

# Formes et gestion des annotations numériques collectives en ingénierie collaborative

Manuel Zacklad<sup>1</sup>, Myriam Lewkowicz<sup>1</sup>, Jean-François Boujut<sup>2</sup>, Françoise Darses<sup>3</sup>  
et Françoise Détienne<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire Tech-CICO, Université de Technologie de Troyes  
{zacklad, lewkowicz}@utt.fr  
<http://tech-cico.utt.fr>

<sup>2</sup>Laboratoire 3S, INP de Grenoble- CNRS – UJF  
jean-francois.boujut@inpg.fr  
<http://www.3s.hmg.inpg.fr/ci>

<sup>3</sup>CNAM, Labo d'ERGONOMIE  
darses@cnam.fr

<sup>4</sup>INRIA, Projet EIFFEL  
Francoise.Detienne@inria.fr  
<http://www.inria.fr/Equipes/EIFFEL-fra.html>

**Résumé** : Nous présentons dans cet article l'importance des annotations dans les situations de conception collaborative. Après une caractérisation des annotations d'un point de vue cognitif, nous présentons les différents formats de représentation utilisés en conception. Nous discutons ensuite du type de sémantique (computationnelle ou cognitive) et du niveau de représentation (profonde ou superficielle) adapté aux annotations. Nous opposons ensuite deux directions de recherche visant à développer des supports à la conception collaborative : l'une centrée sur la définition de standards d'interopérabilité universels, l'autre sur l'intégration d'un flux de données semi structurées associé aux données techniques, que nous défendons. Nous présentons enfin les techniques permettant l'annotation dans une perspective du web « cognitivement sémantique » et une proposition de modèle conceptuel permettant de définir des méta-données associées aux annotations.

**Mots-clés** : Annotation, Coopération, Conception.

## 1 Importance croissante de l'ingénierie collaborative en conception de produits

Les différents courants managériaux qui se succèdent depuis une vingtaine d'années ne font que renforcer l'importance de la dimension collaborative dans tous les métiers de l'ingénierie, notamment en ingénierie mécanique (Terressac & Friedberg, 1996). Les caractéristiques des activités collaboratives sont la co-existence de connaissances métier hétérogènes et la nécessité d'une accélération du cycle de conception, doublées d'un accroissement de la complexité des produits. Deux grandes familles de réponses sont aujourd'hui apportées : d'une part, le développement de l'ingénierie système, déjà bien implantée en électronique,

aéronautique et en informatique (et qui s'étend à de nouveaux secteurs comme l'automobile (Perrin, 1999) et d'autre part, la généralisation des organisations matricielles de type métier/projet. Par ailleurs, le développement de l'informatisation des activités de conception, au travers de la CAO, des bases de données produits et plus récemment des TIC, a été une condition indispensable tant de l'accroissement de la « productivité » des équipes de conception que de la mise en place à grande échelle de formes de travail à la fois plus interdépendantes et plus distribuées. L'informatique devient donc un instrument indispensable de l'existence et du développement des activités coopératives où les savoirs métiers des participants ne se recouvrent pas, et où les interactions suscitent des « apprentissages croisés » (Hatchuel, 1994), permettant la création de connaissances nouvelles et facilitant les processus d'apprentissage organisationnel (Argyris & Schön, 1978); (Midler, 1991).

Cette généralisation n'a pas été cependant sans poser des problèmes inédits de gestion des connaissances et d'organisation. En CAO, par exemple, là où le travail collectif s'articulait sur le partage explicite de documents papiers que chaque dessinateur enrichissait de manière tangible et accessible à tous, la généralisation de l'informatique a rendu plus difficile à appréhender la dimension cumulative des contributions de chacun, et donc les délibérations collectives auxquelles ces contributions devaient donner lieu au sein des équipes. Or la montée en complexité des processus de conception, (que ce soit à l'intérieur d'une équipe de concepteurs dotés de compétences similaires ou entre des concepteurs responsables de composantes différentes du produit ou du processus) tend à rendre encore plus nécessaire la réflexion commune sur ces « artefacts symboliques » que sont les plans ou les documents de spécification.

Les progrès de l'informatisation dans le domaine de la conception n'ont pas été sans faciliter certains temps forts de la coopération. La « représentation numérique », par exemple, peut dans bien des cas faciliter la confrontation des points de vue de spécialités différentes. En effet, si le média numérique tend à masquer l'enchaînement des gestes métiers qui ont été nécessaires pour parvenir à une solution, gestes qui pouvaient « dévoiler » les raisonnements des concepteurs et donc la justification de leurs actions, il offre cependant des possibilités inédites de distribution synchrone et asynchrone du plan à travers le réseau, mais également des possibilités d'enrichissement automatique par le biais du calcul qui étaient bien sûr tout à fait impossible dans le contexte du travail « papier ». C'est le cas par exemple des maquettes numériques qui permettent de visualiser en 3D et sous divers angles et points de vue des plans de pièces dont la symbolique 2D était difficile à comprendre et à interpréter pour des non spécialistes.

Enfin, dans un contexte où les outils d'aide à la conception sont exclusivement dédiés à la gestion de la représentation du futur produit (représentation centrée produit), et que dans un même temps les outils de gestion de projet sont uniquement centrés sur le processus de conception (représentations centrées processus), on voit apparaître un besoin croissant d'instrumenter les activités coopératives. En effet, ces activités mettent en œuvre des régulations complexes qui sont intimement liées au contexte local et notamment à l'état de la représentation du produit (Boujut, Jeantet, 2001). L'hypothèse soutenue dans cet article est que les annotations, en tant que

support des débats collectifs, permettent d'instrumenter les processus complexes de synchronisation des activités et de régulation collective des activités coopératives.

## **2 Rôle central des annotations en conception coopérative**

Tout processus de coopération forte instaure des épisodes de délibération et de confrontation permettant à la fois aux participants d'exposer à leurs partenaires l'état de leur représentation de la solution (et/ou de leur représentation du « problème » de conception) et de bénéficier, sous la forme de commentaires et de critiques, des évaluations des autres membres du groupe, évaluations qui sont génératrices de contraintes ou de propositions alternatives. Ces délibérations prennent la forme d'épisodes d'argumentations collectives (Darses, 2001), (Martin et al., 2001) qui ont généralement lieu en présentiel durant les réunions de travail, mais qui peuvent également être en partie médiatisées par des échanges épistolaires via le courrier électronique ou bien par l'échange de documents déposés dans des entrepôts de données multimédia accessibles par internet. Dans ces échanges médiatisés, c'est sous la forme d'annotations de plans et de documents que ces délibérations se concrétisent.

Ce recours aux activités argumentatives, encouragé par l'utilisation de la messagerie mais également par l'utilisation de notes internes et de compte rendus de réunion, est particulièrement important dans le contexte de cycles de conception « longs » au sein desquels les supports mnémotechniques sont indispensables. Il l'est également pour « capitaliser les connaissances » d'un projet à l'autre en facilitant la réutilisation de solutions ou de « procédures ». L'annotation joue ainsi un rôle dans les processus de gestion des connaissances au sens large et particulièrement dans les processus de « gestion coopérative des connaissances » (Zacklad & Grundstein, 2001), (Lewkowicz, 2000) où l'on met l'accent sur l'importance de l'apprentissage organisationnel et de la mise à disposition d'outils et de méthodes le plus possible intégrés aux environnements de travail afin de minimiser le « sur-travail » induit par les efforts de documentation et de formalisation demandés aux acteurs sollicités dans les actions de capitalisation.

Or on constate que les fonctionnalités informatiques d'annotation dont on dispose aujourd'hui sont relativement pauvres et ne permettent pas de réaliser d'échanges argumentatifs autour du produit en cours. C'est pourquoi nous souhaitons dans cet article faire un état des lieux sur le rôle des technologies de l'information sur cette question.

Ceci renvoie à plusieurs questions de recherche complémentaires que nous développons notamment au sein du projet Mediapro (Boujut et al. 2002). La première a trait à la définition du statut des annotations, du point de vue cognitif et du point de vue du modèle informatique. La seconde question de recherche traite de la représentation interne du document principal. La troisième vise à déterminer les modalités d'indexation selon de multiples points de vue des annotations, modalités qui joueront un rôle déterminant dans l'exploitation ultérieure de ces annotations.

### 3 Les annotations d'un point de vue cognitif

D'un point de vue cognitif, le statut des annotations est envisagé par rapport à l'approche théorique actuelle sur le rôle des artefacts dans l'activité de conception collective. Les artefacts « matériels » sont en effet reconnus par leur rôle central dans les pratiques collectives (Schmidt & Wagner, 2002). Par « artefacts », on désigne toutes les représentations externes de type textuelles ou graphiques qui sont produites, manipulées, échangées au cours d'un processus de conception collective. Ces artefacts peuvent être produits collectivement ou individuellement. Beaucoup d'entre eux remplissent des fonctions importantes dans la coopération : construction d'une compréhension commune (« common ground ») d'un principe de conception, d'une tâche, etc. ; rappel (« reminders ») de principes de conception, de problèmes laissés ouverts, etc. ; trace des activités ; représentation de décisions de conception à un certain niveau de détail.

Parmi les artefacts produits et manipulés, les annotations sont des productions de type texte ou schémas faites sur un document principal ayant déjà un statut « officiel » dans le projet de conception<sup>1</sup>. En conception architecturale, cette restriction permet de désigner des notes produites sur des plans lors de réunions ou des « layered artifacts » produits par exemple grâce aux calques superposés sur un document principal. En conception collective, une caractéristique de ces annotations est qu'elles sont créées dans un espace partagé du collectif lors de réunions. Cet espace permet l'expérimentation de nouvelles idées et l'évolution de la conception.

#### 3.1 La fonction des annotations

Deux grandes fonctions des annotations peuvent être distinguées : une fonction critique et une fonction de planification. Les annotations dont la fonction est *critique* (ex : « cette barre est mal positionnée ») relèvent de l'argumentation autour d'objets variés (solutions, procédures). En ce sens, les annotations sont assimilables à des contraintes ou des critères d'évaluation auxquels le rédacteur de l'annotation se réfère. Elles ont le potentiel d'être conservées dans une mémoire de projet. Les annotations qui ont une fonction de planification (ex : « il faudra que X retravaille ce point plus tard, penser à contacter Y ») relèvent de la gestion de projet et de la coordination. Elles ne sont pas forcément pertinentes au-delà du temps du projet (à moins de supposer de tracer ce processus).

#### 3.2 La sphère des annotations

Deux sphères peuvent être distinguées : la sphère privée et la sphère publique. Les annotations qui relèvent de la *sphère privée* sont liées à l'acteur qui les génère et n'ont pas vocation à être partagées par le collectif ou groupe-projet. On fait donc l'hypothèse que, ne contribuant pas au travail collaboratif, elles ne sont pas l'objet de

---

<sup>1</sup> On peut évidemment faire des rapprochements avec les annotations dans le contrôle de processus dont l'exemple prototypique est probablement les « strips » dans le contrôle aérien.

cet article. Les annotations qui relèvent de la sphère publique ne sont pas destinées à l'acteur qui les génère ; les destinataires peuvent être le collectif dans son ensemble ou un sous collectif (ex : tous les concepteurs structure).

### **3.3 Le contenu des annotations**

Pour les annotations à fonction critique, le contenu peut se décliner selon trois types d'attributs : le registre de référence, le niveau d'abstraction de l'expression et l'étayage. Le registre de référence renvoie aux champs d'application des arguments évoqués (économique, technique, esthétique, etc.), et le niveau d'abstraction de l'expression renvoie au niveau de détail des arguments avancés. Ainsi, on peut formuler une annotation de façon abstraite (« mauvais comportement mécanique de cette pièce »), ou bien de manière plus contextualisée (« le bras risque de casser », « la luminosité de la surface rendra la lecture illisible », etc.). L'étayage rend compte des représentations complémentaires qui sont mises en avant pour étayer les arguments (description de scénarios d'utilisation, proposition de solutions alternatives, exemple de solution d'un autre projet, etc.). Pour les annotations à fonction de planification, le contenu peut se décliner selon trois types d'attributs : la tâche, le temps, le(s) responsable(s) de la tâche.

### **3.4 La forme des annotations**

La forme des annotations peut être : textuelle, graphique, vocale, vidéo... La forme peut refléter des conventions de notation construites par le collectif : par exemple, l'utilisation de différentes couleurs pour dénoter différents types d'éclairage en architecture (Schmidt & Wagner, 2002).

## **4 Les représentations du produit utilisées dans la conception collaborative**

Les concepteurs manipulent couramment les informations géométriques relatives au produit sous deux formes différentes. Ces représentations géométriques sont fonction du type de logiciel utilisé, typiquement dans notre cas des représentations de type CSG ou polyédriques. Par ailleurs, ces mêmes concepteurs sont amenés à mobiliser d'autres types de représentation, notamment en fonction des besoins d'information spécifiques à une tâche (dessin technique, modèle FAO...). Parmi ces types de représentation, le dessin technique a un statut particulier car il a représenté pendant très longtemps le seul moyen de représenter un objet technique, et le seul support aux diverses prescriptions des concepteurs vers les métiers aval. Le dessin technique a comme support un plan en deux dimensions complété par des informations exprimant des contraintes technologiques (tolérances de fabrication, dimensions...). Aujourd'hui encore, seule cette représentation permet l'intégration de ces contraintes nécessaires à la fabrication, par exemple. Le formalisme du dessin

technique n'a pas d'équivalent aujourd'hui dans les outils de CAO, ceux-ci sont uniquement basés sur une représentation géométrique de l'objet à concevoir. Bien que nous ne nous centrerons pas sur la question du dessin technique et de sa transformation vers des supports numériques, il convient de remarquer que, en tant que tel, le dessin technique est un langage qui mobilise des symboles codifiés, dont les annotations sont souvent inspirées. Le dessin technique en tant que langage et système de signes pourra donc nous intéresser comme source d'inspiration.

Nous nous intéresserons donc dans la suite aux deux seules représentations du produit que les concepteurs manipulent au cours du processus de conception, dans sa phase numérique, et sur la base desquelles ils sont amenés à coopérer :

- La représentation manipulée par les outils de conception (CAO, CFAO), fournit l'arborescence de construction des éléments géométriques du produit (surfaces, volumes, formes...). Chaque outil de conception intègre ses propres modèles de représentation, cependant il y a trois grandes classes de représentations qui sont actuellement utilisées : la structure BREP (Boundary REPresentation) est basée sur la définition surfacique de l'objet (l'objet est représenté par ses frontières (boundaries)), la structure CSG (Constructive Solid Geometry) est quant à elle basée sur une décomposition des produits par éléments de base (cubes, cylindres, cônes...) et un ensemble d'opérations topologiques permettant de reconstituer le volume global de la pièce, et la structure Non Manifold une construction hybride des deux structures précédentes permettant d'associer dans une même pièce des représentations surfaciques (B-REP) et volumiques (CSG). Par ailleurs, il existe aujourd'hui un certain nombre de standards d'échange de données qui permettent (en théorie) le passage d'un logiciel à l'autre sans perte d'information. Parmi ces standards d'échange, les plus courants sont : IGES, SET, VDA, et STEP. Notons que ces standards (ou formats neutres) sont souvent pris en défaut par des modelleurs CAO qui manipulent des informations qui ne sont pas prises en charge par le standard. On obtient ainsi souvent des pertes d'information importantes qui nécessitent un re-travail de la part des concepteurs, limitant ainsi les possibilités d'échange par exemple entre un donneur d'ordre et un fournisseur. Il faut cependant souligner qu'aujourd'hui la majeure partie des échanges se font via des formats type IGES, notamment la solution la plus couramment employée par les sous-traitants consiste à utiliser le même logiciel que son donneur d'ordres...
- La représentation polyédrique, quant à elle, permet de visualiser les objets en 3D sous une forme « légère ». La visualisation de la maquette numérique du produit est souvent réalisée par l'intermédiaire de « viewers » (ou navigateurs 3D) qui manipulent ce type de représentation. Elle permet de gérer des interactions géométriques entre les pièces, de visualiser des « scènes complexes », d'ajouter de la texture, des fonds et de la couleur, d'utiliser des effets de zoom ou encore de naviguer dans le produit (lorsqu'il s'agit d'avion ou

d'automobile par exemple). Ces représentations sont issues de traductions de modèles CAO, et ne représentent qu'une vue appauvrie de l'objet. On perd notamment toute possibilité de modification de l'objet et tout lien à la représentation de départ. Ces représentations ne peuvent donc pas être utilisées pour agir sur la géométrie, mais peuvent être mobilisées à profit pour exprimer des points de vue divers au travers d'annotations par exemple.

## **5 Type de sémantique et niveau de représentation du produit adapté aux annotations**

Dans le cas des représentations informatiques, on peut opposer une représentation superficielle du produit à une représentation profonde. La représentation superficielle, par exemple la représentation polyédrique du produit, est celle qui est « donnée à voir » aux acteurs de la conception, et qui est utilisée lors des séances de travail coopératif. Elle est plus proche de la forme matérielle de l'objet à ses différents stades de fabrication et donc plus accessible aux différentes spécialités qui seront mobilisées. La représentation profonde renvoie quant à elle au modèle de données complexe qui sous-tend les outils de CAO et de simulation. Celle-ci n'est pas faite pour être utilisée directement par les intervenants du projet. Elle est manipulée via des interfaces homme-machine qui permettent une mise à jour de la valeur des attributs, et n'est généralement connue que des spécialistes des outils de CAO.

Pour caractériser plus avant ces différentes formes de représentation, nous nous appuyons sur l'opposition introduite à propos du Web Sémantique entre un pôle « computationnellement sémantique » et un pôle « cognitivement sémantique » (Caussanel et al., 2002). Dans le Web Cognitivement Sémantique, l'accent n'est pas mis prioritairement sur la problématique d'une sémantique opérationnelle destinée à l'inférence automatique ou à l'exploitation par des agents logiciels, mais sur l'utilisation du Web par des utilisateurs humains engagés dans des activités de navigation. Par ailleurs, dans cette optique, les ressources sont considérées comme évoluant rapidement à l'initiative de multiples contributeurs non dotés de compétences poussées en formalisation. Les outils mis à la disposition des contributeurs/concepteurs et des lecteurs/utilisateurs doivent donc permettre des « interactions cognitives » aisées, ce critère étant alors jugé comme prépondérant dans cette approche du Web Sémantique.

Ainsi, les représentations polyédriques « superficielles » sont riches du point de vue de leur sémantique cognitive de part les possibilités « d'exploitation cognitive », visualisation, navigation, rotation dans l'espace, qu'elles offrent aux différents acteurs du projet mais pauvres du point de vue de leur sémantique computationnelle. Inversement, les représentations profondes, qui contiennent l'ensemble des paramètres du produit géré par l'application CAO possèdent une sémantique cognitive faible, car elles sont difficilement interprétables, mais une sémantique computationnelle élevée, car elles supportent une opérationnalisation efficace de la part d'un programme.

Pour faciliter la convergence entre acteurs possédant des connaissances hétérogènes au sein des processus d'ingénierie collaborative, les documents utilisés dans les réunions et une partie de ceux qui sont accessibles dans les Systèmes de Gestion de Données Techniques s'appuient sur une représentation computationnellement superficielle du produit (p.e. représentation polyédrique). C'est sur ces documents que portent la plupart des annotations, que celles-ci contiennent des évaluations ou des propositions d'amélioration. Dans la suite de cet article nous parlerons de représentation superficielle en nous plaçant du point de vue computationnel, c'est-à-dire comme synonyme de « représentation computationnellement superficielle ».

Or la problématique du « stockage » informatique de ces annotations qui doivent être ancrées sur des documents principaux, basés sur des modèles de données complexes, pose des problèmes aigus de cohabitation entre des informations de nature hétérogène. Comment « rattacher » l'annotation à certaines zones du document principal sur lequel elle porte ? Comment restituer du mieux possible le contexte de sa formulation dont la connaissance est indispensable pour une ré-interprétation ultérieure ? Comment faire cohabiter le système d'information structuré et complexe caractérisant le modèle profond du produit avec le système d'information non-structuré (textes, annotations graphiques...) constitué par les annotations de diverses natures ?

## **6 Ontologies universelles inter applications versus gestion d'un flux de données semi structuré complémentaire**

Les annotations étant des fragments de textes ou de schémas ayant une fonction critique ou contributive par rapport à un texte ou un schéma principal, elles n'ont en principe pas d'existence autonome indépendamment du document principal, conteneur des textes et schémas initiaux, qu'elles viennent compléter. Les contributions réalisées à travers les annotations pourront éventuellement être réintégrées ultérieurement dans le document principal lors de la production d'une seconde version de celui-ci, mais en repassant par l'application ayant servi à le produire. D'un point de vue technique, ce positionnement explique également qu'en nous situant « à l'extérieur » des outils de dessin ou d'écriture « principaux », nous serons particulièrement concernés par la mise à disposition de « standards d'échange » nous permettant de diffuser le document principal et de l'enrichir sans nécessairement recourir aux outils ayant servi à produire les versions initiales.

Ce sont ces standards d'échange qui permettront l'utilisation de « viewer » (afficheurs ou éditeur tiers) permettant de produire une représentation superficielle de qualité en s'affranchissant des applications « propriétaires ». Cependant, tout en étant conscient de l'importance de la définition de ces standards, nous pensons néanmoins que les informations semi structurées de type annotations constitueront un flux informationnel irréductible et essentiel au processus de conception collaborative qui ne pourra être résorbé, même avec les progrès de ces standards.

En effet, dans la littérature sur la conception collaborative, il existe une tendance à mettre essentiellement l'accent sur la standardisation du flux de données inter applicatif, chaque spécialiste métier pouvant rester cantonné dans son domaine de compétence et ne communiquant avec les autres que par l'intermédiaire de l'envoi des résultats de son travail à ses collègues. Ceci impliquerait que les modèles profonds puissent inclure des informations plus abstraites, porteuses des différentes contraintes métiers automatiquement propagées par des règles.

Dans le domaine de la CAO, par exemple, les développements de la norme STEP sont porteurs d'enjeux très importants pour l'interopérabilité entre logiciels spécialisés et donc, potentiellement, pour la coopération entre spécialistes de domaines différents qui devraient pouvoir, semi-automatiquement, échanger des objets, accéder aux valeurs d'attributs de ces objets, définir les attributs correspondant à leur domaine de compétence, et propager des contraintes concernant les attributs se situant à l'interface entre des domaines de compétences. Un spécialiste des technologies de fabrication et un spécialiste de thermique devraient ainsi pouvoir échanger des contraintes liées à leurs domaines de spécialité en utilisant chacun leurs outils métier et en raccourcissant ainsi considérablement les temps de mise au point des produits (Tichkiewitch & Roucoules, 1999).

Cependant, si nul ne doute de l'intérêt qu'offrirait la mise à disposition de représentations profondes inter-opérables, deux difficultés majeures peuvent faire douter de leur disponibilité à court terme, voire, dans une vision exigeante, à long terme. La première, que nous avons déjà évoquée, tient aux résistances des éditeurs de logiciels déjà implantés qui, en préservant leurs formats propriétaires, peuvent s'assurer d'une clientèle captive et freiner ainsi la diffusion des innovations proposées par leurs concurrents.

La seconde est plus profonde et pourrait faire douter de la possibilité même du développement d'un modèle inter opérable universel et stable. Cette problématique est en effet étudiée depuis longtemps en ingénierie des connaissances et recouvre la question de la possibilité de définir des « ontologies universelles » (ou des « modèles du domaine », selon la terminologie de certaines méthodes) indépendantes des méthodes de résolution de problème qui les exploiteraient. Jusqu'à présent, l'appréciation dominante semble bien être que la modélisation des connaissances du domaine ne saurait se faire indépendamment des stratégies de résolution de problème (diagnostic, conception, ou contrôle, par exemple). La raison en est simple : non seulement chaque méthode exploite des propriétés singulières de l'objet se traduisant par des attributs spécifiques étrangers aux autres méthodes, mais le « découpage » des propriétés de l'objet en attributs, voire même la nature des objets manipulés, pourraient ne pas être isomorphes d'une méthode de résolution de problème à l'autre.

Dans les situations de coopération en particulier, la méthode est évolutive et les processus de régulation s'inventent pour partie en même temps que le produit lui-même (Zacklad, 2003). Une des caractéristiques majeure des activités de conception réside justement dans le fait qu'elles associent simultanément la construction de la situation problème et la progression vers sa résolution. Dans cette même ligne, Schön a par ailleurs montré que la conception était aussi une activité de création de connaissances et d'apprentissage, confirmant que l'on peut difficilement concevoir

une ontologie universelle pour un domaine donné, celle-ci étant condamnée à rester par essence incomplète.

Cette vision ne signifie pas que nous doutions du fait qu'il y aurait beaucoup à gagner à s'appuyer sur des formats de fichiers normalisés et explicites permettant d'exploiter au maximum les données produites par chaque application. Aujourd'hui les concepteurs utilisent couramment et à leur plus grand profit des formats neutres comme IGES. Toute possibilité d'éviter des doubles saisies permet d'éviter des erreurs et de gagner un temps précieux pour partager les informations. Cette limitation supprime seulement l'espoir de pouvoir s'appuyer sur une chaîne automatisée où la coopération entre applications se substituerait entièrement à la coopération entre spécialistes du domaine. Dans certaines utopies techniques, la coopération parfaite entre applications métiers permettrait de passer directement de la spécification fonctionnelle du produit à la chaîne de CFAO. Les situations de conception seraient ainsi entièrement ramenées à des problèmes bien structurés, ce qui semble quasiment une contradiction dans les termes, pour autant que l'on conserve un sens fort au concept de conception, qui implique une dimension innovante et pas un simple re-paramétrage de gammes pré-établies.

D'autres raisons viennent également renforcer cette réserve. Quand bien même, dans un domaine particulier, des « passerelles sémantiques » entre applications pourraient être établies à la suite d'un patient travail de mise en correspondance, l'édifice risquerait sans cesse d'être renversé par la vitesse variable de renouvellement des savoirs dans chaque domaine impliquant la définition de nouvelles passerelles ou la mise à jour continue des passerelles existantes. De ce point de vue, et en comparaison avec les gains attendus à court terme par l'interopérabilité dans le domaine des progiciels de gestion, les applications de conception « riches en connaissances métiers » nécessiteront toujours plus d'intervention humaine que les applications plus administratives.

Le projet de construire des modèles complets n'est donc pas viable dans une optique de conception coopérative. L'utilisation d'annotations électroniques à partir de représentations superficielles, ou d'un degré de profondeur intermédiaire, c'est à dire s'appuyant sur une représentation des données moins détaillée que celles gérées par les différentes applications spécialisées, nous semble être une voie indispensable pour le présent et une solution complémentaire difficilement remplaçable même à l'avenir pour servir d'appui aux controverses entre spécialistes de compétences différentes sur la base de représentations partagées. De ce fait, les informations semi structurées de type annotation constitueront un flux informationnel irréductible et essentiel au processus de conception collaborative qui ne pourra être résorbé malgré les progrès attendus dans le développement des standards d'échange.

Notre objectif est donc prioritairement de fournir les moyens d'annoter les représentations superficielles du document principal, et en particulier les représentations polyédriques du produit. Les questions à traiter concernent alors l'ancrage et la forme des méta-informations que l'on souhaite ajouter aux documents d'origine. Cette problématique est abordée par certains chercheurs en ingénierie des connaissances notamment dans le champ du « Web sémantique » (Zacklad et al., 2002) dont l'objectif est d'enrichir les ressources du Web par des informations

structurées et descriptives facilitant et améliorant l'accès, la recherche et l'utilisation d'information. Nous allons décrire ci-dessous les résultats proposés par ces chercheurs en termes d'outils que nous pourrions réutiliser et enrichir puis en termes de modélisation.

## **7 Quelles techniques pour les annotations cognitivement sémantiques**

Trois catégories d'annotations sont identifiées par le Web Sémantique : des méta-données simples (date de modification, auteur ...), des annotations computationnellement sémantiques s'adressant à des programmes, et leur permettant d'exploiter au mieux les ressources (Bremer & Getz, 2001), (Volz et al, 2003), (Roussey et al., 2001) et des annotations cognitivement sémantiques destinées au lecteur, et lui permettant de devenir acteur du Web, catégorie qui correspond à notre définition des annotations en conception de produit.

Cette problématique de l'enrichissement de documents en ligne, de rendre le Web « collaboratif » n'est pas nouvelle. En effet, plusieurs outils ont été développés depuis le début des années 90, ainsi qu'un standard du W3C : Annotea (Kahan et al., 2001). Ces outils permettent de réviser des textes en apportant des commentaires et/ou des clarifications successifs, de justifier une décision ...

Les outils d'annotation des pages Web sont tous composés de plusieurs éléments permettant la visualisation, la création, le stockage et la recherche des annotations, chaque annotation étant elle-même définie par une ancre, des attributs et un corps (le texte de l'annotation) (Denoue, 2000). Nous ne considérerons pas ici les outils permettant d'intégrer les annotations directement dans le texte, comme dans MsWord ou Acrobat (Re :mark). Les annotations d'un document sont stockées sur un serveur dédié et peuvent être visualisées selon leurs attributs, et être publiques, partagées par un groupe restreint ou privées. Ces serveurs contiennent des informations sur la localisation (dans quel document se situe l'annotation, et à quel endroit du document), le style (couleur, police ...), le contenu (texte et attributs) et la fonction des annotations (lien par exemple). Les annotations sont généralement liées entre elles sous la forme d'un arbre, ce qui facilite leur gestion et la navigation.

Deux familles de solutions techniques sont possibles pour stocker le contexte et le contenu de l'annotation :

- celles dans lesquelles les annotations sont stockées et intégrées au document par l'intermédiaire d'un serveur proxy ; pour voir le document annoté, les utilisateurs font précéder l'adresse de la page de l'adresse du proxy (Annotator (Ovsiannikov et al., 1999), CritLink (Yee, 1998), CoNote (Davis & Huttenlocher, 1995) par exemple),
- et celles basées sur un enrichissement des fonctions du navigateur Internet par un plug-in ou une application extérieure qui permettent d'intégrer les annotations stockées sur un ou plusieurs serveurs au

moment de l'affichage de la page (Commentor (Röscheisen et al, 94) par exemple).

Les premières nécessitent une configuration, sont lentes, ne permettent pas d'interroger plusieurs serveurs d'annotations et ne permettent de créer des annotations qu'en HTML. Les secondes sont en revanche « transparentes » pour les utilisateurs mais nécessitent un navigateur de dernière génération, ou le téléchargement d'une applet. Une solution intermédiaire proposée dans Yawas (Denoue, 2000-b) consiste à utiliser le DOM (Document Object Model), une interface de programmation d'application ou API (un jeu de fonctions ou de méthodes, utilisé pour accéder à certaines fonctionnalités) qui définit la structure logique d'un document et la manière d'y accéder et de le manipuler. Ainsi, les annotations peuvent être intégrées directement dans la page concernée.

Le standard Annotea développé par le W3C (Kahan et al., 2001) est basé sur une description RDF (Ressource Description Framework - ensemble de conventions qui supporte l'interopérabilité entre des applications qui échangent des métadonnées) des annotations. Le serveur d'annotation stocke les annotations dans une base de données RDF, et les utilisateurs peuvent interroger le serveur pour rechercher une annotation, en créer une nouvelle, ou en supprimer une. Une annotation est représentée comme un ensemble de méta-données (ses attributs) et un corps (le texte). Les méta-données sont intégrées dans un schéma RDF et donnent des informations telles que l'auteur de l'annotation, sa date de création, son type (commentaire, question, correction ...), le document concerné, le passage du document concerné. L'avantage de cette notation RDF est qu'elle est personnalisable : il est possible d'ajouter des attributs et un ensemble de valeurs de ces attributs au schéma type d'une annotation afin de répondre au mieux aux besoins collaboratifs de l'équipe concernée.

Cette solution technique est intéressante pour notre projet. En effet, nous souhaitons indexer les annotations selon des points de vue multiples, plus profonds cognitivement que les points de vue proposés dans le schéma de Annotea (auteur, date, type) : le point de vue des connaissances du domaine, celui de l'argumentation et enfin celui de la micro organisation. Nous allons exposer ci-dessous les définitions de ces points de vue que nous projetons d'intégrer dans les méta-données des annotations.

## **8 Un modèle conceptuel pour les annotations basé sur une approche multi points de vue**

### **8.1 Indexation selon le point de vue des connaissances du domaine**

Pour rendre plus facile le travail coopératif synchrone et asynchrone sur les annotations, pour permettre de les classer et de les retrouver facilement et en particulier pour permettre un affichage sélectif selon les différents points de vue dont elles relèvent, il sera nécessaire de fournir un peu de profondeur au système d'indexation, en offrant aux utilisateurs la possibilité de préciser facilement les

propriétés de l'objet auxquelles ils font référence. Ce premier point de vue nécessaire à l'indexation correspond pour nous à la définition d'un point de vue métier, ou point de vue des connaissances du domaine, permettant d'identifier les propriétés de l'objet concernées par l'annotation.

La mise à disposition dans le dispositif d'annotation de ce type de système d'indexation vient en quelque sorte se substituer à la disparition des attributs spécialisés dans la représentation superficielle. Ce système d'indexation exploitera différentes ontologies semi-formelles du domaine se situant à différents niveaux d'abstraction dans le processus de conception (par exemple, fonctionnel, structurel, technologique), ou adoptant différents points de vue en terme de propriétés physiques (par exemple, thermique, élasticité, résistance...). L'explicitation du point de vue métier dont relève l'annotation peut être en partie redondant par rapport aux autres points de vue qui seront utilisés par la suite, comme celui qui permet de définir le « rôle » de l'auteur de l'annotation. Mais la redondance, si elle peut complexifier un peu le travail, est aussi un facteur de liberté et de souplesse dans la coopération. Le tableau suivant (tableau 1) permet de situer les différents niveaux de représentation du document principal et de l'annotation.

**Table 1.** Niveaux de représentation du document principal et de l'annotation

|   | « Document »<br>principal   | « Annotation »<br>(ancrage « méta »),  |
|---|---|--|
| Niveau des représentations externes (les attributs de l'entité reçoivent une apparence graphique)   | IHM définie selon les besoins d'un ou plusieurs acteurs   | Ancrage sur une zone graphique (d'éléments textuels et graphiques complémentaires)   |
| Niveau des entités applicatives (chaque application possède ses entités spécifiques correspondant aux problématiques métier associées)                          | Propre à chaque métier (achat, CAO, fabrication) à un niveau de détail assez grand pour permettre le calcul (modèle profond de l'application) | Caractérisation de l'entité pertinente à un niveau assez abstrait et visible dans la représentation superficielle en s'appuyant sur les vocabulaires métiers |
| Niveau des paramètres métier inter applicatifs (permettant de faire circuler certaines entités entre les applications sans perdre les informations importantes) | Par exemple, norme STEP (modèle profond inter-applicatif)   | La circulation du modèle superficiel se fait entre les acteurs du projet et pas entre applications   |
| Niveau « épistémologique » (permettant de structurer l'information)   | Modèle objet le plus souvent  | Modèle de représentation des connaissances ou modèle objet appliqué à l'information non structurée   |
| Niveau syntaxique   | Variable  | Variable   |

## 8.2 Indexation selon le point de vue de l'argumentation

Le second point de vue que nous envisageons d'utiliser dans l'indexation des annotations a trait à la logique de l'argumentation, ou encore à la logique de conception (design rationale). Sans être complètement indépendant du point de vue précédent, ce point de vue vient préciser le statut argumentatif de l'annotation, l'ancrage dans un contexte et une situation donnée. Les annotations peuvent ainsi jouer un rôle de « contrainte », de « suggestion », de « critique », « d'évaluation », etc. Ces rôles permettent essentiellement de relier les annotations les unes aux autres tant il vrai que l'argumentation, comme le raisonnement, sont basés sur un enchaînement chronologique de propositions à visée contradictoire ou assertive. Dans les polylogues tels qu'ils se déroulent dans les débats au cours de réunions, plusieurs fils d'argumentation s'entrecroisent, ce qui ne facilite pas toujours la relecture d'un compte rendu. L'indexation selon l'argumentation permet d'explicitier l'enchaînement « logique » des interventions et de restituer une forme de cohérence des échanges.

Prenant la suite des recherches initiales dans le domaine du « design rationale » plusieurs travaux récents sont venus proposer de nouveaux modèles d'argumentation

en conception adaptés à l'analyse des situations collectives (Lewkowicz, Zacklad, 2001), (Darses, 2001), (Karsenty, 2000). Plusieurs questions de recherche restent bien sûr ouvertes dans ce domaine à l'intersection entre la psychologie cognitive, la psychologie sociale, l'ingénierie des connaissances et la pragmatique linguistique.

Ce point de vue d'indexation est celui qui, au niveau le plus microscopique, celui de la justification de l'enchaînement des interventions, est le mieux à même de faciliter la compréhension de l'historique des annotations.

### **8.3 Indexation selon le point de vue de la micro organisation**

Si le point de vue de l'argumentation permet de rendre compte de la cohérence de l'enchaînement des annotations au cours d'une session de travail, la définition du contexte de ces sessions de travail constitue un autre point de vue tout aussi essentiel à la compréhension des annotations et à leur affichage ultérieur, statique ou dynamique, selon différentes problématiques thématiques ou organisationnelles (l'affichage dynamique correspond à une possibilité de dérouler les annotations en constituant une sorte de film).

Si des annotations émanant de tel ou tel acteur sont présentes dans un plan ou un document, ce n'est bien sûr pas le fruit du hasard. L'ingénierie collaborative se déploie dans un contexte organisationnel prescriptif, au sein d'un processus de conception global qui prévoit des relectures multiples et les confrontations de différents points de vue métier. Cependant, malgré ce contexte extrêmement contraint, doit-on penser que le processus d'ingénierie va jusqu'à prévoir chaque réunion de travail, les membres qui la compose et son ordre du jour ? Ce n'est pas le cas dans la très grande majorité des situations. Étudiée à un niveau fin, la coopération effective entre les acteurs révèle souvent la place importante prise par l'informel et « l'auto-organisation » du collectif de travail, qui définit les modalités précises de synchronisation spatio-temporelle et de coordination.

Pour comprendre le statut d'une annotation, la raison de sa présence, et donc une partie de sa justification, il est nécessaire de restituer ce contexte « micro-organisationnel » qui découle directement des modalités de coordination fixées par le collectif. Différentes informations peuvent être éclairantes : quel était l'objectif de la confrontation ? Était-ce la validation de certaines propositions de solution, l'enrichissement de l'esquisse selon des points de vue métiers différents, la recherche d'un consensus... ? Quel était le rôle de chacun des acteurs en présence par rapport à ces objectifs ? De quelles informations disposaient-ils pour appuyer leurs décisions ou leurs arguments ? Sur quelle version du document principal travaillaient-ils ? A quel moment du processus la rencontre a-t-elle eu lieu ? Les acteurs ont-ils travaillé en synchrone dans le même espace ou dans des lieux différents, ou au contraire le travail était-il essentiellement asynchrone ? Quel était l'ensemble des acteurs sollicités par ailleurs ?

Une partie de ces informations ne vient pas caractériser chacune des annotations individuellement mais bien, et de manière semblable, l'ensemble des annotations d'une même session de travail, ou d'un même cycle de décision, pour toute une série de paramètres (objectif de la confrontation, modalités de partage du document

principal, lieu...). Le critère le plus net pour définir un cycle de décision serait la production d'une nouvelle version du document principal, incluant les enrichissements ou modifications exprimées dans les annotations, et produite par le responsable de son édition. Mais sans doute est-ce un cas favorable. Dans des organisations de travail moins rigoureuses, les demandes de modifications exprimées dans les annotations pourraient être prises en compte sans mise à jour du document principal, l'annotation restant alors la seule justification disponible rendant l'indexation selon ces paramètres d'autant plus nécessaire.

Complétant l'indexation selon les connaissances du domaine et selon l'argumentation, l'indexation selon la micro organisation correspond au troisième groupe de critères à prendre en considération. Bien que nous l'ayons présenté en dernier, il est probablement le premier à intervenir pour caractériser une session de coopération. En effet, certains paramètres, comme l'objectif de la demande de relecture ou de la confrontation de point de vue peuvent quasiment servir d'en tête aux textes des annotations.

## 9 Conclusion

Nous espérons avoir montré à travers ces réflexions encore programmatiques et théoriques qui constituent les premiers résultats du pré-projet Médiapro, que les annotations numériques, distribuées ou centralisées, synchrones ou asynchrones, constituent un outil important au service de l'ingénierie collaborative en conception. Ce travail nous permet de commencer à spécifier un schéma de méta-données d'annotations que nous souhaitons intégrer au standard Annotea, puis tester dans notre configuration particulière d'annotation de représentations géométriques. Cet enrichissement sera en mesure de permettre à plusieurs acteurs de partager un document principal sous un format d'échange non propriétaire. En supportant la coopération selon des modalités de travail synchrones ou asynchrones, et en facilitant des efforts de mises en forme garantant d'une réutilisation ultérieure, nous pensons que ce système sera en mesure d'assister la résolution des problèmes mal structurés et l'apprentissage organisationnel.

## Références

- ARGYRIS C & SCHÖN D (1978), *Organizational learning*, Reading, Addison-Wesley.
- BOUJUT JF, DARSÉS F., DETIENNE F., LEWKOWIZ M., ZACKLAD M. (2002), *MEDIAPRO : médiation et support pour l'argumentation en conception coopérative*, *CNRS programme société de l'information*, rapport interne 3S, Grenoble.
- BOUJUT JF, JEANTET A (2001), Développement de processus coopératifs en conception de produits et évolution des outils de l'ingénieur, in. H Dumez *Management de l'innovation, management de la connaissance*, L'Harmattan.
- BREMER J.M., GERTZ M., (2001) Web Data Indexing through External Semantic-carrying Annotations. In 11th IEEE Int'l Workshop on Research Issues on Data Engineering: Document

*Annotations numériques collectives en ingénierie collaborative*

- management for data intensive business and scientific applications (RIDE-DM'2001), IEEE Computer Society, pp. 69-76.
- CAUSSANEL J, CAHIER J.-P., ZACKLAD M., CHARLET J. (2002), Les Topic Maps sont-ils un bon candidat pour l'ingénierie du Web Sémantique ? ", Conférence Ingénierie des Connaissances IC2002, Rouen Mai 2002.
- DARSES F. (2001) Converger vers une solution en situation coopérative de conception : analyse cognitive du processus d'argumentation. In F. Darses (ed) *La modélisation des activités collectives de conception*, 10ème Atelier du Travail Humain, Paris, 27-28 juin 2001
- DAVIS J.R., HUTTENLOCHER D.P. (1995), Shared Annotation for Cooperative Learning. In Proceedings of CSCS 1995, pages 84-88, October 1995.
- DENOUE L., 2000, De la création à la capitalisation des annotations dans un espace personnel d'informations, Thèse de doctorat en Informatique, Université de Savoie, le 26 octobre 2000
- DENOUE L. 2000-b L'importance des annotations: Application à la classification des documents du Web, Document Numérique vol 4, num 1-2, 2000 p37-57
- HATCHUEL A. (1994), Apprentissages collectifs et activités de conception, *Revue Française de Gestion*, Août-Septembre.
- KAHAN J., KOIVUNEN M.-R., PRUD'HOMMEAUX E., SWICK R.R. Annotea : an open RDF Infrastructure for Shared Web Annotations, Proceedings of WWW10, May 1-5 2001, Hong-Kong, pp. 623-632.
- KARSENTY L. (2000) Cooperative Work: The Role of Explanation in Creating a Shared Problem Representation. *Le Travail Humain*, 63(4), 289-309.
- LEWKOWICZ M., Conception de collecticiels pour la gestion coopérative des connaissances, *Thèse de Doctorat en Informatique de l'université Paris 6 Jussieu*, décembre 2000.
- LEWKOWICZ M., ZACKLAD M., (2001). Une nouvelle forme de gestion des connaissances basée sur la structuration des interactions collectives, in ZACKLAD, M., GRUNDSTEIN M. (Eds.) *Ingénierie et Capitalisation des connaissances*, Traité IC2. Paris, Hermès. 2001.
- MARTIN G., DÉTIENNE F., LAVIGNE E., (2001) Analysing viewpoint in design through the argumentation process, INTERACT'2001, July 9-13, Tokyo (Japon), In M. Hirose (Ed) : *Human-Computer Interaction- Interact 2001*. IOS Press, p 521-529
- MIDLER C. (1991), *Evolution des règles de gestion et processus d'apprentissage*, Actes du colloque "Economie des conventions", Paris.
- OVSIANNIKOV, I., M. ARBIB, AND T. MCNEILL (1999), Annotation technology, *International Journal of Human-Computer Studies*, v.50 n.4, p.329-362, APRIL 1999
- PERRIN J. (1999), *Pilotage et évaluation des processus de conception*, L'Harmattan, Paris, 1999
- RÖSCHEISEN M, MOGENSEN C, AND WINOGRAD T (1994). Shared Web Annotations as a Platform for Third-Party Value-Added Information Providers: Architecture, Protocols, and Usage Examples. *Technical Report STAN-CS-TR-97-1582*, Stanford Integrated Digital Library Project, Computer Science Dept., Stanford University, November 1994.
- ROUSSEY C., CALABRETTO S., PINON J.-M., (2001) SyDoM: A Multilingual Information Retrieval System for Digital in proc. International Conference ICCS/IFIP On Electronic Publishing (ELPUB'2001), Canterbury (UK), 5-7 July 2001, p. 150-164,
- SCHMIDT, K., WAGNER, I. (2002) Coordinative artifacts in architectural practice. In M. Blay-Fornarino, A. M. Pinna-Dery, K. Schmidt, & P. Zaraté. (Eds) : *Cooperative Systems Design*. IOS Press.
- De Terssac, G., Friedberg, E. (1996), *Coopération et Conception*, Octares
- TICHKIEWITCH S., ROUCOULES L. (1999), Methodology for innovative design, in: Integration of process knowledge into design support systems, *International CIRP Design Seminar*, March 24-26, Org. CIRP Kals & van Houten Ed., Kluwer Academic Publishers, pp. 81-90.

VOLZ R., OBERLE D., MOTIK B., STAAB S. (2003), KAON SERVER - A Semantic Web Management System? In: Proceedings of the 12th World Wide Web, Alternate Tracks - Practice and Experience, Hungary, Budapest, 2003.

YEE, K-P. (1998) CritLink: Better Hyperlinks for the WWW, 1998. <http://crit.org/ping/ht98.html>. 15

ZACKLAD M., (2003), Un cadre théorique pour guider la conception des collecticiels dans les situations de coopération structurellement ouvertes, in Bonnard, C., Georget, P., Roland-Levy, C., Roussiau, N., Psychologie Sociale Appliquée - Economie médias et nouvelles technologies, In Press, Coll. Psycho, Paris.

ZACKLAD, M., GRUNDSTEIN M. (2001) *Ingénierie et Capitalisation des connaissances*, Traité IC2. Paris, Hermès. 2001.

ZACKLAD M., CAUSSANEL J., CAHIER J.-P. (2002), Proposition d'un méta-modèle basé sur les Topic Map pour la structuration et la recherche d'information, journées scientifiques Web sémantique - CNRE-AS2W, Paris-10 et 11 octobre 2002