schémas structurels (SS). Dans ce cas, on se retrouve dans l'approche décrite précédemment (§2).

Toutefois, dans beaucoup de cas il apparaît que la réalisation d'un cahier des charges fonctionnel complet et rigoureux est une tâche très complexe et particulièrement fastidieuse si l'on utilise les systèmes informatiques actuels. En effet, l'activité de conception, et particulièrement la conception de produits originaux, se prête mal à une démarche se basant sur l'expression "abstraite" d'un cahier des charges complet.

Dans ce contexte, il nous semble que la construction de prototype, en particulier dans sa phase d'élaboration d'un schéma cinématique, peut être détournée de sa vocation première. En effet, si généralement, celui-ci est construit dans l'objectif de remplir les fonctionnalités cinématiques imposées par le cahier des charges, il est possible de procéder à l'inverse, c'est-à-dire commencer par établir un prototype du schéma cinématique pour en déduire certains éléments du cahier des charges. Pour ce faire, il faut écarter a posteriori tous les éléments concernant la solution spécifique envisagée de façon implicite par le concepteur. En effet, pour concrétiser,

le schéma cinématique peut comporter des éléments de solution technologique (ex: engrenages) qui ne sont pas significatifs si l'on ne s'intéresse qu'aux principes fonctionnels exprimés. Dans ce cas, il est nécessaire de remplacer ces éléments prédéterminés par des éléments plus génériques, c'est-à-dire se traduisant par une fonctionnalité pure dépourvue de choix implicites (ex: renvois d'angle).

De son côté, le schéma structurel est aussi un outil précieux. Il permet tout d'abord de faire la correspondance entre les contraintes exprimées dans le cahier des charges et les pièces du système. Par ailleurs, dans un contexte de conception concourante, la décomposition des tâches est généralement établie à partir du schéma structurel (découpage en grands ensembles) et du cahier des charges fonctionnel.

Une méthode intéressante de travail assisté par l'ordinateur consiste à adopter une démarche similaire à celles employées dans des contextes de programmation par exemples. Elle se décompose en 5 phases :

1. On établit un cahier des charges fonctionnel minimal.
2. Le concepteur construit un schéma cinématique lui paraissant remplir les contraintes cinématiques imposés.
3. Le système informatique identifie les fonctionnalités génériques induites par ce schéma et construit le schéma structurel en découlant (identification du nombre de pièces et des relations entre pièces).
4. Le système informatique analyse la correspondance entre les fonctionnalités induites et les fonctionnalités requises. Il soumet au concepteur les différences apparues (fonctionnalités manquantes, redondances, etc.).
5. Le concepteur construit un schéma cinématique valide à partir des informations fonctionnelles, cinématiques et structurelles fournies par le système.

## ***Conclusion***

Pour améliorer l'assistance que l'ordinateur peut apporter dans les activités de conception, on se doit de modéliser plus finement l'acte de concevoir et ceci autant dans la dimension multi-participant (organisation de l'activité collective - conception coopérante) que dans la dimension individuelle (acte de conception). Permettre à l'ordinateur de prendre connaissance d'intentions conceptuelles peut susciter des aides nouvelles non encore imaginées. C'est la raison pour laquelle nous étudions cette problématique avec deux approches.

L'expression des intentions conceptuelles grâce à une nouvelle catégorie d'éditeurs, plus souples et permettant une expression plus naturelle et complète constitue une des voies d'approche. La multimodalité nous semble être un des moyens devant être mis en œuvre pour exprimer plus facilement des intentions conceptuelles. Elle permet d'établir une meilleure adéquation entre les outils informatiques et les moyens naturels d'expression des concepteurs.

Le raisonnement par l'exemple offre également de nouvelles possibilités. En effet, la rédaction fastidieuse du cahier des charges fonctionnel complet suivie par l'élaboration d'un schéma cinématique se situe dans une démarche déductive qui peut être freinée par l'inadéquation du cahier des charges initial (trop ou pas assez complet). La démarche proposée, plus inductive, permet au concepteur de s'exprimer de façon concrète (sur un exemple), l'élaboration du cahier des charges fonctionnel étant effectué automatiquement par généralisation et abstraction, puis reprise par le concepteur. Cette voie nous semble très prometteuse car elle peut s'appliquer aussi bien en conception innovante qu'en conception évolutive devant prendre en compte des éléments préexistants par une démarche de rétro-conception. Découverte des intentions conceptuelles par rétro-conception constitue un champ d'investigation prometteur.

### ***Références***

- [Boc94] J-C. Bocquet, Adopter une démarche de conception, Ed. Référentiels Dunod, Conception en mécanique industrielle, 1994
- [Bru93] J-M. Brun et al., IPDES : an approach to the integration of design and manufacturing, in Realizing CIM's Industrial Potential, IOS Press (Projet IPDES), 1993, pp. 190-200
- [Clo90] P. Clozel, MECAmaster, expertise en Conception Mécanique pour les Bureaux d'Etudes, StruCoMe, 1990, Paris, pp. 757-770
- [DMV91] B.T. David, C. Marty, D. Vandorpe et al., Environnement informationnel pour le CIM: Projet CIM-ONE, 23ème CIRP, Séminaire International sur les Systèmes de Production, Nancy 6-7 juin 1991
- [IHM94] Systèmes d'Analyse des Interactions Homme-Ordinateur, Synthèse de travaux de l'atelier "Interfaces multimodales" d'IHM'93, Actes d'IHM'94, Lille, 1994, p.243-298.
- [RVE95] J.Y. Ramel, N. Vincent, H. Emptoz. A method for the hierarchical extraction and description of lines and solid regions in technical drawings. 5th International Conference on Image Processing & its Applications. Edinburgh. 1995. p 379-383.
- [Tic94] S. Tiechkiewitch, De la CFAO à la conception intégrée, Revue internationale de CFAO et d'infographie, vol 9, N°5, 1994, pp.609-621.
- [TBT94] M. Tollenaere, P. Belloy, S. Tiechkiewitch, Un modèle de description de pièces mécaniques pour la conception préliminaire, Conférence IFIP on Feature modeling & recognition in advanced CAD/CAM Systems, 1994
- [Zho95] Z.L. Zhou, Une méthode pour la reconnaissance du geste et des événements multimodaux, Mémoire DEA, ECL, 1995.
- [ZTD96] Z.L. Zhou, F. Tarpin-Bernard, B.T. David, Un environnement générique pour la réalisation d'interfaces multimodales - Un exemple d'application, Interface des Mondes Réels et Virtuels, Montpellier 1996.