

Actes du VI^e Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives

Modéliser la Cognition

*Des processus aux comportements,
des théories aux applications*



BORDEAUX, 2-3-4 MAI 2005

Interaction homme-machine et complexité du vivant

Jean-Baptiste HAUE

Cognitive Science Department, UCSD, San Diego

Résumé

Les simulations de l'Interaction Homme Machine (modélisation synthétique) ne permettent pas de restituer pleinement son aspect émergent et le rôle du contexte. Les modèles descriptifs de l'activité pratiqués en ergonomie (modélisation analytique) s'en sortent mieux mais n'aboutissent que difficilement à un résultat formel. Des travaux issus de l'approche constructiviste offrent un cadre pour préciser les apports et limites de chaque méthode et les modalités de leur possible articulation.

Mots Clefs : Interaction homme-machine, émergence, modélisation.

1. Introduction

Les techniques formelles de modélisation (mathématiques ou computationnelles) peinent à représenter l'Interaction entre Humains et Machines (IHM) en raison de la difficulté à prendre en compte le rôle du contexte culturel et social. Les analyses ergonomiques de l'activité proposent quant à elles des modèles descriptifs qu'il est difficile d'implémenter.

Ce texte part de considérations générales sur la modélisation. L'examen des apports de l'approche constructiviste et plus particulièrement de la théorie du couplage structurel [1] amène ensuite à préciser les enjeux et limites de la modélisation de l'IHM. Deux types complémentaires de modélisation, menés dans le cadre d'un projet de conception, sont finalement présentés.

2. La modélisation

De manière générale, la modélisation se définit comme l'action de représenter un domaine de phénomènes dans un certain but¹. Ces différents aspects, examinés ci-dessous, posent des contraintes différentes sur les méthodes et formats à utiliser.

2.1. But de la modélisation

Une modélisation empirique a généralement pour but de constituer une description d'un domaine donné de phénomènes. Augmenter le degré de simulation pose des contraintes sur le format. Une simple liste permet de définir des catégories de phénomènes. La description d'une dynamique nécessite de définir des états et des transitions. Enfin la prédiction de phénomènes suppose une simulation mathématique de cette dynamique.

¹ Cette partie a été inspirée d'une communication personnelle de Jacques Theureau (<http://coursdaction.net>)

Une modélisation peut également répondre à des objectifs pratiques, comme en conception. Passer de recommandations basées sur la description d'exemples à des règles utilisables par les développeurs suppose d'une part une plus grande généralité de la modélisation et d'autre part une implémentation informatique.

2.2. Le domaine de phénomène

La nature des phénomènes à modéliser pose également des contraintes sur la modélisation. Un système simple au fonctionnement stable se laissera facilement modéliser. Le cas des IHM dans un système ouvert est plus problématique (voir partie 3).

2.3. Le format de modélisation

Une modélisation peut s'appuyer sur différents types de format et les outils qui lui sont associés. Il est possible de citer les :

- listes et descriptions textuelles,
- diagrammes graphiques, où chaque symbole a une signification particulière,
- représentations mathématique (équations) ou informatique (expressions logiques).

Ces différents types de support peuvent se combiner. Ainsi le système de notation UML utilisé en génie logiciel (<http://uml.org>) permet de simuler un système en le décomposant en objets, visualisés à l'aide de neuf types de diagramme graphique.

Seules les représentations mathématiques ou informatiques permettent de simuler un domaine de phénomènes (modèles synthétiques). Les autres formats ne permettent de présenter que des jeux organisés de catégories descriptives (modèles analytiques).

2.4. Méthode analytique et méthode synthétique

Deux méthodes de modélisation doivent être distinguées [2].

La méthode synthétique part du choix a priori d'un type de modèle synthétique. Les variables du modèle sont ajustées par confrontation entre les hypothèses prédictives fournies par le modèle et validation/falsification par les données empiriques. La modélisation repose alors sur la pertinence du modèle initial et de la décomposition du domaine qu'il propose.

Au contraire, la méthode analytique prônée par les Cartésiens au XVII^{ème} siècle part de l'analyse des données. En refusant le choix a priori d'un modèle, les données sont manipulées pour faire émerger des catégories descriptives. Le jeu de catégories est confronté aux données et modifié jusqu'à obtenir une adéquation descriptive satisfaisante.

3. Modélisation et complexité du vivant

La modélisation des IHM pose des problèmes particuliers. Il devient en effet nécessaire de prendre en compte le rôle de la cognition humaine dans l'interaction.

3.1. Essais et limites de la modélisation de la cognition

En premier lieu, il semble intéressant de représenter les échanges d'information pour modéliser une IHM. Le paradigme du système de traitement de l'information a ouvert la voie au projet de modélisation symbolique de la cognition humaine, relevé par l'intelligence artificielle. A partir de ses succès et limites, Dreyfus a pointé les aspects de la cognition qui résistent à la modélisation symbolique : 1) la dimension incarnée et située de l'activité, 2) le rôle du contexte et 3) le rôle des constructions sociales et culturelles [3]. Le courant de la cognition située, d'après le terme introduit par Suchman [4], s'est constitué en réaction à la réduction de la cognition à une manipulation symbolique. Il insiste sur les réactions opportunistes et émergentes des acteurs face à leur environnement, qui ne se limitent pas à une planification dirigeant une manipulation de représentations préexistantes².

3.2. Emergence et cognition

La théorie du couplage structurel [1] va plus loin et reconnaît l'impossibilité de modéliser totalement la cognition du vivant. Elle considère que la réalisation des systèmes vivants lors de leur interaction avec l'environnement passe par une double émergence : 1) l'évolution continue de leur structure au cours de leur histoire. Un système vivant apprend à reconnaître des configurations dans son environnement et les possibilités d'action qu'elles offrent. 2) Les actions et perceptions émergent à un moment donné lors de la rencontre de la structure avec l'environnement. L'interaction se réalise en fonction de la perspective autonome maintenue par l'acteur, où les configurations reproduites par la structure "filtrent" la perception et l'interprétation des stimulations de l'environnement.

Cette approche constructiviste amène des implications qui précisent les difficultés et limites de la modélisation de l'IHM :

- Pour connaître l'IHM, construite selon la perspective de l'acteur, il faut disposer de données sur son expérience, problématiques à recueillir et traiter.
- Un élément de contexte pertinent pour l'acteur mais insignifiant pour l'observateur peut radicalement changer les configurations qui organisent l'IHM.
- La structure de l'acteur se transforme sans cesse, changeant l'IHM.
- Le social et la culture émergent de la confrontation d'émergences individuelles.

² Les modèles connexionnistes proposés ensuite (réseaux de neurones) remplacent des représentations explicites par l'émergence de configurations par apprentissage. Cela suppose néanmoins toujours des éléments prédéfinis (variables régissant le comportement des neurones et fonction de performance).

3.3. Quelle modélisation pour l'interaction homme machine

Dans l'absolu, la prise en compte des déterminants de l'émergence de l'IHM (historique des acteurs et contexte) élargit (trop) fortement le domaine de phénomènes à modéliser. Les limites pointées ne disqualifient pas pour autant les modélisations. La notion de représentation symbolique admissible proposée par Varela précise les conditions et limites dans lesquelles un modèle peut représenter l'IHM. Une telle représentation 1) décrit l'interaction en respectant les configurations qui définissent la perspective de l'acteur et 2) n'est valable que dans un contexte donné et hors effet d'apprentissage.

Au final, une modélisation de l'IHM qui prenne en compte son aspect émergent devra :

- Partir de données qui intègrent le témoignage de l'acteur sur son expérience.
- Utiliser une méthode analytique de modélisation identifiant les catégories décrivant une interaction et les généralisant par comparaison entre situations.
- Limiter sa validité aux situations considérées, incluant les cas particuliers comme variations des cas généraux.

Une modélisation synthétique de l'IHM reste possible :

- Avec un modèle de départ inspiré de catégories qui respectent la perspective de l'acteur (par exemple issues d'une modélisation analytique).
- Avec une validité limitée à des interactions types, excluant comme bruit les cas particuliers issus de conditions d'émergence différentes des cas généraux retenus.

4. Application pour la conception

En prenant acte de l'impossibilité de modéliser les aspects situés de l'activité dans un modèle informatique, une approche de conception centrée sur l'IHM s'appuie sur le principe d'un pont de modèles [5]. Trois étapes permettent de passer de l'analyse de l'activité à la définition du comportement informatique souhaité :

1. Modélisation analytique de l'activité, restituant la perspective de l'acteur (4.a)
2. Modélisation informatique généralisant les catégories descriptives précédentes dans un modèle objet de spécification (partie 4.b)
3. La programmation proprement dite, description opérationnelle de l'interaction selon la perspective de la machine

4.1. Modélisation lors de l'analyse de l'activité

Dans l'approche Cours d'Action, l'activité est représentée par une modélisation analytique, comme un enchaînement de signes explicitant la constitution pragmatique de sens dans l'action [6]. Les données sur le comportement, les verbalisations et l'environnement de l'acteur sont découpées en unités significatives pour lui. Elles correspondent aux moments de stabilité de son expérience, selon la continuité ou rupture de son engagement. Des unités courtes sont enchâssées dans des unités plus longues, caractérisant l'engagement à long terme, pour identifier les configurations qui organisent l'expérience au cours du temps. Chaque unité est décrite par un signe qui précise par exemple 1) l'engagement de l'acteur à ce moment et les 2) perceptions, 3) actions et 4) interprétations qui résultent de la confrontation avec l'environnement.

La Figure 1 montre une séquence de quelques minutes du Cours d'Action d'utilisation d'un appareil de gestion d'énergie dans le logement, lors de laquelle survient une difficulté de programmation. Les 14 unités significatives ont été décrites par des signes.

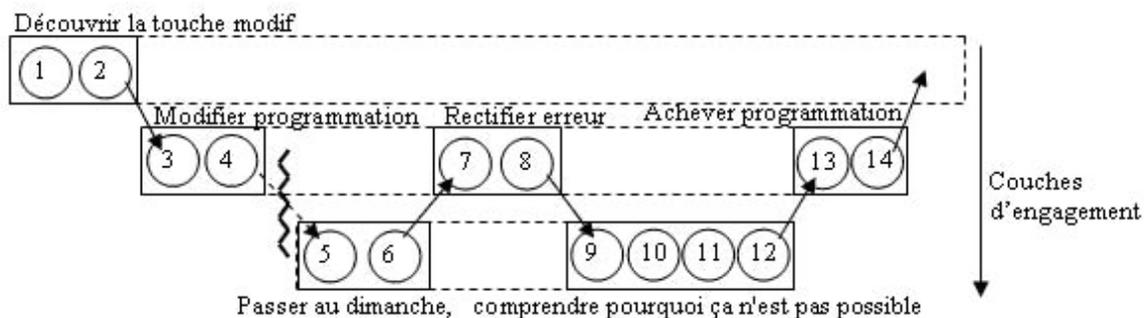


Figure 1 : Extrait du Cours d'Action d'un moment de programmation

Les trois couches restituent la focalisation progressive de l'utilisateur passant 1) d'une discussion où il redécouvre une touche permettant de modifier un programme, à 2) l'utilisation de cette touche pour effectuer une modification effective de sa programmation et enfin à 3) la résolution de la difficulté qui se pose parce que la logique technique de l'appareil ne correspond pas à la logique située de sa cognition.

Ce type de modélisation est bien analytique :

- Le domaine de phénomène considéré est l'IHM, en donnant priorité à la perspective de l'acteur exprimée par ses verbalisations.
- Le but est de décrire l'émergence des actions et perceptions en fonction de la machine mais aussi de l'engagement de l'acteur.
- Le format est graphique, complété pour chaque unité par la description des catégories du signe (engagement, perception, actions, interprétation).

4.2. Modèles de spécification informatique

Le procédé Prospect développé à EDF [7] permet d'obtenir une spécification de l'Interface Homme-Machine sous forme de modèles objets de tâches (figure 2) et de concepts (figure 3). Cette modélisation, effectuée en collaboration avec un ergonome, reste suffisamment abstraite pour exprimer les besoins d'utilité de l'application sans induire prématurément de choix sur l'interface.

<p>Objectif 1 CONFIGURER LE LOGEMENT (Système de pilotage sur marche ET autorisation configuration)</p> <p>Objectif 2 ORGANISER LE CHAUFFAGE DU LOGEMENT (Système sur marche ET autorisation organisation)</p> <p>Objectif 3 AGIR SUR LE CHAUFFAGE DU LOGEMENT (Système sur marche ET autorisation agir)</p> <p>TâcheContrôle I - Agir sur une zone (existe zone avec chauffage)</p> <p>Tâche01 - Consulter l'évolution de la température de la zone (Vrai)</p> <p>Tâche02 - Mettre/maintenir une zone en confort pendant une période donnée (Vrai)</p> <p>Tâche03 - Mettre/maintenir une zone à une t° de confort donnée, pendant période donnée (Vrai)</p> <p>Tâche04 - Mettre/maintenir une zone en éco pendant une période donnée (Vrai)</p> <p>Tâche05 - Couper les chauffages d'une zone pour une période donnée (Existe chauffage allumé)</p> <p>Tâche06 - Supprimer un/des ordres de chauffage d'une zone (existe ordre sur une zone)</p> <p>TâcheContrôle II - Agir sur le logement (logement défini) (NON-DEVELOPPE)</p>

Figure 2 : Extrait du modèle de tâche

Les tâches élémentaires décrivent les types d'action que l'utilisateur devra pouvoir effectuer et les commandes correspondantes que devra présenter l'interface. Elles sont organisées par des tâches contrôle, selon les concepts manipulés (ici zone / logement), et par des tâches objectifs, selon les types d'usages concernés.

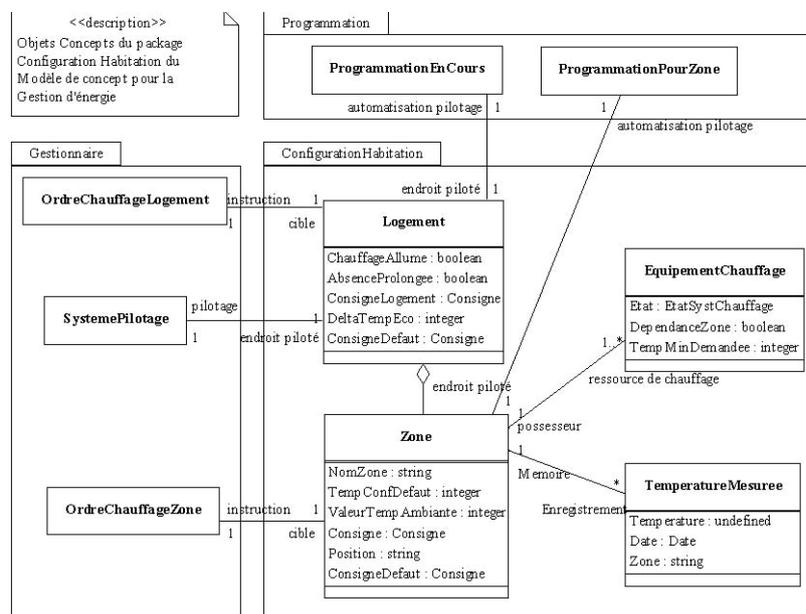


Figure 3 : Schéma de classe du package Configuration Logement

Les concepts identifient les notions utilisées par l'utilisateur et les informations que devra manipuler et présenter l'interface.

Ce type de modélisation s'approche d'une modélisation synthétique en décomposant a priori l'interaction en tâche et concept :

- Le domaine de phénomène considéré est toujours l'IHM. La perspective de l'acteur n'est par contre ici prise en compte qu'au travers de la pertinence des catégories apportées par l'ergonome.
- Le but est de spécifier le périmètre fonctionnel de l'interface dans un format utilisable par les développeurs.
- Le format utilisé pour les tâches est une liste structurée (langage XML) et un diagramme UML pour le modèle de concept. Dans les deux cas la validation de la forme par un métamodèle autorise une utilisation computationnelle.

Un modèle synthétique simulant l'IHM serait obtenu en complétant ces modèles, ce qui n'était pas l'objectif. La commande associée à chaque tâche définit déjà la modification apportée sur les concepts. Il suffirait alors 1) d'instancier les concepts pour décrire un environnement, 2) de rajouter une modélisation de la dynamique de cet environnement (inertie des changements de t°) et 3) de programmer l'exécution des tâches.

5. Conclusion

Les phénomènes d'émergence et le rôle du contexte limitent les possibilités de modélisation de l'IHM. La prise en compte des aspects situés de l'activité, par exemple, nécessitent une approche analytique de modélisation et la construction d'un observatoire pour recueillir des données sur l'expérience de l'acteur humain. La construction de simulations, par une modélisation synthétique, nécessite par contre de limiter le domaine modélisé à des interactions types et à négliger les cas particuliers.

La méthode et les formats à choisir dépendent du but poursuivi. La complémentarité des deux méthodes incite finalement à leur articulation qui permet par exemple de construire des simulations qui respectent la perspective de l'acteur, facteur important de l'organisation de l'IHM.

Références

- [1] Maturana, H., Varela, F. L'arbre de la connaissance. Paris: Addison-Wesley France (1994).
- [2] Theureau, J. Dynamic, living, social and cultural complex systems: principles of design-oriented analysis. In: Benchekroun H. et Salembier P. Cooperation and Complexity. Paris: Hermes (2003).
- [3] Dreyfus, H. L'intelligence artificielle, mythes et légendes. Flammarion (1984).
- [4] Suchman, L.A. Plans and situated actions. Cambridge University press (1987).
- [5] Haué, J.B. Intégrer les aspects situés de l'activité dans une ingénierie cognitive centrée sur la situation d'utilisation, @ctivités, 1 (2), 170-194. <http://www.activites.org/v1n2/haue.pdf> (2004).
- [6] Theureau, J. Le cours d'action : méthode élémentaire. Toulouse : Octarès, 2e édition remaniée (2004).
- [7] Bonneau, D., Brisson, G., Lorteau, S. Le procédé PROSPECT ou comment spécifier un système interactif ? Rapport No HE-78/03/009. Clamart: EDF R&D (2003).