



Françoise DARSES – Pierre FALZON
**LA CONCEPTION COLLECTIVE :
UNE APPROCHE DE L'ERGONOMIE
COGNITIVE**

*Communication présentée au séminaire du GDR CNRS FROG
"Coopération et Conception"
Toulouse, 1er - 2 décembre 1994*

Résumé : Ce texte présente une approche d'ergonomie cognitive des situations de conception coopérative. En introduction, on rappelle que l'ergonomie cognitive n'identifie pas les activités de conception en rapport à une fonction sociale ou un statut : ce sont les caractéristiques de la tâche et de l'espace-problème construit et exploré par les concepteurs qui désignent les activités de conception. On rappelle brièvement quelques acquis dans le domaine des activités cognitives individuelles de conception. L'objectif de l'ergonomie cognitive dans l'étude des pratiques collectives de la conception s'écarte des analyses organisationnelle, sociale, psycho-sociale et psychique : elle se centre sur les aspects cognitifs et opératoires de ces activités.

La première section rappelle que les interactions au travers desquelles l'activité collective s'exprime sont guidées par deux objectifs complémentaires : se synchroniser sur le plan cognitif et se synchroniser sur le plan de l'action. Si la *synchronisation cognitive* a ainsi pour objectif d'établir un contexte de connaissances mutuelles, la *synchronisation opératoire* vise à assurer la répartition des tâches entre les partenaires de l'activité collective ainsi qu'à régler le séquençement des actions à réaliser.

La seconde section montre l'intérêt de distinguer parmi les situations de conception ce qu'on appellera "co-conception" et "conception distribuée". En effet, les particularités cognitives de ces situations diffèrent : tandis que la co-conception entraîne une forte activité de synchronisation cognitive, la conception distribuée reste dominée par la synchronisation opératoire.

Ces différents aspects de la cognition collective en conception sont développés dans une dernière section, à partir d'études empiriques. On montre en particulier comment la conception collective se révèle dans les activités de planification, la transformation et l'utilisation des représentations de l'artefact, la réutilisation de solutions, l'évaluation de celles-ci, et la gestion des contraintes liées au problème à traiter.

Mots-clefs : Conception collective, co-conception, conception distribuée, synchronisation cognitive, synchronisation opératoire, planification, gestion de contraintes, évaluation et réutilisation de solution

1. Tâches et activités de conception

De multiples domaines professionnels requièrent de mettre en oeuvre des activités de conception. Pour caractériser ces activités, on peut distinguer deux pôles principaux : les *activités de conception qui traitent avec des artefacts matériels* (par exemple l'ingénierie mécanique, électrique ou électronique ou encore l'architecture) et les *activités de conception qui traitent de la génération des dispositifs symboliques ou abstraits* (la réalisation de planning, le développement de programmes informatiques ou l'allocation de ressources par exemple).

Cette acception des situations de conception élargit un point de vue courant qui généralement limite le substantif "conception" à des activités très conceptuelles, menées par des professionnels hautement qualifiés qui ne participeront que rarement à la réalisation même de l'objet à concevoir (*l'artefact*). Le terme "conception" est alors réservé aux activités des opérateurs du bureau d'études qui définissent les spécifications et le concept d'un produit, ou encore aux activités des architectes qui pensent le concept d'un édifice.

En revanche, en ergonomie cognitive, parler de conception, ce n'est donc pas désigner une fonction sociale ou un statut mais c'est identifier un ensemble de caractéristiques formelles de certaines situations professionnelles : des caractéristiques de la tâche, qu'on connaît en général assez bien, et des caractéristiques de l'espace-problème et du raisonnement qui sont en revanche souvent moins bien identifiées.

Les spécificités des tâches de conception (qui renvoient à la notion de la tâche-environnement proposée par Newell & Simon, 1972) sont assez bien connues (Goel & Pirolli, 1989) :

- 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 de développer des collaborations au sein d'un même collectif de travail.
- Il y a beaucoup de degrés de liberté dans l'état initial du problème. Ceci est vu comme un manque d'information et un caractère mal défini.
- Les solutions à un problème de conception ne sont pas uniques mais font partie d'un ensemble de solutions acceptables.
- Il n'y a pas de chemin prédéterminé vers la solution : on connaît un certain nombre de procédures utiles et de méthodologies de conception, on peut s'appuyer sur des projets similaires déjà traités ou sur des prototypes existants, mais il faut à chaque fois réinventer les étapes qui séparent les spécifications de la production.
- La définition du problème et l'élaboration de la solution s'effectuent en interaction. Le problème ne pré-existe pas à la solution : l'un et l'autre sont construits simultanément.
- L'évaluation des solutions est différée à l'établissement de la solution finale, ou en tout cas limitée, du fait que la génération de toutes les solutions de design alternatives est coûteuse ou impraticable et également du fait de l'absence de métrique objective. De ce fait, les solutions finales sont satisfaisantes, et non pas optimales.
- La formulation des spécifications et la production de l'objet sont distantes dans le temps.

L'objectif de l'ergonomie cognitive est de comprendre comment ces caractéristiques de la tâche déterminent la construction de l'espace-problème exploré par les concepteurs, dans leurs pratiques individuelles comme dans leurs pratiques collectives. Réciproquement, il faut saisir en quoi les pratiques collectives de conception conduisent à modifier les pratiques individuelles habituellement mises en oeuvre.

Les *pratiques individuelles* renvoient aux processus cognitifs sur lesquels s'appuie chaque concepteur pour développer la solution, tandis que les *pratiques collectives* renvoient aux processus d'allocation des tâches selon les compétences, de synchronisation des actions, de gestion des conflits ainsi qu'aux multiples fonctions de communication.

Pour ce qui concerne les pratiques collectives, il faut préciser que l'approche choisie par l'ergonomie cognitive s'écarte d'autres types d'analyse : analyses organisationnelles, sociales, psycho-sociales et psychiques (centrées sur le rôle de facteurs tels que le degré de confiance dans les autres, la reconnaissance de la compétence personnelle, l'épanouissement personnel par le travail, la répartition des pouvoirs, la nécessité de se préserver, etc - Klein & Lu, 1989 ; Daniellou, 1994). Tout en sachant que les dimensions précédemment citées affectent bien évidemment le travail collectif et le développement d'une activité de conception, on a choisi ici de se centrer plutôt sur les *aspects cognitifs de la conception collective* (section 4), en introduisant auparavant une distinction entre les situations de *co-conception* et de *conception distribuée* (section 3). Toute activité collaborative suppose cependant une interaction entre les partenaires. C'est pourquoi, dans un premier temps (section 2), on présente les objectifs poursuivis dans ces interactions.

2. Les activités de synchronisation dans l'activité collective

Les interactions au travers desquelles l'activité collective s'exprime sont guidées par deux objectifs complémentaires : se synchroniser sur le plan cognitif et se synchroniser sur le plan de l'action (les définitions proposées ici sont reprises de Falzon, 1994a).

2.1. Synchronisation cognitive et communication

La synchronisation cognitive fait appel à la communication dans deux objectifs. Il s'agit pour les partenaires :

- d'une part de s'assurer que chacun a connaissance des faits relatifs à l'état de la situation : données du problème, état de la solution, hypothèses adoptées, etc.
- d'autre part de s'assurer que les partenaires partagent un même savoir général quant au domaine : règles techniques, objets du domaine et leurs propriétés, procédures de résolution, etc.

La synchronisation cognitive a ainsi pour objectif d'établir un contexte de connaissances mutuelles, de construire un référentiel opératif commun (de Terssac & Chabaud, 1990 ; Karsenty & Falzon, 1992). Les activités de synchronisation cognitive varieront en fonction du volume des connaissances partagées. Ceci signifie en particulier que la parité ou la non-parité du dialogue (dialogue entre pairs vs dialogue expert/novice ou dialogue entre sujets possédant des savoirs distincts) aura un effet important sur la nécessité de communication des savoirs généraux. Nous avons pu montrer antérieurement (Falzon, 1989) comment, dans les dialogues entre opérateurs expérimentés, l'hypothèse de connaissances communes dans le

domaine permettait une économie dans la communication par l'utilisation de langages opératifs et comment, lorsque cette hypothèse se révélait prise en défaut, les opérateurs avaient recours à des dialogues de récupération, dont le but est justement de mettre à niveau les savoirs généraux. C'est aussi cette nécessité de s'assurer de la nature du référentiel opératif commun qui conduit chaque partenaire du dialogue à construire un modèle de l'autre, comme différentes études l'ont mis en évidence (Cahour & Falzon, 1991).

2.2. Synchronisation opératoire et coordination

La synchronisation opératoire remplit deux fonctions.

Elle vise d'abord à assurer la répartition des tâches entre les partenaires de l'activité collective. Une partie des dialogues de travail pourra être ainsi consacrée à la discussion de cette allocation des tâches. Cette discussion sera d'autant plus nécessaire que la tâche sera nouvelle ; dans les cas usuels, la répartition des tâches est connue et ne suscitera pas nécessairement des activités de coordination.

Elle vise ensuite à assurer, selon les cas, le déclenchement, l'arrêt, la simultanéité, le séquençement, le rythme des actions à réaliser. La dimension fondamentale est donc ici le temps. Pas nécessairement le temps objectif (c'est-à-dire celui de l'horloge), mais le temps du système (par exemple, entreprendre l'action quand la machine affichera telle valeur) ou le temps du partenaire (par exemple, entreprendre l'action quand le partenaire commencera telle action).

La synchronisation opératoire donne lieu à des activités de coordination, qui peuvent être verbales (par exemple : négociations d'allocation de tâches) ou non verbales (par exemple : prise d'information visuelle, gestes).

3. Co-conception et conception distribuée

Les acteurs impliqués dans un processus de conception ne le sont pas tous de la même manière : certains sont engagés dans des activités de *co-conception*, tandis que d'autres participent à des activités de *conception distribuée*.¹. Ces deux situations peuvent être rencontrées au cours d'un même processus de conception, et peuvent également être successivement prises en charge par un même acteur.

Dans le premier cas, les partenaires de la conception développent la solution conjointement : ils partagent un but identique et contribuent à son atteinte grâce à leurs compétences spécifiques, ceci avec des contraintes très fortes de coopération directe pour garantir le succès de la résolution du problème. Les compétences des partenaires peuvent varier en fonction du *niveau* de compétence (par exemple, interaction entre concepteurs d'ancienneté différentes) ou en fonction du *type* de compétence (par exemple, interaction entre dessinateurs et ingénieurs). La co-conception a été étudiée par différents auteurs (cf. notamment Karsenty,

¹. On laissera donc ici de côté une autre situation d'action collective, la co-action. Dans la co-action, les opérateurs accomplissent simultanément des tâches, éventuellement dans le même espace physique, mais sans qu'ils aient conscience du fait que leurs actions séparées contribuent à un objectif unique, cet objectif étant défini par leur hiérarchie.

1994 ; Visser & Bonnardel, 1989) et dans une étude que nous avons menée auprès de concepteurs de réseaux informatiques, dont nous rendrons compte plus loin.

Dans le second cas, celui de la conception distribuée, les acteurs de la conception qui sont simultanément (mais non conjointement) engagés sur le même processus de coopération accomplissent des tâches bien déterminées, celles-ci ayant été allouées préalablement, et poursuivent donc des buts (ou du moins des sous-buts) qui leur sont propres tout en ayant pour objectif de participer le plus efficacement possible à la résolution collective du problème. La conception distribuée est typique des situations d'ingénierie simultanée, dans lesquelles les diverses filières du système de production doivent fonctionner en forte synergie au cours du cycle de développement du produit. La conception distribuée est également très fréquente dans les activités des bureaux d'études ou des méthodes (Béguin, 1994 ; Karsenty, 1994).

Si la distinction entre conception distribuée et co-conception est utile, du point de vue des ergonomes, c'est que chacune de ces formes de collaboration au développement d'un produit induit des processus de coopération différents.

Dans la conception distribuée, les processus de coordination sont cruciaux : les opérateurs déterminent la distribution des tâches, discutent des contraintes que les solutions de chacun entraînent sur les solutions des partenaires, planifient l'exécution du travail, puis se séparent pour que chacun résolve, individuellement, une partie du problème. Même si l'on voit apparaître, lors des réunions entre concepteurs, des phases de résolution de problème en groupe, c'est la *synchronisation opératoire* qui reste dominante.

Dans la co-conception, les buts (ou les sous-buts) ne sont pas préalablement distribués : ce sont les étapes du raisonnement qui doivent être réparties entre les partenaires (et la question est de savoir comment). Certains processus communicatifs prennent alors une importance majeure : apport d'explications et de justifications, modélisation de l'interlocuteur, construction et maintien du contexte partagé. Même si l'on peut voir apparaître, lors des activités de co-conception, des phases de travail solitaire, c'est la *synchronisation cognitive* qui reste dominante.

4. Caractéristiques cognitives de la conception collective

Qu'ils soient en situation de co-conception ou de conception distribuée, les acteurs qui coopèrent recourent à des composants cognitifs qu'on doit identifier : planification, mise en oeuvre de procédures connues, réutilisation de solutions, transformation de représentations, etc. Ce sont les spécificités des problèmes de conception énoncées en introduction de ce texte qui nous permettent de les caractériser.

4.1. Planifier, utiliser des procédures ou des connaissances du domaine, construire des solutions intermédiaires

La taille et la complexité des problèmes, ainsi que l'absence de procédures prédéterminées de développement de la solution obligent les concepteurs à formuler le problème en terme de buts à atteindre. Ceci entraîne une décomposition de la solution en sous-buts (qui reste cependant incomplète). Les concepteurs sont conduits à élaborer des stratégies de développement de la solution, en particulier à l'aide d'activités de planification au cours

desquelles des représentations schématiques et abstraites sont formulées. Le caractère mal défini du problème et le manque d'informations accentuent cette considérable structuration du problème.

Ceci a des conséquences directes sur le déroulement de l'activité collective : les partenaires de la conception devront coopérer pour (i) identifier et partager la définition du but, (ii) déterminer et distribuer les sous-buts associés, (iii) identifier les liens de dépendance entre buts et sous-buts et (iv) répartir les tâches à réaliser. Dans un contexte professionnel, c'est souvent l'organisation hiérarchique qui détermine ces différents points et qui désigne aux agents les tâches qu'ils devront accomplir et dont ils seront responsables ; les opérateurs sont alors engagés dans un processus de conception distribuée. En revanche, la façon dont cela fonctionne dans les situations de co-conception est moins bien connue.

Nous avons mené une étude expérimentale sur une situation de co-conception de réseaux informatiques, impliquant d'une part un concepteur expérimenté, d'autre part un concepteur un peu moins compétent (Falzon & Darses, 1992 ; Darses, Falzon & Robert, 1993). La validité écologique de l'étude est garantie du fait que cette situation de co-conception était courante dans la pratique de la société concernée. Le concepteur moins compétent devait proposer une solution au problème de configuration de réseaux qui lui était soumis. La consigne donnée à l'expert précisait qu'il devait collaborer avec l'opérateur, sans prendre en charge lui-même le problème. Les interlocuteurs n'étaient pas en vis-à-vis mais communiquaient par terminal interposé (messages textuels et graphiques). Les dialogues entre les concepteurs ont été recueillis et analysés.

Les résultats indiquent que la réalisation d'une étape donnée de la résolution du problème - *générer la solution, évaluer la solution, planifier, etc* - , n'est pas toujours prise en charge par le même opérateur, bien qu'ils n'aient pas l'un et l'autre le même niveau de compétence. Cette prise en charge alternée des étapes de résolution se traduit en particulier (et contrairement aux idées reçues) par le fait que la *génération des solutions* est autant réalisée par le concepteur moins compétent que par le plus expert.

Par ailleurs, l'analyse des interventions (notamment de celles de l'opérateur le plus compétent) met en évidence le rôle central de la critique (positive, négative ou mitigée) de solution dans la progression du raisonnement. Cette activité critique a trois caractéristiques :

- elle est spontanée : il y a peu de requêtes explicites d'évaluation de la part de l'opérateur moins expérimenté, mais beaucoup de critiques formulées par l'expert. Ceci traduit l'action de règles conversationnelles spécifiques à ces situations d'assistance coopérative dans laquelle les partenaires ne disposent pas du même niveau de connaissance dans le domaine (Darses et al., 1993) ;
- elle est armée : les évaluations sont systématiquement accompagnées de justifications. Le rôle de ces justifications est vraisemblablement multiple : elles permettent bien sûr de signaler ce qui fonde la critique, mais elles peuvent jouer un rôle dans les processus de synchronisation cognitive décrits plus haut. Il faut noter que des justifications accompagnent aussi les évaluations positives, pour renforcer les choix effectués ;
- elle est étendue : les évaluations sont fréquemment prolongées par diverses extensions. Dans le cas des évaluations négatives, il s'agit de propositions alternatives ; dans le cas des évaluations "mitigées", il s'agit d'amendements ou d'informations préventives ("ça peut marcher, mais alors il faudra penser à ...") ; dans le cas des évaluations positives, il s'agit d'ajouts de nouveaux éléments à la solution proposée.

4.2. Transformation et utilisation collective des représentations

Du fait que la définition du problème et l'élaboration de la solution s'effectuent en interaction, le concepteur doit procéder à de nombreuses transformations des représentations associées à l'artefact, afin de construire une représentation de plus en plus détaillée du but à atteindre (Hoc, 1987 ; Gero, 1990).

La cognition collective se traduit, sur ce point, par la mise en oeuvre intensive de fonctions de transfert de représentation, qui permettent :

- le partage des transformations de représentations dans l'espace-problème "collectif",
- l'intégration de ces multiples représentations, non seulement dans la phase de représentation du problème, mais également dans la description de la solution qui peut elle aussi être vue sous des angles divers.

Nous rendrons compte ici d'une étude réalisée dans une entreprise d'ingénierie par Béguin (1994). La demande était provoquée par des difficultés liées à l'utilisation des systèmes CAO. L'étude porte à la fois sur les aspects individuels et collectifs de la conception. Ce sont ces derniers qui seront développés ici.

La méthodologie a consisté à effectuer d'une part, sur des tâches parcellaires et simulées, des enregistrements vidéo d'opérateurs en cours de conception, d'autre part des observations longues (plusieurs mois) de concepteurs de diverses spécialités (électricité, génie civil ou climatique, tuyauterie).

Le dessin technique, central dans l'activité des concepteurs considérés, a des fonctions multiples. Au niveau individuel, comme dans de nombreuses tâches de conception, le dessin, résultat d'un travail individuel, permet le test d'hypothèse (Lebahar, 1983). Au niveau collectif, il remplit d'autres fonctions : outil de communication avec d'autres acteurs (en amont, en aval ou au même niveau), il est aussi un matériau sur lequel les concepteurs opèrent en commun. La conception peut alors être vue comme un processus de prise de décision distribuée, utilisant le graphisme comme outil de gestion de l'interdépendance entre concepteurs.

Un mécanisme apparaît alors comme central : la réutilisation². Celle-ci a plusieurs fonctions:

- en premier lieu, la réutilisation de la production graphique d'autrui permet une intégration (technique et graphique) : l'intégration permet de prendre en compte dans sa propre production la production d'autrui, et assure la cohérence des décisions de conception ;
- en second lieu, la réutilisation a pour conséquence que chaque concepteur devient le créateur des conditions du travail du concepteur en aval, d'une part du fait des décisions de conception, qui contraignent les décisions ultérieures, d'autre part (à cause de la CAO) du fait des décisions graphiques (choix des couleurs, répartition des dessins sur des layers, etc). Ces décisions graphiques rendront plus ou moins aisées certaines opérations sur le logiciel et pèseront donc sur le contenu des décisions techniques

². Le terme de réutilisation est pris par l'auteur dans un sens peu classique : il s'agit du transfert d'une représentation d'un concepteur à un autre, afin que ce dernier puisse y ajouter des éléments. Dans la plupart des études sur la réutilisation, celle-ci est entendue comme la reprise du solution déjà établie à un nouveau problème (cf. section 4.3).

ultérieures. Comme le note Hatchuel (1994), s'institue ainsi entre les opérateurs un rapport de prescription réciproque.

L'auteur observe deux modes de régulation du processus de réutilisation collective :

- dans une première équipe, des impressions papier sont réalisées, et une réunion rassemble les concepteurs, qui discutent d'un mode d'utilisation de la CAO (organisation du fichier, décisions graphiques et techniques), puis répartissent les tâches. Les concepteurs entrent alors dans une phase de travail solitaire. Le processus est répété si besoin est. Dans cette équipe, c'est la négociation qui garantit la réutilisabilité. Le mode d'utilisation du logiciel est adapté aux caractéristiques du projet, mais ad hoc, non généralisable à des projets futurs.
- dans une seconde équipe, les concepteurs ont adapté le logiciel (en particulier en ajoutant un ensemble de symboles graphiques) et ont systématisé l'organisation des fichiers. Ici, c'est l'adaptation du logiciel qui garantit la réutilisabilité. Le fonctionnement adopté est généralisable, mais moins adapté aux spécificités des projets.

4.3. L'évocation de schémas et la réutilisation de solutions

L'importance de l'évocation de schémas est également un composant important des représentations mentales que manipulent les concepteurs au cours de leur activité. Si la plupart des travaux issus de ce courant se sont souvent consacrés à comprendre les activités de compréhension plutôt que celles de conception, on assiste à l'émergence d'un courant de recherche où la récupération et l'évocation de schémas est vue comme un processus central à la conception. Le schéma guide le processus de décomposition d'un problème et détermine donc l'ordre dans lequel les actions peuvent être accomplies. Evoqués et utilisés à tout moment du processus de conception, ils permettent d'inférer des structures de données et des fonctions afin d'exécuter et de résoudre des parties du problème.

Ces connaissances évoquées peuvent être des connaissances générales indépendantes du contexte (par exemple, des schémas de programmation ; cf. Détienne, 1990). Mais il peut aussi s'agir de solutions développées lors du traitement antérieur d'un problème. On parlera alors de réutilisation de connaissances, ces connaissances s'apparentant plutôt à un savoir circonstanciel, non généralisé : ce n'est pas un schéma abstrait qui est mémorisé, mais une solution avec tout son contexte particulier, ses traits de surface, ses particularités historiques, etc (Visser, 1993). Alors que, dans le cas des connaissances générales, on parle d'*évocation de schémas*, dans le cas de la réutilisation de solutions, on parle plutôt de *mécanismes d'analogie*, par lesquels le problème présent est rapproché d'un problème antérieurement traité (Visser, 1992).

Il était difficile de ne pas mentionner la réutilisation dans un texte portant sur les activités de conception. Il faut toutefois y ajouter trois réserves :

- d'une part, les recherches portant sur le processus de réutilisation se sont souvent bornées à l'étude de la réutilisation rétrospective : il s'agit de la reprise de solutions développées dans le passé. Or on sait que se manifestent aussi des processus de réutilisation prospective, par lesquels on conçoit pour pouvoir réutiliser un jour (ou parfois immédiatement). Des processus de ce type ont été décrits par Détienne (1991).
- d'autre part, ces mêmes travaux concluent fréquemment à une grande difficulté pour les opérateurs d'effectuer ces opérations de réutilisation, pour deux raisons : le processus de récupération en mémoire d'un cas similaire apparaît aléatoire, et l'adaptation du cas

récupéré à la situation à traiter n'est pas toujours facile. Sur ce sujet, on pourra consulter Burkhardt et Détienne (1994).

- enfin, il faut noter la quasi-absence d'études portant sur la réutilisation dans les situations ici pertinentes, c'est-à-dire les situations de conception collective. Une exception toutefois est le travail exploratoire de Visser & Bonnardel (1989) sur des situations de conception dans le domaine aérospatial.

Ce champ de recherche connaît actuellement un développement important autour de l'idée de mémoire organisationnelle, ou de conservation de la logique de conception, ou encore de "tracabilité" des projets de conception (cf. par exemple Conklin, Burgess Yakemovic, 1991 ; Terveen, Selfridge & Long, 1995). Il s'agit de conserver une trace des décisions de conception. Comme chacun sait, la description de la solution finalement choisie est une trace extrêmement imparfaite : elle passe sous silence les justifications des choix, les critères de décision, les solutions étudiées puis éliminées, les tests effectués, etc. La question est alors de définir ce qui doit être conservé. Un consensus se dessine aujourd'hui pour penser que l'atteinte de cet objectif suppose des transformations organisationnelles, techniques et cognitives importantes. En fait, cet objectif s'inscrit dans une perspective plus large, celle du développement des activités méta-fonctionnelles comme activités opérationnelles de travail, un enjeu pour les années à venir (Falzon, 1994b).

4.4. L'évaluation des solutions

Parce que les solutions à un problème de conception ne sont ni bonnes ni mauvaises, le concepteur construit des fonctions d'évaluation et des règles d'arrêt personnalisées.

Sur ce point, les modalités de coopération qui ont été identifiées dans des interactions coopératives naturelles sont très informatives quant aux contributions de chaque agent au processus coopératif d'évaluation de la solution, de partage des négociations et de résolution de conflits. On constate en particulier que la *critique de solution* est au centre des relations coopératives : la *critique* de solution, constructive ou négative, est particulièrement développée par les coopérateurs (Klein & Lu, 1989 ; Fischer et al., 1991 ; Falzon & Darses, 1992 ; Darses et al., 1993). Par exemple, Klein et Lu (1989) analysent une situation de conception architecturale au cours de laquelle trois architectes coopèrent pour construire une maison et notent que le mode le plus fréquemment adopté est la critique d'états de solution et des recherches de résolution de conflits plutôt que des décisions de conception. En outre, il faut savoir que ces comportements de type *Critique* émergent spontanément dans la plupart des cas, en réaction à des énoncés de l'interlocuteur (Falzon & Darses, 1992) : on constate peu de requêtes d'évaluation, comparativement aux évaluations spontanément réalisées.

4.5. La gestion des contraintes

Les contraintes sont omniprésentes dans les activités de conception (Darses, 1994) : assimilées aux spécifications initiales du problème, les contraintes sont les éléments-clefs d'une démarche ascendante ; utilisées comme des outils de réduction de l'espace de recherche, les contraintes contrôlent l'exploration des solutions possibles ; énoncées comme support des interactions entre sous-problèmes, elles participent aux démarches descendantes en gérant les conflits qui peuvent apparaître ; les contraintes sont également utilisées comme entités d'évaluation des solutions partielles, en comparant, sélectionnant et rejetant des solutions.

Si des études ont porté sur les processus individuels de gestion de contraintes (Darses, 1994), les recherches empiriques sur la gestion collective de contraintes dans des situations de conception sont peu nombreuses. On évoquera ici un travail récent (Mascia, 1994) relatif à la gestion de production. Cette étude est dirigée sur l'analyse du travail d'un chef d'atelier, dans une unité de production de produits d'hygiène corporelle. L'auteur constate le temps considérable consacré à des réunions de négociation, en particulier avec le responsable du planning et le service qualité, chacun amenant et discutant ses contraintes propres : délais de livraison à respecter pour le responsable du planning, qualifications des personnels pour le chef d'atelier par exemple. L'importance de ces réunions met bien en évidence le caractère crucial de la gestion des contraintes dans un processus de conception, et de la nécessaire flexibilité qui doit être introduite pour garantir la bonne marche de ce processus (de Terssac et al., 1993 ; de Terssac et al., 1994).

Par ailleurs, l'étude mentionnée met l'accent sur le rôle particulier que joue la *polyvalence* des opérateurs. En effet, une des contraintes importantes qui pèsent sur les décisions du chef d'atelier tient à ce que certaines machines ne peuvent être conduites que par certains opérateurs qualifiés. De ce fait, la polyvalence, quand elle existe, permet de relâcher des contraintes et assure donc une marge de négociation.

5. Conclusion

Ce texte a exposé une approche d'ergonomie cognitive pour l'étude des situations de conception coopérative. On a montré comment les spécificités des tâches collectives déterminent des activités cognitives fort différentes : tandis que les situations de co-conception induisent un plus grand recours à une synchronisation cognitive, la conception distribuée met l'accent sur la synchronisation opératoire de la tâche. Se centrant surtout sur la synchronisation cognitive, on a ensuite exposé, à partir d'études de terrain, à quels mécanismes elle obéit. Il reste cependant bien évident que l'étendue des pratiques collectives confère à ces premiers résultats un caractère exploratoire, que des études ultérieures devront affiner.

Références

- Béguin, P. (1994) *Travailler avec la CAO en ingénierie industrielle : de l'individuel au collectif dans les activités avec instruments*. Thèse de Doctorat d'Ergonomie, C.N.A.M., Paris.
- Burkhardt, F. & Détienne, F. (1994) La réutilisation en génie logiciel : une définition d'un cadre de recherche en ergonomie cognitive. *Actes du 4ème Colloque Ergo-IA*. Biarritz, 1994. Bayonne : IDLS
- Cahour, B. & Falzon, P. (1991) Assistance à l'opérateur et modélisation de sa compétence. *Intellectica*, 2, 12, pp. 159-186.
- Conklin, E.J. & Burgess Yakemovic, S.C. (1991) A process-oriented approach to design rationale. *Human-Computer Interaction*, 6 (3), 357-391.
- Daniellou, F. (1994) L'ergonome est-il un praticien ? *Actes des Journées de Bordeaux sur la Pratique de l'Ergonomie*, 21-23 Mars, Bordeaux, France.

- Darses, F. (1994) *Gestion des contraintes dans la résolution des problèmes de conception*. Thèse de Doctorat, Spécialité Psychologie Cognitive. Université de Paris 8, France
- Darses, F., Falzon, P. & Robert, J.M. (1993) Cooperating partners : investigating natural assistance. In G. Salvendy & M.J. Smith (Eds), *Human-computer interaction : Software and hardware interfaces*. New York : Elsevier.
- Détienne, F. (1990) Expert programming knowledge : a schema-based approach. In J.M. Hoc, T.R.G. Green, R. Samurçay & D. Gilmore (Eds.) *Psychology of programming*. Londres : Academic Press.
- Détienne, F. (1991) Reasoning from a schema and from an analog in software code reuse. In J. Koenemann-Belliveau, T. Moher & S.P. Robertson (Eds), *Empirical studies of programmers : 4th workshop*. Norwood, NJ : Ablex.
- Falzon, P. (1989) *Ergonomie cognitive du dialogue*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Falzon, P. (1994a) Dialogues fonctionnels et activité collective. *Le Travail Humain*, 57 (3), 299-312.
- Falzon, P. (1994b) Les activités méta-fonctionnelles et leur assistance. *Le Travail Humain*, 57, 1, 1-23.
- Falzon, P. & Darses, F. (1992) *Les processus de coopération dans les dialogues d'assistance*. XXVII° congrès de la SELF. Lille, 23-25 septembre 1992.
- Fischer, G., Lemke, A., Mastaglio, T., & Morch, A. (1991) *The role of critiquing in cooperative problem solving*. Research Report, University of Colorado Boulder, Dpt of Computer Science.
- Gero, J.S. (1990) Design prototypes : a knowledge representation schema for design. *AI Magazine*, Winter
- Goel, V. & Pirolli, P. (1989). Motivating the notion of generic design within information-processing theory : the design problem space. *AI Magazine*, Spring, 18-36.
- Hatchuel, A. (1994) Apprentissages collectifs et activités de conception. *Revue Française de Gestion*, juin-juillet 1994, 109-120.
- Hoc, J.M. (1987) *Psychologie cognitive de la planification*, Grenoble: PUG.
- Karsenty, L. (1994) *L'explication d'une solution dans des dialogues de conception*. Thèse de Doctorat de Psychologie Cognitive Ergonomique., Université Paris 8.
- Karsenty, L. & Falzon, P. (1992) *Cadre général pour l'étude des dialogues orientés-tâche*. XXVII° congrès de la SELF. Lille, 23-25 septembre.
- Klein, M. & Lu, S. C. (1989) Conflict resolution in cooperative design. *Artificial Intelligence in Engineering*, 4 (4), 168-180.
- Lebahar, J.C. (1983) *Le dessin d'architecte*. Roquevaire: Parenthèses.
- Mascia, F. (1994) *La gestion de la production. Une approche ergonomique du travail du chef d'atelier*. Mémoire de DEA d'Ergonomie, E.P.H.E.
- Newell, A. & Simon, H. (1972) *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, N. J. : Lawrence Erlbaum.
- de Terssac, G. & Chabaud, C. (1990) Référentiel opératif commun et fiabilité. In J. Leplat et G. de Terssac (Eds.) *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Paris : Octarès.
- de Terssac, G., Erschler, J., Huguet, M.J., Lompré, N. (1993) *Analyse des interactions entre deux centres de décision dans des secteurs de production discrète et diversifiée* :

- interprétation en terme de négociation de contraintes*. Rapport de recherche # 93257, Juillet, LAAS : Toulouse.
- de Terssac, G., Lompré, N., Huguet, M.J. & Erschler, J. (1994) Autonomie et contraintes dans la décision et la coopération. *Actes du 4ème Colloque Ergo-IA*. Biarritz, 1994. Bayonne : IDLS.
- Terveen, L.G., Selfridge, P.G. & Long, M.D. (1995) Living design memory : framework, implementation, lessons learned. *Human-Computer Interaction*, 10 (1), 1-37.
- Visser, W. (1992) Raisonnement analogique et conception créative. Etudes empiriques de trois projets de conception. *Actes de OI Design, - vers une nouvelle génération des systèmes d'aide à la conception*. Marrakech, Maroc, 25-27 février, Paris : EUROPIA
- Visser, W. (1993) Raisonnement basé sur des cas : une thématique transversale. *Communication affichée au colloque "Recherches pour l'Ergonomie"*, Toulouse, France, 18-19 Novembre.
- Visser, W. & Bonnardel, N. (1989) *La résolution de problèmes lors de la conception d'une antenne. Analyse de l'activité*. Rapport de recherche, Février 1989, INRIA : Rocquencourt