
Assister la conception : perspectives pour la psychologie cognitive ergonomique

Françoise Darses, Françoise Détienne & Willemien Visser
INRIA / CNAM

Projet EIFFEL - Cognition & Coopération en Conception
Rocquencourt B.P. 105

78153 LE CHESNAY CEDEX (FRANCE)

email: Francoise.Darses@inria.fr, Francoise.Detiennie@inria.fr, Willemien.Visser@inria.fr

RÉSUMÉ

Cette communication fait le point sur les perspectives de recherche en psychologie cognitive ergonomique relatives à la compréhension et à la modélisation des activités cognitives des concepteurs. On rappelle brièvement comment la psychologie cognitive ergonomique définit ces activités, puis on fait le point sur les limitations inhérentes aux méthodes prescriptives de conception, eu égard aux activités cognitives effectives des concepteurs. Ces limitations tiennent en particulier à l'incapacité actuelle des méthodes et des outils à assister les phases amont de la conception. Par ailleurs, on rappelle comment les évolutions socio-techniques des métiers de la conception entraînent de nouveaux besoins d'assistance, notamment d'assistance à la coopération entre concepteurs, mais aussi d'assistance à la conservation de la logique de conception.

MOTS-CLÉS

Processus cognitifs de conception, outils d'assistance à la conception, coopération en conception.

1 LA RESOLUTION DE PROBLEMES DE CONCEPTION

Les activités de conception se réalisent dans des domaines très divers. On pense d'abord à l'architecture, à la conception mécanique et automatique ou au design. Mais les activités de conception concernent également de nombreux autres domaines, tels que la programmation informatique, la planification, la rédaction de textes (guides ou modes d'emploi, par exemple). Depuis les années 80, la psychologie ergonomique contribue à analyser comment les caractéristiques externes de ces tâches de conception (§ 1.1) déterminent la construction des représentations mentales élaborées par les concepteurs pour réaliser leur activité (voir § 2), dans les pratiques individuelles et collectives de conception. L'objectif ergonomique est de développer des outils et des dispositifs d'assistance aux concepteurs de ces domaines d'activité. L'étude de la dimension cognitive des activités de conception a débuté avec les travaux de précurseurs, comme [Reitman \(1964\)](#) et [Eastman \(1969\)](#), qui ont repris le cadre théorique de la "résolution de problème" développé pour les problèmes de transformation d'états par [Newell et Simon \(1972\)](#), en utilisant la méthode d'analyse des protocoles verbaux ([Ericsson & Simon, 1984](#)).

1.1 Caractéristiques des problèmes de conception

Diverses spécificités des problèmes "mal définis" de conception ont été identifiées ([Simon, 1973](#) ; [Greeno, 1978](#) ; [Cross, 1986](#) ; [Goel & Pirolli, 1989](#) ; [Falzon et al., 1990](#)) :

- Les problèmes tendent à être larges et complexes. On entend par là qu' ils ne sont pas circonscrits, généralement, à des problèmes locaux, et que les variables et leurs interrelations sont trop nombreuses pour pouvoir être scindées en sous-systèmes indépendants.
- Une conséquence de cette complexité est que la résolution de ces problèmes requiert de mettre en commun des compétences multiples, ce qui nécessite des collaborations au sein d' une même équipe.
- Les solutions à un problème de conception sont plus ou moins acceptables : il n' y a pas une seule « bonne » solution.
- On ne peut pas distinguer deux phases consécutives : analyse du problème, puis résolution de ce problème. Les deux s'effectuent en interaction : il n' y a pas "le" problème qui précède "la" solution.
- Il n' y a pas de chemin de résolution prédéterminé de conception : on connaît un certain nombre de procédures utiles et de méthodologies, on peut s' appuyer sur des projets similaires déjà traités ou sur des prototypes existants, mais il faut à chaque fois recombinaison, sinon réinventer, des stratégies pour élaborer une solution.
- L' évaluation des solutions est difficile à réaliser autrement que par un travail de simulation mentale, sur la base de représentations graphiques ou de maquettes rendant souvent mal la réalité. Elle est limitée du fait que la génération de toutes les solutions possibles est irréalisable et qu' il n' existe de métrique (ensemble de critères) objective. Comme elle est souvent différée à l'établissement de la solution finale, les éventuelles remises en question de choix de conception peuvent s'avérer fort coûteuses.

1.2 Qui est concepteur ?

Du fait des caractéristiques que l'on vient d'énoncer, on comprendra que l' ergonomie cognitive n' identifie pas les activités de conception par rapport à une fonction sociale ou un statut. Ce sont les caractéristiques formelles de certaines situations professionnelles qui permettent de qualifier l'activité de "conception". En conséquence, nombreux sont les partenaires du processus de conception qui peuvent être désignés comme des concepteurs. Bien sûr, on pense d'abord aux traditionnels métiers de la conception des bureaux d'étude et des bureaux des méthodes. Mais sont aussi concepteurs, par exemple, le rédacteur de "guidelines" informatiques ou l'ingénieur informaticien qui conçoit un programme.

2 PRESCRIRE LA CONCEPTION

2.1 Encadrer le processus : limitations des méthodes et des normes

L'appropriation de l'innovation technologique par les entreprises a conduit, dès le début du siècle, à encadrer les pratiques de conception au sein des entreprises. Au travers de la création de Bureaux d' Etudes internes aux entreprises, le processus de conception a été organisé en métiers et en filières, et il a été séquentiel en trois grandes phases : étude de faisabilité (dont analyse de la valeur et analyse fonctionnelle), spécification technique des besoins (en phase d'avant-projet) et développement. C' est dans ce contexte que naît la tradition de l' ingénierie de conception (engineering design) où une approche systématique du processus est construite dans l'objectif de rendre le processus de conception plus efficace et plus performant. Des normes sont édictées (norme BS7000 en Grande-Bretagne, norme DIN ou VDI 2221/2 en Allemagne, norme AFNOR X50-127 en France) qui rationalisent le développement de produit sur la base de modèles normatifs. Ceux-ci constituent des représentations idéalisées du processus de conception, et ont inspiré des méthodes prescriptives pour concevoir (Pahl & Beitz, 1984).

L' efficacité de ces méthodes est cependant mise en doute par des enquêtes réalisées auprès d'entreprises européennes, américaines et asiatiques ([Culverhouse, 1995](#)) qui montrent que celles-ci ne

réussissent pas à maîtriser et à améliorer le processus de conception (en particulier, sa durée) avec autant d'efficacité qu'elles l'ont accompli pour le processus de production. D'autres études empiriques mettent en évidence le peu de certitude qu'on a sur le fait que les concepteurs suivraient réellement les procédures préconisées par les méthodologies de conception, même si ces concepteurs sont particulièrement experts et qu'ils ont été formés à ces méthodes. De plus, on constate que les concepteurs utilisant ces méthodes ne réussissent pas mieux que leurs collègues ayant une longue expérience mais n'utilisant pas de méthode systématique (Pahl et al., 1999, p. 482).

Enfin, les organisations classiques de la conception trouvent leurs limites dans le modèle linéaire et séquentiel du processus sur lequel elles s'appuient, mais qui se heurte à la démarche effective des concepteurs (Visser & Hoc, 1990 ; Darses, 1997). En effet, la séparation formelle que ces organisations introduisent entre l'analyse du problème (phases amont) d'une part, et la prise de décision et l'action (phases aval) d'autre part, est en contradiction avec l'interdépendance qui existe entre les deux phases de génération et évaluation de solutions. Ceci est montré dans de nombreuses études empiriques qui ont mis en lumière le caractère opportuniste de l'organisation de la conception (Visser, 1994). De plus, les modèles classiques se fondent sur l'hypothèse que la solution se développe au travers de transformations successives des données sur un axe abstrait-concret de description (du conceptuel au physique). Or les études cognitives ont montré que les concepteurs opèrent en coordonnant différents points de vue sur l'objet et en entremêlant les différents niveaux d'abstraction. Cette manière de faire peut en partie s'expliquer par la prégnance de la solution concrète (plutôt que conceptuelle).

L'application de ces méthodes apporte certains bénéfices et peuvent inspirer des propositions de "bonnes pratiques de conception" (Blessing, 1994 ; Pahl et al., 1999, p. 486). Ainsi, on sait que le processus de conception profite d'une analyse complète du but lors de l'étape initiale du projet et lors de la formulation des sous-buts. On sait qu'on a intérêt à produire d'abord un ensemble de solutions différentes adoptant différents points de vue, avant de sélectionner une seule solution à développer en profondeur. On sait enfin qu'il est mieux de rester à un niveau abstrait de formulation de la conception et de ne pas se compromettre trop vite dans le développement des solutions.

2.2 Evolutions socio-techniques et socio-cognitives de la conception

La conception a connu d'importantes évolutions socio-techniques et socio-cognitives depuis ces vingt dernières années. Les activités collectives de conception ont pris une place majeure dans le processus de développement du produit. Simultanément, les instruments de conception (traditionnellement dessin et maquettage) ont connu une évolution majeure du fait de la puissance croissante des outils informatiques - outils de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur) et de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) - dont les caractéristiques ont fortement modifié non seulement le processus global de conception, mais aussi les activités des concepteurs.

2.2.1 La conception par projet : le rôle croissant des activités collectives

Sous la pression conjuguée des facteurs temps, qualité et coût, sont apparues des rationalisations de la conception dont l'objectif est d'écraser la structure linéaire et séquentielle du processus de conception et de favoriser la conception simultanée et intégrée des produits et de leurs méthodes et procédés de fabrication. L'organisation par projet apparaît dans les années 1960-1980 aux Etats-Unis, sous la dénomination "ingénierie concurrente". Dans cette organisation de la conception, un rôle central est dévolu au chef de projet et les liens de collaboration sont resserrés entre les différents acteurs de la conception, qui sont regroupés autour du projet en équipes intégrées.

Du point de vue cognitif, un processus concurrent de conception devrait favoriser :

- l'explicitation, la confrontation et la convergence des différents points de vue lors du développement de solutions, du fait de la diversité des acteurs impliqués (grâce à l'éclatement des filières métiers) ;
- la dissociation entre le phasage contractuel et la nature des solutions produites, au profit de l'élaboration de solutions intégrant différents niveaux d'abstraction.

Le développement d'outils d'assistance capables d'offrir aux concepteurs des fonctionnalités répondant à ces besoins représente un défi pour la psychologie cognitive ergonomique. La question se pose de formuler des recommandations ergonomiques, basées sur l'analyse des activités cognitives des concepteurs, qui permettent de contribuer à la conception d'outils offrant une assistance effective.

2.2.2 Renforcement des structures de conception participative

La participation des utilisateurs à la conception est une pratique dont la nécessité se confirme aujourd'hui avec la rationalisation de la conception en projets. Elle répond à des motivations diverses, mais complémentaires, qui s'inscrivent dans deux acceptions du terme "utilisateur" : les utilisateurs futurs du produit en cours de conception et les utilisateurs du système de production. Les premiers sont extérieurs à l'entreprise et peuvent être conviés comme consultants et conseillers à propos du produit en cours de développement ; les seconds sont salariés de l'entreprise et sont les utilisateurs des dispositifs de fabrication du produit (opérateurs de fabrication). Dans les deux cas, le développement de cadres pour la conception participative est nécessaire.

Du point de vue cognitif, la conception participative renvoie à la modélisation des dimensions collectives de la conception. Les questions centrales portent sur la façon dont on peut intégrer, lors des décisions de conception, les points de vue de ces utilisateurs. Les résultats des études cognitives doivent contribuer à la mise au point de méthodes et de dispositifs destinés en particulier au chef de projet, qui favorisent l'explicitation des points de vue et la gestion des compromis (Darses et al., 2001 ; Reuzeau, 2000 ; Cahour et al., 2001).

3 ASSISTER LA CONCEPTION : QUELQUES ELEMENTS DE REPONSE

Dans cette section, nous nous centrons sur quelques-uns des processus qu'il nous semble crucial d'assister. Dans une première partie, nous mettrons l'accent sur des besoins d'assistance qui sont récurrents, quel que soit le modèle d'organisation préconisé (séquentiel ou concourant) pour la conception: ce sont les besoins d'assistance des phases amont de la conception. Dans une seconde partie, nous identifions des besoins d'assistance nouveaux, soit parce qu'ils apparaissent dans les nouvelles organisations de la conception (besoin d'assister la coopération), soit parce qu'ils sont reconnus depuis peu par les entreprises et constituent des enjeux économiques (besoins de traçabilité). Nous formulerons les préconisations de la psychologie cognitive ergonomique pour répondre à ces besoins, en appelant les études qui les fondent.

3.1 Les phases amont de la conception : des problèmes récurrents

En phase amont de la conception, on trouve deux besoins d'assistance récurrents, quels que soient l'organisation de la conception et le modèle de conception prescrit : assister l'identification des besoins et assister l'élaboration des solutions conceptuelles.

3.1.1 Assister l'identification des besoins

Identifier les besoins (techniques et humains) qui guideront la rédaction du cahier des charges est la première phase de la conception qui nécessite des outils d'assistance. La méthodologie d'analyse fonctionnelle (réalisée en amont de la spécification technique des besoins - norme NF X50-151) est l'instrumentation classique de cette phase. Son principe est de dresser en amont de la conception la liste des fonctions auxquelles le produit devra satisfaire pour répondre aux besoins des utilisateurs et aux exigences de l'environnement. Son but est d'encourager l'innovation technologique, en passant systématiquement en revue toutes les situations dans lesquelles ce produit est susceptible d'être au cours de son cycle de vie et en évitant d'évoquer d'emblée une solution concrète.

Cependant, on a constaté (Darses, 1997 ; Nicolas, 2000) que l'analyse fonctionnelle entre en contradiction avec les processus cognitifs effectivement mis en œuvre par les concepteurs. En effet, l'idée d'accomplir la phase d'analyse du problème avant de passer à la phase de recherche de la solution ne tient pas compte de l'activité cognitive de résolution des problèmes de conception (voir § 1.1 et 3.1) qui s'opère par itération des phases « définition de problèmes »/ « élaboration de solutions ». Par ailleurs, la méthode d'analyse fonctionnelle suppose que l'on reste à un niveau abstrait de définition de l'artefact : ce principe va à l'encontre de l'importance des niveaux concrets de solution, dont l'évocation permet aux concepteurs de juger les contraintes et les critères en simulant le fonctionnement de l'objet. Il en résulte que l'analyse fonctionnelle est souvent vue comme un passage procédural obligé dans le processus de conception plutôt que comme une ressource pour mieux intégrer les besoins des futurs utilisateurs.

Dans cette dernière perspective, les résultats d'études d'ergonomie cognitive peuvent contribuer à infléchir la méthode d'analyse fonctionnelle. Celle-ci peut dans un premier temps être modifiée de façon à favoriser l'évocation de l'usage futur du produit, plutôt que ses fonctions générales (Nicolas, 2000). Une analyse du travail (en situation réelle ou en situation de référence) permet que les résultats de l'analyse fonctionnelles soient énoncés sur la base d'une analyse *constatée* des besoins de l'utilisateur, et non d'une analyse *supposée*. Mais cette méthode est souvent inadaptée dans les situations de conception innovante, du fait de l'impossibilité d'accéder à une situation de référence. L'analyse fonctionnelle doit alors reposer sur la mise en place d'actions de conception participative, au cours desquelles les utilisateurs travailleront sur la simulation d'états intermédiaires du dispositif conçu. Sur cette base, les futurs utilisateurs évalueront l'utilisabilité du dispositif et on pourra alors établir un pronostic des besoins futurs. Toutefois, le choix des supports de ces simulations n'est pas simple : les maquettes réelles ne sont pas toujours appropriées, parce qu'elles sont peu – voire pas – évolutives et qu'elles introduisent des biais de représentations. L'utilisation de scénarios est beaucoup plus riche. A ce sujet, Poveda & Thorin (2000) ont montré que le choix du point de vue adopté par le scénario (scénario fondé sur une vision fonctionnelle ou au contraire structurelle du futur artefact) va susciter chez les futurs utilisateurs des évocations très inégales des usages. En particulier, et contre-intuitivement, les auteurs constatent que les scénarios fonctionnels restreignent beaucoup plus le champ des simulations et favorisent moins d'évocations des usages.

3.1.2 La génération des solutions : le problème des phases amont

Les phases amont de la conception, notamment celles dites de "conception conceptuelle" (en référence à la hiérarchie d'abstraction proposée par Rasmussen, 1994, où l'artefact est traité à des niveaux abstraits de représentation) occupent 5% du processus de conception, mais engagent plus de 75% des coûts globaux du produit (Carrubba, 1993, cité dans Sharpe, 1995). Assister ces phases est donc un enjeu ergonomique, mais aussi économique.

Des représentations de différentes natures sont mises en œuvre au cours des diverses phases de la conception. Elles diffèrent notamment quant au domaine de référence, aux niveaux de raffinement et d'abstraction, et aux points de vue. En ce qui concerne ces niveaux, si on prend l'exemple de la

conception architecturale, le type de production graphique varie en fonction de l' étape de conception dans laquelle l' architecte est engagé : dans les étapes initiales, l' architecte travaille avec des productions floues afin d' éviter une réduction de l' incertitude trop précoce. Le pouvoir des esquisses à favoriser l'évocation de nouvelles idées n' invalide pas l' utilité de dessins plus précis : l' esquisse peut paraître imprécise, mais le concept correspondant dans la tête du concepteur ne l' est pas ([Van Dijk, 1995](#))!

Selon les domaines, les outils CAO sont utilisés avec plus ou moins de succès pour ces phases amont de la conception. En électronique, où la conception (et la fabrication) de circuits intégrés et de cartes imprimées se fait principalement à partir de composants et de structures d'assemblage préexistants, ces outils peuvent être utiles dès ces phases amont. En mécanique, dès que l' on sort de la conception répétitive, la CAO n' est pas (encore) capable d' offrir une assistance effective pour ces phases amont ([Van Dijk, 1995](#)) et n' est utilisée qu' une fois la conception conceptuelle terminée. Ceci vaut également dans les domaines de l' architecture et du bâtiment ([Flemming et al., 1997](#)). Il n' existe donc pas d' outils assistant le travail d' esquisse, activité pourtant essentielle pour la conception. Les études cognitives ont conduit à la formulation de spécifications pour développer des systèmes d' assistance à ces phases amont de la conception, que, jusqu' ici, seuls certains prototypes de recherche ont pris en compte ([Flemming et al., 1997, p. 350](#)) :

- faciliter une entrée de données par mouvements de la main ;
- permettre l' entrée de données imprécises ;
- autoriser le passage entre niveaux et entre types de représentation ;
- aider à la comparaison entre différentes concepts de solution ;
- faire des suggestions (au lieu de stocker les décisions prises) ;
- aider à évaluer des choix par un feedback au concepteur (par exemple, par des systèmes critiques).

3.2 Nouveaux besoins d'assistance

Les nouvelles organisations de la conception induisent de profondes transformations du processus de développement du produit, et en particulier, accroissent les activités de coopération entre les partenaires en rassemblant autour du projet des personnes de statut et d' expertise souvent inégaux, porteurs de logiques d'actions hétérogènes (Terressac & Friedberg, 1996). En outre, la nécessité de capitaliser les compétences de l'entreprise impose de plus en plus fréquemment de tracer la logique de conception du produit et de capitaliser les savoirs construits par l' expérience. Sur ces points, la psychologie cognitive ergonomique peut apporter des éclairages utiles à la conception de systèmes d'aide.

3.2.1 Assister la coopération

Dans les organisations traditionnelles, c' est une "version faible de la coopération" ([Zarifian, 1996](#)) qui prévaut, dont l' objectif est d' assurer une bonne coordination du travail tout en préservant le principe de séparation des tâches et des responsabilités. Mais dès lors qu' on met en place une équipe intégrée, les acteurs de la conception sont tenus de coopérer beaucoup plus étroitement que par le passé dans des groupes techniques à géométrie variable, de façon peu formalisée et peu outillée. Dans cette "version forte de la coopération" ([Zarifian op.cit.](#)), les situations de co-conception obligent les partenaires de la conception à se synchroniser cognitivement pour développer conjointement la solution ([Darses & Falzon 1996](#)).

Du point de vue cognitif, les activités de synchronisation cognitive visent à construire un référentiel opératif commun, appelé aussi "espace d' intersubjectivité" ([Zarifian, op.cit.](#)). On a montré ([Falzon & Darses, 1992](#) ; [D' Astous et al., 1998](#) ; [Darses et al., 2000](#)) que les activités cognitives principales qui

contribuent à la synchronisation cognitive sont des activités (i) d' évaluation mutuelle des solutions et des buts proposés, (ii) de partage d' information sur le but courant, sur les pratiques de conception ou sur les connaissances du domaine, (iii) d' enrichissement des solutions. Ces activités se réalisent au travers de la gestion des divers "objets" de conception (buts, solutions, connaissances du domaine, connaissances procédurales, connaissances sur l' état initial du problème, critères) grâce à des "actions cognitives" (telles que *générer, évaluer, informer*).

Ces activités (qui peuvent être synchrones, lorsque les réunions se font en présentiel, ou asynchrones, lorsque les co-concepteurs coopèrent via des environnements coopératifs informatisés), entraînent des mécanismes d' argumentation, qui opèrent par la confrontation et l' intégration des points de vue des co-concepteurs et permettent de converger vers les meilleurs compromis de solutions. Une analyse du processus argumentatif se déroulant dans des réunions multi-métiers ([Martin et al., 2001](#)) a mis en évidence le recours à trois modes d' évaluation, combinés entre eux le plus souvent : mode analytique, mode comparatif et mode analogique. Cette analyse conduit à des recommandations ergonomiques pour des outils de type collectif, où les modes d' évaluation analytique et comparatif sont souvent les seuls préconisés, et renvoie également à l' importance d' une meilleure traçabilité du processus de conception. Ces recommandations doivent s'accompagner de réponses organisationnelles, comme l' identification de nouveaux métiers permettant de médiatiser la communication (Darses, à paraître(a)), au sens des "boundary spanners" ([Grinter, 1999](#)) ou des acteurs d' interface ([Moisdon & Weill, 1996](#)).

Ces résultats devront aussi contribuer au besoin croissant des co-concepteurs de disposer d' environnements coopératifs qui permettent aux acteurs géographiquement dispersés de travailler en asynchrone (via internet/intranet) sur des systèmes d' innovation technologique. Les réponses techniques actuellement développées sont (i) les bases de données multimédia, (ii) les systèmes à bases de connaissances, (iii) les collecticiels à base argumentative ([Lonchamp, 2000](#) ; [Matta et al., 2000](#)), (iv) les méthodes d' annotation "d' objets de coopération" ([Blanco et al., 1996](#)) permettant une coopération autour de représentations construites lors de la conception (comme les méthodes d' annotation de maquette numérique).

3.2.2 Conserver la logique de conception

La "logique de conception" (*design rationale*) renvoie à la nécessité de conserver et de tracer les raisons qui ont conduit à la validation ou au rejet d' une solution de conception, dans l' objectif de faciliter et de fiabiliser la réutilisation de solutions passées. Ce concept répond au besoin de décrire le chemin parcouru entre l' énoncé d' un problème et le choix d' une solution par l' objectivation des pratiques des concepteurs. Les documents de logique de conception constituent un support pour la reconception ou la maintenance des systèmes, et permettent de ([Concklin & Burgess-Yakemovic, 1991](#) ; [Buckingham Shum & Hamond, 1994](#) ; [Moran & Carroll, 1996](#) ; [Karsenty, 2001](#)):

- structurer les problèmes de conception ;
- maintenir une meilleure cohérence dans la prise de décision ;
- conserver des traces des décisions ;
- communiquer son contenu à d' autres personnes ;
- conserver une trace chronologique du processus de conception ;
- établir des conditions pour la réutilisation.

Cette approche a été initiée en réaction aux processus de conception purement orientés *artefact* au cours desquels l' accent était mis sur la production et la traçabilité des artefacts de conception dans leurs différents états d' avancement, de la spécification au système final. En revanche, le processus par lequel ces différents états de l' artefact avaient été produits restait implicite, indirectement accessible dans les comptes rendus de réunions, les notes de conception, les archives email et principalement, la mémoire des concepteurs, ce qui rendait ce processus difficile à récupérer et à réutiliser. Ce n' est pas parce qu' ils les ont élaborées eux-mêmes que des concepteurs se rappellent des procédures. Ainsi, on a

observé, par exemple, que des concepteurs reconstituaient, mentalement et sur papier, une procédure de résolution suivie dans un projet antérieur, l' un d'eux en étant l' auteur. Ils avaient besoin de cette procédure parce qu' elle contenait des informations, notamment les justifications de certains choix nécessaires pour pouvoir adapter la solution-source. ([Visser, 1999](#)).

Tracer la logique de conception, c' est établir une représentation du raisonnement sous-tendant la conception de l' artefact. Plusieurs notations ont été développées afin de pouvoir exprimer le raisonnement de conception sous forme d' arguments et de problèmes/questions comme par exemple, QOC ([Maclean et al., 1991](#)) et IBIS ([Fischer et al., 1991](#)) En se basant sur des résultats empiriques, [Buckingham et al. \(1994\)](#) ont fait le point sur l' utilité et l' utilisabilité de ces techniques dans les réunions de conception. En résumé, la construction de la logique de conception est en elle-même une activité de conception ([Sauvagnac et al, 2000](#)). De plus, l' utilisabilité des notations appliquées est mise en cause par certaines études qui montrent que l' utilisation des schèmes semi-formels requis pour exprimer la connaissance demande un effort particulier pour des utilisateurs.

Une autre limite de ces techniques est de supposer qu' un terme utilisé pour exprimer une contrainte (ou critère) recouvre la même signification pour les concepteurs. Or des études ([Darses & Sauvagnac, 1998](#) ; [Martin et al. 2001](#) ; [Darses \(à paraître \(b\)\)](#)) montrent que les représentations et pondérations des contraintes utilisées pour évaluer les solutions varient selon les métiers et le problème à traiter : ainsi le recueil des contraintes (ou critères) doit rendre de ce caractère polysémique et de cette "poly-pondération". Des outils d'assistance pourraient par exemple opérer en pondérant les contraintes et les critères d'évaluation des solutions en fonction de deux dimensions orthogonales : d'une part, les champs d'application auxquels contraintes et critères appartiennent et d'autre part, les niveaux d'abstraction auxquels ces contraintes et critères sont formulés.

4 CONCLUSION

Après ce rapide parcours, orienté par la dimension collective de la conception et structuré autour du type d' organisation —soit séquentiel soit concourante— du processus de conception, il faut rappeler le caractère non exhaustif de ce bref état de l' art. D' autres besoins existent, par exemple : assistance à la gestion de contraintes, à la planification, à l' évaluation, à la réutilisation, à la prise de décision.

5 REFERENCES

- Blanco, E., Garro, O., Brissaud, D., & Jeantet, A. (juillet 96). *Intermediary object in the context of Distributed Design*. Proceedings of CESA' 96 Colloque IEEE-SMC, Lille.
- [Blessing, L. T. M. \(1994\). *A process-based approach to computer-supported engineering design*. Enschede: Universiteit Twente.](#)
- [Buckingham Shum, S., & Hammond, N. \(1994\). Argumentation-based design rationale: what use at what cost? *International Journal of Human-Computer Studies*, 40, 603-652.](#)
- [Cahour, B., Darses, F., & Poveda, O. \(2001\). *Modéliser et favoriser l'intégration des points de vue des co-concepteurs. Le cas de la conception d'une centrale de découpe en plasturgie automobile* \(Rapport technique du projet INTÈGRE\). Paris: CNAM.](#)
- [Concklin, E. J., & Burgess-Yakemovic, K. C. \(1991\). A Process-Oriented Approach to Design Rationale. *Human-Computer Interaction*, 6, 357-391.](#)
- [Cross, N. \(1986\). Understanding design: the lessons of design methodology. *Design Methods and Theories*, 20\(2\), 409-438.](#)
- [Culverhouse, P. F. \(1995\). Constraining designers and their CAD tools. *Design Studies*, 16\(1\), 81-101.](#)
- [Darses, F. \(1997\). L' ingénierie concourante: Un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs en conception. In P. Brossard, C. Chanchevrier, & P. Leclair \(Eds.\), *Ingénierie Concourante. De la technique au social*. Paris: Economica.](#)

- Darses, F. (à paraître)(a) A framework for continuous design of production systems and its application in collective redesign of production line equipment. To appear in *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*
- Darses, F. (à paraître)(b) Trois conditions socio-techniques pour l'optimisation de la conception continue du système de production (à paraître dans la *Revue Française de Gestion Industrielle*).
- Darses, F. & Falzon, P. (1996) La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In G. de Terssac et E. Friedberg (Eds). *Coopération et Conception*. Octarès : Toulouse.
- Darses, F., & Sauvagnac, C. (1998). *Conception continue du système de production: enjeux et mise en oeuvre* (Rapport final du Projet CNAM-UGINE). Paris: CNAM.
- Darses, F., Cahour, B., Poveda, O., André-Thorin, F. Delabie, J. B., Pecheux, V. (2001) Quelles Conditions Pour La Participation Des Operateurs A La Conception De Leurs Dispositifs De Fabrication ? Actes de la conférence SELF 2001, Montréal, Canada, 3-5 octobre 2001.
- Darses, F., Détienne, F., Falzon, P., & Visser, W. (2000). *A method for analysing collective design processes*. Proceedings of ECCE 10, 10th European Conference on Cognitive Ergonomics, Linköping (Sweden), 21-23 August 2000.
- D' Astous, P., Détienne, F., Robillard, P. N., & Visser, W. (1998, 26-29 Mai) *Types of dialogs in evaluation meetings: an analysis of technical-review meetings in software development*. Paper presented at the Third International Conference on the Design of Cooperative Systems, Cannes, France.
- Dijk, C. G. C. van (1995). New insights in computer-aided conceptual design. *Design Studies*, 16(1), 62-80.
- Eastman, C. (1969). *Cognitive processes and ill-defined problems: a case study of design*. Proceedings of IJCAI 69, pp.669-690.
- Ericsson, K. A., & Simon, H. A. (1984). *Protocol analysis : verbal reports as data*. (revised 1993 ed.). Cambridge Massachussets: The MIT Press.
- Falzon, P. & Darses, F. (1992) Les processus de coopération dans des dialogues d'assistance. *Actes du Congrès de la SELF 92*, Lille, 23-25 Septembre
- Falzon, P., Bissret, A., Bonnardel, N., Darses, F., Détienne, F., & Visser, W. (1990). *Les activités de conception : L' approche de l' ergonomie cognitive* Actes du Colloque "Recherches sur le Design", Compiègne.
- Fischer, G., Lemke, A. C., McCall, R., & Morch, A. I. (1991). Making argumentation serve design. *Human-Computer Interaction*, 6(3&4), 393-419.
- Flemming, U. B., Suresh K. John, Bonnie E. (1997). Mismatched metaphor: User vs system model in computer-aided drafting. *Design Studies*, 18(4), 349-368.
- Goel, V., & Pirolli, P. (1992). The Structure of Design Problem Spaces. *Cognitive Science*, 16, 395-429.
- Greeno, J. G. (1978). Natures of problem-solving abilities, *Handbook of Learning and Cognitive Processes* (Vol. 5, pp. 239-270). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Grinter, R. (1999). *Systems Architecture: Product Designing and Social Engineering*. Proceedings of WACC'99, San Francisco, CA.
- Karsenty, L. (2001) Méthodes pour la création de mémoires de projet en conception. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 20 (1), 35-51.
- Lonchamp, J. (2000). *Generic computer support for Concurrent Engineering*. Proceedings of CE' 2000. Advances in Concurrent Engineering. Seventh ISPE International Conference on Concurrent Engineering, Lyon, 17-20 July.
- MacLean, A., Young, R. M., Bellotti, V., & Moran, T. (1991). Questions, Options, and Criteria: elements of design space analysis. *Human-Computer Interaction*, 6(3&4), 201-250.
- Martin, G., Détienne, F., & Lavigne, E. (2001, July 9-13). *Analysing viewpoints in design through the argumentation process*. Proceedings of Interact 2001, Tokyo, Japan.
- Matta, N., Lewkowicz, M., & Zacklad, M. (Eds.). (2000). *Cooperative models based on argumentation in problem solving*. Proceedings of the COOP 2000 Workshop, Sophia-Antipolis, France, May 23.
- Moison, J. C., & Weil, B. (1996, 2-4 avril). *Dynamique des savoirs dans les activités de conception: faut-il compléter la gestion de projet ?* Actes du 5ème Congrès International de Génie Industriel, Grenoble.

- Moran, T. P., & Carroll, J. M. (Eds.). (1996). *Design Rationale. Concepts, techniques, and use*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Nicolas, L. (2000). *L'activité de simulation en analyse fonctionnelle: vers des outils anthropocentrés pour la conception de produits automobiles* (Thèse de Doctorat, Spécialité Ergonomie). Paris: Conservatoire National des Arts et Métiers.
- Norme NF X50-151 (1991-96). Analyse de la valeur, analyse fonctionnelle. Paris: AFNOR.
- Pahl, G., & Beitz, W. (1984). *Engineering design*. London: The Design Council.
- Pahl, G., Badke-Schaub, P., & Frankenberger, E. (1999). Resume of 12 years interdisciplinary empirical studies of engineering design in Germany. *Design Studies, Special Issue "Empirical Studies of Engineering Design in Germany"*, 20 (5), 481.
- Poveda, O., & Thorin, F. (2000, May 23-26). *Use of scenarios to integrate cooperation in design*. Proceedings supplement of COOP 2000, Sophia-Antipolis, France.
- Rasmussen, J., Pejtersen, A. M. & Goodstein, L. P. (1994) *Cognitive systems engineering*. John Wiley and Sons.
- 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*. New York: Wiley.
- Reuzeau, F. (2000) *Assister l'évaluation participative des systèmes complexes. Rôle des savoirs et savoir-faire des utilisateurs dans la conception d'un poste de pilotage* (Thèse de Doctorat, Spécialité Ergonomie). Paris: Conservatoire National des Arts et Métiers.
- Sauvagnac, C., Falzon, P., & Leblond, R. (2000). La mémoire organisationnelle: reconstruction du passé, construction du futur. In J. Charlet, M. Zacklad, G. Kassel, & D. Bourigault (Eds.), *Ingénierie des connaissances. Evolutions récentes et nouveaux défis*. Paris: Eyrolles.
- Sharpe, J. E. E. (1995). Computer tools for integrated conceptual design. *Design Studies*, 16(4), 471-488.
- Simon, H. A. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181-201.
- Terssac (de), G. & E. Friedberg (Eds). *Coopération et Conception*. Octarès : Toulouse.
- Visser, W. (1994). Organisation of design activities: oportunistic, with hierarchical episodes. *Interacting with computers*, 6(3), 239-274 (Executive summary: 235-238).
- 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, N° spécial "Raisonnement à partir de cas"*, 13, 129-154.
- Visser, W., & Hoc, J.-M. (1990). Expert software design strategies. In J.-M. Hoc, T. Green, R. Samurçay, & D. Gilmore (Eds.), *Psychology of programming* (pp. 235-250). London: Academic Press.
- Zarifian, P. (1996). *Travail et communication. Essai sociologique sur le travail dans la grande entreprise industrielle*. Paris: PUF.