



HAL
open science

Etude des annotations en situation collaborative de conception mécanique

Jean-François Boujut, Françoise Darses, Sylvie Guibert

► **To cite this version:**

Jean-François Boujut, Françoise Darses, Sylvie Guibert. Etude des annotations en situation collaborative de conception mécanique. Pascal Salembier, Manuel Zacklad. Annotations dans les documents pour l'action, Lavoisier, pp.127-152, 2006. <hal-00290132>

HAL Id: hal-00290132

<https://hal.science/hal-00290132v1>

Submitted on 25 Jun 2008

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

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



HAL Authorization


Etude des annotations en situation collaborative de conception mécanique

6.1. Introduction

L'un des objectifs des recherches menées actuellement dans le champ du CSCW est de développer les fonctionnalités d'annotations numériques qu'offrent les collecticiels. On veut permettre aux utilisateurs de ces systèmes de rédiger, de transmettre et d'exploiter les annotations qui sont traditionnellement produites sur des supports papier et créées spontanément au cours d'activités individuelles ou collaboratives. Alors que les études relatives à l'usage des annotations sont nombreuses dans le domaine du Web, elles sont beaucoup plus rares dans le champ de la conception de produit (conception mécanique, conception architecturale, etc.).

C'est dans ce contexte que notre étude se situe. Nous avons procédé à une analyse exploratoire des annotations en conception mécanique. La problématique des annotations dans ce domaine d'activité présente des spécificités qui valent pour toutes les situations de conception d'un artefact matériel : produits manufacturés, automatique et productique, conception architecturale, etc. Sur la base des recherches menées autour des annotations de documents numériques, nous proposons un cadre de définition des annotations. L'étude ergonomique que nous

Chapitre rédigé par Jean-François BOUJOUT, poise DARSEES et Sylvie GUIBERT.

¹ L'analyse ergonomique présentée dans ce tre est issue de GUIBERT, S. DARSEES, F. et BOUJUT, J.-F., 2005, Rôle des annotations dans l'élaboration collaborative d'une solution en conception mécanique. In E. Raufaste et A. Tricot (Eds). *Epique 2005, Journées d'étude en Psychologie Ergonomique*, p.142-148, université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, 26-28 septembre 2005.

avons menée se restreint à l'analyse des pratiques d'annotation en présentiel. Cependant, les résultats fournissent des pistes utiles pour spécifier l'usage d'annotations médiatisées dans le contexte plus général de la conception de produit.

6.2. Les annotations, vecteurs de pratiques documentaires en évolution

6.2.1. Effacement de la frontière entre document fini et document en évolution

De nombreuses recherches, menées en particulier dans le domaine du Web sémantique et dans celui du *CSCWriting*, visent à utiliser les annotations afin d'exploiter la multitude de documents numériques qui doivent être traités dans les activités de travail [CHA 00]. Les documents dont il est question ici sont des documents *finis* dont on envisage l'exploitation par le biais des annotations. On peut par exemple faire l'analyse thématique d'un document en se fondant sur les mots-clés que représentent les annotations. On peut repérer les parties les plus significatives d'un texte grâce à la localisation d'annotations. L'identification des divers rédacteurs peut être faite en récupérant la trace de la date de création et de l'auteur.

Mais les annotations sont également utilisées comme des outils d'élaboration d'un document : notes, commentaires, esquisses de solutions alternatives, etc., participent à la conception du document lui-même. Traditionnellement, ces annotations restaient en marge du document final. La transmission numérique des annotations a modifié ce rôle « secondaire » des annotations, dans la mesure où les annotations numériques peuvent être plus facilement intégrées comme des éléments du texte principal. La distinction qui existait entre un document et les annotations qui y étaient portées est moins nette. La frontière entre document *fini* et document *en évolution* tend à s'effacer. Les annotations sont alors considérées comme des documents à part entière, qui n'entretiennent plus une relation d'inclusion stricte par rapport au document principal [ZAC 06]. Ce sont les pratiques documentaires dans leur ensemble qui sont transformées par l'utilisation d'annotations médiatisées.

6.2.2. Accroissement de l'exploitation collective des annotations

Jusqu'alors, les recherches ont essentiellement contribué à améliorer l'exploitation des annotations dans le cadre d'activités individuelles : obtention d'un résumé automatique, recherche d'informations, etc. [DEN 00]. Mais la numérisation des documents permet de plus en plus d'exploiter les annotations à des fins collectives. Le document est tout à la fois l'objet du travail collectif et

l'espace de travail lui-même. Dans ce cadre, les annotations endossent de nombreuses fonctions :

- *diminution du coût de lecture d'un document.* Un lecteur peut bénéficier d'une lecture plus rapide d'un texte grâce aux annotations faites par un autre lecteur [MAR 99] ;

- *réduction de la charge de travail pour traiter des informations.* Les partenaires d'un groupe peuvent mettre en commun le résultat de leur recherche documentaire. Ce partage se fait par l'indexation des documents – *via* des annotations [DEN 00]. Dans ce cas, le bénéfice tient au gain d'information pour chacun ;

- *aide à la décision.* Grâce aux zones d'annotation, on peut identifier des sous-ensembles du document sur lesquels portent des consensus ou des désaccords [MAR 99] ;

- *synchronisation opératoire et cognitive des membres d'un groupe de travail.* Les annotations peuvent être utilisées pour coordonner les contributions (opératoires et cognitives) des participants tout au long du processus de résolution du problème [DEN 00] [MAR 99].

6.3. Spécificités des annotations dans le domaine de la conception mécanique

Le tableau suivant (tableau 6.1) situe les différents usages qui sont faits des annotations dans le domaine de la conception mécanique, relativement aux pratiques documentaires décrites dans les deux sections précédentes :

- les annotations en conception mécanique portent sur des documents finis, mais aussi – et surtout – sur des documents en cours d'élaboration ;

- l'usage des annotations est individuel, mais surtout collectif ;

- les annotations sont transmises de deux façons : sur des supports papier, mais aussi médiatisées par des supports numériques ;

- la particularité de ces annotations réside dans leur caractère principalement graphique. Les documents sont des documents numériques à base de modèles géométriques complexes, ou des fichiers graphiques sous format bitmap (JPEG, BMP, etc.).

Les documents concernés par les annotations sont principalement des représentations numériques de nature géométrique, en trois dimensions. Les annotations concernent essentiellement la formulation de contraintes métiers. Celles-ci s'expriment en général de manière non géométrique (nature d'un matériau, procédé de fabrication, etc.). Le transfert numérique de ces annotations-là n'est aujourd'hui pas possible, car les outils de CAO (conception assistée par ordinateur) actuels n'offrent que de simples pointeurs pour annoter. Or les

annotations produites et échangées dans des situations de conception « papier-crayon » possèdent des propriétés qui ne doivent pas être altérées par leur numérisation et leur médiatisation.

		Type de document		
		Fréquence de mobilisation	Sur des documents textuels	Sur des documents graphiques
Statut des documents	Sur des documents finis	Rarement, et plutôt en phase d'industrialisation	Gammes opératoires, cahiers des charges, comptes rendus de revues de projets, etc.	Plans de fabrication, par exemple.
	Sur des documents en cours	Fréquent, au cours des revues de projet	Comptes rendus intermédiaires	Copies d'écran, esquisses de CAO

Tableau 6.1. Documents sur lesquels portent les annotations en conception mécanique

6.4. Usage des annotations en conception : deux pratiques distinctes

Les annotations sont depuis longtemps utilisées comme moyen de communiquer dans les équipes de conception, et leur usage est fréquent. Avec l'arrivée du support numérique, le processus d'annotation a cependant radicalement changé. Nos observations dans diverses situations de conception mécanique [BOU 03a] [BOU 03b] nous ont permis de constater que les annotations sont aujourd'hui essentiellement produites au cours de deux phases différentes du processus de conception : (i) lors de la modélisation numérique de l'artefact et (ii) au cours de l'évaluation collective de l'artefact numérique.

6.4.1. Usage des annotations lors de la production de l'artefact : synthétiser un document de référence et produire un relevé de décision

La phase de modélisation numérique de l'artefact a pour but de produire un modèle numérique de l'objet, à l'aide d'un logiciel de CAO. Cette activité individuelle, souvent réalisée par des techniciens des bureaux d'études, nécessite concentration et précision.

Dans cette situation, les annotations sont produites individuellement, pour établir un relevé de décision et pour fournir un document de référence. C'est donc sur un document fini que portent les annotations, dont les propriétés pourraient être exploitées pour réaliser divers traitements, tels ceux qui ont été présentés en section précédente : construire une vision synthétique de l'état de la

conception, indexer des informations, etc. L'exploitation de ce genre d'annotations pourrait se faire dans des phases de conception asynchrones, au niveau de la recherche de similarité de solutions existantes concernant des paramètres (ou plus généralement des dimensions) qui ne sont pas purement géométriques (similarité de matériau, de procédé de fabrication, de fournisseur, d'environnement de fonctionnement, etc.). Ainsi le concepteur peut avoir le désir d'indexer l'objet qu'il produit en fonction de dimensions multiples telles que le chargement mécanique auquel est soumis la pièce ou le sous-ensemble, des paramètres de conception, des paramètres de performance, des contraintes ou des fonctions particulières, etc. [MAH 05].

6.4.2. Usage des annotations pour l'évaluation collective de l'artefact numérique

L'autre phase de conception durant laquelle les annotations sont mobilisées en conception mécanique est l'activité collective de critique et d'évaluation de l'artefact. Durant cette activité, les documents intermédiaires relatifs aux revues de projet sont commentés et annotés. Cette activité se fait au cours de réunions plénières rassemblant les métiers concernés par l'artefact. Aujourd'hui, ces réunions se tiennent souvent à distance, médiatisées par des outils numériques de communication et de visualisation. Lors de ces revues de projets dites « numériques », les acteurs n'ont plus la possibilité d'annoter les représentations (qui sont projetées) pour communiquer leurs contraintes et signaler des modifications : ils n'ont plus que la parole pour exprimer leur point de vue.

L'évaluation collective de l'artefact n'a pas pour but de produire *stricto sensu* une solution. Il s'agit plutôt de mener un « discours » et une argumentation sur la solution, au cours desquels les points de vue des différents métiers (spécialistes du marketing, fabrication, SAV, etc.) sont mis en présence. Ces activités d'évaluation collectives sont généralement réalisées lors de revues de projets, introduites à différents stades de la conception. Les évaluations qui y sont menées remettent en cause la structure de l'objet, mais l'objet ne sera pas modifié à ce moment-là.

Durant ces phases d'évaluation, l'annotation sert en grande partie comme support au discours et à l'argumentation. Les annotations qui y sont produites sont souvent peu structurées et quasiment impossibles à réinterpréter en dehors du contexte de leur création. C'est le cas de la situation de conception collaborative synchrone que nous étudions en détail dans la suite de ce chapitre. La plupart des annotations sont produites pendant la revue de projet et ne sont pas réutilisées d'une séance à l'autre [BLA 01]. La critique et l'évaluation sont faites directement pendant la séance à la suite de l'intervention de chaque

concepteur. La production d'une nouvelle version de l'objet est réalisée à partir de prises de notes individuelles et de l'utilisation d'un compte rendu (souvent textuel) servant de relevé de décision.

Les annotations sont utilisées ici pour se coordonner [DEN 00], [MAR 99], comme des supports à la synchronisation cognitive médiatisée. Elles fonctionnent comme des entités de coopération [BOU 02]. Elles fournissent des représentations intermédiaires qui servent d'espaces référentiels communs pour soutenir la communication entre les différents métiers. Leur fonction est de présenter les différents points de vue et de fournir aux acteurs des moyens d'engager et de soutenir les discussions autour de ces différences, de sorte qu'une compréhension partagée puisse être élaborée, favorisant ainsi une synchronisation opératoire et cognitive des membres d'un groupe de travail. Les annotations peuvent être des annotations peu structurées : utilisation de fonctions collectives synchrones comme moyen de confronter des points de vue **pour** soutenir l'argumentation (dessin à main levée sur tableau blanc interactifs par exemple).

6.5. Définir le concept d'annotation dans le contexte de la conception de produit

6.5.1. Propriétés générales des annotations

Sur la base des propositions de Bringay, Barry et Charley [BRI 04] et de Zacklad *et al.* [ZAC 03], nous proposons de retenir les propriétés suivantes pour définir les annotations (et les documents sur lesquels elles portent) :

- un document et une annotation ne sont pas de la même nature ;
- le document est la cible de l'annotation ;
- le contenu de l'annotation correspond à l'information transmise par l'annotation ;
- l'ancre de l'annotation est le point informationnel du document auquel est attachée une annotation ;
- la sphère des annotations est définie par la dimension privée (personnelle) ou publique de l'annotation ;
- la durée de vie d'une annotation ne peut jamais être supérieure à la durée de vie du document ;
- l'auteur de l'annotation et ses consultants peuvent être distincts de l'auteur du document.

Ces propriétés sont figurées dans la figure 1 présentée ci-dessous.

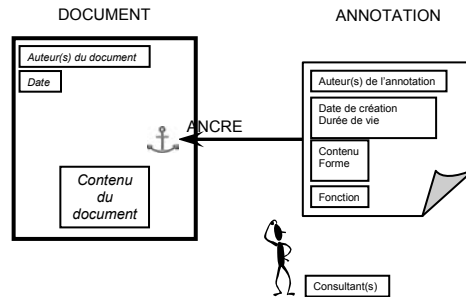
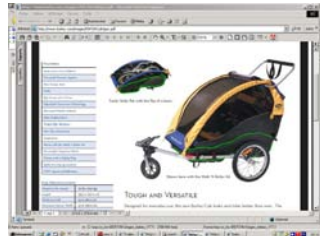


Figure 6.1. Propriétés des annotations

6.5.2. Définitions : document, croquis et annotation

Dans le cadre de la conception de produits (et en particulier, de la conception mécanique), nous distinguerons trois formes de productions graphiques ou textuelles.

Document – Suivant Chabin [CHA 97] et Stern [STE 97], nous définissons un document par son *contenu* (l'information), son *contenant* (le support) et *l'intentionnalité* qui a présidé à sa création (le but de l'activité, le contexte de la tâche). La figure 2 donne deux exemples de document, extrait de notre étude.



Description et photo d'une remorque à vélo déjà commercialisée, disponibles sur un site Internet.



Représentation schématique de la remorque à vélo attachée au vélo, figurant sur le cahier des charges fourni aux concepteurs.

Figure 6.2. Deux exemples de document : un document numérique (image de gauche) et un document papier (image de droite)

Croquis – Cette production graphique est une forme particulière de documents (ou d'un sous-ensemble du document). Comme ce dernier, le croquis peut être compris indépendamment de tout autre document et l'on peut lui associer un contenu, un contenant et une intentionnalité. Un croquis peut être modifié par l'ajout d'un trait, la transformation d'une courbe, un gommage, etc. Dans ce cas, si l'intentionnalité initiale est conservée et que la modification est donc incluse dans la succession des gestes graphiques, on considérera que le croquis modifié n'est pas un nouveau document, mais tout simplement l'aboutissement de l'esquisse initiale. Les modifications qui sont apportées durant cette succession de gestes graphiques ne sont donc pas considérées comme des annotations. La figure 3 propose deux exemples de croquis.

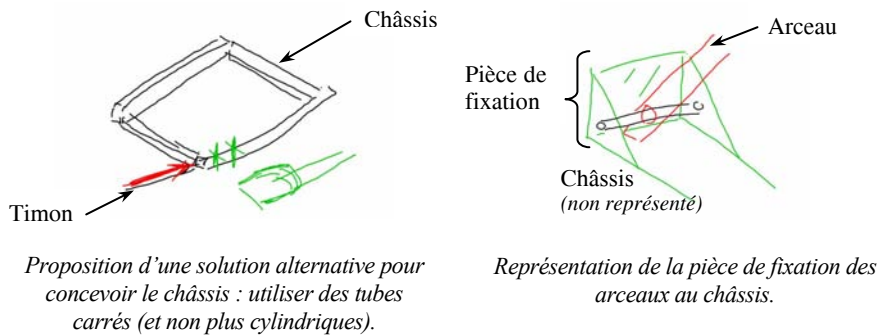


Figure 6.3. Deux exemples de croquis

Annotation – Elle est assujettie au document principal qui la supporte, et ne prend son sens qu'en rapport avec lui [ZAC 03]. Une annotation ne révèle son contenu informatif qu'en lien avec ce document. Elle dépend d'une intentionnalité différente de celle qui a présidé à la création du document. S'il est aisé de distinguer une annotation portée sur un document fini, il est plus complexe de la repérer dans un document en cours de rédaction. Nous verrons d'ailleurs plus loin que c'est souvent l'analyse cognitive du processus de résolution du problème qui permet de déceler cette intentionnalité et d'attribuer le statut d'annotation *versus* de document à certaines des productions. Sur les deux documents présentés en figure 4, il y a plusieurs annotations.

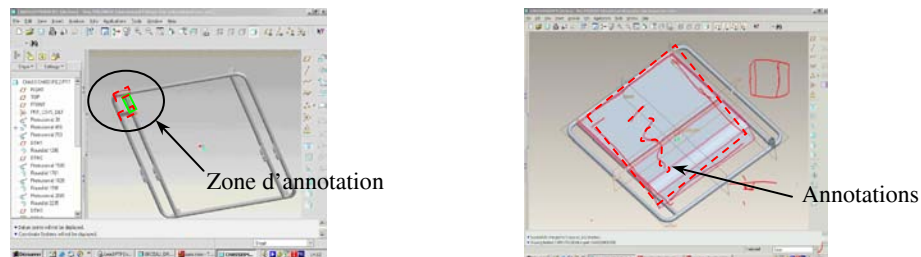


Figure 6.4. Deux exemples d'annotation

La figure 4 représente, dans sa partie gauche, une pièce qui n'existait pas à l'origine sur le document mais qui a été rajoutée par un des concepteurs. Sur la droite, on retrouve la même chose : les traits signifient la proposition de retirer la plaque sur le châssis.

6.6. Méthodologie de recueils de données

6.6.1. Description de la situation de conception

Les annotations ont été recueillies au cours d'une situation expérimentale de conception collaborative. Le produit à concevoir est une remorque à VTT pour le transport des enfants. Quatre ingénieurs mécaniciens débutants (rémunérés) devaient produire le dossier d'industrialisation du produit dans un temps limité. Des rôles distincts ont été attribués de façon aléatoire : chef de projet-intégrateur, ergonomiste-designer, concepteur liaisons et concepteur châssis. Le processus de conception s'est déroulé durant quatre semaines, au cours de réunions hebdomadaires co-localisées de deux heures. Entre deux réunions, les concepteurs ne pouvaient communiquer entre eux que par courriel.

Les outils mis à disposition des concepteurs étaient un tableau blanc interactif (*teambord*), un outil de CAO (*Pro/Engineer*), un ordinateur avec l'ensemble des applications de bureautique, une connexion Internet, un scanner, ainsi que des feuilles blanches A3 et des stylos feutres. Les concepteurs disposaient aussi d'une zone de stockage commune pour les données informatiques. Les différentes pages-écrans des applications informatiques étaient relayées par le *teambord* sur lequel les concepteurs interagissaient soit avec la souris, soit de façon tactile. Le *teambord* servait aussi de tableau blanc sur lequel les concepteurs pouvaient dessiner des croquis ou annoter les copies d'écran affichées.

Les quatre réunions ont été filmées et les documents utilisés ont été collectés pour analyser les annotations produites par les concepteurs.

6.6.2. Analyse des données

Les documents de travail et les divers outils manipulés ont été analysés en fonction de :

- l'emplacement du document utilisé : tableau blanc interactif ou table ;
- le support du document : type d'application pour les documents numériques (CAO, Internet, Word ou le tableau blanc interactif) ou type de support pour les documents papier (feuilles A3, documents Word imprimés ou revues) ;
- la sphère d'utilisation du document : usage privé ou public.

On a obtenu un corpus de quatre-vingt-treize documents distincts, parmi lesquels on relève cinquante-huit annotations. Il est fréquent que plusieurs annotations soient portées sur le même document. Les échanges verbaux associés à chaque production d'annotation ont été retranscrits et analysés avec la méthode d'analyse des protocoles de conception collective COMET [DAR 01]. Cette méthode permet de segmenter les protocoles verbaux en unités « prédicat / argument » (les prédicats sont des actions – générer, évaluer, informer et interpréter –, et les arguments sont les objets sur lesquels porte l'action – données du problème, éléments de solution, objets du domaine, etc.), puis de les coder en mouvements de coopération (successions particulières d'unités « prédicat / argument » – enrichir une solution, évaluer positivement, assister la planification des buts, etc.).

6.7. Résultats

6.7.1. Les documents supports des annotations

Les différents types de documents utilisés et produits par les concepteurs sont décrits dans le tableau 2. Une première remarque s'impose : tous les documents appartiennent à la sphère publique. Même quand leur origine est privée (par exemple, un cahier de notes), les documents sont utilisés collectivement. On peut les distinguer selon deux axes : leur nature (documents papier ou documents numériques) et leur type sémiotique (graphique, textuel, ou mixte – lorsque des formes graphiques coexistent avec du texte sur le même document).

Type de document		Documents graphiques % (effectif)	Documents textuels % (effectif)	Documents mixtes % (effectif)	
Documents numériques	Représentations numériques de pièces (CAO)	14 (13)	0	0	51,6 (48)
	Solutions industrialisées présentées sur sites Internet	0	0	10,8 (10)	
	Croquis au tableau blanc interactif	15,1 (14)	0	0	
	Documents de synthèses de solutions de concurrents	0	0	11,8 (11)	
Documents papier	Docs communs (solutions concurrentes, cahier des charges)	0	0	7,5 (7)	48,4 (45)
	Croquis (cotés ou non) sur feuilles papier A3	36,5 (34)	0	0	
	Cahiers de notes personnelles (dont croquis)	0	0	4,3 (4)	
<i>Total</i>		65,6 (61)	0 (0)	34,4 (32)	100 (93)

Tableau 6.2. Description des différents types de documents utilisés par les concepteurs

On constate que, durant ce processus de conception, les concepteurs ont utilisé autant de documents numériques (51,6 %) que de documents papier (48,4 %). L'utilisation des documents numériques tient au fait que les concepteurs ont importé, *via* le Web, de nombreux documents relatifs au produit. Ces documents sont essentiellement des reproductions de solutions déjà industrialisées par des concurrents. Les concepteurs partent de ces solutions et les transforment progressivement de façon à répondre aux spécificités de leur propre cahier des charges. Cette approche de la conception, fondée sur la réutilisation de solutions proche des concepts de raisonnement à base de cas, reflète une stratégie majeure du processus cognitif de résolution des problèmes de conception [DET 02] [VIS 06].

On constate par ailleurs (tableau 2) que, durant ce processus de conception, les concepteurs utilisent essentiellement des documents graphiques : deux tiers des documents sont purement graphiques, l'autre tiers étant formé de documents mixtes, qui combinent graphiques et textes (aucun document strictement textuel n'est utilisé). Par exemple, le cahier des charges (qui est rédigé sous la forme de spécifications textuelles) est assorti d'un schéma de principe de l'objet à concevoir ; les documents numériques récupérés sur le Web sont composés de photos associées à des spécifications techniques. Ce résultat est cohérent avec ce qui a été présenté en section 3.

On note que les croquis sont faits deux fois plus souvent sur document papier que sur le tableau blanc interactif (36 % contre 15 %). L'utilisation du tableau blanc n'est cependant pas négligeable, ce qui s'explique certainement par la facilité d'usage du crayon tactile.

6.7.2. La production d'annotations en fonction des documents supports

Pour ce qui concerne la production d'annotations, il est intéressant de constater les points suivants :

– *recours aux annotations pour travailler sur des documents numériques.* On constate que les deux tiers (67,2 %) des annotations sont portées sur des documents numériques, alors que les documents papier, qui sont créés par les concepteurs au cours de leur activité collective, ne recueillent qu'un tiers des annotations.

Mais ce chiffre recouvre deux réalités : certaines annotations (environ 36 %) sont faites sur des documents numériques qui ne peuvent pas être modifiés mais seulement annotés (par exemple, les représentations de solutions de concurrents). L'annotation est donc le seul moyen d'exploiter ce document.

D'autres annotations (environ 30 %) sont faites sur des documents numériques qui peuvent être modifiés (par exemple, les croquis sur tableau interactif) en intégrant les annotations comme une sous partie du document. Dans ce cas, si les outils d'annotation (ici, un crayon tactile qui reproduit les fonctions du geste papier-crayon) sont facilement utilisables (ce qui était le cas), alors les concepteurs n'hésitent pas à les utiliser. Dans notre situation, les participants n'ont pas hésité à utiliser le crayon tactile pour annoter les documents provenant de diverses sources (web, CAO, etc.). Aucune des annotations n'a été faite à l'aide des fonctionnalités d'annotation du logiciel de CAO, jugées peu utilisables.

Le faible nombre d'annotations faites sur des documents papier pourrait s'expliquer inversement par le fait qu'il est plus opérationnel de recréer un nouveau document papier en y intégrant les « résultats » d'une annotation plutôt que de conserver un document ancien annoté ;

– *recours aux annotations pour travailler sur des solutions existantes.* On constate que 60 % des annotations sont portées sur des solutions intermédiaires élaborées par l'équipe (représentations CAO de pièces, croquis sur papier ou au tableau interactif, esquisses dans les cahiers de notes). On voit se dessiner une forte relation entre générations de solutions et usages des annotations. Cette relation sera étudiée plus en détail dans le point suivant, en section 8.

Les 40 % des annotations restantes (indiquées par un astérisque* dans le tableau 3) sont faites sur des documents représentant des solutions préexistantes (solutions des concurrents) ou des données du problème (cahier des charges, notes personnelles). On

retrouve ici l'importance du raisonnement à base de cas, comme on l'a signalé dans la section précédente.

Type de document		Utilisation des documents % (effectif)		Production d'annotations % (effectif)	
Documents numériques	Représentations numériques de pièces (CAO)	14 (13)	51,6 (48)	25,9 (15)	67,2 (39)
	Solutions industrialisées présentées sur sites Internet	10,8 (10)		36,2* (21)	
	Croquis au tableau blanc interactif	15,1 (14)		5,2** (3)	
	Documents de synthèses de solutions de concurrents	11,8 (11)		0*	
Documents papier	Docs communs (solutions concurrentes, cahier des charges)	7,5 (7)	48,4 (45)	5,2* (3)	32,8 (19)
	Croquis (cotés ou non) sur feuilles papier A3	36,5 (34)		13,8** (8)	
	Cahiers de notes personnelles (dont croquis)	4,3 (4)		13,8 (8)	
		100 (93)		100 (58)	

Tableau 6.3. Répartition des annotations par type de supports (numériques et papier).
Les astérisques signalent les représentations de solutions existantes, distinctes des représentations de solutions élaborées par l'équipe.

– recours aux annotations pour travailler sur des solutions « actées » par le collectif. Dans le tableau 4, on étudie uniquement les annotations qui sont faites sur des documents relatifs à des solutions élaborées par le collectif : solutions esquissées (par des croquis sur papier ou numériques) *versus* solutions détaillées (dessinées en CAO). Ces deux catégories se distinguent en fonction du niveau d'abstraction de la solution, mais aussi en fonction de leur statut. En effet, on a noté que les croquis sont des propositions individuelles qui n'ont pas encore recueilli l'assentiment du collectif, tandis que les solutions détaillées dessinées en CAO représentent des solutions acceptées par le groupe (on dira par la suite « actées »). On voit dans le tableau 4 que les esquisses (de type croquis) représentent 80 % des solutions alors que les vues CAO ne représentent que 20 % des solutions.

Or, l'on constate que les annotations sont réparties de façon presque équivalente entre ces deux catégories. Nous interprétons ce résultat du fait du statut des solutions représentées dans l'un et l'autre cas. En effet, une vue CAO représente une solution à un niveau de détail assez achevé. Un consensus a été établi par le groupe

au sujet de la solution, même si celle-ci est susceptible d'être améliorée. Les modifications seront alors marquées par des annotations. En revanche, les croquis représentent des idées de solutions qui ne sont pas encore adoptées par le collectif. Une modification de ces solutions se réalise plus aisément par le dessin d'un nouveau croquis (et donc par la production d'un nouveau document) que par le marquage des points critiques *via* des annotations.

Niveau d'abstraction de la solution		Nombre de documents % (effectif)		Production d'annotations % (effectif)	
Abstrait	Croquis au tableau blanc interactif	(14)	80 (52)	(3)	55,9 (19)
	Croquis (cotés ou non) sur feuilles papier A3	(34)		(8)	
	Croquis sur cahiers de notes personnels	(4)		(8)	
Détaillé	Représentations numériques de pièces (CAO)	(13)	20 (13)	(15)	44,1 (15)
Total		(65)	100 (65)	(34)	

Tableau 6.4. Comparaison des annotations faites sur les solutions élaborées par l'équipe, en fonction du niveau d'abstraction (esquisse ou détaillée)

6.7.3. Forme des annotations : au-delà de simples déictiques

Parmi le corpus des annotations obtenues, 9 % (53) sont de type texte (mesure, point d'interrogation). Parmi celles-ci, 6,9 % (4) portent sur des croquis dessinés sur des feuilles papier A3 et 1,7 % (1) figurent sur des représentations numériques de pièces. La plupart des annotations sont de nature graphique (91 %). Nos analyses porteront dans les paragraphes suivants sur les annotations de type graphique, soit un corpus de cinquante-trois annotations. Elles se présentent comme des formes figuratives ou bien comme des déictiques. Les annotations déictiques sont de simples pointeurs qui mettent en valeur certains éléments du problème ou de la solution :

- *surlignage* (pour mettre en valeur un élément de la solution ou du problème) ;
- *cercle* (pour mettre en évidence l'élément en cours de discussion ou bien une solution retenue) ;
- *raiture* (lorsque une partie de solution est jugée négativement par les concepteurs) ;
- *flèche* (pointage).

L'importance des annotations graphiques mise en évidence ici contredit certaines propositions d'outils d'aide à la conception médiatisée, qui sont fondées sur la prééminence des annotations textuelles (sous forme de commentaires). Nos résultats

encouragent à compléter cette approche « centrée texte » par des fonctionnalités enrichies d’annotations graphiques.

Les annotations graphiques se présentent comme des formes figuratives pour 62,3 % (voir figures 8 et 10) ou bien comme des déictiques pour 37,7 % (voir figures 9 et 11) – voir tableau 5. Elles figurent :

- des *éléments de solution* (pièces mécanique, par exemple) ;
- des *représentations imagées* traduisant des contraintes du problème (place du passager, projection d’une pierre par le vélo, etc.) ;
- des *flèches* représentant divers éléments (mouvement d’un objet, comportement de la structure du châssis, espace entre le châssis et le sol, distance à respecter, etc.).

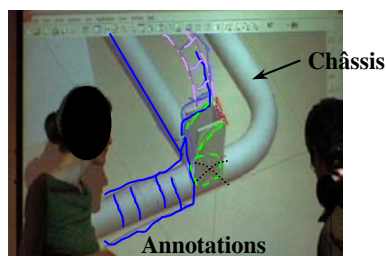


Figure 6.8. Annotations graphiques figurant la toile au niveau du châssis.

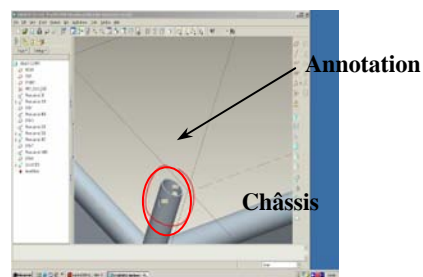


Figure 6.9. Annotation graphique de type déictique.

Type d’annotations graphiques (53)		% d’annotations (effectif)	
		Figuratives	Déictiques
Ratures			13,2% (7)
Surlignage			17% (9)
Cercle			5,7% (3)
Flèches	Pointage		1,9% (1)
Flèches	Mouvement	5,7% (3)	
	Distance	7,5% (4)	
Représentation d’une pièce mécanique		45,3% (24)	
Représentation imagée		3,8% (2)	
Total des annotations graphiques		62,3% (33)	37,7% (20)

Tableau 4.5. Répartition des annotations en fonction de leur forme

L'importance des annotations de type figuratif que nous mettons en évidence dans notre étude contredit certaines propositions qui sont fondées sur l'idée que les annotations sont essentiellement textuelles (écrites ou commentées oralement). Par exemple, Blanco et Gardoni [BLA 01] mettent l'accent sur les explications orales qui, en présentiel, « annotent » la réalisation des croquis. Ils envisagent, pour les situations de conception à distance, de suppléer à ces explications orales par des annotations textuelles. C'est également le principe adopté par Naveiro *et al.* [NAV 02] qui proposent aux différents concepteurs génie civil, dans son système (SISPRO) d'utiliser une zone de chat pour échanger les commentaires en conception à distance. Nos résultats encouragent à compléter cette approche « centrée texte » par des fonctionnalités d'annotation « graphiques figuratives », à l'aide de bibliothèques d'annotations par exemple [BOU 03a].

Ces résultats font aussi apparaître l'importance de faire évoluer les fonctionnalités d'annotation des outils de CAO actuels qui n'envisageraient les annotations que comme de simples déictiques ayant pour fonction de diriger le *focus* d'attention. Accorder aux annotations une fonction aussi restreinte ne rend pas compte du fait que celles-ci contribuent de manière essentielle (deux tiers des cas, dans notre situation) à la génération des solutions. Les annotations sont décentrées d'une information que les concepteurs souhaitent garder en mémoire au cours du processus de résolution du problème.

Nous faisons l'hypothèse que la richesse du contenu sémantique des annotations figuratives tient une place particulière dans la mémoire du projet et dans le processus de résolution du problème alors que les annotations déictiques pourraient n'être que transitoires et de surface. Ce résultat encourage à compléter les annotations déictiques par des bibliothèques d'annotations figuratives.

Par ailleurs, on remarque le nombre important d'annotations qui figurent des pièces mécaniques (45,3 %). Nous faisons l'hypothèse que cette catégorie d'annotation a pour fonction de diriger le *focus* de l'attention vers un sous-problème à traiter dans un contexte élargi.

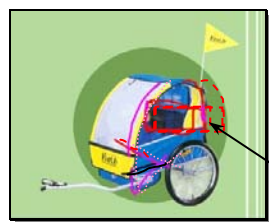
6.8. Fonctions des annotations dans la résolution du problème

Toutes les annotations produites au cours des quatre réunions de conception sont publiques : elles sont faites sur des documents collectifs (86,2 %) ou privés (13,8 %), ces derniers étant mis à disposition dans l'espace de travail partagé dès lors qu'une annotation y est portée.

Arguments	Prédicats			Totaux
	Informier	Générer	Evaluer	
Données du problème	15	3	2	20 (35 %)
Eléments de solution	9	25	4	38 (65 %)
Objets du domaine	0	0	0	0
Règles et procédures	0	0	0	0
Buts	0	0	0	0
Allocation des tâches	0	0	0	0
	24 (41 %)	28 (48 %)	6 (10 %)	58 (100 %)

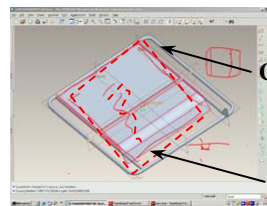
Tableau 4.6. Répartition des annotations selon leur fonction coopérative

L'analyse des dialogues associés à la production des annotations à l'aide de la méthode COMET a permis de mettre en avant les résultats présentés dans le tableau 6. On constate que 41 % des annotations sont produites pour informer les interlocuteurs sur le problème ou sur la solution (voir l'exemple donné en figure 10) et la moitié des annotations (48 %) participe à la génération des solutions (comme dans la figure 11). D'une part, les concepteurs utilisent les annotations pour mettre en exergue des éléments du problème ou de la solution et ainsi les partager avec les autres membres de l'équipe, d'autre part, les annotations permettent aux concepteurs de figurer de nouveaux éléments de solution, cette génération étant facilitée par le contexte du document.



Annotations

Figure 6.10. Exemple d'une annotation qui informe sur les données du problème².



Châssi

Annotation

Figure 6.11. Exemple d'une annotation qui participe à la génération d'une solution³.

Commentaires associés aux annotations :

² Concepteur châssis : « Là, on le voit. Ça c'est le dossier » (figure 6.10).

On remarquera que, contrairement à une idée avancée dans certaines études [ZAC 03], les annotations ne servent que rarement à évaluer. Seulement 4 % des annotations servent à évaluer des éléments de solution (par exemple, une rature portée sur un croquis par l'ergonome-designer : « Ça vaut pas la coup à ce compte-là de faire deux axes »). On note également que les annotations ne sont pas destinées à supporter des explications ou des ajustements concernant les objets du domaine ainsi que les règles et les procédures utilisées pour résoudre le problème de conception. Ces explications sont orales et ne nécessitent pas d'être soutenues par des annotations. Enfin, on constate que les annotations ne sont jamais utilisées pour soutenir la planification de la résolution du problème (formulation de but, allocation de tâches). Sur ce dernier point, nos observations ont montré que la planification et la répartition du travail sont faites oralement au cours des réunions et récapitulées à la fin de celles-ci. Le chef de projet, dans le cadre de sa fonction, note dans son cahier les tâches attribuées à chacun. Chaque concepteur note aussi les tâches qui lui sont allouées. Ces traces écrites ont été considérées comme des documents et non comme des annotations (paragraphe 5.2).

6.9. Discussion

Les résultats présentés ci-dessus constituent la première étude psychodynamique qui, à notre connaissance, est faite sur la production et l'utilisation d'annotations dans une situation collective de conception de produit utilisant des outils numériques contemporains. Un premier constat que nous avons fait est le rôle important des documents numériques déposés sur Internet dans la résolution du problème de conception. Nous avons fait l'hypothèse que l'accès aux documents numériques accroît le raisonnement à partir de cas. Or, nous avons montré que la production d'annotations est stimulée par ce recours à des solutions analogues. Cette constatation, si elle était réitérée dans d'autres situations de co-conception, confirmerait la nécessité de fournir aux concepteurs des fonctionnalités d'annotation performantes.

Le rôle mineur des annotations textuelles, tel que nous l'avons constaté dans notre étude, vient contredire l'importance qui est généralement donnée à cette catégorie d'annotations. En effet, les annotations textuelles sont supposées suppléer la déficience des échanges oraux à laquelle conduit la médiatisation des activités [BLA 01]. Cependant les annotations textuelles devront nécessairement être complétées par des annotations graphiques dont la sémiologie est plus appropriée au travail des concepteurs et de manipulation moins coûteuse. Nous avons aussi fait

³ Ergonome Designer : « Chez Décathlon, en fait... En fait, il faut enlever toute cette partie-là. Chez Décathlon, toute cette partie-là, elle n'existe pas » (figure 6.11).

apparaître la variété des annotations graphiques. Alors que celles-ci sont traditionnellement considérées comme des pointeurs, nos résultats montrent la place cruciale des annotations figuratives. La fonction des annotations n'est pas de développer des sous-parties de la solution mais d'apporter au collectif des descriptions contextuelles, en précisant des contraintes et des données spécifiques à prendre en compte. Par ailleurs, les supports numériques utilisés sont variés (sites Web, modèles CAO, fichiers Word, etc.). L'annotation doit donc être distincte du modèle du document principal de manière à permettre un traitement en dehors des contraintes liées à un outil particulier.

Notre étude mériterait d'être approfondie afin d'examiner le possible effet de la fonction des concepteurs et de l'organisation sociale du collectif sur la production d'annotations. En effet, il semblerait que, plus les questions à la charge d'un concepteur sont discutées, plus celui-ci produit d'annotations. Ce lien possible doit certainement être nuancé par l'organisation sociale du projet de conception, qui voit des rôles émerger parfois non conformes aux fonctions attribuées. Néanmoins, un tel résultat confirmerait l'importance d'une indexation multi points de vue des annotations [ZAC 03]. On peut aussi noter que les annotations observées au cours de cette étude sont moins structurées, ont une sémiologie moins codifiée, que celles construites et observées par Boujut et Laureillard [BOU 02]. Il serait intéressant de voir si cette différence est due au moment du processus de conception observé (début versus milieu du processus), à son organisation, ou à l'écart plus ou moins grand entre les différents points de vue métiers et des connaissances partagées. Cette analyse permettrait de proposer des recommandations pour l'élaboration d'une bibliothèque d'annotations [BOU 03a].

6.10. Perspectives et conclusion : prospectives pour l'implémentation d'annotations numériques en conception

En nous appuyant sur l'étude ci-dessus et sur des études de terrain réalisées dans des entreprises industrielles [CHA 05] nous proposons dans cette section d'élargir notre spectre de propositions en présentant une approche plus large des besoins en termes d'outils d'annotation dans le domaine de l'ingénierie des produits.

6.10.1. Rapport de l'annotation au modèle numérique de l'objet (document principal)

Compte tenu des points soulevés dans cette étude, il nous paraît opportun de différencier le type de représentations de base sur lequel travaillent les concepteurs des supports d'annotation et des annotations elles-mêmes (paragraphe 6.5) nous proposons d'utiliser comme document principal ou document cible une représentation simplifiée sous forme d'un « avatar » du modèle numérique CAO

(voir figure 12) [ZAC... extraction à un instant donné (sous format VRML par exemple) de l'objet. Cette méthode a pour avantage de se soustraire aux contraintes des outils CAO, d'autant que nos observations ont fait apparaître que les concepteurs ne modifiaient pas en séance la géométrie des objets. Les modifications de la géométrie sont réalisées hors des réunions et sont prises en compte lors de la phase de modification de la géométrie sont réalisées dans cette étude.

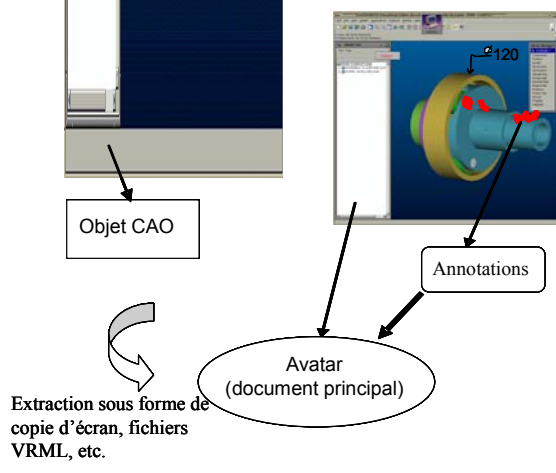


Figure 4.12. Document de référence et avatars annotés

6.10.2. Annotations structurées ou semi-structurées ?

La question de la structuration des annotations graphiques est loin d'être tranchée. En effet, nous n'avons vu dans cette étude qu'un des aspects de l'usage des annotations en conception. Cette étude tend à montrer que les annotations sont bien des supports cognitifs pertinents, et que la dimension figurative est primordiale.

Par ailleurs, d'autres observations de situations industrielles ont fait ressortir l'importance de garder des traces des décisions prises par les concepteurs, que ce soit en réunion de projet ou en dehors, ce qui corrobore nos premiers résultats. Notre étude ne reflète cependant qu'un cas particulier que nous allons compléter à travers l'exemple industriel présenté ci-après.

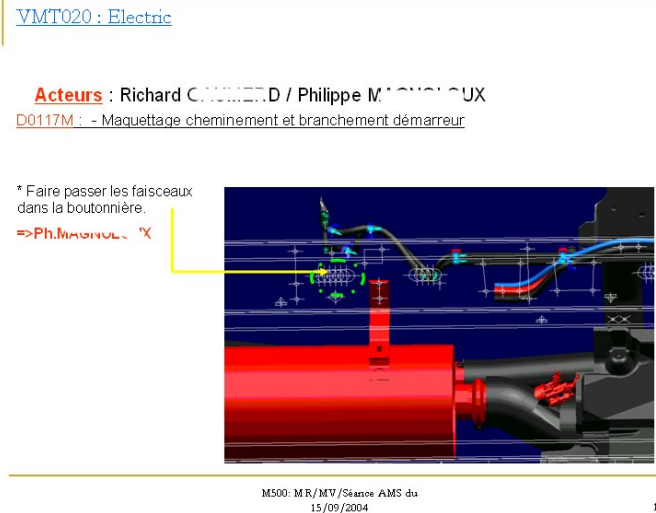


Figure 4.13. *Compte rendu annoté lors d'une revue de projet*

Une configuration récurrente observée sur le terrain industriel constitue de notre point de vue une version intermédiaire entre des annotations non structurées telles que nous les avons vues précédemment et un système d'annotations structurées.

La figure 13 nous montre un exemple de compte rendu annoté réalisé suite à une revue de projet et permettant de garder une trace graphique et textuelle des décisions prises lors de la réunion. Cette figure contient une amorce d'annotations « semi-structurées » en ce sens qu'elle fournit des explications textuelles à une scène graphique. Le manque d'information sur les décisions et le contenu des discussions qui ont eu lieu en réunion de projet conduit souvent les concepteurs à commettre des erreurs ou rediscuter des points d'une fois sur l'autre en ayant oublié les débats précédents. Ce type de compte rendu les aide à minimiser ces dysfonctionnements.

Cette observation révèle un autre usage potentiel des annotations, mettant l'accent sur des annotations textuelles et non graphiques, contrairement à ce qui a été montré dans l'étude rapportée plus haut. Cette apparente contradiction fait apparaître simplement que les besoins en termes de fonctionnalités sont variés et dépendent fortement du contexte de mise en œuvre des annotations. Nous avons ainsi mis en évidence deux scénarios types permettant de rendre compte de ces diverses situations d'usage.

6.10.3. Scénarios d'utilisation des annotations

Prise de notes et structuration des informations contextuelles

La première situation typique que nous présentons ici correspond à un processus asynchrone d'annotation. La figure 14 montre un déroulement temporel schématisé de ce processus. Dans un premier temps, un acteur du bureau d'étude (souvent dénommé concepteur) produit une solution technique sous forme d'un modèle numérique CAO. Il le publie dans le système de gestion de données techniques (SGDT) de l'entreprise afin qu'il soit visible et accessible aux autres acteurs de la conception.

En général, les autres acteurs, ne maîtrisant pas l'outil CAO (acteurs SAV, techniciens méthodes, etc.), n'ont pas de moyen pour garder des traces de leurs remarques ni même de les exprimer. L'idée est de proposer à ces acteurs un outil leur permettant d'annoter une scène graphique avec des symboles prédéfinis ayant un sens pour les métiers concernés et pour le collectif, cela à des fins de critique ou d'évaluation (figure 15). Cette phase d'annotation pourrait se répéter autant de fois que nécessaire en fonction des besoins des acteurs impliqués.

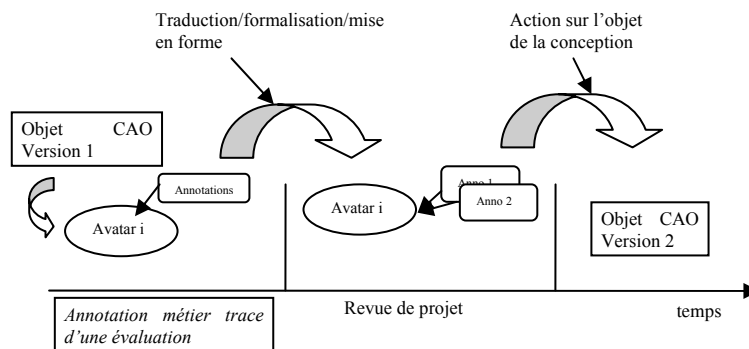


Figure 6.14. Déroulement temporel d'un processus d'annotation asynchrone

La phase suivante concerne le responsable du projet, l'intégrateur maquette ou l'architecte responsable de la zone considérée. Celui-ci peut, afin de préparer sa revue de projets, reprendre le modèle annoté et faire un bilan des remarques. La dernière phase concerne la revue de projets elle-même qui peut être conduite à partir des modèles annotés. Ceux-ci servent alors de base aux discussions, les acteurs peuvent développer leurs remarques, clarifier leur point de vue, etc. Une fois les décisions prises, les acteurs

peuvent synthétiser les décisions prises en validant ou rejetant les annotations ou en les enrichissant. Un compte rendu « graphique » peut ainsi être réalisé, servant de base au travail des concepteurs pour une nouvelle version de l'objet à concevoir. L'annotation fournirait donc ici un support de prise de notes individuelles qui peut ensuite être partagé. Durant la revue de projet ces mêmes annotations peuvent servir de recueil de décision et du contexte associé.

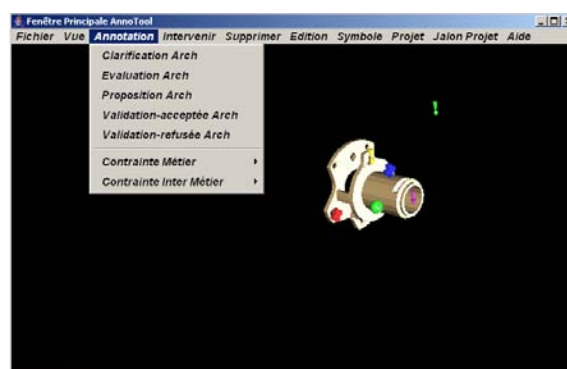


Figure 6.15. Exemple d'outil d'annotation graphique 3D

Annotations comme support au discours en situation de conception synchrone à distance

Le scénario que nous présentons ici correspond à la situation que nous avons décrite dans cet article. Dans cette situation, l'annotation sert en grande partie comme support au discours et à l'argumentation comme nous l'avons vu précédemment. Ce type d'annotation est souvent peu structuré et quasiment impossible à réinterpréter en dehors du contexte de sa création. Dans ce cas, l'essentiel des annotations est produit pendant la revue de projet et rien n'est réutilisé d'une séance sur l'autre. Les annotations sont principalement graphiques et beaucoup restent figuratives, soulignant ou précisant des formes ou des morceaux de solutions. Les activités de critique et d'évaluation sont faites directement pendant la séance à la suite de la présentation du concepteur. La production d'une nouvelle version de l'objet en cours est souvent réalisée à partir de prises de notes individuelles (comme nous l'avons vu dans notre étude). Dans ce contexte, les fonctionnalités nécessaires sont différentes de celles évoquées au paragraphe précédent. Les besoins se décrivent en termes d'interaction, en présentiel ou à distance. Comment permettre à un acteur de montrer, de manipuler à l'écran, de laisser une trace pour associer à son discours, etc. ? Comment pourrait-on

éventuellement avoir plusieurs pointeurs à l'écran représentant les différents acteurs en ligne ?

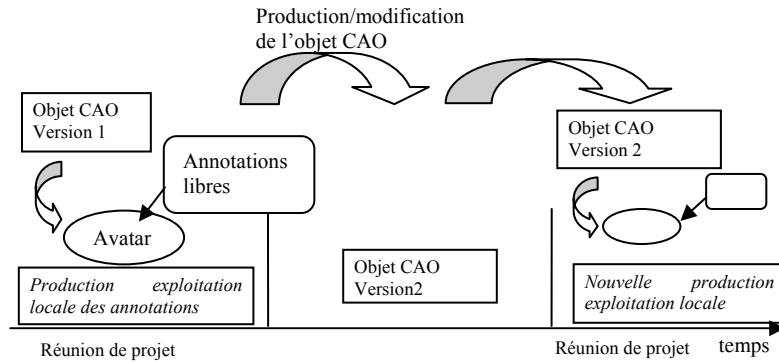


Figure 6.16. Exemple de processus d'annotation synchrone

Il apparaît donc dans cet article que la diversité des situations d'annotation en ingénierie de produit ne permet pas d'appréhender la question à partir d'un seul modèle unique. L'étude psycho-ergonomique que nous avons présentée a permis de mettre en évidence des caractéristiques liées à une pratique d'annotation en réunion de projet, orientée vers le support à la synchronisation cognitive dans une modalité synchrone et présentielle. Nous avons complété cette étude par des observations de pratiques à distance qui nous permettent de faire des hypothèses quant aux fonctionnalités nécessaires dans des contextes de conception distribuée. Il conviendrait cependant de réaliser d'autres observations, de manière à affiner les catégories proposées et proposer des fonctionnalités opérationnelles qui pourront être testées concrètement dans des situations de conception.

Remerciements

Ce projet a été co-financé par le programme TCAN du CNRS (<http://www.dr4.cnrs.fr/tcan/index.html>), le laboratoire d'Ergonomie du CNAM et le groupe GRACC qui a construit et mis en œuvre la situation de conception collaborative (<http://www.3S.hmg.inpg.fr/ci/project/GRACC/>).

6.11. Bibliographie

- [BLA 01] BLANCO E., GARDONI M., Supporting non structured graphical information in integrated design team. *Proceedings of the 13th International Conference on Engineering Design, ICED 01*. Glasgow, UK, 21-23 août 2001.
- [BOU 03a] BOUJUT J.F., User-defined annotations: artefacts for co-ordination and shared understanding in design teams. *Engineering Design*, 14 (4), p. 409-419, 2003
- [BOU 03b] BOUJUT J.F., BLANCO E., « Intermediary Objects as a Means to Foster Cooperation in Engineering Design », *Journal of computer supported collaborative work*, 12 (2), 2003.
- [BOU 02] BOUJUT J.F., LAUREILLARD P., A co-operation framework for product-process integration in engineering design. *Design Studies*, 23 (5), p. 497-513, 2002.
- [BRI 04] BRINGAY S., BARRY C., CHARLEY J., *Annotations: A new type of document in the Electronic Health Record*. Paper presented at the 2nd International Conference on Document Research and Development in Sciences, arts and business: *DOCAM 2004*, University of California, Berkeley, Etats-Unis, octobre 2004.
- [CHA 97] CHABIN M.A., La cinquième dimension de l'archive numérique, *Document numérique*, 1 (2), p. 205-216, 1997.
- [CHA 00] CHAMPIN P.A., PRIÉ Y., MILLE A., Annotating with uses: a promising way to the Semantic Web. *Proceedings of Workshop on Knowledge Markup and Semantic Annotation*. Victoria, Canada, p. 79-86, 21 octobre 2000.
- [CHA 05] CHARTIER J., BOUJUT J.F., PRUDHOMME G., développement de pratiques collaboratives en ingénierie de produits, *X^e colloque national PRIMECA*, La Plagne, 2005.
- [DAR 01] DARSEZ F., DETIENNE F., FALZON P., VISSER, W. *COMET: A method for Analysing Collective Design Processes* (Rapport de recherche n° 4258). Le Chesnay : Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique, 2001.
- [DEN 00] DENOUE L., *De la création à la capitalisation des annotations dans un espace personnel d'informations*. Thèse de Doctorat d'Informatique, Université de Savoie, 2000.
- [DET 02] DÉTIENNE F., (Ed.). *Software design - Cognitive aspects*. London : Springer-Verlag, Practitioner Series, 2002.
- [MAH 05] MAC MAHON C., DAVIES D., *The use of markup in documents and in computer aided design: a comparison*, in. proceeding of the international workshop annotation for collaboration, Paris, p. 83-91, 2005.
- [MAR 99] MARSHALL C., PRICE M.N., GOLOVCHINSKY G., SCHILIT B.N., Collaborating over portable reading appliances. *Personal and Ubiquitous Computing*, 3 (1), 1999, 43-53.
- [NAV 02] NAVEIRO R. M., BRÉZILLON P., SOARES R., Knowledge and cooperation in design : the SISPRO project. *Document Numérique*, 5 (3-4), p. 115-134, 2002.
- [STE 97] STERN Y. Les quatre dimensions des documents numériques. *Document numérique*, 1 (1), p. 55-60, 1997.

[WEN 04] WENG C., GENNARI J.H., Asynchronous Collaborative Writing through Annotations. *Proceedings of CSCW2004*, Chicago, Etat-Unis, p. 578-581, 6-10 novembre 2004.

[ZAC 03] ZACKLAD M., LEWKOWICZ M., BOUJUT J.F., DARSEZ F., DETIENNE, F., Formes et gestion des annotations numériques collectives en ingénierie collaborative. In R. Dieng (Ed.), *Actes d'IC 03*, p. 207-224, Grenoble, PUG, 2003.

[ZAC 06] ZACKLAD M., Documentarisation processes in documents for action (DofA): The status of annotations and associated cooperation technologies. *Computer, Supported Cooperative Work*, (à paraître).