

**La conception : de la résolution de problèmes à la
construction de représentations [Design: From problem
solving to the construction of representations]**

Willemien Visser

► **To cite this version:**

Willemien Visser. La conception : de la résolution de problèmes à la construction de représentations [Design: From problem solving to the construction of representations]. Le travail humain, Presses Universitaires de France, 2009, Les activités de conception : créativité, coopération, assistance, 72 (1), pp.61-78. <10.3917/th.721.0061>. <inria-00410401>

HAL Id: inria-00410401

<https://hal.inria.fr/inria-00410401>

Submitted on 20 Aug 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ce texte est un Pre-print de
Visser, W. (2009). La conception : de la résolution de problèmes à la construction de représentations. *Le Travail Humain*, 72(1), 61-78.
cf. <http://www.cairn.info/revue-le-travail-humain-2009-1-p-61.htm>
I.S.B.N.9782130573227
doi: 10.3917/th.721.0061

La conception : de la résolution de problèmes à la construction de représentations

Design: From problem solving to the construction of representations

Willemien VISSER

LTCI (Laboratoire commun en Traitement et Communication de l'Information), UMR 5141
CNRS-TELECOM ParisTech

INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique, France)

willemien.visser@TELECOM-ParisTech.fr

Résumé. De nombreuses publications d'orientation cognitiviste sur la conception véhiculent la présupposition, explicitée ou non, qu'il est possible de parler de "la" conception, indépendamment de sa situation de mise en oeuvre. Dans cet esprit, Goel et Pirolli (1989) ont proposé le concept de "conception générique". Nous proposons ici un double développement des propositions des deux auteurs : d'abord une extension de la vue sur la conception effectuée par divers auteurs dans des études sur la conception, notamment dans le domaine de l'ergonomie cognitive de la conception ; ensuite un changement de perspective sur la conception, qui consiste à analyser celle-ci comme une activité de construction de représentations, plutôt qu'une activité de résolution de problèmes, approche héritée de Simon (1969/1996).

Mots clés. Conception générique; *Cognitive design research*; Ergonomie cognitive de la conception; représentation; résolution de problèmes

Abstract. Based on Simon (1969/1996)'s approach to design, Goel and Pirolli (1989) defended that design is a generic activity: There are both significant similarities between the design activities implemented in different situations and crucial differences between these and other cognitive activities. The text extends this position in two directions. We present the perspective on design in today's cognitive design research, and introduce our view of design as a construction of representations.

Simon's view of design as a standard problem-solving activity has been transformed in many cognitive design studies. His discussion of design problems as ill-structured has been elaborated upon. Design involves complex problems that are rarely decomposable into independent sub-problems. Designers often tend to generate, at the very start of a project, a few simple objectives to create an initial solution kernel to which they then are going to stick. However, rather than one, "correct" solution, design problems have several, more or less satisfying solutions. Problem analysis and solution elaboration progress in parallel, rather than in separate, successive stages. Design problems and solutions lack preexisting, objective evaluation criteria. Reuse is a fundamental strategy. The opportunistic organisation of design continues to be under discussion. According to our view, designing consists in specifying an artefact (the artefact product), given requirements that indicate one or more functions to be fulfilled, and needs and goals to be satisfied by the artefact. At a cognitive level, this specification activity consists of constructing representations of the artefact until they are so precise, concrete, and detailed that the resulting representations specify explicitly and completely the implementation of the artefact product. This construction proceeds through three types of activities : Generating, transforming, and evaluating.

Keywords: Generic design; cognitive design research; cognitive ergonomics of design; representation; problem solving

INTRODUCTION

De nombreuses publications en *cognitive design studies* (domaine qui englobe, mais dépasse celui de l'ergonomie cognitive de la conception¹) présentent, dans leur introduction, "la" conception, en la caractérisant comme, par exemple, une activité de résolution de problèmes mal définis ou de recherche de compromis, avec plusieurs solutions satisfaisantes possibles plutôt qu'une seule solution correcte. Une présupposition commune à ces présentations semble être que les mises en œuvre de la conception dans différentes situations (tâches, domaines de pratique, disciplines) partagent ces caractéristiques et qu'il est possible de parler de "la" conception indépendamment des situations de sa mise en œuvre. Sur la base de l'approche de la conception de Simon (1969/1996), Goel et Pirolli (1989) ont explicitement défendu l'hypothèse de la "conception générique". Nous présentons ici un double développement des idées de ces auteurs.

La structure du texte est la suivante. La première section présente l'hypothèse de la conception générique et les caractéristiques attribuées à celle-ci. Nous examinons comment la conception de Simon (1969/1996) a été étendue et modulée en *cognitive design research*. La seconde section présente notre proposition, qui présente un changement de perspective sur la conception. Nous analysons la conception comme une activité de construction de représentations—plutôt qu'une activité de résolution de problèmes, approche héritée de Simon (Visser, 2006a, 2006b).

Ce texte ne traite pas des spécificités de la conception collaborative, qui est abordée par F. Darses dans ce numéro spécial. La conception individuelle y joue bien sûr un rôle important (Visser, 1993, 2002a), mais une partie essentielle se fait à travers l'interaction entre concepteurs—ce qui emmène à des activités et structures représentationnelles particulières.

II. LA CONCEPTION GÉNÉRIQUE : DE L'APPROCHE DE SIMON VERS L'APPROCHE ADOPTÉE AUJOURD'HUI EN ERGONOMIE COGNITIVE

A partir des années 1980, des auteurs ont commencé à caractériser la conception comme une activité cognitive, notamment en mettant en lumière les différences avec la conception présentée jusque-là dans les modèles prescriptifs qui sous-tendaient les méthodes de conception (par exemple, Pahl & Beitz, 1977/1996). S'est ainsi développée la *cognitive design research*.

¹ Les deux termes ne sont donc pas interchangeables. Ne voyant pas de traduction réussie pour "cognitive design studies", nous le maintenons dans ce texte.

Pendant de nombreuses années, Simon a constitué la référence dans ce domaine, notamment à travers son ouvrage *The Sciences of the Artificial* (1969/1996)² et l'article "The structure of ill-structured problems" (1973/1984). Représentant du point de vue cognitiviste sur la conception, Simon se situe dans le cadre plus large du paradigme du Traitement Symbolique de l'Information (TSI).

Ce paradigme, qui depuis les années 1960 a fourni le schéma de base pour les recherches dans le domaine de la résolution de problèmes, a été élaboré par Newell et Simon (1972) sur la base de nombreuses études expérimentales. Le travail de Simon sur la conception est toutefois de nature analytique (Simon, 1969/1996, 1971/1975, 1973/1984). À une ou deux exceptions près (Kim, Javier-Lerch, & Simon, 1995), Simon n'a pas engagé d'études empiriques sur la conception—contrairement à d'autres auteurs ayant adopté son approche dans les premières *cognitive design studies*, tels que Reitman (1964, composition musicale) et Eastman (1969, conception architecturale). D'autres auteurs ont globalement adopté le cadre théorique de Simon (1969/1996), tout en le modifiant partiellement : Lebahar (1983), Akin (1986a, 1986b), Goel et Pirolli (1994, 1992), Hamel (1995) et Baykan (1996).

Nous avons cherché à comprendre les adhésions (assez) strictes au cadre TSI en *cognitive design research*. Sur la base d'une analyse de quinze études empiriques sur la conception, nous avons proposé l'hypothèse explicative que cette adoption est due au recueil de données dans des situations artificiellement circonscrites, de laboratoire ou autres (Visser, 1994).

L'approche de Simon (1969/1996) a évoqué d'autres réactions critiques. À partir des années 1980, des auteurs de diverses disciplines—sciences humaines et sociales, mais aussi ingénierie et intelligence artificielle—ont proposé des paradigmes différents. Plusieurs chercheurs ont analysé la conception en termes de "situativité" et "pratique réflexive" (Bucciarelli, 1988 ; Dorst & Dijkhuis, 1995 ; Gero, 1998 ; Schön, 1983). Ils ont critiqué le paradigme TSI notamment pour son analyse de la conception en termes de résolution de problèmes et pour le caractère "hors contexte" amené par ses fondements dans des études de laboratoire.

L'hypothèse de la conception générique. De nombreuses publications d'orientation cognitiviste sur la conception caractérisent "la" conception comme une activité cognitive spécifique qui est

² Traduction française : Simon (1969/1974).

indépendante des situations de sa mise en œuvre. Partant de l'approche de Simon (1969/1996), Goel et Pirolli (1989) ont proposé le concept de "conception générique" pour renvoyer à un double constat fondé sur la comparaison qu'ils ont effectuée entre tâches de résolution de problèmes de conception (architecture, ingénierie mécanique et conception de matériel d'instruction) et d'autres tâches de résolution de problèmes (cryptarithmétique et tâche de logique Moore-Anderson) :

- il existe des similitudes entre les activités cognitives mises en œuvre dans différentes tâches de conception ;
il y a des différences entre les activités cognitives mises en œuvre dans la conception et dans d'autres tâches de résolution de problèmes.

Nous nous focalisons sur le premier point : les similitudes.

Même si Goel et Pirolli (1989) sont une référence fréquente en *cognitive design research*, leurs travaux n'ont pas été poursuivis. Peu d'études empiriques ont examiné les "similitudes" et "différences" qu'ils ont posées. A notre avis, les auteurs eux-mêmes sont restés prisonniers du cadre artificiellement restreint tracé par Simon. Leur approche peut être critiquée sur au moins deux points. D'une part, des faiblesses dans le choix des tâches de non-conception affaiblissent considérablement leur caractérisation de la conception. Les auteurs qualifient la conception de non-X par opposition aux tâches de non-conception qui sont X. Premièrement, celles-ci étaient des jeux artificiels, de courte durée. Deuxièmement, l'étude a pris "à dessein deux points aux extrémités du spectre des types de problèmes", des tâches de conception mal structurées et des tâches de jeu parfaitement structurées (Goel, 1994, p. 71). Goel estime que "compte tenu du fait que [Goel et Pirolli] ont trouvé des différences intéressantes, il serait instructif d'étudier [...] les points intermédiaires dans l'espace" (*ibid.*)—étude qui n'a jamais été réalisée, à notre connaissance. D'autre part, la conception elle-même a aussi été examinée dans des tâches artificiellement restreintes dont la généralisation à la conception ne nous paraît pas évidente. Il s'agissait de tâches qui simulaient des exercices de croquis de conception qui [étaient] une partie intégrante du programme de formation dans de nombreuses disciplines de conception.

Dans le reste de cette section, nous présentons comment, à travers de nombreuses études sur la conception, notamment dans le domaine de l'ergonomie cognitive, différents auteurs ont étendu la

vue de Simon (1969/1996) et, ainsi, l'approche de "la" conception défendue par Goel et Pirolli (1989). Cette présentation se fera par le biais d'une liste de onze caractéristiques (de II.1 à II.11), traduisant la vue qui, à la fin des années 90, prédominait en *cognitive design research*—même s'il restait des caractéristiques sur lesquelles différentes positions étaient adoptées (notamment II.11). Concernant seulement deux caractéristiques, les auteurs en sont restés à la position de Simon (1969/1996) (II.1 et II.5). Pour la plupart des autres, ils ont étendu celle-ci (II.3, II.6, II.7, II.8, II.9 et II.10). Pour quelques-uns, ils ont révisé considérablement la position de Simon (II.2, II.4, et II.11).

II.1. LA CONCEPTION COMME UNE ACTIVITE COGNITIVE PLUTOT QU'UN STATUT PROFESSIONNEL

Simon est un précurseur quand il énonce dans la première édition des *Sciences of the Artificial* (Simon, 1969/1996) que la conception n'est pas une activité propre à des ingénieurs. Il s'agit d'un type particulier d'activité cognitive qui n'est pas réservée à des personnes dont la profession est "concepteur". Aujourd'hui, cette position est adoptée par la plupart des chercheurs en ergonomie cognitive de la conception, qui définissent une activité en termes des structures cognitives mises en œuvre plutôt qu'en termes du statut—socioprofessionnel ou autre—de la personne qui les réalise.

II.2. LA CONCEPTION COMME UNE ACTIVITE DE RESOLUTION DE PROBLEMES "ORDINAIRE"

Pour Simon, la caractéristique fondamentale de la conception est d'être une activité de résolution de problèmes qui n'a "rien de spécial" (Klahr & Simon, 2001). Pour traiter les problèmes de conception, on a besoin d'introduire "aucun composant qualitativement nouveau" dans les mécanismes généraux de résolution de problèmes (Simon, 1973/1984)—même si Simon "admet" que la logique standard doit être adaptée à la recherche d'éléments de solutions alternatives. Toutefois, il n'a effectué d'études empiriques sur aucune activité de la vie réelle, encore moins sur des tâches professionnelles. C'est depuis une quinzaine d'années que la recherche sur la conception dans des situations professionnelles est devenue relativement répandue.

Nous avons formulé des réserves relatives à l'approche de Simon, entre autres concernant ce point (Visser, 2006a). Formellement, la conception est bien sûr une activité de "résolution de problèmes". Pour de nombreux composants d'une tâche de conception, les concepteurs sont

souvent incapables de récupérer une réponse prédéfinie en mémoire : pour arriver à une solution, ils doivent construire de nouvelles procédures (Détienne, 1998 ; Gilmore, Winder, & Détienne, 1994 ; Visser, 1992). L'analyse de la conception en termes de construction de représentations (présentée dans la section suivante) permet, de notre point de vue, de mieux rendre compte de la richesse des activités et structures représentationnelles mises en œuvre dans cette activité.

II.3. PROBLEMES DE CONCEPTION : PROBLEMES "MAL DEFINIS" ?

Dès les premières études d'inspiration cognitiviste sur la conception (Eastman, 1969, 1970 ; Reitman, 1964 ; Thomas & Carroll, 1979/1984 ; Voss & Post, 1988), le caractère "mal défini" a été considéré comme typique des problèmes de conception—et continue à l'être (Michalek & Papalambros, 2002 ; Ormerod, 2005). Reitman (1964) note que, dans ces problèmes, l'état-but est le seul composant fourni explicitement en général—mais il est plus ou moins "mal défini" ("mal structuré" selon Simon, 1973/1984). Les spécifications d'un projet de conception le spécifient habituellement à un niveau abstrait, par sa fonction et/ou par quelques contraintes. L'état initial et les opérateurs sont presque toujours sous-spécifiés et donc mal définis.

Simon (1973/1984) est présenté, en général, comme la référence quand il s'agit des problèmes "mal définis". Même s'il était en effet l'un des premiers auteurs à discuter le caractère structuré des problèmes de conception dans son célèbre article "The Structure of Ill-Structured Problems" (1973/1984), il ne le considérait pas spécifique d'une classe de problèmes : pour beaucoup de problèmes traités comme bien structurés, il serait plus approprié de les considérer comme mal structurés. Selon Simon, un problème d'échecs, par exemple, n'est pas mieux structuré qu'un problème de conception architecturale.

Pour Simon, on ne peut caractériser un problème bien structuré qu'en termes d'une liste de conditions spécifiques. Un problème est alors mal structuré s'il ne satisfait pas un certain nombre de ces conditions. Pour la conception architecturale, par exemple, des conditions non remplies sont :

- un critère défini et un processus automatisable pour tester toute proposition de solution ;
- un ou plusieurs espaces de problème pour représenter les états atteints, visés ou envisageables au cours de la résolution ;

- un ou plusieurs espaces de problème pour représenter toute connaissance que l'on peut acquérir sur le problème ;
- la possibilité de définir avec une totale exactitude les changements dans le monde que l'artéfact peut amener.

Reprenant des attributs des problèmes qualifiés par Rittel et Webber (1973/1984) de "wicked" (pernicieux), certains auteurs ont étendu la liste des caractéristiques des problèmes mal définis. Ainsi, ils considèrent que ces problèmes sont fondamentalement uniques et n'ont pas de formulation définitive—chaque formulation correspondant à au moins une solution— et qu'il n'y a pas de classes de problèmes, de sorte qu'il n'y a pas de principes de solution applicables à tous les membres d'une classe éventuelle.

II.4. RESOLUTION D'UN PROBLEME MAL STRUCTURE EN DEUX ETAPES : LE STRUCTURER, LE RESOUDRE

Simon (1969/1996, 1973/1984) distingue deux étapes dans la résolution de tout problème. D'abord, on le structure, ensuite on résout le problème bien structuré qui en résulte. Simon (1973/1984) note que la structuration demande une proportion importante d'effort par comparaison à sa résolution.

De nombreux auteurs ont adopté cette vue en deux étapes (aussi qualifiées de "construction de représentation de problème" et de "génération de solution"), certains ajoutant une troisième étapes : l'évaluation de solution.

Différentes études empiriques ont montré que, dans le cas de projets de conception réels, ce n'est qu'en théorie que l'on peut différencier l'analyse du problème et l'élaboration de solutions en activités séparées, consécutives. En réalité, ces activités progressent en parallèle. En outre, les concepteurs génèrent sans cesse de nouvelles tâches et redéfinissent les contraintes de leur tâche : ils "restructurent" le problème. Même s'ils ont connaissance d'une méthodologie qui distingue l'analyse de la synthèse, ils ne la suivent que rarement de façon systématique (Akin, 1979/1984 ; Carroll & Rosson, 1985 ; Cross, 1984 ; Dasgupta, 1989 ; Dorst & Cross, 2001 ; Visser, 1987).

II.5. LA CONCEPTION COMME UNE ACTIVITE DE RECHERCHE DE COMPROMIS (*SATISFICING*)

Plutôt que de chercher la solution optimale qui soit la meilleure de toutes les solutions possibles, les concepteurs cherchent des solutions acceptables et satisfaisantes (Simon, 1987/1995). Cette recherche de compromis (*satisficing*) qui consiste à "se contenter de ce qui est suffisamment bon" (Simon, 1971/1975, p. 1) est utilisée quand on ne peut pas disposer de toute l'information : un concepteur ne peut ni envisager toutes les solutions possibles, ni prendre en considération toutes les éventualités.

Cette vue de la conception est adoptée de façon unanime en *cognitive design research*. La recherche de compromis a été observée par divers auteurs (Ball, Lambell, Reed, & Reid, 2001). D'après Akin (2001), les concepteurs varient toutefois selon leur discipline : alors que des architectes y procèdent en effet, des concepteurs en ingénierie adoptent des méthodes plus "objectives" dans leur sélection parmi les possibles (par exemple, de l'optimisation).

II.6. LES PROBLEMES DE CONCEPTION : DES PROBLEMES COMPLEXES

Simon considère la décomposition comme une stratégie importante de résolution de problèmes. On constate, cependant, qu'un problème de conception est rarement décomposable en sous-problèmes indépendants. Un concepteur décompose évidemment ses problèmes pour les rendre plus gérables et plus faciles à résoudre. Nous considérons toutefois que Simon et de nombreux chercheurs qui le suivent surestiment le rôle de la décomposition systématique, en particulier à travers le raffinement balancé en étapes. Les concepteurs y procèdent rarement dans des projets de conception non-routiniers. Sur ce point également, la discipline introduit des variations selon Akin (2001) : les architectes utilisent des stratégies idiosyncrasiques pour décomposer les problèmes en sous-problèmes et pour intégrer leurs solutions ensuite dans une solution globale, alors qu'en conception de matériel électronique ou conception mécanique, l'interaction entre les différentes parties est déterminée de façon théorique et guide la décomposition de façon systématique.

II.7. SOLUTIONS PRECOCES

Les concepteurs génèrent souvent, au tout début d'un projet, un noyau de solution auquel ils restent fidèles dans l'élaboration de leur solution globale. De nombreux auteurs (Kant, 1985 ;

Lawson, 1994 ; Ullman, Dietterich, & Stauffer, 1988) ont identifié ce "générateur primaire" (Darke, 1979/1984), objet de "fixation précoce" pour les concepteurs (Ball, Evans, & Dennis, 1994 ; Goel, 1995). Visser (2006a) a fait valoir que cette approche en termes de fixation précoce est moins évidente qu'il n'y paraît pour la conception en général et mérite d'être examinée de plus près dans des études empiriques sur la conception professionnelle.

II.8. PLUSIEURS SOLUTIONS SATISFAISANTES PLUTÔT QU'UNE SEULE SOLUTION CORRECTE

Plutôt qu'une seule "bonne" solution, des problèmes de conception ont plusieurs solutions acceptables. Cette caractéristique des problèmes de conception, liée à leur caractère mal défini qui font l'objet de recherche de compromis, a été observée dans divers domaines tels que l'architecture (Eastman, 1970), la conception mécanique (Frankenberger & Badke-Schaub, 1999), la conception de logiciels (Malhotra, Thomas, Carroll, & Miller, 1980) ou l'aménagement de carrefours à feu (Bisseret, Figeac-Letang, & Falzon, 1988).

II.9. ÉVALUATION DE SOLUTIONS EN L'ABSENCE DE CRITÈRES PRÉEXISTANTS

Il y a peu de références préexistantes, objectives pour l'évaluation d'un projet de conception (Bonnardel, 1991 ; Ullman et al., 1988). Les critères et les procédures d'évaluation font d'ailleurs eux-mêmes aussi l'objet d'évaluations (D'Astous, Détiéne, Visser, & Robillard, 2004). Ils sont des formes de connaissance et l'expertise des concepteurs influe sur les critères que ceux-ci adoptent et sur leur utilisation (D'Astous et al., 2004). Étant donné que, dans une situation de conception collaborative, les concepteurs ont généralement des représentations différentes du projet, les propositions de solution font l'objet de négociations et l'accord final sur une solution résulte souvent de compromis (Martin, Détiéne, & Lavigne, 2001).

II.10. REUTILISATION DE CONNAISSANCES

La réutilisation de connaissances à travers un raisonnement analogique est une stratégie fondamentale en conception (Burkhardt, Détiéne, & Wiedenbeck, 1997 ; Détiéne, 1998 ; Maiden, 1991 ; Sutcliffe & Maiden, 1991 ; Visser, 1999). Cette utilisation de connaissances résultant de projets de conception antérieurs spécifiques se combine avec celle de connaissances génériques, notamment au sujet de méthodes de conception, du domaine d'application et des

domaines techniques qui sous-tendent le projet. Même si elle a été observée aussi dans des études expérimentales, la réutilisation est typique de concepteurs professionnels.

II.11. ORGANISATION OPPORTUNISTE DE L'ACTIVITE DE CONCEPTION

L'activité de conception a une organisation opportuniste : les concepteurs procèdent d'une façon non systématique, multidirectionnelle (ici de haut-en-bas, là de bas-en-haut ; parfois en largeur d'abord, d'autres fois en profondeur d'abord), en formulant des plans locaux, aussi bien à des niveaux abstraits qu'à des niveaux concrets. Selon Visser (1987), une telle organisation de l'activité est motivée par un souci d'"économie cognitive". Pour satisfaire ce besoin, le concepteur essaye de profiter des données à sa disposition, particulièrement sa représentation du projet en progression et des informations à son sujet.

Les avis divergent sur cette caractéristique (Visser, 2006a). Notamment Davies (1991) et Ball et Ormerod (1995) adoptent d'autres positions. Selon Davies, "des programmeurs experts adoptent, concernant leur tâche de programmation, une approche largement de haut-en-bas, au moins pendant les phases initiales" (1991, p. 1861). De nombreuses observations (Guindon, Krasner, & Curtis, 1987 ; Kant, 1985 ; Ullman et al., 1988 ; Visser, 1987 ; Voss, Greene, Post, & Penner, 1983) montrent, toutefois, que, même si des concepteurs procèdent souvent de haut-en-bas, (1) ils procèdent aussi de bas-en-haut, (2) une telle approche est souvent occasionnelle et locale, plutôt que systématique à travers tout le processus de conception, et (3) les deux approches sont généralement encore entremêlées — et ceci est exactement l'une des formes que l'opportunisme peut revêtir.

Davies (1991) qualifie la conception comme "largement de haut-en-bas avec des épisodes locaux opportunistes". Nous la caractérisons d'"opportuniste, avec des épisodes hiérarchiques" (Visser, 1994), suivant en cela Hayes-Roth et Hayes-Roth (1979), qui analysent le raffinement systématique comme un cas spécial d'opportunisme. Celui-ci permet des structures organisationnelles diverses de l'activité, plutôt qu'une seule ou même une combinaison de deux structures. Une activité peut avoir des épisodes hiérarchiques à un niveau local, tandis que son organisation globale n'est pas hiérarchique (Visser, 1994).

III. LA CONCEPTION COMME UNE CONSTRUCTION DE REPRESENTATIONS

A l'occasion du colloque en honneur de Herbert Simon, *The Sciences of Design. The Scientific Challenge for the 21st Century* (Visser, 2002b), nous avons engagé une réflexion sur la conception que Simon a de la conception. Elle nous a conduits à envisager celle-ci, plutôt que comme une activité de résolution de problèmes, comme une activité de construction de représentations—internes et externes, privées et utilisées conjointement³—à travers l'utilisation de différents systèmes sémiotiques, notamment, des modalités verbale, graphique et gestuelle (interaction multimodale) (Traverso & Visser, 2003 ; Visser & Détienne, 2005).

Cette section présente notre approche de la conception. Nous définissons la conception et présentons ses deux éléments centraux : les structures représentationnelles et les activités qui s'exercent sur elles. Comme la littérature en *cognitive design research* offre bien plus de discussions sur les structures que sur les activités représentationnelles, nous entrerons davantage en détail pour celles-ci.

III.1. DEFINITION DE LA CONCEPTION

La conception consiste à spécifier un artéfact (l'artéfact produit), à partir de spécifications de départ qui indiquent—en général de façon ni explicite, ni exhaustive—les fonctions à remplir par l'artéfact, ainsi que les besoins et buts qu'il doit satisfaire, étant donné certaines conditions (exprimées par des contraintes). Au plan cognitif, cette activité de spécification consiste à construire des représentations de l'artéfact à concevoir—elles-mêmes aussi des artéfacts—jusqu'à ce que ces représentations soient si précises, concrètes et détaillées qu'elles spécifient complètement et explicitement la réalisation de l'artéfact produit (spécifications de réalisation) (Visser, 2006a).

Cette construction est itérative et conduit à de nombreuses représentations intermédiaires. La différence entre les artéfacts finaux et intermédiaires (des représentations) est une question de degré de spécification, complétude et abstraction (concrétisation et précision) (cf. Goel, 1995).

³ Nous distinguons les représentations personnelles des concepteurs travaillant ensemble qui sont "privées" et les représentations que ces concepteurs utilisent conjointement.

Les deux types de spécifications étant des représentations, l'activité de conception consiste en la transformation d'une représentation en une autre, où les deux sont de nature différente, mais représentent le "même" artefact. Pour être plus précis, toutefois, la représentation de départ représente un grand nombre d'artefacts produits tandis que la représentation finale est censée n'en représenter qu'un seul. En réalité, la représentation finale d'un projet de conception laisse encore beaucoup d'espace à la réalisation de l'artefact produit.

III.2. STRUCTURES REPRESENTATIONNELLES

La notion de "représentation" a fait l'objet de beaucoup de débats en sciences cognitives (Goel, 1995 ; Greco, 1995 ; Representation, 1995). Dans notre vision de la conception, construction et utilisation de représentations sont centrales dans cette activité.

Dans les travaux sur les représentations en conception, il s'agit généralement de représentations externes (Goel, 1995 ; Purcell, 1998 ; Verstijnen, Heylighen, Wagemans, & Neuckermans, 2001 ; Verstijnen, van Leeuwen, Goldschmidt, Hamel, & Hennessey, 1998). Les concepteurs utilisent évidemment aussi des représentations internes, telles que des percepts, images mentales et modèles mentaux.

Divers auteurs soulignent que l'"ambiguïté" de certaines représentations externes utilisées par les concepteurs, telle que l'esquisse (Goel, 1995), a une fonction essentielle en conception, à savoir que ces représentations peuvent être imprécises et provisoires. Stacey et Eckert (2003) soulignent, toutefois, qu'il faut distinguer ces deux caractéristiques car ce n'est pas le caractère imprécis d'une représentation qui est salutaire, mais son caractère provisoire.

III.3. ACTIVITE DE CONSTRUCTION DE REPRESENTATIONS

Nous distinguons trois types d'activité de construction de représentations : génération, transformation et évaluation. De nombreuses autres activités, opérations et processus interviennent dans ces activités. Quelques exemples en sont la (ré)interprétation, l'association, l'analyse, l'exploration, l'inférence, la restructuration, la combinaison, la formulation d'hypothèses, la justification, le raisonnement analogique — et dans d'autres registres, d'une part, l'imagerie mentale et, d'autre part, le dessin.

Même s'il est simpliste de qualifier d'"analyse" la première "étape" dans un processus de conception, cette forme d'interprétation correspond bien à une activité centrale dans les premières phases d'un projet de conception. L'analyse des contraintes données dans les spécifications de départ, par exemple, est essentielle pour désambiguïser celles-ci. Analyser l'état du projet tel qu'il est au moment t peut être un moyen d'y introduire du détail ou du concret. Avec sa connotation logique, la notion n'est, toutefois, pas bien appropriée pour traduire la seule ou même la principale activité dans les premières phases de conception. Il faudra aussi des activités non-algorithmiques, comme l'interprétation, l'association ou l'exploration.

Le raisonnement analogique joue un rôle important dans les trois activités de construction. Il sous-tend la réutilisation (Visser, 1999). Il intervient dans l'interprétation des problèmes mal définis et peut conduire à l'évocation d'idées "intéressantes" (comme l'évocation de caténaïres pour trouver des principes de déploiement d'antennes de satellite ; Visser, 1991). Il joue un rôle organisateur et facilitateur quand le concepteur l'utilise pour exploiter des problèmes déjà résolus, en adaptant leur solution (par exemple, adapter la définition d'un poste d'ébauche pour celle du poste de finition ; Visser, 1996).

Bien sûr, le concepteur fait aussi appel à l'inférence. La déduction est utilisée cependant dans une bien moindre mesure que l'induction. Par exemple, Goel(1995) n'identifie que 1,3% d'"inferences (ouvertement) deductives" dans ses protocoles de conception.

Plusieurs auteurs présentent la restructuration et la combinaison (synthèse) de représentations comme essentielles dans le processus créatif. Elles constituent des outils pour la réinterprétation. Verstijnen et al. (1998, 2001) montrent que, de façon différente, chacune peut conduire un concepteur à introduire de nouveaux éléments dans sa représentation courante.

Le dessin (esquisse et autres formes) intervient dans différentes activités. Il peut servir l'analyse, la restructuration et la simulation. Dans l'interaction, il peut contribuer à informer ou expliquer. Le dessin relativement non structuré qu'est le croquis peut donner au concepteur accès à des connaissances inaccessibles autrement et conduire à de nouveaux points de vue sur le projet en cours. Ceux-ci peuvent même déboucher sur des orientations entièrement nouvelles (cf. Schön & Wiggins, 1992 : "seeing-moving-seeing" ; Suwa, Gero, & Purcell, 1999 : "unexpected discoveries").

III.2.D Génération

Notre distinction entre génération et transformation dépend de ce qui est la principale ressource dans la construction de représentations. S'il s'agit de l'état du projet de conception, nous parlons de "transformation" ; s'il s'agit des connaissances ou de la mémoire à long terme du concepteur, il s'agit de "génération". Toutefois, même dans cette construction "à partir de zéro" (*from scratch*), il y a toujours une influence externe : par exemple, des spécifications de départ et des contributions du "monde extérieur", comme des normes ou des collègues qui formulent des avis, des suggestions ou d'autres contributions.

La génération peut être mise en œuvre par différents types de processus et opérations : de la "simple" évocation de connaissances en mémoire à l'élaboration de nouvelles représentations à partir d'unités de connaissance sans lien immédiat avec la tâche en cours (Visser, 1991). Le raisonnement analogique et la mise en œuvre d'autres sauts non-déterministes (Johnson-Laird, 1989) peuvent jouer un rôle important.

III.2.E Transformation

Nous avons proposé une distinction entre différentes activités selon le type de transformation entre représentation de départ r_x et représentation d'arrivée r_y (Visser, 2006a) :

- dupliquer (Goel, 1995) : répliquer ou reformuler r_i .
- ajouter : introduire de l'information nouvelle ou de "petites altérations" en r_i (Van der Lugt, 2002).
- détailler : découper r_i en composants r_{i1} à r_{in} .
- concrétiser : transformer r_i en r_i' qui représente r_i d'une perspective plus concrète.
- modifier : transformer r_i dans une autre version r_i' , ni en le détaillant, ni en le concrétisant.
- révolutionner : remplacer r_i par une représentation alternative r_j , ni en le détaillant, ni en le concrétisant (cf. les "transformations tangentielles" proposées par Van der Lugt, 2002, qui sont des "sauts sauvages dans une autre direction").

III.2.F Evaluation

Selon les méthodologies traditionnelles de conception, la génération et l'évaluation de solutions sont deux étapes différentes dans un projet de conception. Cependant, des études empiriques ont montré que les deux sont fortement intriquées (Visser, 1994). Par ailleurs, dans une étude conduite sur des concepteurs pendant des réunions de revue technique, nous avons observé que les concepteurs qui n'étaient pas censés faire de la conception mais seulement de l'évaluation, en faisaient quand même (D'Astous et al., 2004). Ils ne prenaient pas seulement note de l'évaluation négative qu'ils portaient sur certaines solutions, mais formulaient aussi des solutions alternatives pour celles-ci.

Evaluer une entité consiste à la jauger vis-à-vis d'une ou plusieurs références. Selon la source de celles-ci, les chercheurs distinguent en différents types : prescrites, construites ou déduites (Bonnardel, 1991 ; Ullman et al., 1988). Selon l'utilisation qui en est faite, ils distinguent trois types de stratégies d'évaluation (Bonnardel, 1991 ; Martin et al., 2001) : analytique, comparative ou analogique.

Comme souligné plus haut (section II.9), l'utilisation de références pour l'évaluation a beaucoup d'aspects subjectifs et relatifs. Le point de vue des concepteurs sur les références tout comme les stratégies qu'ils adoptent dépendent de leurs connaissances et représentations. Ils construisent et déduisent différentes références, et considèrent différentes contraintes comme "prescrites". De façon équivalente, les connaissances et représentations influent sur leurs stratégies : elles guideront, par exemple, les comparaisons ou analogies établies.

IV. CONCLUSION

L'objet de cet article était un double développement en *cognitive design research*, le premier interne à l'approche de la conception comme résolution de problèmes (position introduite par Simon, 1969/1996), le second la transition de cette approche vers la construction de représentations (Visser, 2006a). Parmi les onze caractéristiques de la conception élaborées à partir des analyses de Simon sur lesquelles il existe un accord plus ou moins général dans la communauté, un nombre important vaut pour les deux positions : l'approche de la conception comme une activité cognitive plutôt qu'un statut professionnel et comme une activité de recherche de compromis, l'importance du caractère mal défini des spécifications (le "problème"), du caractère complexe des éléments d'un projet de conception, de la fixation par le concepteur sur

des idées précoces, du caractère "satisfaisant" au lieu de "correct" des propositions avancées, de l'évaluation de celles-ci devant se faire en l'absence de critères préexistants et de la réutilisation de connaissances. Le caractère opportuniste de l'organisation de l'activité de conception reste une question sous débat.

Dans la seconde section, nous avons défini la conception comme une activité qui consiste à spécifier un artéfact, étant donné les spécifications de départ de celui-ci, en générant et transformant des représentations de façon continue. Cette approche qui met l'accent sur les aspects constructifs de l'activité et sur l'importance de différentes formes de représentations permet, à notre avis, de rendre mieux compte de la richesse des activités et structures cognitives mises en œuvre dans la conception.

V. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akin, Ö. (1979/1984). An exploration of the design process. In N. Cross (Ed.), *Developments in design methodology* (pp. 189-207). Chichester, England: Wiley (Originally published in *Design Methods and Theories*, 1979, 13 (3/4), 115-119).
- Akin, Ö. (1986a). A formalism for problem restructuring and resolution in design. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 13, 223-232.
- Akin, Ö. (1986b). *Psychology of architectural design*. London: Pion.
- Akin, Ö. (2001). Variants in design cognition. In C. Eastman, M. McCracken & W. Newstetter (Eds.), *Design knowing and learning: Cognition in design education* (pp. 105-124). Amsterdam: Elsevier.
- Ball, L. J., Evans, J. S. B. T., & Dennis, I. (1994). Cognitive processes in engineering design: A longitudinal study. *Ergonomics*, 37(11), 1753-1786.
- Ball, L. J., Lambell, N. J., Reed, S. E., & Reid, F. J. M. (2001). The exploration of solution options in design: A 'naturalistic decision making' perspective. In P. Lloyd & H. Christiaans (Eds.), *Designing in Context: Proceedings of the Fifth Design Thinking Research Symposium*. Delft, The Netherlands: Delft University Press.
- Ball, L. J., & Ormerod, T. C. (1995). Structured and opportunistic processes in design: A critical discussion. *International Journal of Human-Computer Studies*, 43, 131-151.
- Baykan, C. A. (1996). Design strategies. In N. Cross, H. Christiaans & K. Dorst (Eds.), *Analysing design activity* (pp. 133-150). Chichester, England: Wiley.
- Bisseret, A., Figeac-Letang, C., & Falzon, P. (1988). Modélisation de raisonnements opportunistes. L'activité des spécialistes de régulation des carrefours à feux. *Psychologie Française*, 33, 161-169.

- Bonnardel, N. (1991). L'évaluation de solutions dans la résolution de problèmes de conception et dans les systèmes experts critiques. In D. Hérim-Aime, R. Dieng, J. P. Regouard & J. P. Angoujiard (Eds.), *Knowledge modeling & expertise transfer* (pp. 371-381). Amsterdam: IOS Press.
- Bucciarelli, L. (1988). An ethnographic perspective on engineering design. *Design Studies*, 9(3), 159-168.
- Burkhardt, J.-M., Détienne, F., & Wiedenbeck, S. (1997). Mental representations constructed by experts and novices in object-oriented program comprehension. In S. Howard, J. Hammond & G. Lindgaard (Eds.), *Proceedings of INTERACT'97* (pp. 339-346). Sydney: Chapman & Hall.
- Carroll, J. M., & Rosson, M. B. (1985). Usability specifications as a tool in iterative development. In H. R. Hartson (Ed.), *Advances in human-computer interaction* (Vol. 1, pp. 1-28). Norwood, NJ: Ablex.
- Cross, N. (1984). Introduction to Part One: The management of design process. In N. Cross (Ed.), *Developments in design methodology* (pp. 1-7). Chichester, England: Wiley.
- D'Astous, P., Détienne, F., Visser, W., & Robillard, P. N. (2004). Changing our view on design evaluation meetings methodology: A study of software technical review meetings. *Design Studies*, 25, 625-655.
- Darke, J. (1979/1984). The primary generator and the design process. In N. Cross (Ed.), *Developments in design methodology* (pp. 175-188). Chichester, England: Wiley (Originally published in *Design Studies*, 1979, 1 (1), 36-44).
- Dasgupta, S. (1989). The structure of design processes. *Advances in Computers*, 28, 1-67.
- Davies, S. P. (1991). Characterizing the program design activity: Neither strictly top-down nor globally opportunistic. *Behaviour & Information Technology*, 10(3), 173-190.
- Détienne, F. (1998). *Génie logiciel et psychologie de la programmation*. Paris: Hermès.
- Dorst, K., & Cross, N. (2001). Creativity in the design process: Co-evolution of problem-solution. *Design Studies*, 22(5), 425-437.
- Dorst, K., & Dijkhuis, J. (1995). Comparing paradigms for describing design activity. *Design Studies*, 16(2), 261-274.
- Eastman, C. (1969). Cognitive processes and ill-defined problems: A case study of design. In D. Walker & L. M. Norton (Eds.), *IJCAI'69* (pp. 669-690). San Mateo, CA: Kaufmann.
- Eastman, C. (1970). On the analysis of intuitive design processes. In G. T. Moore (Ed.), *Emerging methods in environmental design and planning. Proceedings of the First International Design Methods Conference* (pp. 21-37). Cambridge, MA: MIT Press.
- Frankenberger, E., & Badke-Schaub, P. (1999). Special issue on Empirical studies of engineering design in German. Editorial. *Design Studies*, 20(5), 397-400.
- Gero, J. S. (1998). Towards a model of designing which includes its situatedness. In H. Grabowski, S. Rude & G. Grein (Eds.), *Universal design theory* (pp. 47-56). Aachen, Germany: Shaker.
- Goel, V. (1994). A comparison of design and nondesign problem spaces. *Artificial Intelligence in Engineering*, 9, 53-72.

- Goel, V. (1995). *Sketches of thought*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Goel, V., & Pirolli, P. (1989). Motivating the notion of generic design within information-processing theory: The design problem space. *AI Magazine*, 10(1), 18-36.
- Goel, V., & Pirolli, P. (1992). The structure of design problem spaces. *Cognitive Science*, 16, 395-429.
- Greco, A. (1995). The concept of representation in psychology. *Cognitive Systems*, 4(2), 247-255.
- Guindon, R., Krasner, H., & Curtis, B. (1987). Breakdowns and processes during the early activities of software design by professionals. In G. M. Olson, S. Sheppard & E. Soloway (Eds.), *Empirical Studies of Programmers: Second workshop*. Norwood, NJ: Ablex.
- Hamel, R. (1995). *Psychology and design research*. Récupéré le 24 septembre 2008 de http://www.designresearch.nl/PDF/DRN1995_Hamel.pdf
- Hayes-Roth, B., & Hayes-Roth, F. (1979). A cognitive model of planning. *Cognitive Science*, 3, 275-310.
- Johnson-Laird, P. N. (1989). Analogy and the exercise of creativity. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Kant, E. (1985). Understanding and automating algorithm design. *IEEE Transactions on Software Engineering*, SE-11, 1361-1374.
- Kim, J., Javier-Lerch, F., & Simon, H. A. (1995). Internal representation and rule development in object-oriented design. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 2(4), 357-390.
- Klahr, D., & Simon, H. A. (2001). What have psychologists (and others) discovered about the process of scientific discovery? *Current Directions in Psychological Science*, June, 10(3), 75-79.
- Lawson, B. R. (1994). *Design in mind*. London: Butterworth.
- Lebahar, J. C. (1983). *Le dessin d'architecte. Simulation graphique et réduction d'incertitude*. Roquevaire, France: Editions Parenthèses.
- Maiden, N. (1991). Analogy as a paradigm for specification reuse. *Software Engineering Journal*, 3-15.
- Malhotra, A., Thomas, J. C., Carroll, J. M., & Miller, L. A. (1980). Cognitive processes in design. *International Journal of Man-Machine Studies*, 12, 119-140.
- Martin, G., Détienne, F., & Lavigne, E. (2001). *Analysing viewpoints in design through the argumentation process*. Paper presented at Interact 2001, July 9-13, Tokyo, Japan.
- Michalek, J. J., & Papalambros, P. Y. (2002). Interactive design optimization of architectural layouts. *Engineering Optimization*, 34(5), 485-501.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Ochanine, D. (1978). Le rôle des images opératives dans la régulation des activités de travail. *Psychologie et Education*, 3, 63-79.

- Ormerod, T. C. (2005). Planning and ill-defined problems. In R. Morris & G. Ward (Eds.), *The cognitive psychology of planning* (Vol. 1, pp. 53–70). London: Psychology Press.
- Pahl, G., & Beitz, W. (1977/1996). *Engineering design. A systematic approach* (K. M. Wallace, L. Blessing & F. Bauert, Trans. 2nd, enlarged and updated ed.). London: Springer.
- Purcell, T. (Ed.). (1998). Sketching and drawing in design [Special issue]. *Design Studies*, 19(4).
- Reitman, W. (1964). Heuristic decision procedures, open constraints, and the structure of ill-defined problems. In M. W. Shelley & G. L. Bryan (Eds.), *Human judgments and optimality* (pp. 282–315). New York: Wiley.
- Representation [Special issue]. (1995). *Cognitive Systems*, 4(2).
- Rittel, H. W. J., & Webber, M. M. (1973/1984). Planning problems are wicked problems. In N. Cross (Ed.), *Developments in design methodology* (pp. 135-144). Chichester, England: Wiley (Originally published as part of Dilemmas in a general theory of planning, *Policy Sciences*, 1973, 4, 155-169).
- Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. New York: Basic Books.
- Schön, D. A., & Wiggins, G. (1992). Kinds of seeing and their functions in designing. *Design Studies*, 13(2), 135-156.
- Simon, H. A. (1969/1974). *La science des systèmes. Science de l'artificiel* (J.-L. Le Moigne, Trans.). Paris: Epi.
- Simon, H. A. (1969/1996). *The sciences of the artificial* (3rd, rev. ed. 1996; Orig. ed. 1969; 2nd, rev. ed. 1981) (3 ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Simon, H. A. (1971/1975). Style in design. In C. Eastman (Ed.), *Spatial synthesis in computer-aided building design* (pp. 287-309). London: Applied Science Publishers. First published in J. Archea & C. Eastman (Eds.) (1971). *EDRA TWO, Proceedings of the 2nd Ann. Environmental Design Research Association Conference, 1-10, October 1970* (pp. 1-10). Stroudsbury, PA: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. (Version à laquelle nous faisons référence).
- Simon, H. A. (1973/1984). The structure of ill-structured problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181-201. Also in Cross, N. (Ed.). (1984), *Developments in design methodology* (pp. 145-166). Chichester, England: Wiley.
- Simon, H. A. (1987/1995). Problem forming, problem finding, and problem solving in design. In A. Collen & W. W. Gasparski (Eds.), *Design and systems: General applications of methodology* (Vol. 3, pp. 245-257). New Brunswick, NJ: Transaction Publishers. (Text of a lecture delivered to the First International Congress on Planning and Design Theory, Boston, MA, 1987).
- Stacey, M., & Eckert, C. (2003). Against ambiguity. *Computer Supported Cooperative Work*, 12(2), 153-183.
- Sutcliffe, A. G., & Maiden, N. (1991). Analogical software reuse: Empirical investigations of analogy-based reuse and engineering practices. *Acta Psychologica*, 78, 173-197.

- Suwa, M., Gero, J., & Purcell, T. (1999). Unexpected discoveries: How designers discover hidden features in sketches. In J. S. Gero & B. Tversky (Eds.), *Visual and spatial reasoning in design*. Sydney: University of Sydney.
- Thomas, J. C., & Carroll, J. M. (1979/1984). The psychological study of design. *Design Studies*, 1(1), 5-11. Also in Cross, N. (Ed.). (1984). *Developments in design methodology* (pp. 221-235). Chichester, England: Wiley.
- Traverso, V., & Visser, W. (2003). Confrontation de deux méthodologies d'analyse de situations d'élaboration collective de solution. In J. M. C. Bastien (Ed.), *Deuxièmes Journées d'Etude en Psychologie ergonomique - EPIQUE 2003 (Boulogne-Billancourt, 2-3 octobre)*. Rocquencourt: INRIA.
- Ullman, D. G., Dietterich, T. G., & Stauffer, L. A. (1988). A model of the mechanical design process based on empirical data. *AI EDAM*, 2, 33-52.
- Van der Lugt, R. (2002). Functions of sketching in design idea generation meetings. In T. Kavanagh & T. Hewett (Eds.), *Creativity and Cognition 2002*. New York: ACM Press.
- Verstijnen, I. M., Heylighen, A., Wagemans, J., & Neuckermans, H. (2001). *Sketching, analogies, and creativity. On the shared research interests of psychologists and designers*. Paper presented at the 2nd International Conference on Visual and Spatial Reasoning in Design, 17-19 July, Bellagio, Italy.
- Verstijnen, I. M., van Leeuwen, C., Goldschmidt, G., Hamel, R., & Hennessey, J. M. (1998). Sketching and creative discovery. *Design Studies*, 19(4), 519-546.
- Visser, W. (1987). *Abandon d'un plan hiérarchique dans une activité de conception*. Communication au Colloque scientifique MARI 87 Machines et Réseaux Intelligents - COGNITIVA 87, 18-22 mai, Paris.
- Visser, W. (1991). Evocation and elaboration of solutions: Different types of problem-solving actions. An empirical study on the design of an aerospace artifact. In T. Kohonen & F. Fogelman-Soulié (Eds.), *Cognitiva 90. At the crossroads of artificial intelligence, cognitive science and neuroscience* (pp. 689-696). Amsterdam: Elsevier.
- Visser, W. (1992). Designers' activities examined at three levels: Organization, strategies & problem-solving. *Knowledge-Based Systems*, 5(1), 92-104.
- Visser, W. (1993). Collective design: A cognitive analysis of cooperation in practice. In N. F. M. Roozenburg (Ed.), *Proceedings of ICED 93* (Vol. 1, pp. 385-392). Zürich, Switzerland: HEURISTA.
- Visser, W. (1994). Organisation of design activities: Opportunistic, with hierarchical episodes. *Interacting with Computers*, 6(3), 239-274.
- Visser, W. (1996). Two functions of analogical reasoning in design: A cognitive-psychology approach. *Design Studies*, 17, 417-434.
- Visser, W. (1999). Etudes en ergonomie cognitive sur la réutilisation en conception: Quelles leçons pour le raisonnement à partir de cas? *Revue d'Intelligence Artificielle*, 13, 129-154.

- Visser, W. (2002a). Conception individuelle et collective. Approche de l'ergonomie cognitive. In M. Borillo & J.-P. Goulette (Eds.), *Cognition et création. Explorations cognitives des processus de conception* (pp. 311-327). Bruxelles: Mardaga.
- Visser, W. (2002b). *A tribute to Simon, and some —too late— questions, by a cognitive ergonomist*. Invited talk at the International Conference in Honour of Herbert Simon, "The Sciences of Design. The Scientific Challenge for the 21st Century", 15-16 March, Lyon.
- Visser, W. (2006a). *The cognitive artifacts of designing*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Visser, W. (2006b). Designing as construction of representations: A dynamic viewpoint in cognitive design research. *Human-Computer Interaction, Special Issue "Foundations of Design in HCI"*, 21(1), 103-152.
- Visser, W., & Détienne, F. (2005). Articulation entre composantes verbale et graphico-gestuelle de l'interaction dans des réunions de conception architecturale. *Actes de SCAN'05, Séminaire de Conception Architecturale Numérique: "Le rôle de l'esquisse architecturale dans le monde numérique"*. Charenton-le-Pont.
- Voss, J. F., Greene, T. R., Post, T. A., & Penner, B. C. (1983). Problem-solving skill in the social sciences. In G. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 17, pp. 165-213). New York: Academic Press.
- Voss, J. F., & Post, T. A. (1988). On the solving of ill-structured problems. In M. T. H. Chi, R. Glaser & M. J. Farr (Eds.), *The nature of expertise* (pp. 261-285). Hillsdale, NJ: Erlbaum.