



HAL
open science

Formes et structures des annotations sémantiques pour supporter la communication en conception collaborative asynchrone

Onur Hisarciklilar

► **To cite this version:**

Onur Hisarciklilar. Formes et structures des annotations sémantiques pour supporter la communication en conception collaborative asynchrone. Sciences de l'ingénieur [physics]. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2008. Français. NNT: . tel-00419297

HAL Id: tel-00419297

<https://theses.hal.science/tel-00419297>

Submitted on 23 Sep 2009

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

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

INSTITUT POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE

N° attribué par la bibliothèque

□□□□□□□□□□

THESE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'Institut polytechnique de Grenoble

Spécialité : « Génie Industriel »

préparée au laboratoire G-SCOP (Science pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble)

dans le cadre de l'**Ecole Doctorale** « *Ingénierie, Matériaux, Mécanique, Environnement, Energétique, Procédés,*

Production »

présentée et soutenue publiquement

par

Onur Hisarciklilar

le 28 Novembre 2008

***Formes et structures des annotations sémantiques
pour supporter la communication
en conception collaborative asynchrone***

DIRECTEUR DE THESE : Jean-François BOUJUT

JURY

M.	Christopher McMAHON (Université de Bath)	Président
M.	Alain BERNARD (Ecole Centrale de Nantes)	Rapporteur
M.	Emmanuel CAILLAUD (Université Strasbourg 1)	Rapporteur
M.	Jean-François BOUJUT (Grenoble INP)	Directeur de thèse
M.	Manuel ZACKLAD (Université de Technologie de Troyes)	Examineur

Remerciements

Je voudrais remercier l'ensemble des personnes qui, de façon directe ou indirecte, ont contribué à cette thèse.

Je tiens d'abord à remercier mon directeur de thèse, Jean-François Boujut, de qui j'ai beaucoup appris aussi bien d'un point de vue technique que scientifique. C'était un grand honneur de travailler avec lui.

Je voudrais ensuite remercier les membres du jury pour avoir évalué mon travail. Merci à Chris McMahon pour avoir présidé ce jury. Merci également à Alain Bernard et Emmanuel Caillaud d'avoir accepté d'être rapporteurs et à Manuel Zacklad pour ses critiques précieuses qui ont apporté beaucoup d'éclairage à mon travail.

Un grand merci aussi aux membres du laboratoire G-SCOP pour leur accueil chaleureux et leur soutien au cours de ma thèse. Je pense à Yannick Frein, le directeur, mais aussi à tous les collègues avec qui j'ai partagé mon quotidien pendant trois ans. Je tiens aussi à remercier les responsables des cours de m'avoir confié leur cours qui m'ont permis d'acquérir mon expérience en enseignement.

Je voudrais remercier ma famille pour leur soutien tout au long de mon aventure à Grenoble.

Enfin un grand merci à tous les amis, Christophe, Ayse, Igor, Tetsu, Cilia, Fabien et tous les autres qui ont rempli mes années de thèse avec des souvenirs inoubliables. Je tiens particulièrement à remercier Murat, Olivier et J-P pour les discussions interminables dans les bars de Grenoble, même si mon foie n'est pas tout à fait d'accord avec moi. Et bien sûr, un merci spécial à Khadidja pour avoir été à mes côtés avec amour et patience dans tous les bons et mauvais moments de cette thèse.

Table de matières

INTRODUCTION GENERALE	9
CHAPITRE 1 : LA COMMUNICATION DANS LES PROCESSUS DE CONCEPTION COLLABORATIVE	13
1.1 INTRODUCTION	13
1.2 PROCESSUS DE CONCEPTION COLLABORATIVE COMME ACTIVITE COLLECTIVE	13
1.2.1 Définir et caractériser la conception	13
1.2.2 Décomposer et organiser le processus de conception	15
1.2.3 Comprendre et gérer le travail collaboratif en conception	16
1.3 PROCESSUS DE CONCEPTION COLLABORATIVE COMME COMMUNICATION A TRAVERS DES ARTEFACTS	19
1.3.1 Approches théoriques de la communication	21
1.3.2 Besoin de la communication en conception	27
1.3.3 Modes et situations de communication	31
1.3.4 Analyse des artefacts pour supporter la communication	34
1.3.5 Ambiguïté de la communication en conception	41
1.4 EVOLUTION DES REPRESENTATIONS TECHNIQUES EN FONCTION DES BESOINS DE COMMUNICATION	42
1.4.1 Modes de représentation selon Pierce : Icônes et symboles	43
1.4.2 Cas de l'Encyclopédie	45
1.4.3 Cas des plans 2D	47
1.4.4 Cas de la CAO 3D	49
1.5 PROBLEMATIQUE DE RECHERCHE	51
CHAPITRE 2 : ETUDE DE CAS CHEZ VOLVO 3P	55
2.1 INTRODUCTION	55
2.2 LA METHODOLOGIE ADOPTEE	56
2.3 LA CONCEPTION DES VEHICULES INDUSTRIELS A VOLVO 3P	58
2.3.1 Le groupe AB Volvo	58
2.3.2 Volvo 3P	59
2.4 LA FONCTION ROUTAGE	61
2.4.1 L'équipe projet routage	62
2.4.2 Le processus	64
2.5 LE PROCESSUS AMS POUR LE DEVELOPPEMENT DU ROUTAGE	73
2.5.1 Phases asynchrones : modélisation et production de maquettes	74
2.5.2 Revues de conception : de la validation à la co-conception	76
2.6 ANALYSE : PARTAGE D'INFORMATIONS ET PRATIQUE D'ANNOTATION	78
2.6.1 Un partage d'informations dissymétrique et lacunaire	78
2.6.2 Pratiques d'annotation	80
2.6.3 Synthèse : besoins pour l'amélioration de la communication	83
CHAPITRE 3 : ANNOTATIONS SEMANTIQUES POUR SUPPORTER LA COMMUNICATION	85
3.1 INTRODUCTION	85
3.2 ANNOTATIONS SEMANTIQUES	86

3.2.1	<i>Définir une annotation</i>	86
3.2.2	<i>Sémantique d'une annotation</i>	89
3.2.3	<i>Propriétés des annotations</i>	89
3.3	ANNOTATIONS : LE CAS DU DOCUMENT NUMERIQUE	95
3.3.1	<i>Quelques exemples d'utilisation</i>	96
3.3.2	<i>Les annotations dans le Web Sémantique</i>	97
3.4	ANNOTATIONS : LE CAS DE LA CONCEPTION COLLABORATIVE	100
3.4.1	<i>Formes et usages des annotations</i>	101
3.4.2	<i>Propriétés des annotations en conception collaborative</i>	104
3.4.2	<i>Annotation des représentations 3D</i>	106
3.5	CONCLUSION	119
CHAPITRE 4 : VERS UN MODELE D'ANNOTATION POUR SUPPORTER LA COMMUNICATION A TRAVERS DES REPRESENTATIONS DE PRODUIT		121
4.1	INTRODUCTION	121
4.2	DES ACTES DE LANGAGE VERS LES ACTES D'ANNOTATION.....	122
4.2.1	<i>La théorie des actes de langage</i>	122
4.2.2	<i>Etat de l'art des actes d'annotation</i>	127
4.2.3	<i>Les actes d'annotation dans le cas de l'ingénierie collaborative</i>	129
4.3	STRUCTURE D'ANNOTATION PROPOSEE	134
4.3.1	<i>Expliciter les actes d'annotation dans une situation de conception collaborative</i>	136
4.3.2	<i>Expliciter les éléments de contexte</i>	142
4.4	MODELE D'ANNOTATION PROPOSE	144
4.4.1	<i>Relation annotation-représentation</i>	144
4.4.2	<i>Dimension communication</i>	144
4.4.3	<i>Dimension utilisateur</i>	145
4.4.4	<i>Dimension processus</i>	146
4.5	CONCLUSION	147
CHAPITRE 5 : ANNOT'ACTION : OUTIL D'ANNOTATION POUR SUPPORTER LA COMMUNICATION ASYNCHRONE		149
5.1	INTRODUCTION	149
5.2	UN SCENARIO-TYPE D'USAGE DE L'OUTIL.....	150
5.2.1	<i>Commenter les décisions ou des parties spécifiques du modèle 3D</i>	151
5.2.2	<i>Partage de la solution dans le groupe de projet</i>	151
5.2.3	<i>Revue de conception</i>	151
5.2.4	<i>Une itération de conception</i>	152
5.3	PRINCIPALES FONCTIONNALITES DE L'OUTIL	152
5.3.1	<i>Partager et organiser les représentations 3D</i>	153
5.3.2	<i>Constituer des groupes de travail</i>	155
5.3.3	<i>Annoter les vues</i>	156
5.4	TECHNOLOGIE ET INTERFACE	159
5.5	SCENARIO D'USAGE	161
5.5.1	<i>Présentation du scénario</i>	161
5.5.2	<i>Commenter sur les décisions ou les parties spécifiques di modèle 3D</i>	161
5.5.3	<i>Partage de la solution dans le groupe de projet</i>	163
5.5.4	<i>Revue de conception</i>	165
5.5.5	<i>Une itération de conception</i>	166
5.6	DISCUSSION	167
5.7	CONCLUSION	168

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES	171
BIBLIOGRAPHIE	175
ANNEXE : SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES ET TECHNIQUES DE L'OUTIL ANNOT'ACTION	187
A.1 LES SPECIFICATIONS FONCTIONNELLES.....	187
A.1.1 <i>Spécifications des utilisateurs et les cas d'utilisation</i>	187
A.1.2 <i>Diagramme de classes</i>	190
A.2 LES SPECIFICATIONS TECHNIQUES	195
A.2.1 <i>Applet Java™</i>	195
A.2.2 <i>Web</i>	197
A.2.3 <i>Base de données</i>	198
LISTE DES FIGURES.....	201
LISTE DES TABLEAUX	205

Introduction générale

Les changements récents dans les organisations des projets de conception collaborative ont amplifié l'importance de la communication dans la réussite de ces projets. La conception de produits complexes, tels que les véhicules industriels ou des produits aéronautiques, est organisée selon les principes d'ingénierie concurrente. Ces principes exigent que plusieurs acteurs de différents domaines travaillent en coopération étroite pendant tout le processus de conception. Afin d'arriver à des solutions de conception satisfaisantes, les membres de ces équipes multimétiers doivent communiquer de façon systématique, afin de confronter des points de vues, de négocier et d'argumenter les solutions.

Par contre, la communication des équipes multimétiers est difficile. Poussées par la concurrence du marché, les entreprises ajoutent sans cesse de nouvelles fonctionnalités à leurs produits. Ce qui fait augmenter la complexité de ces derniers. Par conséquent, un nombre croissant des acteurs et des différents types d'expertises est nécessaire pour la réalisation du produit. Ces acteurs ont besoin de moyens de communication adaptés. Parmi les artefacts coopératifs, les représentations tridimensionnelles de produit sont de plus en plus utilisées comme supports à la communication, puisqu'elles offrent une compréhension commune des solutions de conception aux acteurs de domaines différents.

En outre, la concurrence du marché pousse également les compagnies à suivre des stratégies globales. Plusieurs entreprises aujourd'hui sont étendues à travers la planète, en quête de localiser des endroits pour réaliser ses différentes fonctions (l'assemblage, conception, fabrication, etc.) à des coûts réduits de matières premières et de main d'œuvre. Ainsi, les équipes de conception sont de plus en plus distribuées. De plus, il existe de plus en plus de demande pour la communication asynchrone, du fait que les concepteurs géographiquement distribués ont des disponibilités différentes. Or, la communication asynchrone à distance pose des difficultés, puisqu'elle prive les acteurs des avantages communicatifs des situations d'interaction face-à-face.

Pour pallier à ces difficultés, les technologies de Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur proposent des fonctionnalités qui facilitent la communication asynchrone à distance à travers

les représentations tridimensionnelles de produit, telles que les fonctionnalités d'annotation. En revanche, la nature argumentative et dialogique de la communication en ingénierie concourante, l'ambiguïté de l'information partagée dans les situations asynchrones et le stockage effectif des échanges argumentatifs sont peu ou pas pris en compte par ces systèmes.

L'objectif de cette thèse est ainsi de développer des approches et des méthodes afin d'améliorer la communication asynchrone à travers les représentations tridimensionnelles. Notre hypothèse majeure est que la réduction de l'ambiguïté des informations liées au contexte de la communication contribue à l'efficacité de la communication asynchrone.

Les contributions principales apportées par cette thèse consistent les points suivants :

- Le concept d'actes d'annotation, comme une approche originale à la caractérisation et à la structuration de la communication argumentative asynchrone en conception. Ce concept fait l'hypothèse qu'exprimer l'attitude de l'annotateur dans un contexte particulier diminue l'ambiguïté de l'information et peut aider les concepteurs à converger plus rapidement vers une compréhension mutuelle.
- Une structure d'annotation, qui propose un cadre unifié des dimensions communicatives et informationnelles de la communication asynchrone en prenant en compte les informations contextuelles aux annotations.
- Un modèle d'annotation, qui caractérise un contexte de communication assistée par ordinateur à travers les annotations. Ceci afin d'améliorer l'usage, l'extraction et la réutilisation des annotations.
- L'instrumentalisation des modèles proposés à travers un prototype de recherche.

Cette thèse est organisée en cinq chapitres.

Le premier chapitre décrit le contexte théorique de nos travaux. La communication est discutée dans ce chapitre selon plusieurs dimensions. Ces dernières incluent le besoin de la communication en conception, les modes et situations de communication, un état de l'art des travaux qui caractérisent les artefacts de communication et une discussion autour de la nature ambiguë de la communication en conception. Une analyse est ensuite engagée sur le parallélisme entre l'évolution du contexte de communication et la structure des représentations de produits qui soutiennent la communication. La fin du premier chapitre présente la problématique de recherche posée par la présente thèse.

Le deuxième chapitre présente une étude de cas chez Volvo 3P. Les méthodes de communication argumentative et d'annotation employées par les acteurs du terrain sont présentées et discutées. Le chapitre se clôture par une synthèse de besoins de communication des acteurs du terrain qui illustre la question de recherche posée.

Le troisième chapitre de la thèse présente un état de l'art sur les annotations. Ce dernier s'intéresse à une multitude d'aspects autour des annotations : les caractéristiques générales des annotations sémantiques, les différents usages et technologies de l'annotation dans le cas du document numérique, les annotations dans le cas de la conception collaborative et les techniques existantes d'annotation des documents 3D.

Dans le quatrième chapitre, nous présentons le cadre d'annotation proposé de ce travail. Il résume les théories et techniques dont nos propositions s'inspirent, comme la théorie des actes de langage ou les approches de typologie d'activité en conception collaborative. Ce chapitre se termine par la présentation du concept d'actes d'annotation, la structure et le modèle d'annotations proposées.

Finalement, le cinquième chapitre présente l'outil Annot'Action comme l'implémentation informatique des concepts présentés. Les principales fonctionnalités et la technologie implémentée sont discutées. Un scénario d'usage de l'outil est proposé pour illustrer les fonctionnalités de l'outil et pour discuter l'efficacité de notre approche.

Cette thèse se termine par des conclusions générales et des perspectives. Les propositions pour la validation des concepts à travers des expérimentations et plusieurs pistes pour l'extension du travail sont présentées.

Chapitre 1 : La communication dans les processus de conception collaborative

1.1 Introduction

La communication est multidimensionnelle. Il est important et nécessaire de considérer la communication en prenant en compte cette multitude de dimensions, afin de pouvoir définir les critères qui peuvent avoir un impact sur la réussite et la qualité de la communication et de proposer des approches pertinentes pour l'améliorer. Ce premier chapitre est ainsi consacré à la communication. Nous allons à la fois présenter les approches générales de la communication et définir les particularités de la communication dans le cas de la conception collaborative.

Ce chapitre est organisé comme suit. Dans la prochaine section, nous allons donner un cadre général de la conception comme activité collective. La section 3 considère la conception comme un processus de communication entre les acteurs. Après avoir mentionné des approches théoriques, cette section se focalise sur le cas de la conception. Dans la section 4, nous allons présenter une analyse sur l'évolution des représentations techniques utilisées en conception de produit. Le but de cette section sera de discuter des pratiques de communication autour des représentations de produit selon les besoins de communication des acteurs. Ce chapitre se clôturera par la question de recherche de la thèse.

1.2 Processus de conception collaborative comme activité collective

1.2.1 Définir et caractériser la conception

Parmi les définitions de la conception qui sont proposées dans la littérature, un consensus général existe sur la dimension humaine de cette dernière. Herbert Simon [Simon, 1996], par exemple, définit la conception comme une série d'actions humaines qui consistent à créer des artefacts pour changer les situations existantes vers celles qui sont préférables. De façon similaire, Nigel Cross [Cross et al., 1996] affirme que la conception est une activité exclusivement humaine, visant à satisfaire un besoin particulier. John Gero [Gero, 1990] confirme ce point de vue en qualifiant la conception comme un moyen de transformer le

monde à travers la création d'artefacts, et les concepteurs comme les agents de changement qui réalisent cette transformation.

Une autre approche répandue pour définir la conception est de la considérer comme un processus de résolution de problème [Cross et al., 1996; Simon, 1996]. [Pahl & Beitz, 1996] définissent la conception comme une situation où le concepteur véhicule des connaissances et des expériences afin d'apporter des solutions à un problème préalablement défini. Cette approche voit la conception comme la recherche continue d'une meilleure solution à un problème dans l'ensemble de solutions possibles. Ce dernier est défini et cadré par les spécificités du problème, comme les contraintes qu'il impose, ses objectifs, ou sa complexité. Plusieurs travaux cherchent à caractériser les problèmes en conception [Cross et al., 1996; Simon, 1996; Longchamp, 2003]. Ces derniers peuvent se résumer comme suit :

1. les problèmes de conception sont larges et complexes : ils ne sont pas généralement circonscrits à des problèmes locaux, et les variables et leurs interrelations sont trop nombreuses pour pouvoir être scindées en sous-systèmes indépendants ;
2. les problèmes de conception sont mal définis : un grand nombre de degrés de liberté existe dans l'état initial du problème ;
3. les spécifications des buts et des besoins sont ambiguës : le problème ne préexiste pas à la solution : les deux se construisent simultanément ;
4. il n'existe pas un chemin de solution prédéterminé vers la solution : malgré l'existence de la possibilité de s'appuyer sur des projets similaires ou des prototypes de produits existants, les participants ont besoin de recombinaison, réinventer des stratégies pour élaborer une solution. A travers l'approche CK, [Hatchuel & Weil, 2003] décrivent que les concepts initiaux d'une conception sont une série de propositions que les participants sont incapables d'exprimer avec leurs connaissances actuelles, ce qui rend impossible de définir un chemin de résolution de problème. Le processus de conception concerne la tâche d'exploration de cet espace de concepts, qui dure jusqu'à ce que suffisamment de concepts deviennent des connaissances pour exprimer la solution ;
5. il n'existe pas de solution optimale, mais des solutions plus ou moins satisfaisantes, dû au très grand nombre de solutions possibles ;
6. l'élaboration des solutions requiert des domaines de connaissances nombreux et variés. Ces connaissances peuvent être génériques ou spécifiques au contexte de la

conception. En conception de produits, la nature asymétrique des connaissances parmi les experts de différents domaines est à la fois source de problème et créativité.

Ces caractéristiques révèlent le fait que les problèmes de conception sont très complexes, et incertains. Parmi ces caractéristiques, [Cross et al., 1996] met l'accent surtout sur le fait que les problèmes de conception, ainsi que le produit final à concevoir, sont partiellement invisibles pendant le processus de conception. C'est ce qui donne le caractère chaotique à la conception, qui fait que les concepteurs essaient d'avancer vers un but qu'ils sont incapables de définir préalablement. Cette situation rend la gestion du processus de conception particulièrement difficile. Les deux paragraphes suivants résument des approches pour mieux gérer la conception.

1.2.2 Décomposer et organiser le processus de conception

L'une des méthodologies pour gérer la conception et la complexité de cette dernière passe par la rationalisation du processus de conception. Il s'agit de décomposer le processus, afin de mieux organiser l'activité de conception et les ressources humaines et matérielles nécessaires.

Parmi les travaux qui caractérisent et décomposent le processus de conception, celui de [Pahl & Beitz, 1996] prévoit quatre phases principales dans un processus de conception : la définition de problème et la planification des tâches, la conception conceptuelle, la spécification de l'artefact de conception et la conception détaillée. Ces phases à leur tour sont décomposées en activités et en tâches. Chaque phase est caractérisée par des entrées et des sorties (livrables) précises. [Pahl & Beitz, 1996] ajoutent que l'exécution de ces phases n'est pas forcément linéaire, autrement dit des allers-retours sont souvent nécessaires pour atteindre une solution de conception. D'autre part [Cooper & Kleinshmidt, 1991] proposent l'approche « stage-gate » pour structurer la transformation des idées vers un produit réel. Cette dernière définit le processus comme une succession d'étapes (stages), jalonnée par des points de synthèse et d'évaluation (gate reviews). Les auteurs prévoient cinq étapes : l'étude préliminaire, l'étude détaillée, le développement, la validation et la mise sur le marché.

En ce qui concerne l'organisation des ressources humaines et matérielles, l'augmentation de la complexité des produits et le nombre d'expertises nécessaires pour leur conception ont poussé les compagnies à adopter l'approche dite d'ingénierie concourante ou simultanée. Le but de cette approche est de permettre la conception en parallèle du produit et de son processus de production, contrairement à l'approche classique qui prévoyait l'exécution

séquentielle des tâches de conception [Smith, 1997] – considérée désormais peu performante. Par contraste à l’approche séquentielle, où un flux informationnel unidirectionnel séquentiel était prévu à travers les fonctions métiers qui participent au développement du produit, l’approche concourante prévoit la constitution des équipes multifonctionnelles. Le but de ceci est de favoriser des échanges informationnels entre ces fonctions métiers le plus tôt possible dans le processus, pour augmenter la productivité du projet en diminuant les risques importants de remise en cause de choix de conception.

1.2.3 Comprendre et gérer le travail collaboratif en conception

L’approche concourante de l’organisation de la conception, qui prévoit le travail en équipe des participants du processus, pousse les chercheurs à s’investir sur la compréhension et la gestion du travail collaboratif entre ces derniers. Plusieurs auteurs s’accordent aujourd’hui sur le fait que la conception de produit est activité interactionnelle, collective et sociotechnique [Bucciarelli, 1988; Bucciarelli, 1994; Cross & Clayburn Cross, 1995; Bucciarelli, 2002] [Jeantet & Boujut, 1998]. Nous allons parler du travail collaboratif en conception dans ce paragraphe autour des notions de la collaboration et la coopération.

1.2.3.1 La coordination

La théorie de la coordination a été développée au Centre de la science de la coordination à MIT au début de années 1990, afin de combiner et intégrer différentes propositions à la notion de coordination dans plusieurs disciplines comme l’informatique, la psychologie ou les théories de l’organisation [Longchamp, 2003]. Cette théorie se positionne dans le contexte du travail de groupe, constitué d’acteurs qui effectuent des activités interdépendantes pour atteindre des buts donnés, et se définit comme la gestion des dépendances entre activités.

Malone [Malone & Crowston, 1990] définit trois catégories de dépendance de base dans des situations de coordination (Figure 1) :

- les dépendances de flux, qui existent quand une activité produit une ressource qui doit être utilisée par une autre activité,
- les dépendances de partage, qui correspondent à l’utilisation conjointe de la même ressource par plusieurs activités différentes,
- les dépendances d’ajustement, qui existent lorsque des activités produisent une même ressource en associant leurs compétences.

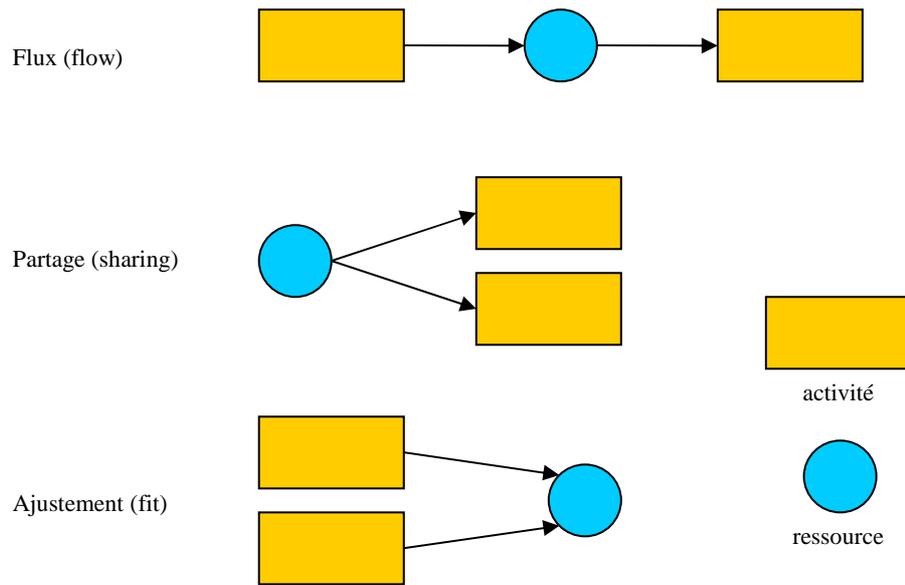


Figure 1 : Types de coordination

Les définitions de la coordination dans le domaine de la conception collaborative sont proches de cette description générique. Par exemple [Bareigts, 2000] la définit comme « le processus qui vise à projeter et programmer différentes tâches, pour distribuer des ressources. Ce processus prescriptif définit les interdépendances entre les activités des concepteurs ». [Grebici, 2007] ajoute à cela que se coordonner consiste à décomposer et répartir les activités entre les acteurs de la conception, mais aussi à les recomposer par le biais des liens de dépendances, afin de permettre une organisation et une gestion du processus.

D'autre part, la coordination ne se réalise pas seulement dans un cadre pré-établi et organisé. D'après [De Terssac & Maggi, 1996], la coordination est un cadre pour une autonomie individuelle et collective limitée. [Boujut, 2001], pointe le besoin de se coordonner autour d'objets de manière autonome, en mettant en avant l'idée que la régulation du processus par les acteurs eux-mêmes permet la réalisation de la coopération. Autrement dit, la coordination dans ces cas assure la cohérence des activités individuelles, et permet une coopération plus systématique.

1.2.3.2 La coopération

[Boujut & Laureillard, 2002] montrent la différence entre la coordination et la coopération en s'adressant à leurs définitions respectives dans le dictionnaire d'Anglais d'Oxford. La

coordination est définie par le travail harmonieux et effectif des différentes parties¹, tandis que la coopération est définie comme le processus de travail collectif vers une même finalité². D'après cette approche, la différence principale entre la coordination et la coopération, est que cette dernière demande des objectifs communs entre les participants. Les auteurs ajoutent que ces objectifs doivent être construits collectivement entre les participants (Figure 2).

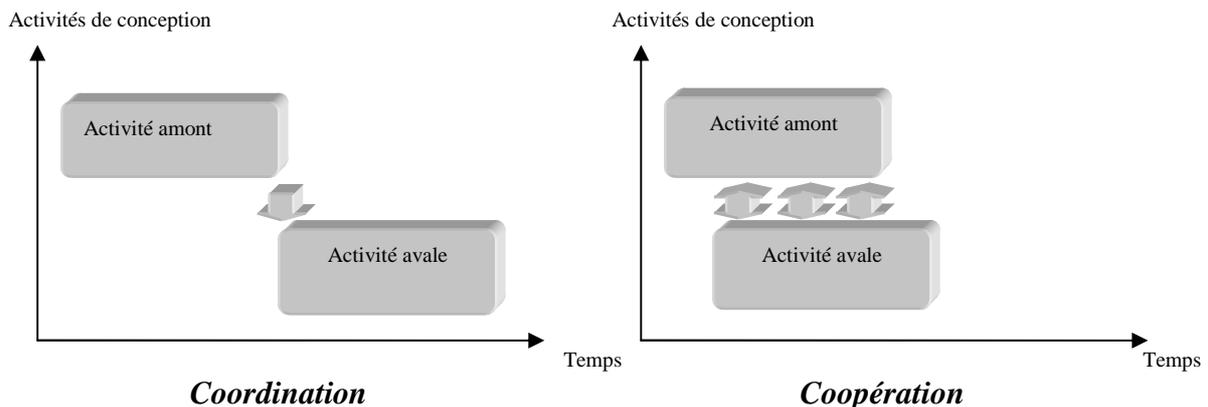


Figure 2 : Coordination versus coopération [Boujut & Laureillard, 2002]

Ce point de vue est partagé par d'autres auteurs. [Sardas et al., 2000], par exemple, décrit la coopération comme « l'action collective orientée vers un même but, au travers de laquelle des sujets contribuent au même résultat ». La coopération a été définie d'une manière similaire dans [Boujut, 2001], comme « une action conjointe de plusieurs acteurs partageant –au moins partiellement- un but ».

D'autre part, [Darses, 1997] propose un cadre de coopération qui intègre plusieurs points de vue dans le processus de conception. D'après l'auteur, contrairement à l'approche séquentielle de la conception, où la conception est vue comme un passage séquentiel entre les différentes étapes du processus et différents niveaux d'abstraction, dans la coopération les acteurs opèrent en mêlant spontanément plusieurs représentations de la solution couvrant plusieurs niveaux d'abstraction : structurel, fonctionnel et physique (Figure 3).

¹ 'the harmonious or effective working together of different parts'

² 'the process of working together to the same end'

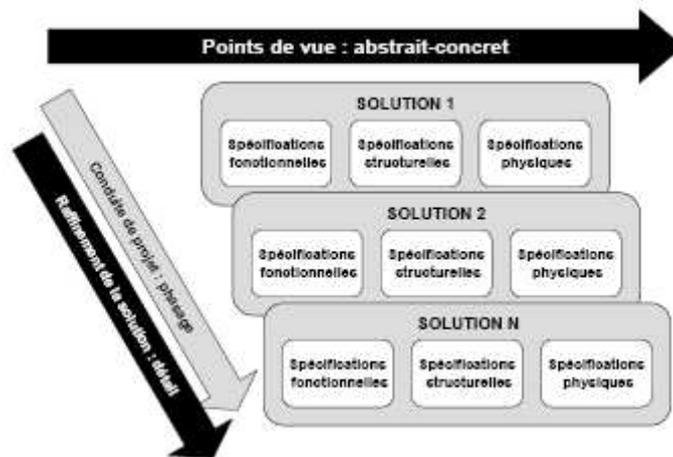


Figure 3 : Modèle de la conception selon [Darses, 1997].

Ainsi, le processus de conception requiert du travail collectif entre ses participants pour s'organiser et avancer. De plus, la conception collaborative des produits complexes exige aujourd'hui le travail coopératif d'un nombre important d'acteurs de différents départements. Cette situation met en avant les besoins de partage d'information et de la communication entre les participants des processus de conception. La section suivante présente un état de l'art autour de la communication en conception.

1.3 Processus de conception collaborative comme communication à travers des artefacts

Plusieurs auteurs dans la littérature s'accordent que la conception des produits complexes se fait en grande partie pendant les phases de négociation et argumentation entre les participants, par des propositions, réactions et évaluations [Bodker, 2000; Eckert et al., 2000; Stempfle & Badke-Schaub, 2002]. Etudier les interactions entre les concepteurs est donc l'un des moyens principaux pour comprendre les mécanismes de la conception. De plus, proposer et introduire des bonnes méthodes et outils de la communication a une influence directe à l'amélioration de la conception.

L'une des approches principales pour étudier la communication en conception est de regarder les liens et les frontières entre les participants qui communiquent. Dans leur article où ils considèrent la conception comme les liens qui relient les participants, [Finger et al., 1995] argumentent que la conception concurrente doit se concentrer sur la façon dont ces liens entre les participants sont créés, maintenus et étendus. Paul Carlile [Carlile, 2002; Carlile, 2004] décrit un cadre qui définit les différents types de frontières de connaissance qui font obstacle à

la communication entre les participants de domaines différents. La communication en conception est à la fois concernée par l'interaction entre les concepteurs, mais aussi l'interaction entre le concepteur et son environnement, i.e. la façon dont les concepteurs agissent dans des situations données. Différentes approches cognitives essaient de comprendre la façon dont les concepteurs réfléchissent et agissent [Stempfle & Badke-Schaub, 2002; Nagai et al., 2003], ou les stratégies de communication qu'ils suivent [Gero & Neill, 1998; Maher & Tang, 2003; Kan & Gero, 2004] selon des différents contextes.

D'autre part, une grande partie des recherches sur la communication en conception est concentrée sur les artefacts. Il existe aujourd'hui un accord général entre les chercheurs sur le rôle crucial des artefacts dans la communication en conception [Perry & Sanderson, 1998; Eckert & Boujut, 2003]. Schön [Schön, 1991] insiste sur le rôle central des artefacts en définissant la conception comme une conversation réflexive avec les matériaux. Il existe une multitude d'artefacts créés et partagés pendant la conception, par exemple des esquisses, des représentations techniques, des diagrammes fonctionnels ou des plannings. Ils sont créés et partagés pour représenter des contraintes, formes, fonctions, matériels, etc. Les artefacts sont d'abord un moyen pour les concepteurs d'exprimer et d'extérioriser leurs pensées [Bucciarelli, 2002]. Mais ils sont également des objets d'interaction, en fournissant aux concepteurs des ressources communicatives [Robertson, 1996]. Ils constituent une base commune entre des participants de différents domaines, pour se rendre compte des différences d'interprétation et des conflits, pour atteindre une compréhension partagée, pour négocier, et décider. Ils sont également les objets qui réifient des accords collectifs [Bucciarelli, 1994].

Nous allons présenter dans cette section une vision particulière de la conception collaborative, très orientée autour de la communication. Cette vision constituera notre approche principale dans cette thèse. Dans le paragraphe 1.3.1, nous allons présenter quelques approches générales théoriques de la communication, pour donner une vision générale sur les aspects de transmission de messages et de création et de partage de sens. Les paragraphes suivants sont consacrés aux différentes dimensions de la communication en conception. Dans le paragraphe 1.3.2, nous allons discuter la raison pour laquelle les concepteurs ont besoin de la communication. Dans le paragraphe 1.3.3, nous allons décrire les différents modes et situations de communication en conception. Le paragraphe 1.3.4 est consacré aux différentes propositions d'analyse des artefacts de conception. Nous allons d'abord considérer les artefacts comme des documents qui évoluent dans différents espaces de conception. Nous

allons ensuite présenter trois approches ethnographiques -objets intermédiaires, objets frontières, et entités de coopération- qui caractérisent les artefacts. Pour finir, nous allons discuter l'ambiguïté de la conception dans le paragraphe 1.3.5, car l'un des objectifs de cette thèse sera la diminution de l'ambiguïté dans la communication.

1.3.1 Approches théoriques de la communication

Il existe une multitude de travaux théoriques pour comprendre les mécanismes de la communication interhumaine. Nous allons parcourir ces travaux autour de trois approches de la communication évoquées par [Fiske, 1990], à savoir la communication comme transmission de messages, la communication comme production et partage de sens et la communication comme la co-construction de sens et l'intercompréhension.

1.3.1.1 Communication comme transmission de messages

Les approches théoriques qui considèrent la communication comme transmission de messages s'intéressent aux questions de savoir comment les messages sont codés et décodés par leur émetteurs et récepteurs en termes d'efficacité et de précision, et comment les canaux de média sont utilisés par les transmetteurs de ces messages. L'approche consiste à voir la communication comme un processus pendant lequel un individu (l'émetteur du message) change le comportement et la disposition de l'esprit de l'autre (le récepteur). La communication est considérée comme un échec dans le cas où l'effet crée par le message ne correspond pas à ce qui était prévu par l'émetteur, et l'amélioration de la communication se fait par l'amélioration des étapes, décrites par différents modèles.

L'une des approches les plus connues décrivant la communication interhumaine a été proposée par [Shannon & Weaver, 1949]. Ce modèle linéaire unidirectionnel de transmission d'information décrit des canaux de transmission entre un émetteur et un récepteur (Figure 4).

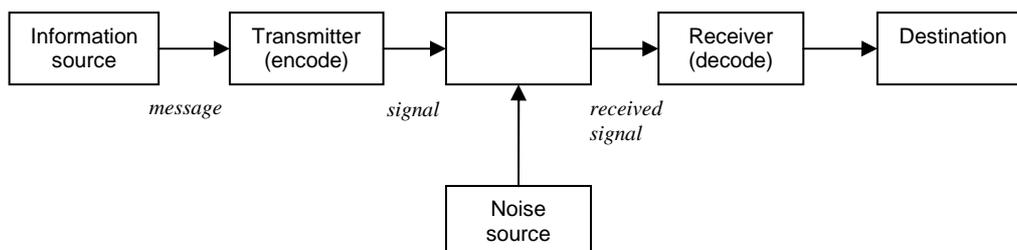


Figure 4 : Modèle mathématique de la communication selon [Shannon & Weaver, 1949]

La source se réfère au décideur de l'information. C'est elle qui décide quel message sera envoyé vers le destinataire de la communication, parmi un ensemble de messages possibles. Le message sélectionné est ensuite transformé par le transmetteur en un signal. Le message prend alors une forme adéquate pour se déplacer entre les deux agents. Il est ensuite envoyé à travers un canal au receveur qui va décoder le signal de nouveau en un message. Le bruit représente tout signal reçu par le récepteur, mais qui n'a pas été émis par l'émetteur.

A partir de ce modèle, les auteurs identifient trois niveaux de problèmes en communication :

- A. Problèmes techniques : Avec quelle précision les symboles de la communication sont transmis ?
- B. Problèmes sémantiques : Avec quelle précision les symboles transmis véhiculent le sens désiré (par la source) ?
- C. Problèmes d'efficacité : Avec quelle efficacité le sens perçu par la destination la conduit vers l'effet désiré ?

Les problèmes techniques du niveau A étaient la raison principale pour laquelle ce modèle a été proposé par les auteurs. Ils sont principalement liés à l'efficacité des canaux à transmettre le signal, et le taux de bruit existant entre la source et la destination. Les problèmes sémantiques sont encore facile à détecter mais beaucoup plus difficile à résoudre. [Shannon & Weaver, 1949] considèrent que le signal contient toujours le sens, donc nous pouvons améliorer la précision sémantique en améliorant l'encodage du message. En revanche, le modèle ne spécifie pas la question de différence culturelle, qui joue un rôle capital sur la différence du sens. Plus généralement le modèle ne prend pas en compte la pluralité des acteurs qui codent et interprètent les messages.

[Gerbner, 1956] propose une version améliorée du modèle proposé par [Shannon & Weaver, 1949]. Sa première contribution est l'effort de relier le message à la réalité sur laquelle porte ce dernier. La deuxième est de voir la communication comme un processus à deux dimensions (Figure 5) : la dimension perceptuelle (horizontale), et la dimension de contrôle et de moyens de communication (verticale).

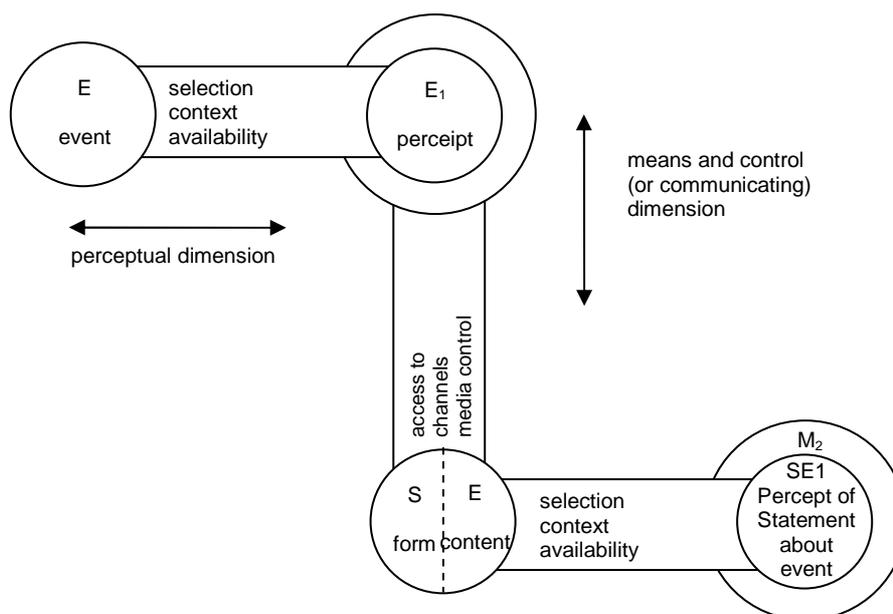


Figure 5 : Modèle de la communication selon [Gerbner, 1956]

La perception humaine ne représente pas une simple réception de stimuli mais un processus d'interaction et de négociation. L'auteur, à travers cet axe, propose de relier les stimuli externes (E) à des schémas internes de la pensée. Quand un tel lien est fait, l'individu arrive à percevoir quelque chose et lui donne un sens. Le sens, dans ce cas est déduit par le lien entre un stimulus externe et les concepts internes. Ce lien est contrôlé par la culture de l'individu (le contexte).

Suivant la dimension verticale, ce qui est perçu de l'événement E (E₁) est converti en un signal (SE), ou le message. Ce dernier est représenté en deux parties : le forme du message « S », et le contenu du message « E ». Notons que le même contenu peut se véhiculer par différentes formes. L'axe vertical représente alors non seulement une sélection des moyens et du canal de communication, mais aussi une sélection du signal pour véhiculer le contenu.

1.3.1.2 Communication comme production et partage de sens

La deuxième approche théorique en communication consiste à étudier l'interaction entre les messages (ou objets comme porteurs de messages) et leurs destinataires. La communication dans ces travaux est considérée comme un processus de construction de sens qui, à force d'interagir avec le récepteur, produit une signification. Ces travaux étudient la manière dont la signification est perçue par le récepteur, plutôt que comment elle est conçu et codée par l'émetteur. La production de signification est vue comme un processus de négociation entre

l'objet et le récepteur, dans le sens où le récepteur fait appel à son expérience culturelle pour interpréter les codes qui portent le message. La méthode principale des études est la sémiotique, la science de sens et de signification.

Nous allons discuter les deux approches qui dominent les études en sémiotique : celle de Ferdinand de Saussure [Saussure, 1995] et celle de Charles Sanders Peirce [Peirce, 1958].

Saussure propose un modèle de signe didactique à deux entités. Un signe est composé de deux éléments : d'un signifiant, la forme que le signe prend, et d'un signifié, le concept que cette forme représente (Figure 6). La signification est définie comme la relation entre le signifiant et le signifié. Le signifiant et le signifié doivent exister ensemble pour produire une signification : nous ne pouvons pas imaginer un signifiant qui n'a aucun sens, ou un signifié qui n'a aucune forme.

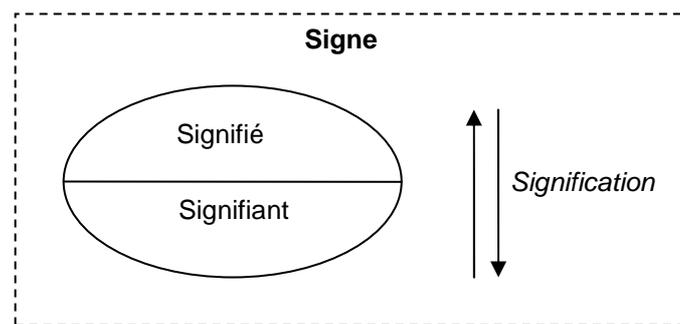


Figure 6 : Signe et signification d'après [Saussure, 1995]

Un signe est la combinaison reconnaissable d'un signifiant avec un signifié particulier. Le même signifiant peut se référer à plusieurs signifiés. Par exemple, le chiffre 3 qui se figure parmi les boutons dans un ascenseur signifie 'le 3^e étage du bâtiment', tandis que le même chiffre sur un compteur à rebours peut signifier '3 minutes restantes'.

Peirce [Peirce, 1958], d'autre part, considère le processus de signification comme une structure triangulaire : " Je définis un signe comme étant quelque chose qui est si déterminé par quelque chose d'autre, appelé son objet, et qui par conséquent détermine un effet sur une personne, lequel effet j'appelle son interprétant, que ce dernier est par là même médiatement déterminé par le premier."

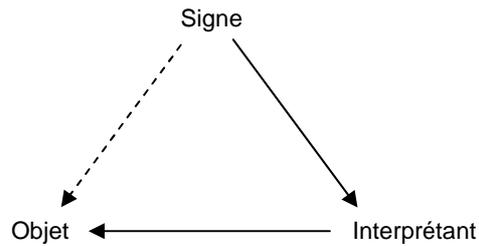


Figure 7 : Processus de signification d'après [Peirce, 1958]

Les concepts de signe et objet chez Peirce semblent être similaires à ce que Saussure définit en tant que signifiant et signifié. Un signe pour Peirce est "quelque chose qui tient lieu pour quelqu'un de quelque chose sous quelque rapport ou à quelque titre", et l'objet comme la cible du signe, conformément aux concepts de signifiant et signifié. Par contre, en introduisant la notion d'interprétant, Peirce argumente que la perception entre un signe et l'objet auquel ce dernier se réfère n'est pas immédiate. Le processus de signification est médiatisé et réalisé par l'interprétant, au sens où le signe doit d'abord créer un effet cognitif chez l'interprète. Cet effet doit être équivalent à celui créé par l'objet, pour que l'interprète puisse reconnaître la relation entre l'objet et le signe.

1.3.1.3 Communication comme la co-construction de sens et l'intercompréhension

Contrairement à l'approche production et partage de sens, que nous avons discutée ci-dessus, que propose l'analyse unidirectionnelle de la communication, l'approche qui consiste à considérer la communication comme une co-construction de sens et intercompréhension apporte une vision interactionniste de la communication, où plusieurs actes communicationnels se partagent entre les interlocuteurs [Grice, 1979; Sperber & Wilson, 1986]. Cette dernière essaie de comprendre les mécanismes qui permettent aux interlocuteurs de se comprendre mutuellement.

Les travaux de [Brassac, 1994], par exemple, se basent sur la théorie des actes de langage. Ce dernier fait l'hypothèse que chaque acte communicationnel dans un contexte précis comporte l'intention de son locuteur (la force illocutoire) à véhiculer cet acte communicationnel, et que la compréhension du sens de ce dernier est conditionnée par la compréhension de la force illocutoire par l'auditeur (ces travaux sont discutés amplement dans le chapitre 4 de ce mémoire). Brassac dit que la compréhension d'une force illocutoire entre les interlocuteurs d'une séquence de communication est achevée de façon graduelle avec l'évolution de la communication elle-même, jusqu'à ce que les interlocuteurs reconnaissent la force illocutoire

employée dans le contexte spécifique de la séquence de la communication. Illustrons cette idée sur un exemple autour des séquences de communication ci-dessous, discuté dans [Brassac, 1992] :

Séquence 1

- E1 : Tu as le téléphone ici
- L1 : Oui, c'est moderne
- E2 : Ah ... je n'aurais pas cru

Séquence 2

- E1 : Tu as le téléphone ici
- L1 : Oui, c'est le numéro 04-...
- E2 : Ah ben je pourrai(s) t'appeler comme ça

Séquence 3

- E1 : Tu as le téléphone ici
- L1 : Oui, c'est le numéro 04-...
- E2 : Mais je ne demandais pas ton numéro

Nous voyons que la même phrase employée dans ces trois séquences (tu as le téléphone ici) a des buts intentionnels distincts dans les trois contextes respectifs. Le locuteur dans la première séquence fait référence aux propriétés de l'endroit dans lequel le téléphone se trouve, tandis que la même phrase dans la deuxième séquence est une demande du numéro de téléphone. L'intercompréhension de ces deux sens différents se construit dans chacun des exemples au fur et à mesure que la communication s'avance. Dans la séquence 3, les paroles échangées ne permettent pas aux interlocuteurs d'arriver à une intercompréhension de la force illocutoire véhiculée dans le premier acte de langage donc du contexte de la communication. Les interlocuteurs devront faire des itérations de mises en question de leurs paroles respectives afin de se comprendre.

Discussion

Ces deux approches à la communication relèvent quelques points importants de la communication. Le modèle de [Shannon & Weaver, 1949] montre que la communication comprend des phases de codification, d'émission, de transmission et de traduction de messages. Le bon choix du canal (média) de transmission, la diminution de bruit et le choix de méthodes adéquates pour la codification et la décodification des messages peuvent améliorer la qualité de la communication. Le modèle proposé par [Gerbner, 1956] montre que le message se décompose en un contenu et une forme, et que l'émetteur choisit non seulement comment transmettre ce message (le choix de média) mais aussi sous quelle forme le message

sera représenté. Si l'on se place dans la perspective de la conception collaborative, cette première approche nous montre l'importance des mécanismes qui permettent de partager les artefacts en conception collaborative, mais aussi le choix de l'artefact adéquat pour représenter et transmettre une information.

La deuxième approche présentée met l'accent sur la relation entre un signe et un objet, et le processus qui fait que la relation entre ces derniers se construit. Cette approche met clairement en avant le côté contextuel et culturel de la communication. Un objet devient le signe d'un autre, si et seulement si ce dernier est interprété comme un signe. Cette interprétation dépend des connaissances et des expériences de l'interprète. Nous pouvons donc conclure que pour qu'un signe puisse communiquer une information (objet) d'un émetteur vers un récepteur, il faut que ces derniers manipulent des interprétants (connaissances) équivalents. Cette approche nous montre l'importance de la compréhension partagée en conception collaborative pour une communication réussie.

La troisième approche met en avant la communication comme une structure dynamique, dont le sens des échanges et l'anticipation des interlocuteurs de la communication évoluent avec la communication elle-même. Cette approche met alors l'accent sur le fait que la communication doit se considérer comme un processus dialogique entre ses interlocuteurs. Nous pouvons conclure que les approches et méthodes de communication en conception doivent impérativement prendre en compte ces dimensions de la communication.

1.3.2 Besoin de la communication en conception

1.3.2.1 Compréhension partagée et synchronisation cognitive

La conception coopérative requiert souvent de l'intercompréhension de haut niveau entre les acteurs, c'est-à-dire mobilisant des connaissances très spécifiques, techniques et complexes. La compréhension partagée est le résultat désiré par les membres d'une équipe de créer des accords entre eux, connecter les sujets essentiels autour de la tâche de conception et faire élaborer les décisions nécessaires [Valkenburg, 1998]. La compréhension partagée est décrite comme la connaissance mutuelle de tous les membres d'une équipe sur ce qu'ils sont en train de faire, en sachant également pourquoi et comment ils le font.

[Dong, 2005] manipule la technique de 'Latent Semantic Analysis (LSA)' pour parcourir les documents en conception en quête d'indication de compréhension partagée entre les membres

d'une équipe de conception. Les résultats quantitatifs de cette analyse montrent que l'efficacité d'une équipe s'améliore quand les membres de l'équipe ont une compréhension partagée sur les objectifs de l'équipe, les processus et la situation de conception. L'auteur ajoute que l'unique moyen d'arriver à une compréhension partagée est la communication.

En ergonomie cognitive, [Darses, 2004] propose le concept de synchronisation cognitive, un concept proche à la compréhension partagée. Pour l'auteur, la synchronisation cognitive est le mécanisme essentiel de conception coopérative, permettant aux acteurs de construire et maintenir dynamiquement un contexte de connaissances mutuelles. Ce dernier permet aux acteurs de construire une référence opératoire commune, pour assurer que chaque concepteur a la connaissance sur l'état courant de la conception et de s'assurer du partage des connaissances par rapport au domaine.

Plusieurs travaux montrent qu'une grande partie de la communication en conception coopérative se fait dans le but d'atteindre une synchronisation cognitive [D'Astous et al., 2004; Darses, 2004; Détienne et al., 2004; Guibert, 2004; Ruiz-Dominguez, 2005]. [Ruiz-Dominguez, 2005] ajoute à cela que la synchronisation cognitive est indispensable pour mener à bien le projet de conception. Pour l'auteur, les acteurs ont besoin de la synchronisation cognitive sur plusieurs dimensions -notamment le produit, le processus, le problème et les acteurs- et quel que soit leur mode de communication (synchrone/asynchrone, présentiel/à distant).

1.3.2.2 Conscience de groupe

Le concept de conscience de groupe est étudié –notamment dans le domaine de CSCW³ sous le nom de awareness. [Dourish & Bellotti, 1992] définissent ce terme comme 'une compréhension des activités des autres, qui fournit un contexte pour votre propre activité'⁴. D'après les auteurs, l'idée principale de ce concept est d'assurer que les contributions individuelles sont pertinentes par rapport à l'activité collective, et d'évaluer les actions individuelles par rapport aux objectifs et progrès de tout le groupe. D'une façon similaire, [Tollmar et al., 1996] définit la notion de 'social awareness', comme la conscience des membres sur la situation, i.e. conscience liée à la structure du groupe et le travail collectif.

³ Computer-Supported Cooperative Work

⁴ Awareness is an understanding of the activities of others, which provides a context for your own activity

Deux rôles principaux de la conscience sont définis dans [Dourish & Bellotti, 1992]. Premièrement, la conscience sur le caractère des actions des autres permet aux participants de structurer leurs activités, et empêcher des répétitions dans leurs travaux. Deuxièmement, la conscience sur le contenu des actions des autres permet un travail collectif dense et stimule le comportement coopératif au sein du groupe.

La conscience de groupe et la communication sont très fortement liés. [Maier, 2007] argumente que le manque de conscience de groupe peut rendre impossible la communication, en d'autres termes la communication conduit à la conscience de groupe. [Dourish & Bellotti, 1992] confirment ce point de vue en considérant le développement de la conscience de groupe comme un processus d'échange d'informations implicites et explicites. [Tollmar et al., 1996] argumente que la conscience de groupe peut s'améliorer par des outils de communication qui fournissent un environnement de travail flexible.

1.3.2.3 Apprentissage organisationnel et communautés de pratique

Le besoin de communication de point de vue organisationnel se résume en l'apprentissage organisationnel au sein d'une équipe de conception. Le concept d'apprentissage organisationnel, décrit par [Argyris & Schön, 1996], considère les organisations comme des structures dynamiques, qui se modifient selon les actions que l'organisation mène. Pour les auteurs, l'apprentissage organisationnel est possible lorsque les individus d'une organisation modifient leurs représentations de l'organisation ou de leur compréhension des phénomènes organisationnels après les actions collectives qu'ils mènent au nom de l'organisation, de manière à rapprocher les résultats des attentes. L'apprentissage organisationnel permet les groupes d'améliorer leur performance à mener des actions collectives.

Etienne Wenger [Wenger, 1998] discute la notion de l'apprentissage collectif autour de la notion de communautés de pratique. L'auteur met la notion de négociation de sens comme point de départ pour analyser les actions collectives. La production sociale des significations est l'attribution de significations à nos expériences ou à nos actions. La négociation de sens peut à la fois se faire par des outils explicites comme le langage, ou tacites, comme les conventions. [Wenger, 1998] défend qu'une certaine continuité des significations est nécessaire, pour que la pratique soit une source d'apprentissage. L'auteur décrit finalement les communautés de pratique autour de trois notions : *l'engagement mutuel* dans des actions communes où le sens est négocié par les acteurs, *l'entreprise commune* d'un processus

collectif de négociation et *un répertoire partagé* avec des ressources qui permettent la négociation des significations.

L'apprentissage collectif est un facteur important pour la réussite de la conception collaborative. [Hatchuel, 1994] argumente que l'apprentissage collectif est à la fois un processus de coordination entre acteurs, mais aussi un processus de formation et de transformation des acteurs. [Chanal, 1998] adapte l'approche de Wenger pour les équipes de projet multimétiers (dont les équipes de conception de produit). L'auteur défend que l'apprentissage de ces dernières se manifeste par la capacité des membres à *inventer des formes d'engagement collectif*, et à développer des connections entre les compétences requises, à *interpréter et à négocier les significations* relatives au projet (les objectifs, les risques, etc.) et à *développer un répertoire partagé* (des artefacts) qui va relier les pratiques passés à la production de nouveaux artefacts. Ainsi l'apprentissage organisationnel au sein des équipes de conception requiert de la communication continue et systématique entre les participants.

Discussion

Les trois besoins de communication que nous avons évoqués dans ce paragraphe donnent quelques caractéristiques d'une bonne approche de communication en conception.

Cette dernière doit d'abord permettre ou améliorer les processus de compréhension partagée et de synchronisation cognitive. Cette approche doit ainsi permettre aux acteurs à la fois de construire des connections entre les différents aspects qui composent la tâche de conception, tout en offrant à ceux-ci des moyens d'expression des connaissances mutuelles, dans une logique de convergence vers les décisions nécessaires pour achever la tâche de la conception.

Une approche réussie de communication doit aussi soutenir la conscience de groupe. Ceci peut être achevé d'une part par des moyens permettant aux acteurs de discuter et comprendre la situation de la tâche de conception (ses objectifs, les artefacts qui le représentent, son évolution etc.) et d'autre part permettre de vérifier mutuellement la pertinence entre les contributions individuelles par rapport à la situation globale de conception.

L'apprentissage collectif est particulièrement important pour l'amélioration de la coopération entre les acteurs, aussi bien à long terme qu'à court terme. Une bonne approche pour l'amélioration de la communication doit assister les processus d'apprentissage collectif entre

les acteurs, tout d'abord en leur offrant des canaux de communication flexibles pour leur permettre de développer de nouvelles façons de coopérer au fil du temps, mais aussi en offrant des média suffisamment structurant pour faciliter l'interprétation des informations partagées et créer du sens dans les contextes respectifs des acteurs. La continuité des artefacts partagés au sein du groupe est un aspect important de l'apprentissage collectif, pour le suivi des informations réifiées collectivement. La communication peut s'améliorer alors en assistant la construction d'un répertoire partagé des artefacts collectifs, et en facilitant la recherche et la réutilisation de ces derniers.

1.3.3 Modes et situations de communication

1.3.3.1 Communication formelle/informelle

La communication en conception collaborative peut être formelle ou informelle selon son contexte. Même si la distinction entre ces deux modes de communication n'est pas claire, les situations de communication formelle sont souvent planifiées et institutionnalisées, par exemple une revue régulière de conception. [Maier, 2007] ajoute qu'elle se fait souvent via des média de communication (ex. diffusion d'un ordre de jour de réunion par e-mail), même s'il existe des cas contraires (ex. une revue de conception face-à-face).

D'autre part, la communication informelle est le mode de communication qui se fait d'une façon spontanée et non-planifiée entre les acteurs. [Fish et al., 1990] argumentent que pendant la communication informelle, les participants prennent en compte leurs intérêts et compréhensions courantes. C'est ce qui fait que pendant les échanges informels, les participants trouvent l'occasion d'explicitier ce qu'ils perçoivent de l'état actuel de la conception, et de comprendre la façon dont les autres interprètent ce dernier. Les différences principales entre ces deux modes de communication sont résumées dans le Figure 8.



Figure 8 : Communication formelle et informelle selon [Fish et al., 1990]

Différents types d'artefacts s'utilisent dans les situations formelles et informelles de communication. Afin de distinguer l'information partagée dans le contexte de conception collaborative [Yang et al., 2005] proposent le « Spectre de Formalité de l'Information en Conception »⁵. A l'extrémité formel de ce spectre se trouvent des documents très structurés et détaillés comme des comptes-rendus de réunions ou des modèles CAO, tandis qu'à l'autre extrémité ils mettent les documents faiblement structurés et fragmentés, comme les notes personnelles prises pendant les revues de conception. D'après l'auteur, au milieu du spectre se trouvent les informations semi formelles, qui sont essentiellement informelles mais dotées d'un niveau limité de structuration, comme les systèmes de capture de logique de conception (Figure 9).

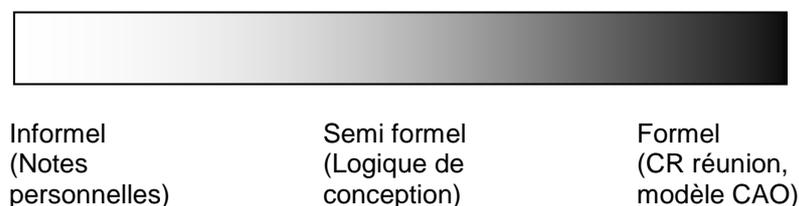


Figure 9 : Spectre de Formalité de l'Information en Conception [Yang et al., 2005]

La communication formelle et informelle et les voies de communication employées pour leur réalisation sont tous les deux cruciales pour la communication en conception. Pour [Subrahmanian et al., 1993], les concepteurs utilisent des langages informels (comme texte, images, audio, vidéo, etc.) et formels (comme des équations ou modèles 3D) afin de référer les différentes perspectives des mêmes objets. Nous pouvons alors conclure que le bon choix de mode et de média de communication pour véhiculer l'information est important pour une communication réussie, en fonction de la situation de communication rencontrée.

1.3.3.2 Communication synchrone/asynchrone

La différence entre la communication synchrone et asynchrone n'est pas évidente dans toutes les situations de communication en conception. Nous pouvons définir que la communication synchrone est la situation où l'effort communicatif des concepteurs est simultané (comme la communication face-à-face ou par téléphone est synchrone). Dans la communication asynchrone d'autre part, ces efforts sont différés, comme des échanges d'email.

⁵ Formality Spectrum of Design Information

[Stiny, 2000] montre que la communication asynchrone autour des représentations externes de produit est difficile à cause de la nature ambiguë des formes graphiques. Les concepteurs sont privés des moyens qui leur donnent la possibilité de clarifier, argumenter et développer leur point de vue, comme la langue et les gestes. D'autre part [Li et al., 2006] argumente qu'il existe de plus en plus de demande pour la communication asynchrone, notamment dans des équipes géographiquement distribuées, à cause des conflits parmi les disponibilités des concepteurs. Le partage asynchrone des artefacts dans ces cas peut permettre aux concepteurs de diffuser les artefacts le plus tôt possible dans le processus.

1.3.3.3 Communication présentiel/à distance

La communication présentielle est la situation où les participants se trouvent à proximité l'un à l'autre. Plusieurs travaux montrent que la co-présence physique permet aux acteurs une meilleure communication. [Tang, 1991] montre que les représentations géométriques externes sont interdépendantes du langage et des gestes dans la communication face-à-face, qui fournissent ensemble une interprétation moins ambiguë de l'expression graphique. [Garner, 2001] montrent des résultats similaires dans leur travail qui porte sur la comparaison des pratiques d'esquisse entre les équipes qui se communiquent en présentiel et à distance. De plus, [Ruiz-Dominguez, 2005] argumente que la conscience de groupe est obtenue plus facilement dans les situations face-à-face. D'après l'auteur, la disparition de la co-présence entraîne la disparition des informations implicites, qui entraîne à son tour la disparition de la conscience de groupe.

Par ailleurs, dû au fait que les équipes de conception sont de plus en plus distribuées aujourd'hui, il existe une demande croissante pour la communication à distance. Dans ces situations, la communication est médiatisée par des outils de CSCW qui fournissent un environnement de travail virtuel aux concepteurs. D'après [Ruiz-Dominguez, 2005], le but de ces outils est de reconstruire la conscience du groupe au moyen de la reproduction des caractéristiques des situations de face-à-face. C'est bien la recherche de ces caractéristiques pertinentes qui est au centre de notre projet de recherche.

Discussion

Comprendre les modes et situations de communication dans les processus de conception est important pour comprendre la façon dont les acteurs communiquent dans différentes situations, détecter leurs besoins et apporter des améliorations adéquates.

Les échanges formels en conception sont souvent unidirectionnels, et laissent des espaces limités aux concepteurs pour la négociation et prise de décision. Les acteurs utilisent plus souvent les voix informelles de communication pour arriver à une compréhension partagée de la situation actuelle, et pour prendre des décisions collectives.

Dû au fait que les équipes de conception sont de plus en plus géographiquement distribuées, il existe de plus en plus de besoin de systèmes qui supportent la communication asynchrone dans les entreprises. Mais la communication asynchrone demande des supports adéquats, notamment dans les cas de la communication informelle.

Comme [Grebici, 2007] le montre, il existe un besoin pour des systèmes de communication qui supportent les échanges semi-formels. Ces derniers sont particulièrement intéressants, dans la mesure où ils peuvent à la fois offrir une certaine structure pour l'enregistrement systématique de l'information qui émerge pendant les séances de communication informelle, tout en permettant aux acteurs de communiquer de façon informelle.

1.3.4 Analyse des artefacts pour supporter la communication

1.3.4.1 Artefact comme document en évolution

Le processus de conception témoigne d'une vitesse d'évolution très grande, à l'image de l'évolution technique de la société. Le taux et la qualité d'information que les acteurs accumulent sur le produit au cours de ce processus fait évoluer la façon dont ils représentent ces informations et les manières dont ils les traitent et les utilisent. D'une façon parallèle à cette évolution, les artefacts qui sont utilisés au cours de la conception changent de périmètre et d'intention d'utilisation. Lécaille [Lécaille, 2003] décrit l'évolution des artefacts de conception à travers les espaces de conception. L'auteur relie trois états d'artefacts manipulés aux trois espaces de conception, dans lesquelles les artefacts sont partagés ou échangés par les acteurs (dans un projet de conception sur une durée de plusieurs mois) selon de différentes modalités d'usage (ou modalité d'action, Figure 10). Lécaille précise que la modalité d'action représente l'intention ou l'action effectuée sur un objet, telles que création de solution, argumentation, évaluation, etc.

- Le brouillon se réfère à l'état d'un artefact auquel une modalité de création et de validation d'hypothèses ou de solution est appliquée par les acteurs. Cette dernière

peut porter sur un problème ou un projet. Les brouillons sont créés ou définis par un acteur isolément, ou conjointement avec d'autres acteurs.

- La pièce à conviction est l'état d'un artefact auquel une modalité de persuasion (ou d'argumentation) est appliquée. Les pièces à conviction sont mobilisées par les acteurs pour convaincre les autres de l'existence d'un problème, ou présenter une solution afin de permettre la construction conjointe et l'échange de point de vue.
- La trace habilitée est l'état d'un artefact auquel une modalité de consentement est appliquée. Ce sont des artefacts ouverts à la circulation libre au sein de l'organisation suite à leur consentement ou adhésion à une prescription émise par le collectif auquel ils participent. Le terme « trace habilitée » se réfère au fondement qui permet à un acteur de valider le passage d'une information en dehors de l'espace de conception dans lequel elle est traitée. Cette validation exprime l'engagement de l'acteur sur la « vérité » ou de niveau de maturité de cette information.

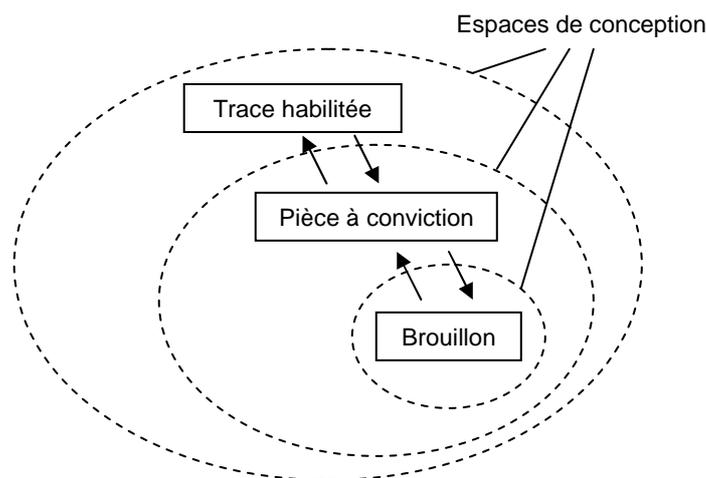


Figure 10 : Evolution des artefacts entre les espaces de conception [Lécaille, 2003]

D'après Lécaille, l'évolution d'un artefact à travers les espaces de conception n'est pas linéaire. Par exemple, un brouillon peut passer de l'état brouillon directement à l'état de trace habilitée, sans obligatoirement passer par l'état de pièce à conviction. Cet argument veut en même temps dire que l'évolution peut avoir lieu vers le sens inverse : une pièce à conviction peut passer à l'état de trace habilitée mais elle peut également devenir un brouillon. [Grebici, 2007] considère l'approche de Lécaille en ajoutant l'état de livrable. Un livrable est défini comme un artefact soumis à des modalités de vérification et de validation formelles à la fin d'un processus de conception, communiqué à des acteurs externes de l'organisation comme

support de prescription. Grebici [Grebici, 2007] ajoute que contrairement aux autres états, le passage d'un artefact à l'état livrable est irréversible.

1.3.4.2 Artefact comme média pour la communication

Objets intermédiaires

Dans les travaux de Jeantet et Vinck [Vinck & Jeantet, 1994; Jeantet, 1998], on identifie le rôle des objets dans la représentation du futur produit et dans l'action comme vecteurs de communication et de médiation entre les acteurs de la conception. Ces objets sont appelés les objets intermédiaires. L'approche « objet intermédiaire » couvre toute forme d'artefact véhiculé pendant la conception : plannings, modèles CAO, diagrammes fonctionnels, langage, etc. Quellesque soient leur origine et leur destination, les objets sont interconnectés à la réalité de la conception. Comme Vinck et Jeantet le décrivent : « vecteur de communication, l'objet intermédiaire est orienté par l'intention ou par un objectif d'un monde socio-techno-économique lié d'une manière ou d'une autre à celui de cet objectif » [Vinck & Jeantet, 1994]. Autrement dit, l'artefact joue le rôle d'objet intermédiaire dans les situations de conception, permettant les interactions entre les acteurs, et en tant que modèle futur du produit.

Vinck et Jeantet approfondissent l'idée d'objet intermédiaire en définissant leurs caractéristiques dans différentes situations de conception. Ces caractéristiques sont à la fois liées aux propriétés des objets eux-mêmes et aux situations dans lesquelles ils sont utilisés. Les auteurs définissent deux axes pour caractériser les objets (Figure 11) : le degré de liberté que les acteurs ont sur l'objet (ouvert/fermé), et son rôle dans l'évolution de la conception (commissionnaire/médiateur).

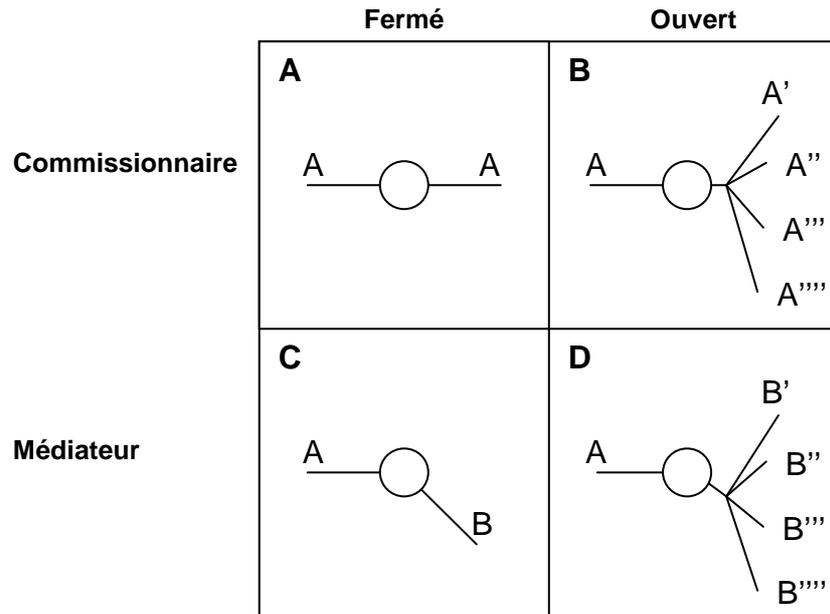


Figure 11 : Caractéristiques des objets intermédiaires dans leur usage

Un objet intermédiaire est commissionnaire lorsqu'il a un rôle de prescription pour son utilisateur, et est compatible avec l'intention qui préside à sa conception. Autrement dit, l'objet intermédiaire commissionnaire permet le passage d'une idée à sa réalisation, sans que cette idée soit affectée au cours de ce processus de passage. Donc, l'idée et la forme de l'objet qui la représente (que ce dernier soit une représentation mentale, textuelle ou graphique) restent les mêmes. [Vinck & Jeantet, 1994] ajoutent que ces objets peuvent être considérés comme matérialisation d'un état antérieur à l'interaction humaine, et un moyen efficace pour traduire des objectifs vers des réalisations (ex. un plan de fabrication).

De l'autre côté, le rôle actif (médiateur) d'un objet intermédiaire consiste à défendre l'idée que la création d'un objet est inévitablement une transformation de l'intention de son créateur. Un prototype, par exemple, n'est pas seulement une action de donner forme à ce qui était dessiné sur papier auparavant, mais c'est une nouvelle version du produit final, qui spécifie certains aspects de ce dernier et en modifie d'autres. Alors les objets médiateurs, une fois créés, introduisent de nouvelles contraintes, limitent les possibilités d'action, incluent ou excluent des possibilités futures. Ils affectent le contexte de la conception comme le font les acteurs humains.

Le côté commissionnaire/médiateur d'un objet intermédiaire détermine son rôle actif dans le processus. D'autre part, la dimension ouvert/fermé d'un objet intermédiaire détermine plutôt

la latitude que l'acteur a sur l'objet. D'un côté, se trouvent les objets fermés. Ce sont les situations où les utilisateurs de l'objet agissent en ayant la même intention que celui de l'auteur de ce dernier. L'utilisateur n'est pas supposé interpréter l'information que porte l'objet à sa manière ou transformer l'intention de son auteur. Ainsi, un objet intermédiaire est considéré fermé, quand il impose son utilisateur les moyens de l'interpréter ou d'agir [Vinck & Jeantet, 1994]. D'un autre côté, Vinck et Jeantet argumentent qu'il existe toujours une flexibilité d'interprétation dans l'usage des objets. Un objet intermédiaire est ouvert, si ce dernier offre à ces utilisateurs une flexibilité d'interprétation ou de modification.

Les notions ouvert/fermé et médiateur/commissionnaire sont fondamentales si on veut associer des besoins de communication et des situations de communication à des objets pour améliorer la communication.

Objets frontières

Le concept d'objet frontière, développé par Star [Star, 1990], tente de décrire les objets partagés (ou partageables) parmi des différents mondes hétérogènes, dans un contexte de résolution de problème. Dans son travail sur la résolution de problème hétérogène, Star observe que malgré l'existence des différences considérables entre les scientifiques de différentes disciplines, ceux-ci arrivent à coopérer d'une façon très réussie. L'auteur décrit alors les objets frontières comme des objets qui servent à offrir un contexte partagé entre ces acteurs.

Quatre types d'objets frontières sont définis par l'auteur : les répertoires, les formes et étiquettes, l'objet de type idéal et les frontières coïncidentes. Pour notre objectif dans cette thèse, nous allons présenter la forme adaptée de ces types au contexte de la conception collaborative comme décrit dans [Carlile, 2002].

- *Les répertoires* (bases de données de CAO⁶, FAO⁷, de coûts, etc.) fournissent une référence commune de définitions, de données ou de calculs entre les acteurs, qui servent à la résolution collective de problèmes. Autrement dit les répertoires fournissent des ressources partagées, à partir desquelles les acteurs arrivent à comparer des données hétérogènes, pour faire de la résolution de problème multidisciplinaire.

⁶ Conception Assistée par Ordinateur

⁷ Fabrication Assistée par Ordinateur

- *Les méthodes ou formes standardisées* (par exemple AMDE⁸ ou QFD⁹) fournissent des formes partagées pour la résolution de problème multidisciplinaire. Ces formes sont des structures et langages connus mutuellement par les acteurs, qui facilitent la recherche et la catégorisation des différences entre les acteurs de mondes hétérogènes, et aident à rendre ces différences moins problématiques durant le processus de résolution de problème.
- *Les objets ou modèles* sont des représentations simples ou complexes utilisées entre les acteurs de différentes disciplines. Que ceux-ci soient des esquisses, des modèles CAO, des prototypes, ou des maquettes, les objets et modèles représentent pour les acteurs des différences ou des dépendances sur les formes ou les fonctions du produit.
- *Les schémas de frontières* représentent les dépendances et les frontières dans un niveau plus organisationnel. Les objets comme les schémas de Gantt, les workflows, les diagrammes de processus aident à expliciter des dépendances en termes de ressources, livrables ou délais, entre les acteurs ou les groupes qui collaborent pour la résolution de problème.

[Carlile, 2004] décrit les trois caractéristiques qui font d'un artefact un objet frontière. D'après l'auteur, un objet frontière doit d'abord *établir une syntaxe ou langage partagé pour permettre aux acteurs d'explicitier leur connaissance*. Cette caractéristique est essentielle dans plusieurs situations. Par exemple, au cas où le sens des mots utilisés pour stocker ou rechercher une information dans une base de donnée n'est pas partagé, ce que les acteurs vont retrouver d'après leurs requêtes risquent de perturber leur travaux, plutôt que de les aider. Un objet frontière doit également *fournir aux acteurs des moyens nécessaires pour spécifier et apprendre leurs différences et dépendances sur une frontière*. Une méthode concrète permet aux acteurs de spécifier ce qu'ils savent et ce qu'ils ont besoin de savoir dans une situation de résolution de problème. Par exemple, l'utilisation d'une représentation adéquate du produit qui représente les relations entre les différentes parties de celui-ci peut aider les acteurs de différents métiers à montrer différents scénarios qu'ils produisent autour de ces relations. Pour finir, un objet frontière doit *faciliter les processus de transformation de connaissances entre les acteurs*. Dans le cas où un problème qui requiert une résolution collective est détecté, l'objet ou la représentation partagée doit fournir aux acteurs l'occasion de la négocier, l'ajuster ou la modifier. L'impact qu'un point de vue spécifique sur le développement du

⁸ Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets

⁹ Quality Function Deployment

produit dépend de la capacité de l'objet à le convertir et représenter sous forme d'un problème pluridisciplinaire (réinterprétable dans un autre contexte que celui de son créateur).

Entités de coopération

Le concept d'entité de coopération se positionne dans un contexte d'intégration produit-process. Dans leur étude ethnographique, [Laureillard et al., 1998; Laureillard, 2000; Boujut & Laureillard, 2002] constatent que les acteurs qui coopèrent autour des modèles CAO ont besoin de représentations qui leur permettent de représenter des règles de conception et de fabrication qui émergent pendant les phases de négociation. Les entités de coopération sont une série d'objets à base de modèle CAO, qui ont un sens commun pour tous les participants engagés dans une phase de coopération. La Figure 12 présente deux exemples d'entités de coopération, un point de départ d'usinage et un point de contrôle, respectivement.



Figure 12 : Exemples d'entités de coopération [Boujut & Laureillard, 2002]

D'après les auteurs, ces représentations symboliques matérialisent les règles utilisées collectivement par les participants. Pendant l'action, ces symboles expriment des propositions ou des scénarios de solution faits par un participant, et fournissent aux autres participants les moyens de les évaluer et de réagir par rapport à ces propositions. Comme ils se trouvent directement sur le modèle CAO (Figure 13), les participants peuvent saisir la CAO avec ces symboles, et les modifier eux-mêmes [Laureillard, 2000].

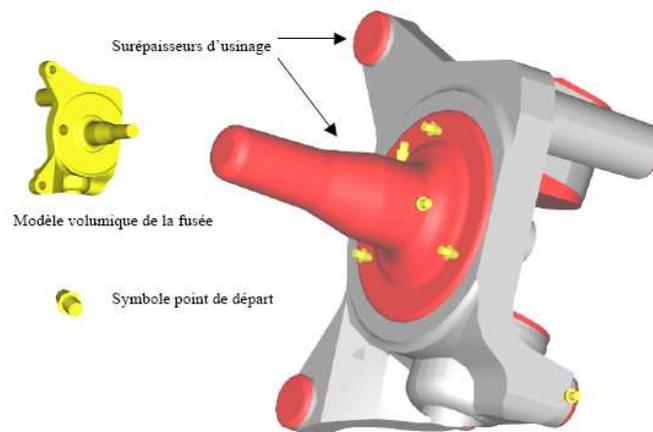


Figure 13 : Exemple de modèle CAO enrichi par des entités de coopération [Laureillard, 2000]

Les auteurs attirent l'attention également sur leur rôle d'artefact cognitif (en se référant à [Norman, 1993]), dans le sens où ces symboles représentent des connaissances spécifiques et partagées, et participent au processus d'élicitation des connaissances tacites et spécifiques.

1.3.5 Ambiguïté de la communication en conception

Comme toute situation de communication interpersonnelle, la communication en conception est fondamentalement ambiguë. Comme nous en avons discuté dans ce chapitre, les acteurs engagés dans des processus coopératifs ont besoin d'échanger de l'information immature, faire des descriptions approximatives et incomplètes, ou véhiculer des hypothèses et des décisions provisoires, afin de pouvoir communiquer et négocier sur la conception finale d'un produit.

La communication ambiguë est vue comme bénéfique pour la coopération et plusieurs auteurs dans la littérature considèrent l'ambiguïté comme une source de créativité et d'intercompréhension en conception. Une grande partie des travaux dans le domaine de CSCW résumant ce bénéfice et le présente comme une opportunité de réinterprétation [Purcell & Gero, 1998] permettant de développer la créativité. Pour [Schön, 1991], les représentations ambiguës (comme les esquisses) permettent aux participants de trouver des interprétations nouvelles sur la conception, qui mènent à des idées créatives. Pour Minneman et Harrison [Minneman & Harrison, 1999], par exemple, l'ambiguïté est une partie essentielle de la communication en conception. D'après les auteurs, l'ambiguïté crée des espaces de communication, qui permettent aux acteurs de développer ces points de vues spécifiques. Les auteurs ajoutent que ceci peut aider la construction d'une compréhension partagée par l'exploration et la clarification mutuelle. Ainsi, l'ambiguïté peut être avantageuse pour ouvrir plus de voies de négociation dans la communication en conception.

Mais, d'autres chercheurs ne partagent pas complètement ce point de vue. Stacey et Eckert [Stacey & Eckert, 2003] préfèrent définir l'ambiguïté dans un cadre dual. Ce terme veut d'une part dire 'interprétable de plusieurs façons', mais connote d'autre part les termes 'vague et imprécis'. Même si différentes interprétations d'un même artefact de conception peut stimuler la créativité, l'ambiguïté implique de l'imprécision dans la communication. Stacey et Eckert argumentent que l'effet positif de l'ambiguïté n'est pas aussi visible. D'autre part, la communication vague et imprécise crée souvent des mauvaises compréhensions, qui peuvent avoir des conséquences graves. La clarté dans la communication, d'autre part, permet aux

concepteurs de faire comprendre correctement leurs idées, la clarté est donc toujours désirable dans la communication en conception (peut-être à l'exception de quelques moments, comme les séances de brainstorming). La communication claire n'implique pas l'exactitude de la communication. Elle vise plutôt à éliminer l'incertitude dans l'information échangée.

Comme nous l'avons déjà évoqué dans ce chapitre, dans la communication face à face, le langage et les gestes ont un rôle crucial pour les concepteurs afin d'éliminer l'ambiguïté [Tang, 1991]. [Neilson & Lee, 1994] confirment cette idée en disant que le langage et l'expression graphique sont inintelligibles par isolément. Mais ils argumentent aussi que l'expression verbale peut ne pas offrir une explication non ambiguë de l'expression graphique, dans le cas où la relation entre les deux n'est pas suffisamment claire.

Surmonter l'ambiguïté est encore plus problématique dans la communication asynchrone, où le langage parlé et les gestes sont absents. En plus, échanger des représentations de façon asynchrone fait apparaître l'ambiguïté, car les formes graphiques sont inévitablement ambiguës [Stiny, 2000]. Comme nous avons vu dans ce chapitre, le langage aide les participants à construire le contexte de la discussion avec la discussion elle-même, qui leur permet d'arriver à une compréhension partagée, corriger leurs erreurs de compréhension au cours de l'évolution de la séquence de communication. En revanche, dans la communication asynchrone, où ce mécanisme rétrospectif est beaucoup moins présent, le besoin de réduire les mauvaises compréhensions est plus important que les corriger a posteriori [Stacey & Eckert, 2003]. Nous pouvons alors conclure que les éléments du contexte de la communication asynchrone doivent s'explicitier pour rendre les messages les moins ambigus possibles.

1.4 Evolution des représentations techniques en fonction des besoins de communication

Les besoins de communication ont évolué à travers l'histoire de la conception de produits, selon le degré de complexité du produit à concevoir et la façon dont les acteurs de conception s'organisent pour le réaliser. Les représentations techniques qui s'utilisent pour des buts communicationnels ont également évolué pour s'adapter à ces changements. Cette section présente cette évolution à travers l'analyse de trois cas de représentations techniques : l'Encyclopédie de Diderot et d'Alembert, les plans 2D et la CAO 3D. Notre objectif est de poser la question de savoir quel type de représentation technique est adapté à quel contexte de

conception¹⁰. Nous allons déduire ainsi quel type de support pourrait assister la communication actuelle autour des représentations 3D de produit.

Notre approche d'analyse est basée sur les deux modes de représentation, iconiques et symboliques, tels que définis par Peirce. Les trois cas de représentations, ainsi que les méthodes d'annotation utilisées et les buts communicatifs sont discutés dans cette perspective.

1.4.1 Modes de représentation selon Peirce : Icônes et symboles

Sémiologue et philosophe américain Charles Sanders Peirce [Peirce, 1958] propose une typologie de symboles à trois niveaux pour caractériser la relation entre un signe (ou signifiant) et l'objet (ou le signifié, auquel le signe se réfère) : les icônes, les symboles et les indexes. Dans notre analyse, nous allons nous baser sur la différence entre les icônes et les symboles.

D'après Peirce, une icône est un mode de représentation où le signifiant est perçu par ressemblance physique ou par imitation du signifié (par exemple avoir une apparence physique, une odeur, une voix, un touché ou un goût similaire) ou bien possède une partie de ces qualités. La photographie d'une pomme, par exemple est une représentation iconique de la pomme (par ressemblance physique), car l'image de la pomme sur la photographie est représentée en ayant les mêmes proportions dimensionnelles et la même couleur (s'il s'agit d'une photographie en couleur). Alors la relation entre ces deux objets est plus physique et naturelle qu'intellectuelle ou culturelle.

D'autre part, un symbole est le mode où le signifiant ne ressemble pas à son signifié, la relation entre ces deux derniers est fondamentalement arbitraire ou purement conventionnel. Alors cette relation doit être connue. La langue est un exemple typique de représentation symbolique. Les mots du langage écrit ne ressemblent souvent pas aux objets qu'ils représentent. Par exemple le mot 'pomme' ne contient aucune caractéristique physique avec l'objet de pomme. Et bien entendu, la signification de ce mot doit être connue au préalable pour que cette relation puisse être reconnue.

Peirce ajoute à cela que les signifiants de la vie courante ne sont jamais purement symboliques ou iconiques. Il s'agit toujours d'un mixte de ces deux types (mais de proportion

¹⁰ En relation avec ce sujet, voir [Laroche, 2007] pour une proposition de méthodologie de traduction d'anciennes représentations.

différente). Même une photographie par exemple, alors qu'il semble purement iconique, est souvent soumise à des conventions pour être correctement interprétée. La plupart des signes, d'autre part, sont des compositions de signes de modes différents. Prenons l'exemple du signe d'interdiction de fumer (Figure 14). Ce dernier est composé d'un signe de cigarette qui fume (qui représente une cigarette par ressemblance), et d'un cercle barré (qui représente une interdiction par convention).



Figure 14 : Signe typique d'interdiction de fumer combine des représentations iconiques et symboliques

Modes de représentation des artefacts de conception

Les artefacts manipulés au cours des activités de conception peuvent être classés à partir de cette approche (Figure 15). Le mode de représentation pour la CAO 3D, par exemple, est principalement iconique. La tendance des représentations CAO 3D est de ressembler le plus possible aux composants mécaniques qu'ils représentent, avec un niveau de détail croissant et avec des technologies de rendu photoréalistes améliorées. Il existe toutefois un certain nombre de conventions pour qu'un modèle CAO 3D puisse se comprendre correctement. Même si leur mode de représentation reste iconique, les esquisses contiennent souvent plus de convention que la CAO 3D. Quelques parties des esquisses (comme des hachures, des doubles lignages, utilisation de la couleur etc.) sont souvent tracées suivant des règles autres que de ressemblance physique au produit. L'interprétation de ces parties requiert souvent la connaissance spécifique liée à un métier ou une communauté de pratique. D'autre part les annotations sont principalement des représentations symboliques (ex. une flèche qui représente une rotation, ou un texte attaché à une représentation de produit qui décrit une fonctionnalité), même si les annotations non textuelles sont souvent plus iconique que les annotations textuelles.

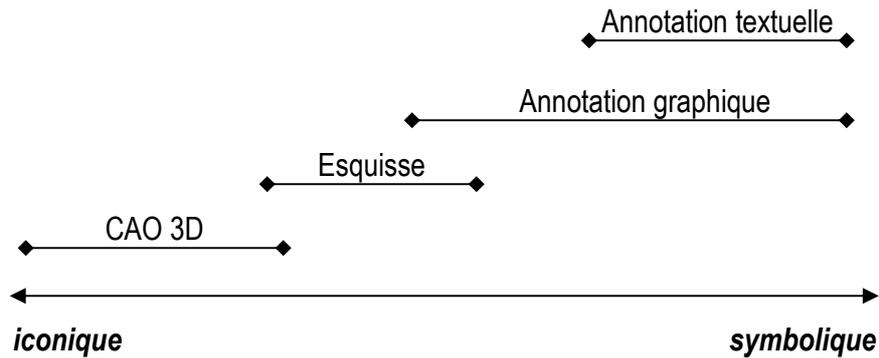


Figure 15 : Modes de représentation pour différents types d'artefacts

Dans la section suivante nous évoquerons les trois cas de représentation : l'Encyclopédie, le plan 2D, et la CAO 3D.

1.4.2 Cas de l'Encyclopédie

D'après [Lavoisy, 2000], l'Encyclopédie n'est pas le premier ouvrage qui tente de diffuser les savoirs concernant les « arts et métiers ». Par contre, l'Encyclopédie a des particularités qui la rend différente par rapport à ses prédécesseurs. Tout d'abord, Diderot et d'Alembert, les auteurs, essaient de donner une vision complète de l'activité productive, des matières premières jusqu'aux différents usages des objets produits, en passant par les termes servant à qualifier leurs méthodes d'obtention. Donc il s'agit de montrer non seulement la forme et l'usage d'un matériel, mais aussi de différents procédés par lesquels elle passe avant son obtention.

Mais la plus importante particularité de l'Encyclopédie réside dans les instruments qu'elle met en jeu pour décrire les savoirs : les représentations graphiques. Diderot et d'Alembert choisissent pour l'Encyclopédie le graphique comme l'instrument principal de description des arts et métiers. Les onze volumes de l'encyclopédie publiés de 1762 à 1772 comprennent quelques 2800 planches de représentations graphiques, accompagnés par des commentaires textuels. L'importance des graphiques dans l'encyclopédie est exprimée par Diderot dans le Prospectus de l'œuvre est comme suit [Diderot & d'Alembert, 1772] :

« Le peu d'habitude qu'on a et d'écrire, et de lire des écrits sur des arts, rend les choses difficiles à expliquer d'une manière intelligible. De là naît le besoin de figures. On pourrait démontrer par mille exemples qu'un dictionnaire pur et simple de langue, quelque bien qu'il soit fait, ne peut se passer de figures, sans tomber dans des définitions obscures et vagues ;

combien donc à plus forte raison ce secours ne nous était-il pas nécessaire ? Un coup d'oeil sur l'objet ou sur sa représentation en dit plus qu'une longue page de discours. »

Le choix de représentation graphique peut alors être considéré comme une approche pragmatique visant à faciliter la lecture des descriptions, et de lutter contre l'ambiguïté. Cette approche a d'ailleurs été conservée jusqu'au début du 20e siècle et a été utilisée comme un outil de prescription des techniques d'élaboration, pour leur mémorisation et leur reproduction.

La façon de représenter des planches dans l'Encyclopédie est fortement iconique. Ils sont dessinés en trois dimensions, avec une perspective isométrique et même avec des effets photoréalistes comme l'ombre et le revêtement des surfaces des matériels (Figure 16). Ce choix de mode de représentation contient donc un très petit nombre de conventions nécessaires à l'interprétation de ces dessins, éliminant toute exigence de connaissance technique. Ceci semble un choix inévitable, quand on considère la large périmètre de diffusion de l'information et le manque de standards de représentation entre les individus qui les partagent.

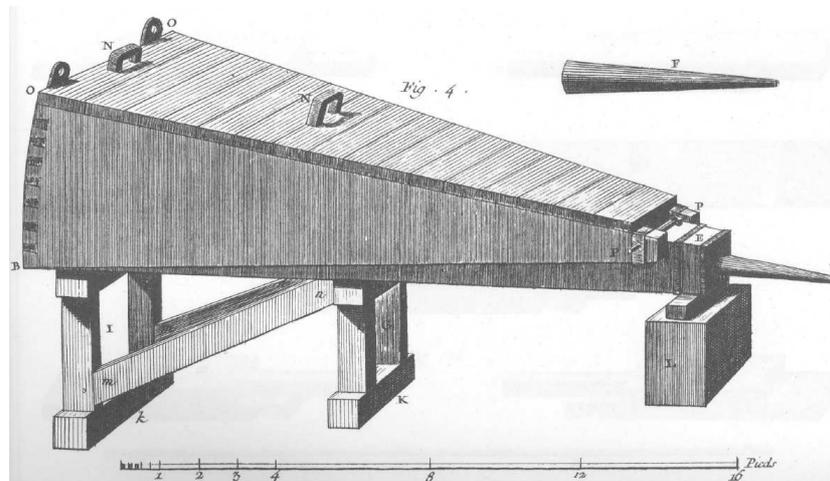


Figure 16 : Détail d'une planche dans l'Encyclopédie

D'autre part, les planches contiennent aussi des éléments symboliques qui supportent le graphisme. L'un de ces éléments, qui est considéré comme l'une des innovations les plus importantes apportées par les représentations dans l'Encyclopédie, est l'utilisation d'échelle pour indiquer les dimensions réelles des matériels (Figure 16, en bas). Un deuxième est les repérages (fig. associé à un numéro), qui servaient à associer la figure au texte, pour donner plus d'information sur les aspects difficilement représentables sur le dessin, comme les

mouvements des pièces lors de l'usage des matériels, le type de matériel ou des informations sur les procédés de fabrication.

Le cas de l'Encyclopédie montre l'importance de l'utilisation des représentations iconiques pour communiquer de l'information graphique dans des groupes larges. Ces représentations offrent la possibilité d'interpréter de l'information sans avoir besoin de connaissance technique importante sur les différentes règles de représentation. D'autre part, les représentations conventionnelles sont souvent requises pour interpréter ces représentations, à cause de l'incompatibilité des représentations iconiques à représenter de l'information de nature non géométrique.

1.4.3 Cas des plans 2D

L'émergence des plans 2D dans les processus de conception était une réponse à des évolutions technologiques qui ont suivi la révolution industrielle. Cette dernière a fait évoluer les produits et l'organisation des équipes de conception considérablement, telles que la complexité croissante des produits, la diminution des tolérances, usage des nouveaux procédés de fabrication, la segmentation des métiers liés à la conception et à la fabrication, etc. Ces changements ont exigé des représentations graphiques plus précises, capables de représenter plus d'information, notamment sur les technologies à manipuler et les dimensionnements des pièces.

A partir des années 60, les plans 2D sont supportés par les premiers systèmes de DAO, qui a fourni aux concepteurs des moyens plus convenables de dessiner des plans 2D, surtout pour la gestion des modifications et l'archivage pour la réutilisation. Ces derniers se basent sur une variété d'éléments géométriques avec des méthodes d'annotations pour déterminer les formes et les tolérances du produit.

Nous pouvons citer deux changements majeurs que les plans 2D ont apportés. Le premier changement est l'utilisation des projections en 2D des pièces (Figure 17). Cela a permis aux concepteurs de dessiner les pièces d'une façon plus précise, et l'utilisation des coupes, pour représenter plus d'information et avoir des formes moins ambiguës (selon les principes de la géométrie descriptive de Monge). Le deuxième changement important était la standardisation des formes. A la fois les règles pour dessiner des pièces, et les formes utilisées pour représenter des dimensions ou des technologies de fabrication sont devenus de plus en plus standardisés, dans le même but d'augmenter la quantité d'information à représenter sur le

dessin, et de lutter contre l'ambiguïté, notamment quand il s'agit de la communication entre le bureau d'étude et la fabrication.

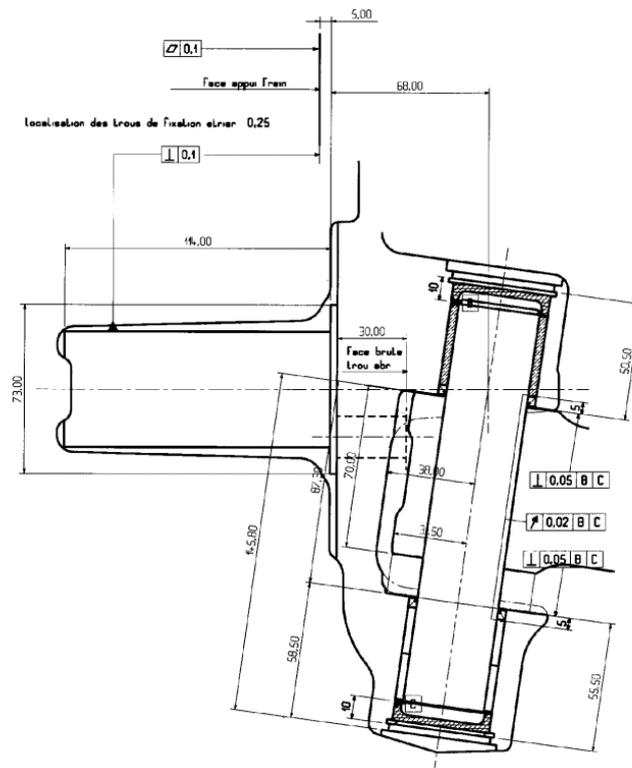


Figure 17 : Exemple de plan 2D

Ainsi, les plans 2D sont devenus des représentations hautement conventionnelles donc symboliques. Ce qu'on observe notamment, c'est que cette expression symbolique, avec les règles et formes spéciales qu'elle manipule était l'objet d'une communication précise et riche entre les acteurs impliqués, grâce à la standardisation des formes et règles de dessin. Ces règles et formes spéciales peuvent être considérées comme un véritable langage entre ces acteurs, en termes d'ensemble de symboles qui représentent un contexte de communication. Notons qu'il n'existe aucun équivalent de représentation tridimensionnelle pour supporter ces informations. C'est l'une des raisons principales pour laquelle les plans 2D sont toujours préférés dans plusieurs situations en conception.

Bien entendu, le mode symbolique de ces représentations exige des connaissances métier pré-requises pour leur interprétation. Ceci implique un périmètre d'utilisation restreint. L'usage des plans 2D est traditionnellement limité à la communication entre les ingénieurs de la conception ou bien entre le bureau d'étude et la fabrication, donc les acteurs techniques.

1.4.4 Cas de la CAO 3D

Comme discuté ci-dessus, la DAO (CAO 2D) a fourni d'un côté des méthodes efficaces pour dessiner des représentations planes, avec une multitude de fonctionnalités pour déterminer et représenter de l'information non géométrique.

De l'autre côté, les dessins 2D ont plusieurs limitations majeures. Tout d'abord, le 2D est limité pour représenter des composants mécaniques complexes et cause souvent des ambiguïtés d'interprétation. De plus, un niveau important de compétence technique est requis pour construire et interpréter ces modèles. Notamment quand il s'agit de modèles de produits complexes, les dessins 2D deviennent une source de perte de temps.

Les techniques basiques de modélisation 3D, comme modélisation surfacique ou modélisation solide, ont été développées à partir des années 70. L'apport majeur de ces modèles est de permettre aux concepteurs de représenter des composants complexes (notamment les surfaces gauches), qui ne peuvent pas être représentées autrement. La CAO 3D sert aussi à diminuer le besoin de produire des maquettes du produit. Les modèles virtuels 3D peuvent se substituer aux maquettes dans plusieurs circonstances pendant le processus de conception. Ceci permet aux concepteurs de gagner du temps et de l'effort.

Le mode de représentation des modèles 3D s'oppose à celui des plans. L'approche principale dans la CAO 3D est de la représentation du produit avec des formes qui lui ressemblent le plus possible (Figure 18). La CAO 3D a également évolué pour représenter le produit avec la capacité d'ajouter des effets photoréalistes, comme la texture ou les effets d'ombre. Plusieurs techniques de représentations symboliques utilisées auparavant, liées à la nature 2D des plans, comme les coupes, ne sont plus utilisées dans la CAO 3D. De plus, les formes spécifiques d'annotations, notamment celles liées aux processus de fabrication, sont beaucoup moins utilisées dans le CAO 3D.

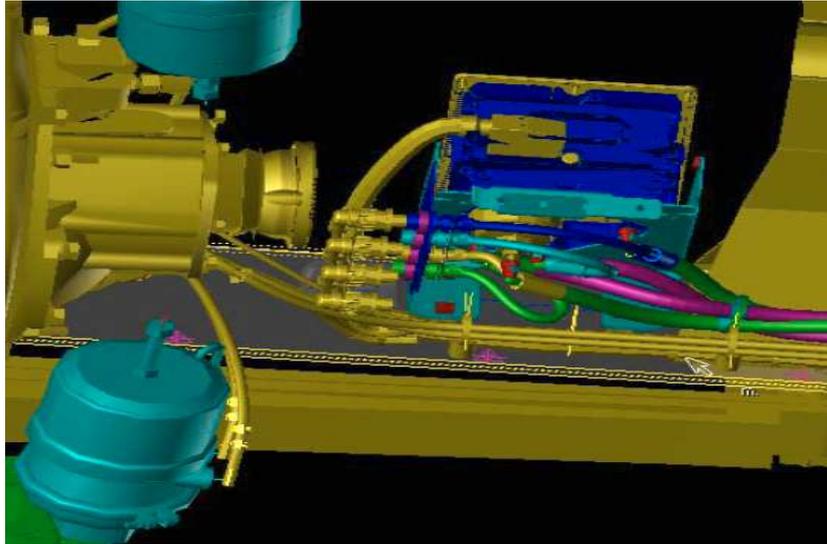


Figure 18 : Modèle 3D des composants d'un camion

Cette particularité fait de la CAO 3D un artefact important de la conception collaborative aujourd'hui. Comme nous avons discuté dans ce chapitre, dans des situations de coopération les représentations communes sont nécessaires pour une compréhension partagée de la conception. Les modèles CAO 3D sont souvent utilisés dans ces circonstances, car ils offrent aux acteurs une représentation iconique commune, où chaque acteur peut interpréter la même représentation du produit et engager des discussions.

Autrement dit, la nature iconique des modèles 3D les transforme naturellement en un artefact important pour la coopération, et un instrument pour l'intégration. Ils stimulent l'argumentation et la compréhension partagée entre les participants de différents départements, n'ayant pas forcément des compétences techniques.

Discussion

Les trois cas de représentations techniques donnent des pistes importantes sur comment les représentations peuvent être utilisées efficacement pour mieux supporter la communication argumentative.

Tout d'abord, les cas présentés montrent le rôle important des représentations iconiques, notamment dans les cas où les participants de la communication sont issus de plusieurs domaines d'expertises différents. La CAO 3D joue le rôle d'objet frontière dans la plupart des situations de conception, dans le sens où elle sert comme média pour supporter l'expression

des connaissances communes entre ces participants, leur permettant de négocier autour de ces objets, et faciliter la transformation des connaissances.

Cependant, les cas présentés montrent que les représentations iconiques doivent être complétées par des expressions symboliques. Par exemple, le cas de l'Encyclopédie montre que des expressions symboliques sont nécessaires pour exprimer toute information non géométrique. En plus, le cas de plans 2D montre que les représentations de produit combinées avec les annotations symboliques sont un moyen efficace pour exprimer de l'information liée à des domaines d'expertise. Les représentations symboliques supportent les représentations iconiques pour donner aux acteurs des moyens d'exprimer des informations tacites, pour améliorer leur précision. Elles offrent aussi un moyen de représenter toute information qui ne peut pas être représentée tout simplement à cause de sa nature non géométrique.

En plus, la CAO 3D seule, en tant que représentation iconique, n'est pas suffisante dans plusieurs situations pour permettre les acteurs d'atteindre une compréhension partagée de la situation. Les différences entre les points de vues peuvent créer des frontières de connaissance, car la même représentation peut se référer à différentes connaissances tacites, et être interprétée différemment par différents acteurs. Les représentations symboliques peuvent constituer un moyen pour que les acteurs puissent exprimer leur point de vue spécifique par l'expression des informations métier sur la représentation.

1.5 Problématique de recherche

Dans ce chapitre, nous avons présenté une introduction à la communication en conception de produits. L'état de l'art que nous avons présenté n'est bien sûr pas exhaustif, mais il couvre l'ensemble des aspects qui permettent de donner notre approche à la communication dans cette thèse.

L'étude de la communication interhumaine ne peut pas être considérée comme un simple processus de transfert d'information entre les interlocuteurs. En plus de l'utilisation effective des mécanismes de codage et décodage des messages et des canaux de communication, l'étude de la communication doit s'intéresser aux aspects dialogiques et évolutifs de la communication, à savoir comment les interlocuteurs co-construisent le sens pour l'intercompréhension.

Dans le cas de conception collaborative, les situations de coopération sont des cas où le besoin de communication devient crucial, dû à l'interdépendance forte entre les concepteurs. Dans la communication en coopération les acteurs font des échanges argumentatifs et dialogiques, pour arriver à éliciter leurs points de vue spécifiques, à argumenter la conception et à prendre des décisions collectives. Les acteurs ont besoin de construire des connections entre les différents aspects qui composent la tâche de conception, tout en offrant aux autres acteurs des moyens d'expression des connaissances mutuelles, dans une logique de convergence vers les décisions nécessaires pour achever la tâche de conception. Ils ont également besoin d'arriver à une compréhension collective de la situation de la tâche de conception (ses objectifs, les artefacts qui la représentent, son évolution etc.) et de vérifier mutuellement la pertinence entre les contributions individuelles par rapport à la situation globale de conception.

Les artefacts coopératifs ont un rôle important dans la communication. Les artefacts ne sont pas qu'un moyen d'expression et d'extériorisation de pensées pour les concepteurs, mais ce sont également des objets d'interaction, servant comme base commune entre des participants de différents domaines, qui permettent la communication argumentative.

Dans les situations coopératives présentes, le langage et les gestes accompagnent l'expression graphique dans la communication argumentative. Les acteurs utilisent le langage pour arriver à une compréhension partagée de l'expression graphique de façon dynamique en éliminant l'ambiguïté mutuellement.

Dû au fait que les équipes de conception sont de plus en plus géographiquement distribuées les entreprises ont de plus en plus besoin de systèmes qui supportent la communication asynchrone. Mais la communication asynchrone demande des supports adéquats, notamment dans les cas de la communication informelle, surtout autour des représentations 3D, pour lesquelles des supports de communication argumentative adéquates sont indispensables. La communication asynchrone est privée du langage et des gestes, qui offrent des mécanismes dynamiques aux concepteurs pour diminuer l'ambiguïté de leur communication. Des supports à la communication asynchrone doivent alors empêcher préalablement l'ambiguïté pour l'éviter. La question de recherche que nous posons dans cette thèse est alors :

Comment améliorer la communication argumentative asynchrone entre les acteurs de conception à travers les représentations graphiques tridimensionnelles de produit ?

Ainsi au cours de ce mémoire, nous allons proposer des approches et méthodes afin d'analyser et de répondre à cette question. Dans le prochain chapitre, nous allons présenter une étude de cas basée sur nos observations au cours d'un projet de conception d'un véhicule industriel. Nous allons présenter et discuter les méthodes de communication argumentative et d'annotation employées par les acteurs du terrain, afin de concrétiser et affiner la question de recherche que nous venons de poser. La suite du mémoire va présenter nos propositions de solution, dans une logique d'annotation.

Chapitre 2 : Etude de cas chez Volvo 3P

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons décrire une étude de cas en conception collaborative, basée sur nos observations du processus de conception d'un véhicule industriel. Le processus de conception détaillé des pièces de routage chez Renault Trucks a été observé pendant 5 mois, entre janvier et mai 2006.

Le but de cette étude est d'analyser un cas réel de conception, par rapport aux questions de recherches posées dans le chapitre précédent. Les objectifs peuvent se résumer comme suit :

- Eliciter le rôle de la communication dans la conception collaborative
- Analyser les artefacts partagés par les acteurs au cours du processus de conception,
- Observer et analyser les pratiques d'annotations,
- Eliciter les problèmes de communication liés aux pratiques actuelles d'annotation.

Cette étude de terrain a été réalisée de façon simultanée avec une mission portant sur le développement d'un outil de partage d'information et de coordination au sein de l'équipe de conception de routage. Au cours de cette mission (engagée par Collaborative Work Solution Center du département Volvo IT), l'outil TeamPlace¹¹ a été développé et mis en place. L'objectif de cet outil est d'améliorer la coordination en rendant le partage des informations concernant les tâches des acteurs plus efficace et en permettant aux acteurs d'être plus autonomes pour l'ajout et la mise à jour d'informations.

Cette mission a nécessité de collaborer étroitement avec tous les participants du cas étudié. De plus, pendant mon séjour chez Renault Trucks, j'ai occupé une place dans le bureau d'étude de Volvo 3P (Saint-Priest, région Rhône-Alpes), qui m'a permis d'observer le quotidien de l'équipe projet. Cette situation a facilité les rencontres face-à-face avec tous les acteurs et a permis d'écouter leurs besoins en termes de communication. Vingt revues de projet ont été également observées, notamment en termes de pratiques de communication et de préparation de comptes-rendus. Toutes sortes de documents officiels ou émergents ont été recueillis et

¹¹ Une application de l'environnement Microsoft Sharepoint

analysés. Les observations et analyses qui sont décrites dans ce chapitre, constituent les points de départ des approches et méthodes proposées au sein de ce mémoire.

L'organisation de ce chapitre est comme suit : dans la prochaine section (§2.2), nous clarifions la méthodologie adoptée. Les deux sections qui suivent cette dernière sont consacrées à l'explication du contexte de l'étude, à savoir la description de la conception des véhicules (§2.3) et de la phase de conception détaillée des pièces de routage (§2.4). Dans la section suivante, nous nous focalisons sur les pratiques collaboratives observées. Ainsi, dans la dernière section (§2.6), nous présentons une analyse de ces pratiques collaboratives et des pratiques d'annotations, pour révéler les besoins en termes de communication et pratiques d'annotation.

2.2 La méthodologie adoptée

Compte tenu des questions de recherche posées dans le chapitre 1 et les objectifs de l'étude de cas, une approche qualitative est adoptée au cours de cette étude. Cette approche qualitative consiste à dégager une vision synthétique basée sur l'observation et l'interview des principaux acteurs du processus.

Les observations présentées dans cette thèse sont issues d'une approche d'observation participante. Cette approche tire en grande partie sa source dans l'approche ethnographique, mais se concentre sur les dimensions organisationnelles et gestionnaires des processus étudiés. D'une manière générale l'ethnographie est présentée comme : « l'observation d'une culture en restant en dehors à cette dernière, tout en essayant de comprendre le point de vue des individus qui composent la culture » [Agar, 1996]. L'approche ethnographique se propose de construire des théories en fonction des situations rencontrées, en contraste par rapport à la vérification d'une théorie existante. L'étude de cas, d'autre part, correspond à l'approche méthodologique qui consiste à analyser en détail un seul cas ou instance pendant un temps relativement long, au lieu d'analyser une multitude de cas en utilisant un protocole d'étude rigide et limité [Robson, 2002]. L'étude de cas se base sur la collection et l'analyse d'une grande quantité de données, pour essayer de comprendre le plus possible le cas étudié, tout en produisant et vérifiant des hypothèses au cours de cette période.

Nous avons utilisé trois méthodes de collecte de données :

Observation : Pendant les 5 mois d'étude, l'équipe de projet a été observée dans toutes les situations collaboratives de conception. Ces dernières comprennent d'une part la phase asynchrone du processus (§1.4.1), où les participants ont été observés pendant les échanges face-à-face et d'autre part les revues de projet (§1.4.2) où nous nous sommes focalisé sur le déroulement des discussions et les pratiques de préparation des comptes-rendus et d'annotation. Vingt revues ont été observées en présentiel. Ces observations ont été discutées et validées avec les participants.

Analyse de documents : Plusieurs documents utilisés (et/ou produits) pendant le processus ont été recueillis et analysés. Parmi ces derniers, se trouvent les diagrammes décrivant le processus de conception (comme les diagrammes d'activité), et des artefacts partagés utilisés au cours du processus (des documents finaux comme les dossiers de routage (section 2.4, Figure 33) et des documents intermédiaires comme des comptes-rendus de revue de projet (section 2.5, Figure 35). Ces documents ont été utilisés pour la compréhension et la description du processus, pour l'analyse des pratiques de communication et pour la justification des concepts développés au cours de cette thèse.

Interviews : Au cours de l'étude de cas, plusieurs interviews avec les participants ont été effectuées. Ces dernières comprennent à la fois des interviews enregistrées et des discussions informelles. Cinq interviews enregistrées ont été effectuées avec des acteurs du bureau d'études (avec l'architecte routage, le scénariste, le PMS et deux concepteurs¹²). Les questions posées étaient concentrées autour :

- de la description de leur travail au cours du processus,
- des pratiques de communication dans la vie quotidienne des participants,
- du rôle de la communication dans leur travail.

Ces discussions ont été menées à la fois pour recueillir de nouvelles informations, mais aussi pour valider les observations effectuées. D'autre part, de nombreuses discussions émergentes ont été menées avec plusieurs participants au cours de l'étude. L'objectif était d'avoir des

¹² Architecte routage : coordinateur de projet - le scénariste : le concepteur architecture, chargé de mettre à jour la maquette numérique de véhicule – le PMS (Project Management Support) : acteur chargé de la gestion opérationnelle – concepteur : dessinateur CAO 3D. Les rôles de ces acteurs sont présentés plus tard dans ce chapitre.

explications par rapport à des situations de collaboration qui émergent, ou bien de faire valider un constat. Des rapports ont été élaborés à partir de ces rencontres.

2.3 La conception des véhicules industriels à Volvo 3P

2.3.1 Le groupe AB Volvo

Le groupe AB Volvo, dont Renault Trucks fait partie est organisé selon 8 secteurs d'activités (nommés Business Areas) chargés de développer, vendre et commercialiser les différents produits sur le marché. Mack Trucks, Renault Trucks et Volvo Trucks commercialisent des véhicules poids lourd, Volvo Buses les bus, Volvo CE (Construction Equipments) des équipements pour la construction et les industries associées, Volvo Penta des bateaux de commerce et de loisir, Volvo Aero des composants pour avions et moteurs à réaction.

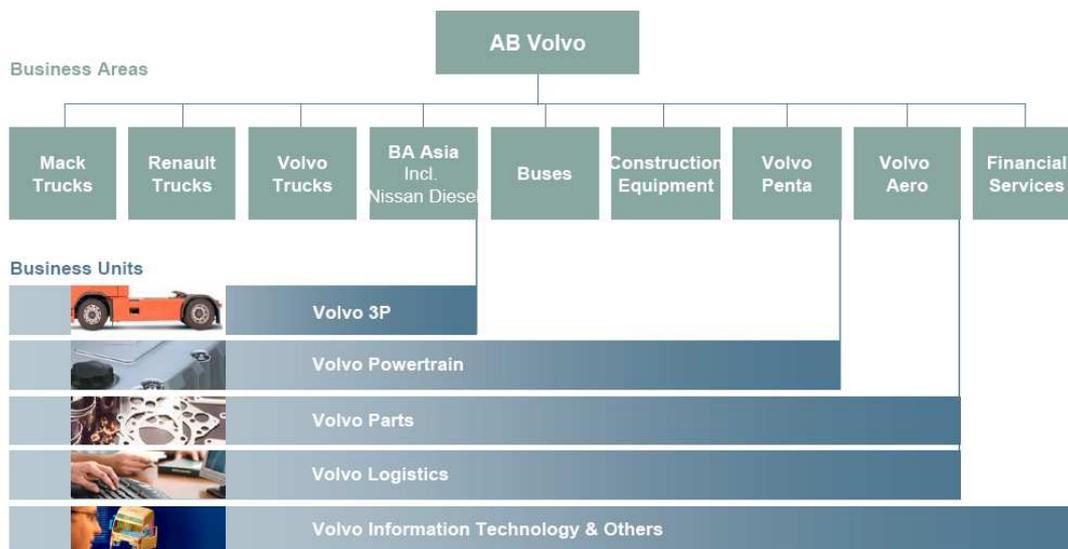


Figure 19: Organisation matricielle du groupe AB Volvo (Document interne)

Ces secteurs d'activités sont supportés, au sein d'une organisation matricielle, par 10 Business Units, qui combinent les expertises liées aux secteurs d'activités (Figure 19). Parmi les Business Units, Volvo 3P (Product planning, Product development and Purchasing) est responsable de la gestion de la production, du développement des produits, des achats, et la gestion de la gamme de produits des trois marques de véhicules. Volvo Powertrain, le plus grand constructeur mondial de moteurs à diesel de grande taille (> 9 litres de volume de cylindre), fournit des composants pour moteurs et systèmes de transmissions aux marques du groupe. Volvo Parts fournit des services et outils pour supporter les processus d'après-vente Volvo. Ceci inclut l'achat, le transport, le stockage et la gestion de commande des pièces

détachées, et des outils et services concernant l'après-vente. Volvo IT (Information Technology) supporte tous les secteurs d'activités du groupe dans les domaines de la gestion du cycle de vie produit, de la gestion intégrée (Enterprise Resource Planning) et toutes les opérations concernant les technologies de collaboration et de communication. Le processus de conception des véhicules industriels demande une contribution de plusieurs Business Units (nous distinguons notamment celle de 3P, Powertrain et Parts pour le cas de la conception mécanique des pièces), et demande une collaboration importante entre ces derniers.

2.3.2 Volvo 3P

Comme indiqué ci-dessus, Volvo 3P est la Business Unit Volvo chargée de la conception des véhicules du groupe AB Volvo. La vision globale des projets de développement de produit concerne l'exécution simultanée de deux processus (Figure 20). La conception produit-process¹³ comprend la conception intégrée des véhicules qui est menée par Volvo 3P. La réalisation du process¹⁴ concerne la fabrication de prototypes, la mise en place des outils de production et d'assemblage, ainsi que la formation des opérateurs et des coordinateurs qui vont réaliser la production des véhicules. Cette dernière est menée par Renault Trucks.

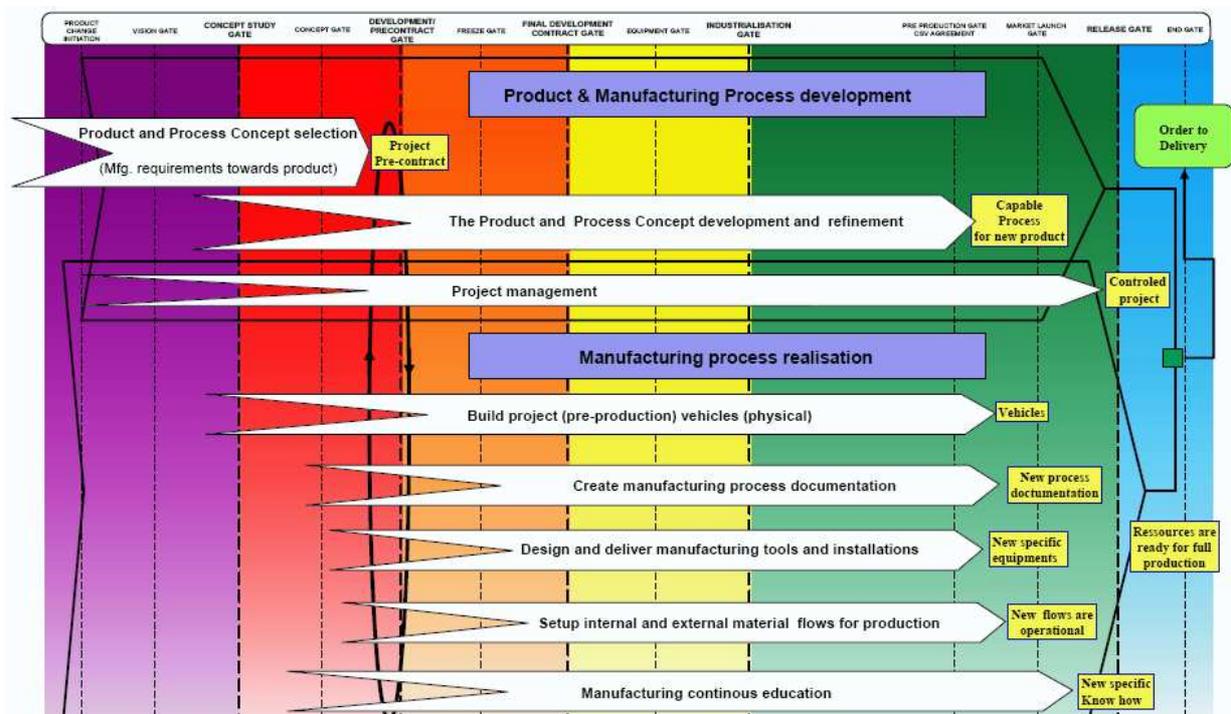


Figure 20 : Vision globale d'un projet de conception (Document interne : le processus industriel : Plan de pilotage – Product Development – Décembre 2004)

¹³ Product & Manufacturing Process development

¹⁴ Manufacturing process realisation

Nous allons nous concentrer sur le processus de conception produit-process. Comme indiqué Figure 21, la conception produit-process prévoit le développement concourant de plusieurs aspects liés au véhicule. La conception mécanique du produit et de ses composants (les activités « develop product design » et « build virtual and physical test object ») est menée en parallèle avec d'autres aspects, comme la gestion de la qualité (Manage product quality), conception de la chaîne logistique et achats (evaluate and select suppliers), la conception de la fabrication en série (prepare series production), ou la conception des processus d'après-vente (prepare after market). Il s'agit bien ainsi d'une situation de conception concourante où tous les acteurs engagés dans ces activités collaborent durant tout le projet. Nous allons en effet discuter plus tard dans ce chapitre le travail collaboratif de ces acteurs pendant la phase de la conception du routage.

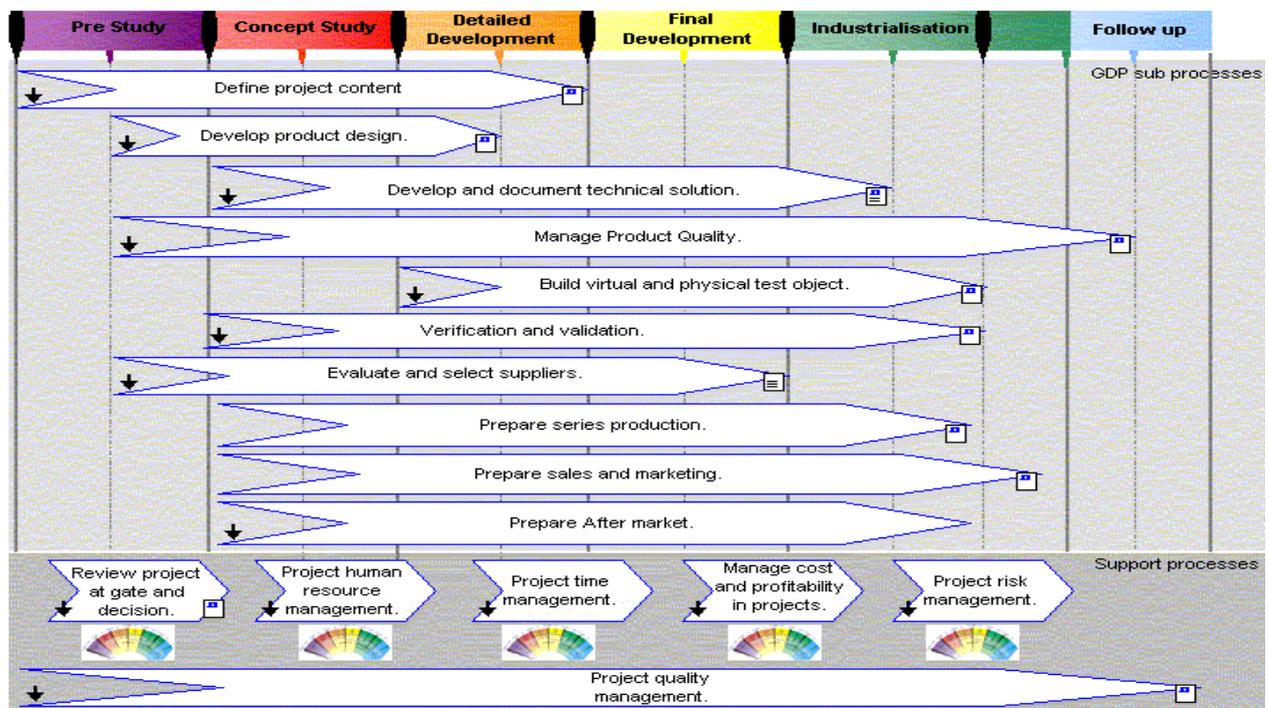


Figure 21 : Activités du processus conception produit-process (Document interne : le processus industriel : Plan de pilotage – Product Development – Décembre 2004)

Nos observations dans ce processus concernent l'activité de conception des composants de routage, qui fait partie de l'activité de la conception détaillée (Build virtual and physical test object). Cette dernière a pour objectif de faire la conception détaillée des pièces mécaniques du véhicule, afin d'obtenir des représentations virtuelles et des prototypes physiques des composants, qui dure jusqu'à la fin de la phase industrialisation.

2.4 La fonction routage

L'architecture du véhicule est décomposée selon 6 zones : cabine, moteur, avant, châssis, routage et équipements suspendus. Les composants de la zone routage sont principalement des liaisons souples, des tuyauteries rigides reliant différentes parties du véhicule (ex. tuyaux pneumatiques ou faisceaux électriques, voir la Figure 22). La charge des études portant sur la zone routage est estimée à 50% du temps consacré aux études détaillées globales.

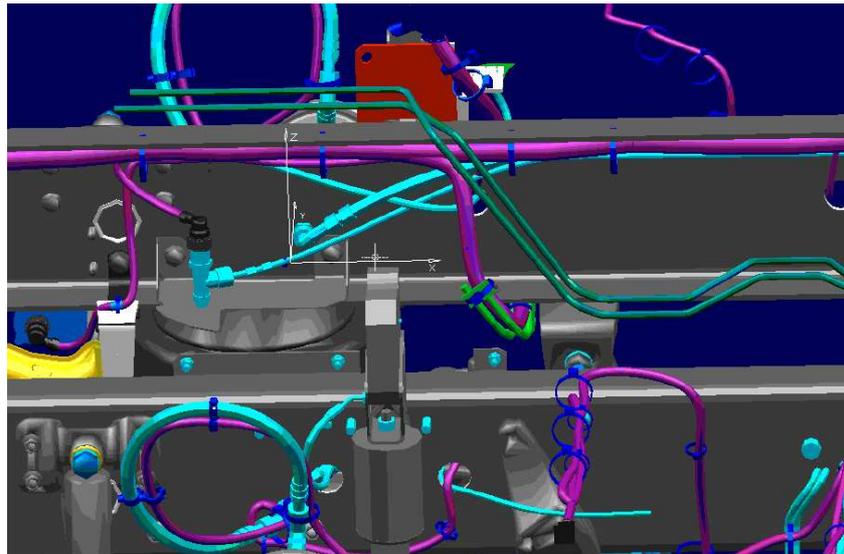


Figure 22 : Exemple de modèle CAO représentant des composants de routage sur un châssis de camion

La conception détaillée de la zone routage se réalise à la fin de la phase de conception détaillée, et s'achève à la fin de la phase d'industrialisation d'un projet de conception. Autrement dit, elle démarre après la réalisation de la conception détaillée des autres zones du véhicule. Ceci confère deux particularités au processus de routage :

- Les concepteurs disposent d'une grande quantité d'informations, assez matures, liées au véhicule dès le début de la phase. Cette visibilité importante de l'état final du produit permet aux concepteurs de planifier le processus de conception d'une façon assez détaillée dès le début du processus.
- Les « livrables » qui émergent au cours de ce processus sont destinés directement à l'usage pendant la production en série du produit.

2.4.1 L'équipe projet routage

L'équipe projet qui effectue la phase de conception routage s'organise en trois niveaux superposés (Figure 23) :

- Le niveau architecture routage, qui inclue l'architecte routage, les concepteurs architecture (scénaristes) et le PMS (Project Management Support),
- Le niveau bureau d'étude, qui est composé de l'architecture routage et les participants issus des départements d'engineering (métiers),
- Le niveau équipe projet qui représente le bureau d'étude avec les responsables des processus industriels.

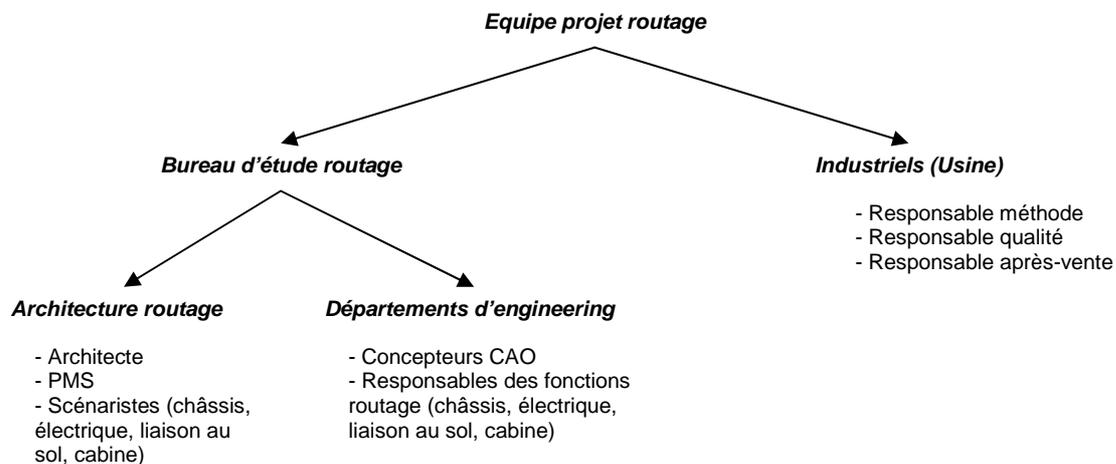


Figure 23 : Composition de l'équipe projet routage

Le niveau *architecture routage* a pour fonction de coordonner le processus de routage, à la fois sur les aspects techniques et organisationnels. Il est animé par l'architecte, qui est le responsable de la coordination des métiers de routage et les industriels. Il est aussi le garant de la faisabilité d'un projet de routage en termes d'installation et de géométrie. Il définit également les informations globales d'un projet et notamment les principales étapes clés du développement de ce dernier. Pendant la phase d'étude détaillée du projet de routage, il délègue une partie de ses activités au PMS et aux scénaristes. Le PMS (Project Management Support) a la responsabilité de la gestion opérationnelle des études de routage, à savoir la mise en place et le suivi de la planification des études détaillées, le pilotage des activités et l'animation des revues de projet avec l'architecte. Quatre scénaristes (ou concepteurs architecture) ont la responsabilité de la mise à disposition des environnements numériques aux concepteurs routage, et la mise à jour de la maquette numérique globale selon les études

validées. Chacun des scénaristes est responsable des composants routage d'un métier technique.

Le niveau *bureau d'étude routage* englobe l'architecture avec les acteurs métiers issus des 4 départements d'engineering. Les projets de conception qui se font dans chacune des zones constituant le véhicule s'effectuent en équipes multimétiers, constituées des concepteurs issus de ces départements (Figure 24).

		<i>Départements d'engineering</i>			
		Cabine	Electricité et Electronique	Liaison au sol	Châssis
Zones	Eléments suspendus	—	—	—	—
	Cabine	—	—	—	—
	Moteur	—	—	—	—
	Avant	—	—	—	—
	Châssis	—	—	—	—
	Routage	—	—	—	—

Figure 24 : Organisation matricielle des équipes projet selon les départements d'engineering

La conception de la zone routage est décomposée en un certain nombre de fonctions, selon les rôles des composants qui constituent la zone : Circuit eau secondaire, circuit climatisation, circuit direction, circuit gasoil, etc. Ces fonctions sont distribuées aux départements d'engineering selon le Tableau 1 :

Tableau 1 : Distributions des fonctions de routage aux métiers

		<i>Départements d'engineering</i>			
		Electricité Electronique	Liaison au sol	Châssis	Cabine
Fonctions routage	Eau secondaire			✓	
	Climatisation				✓
	Direction		✓		
	Gasoil			✓	
	Basculement cabine			✓	
	Faisceaux pneumatiques		✓		
	Faisceaux électriques	✓			
	Lave vitre et lave phare				✓
	Embrayage				✓
	Admission/ refoulement compresseur		✓		

Le bureau d'études est ainsi constitué des dessinateurs CAO (les concepteurs) qui sont spécialisés dans une ou plusieurs fonctions du véhicule. Ils sont chargés d'effectuer les études détaillées de routage sur la maquette CAO. Chacune des fonctions a un responsable technique, qui est chargé d'assurer l'élaboration et le suivi technique des études qui se font au sein de chaque département.

L'équipe de projet de routage, avec le bureau d'études, comprend également des représentants des différentes fonctions de l'usine, ils sont nommés dans le jargon de l'entreprise, « les industriels ». Ces acteurs participent à l'élaboration des cahiers des charges techniques du process liés à leurs expertises respectives, et sont présents dans les revues de projet tout au long de la phase de routage pour donner leur accord et avis sur les solutions de conception. La répartition des rôles des acteurs sera discutée plus amplement au cours de ce chapitre.

La distribution géographique de l'équipe

Nos observations par rapport au processus routage se portent sur la conception des véhicules de la gamme intermédiaire de Renault Trucks. L'assemblage des composants de routage des véhicules de la gamme intermédiaire se réalise sur le site de Blainville de Renault Trucks, en Normandie, alors que le bureau d'études se trouve à Saint-Priest, dans la région Rhône-Alpes. Nous discuterons au court de ce chapitre des problèmes posés sur la communication entre les acteurs distants et des moyens mis en œuvre pour réduire cette distance.

2.4.2 Le processus

Le processus de conception routage se décompose en deux grandes phases : la phase élaboration de projet et la phase d'étude détaillée des routages (Figure 25). Nous allons détailler ces phases dans la suite.

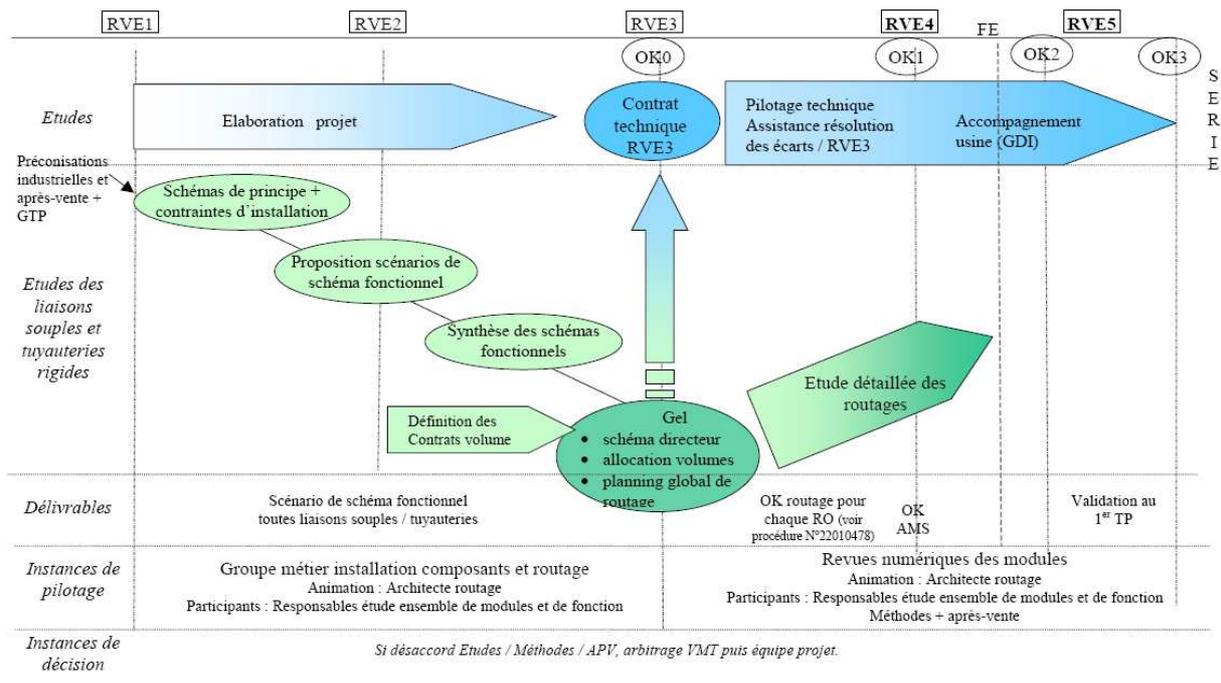


Figure 25 : Processus de conception du routage (Procédure d’organisation – Septembre 2002 – Renault Trucks)

2.4.2.1 Phase élaboration

La phase d’élaboration du projet a pour objectif de geler la géométrie des cheminements de toutes les liaisons qui relient les composants de toutes les fonctions du véhicule, pour obtenir l’allocation des volumes des pièces de routage et le planning global des études de routage.

Pendant la phase d’élaboration du projet, les métiers concernés par les études de routage fournissent d’abord des schémas de principe. Ce sont des diagrammes permettant de représenter les composants mécaniques de chaque fonction et les relations entre ces derniers. La Figure 26 présente un exemple de schéma de principe de routage.

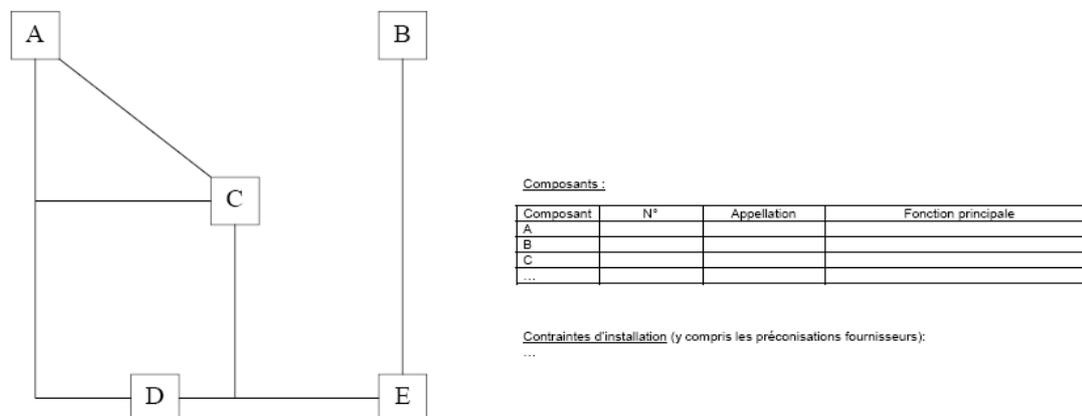


Figure 26 : Exemple de schéma de principe

Ces documents, une fois validés, sont ensuite utilisés par les métiers pour élaborer les premières représentations des composants de routage. Ces représentations sont appelées les schémas fonctionnels métier, qui indiquent les cheminements des composants de chaque fonction du véhicule. Ces schémas vont permettre ensuite au bureau d'études d'élaborer un schéma fonctionnel global, qui représente toutes les composants de routage avec l'implantation des outils d'assemblage sur une même représentation (Figure 27). On peut noter une forte présence d'éléments symboliques sur ces deux schémas. Nous pouvons donc conclure, comme exposé dans le précédent chapitre, qu'il est nécessaire d'avoir des compétences importantes sur le domaine pour interpréter ces schémas.

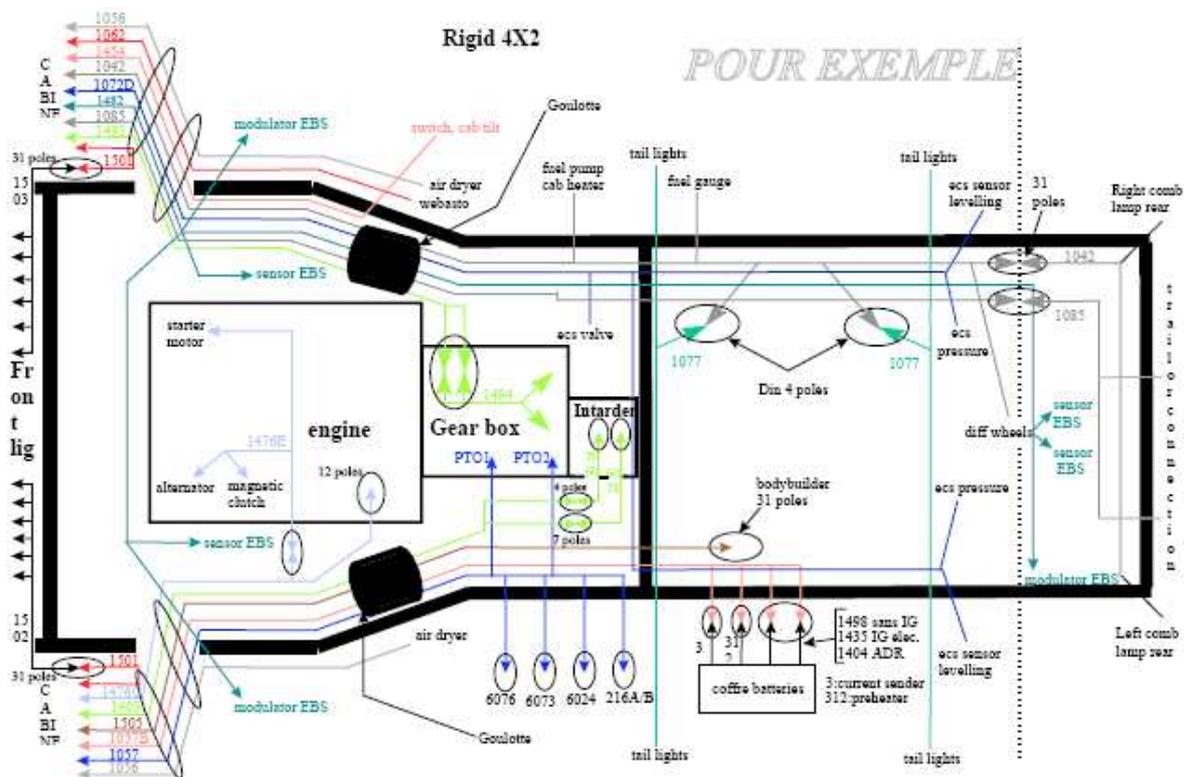


Figure 27 : Exemple de schéma fonctionnel

Au cours de ce processus, les responsables d'études de toutes les fonctions se réunissent avec l'architecte routage pour détecter les interférences (physiques et fonctionnelles) entre les composants de différentes fonctions et de trouver des solutions, afin de valider le schéma fonctionnel. A partir du schéma fonctionnel, le modèle CAO de base (le schéma directeur) est obtenu à la fin de cette phase, accompagné des captures d'écrans annotées qui indiquent l'emplacement et les fonctions des pièces de routage (Figure 28).

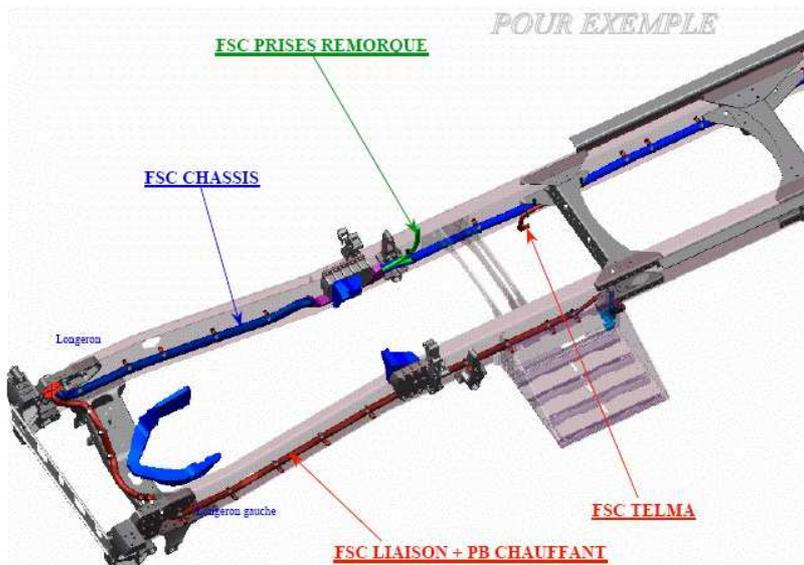


Figure 28 : Exemple de schéma directeur routage

Ainsi, un contrat d'étude routage est constitué à partir de ces livrables. Celui-ci est composé des contrats techniques des études nécessaires par fonction, qui y sont identifiées et formalisées. Ces contrats sont globaux et concernent essentiellement les aspects d'organisation des études et les responsabilités des différents acteurs qui vont s'y engager.

2.4.2.2 Phase étude détaillée des routages

Nos observations au sein de Volvo 3P sont concentrées sur cette deuxième phase du processus de conception de routage. Cette dernière a pour objectif d'effectuer les études détaillées des composants de la zone de routage, afin d'élaborer les livrables qui décrivent l'assemblage en série des composants de routage. La Figure 29 résume les principales activités de cette dernière, avec le flux informationnel qui se réalise entre les activités. Nous allons discuter ces activités par la suite.

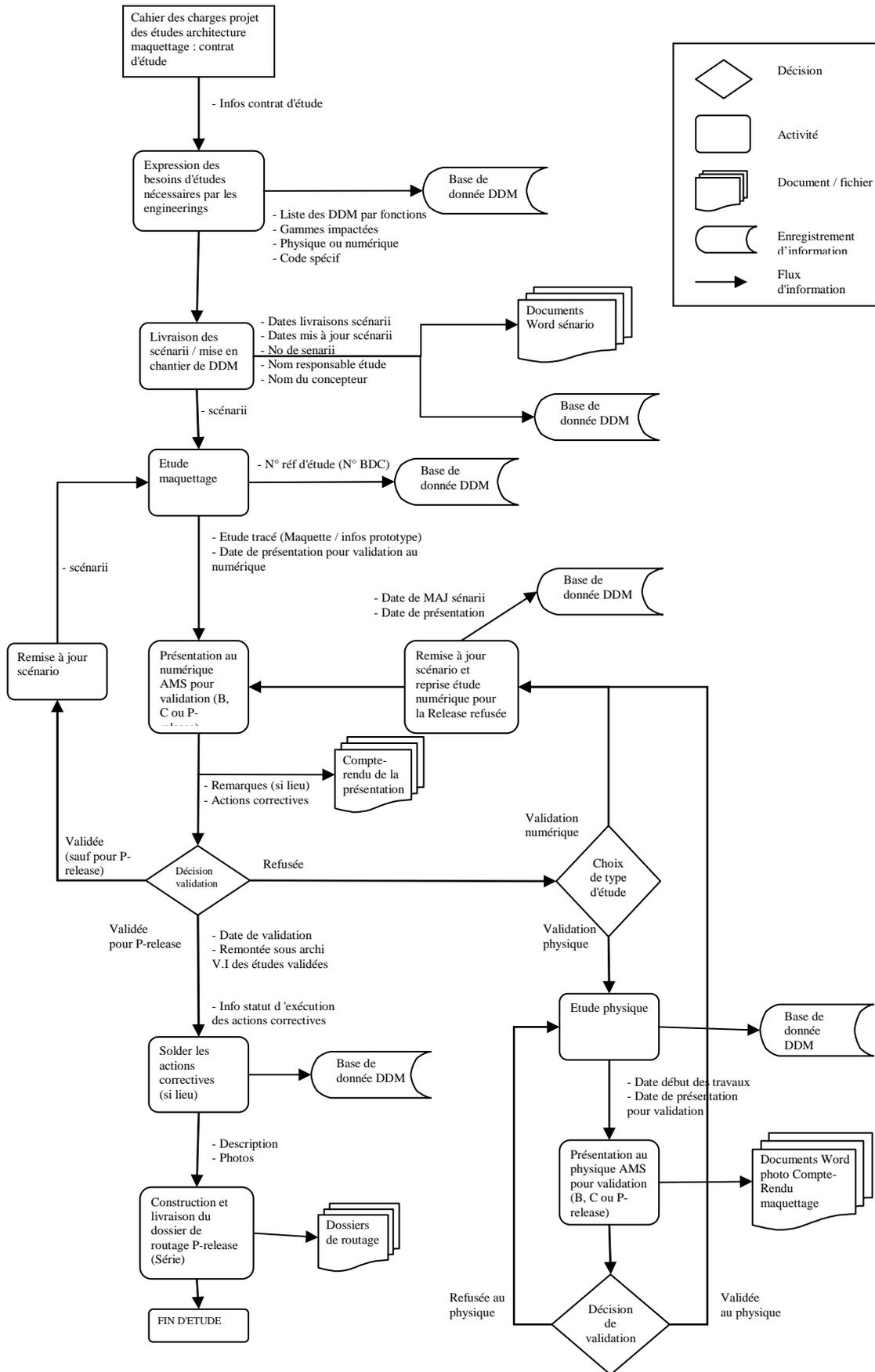


Figure 29: Flux informationnel de la phase étude détaillée

Les départements d'engineering déterminent pour chaque fonction les cheminements pour lesquelles une étude de maquettage détaillée est nécessaire en se basant sur le contrat d'étude de routage, le schéma directeur (qui indique l'allocation des volumes pour les composants de routage), et le planning global des études détaillées. Les responsables d'étude de chaque fonction soumettent au bureau d'étude un document textuel, qui exprime les détails pour chacune des études. Ces documents s'appellent des Demandes de Maquettage (DDM, voir la Figure 30). Les DDM reçues sont considérées par le bureau d'études pendant une série de réunions appelées les réunions de maquettage. Au cours de ces réunions, ces dernières sont validées ou refusées pour modification, selon le contenu de l'étude et le délai que cette dernière demande pour son exécution.

RENAULT V.I.		22010069_01/A	
DEMANDE DE MAQUETTAGE			
Service EMETTEUR 691	1°/ <u>VEHICULE (TYPE)</u> Maquettage pneumatique DFR Magnum		
DEMANDEUR Nom : Poulain Tel : 8 65989 No Dossier Date : 24 11 2005	2°/ <u>OBJET ET BUT DE LA DEMANDE</u> Maquettage des tubes têtes jaune et rouge du DFR Magnum euro4: Reprendre le support 5010599260 pour: -Guider le faisceau en évitant la masselotte d'embrayage des BV ZF -Guider le faisceaux vers le support de sdf gasoil dans le longeron gauche Voir illustrations jointes		
No DE DM ou PROJET PP62			
Lancement PROTO (si maquettage physique) No :			
Délai Demande W 48			
Enregistrement Maquettage No MA M 11 Date : 25.11.05			
DESTINATAIRES REDJEB GAY S. MULTIN JP DELORME S.	3°/ <u>OBSERVATIONS ET POINTS PARTICULIERS</u>		
	4°/ <u>DOCUMENTS - PIECES - JOINTS</u>		

Figure 30: Exemple de DDM

A la fin de ces réunions, une première liste des études routage est constituée. L'étape suivante consiste à désigner les supports numériques pour chacune des DDM. L'architecture routage,

avec la participation des départements d'engineering, construit des documents appelés les remises de scénario pour chaque DDM (voir la Figure 31). Ces documents détaillent le cheminement de la DDM sous forme d'une liste de composants et d'appareils qui seront impactés par l'étude de la DDM. Ces documents sont ensuite utilisés par les concepteurs architecture (les scénaristes) afin de constituer une série d'environnements CAO, appelés les scénarios. Ces derniers comprennent une partie des composants du véhicule, qui se limite à proximité du volume de passage des faisceaux concernés par les DDM, de façon à ce que tous les composants impactés par la DDM y soient inclus. Chaque DDM est donc affectée à un scénario, et chaque scénario comporte l'environnement pour une DDM donnée.

Remise de scénarios PNG PREMIUM 8X4 LC

Demandes : D0594W

Intitulé:

D0594W Maquettage circuits alim et retour entre bloc raccord sur traverse et jauge reserv principal (D-Shape 710) 8X4 Premium LC LHD / RHD

Désignation	N° BDC	N°Doc
Chassis		
Longeron M300x8 WB4345	5010641505	Doc 06
Traverse+ multifonction zone avant chassis	//	Doc14
Intérieur chassis 8x4 LC RHD	//	Doc 09
Support remont cabine + fsc élect Prem 8x4 LC RHD	//	Doc 13
Boîtier de direction	//	Doc 12
Support Insonor	5010634860	Doc 27
Ensemble traverse 8x4 LC Premium	5010641505	Doc 08
Support Moteur arrière	5010634860	Doc 21
Reservoir gasoil 330L D-Shape 710 pos R 3	5010634818	Doc 30
Reservoir gasoil 365L D-Shape 710 Pos R3	5010634818	Doc 38
Reservoir gasoil 450L D-Shape 710 Pos R3	5010634818	Doc 59
Circuits		
Ensemble F.sc BBox 8x4 LHD Kerax	5010635990	Doc 133
F.sc basculement cabine cab courte	5010606753	Doc 29
Tuyaux Rechauffage Urée Premium 8x4	5010634404	Doc 45
Routage Urée Premium 8x4	5010641505	Doc 19
Circuit de Direction	5010641505	Doc 11
Circuit de direction 8x4LC	5010641505	Doc 10
F.sc gasoil Euro 4	5010617032	Doc 172
Tube compresseur Premium 8x4 LC	5010641505	Doc 16
Appareils		
Ens appareils zone AV (APM 8x4 Détend Valve Relais TCM EBS Pomp Urée)	5010641505	Doc 17
BBOX 8x4	5010617024	Doc 57
Reservoir UREE 36L plastique coté gauche 8x4	5010634404	Doc 32
Position des réservoirs gasoil 365L et 450L D-Shape 710 Pos R3 non-conforme 8x4 premium lc		

Figure 31: Exemple de remise de scénario

A la suite de l'obtention des scénarios, l'équipe projet routage élabore le planning détaillé de toutes les DDM, où est défini l'enchaînement des études par rapport aux liens de dépendances entre eux, avec une estimation des délais pour chacune des études. Au cours du processus de conception détaillée, l'équipe va se réunir régulièrement pour valider l'ouverture du chantier d'un certain nombre de DDM, en fonction de l'avancement d'autres études qui impactent

cette dernière. Un concepteur est affecté à chaque DDM ouverte en chantier, et une date de livraison de l'étude y est ainsi fixée.

L'activité d'étude de routage concerne le traçage des cheminements de routage comme indiqué sur le cahier de charge de la DDM. Le concepteur exécute son étude sur la dernière version du scénario affecté à cette dernière. Notons que le scénario est un environnement qui évolue sans cesse au cours du processus, au fur et à mesure que d'autres composants de routage qui l'impactent sont validées et ajoutées au scénario. A chaque validation d'étude, le concepteur architecture (scénariste) est chargé de la mise à jour de l'environnement en y ajoutant les pièces concernant la DDM validée.

Il existe trois phases d'étude et de validation d'une DDM, appelées B, C et P-release, respectivement. Chaque étape concerne un niveau d'étude et de documentation différent. Ces étapes intermédiaires offrent aux acteurs d'avoir une visibilité sur les interférences entre les composants le plus tôt possible avant de valider les DDM pour la production en série, afin d'éviter des grands retours en arrière au cours du processus (Figure 32).

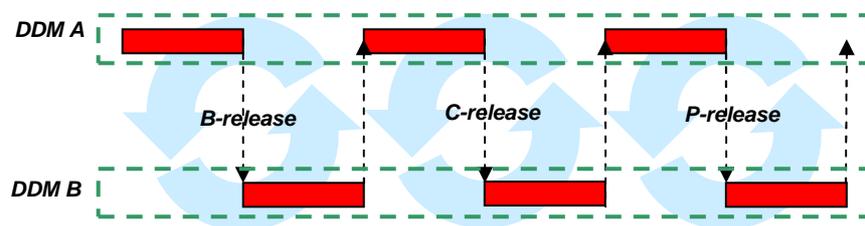


Figure 32 : Cycles de validation des études de routage

L'étude B-release concerne la conception préliminaire détaillée d'une DDM. Il s'agit de produire une première version de maquette numérique des composants, tout en validant les principes géométriques du cheminement, les contraintes d'assemblage, de démontage, etc. Cette première validation guidera le concepteur pour le deuxième cycle d'étude et de validation de la DDM. L'étude C-release est la phase de conception finale détaillée de la DDM. Elle est démarrée lorsqu'un nombre suffisant de DDM qui impacte cette dernière est visible (validées pour B-release). La validation d'une étude pour C-release concerne la validation de toutes les contraintes liées au cahier des charges de l'étude avec celles liées aux processus d'assemblage, de démontage et de qualité. Toute interférence possible entre les composants est résolue au cours de ce deuxième cycle. Ainsi, la validation pour C-release est une première validation pour la production en série -compte tenu de la quantité d'information

que les acteurs ont à cet instant-, mais la validation pour C-release des autres DDM impactées est attendue pour un dernier cycle validation et la préparation de la documentation finale. Ainsi, une DDM est validée pour P-release lorsque l'information à propos de son environnement est suffisamment mature (validée au moins pour C-release) et tout conflit ou interférences autour des composants qui la constituent est résolu. Notons que ces trois cycles de validation ne sont pas nécessaires pour toutes les DDM. Au cours de l'obtention de la planification globale des études, l'architecture routage détermine les cycles de validation nécessaires pour chacune des études, en prenant en compte les relations de dépendance entre les DDM.

Le comportement mécanique des composants de routage est parfois difficile à évaluer autour des maquettes numériques. Dans ce cas, une étude préliminaire s'effectue sur un prototype de camion par les techniciens de Renault Trucks. Une étude numérique suit la validation des composants physiques.

La validation d'une DDM pour P-release est suivie par la préparation du livrable final du processus, appelé le dossier de routage (Figure 33). Ce dernier comprend la liste des composants conçus qui citent leurs spécifications techniques et une série de captures d'écran qui décrit le processus d'assemblage de ces composants. Ce document est directement destiné à la ligne de montage, et sera utilisé au cours de l'achat et de l'assemblage des composants.

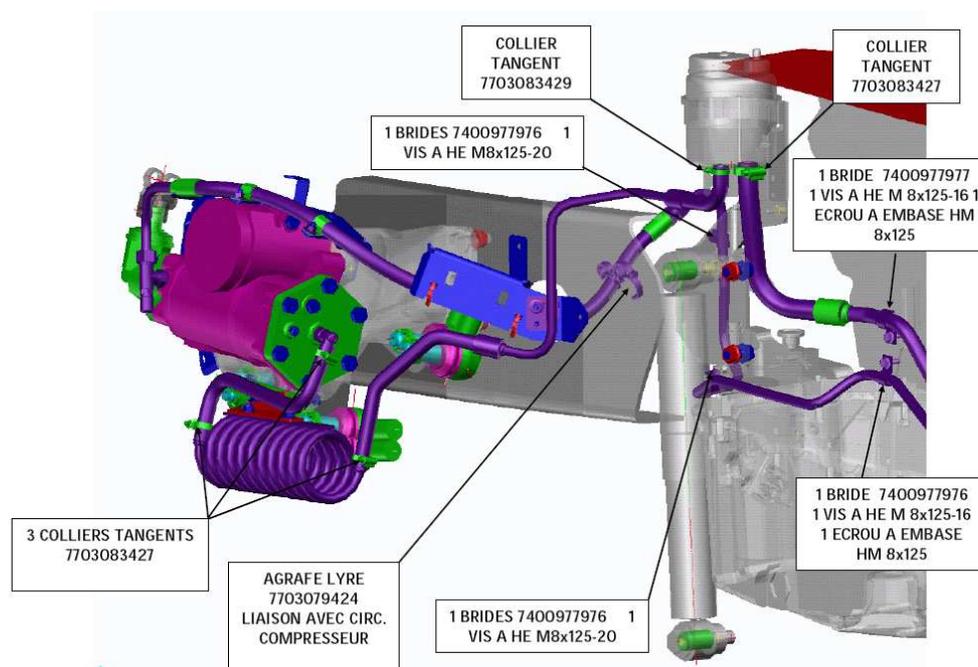


Figure 33 : Exemple de capture d'écran tiré d'un dossier de routage

Le processus de validation des DDM, est ainsi une série d'itérations qui comprend le traçage des cheminements par le concepteur, suivi par une revue de conception qui réunit l'équipe projet afin de valider ce cheminement par rapport à tous les points de vue métier (assemblage, service après-vente, qualité, etc.). Ce processus de validation, ainsi que les revues projets de validation sont appelées Acceptation Maquettage Série (AMS). Le paragraphe suivant résume le processus émergent AMS, tel que nous l'avons observé. Nous allons discuter la façon dont les acteurs coopèrent pendant ce processus, ainsi que les artefacts qu'ils manipulent pour communiquer. Nous allons ensuite mettre l'accent sur la pratique d'annotation observée au cours de ce processus.

2.5 Le processus AMS pour le développement du routage

Dans ce paragraphe, nous allons restreindre notre champ d'observation au processus de validation des études de routage, appelé processus AMS. Comme nous l'avons évoqué avant, ce processus est constitué de plusieurs boucles entre deux activités : l'étude de la DDM par le concepteur, que nous allons appeler la phase asynchrone, et les revues de conception pour la validation collective de l'étude, qui sont les phases synchrones du processus (Figure 34).

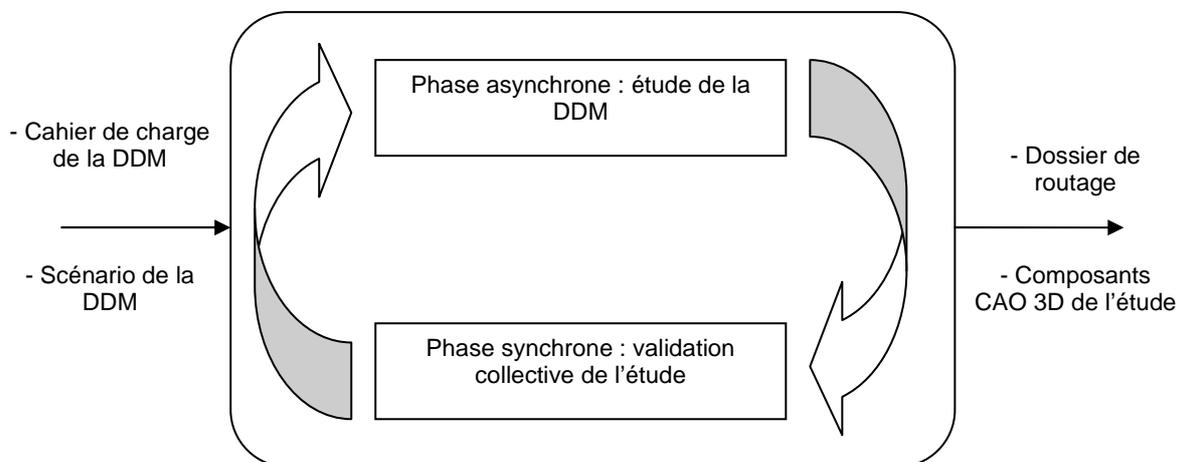


Figure 34 : Processus AMS

Nous allons nous concentrer sur la communication entre les acteurs au cours de ce processus, via la création et le partage d'artefacts.

2.5.1 Phases asynchrones : modélisation et production de maquettes

Les phases asynchrones du processus AMS sont des situations dans lesquelles le concepteur dessine ou modifie le modèle CAO des composants de routage pour proposer une solution géométrique à la DDM. Au début du premier cycle d'étude, il dispose des livrables de la phase d'élaboration, à savoir le contrat d'étude, le schéma directeur et le graphe de montage. A partir de la première réunion AMS, un compte-rendu s'ajoute à cette liste de documents d'entrée. La sortie de cette phase est le scénario avec les composants ajoutés ou modifiés. Une fois qu'il a fini l'étude, le concepteur le signale au scénariste, qui vérifie si l'étude a été effectuée sur un environnement à jour et si elle est conforme aux règles géométriques. A son tour, il va signaler la fin de l'étude au PMS et que cette dernière est prête pour validation AMS. Avant la séance AMS, les composants conçus seront remontés dans l'environnement global CAO qui sera utilisé comme l'artefact partagé pendant la séance AMS.

Bien que la phase asynchrone des études de routage soit vue comme la situation où le concepteur travaille seul sur le scénario, nous avons observé un fort besoin de communication et de coordination entre les acteurs.

D'une part, les acteurs du bureau d'études ont besoin de communiquer entre eux pendant les phases asynchrones. Les concepteurs communiquent souvent autour de leurs études avec l'architecte routage et les scénaristes. L'objet de ces échanges est d'avoir l'avis de ces acteurs, qui ont plus d'expérience et une vision globale sur la géométrie du véhicule. Des décisions collectives sont prises au cours de ces rencontres, qui auront une influence importante sur l'étude du concepteur. Les concepteurs, notamment ceux qui travaillent de façon simultanée sur des études interdépendantes (composants interdépendants), ont besoin de communiquer entre eux pendant leur étude. Nous avons déjà évoqué dans ce chapitre que l'environnement CAO du véhicule est mis à jour au fur et à mesure que les études DDM sont validées par l'équipe projet. Par exemple, la validation de la DDM A nécessitera la mise à jour du scénario de la DDM B dépendante de la DDM A. Dans le cas où cette dernière nécessitera des modifications sur l'étude de la DDM B, le concepteur qui effectue cette dernière peut perdre du temps à intégrer ces composants à son étude. Ainsi, les acteurs sont amenés à collaborer de façon informelle pour coordonner leurs études. Le scénariste que nous avons interrogé sur ce sujet nous confirme que l'architecture incite les concepteurs à se coordonner, tout en constatant que les concepteurs qui effectuent leurs études de façon isolée causent le plus de retard. Les moyens de communication des acteurs du bureau d'études dépendent de leur

proximité géographique mais ils affirment cependant préférer des rencontres en face-à-face autour d'un écran d'ordinateur. Car se comprendre nécessite obligatoirement d'avoir l'objet virtuel comme artefact partagé, et est plus facile pendant des rencontres face-à-face. Par contre, trouver des disponibilités mutuelles à court terme est souvent un obstacle à leur collaboration. Ce premier point révèle l'importance d'avoir des dispositifs qui permettraient de partager l'information entre les acteurs le plus tôt possible.

D'autre part, il existe aussi un besoin de communication entre les concepteurs et les industriels, dû au besoin de l'avis des industriels le plus tôt possible pendant l'étude de la DDM. Bien que l'une des raisons pour effectuer les études en plusieurs phases est de pouvoir avoir l'avis collectif sur son déroulement dès son état préliminaire, l'architecte routage que nous avons interrogé souligne que d'argumenter collectivement sur l'étude même avant la première réunion pour B-release est bénéfique. C'est la raison pour laquelle, les réunions qui précèdent le processus AMS (appelées les pré-AMS) ont été instaurées au sein de l'équipe routage par l'architecte. Ces réunions se font à la demande du concepteur ou de l'architecte pour les études critiques, où la visibilité par rapport aux processus industriels est trop limitée pour pouvoir tracer les composants. L'équipe projet se réunit alors autour d'une maquette correspondant à un état immature de l'étude, pour prendre des décisions collectives préliminaires qui guideront le concepteur dans le reste de son étude. Même si un compte-rendu est constitué à la fin de ces réunions, aucune mise à jour de scénario n'est effectuée.

Par contre, la communication pendant les phases asynchrones entre les industriels et les concepteurs, qui sont localisés à distance, est problématique. Deux raisons principales créent un fort besoin de réaliser des réunions synchrones pour l'équipe projet, afin de pouvoir évaluer collectivement les études :

- La maquette numérique (le modèle CAO) n'est consultable que par les concepteurs. Cela est dû au fait que ces modèles demandent des ordinateurs performants pour leur visualisation, et de l'expertise technique pour leur manipulation, détenue uniquement par les acteurs du bureau d'étude.
- La compréhension de l'étude sur la maquette numérique par les industriels nécessite des informations complémentaires sur la solution, à savoir la présentation des composants ajoutés, des informations sur les types de pièces sélectionnés, et des 'passages durs' de l'étude, qui sont les points géométriques où de grands risques d'interférence entre composants existent. Ce deuxième point révèle l'importance

d'avoir des dispositifs pour permettre à ces acteurs de communiquer de façon asynchrone sur les modèles de produit.

2.5.2 Revues de conception : de la validation à la co-conception

Les revues de conception maquettage (les AMS) sont des réunions hebdomadaires, dont le but est de valider les cheminements proposés par le concepteur durant son étude. Sont présents dans ces séances : l'architecte routage, le PMS, le concepteur qui a effectué l'étude, le responsable de la fonction qui concerne l'étude et les industriels. Ces réunions se réalisent dans les locaux du bureau d'études. Les industriels participent aux AMS à distance via des outils de téléconférence.

L'artefact partagé pendant une AMS est le modèle CAO globale, qui comprend tous les composants du véhicule. Pendant la revue, ce modèle est manipulé par le concepteur qui a réalisé l'étude. Il est projeté sur un écran dans la salle. Les acteurs à Blainville ont également accès à ce dernier à partir d'un logiciel de partage d'applications, qui leur permet de visualiser le modèle manipulé sur leur ordinateur personnel. Tous les acteurs partagent alors la même vue géométrique du modèle. La communication entre les acteurs du bureau d'étude et les industriels se fait à partir d'un système d'audioconférence.

Chaque AMS commence par une explication orale de la solution géométrique de la part du concepteur. Le concepteur présente surtout les 'passages durs' de l'étude, qui sont les endroits géométriques où il existe des risques considérables d'interférence entre les composants. Pendant sa présentation, le concepteur fait souvent référence aux discussions qui ont été faites pendant les réunions précédentes, en vue de faire un rappel de la situation antérieure de l'étude, et de faire apparaître sa contribution depuis la dernière réunion. Cette présentation semble indispensable à l'équipe pour atteindre un niveau suffisant de compréhension partagée de la solution. La présentation du concepteur est suivie par une phase de discussions. Cette dernière débute souvent par une série de questions adressées au concepteur, en vue de comprendre la situation et de relever les premiers points de discussion.

D'une façon simultanée aux discussions, un compte-rendu de réunion est rédigé pendant la séance. L'objectif de ce compte rendu est de dresser une liste des décisions prises sur la conception et de citer les actions correctives prévues. Le compte-rendu de réunion a deux rôles :

- il permet de réifier les points abordés pendant les séances, et avoir une continuité informationnelle au cours du processus,
- il guide pour le concepteur pour la prochaine phase asynchrone de la conception.

Ce compte rendu est constitué d'une série de captures d'écrans du modèle CAO partagé, enrichi avec des annotations textuelles. A chaque fois que l'équipe prend une décision collective ou décide une action corrective à mener, le PMS prend une capture d'écran du modèle CAO partagé, et ajoute une annotation textuelle sur cette dernière décrivant la décision ou l'action (Figure 35). La vue du modèle à capturer et le contenu de l'annotation lui sont dictés par les autres acteurs. Un fichier pdf est généré à la fin de la séance qui contient :

- Les informations génériques sur la DDM traitée (nom, description, la fonction, etc.)
- Les informations sur la séance AMS (la date, les participants, le cycle de validation des DDM traitées, etc.)
- Les captures d'écran annotées qui résument les décisions et les actions correctives.

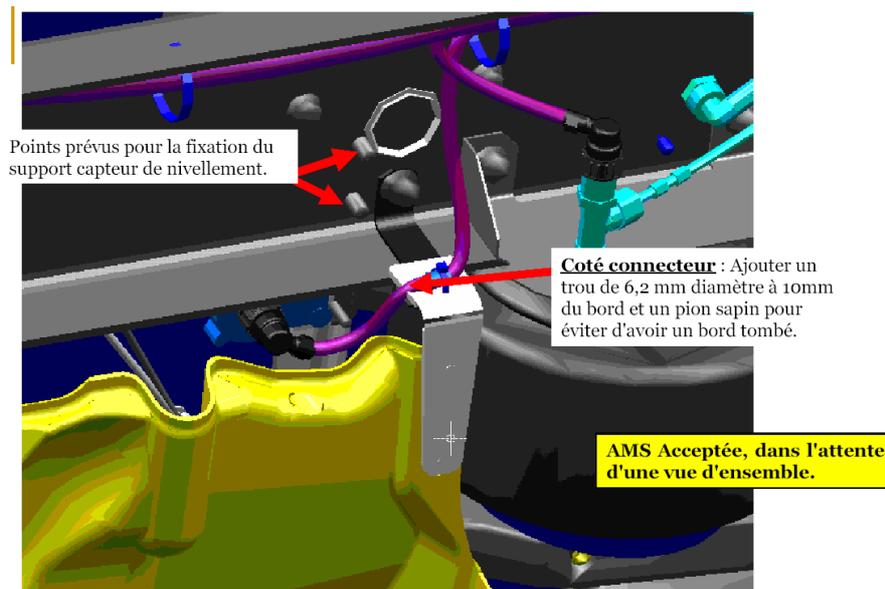


Figure 35 : Exemple de capture d'écran annotée

Les revues de conception AMS et cette structure en trois étapes (B, C puis P release) ont été prévues comme des jalons de l'étude où une décision de validation (go/no go) est prise collectivement par les acteurs. Par contre, nous avons vu au cours de nos observations qu'il s'agit de beaucoup plus que cela. Nos observations confirment que les réunions AMS sont les seuls lieux formels où l'équipe projet trouve l'occasion de discuter du produit et du processus.

La plus grande partie des échanges entre les acteurs pendant ces réunions se fait autour de la compréhension mutuelle de la situation de la conception, des explications des points de vue des acteurs de différents métiers en vue de pouvoir évaluer collectivement la proposition du concepteur.

Différents acteurs que nous avons interrogés confirment nos observations. D'après l'architecte routage : « Les AMS sont devenues aujourd'hui le seul endroit où les acteurs de différents départements sont réunis pour suivre, discuter les solutions proposées et faire le point sur l'avancement des projets ». Le PMS confirme ce point de vue en disant : « Ces séances [AMS] sont aussi des séances de travail où tout le monde en profite pour apprendre le camion à venir ». Ces réunions sont ainsi des occasions pour les acteurs de connaître les nouveaux enjeux que le projet de conception pose sur les processus liés à la production, aux processus après-vente et au management de la qualité du véhicule. Pendant ces réunions, les contraintes liées à l'étude en cours se discutent d'une façon concourante à celles, plus génériques, qui concernent les règles générales de conception. Cela permet aux acteurs d'avoir une vision partagée générale sur la conception.

Ainsi, les réunions AMS sont plus que des points de contrôle du processus de routage. Ce sont des occasions d'avoir des échanges argumentatifs autour du produit et des processus. Ce qui fait que les décisions critiques et leurs logiques sous jacentes sont rendues explicites pendant ces moments. Cette situation est aussi observée dans d'autres terrains d'étude, voir par exemple [Huet et al., 2006].

On peut donc conclure que l'on est bien en présence d'un processus dynamique ponctué par des réunions synchrones appelées AMS. La vision organisationnelle est bien AMS=réunion de revue de projet tandis que la pratique est AMS=processus d'élaboration de la décision. C'est pourquoi les acteurs font souvent la confusion en appelant AMS à la fois l'endroit de prise de décision et le processus global conduisant à la décision.

2.6 Analyse : partage d'informations et pratique d'annotation

2.6.1 Un partage d'informations dissymétrique et lacunaire

Nous avons montré dans les paragraphes précédents que les situations observées des processus AMS de validation des études font émerger une quantité d'information importante à la fois sur le produit et sur le processus.

Comme nous l'avons évoqué précédemment, les séances AMS sont des lieux où les participants échangent et argumentent autour du modèle CAO pour exprimer leurs points de vue spécifiques, discuter les problèmes rencontrés, et proposer des solutions pour pallier à ces derniers. Ces propositions et la logique de conception constituent les informations critiques du processus AMS, elles sont à prendre en compte pour mener à bien les études de routage. Les comptes-rendus AMS ont ce rôle critique de réifier et résumer l'information qui émerge pendant les revues. Ces informations ne sont pas seulement utilisées pendant la prochaine itération d'étude routage, mais elles sont consultées durant tout le processus.

D'autre part, pendant la phase asynchrone, le concepteur prend une série de décisions sur la géométrie des composants routage, à partir des données d'entrée qu'il possède, pour tracer le routage. Ces décisions sont liées à des hypothèses basées sur la connaissance du concepteur sur la consistance géométrique et les processus d'assemblage, de démontage et de qualité, qui lui permettent de convertir les données d'entrée de la phase asynchrone en des formes géométriques. De plus, comme nous l'avons discuté précédemment, il communique au cours de cette phase avec d'autres acteurs du bureau d'études pour discuter et valider une partie de ces décisions de façon informelle. Ainsi, une quantité importante d'information sur la logique de conception est générée, qui doit pouvoir être partagée avec l'équipe AMS. D'ailleurs, lors de sa présentation en début de séance AMS, le concepteur explicite obligatoirement une partie de ces informations pour que les autres acteurs puissent comprendre sa proposition géométrique. Mais nos observations montrent que ces informations ne sont jamais réifiées sous forme d'un artefact partagé au cours du processus. Une partie seulement de ces informations est présentée oralement pendant l'AMS, mais elle n'est jamais enregistrée. Cette situation provoque la perte de ces informations et empêche d'avoir une continuité entre les informations générées et enregistrées pendant l'AMS et celles générées pendant la phase asynchrone, qui sont souvent fortement liées. Nous appelons ce manque un « trou d'information » (information gap) [Hisarciklilar & Boujut, 2006], et le considérons comme un problème à traiter (voir Figure 36).

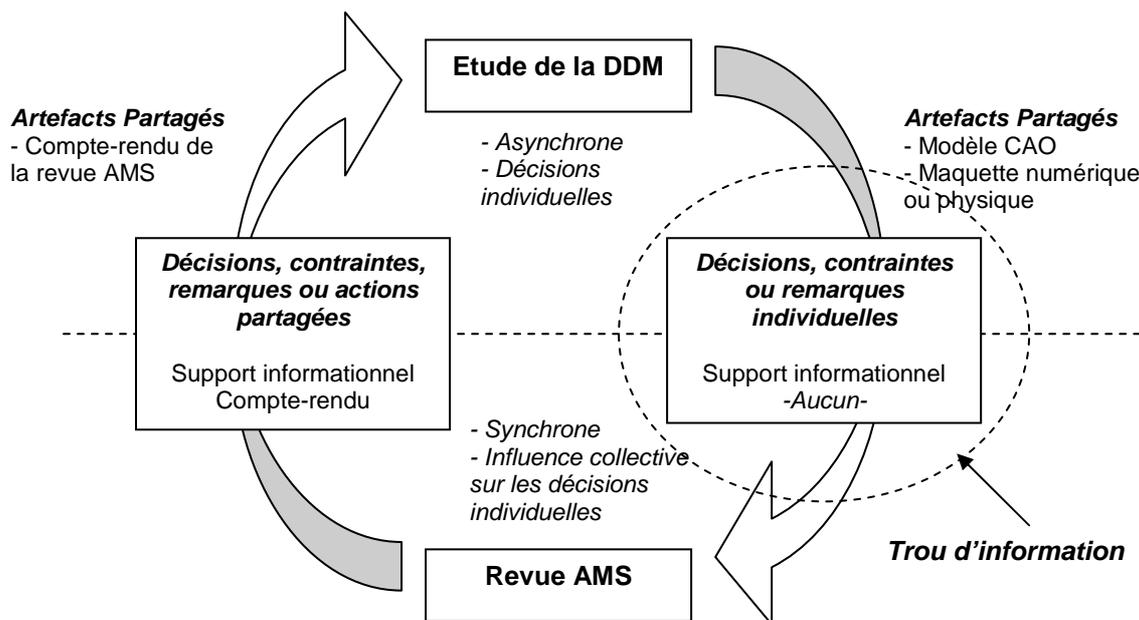
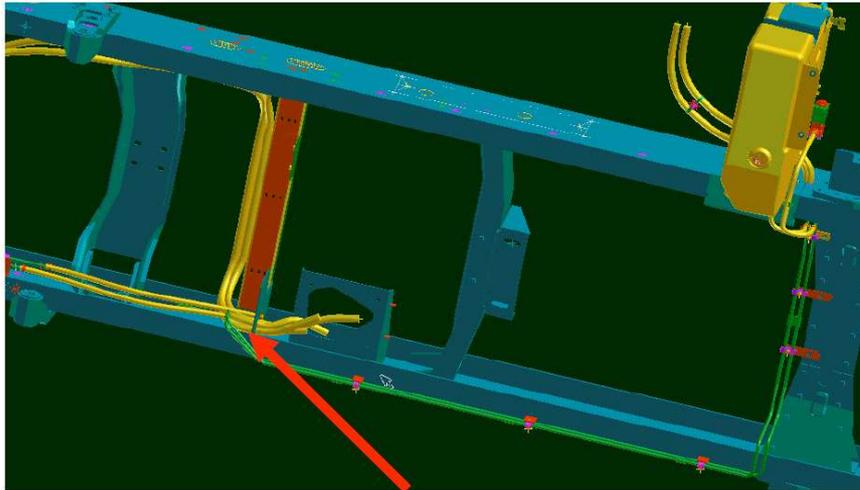


Figure 36 : 'Trou' d'information (information gap) entre les phases synchrones et asynchrones du processus AMS

Mis à part le problème de continuité des informations sur la logique de conception que nous venons de citer, le fait de n'avoir aucune liaison informationnelle à partir de la partie asynchrone vers la partie synchrone du processus empêche les participants de l'AMS de connaître la solution produite avant la revue du projet. Le partage de ces informations avant la revue pourrait d'autre part leur permettre d'avoir des informations au préalable sur le contenu de l'AMS et les points critiques des études. Cela pourrait permettre aux acteurs de converger plus rapidement vers une compréhension mutuelle de la situation. Or, actuellement, les participants découvrent le contenu des études pendant la présentation du concepteur lors de l'AMS.

2.6.2 Pratiques d'annotation

Les pratiques d'annotation de l'équipe projet se résument à celles du compte-rendu de séance AMS. Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, ce sont des annotations textuelles, mises sur des captures d'écran du modèle CAO. L'objectif principal de constituer un compte-rendu de séance est de noter les actions correctives que les participants proposent pour la suite de l'étude de maquettage. La Figure 37 montre une annotation typique d'action corrective, qui propose de déplacer des composants pour éviter une interférence.



Idem suspension Pneu, avancer les tubes de 40mm (voir+), pour éviter l'interférence et garder un jeu minimum de 30mm.

Figure 37 : Annotation sur une capture d'écran montrant une action corrective

D'autre part, les participants de l'AMS mettent des annotations avec plusieurs objectifs informationnels. La capture d'écran et les annotations dans la Figure 38 sont réalisées au cours d'une séance AMS pour valider les cheminements des faisceaux électriques qui relient l'organe urée à la batterie du véhicule. L'objectif de cette capture d'écran avec l'annotation est de réifier un accord sur la partie du cheminement des faisceaux en parallèle avec les tuyaux d'urée (Figure 38, cheminements sur le châssis), qui avait été détecté par le concepteur comme un « passage dur » pendant l'étude.

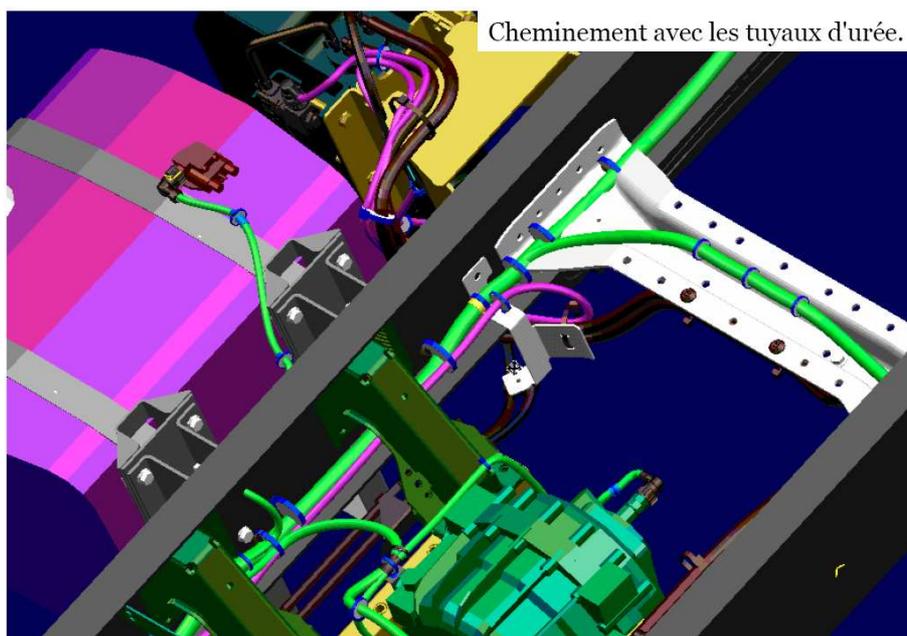


Figure 38 : Capture d'écran annotée montrant le cheminement en parallèle des tuyaux avec des faisceaux

Un autre objectif pour l'annotation des captures d'écran est de clarifier les informations implicites sur le modèle 3D. La Figure 39 illustre une annotation qui explicite le type de manchons à utiliser pour attacher les tuyaux souples aux tubes rigides. L'objectif de cette annotation est d'éliciter cette information implicite, pour améliorer la compréhension de la représentation du produit.

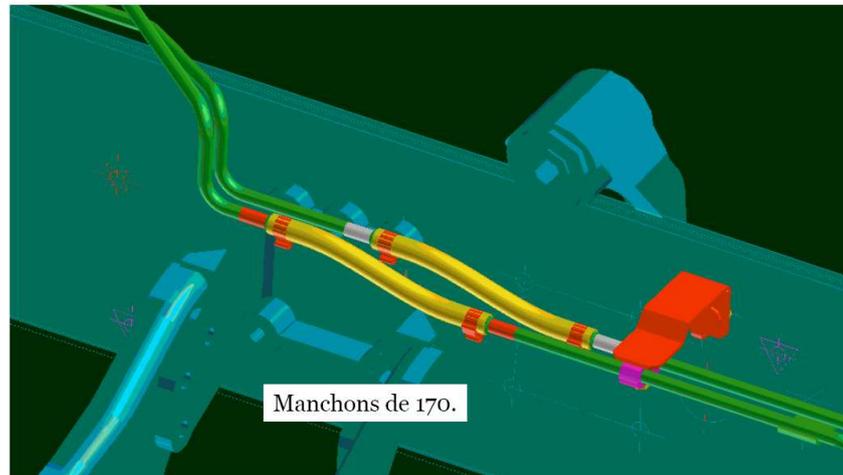


Figure 39 : Annotation clarifiant le type des pièces sur une capture d'écran

Ainsi, cela démontre le besoin de capturer une multitude de types d'informations et de logique de conception pendant les séances AMS, qui sont jugées importantes par les participants.

L'utilisation de comptes-rendus annotés par le bureau d'études apporte plusieurs avantages au cours du processus. D'abord, ces derniers offrent la capture du contexte de la conception avec l'information annotée. Les captures d'écran permettent aux participants de repérer plus facilement le point ou la région du modèle CAO où l'information est concernée. Cela leur évite de perdre du temps, et évite les erreurs d'interprétation. Deuxièmement, les captures d'écran annotées permettent de voir l'état du modèle CAO au moment où cette information a été capturée. En effet, le modèle CAO se modifie sans cesse au cours du processus AMS, avec les mises à jour des scénarios. Connaître exactement le contexte permet aux participants d'interpréter plus précisément les informations contextuelles prises en compte au moment où l'information a été générée.

De plus, annoter les informations sur les captures d'écran permet d'augmenter la durée de vie des informations. Nos observations montrent que ceci est important notamment dans les cas où les acteurs ont besoin de retracer l'évolution des décisions, quand par exemple une DDM

est remise en cause après sa validation. Les captures d'écran annotées permettent dans ces situations de retracer une information tout en visualisant l'évolution du modèle CAO simultanément.

D'autre part, cette pratique d'annotation a des limitations. Tout d'abord, les images statiques 2D ne permettent pas de consulter pleinement la maquette CAO. Les acteurs ont accès seulement à une seule vue de la maquette sur une image. Ce dernier peut rendre la compréhension de la maquette difficile, et empêcher d'accéder aux parties non visibles du modèle.

De plus, cette pratique d'annotation est seulement destinée à l'activité collective. Les informations ajoutées sur les captures d'écran pendant les revues AMS sont des informations qui ont déjà été discutées et élicitées dans le groupe pendant les discussions ; elles donc sont compréhensibles par tous les acteurs. Cela permet de réifier ces informations avec des annotations textuelles simples, qui n'ont pas de structure sémantique prédéfinie. Par contre, partager des informations de façon asynchrone, en l'absence de discussions préliminaires nécessiterait d'autres dispositifs de partage, c'est ce que nous verrons plus loin dans ce mémoire. Car les participants dans ces situations devront effectuer des partages argumentatifs de façon asynchrone pour arriver à un niveau de compréhension partagée de l'information réifiée. De plus, les avantages de la communication synchrone que nous avons évoqués devront se compenser par une structure sémantique forte, qui permettrait de positionner l'information dans un contexte de discussion, et diminuer l'ambiguïté que son contenu peut potentiellement porter.

2.6.3 Synthèse : besoins pour l'amélioration de la communication

Cette étude de cas révèle ainsi deux besoins majeurs pour améliorer la communication de l'équipe au cours du processus AMS. Ces besoins se résument comme suit :

- *Avoir des dispositifs de partage des solutions CAO 3D obtenues lors des phases asynchrones du processus.* Nous avons déjà évoqué dans ce chapitre la nécessité de partager et d'argumenter les solutions le plus tôt possible, à la fois entre les acteurs techniques du processus AMS (concepteurs, architecte et scénaristes) et entre les acteurs du bureau d'étude et les industriels. Des dispositifs qui permettront ce partage de façon systématique dès la fin de l'étude (avec des moyens techniques qui

permettront à tous les acteurs de consulter ces représentations) est important alors pour améliorer la conscience du groupe et la coordination de l'équipe.

- *Avoir des dispositifs d'ajout d'information et de communication argumentative asynchrone sur des représentations 3D des solutions de conception.* Nous avons discuté dans ce chapitre les avantages que l'ajout d'informations portant sur les décisions collectives apporte à l'interprétation et à la réification de ces dernières. D'autre part nous avons vu que la pratique actuelle d'annotation, qui consiste à annoter les captures d'écrans de ces représentations, représente des limitations sur la consultation de ces informations. Nous avons également argumenté que le partage des informations annotées de façon asynchrone nécessitera une structure sémantique pour diminuer l'ambiguïté de ces informations et permettre aux acteurs d'effectuer des discussions argumentées. Nous concluons donc que des dispositifs qui permettraient aux participants d'ajouter des informations sur des représentations 3D avec une structure sémantique permettrait d'étendre les situations de communication argumentative vers les phases asynchrones du processus. Cela offrira des moyens d'argumentation collective plus tôt dans le processus tout en diminuant le « trou d'information » que nous avons présenté dans ce chapitre ; cela apportera donc une continuité de réification et de partage des informations générées tout au long du processus.

Dans la suite de ce mémoire, nous allons ainsi développer des approches et méthodes pour surmonter les deux défis présentés ci-dessous. Après avoir présenté un état de l'art de la littérature sur les approches et technologies d'annotations, nous allons présenter dans le chapitre 4 notre approche d'annotations sémantiques. Dans un premier temps, ce chapitre présentera le concept d'actes d'annotations, comme une approche générique visant à éliciter des aspects sémantiques des annotations véhiculées dans des contextes de communication argumentative, pour diminuer l'ambiguïté de leur contenu. La suite de ce chapitre présentera un modèle d'annotation, basé sur le concept d'actes d'annotation dans le contexte de la conception collaborative. Enfin dans le chapitre 5 de ce mémoire, nous présenterons l'outil Annot'Action comme l'application informatique des concepts développés. Nous discuterons ainsi comment nous surmontons ces défis présentés, autour des scénarios d'usage de cet outil.

Chapitre 3 : Annotations sémantiques pour supporter la communication

3.1 Introduction

L'usage des annotations pour des fins de communication est une pratique qui a vu le jour il y a de cela longtemps. Selon [Wolfe, 2002], les copistes qui travaillaient dans des ateliers monastiques annotaient entre les lignes ou dans les marges des documents qu'ils copiaient pour y ajouter des interprétations. Au fur et à mesure que ces documents circulaient entre les copistes, les annotations servaient comme forum de partage de connaissances issues de la lecture de documents. Les copistes allaient même jusqu'à transcrire ces annotations avec le texte original. [Wolfe, 2002] ajoute que la raison pour laquelle l'usage des annotations était aussi important est que multiples lecteurs avaient accès à la même copie d'un texte, qui, à travers les annotations, devenait une ressource publique pour le partage de connaissances.

Comme [Wolfe, 2002] le montre, il existe un parallèle entre la pratique d'annotation de ces acteurs médiévaux et celle que le support numérique offre aujourd'hui. Les outils d'annotation numérique tirent partie des technologies numériques pour offrir à différentes communautés la possibilité de commenter le même document virtuel. Une pratique qui, selon l'auteur, avait partiellement disparu avec l'imprimerie.

Ce partage de document, d'annotation rapide et pratique offre des avantages majeurs aux communautés virtuelles. Il peut par exemple améliorer la coordination des équipes distribuées [Baber et al., 2005], diminuer le temps de lecture de documents par l'annotation collective de ces derniers [Marshall et al., 1999], ou stimuler les processus de décision collective autour des documents [Guibert et al., 2005].

L'usage du document numérique a également changé les pratiques d'annotation des acteurs des processus de conception collaborative. Les équipes de conception, de plus en plus distribuées, partagent aujourd'hui des documents numériques aussi bien en mode synchrone qu'en mode asynchrone, et manipulent des annotations sur ces documents dans des buts individuels ou collectifs. La pratique de l'annotation est plutôt faite pour améliorer la coordination et l'explicitation de connaissances dans des situations asynchrones, et stimulent la synchronisation cognitive dans les situations synchrones.

Parmi les documents partagés dans le processus de conception, les représentations graphiques 3D gagnent de plus en plus de terrain. Comme discuté dans le premier chapitre, ces représentations constituent des objets offrant un grand périmètre de communication entre des acteurs qui les utilisent de plus en plus comme supports pour les prises de décision collective ou pour l'enregistrement officiel de l'information de conception. Les formats 3D légers facilitent le partage et le stockage de ces représentations et stimulent leurs usages à des fins collectives.

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents aspects permettant d'appréhender de manière rigoureuse le concept d'annotation. Pour cela, nous nous basons sur différents travaux et des outils issus de différents domaines de recherche et terrains d'application. Nous discutons d'abord les concepts d'annotation et d'annotation sémantique. Ensuite, nous nous focalisons sur l'usage des annotations appliquées sur des documents numériques. Enfin, nous présentons les formes et usages des annotations dans des situations de conception collaborative, et plus particulièrement l'usage des documents 3D.

3.2 Annotations sémantiques

3.2.1 Définir une annotation

Dans la littérature, plusieurs définitions du concept d'annotation sont proposées par des chercheurs de différents domaines, où leurs points de vue disparates rendent le consensus difficile. À défaut de proposer une définition universelle du concept d'annotation, nous avons préféré d'analyser les différentes définitions proposées dans la littérature en mettant en avant les différentes propriétés et usages sous-jacents.

[Zacklad, 2006] définit l'annotation en se basant sur le concept de document pour l'action (DopA) [Parfouru et al., 2006]. Ce concept est utilisé dans des situations où les documents sont considérés comme un média support au travail coopératif d'un groupe géographiquement distribué. Ces documents se caractérisent par les sept propriétés suivantes :

- L'état incomplet et prolongé des DopA est dû au fait que ces derniers sont sujets à de longues périodes de compilation qui correspondent aux phases de travail collectif.
- La pérennité des DopA qui est la conséquence de l'engagement des participants vis-à-vis du contenu des documents et de la nature distribuée des transactions entre les participants.

- La fragmentation des DopA qui est observée pendant l'évolution des documents qui peuvent contenir des fragments sémantiquement liés. Ces derniers ne peuvent pas s'intégrer d'une façon mécanique et implicite au document.
- La relation significative entre les fragments du DopA et leurs créateurs, où les différentes parties d'un DopA sont créées par différents auteurs qui ont différents statuts vis-à-vis du document.
- La relation argumentative signifiante entre les fragments du DopA, où chacun des fragments est impliqué dans une relation complexe avec d'autres fragments. Ces relations dépendent des modes d'expression utilisés mais aussi des liens logiques qui peuvent exister entre les fragments (ex. les contradictions).

Considérant les propriétés ci-dessus, Zacklad définit les annotations comme des « fragments documentarisés » d'un DopA, i.e. dotés d'attributs spécifiques qui permettent au fragment de se lier explicitement à d'autres fragments du document. Le processus de « documentarisation » dont Zacklad parle permet par exemple d'explicitier le nom de l'auteur de l'annotation, la date et le lieu de sa création.

Zacklad ajoute qu'il existe plusieurs mécanismes par lesquels un fragment peut devenir une annotation. Un fragment peut prendre une forme de proposition destinée à s'intégrer au document lui-même, ou consiste en une critique, un commentaire (pérenne) ou des questions qui sont liées au contenu du document sans pour autant faire partie de lui.

La description de Zacklad relève des caractéristiques importantes des annotations, comme le fait qu'elles aient des liens explicites avec le document ou encore l'existence de différences intentionnelles entre différentes parties du document. Mais sa description reste surtout valable dans le cas des annotations textuelles de documents textuels. En effet, dans le cas d'annotation de documents graphiques (avec par exemple du texte), les annotations et le document sont de nature différente et donc l'intégration des annotations au document devient impossible¹⁵. Le passage du statut d'annotation à celui de fragment de document n'est pas possible dans ce dernier cas.

¹⁵ C'est vrai dans l'état actuel des modèles, mais on peut imaginer des modèles d'information qui intègrent les dimensions géométriques et textuelles. A titre d'exemple, voir les normes STEP [Fowler, 1995] **Fowler, J.**, 1995. *Step for data management, exchange and sharing*. Technology Appraisals Ltd., Twickenham, UK.

Dans le domaine des interfaces homme-machine, [Baldonado et al., 2000] définissent l'annotation comme « un commentaire sur un objet émis par le commentateur de façon qu'il soit perceptiblement distinguable de cet objet et qui est interprété par le lecteur de façon également perceptiblement distinguable (de l'objet)».

Selon le psycholinguiste et cogniticien [Veron, 1997], une annotation peut être définie comme « une trace de l'état mental du lecteur et une trace de ses réactions vis-à-vis du document ». [Azouaou, 2007] remarque que cette définition se réfère au concept de lecture active, où l'annotation est concrétisée par des marques reflétant l'intérêt du lecteur. On peut se poser ici la question du rapport entre la lecture active d'un document et l'évaluation active d'un document de conception décrivant une solution technique. Il y a bien dans les deux cas une action du lecteur ou de l'évaluateur.

La définition proposée par les documentalistes [Huart, 1996] est « l'activité du lecteur qui consiste à poser des marques graphiques ou textuelles sur un document papier, et ce suivant plusieurs objectifs ».

Ces définitions révèlent aussi des caractéristiques importantes des annotations graphiques que nous présentons comme suit :

- L'annotation a des propriétés qui la rendent distinguable du reste du document. La distinction la plus évidente est la différence de fonction entre un document et une annotation (cf. section 4.2.3). Dans certains cas (y compris le cas de situations collaboratives) la différence de nature entre l'annotation et le document est également un élément de distinction (par exemple, un texte attaché à une image).
- L'annotation marque l'intérêt du lecteur vis-à-vis du document. Ceci est un point important pour notre cas, car dans des situations de travail coopératif d'équipes multi domaines, chaque acteur mène différentes actions par rapport à la même information qu'un document représente. C'est ce que [Carlile, 2002] appelle la frontière pragmatique (voir le chapitre 1). L'expression et la compréhension mutuelle de ces différences d'intérêt sont une partie importante du travail coopératif.
- L'annotation peut aussi représenter une activité d'ajout des annotations à un document. Notre travail de caractérisation des annotations consiste également à considérer l'annotation comme une activité, ce qui revient à caractériser l'annotation

non seulement selon son contenu qu'elle véhicule mais aussi selon l'activité d'annotation qu'elle entretient.

3.2.2 Sémantique d'une annotation

Selon le domaine de recherche considéré, il existe plusieurs approches pour caractériser une annotation selon son aspect sémantique. [Zacklad et al., 2003] proposent trois catégories d'annotation : des méta-données simples (date de modification, auteur ...), des annotations computationnellement sémantiques qui sont des ressources destinées à l'exploitation par des programmes, et des annotations cognitivement sémantiques destinées à l'interprétation par les lecteurs. Nous pouvons déduire de cette typologie que le caractère sémantique d'une annotation provient de « l'interprétabilité » de son contenu et de la nature de son interprète.

D'une part, les annotations computationnellement sémantiques, destinées à l'interprétation par les machines, sont plus souvent utilisées dans le domaine du Web Sémantique, notamment dans les situations de coordination de sources hétérogènes. [Uren et al., 2006] argumentent que les annotations computationnellement sémantiques sont des ontologies, sur lesquelles des fonctionnalités de recherche documentaire et d'interprétation avancées entre des documents de nature différentes sont construites (voir section 4.3.2).

D'autre part, les annotations cognitivement sémantiques sont destinées à l'usage des individus. Elles s'utilisent pour des objectifs personnelles (ex. aide-mémoire personnelle [Azouaou, 2007]) ou collectives (ex. aide à la collaboration des personnels hospitaliers [Bringay, 2006]). [Lortal et al., 2005] avancent que les annotations cognitivement sémantiques agissent comme des clarifications qui permettent l'émergence d'une vision commune d'un objet en construction ou l'émergence et le renforcement de l'identité de chacun des participants au sein d'un groupe. Comme notre travail s'inscrit dans le cadre de la communication interpersonnelle à travers les annotations, nous nous positionnons dans ce type d'annotations et, dans ce travail, par le terme annotation sémantique, nous nous référons aux annotations cognitivement sémantiques.

3.2.3 Propriétés des annotations

Dans ce qui suit, nous allons exposer quelques caractéristiques générales des annotations sémantiques qui découlent des travaux cités précédemment.

3.2.3.1 La cible

La cible de l'annotation correspond à tout objet en relation avec l'objet de la communication. Ce dernier peut par exemple être un document (texte, image, etc.), une partie d'un document (paragraphe, mot, un élément d'une image, etc.), une collection de documents ou une autre annotation.

Ce qui caractérise la relation entre une annotation et sa cible, est que cette dernière fournit le contexte à l'annotation. Autrement dit l'annotation ne se suffit jamais à elle-même, elle ne contient jamais suffisamment d'éléments pour être interprétée. Ce qui implique aussi que la durée de vie de la cible est toujours supérieure ou égale à celle de l'annotation.

En outre, le type de la cible détermine le niveau de granularité de l'information annotée. Ce dernier est particulièrement important dans la communication en conception, pour déterminer le périmètre de la discussion et les modifications éventuelles qui émergent en fonction des décisions prises lors des discussions.

3.2.3.2 L'ancre

L'ancre est l'identificateur visuel [Fogli et al., 2005] de la liaison entre l'annotation et la cible.

On peut caractériser les différents types d'ancres. D'après [Bringay, 2006] une ancre est dite tacite si elle ne désigne pas précisément la cible de l'annotation. L'annotation (a) de la Figure 40 est tacite, car elle porte sur l'ensemble de la solution représentée dans le figure. Elle est explicite quand au contraire elle désigne précisément la cible. Les annotations (b) et (c) sont explicites, pointant sur une région précise de la figure.

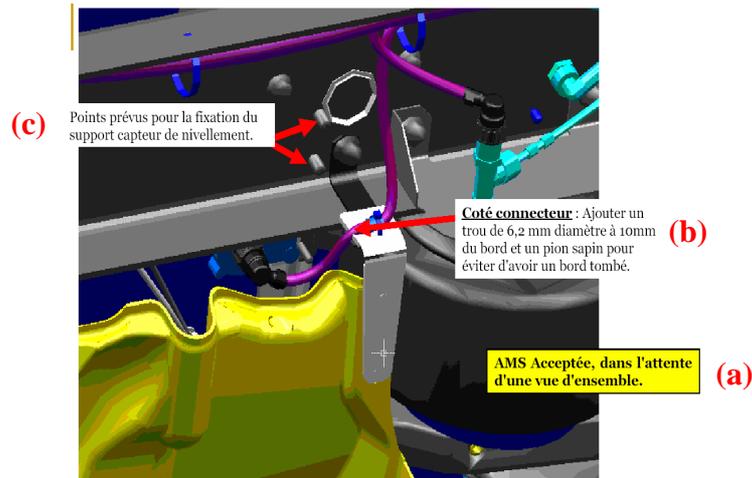


Figure 40 : Exemples d’annotations tacites et explicites

[Fogli et al., 2005] considèrent des annotations « within the document », contrairement aux annotations « standalone »¹⁶. Les annotations sont dites « standalone » si elles sont sur un support externe au document, tout en restant en relation forte avec celui-ci. Ces annotations sont considérées comme tacite. Les annotations « within the document » sont intégrées au document comme de nouveaux fragments de ce dernier.

La forme de l’ancrage d’une annotation peut elle-même posséder un sens sémantique. [Bringay, 2006] considère les ancres conventionnelles dont la forme et la signification de cette forme résultent d’un accord entre différentes personnes (au moins pour l’annotateur). Ces ancres sont des supports des informations sur la localisation de la cible et/ou du contenu. [Fogli et al., 2005] proposent le concept d’annotation idiosyncrasique, qui n’est pas sémantiquement explicite mais qui est représentée par un symbole, compréhensible uniquement par les membres d’une communauté restreinte qui se sont accordés sur sa signification – ou dans le cas extrême par la communauté formée uniquement de la personne qui la produit afin de la réserver à son propre usage.

3.2.3.3 Le contenu

Le contenu est l’information que l’annotateur véhicule à travers une annotation. La forme du contenu peut être textuelle, ou graphique (ex. une esquisse). La forme du contenu d’un document peut également être conventionnelle. Le contenu d’une annotation peut se trouver dans différentes localisations. Il peut être à l’extérieur du document (une page web associée à

¹⁶ Bringay [Bringay 2006] les appelle ancrages fortes et faibles

une autre par un hyperlien), dans le document (Figure 40) ou fusionné avec l'ancre (les surlignages sur un texte).

L'information véhiculée au sein d'une annotation peut avoir différents niveaux de structuration. Les annotations de type texte libre, par exemple, présentent des contenus non structurés. Cependant, dans le cas du Web Sémantique, les annotations ont un contenu très contraint par les ontologies de domaine (où l'annotation est une instance de l'ontologie). La structuration du contenu peut aider à la compréhension de l'annotation par ses utilisateurs et à l'amélioration de son interprétation (par la machine). Notre travail consiste en une proposition de typologie d'annotation et d'un modèle appliqué au cadre de la communication en conception. Une description plus détaillée de ce modèle est présentée dans le chapitre 5.

Dans la plupart des cas (notamment dans le cas du Web Sémantique), les annotations sont dotées de méta-information décrivant le cadre spatio-temporel de l'annotation (créateur, date, etc.). Ces méta-informations jouent un rôle complémentaire au contenu même de l'annotation.

3.2.3.4 La sphère

La « sphère » d'une annotation définit les lecteurs qui vont consulter cette annotation. Cette dernière est souvent déterminée par l'objectif d'usage du document auquel l'annotation est attachée (document privé ou public) et parfois même les annotations privées peuvent être attachées à des documents publics.

Le périmètre de partage d'une annotation a une influence importante sur les formes et structures des annotations. Les annotations privées contiennent souvent des conventions connues seulement par l'annotateur, tandis que les annotations partagées requièrent un effort important de la part de l'annotateur pour rendre l'annotation compréhensible par les lecteurs. Cet effort devient souvent plus important quand le périmètre de communication est plus large (ex. un modèle CAO dessiné à un groupe d'ingénieurs et qui est partagé dans l'équipe projet multidisciplinaire). Il s'agit d'un effort d'élicitation et de traduction entre l'émetteur et le récepteur, ce qui permet d'augmenter le niveau d'intercompréhension mutuel des différentes parties.

3.2.3.5 La fonction (ou la finalité)

Les annotations sémantiques sont souvent caractérisées par leur objectif d'utilisation. Cette approche comprend l'annotation comme une activité finalisée. Plusieurs modèles ont utilisé cette approche, nous les citons dans ce qui suit.

Marshal [Marshall, 1997], définit six types d'utilisation des annotations. L'auteur a mené une expérimentation sur l'annotation des documents impliquant des étudiants d'universités. Le résultat de cette étude consiste en une typologie globale d'utilisation des annotations aussi bien au niveau personnelle qu'au niveau collaboratif :

- Annotation « Signaler un traitement future » : L'annotation est créée afin d'attirer l'attention de l'annotateur sur un point particulier pour une utilisation ultérieure du document (par exemple relecture d'un paragraphe).
- Annotation « Aide mémoire » : L'annotation est créée pour la mémorisation des parties importantes d'un document.
- Annotation « Résolution de problème » : Afin d'éviter de reporter une solution sur un autre document et avoir une discontinuité dans la lecture, le lecteur annote sa solution sur le document.
- Annotation « Interprétation » : Marshall signale trois types d'annotation d'interprétation. Le premier type consiste à identifier les mots difficiles ou étrangers dans un texte. L'effort d'interprétation dans ces cas sera de noter ou reproduire la définition du mot sur le document (par l'annotateur). Le deuxième consiste à structurer un document, par exemple par le soulignage des mots ou des phrases qui caractérisent les parties d'un document. Enfin le troisième type d'annotation concerne l'interprétation du sens même d'une partie du document.
- Annotation « Trace visible de l'attention du lecteur » : L'annotation trace les parties difficiles du document où le lecteur a fait attention.
- Annotation « Réflexion fortuite des circonstances matérielles de la lecture » : ce type d'annotation concerne toute annotation créée indépendamment du contenu du document et pour des circonstances externes.

[Ovsiannikov et al., 1999] regroupent ces types en quatre groupes : se rappeler, penser, clarifier et partager. Ils ajoutent que les trois premiers concernent des utilisations

personnelles, tandis que la quatrième décrit des annotations à utilisation collaborative où que l'utilisateur a besoin de transmettre le sens de l'annotation à d'autres personnes.

Dans sa thèse de doctorat, [Bringay, 2006] propose une autre typologie portant sur un modèle d'annotation destiné au support de la collaboration dans des équipes médicales. L'auteur propose une catégorisation qui s'inspire principalement de celle d'Ovsiannikov et de Marshall et qui consiste en les quatre catégories suivantes :

- Se rappeler : il s'agit soit d'*aider à l'encodage* des connaissances, c'est-à-dire la mémorisation des connaissances contenues dans le document, en faisant l'hypothèse que le fait de marquer un document facilite le processus d'intériorisation des connaissances du document, ou bien de *signaler* les points clés lorsque l'annotateur sait qu'il va oublier ce qui lui paraît important dans le texte, ou encore de *marquer la structure logique du document* pour pouvoir percevoir et réinterpréter rapidement la structure de ce dernier.
- Penser : il s'agit d'interpréter en ajoutant des connaissances issues des expériences personnelles de l'annotateur (remarque, critique, interrogation, commentaire, etc.) pour l'aider à assimiler les informations présentes dans le document.
- Enregistrer une interprétation sans ajouter d'information : contrairement aux notes de type « penser », l'annotateur dans ce cas enregistre une interprétation sans ajouter de nouvelles informations. Ces notes ne sont qu'une reformulation du contenu du document.
- Enregistrer une réflexion incidente : l'annotation comprend un ensemble d'enregistrements de réflexions incidentes qui portent plus ou moins au document ou à l'objet (thème) du document.

Virbel [Virbel, 1993], en étudiant quatre groupes durant un projet de réalisation d'un poste de lecture active, identifie huit objectifs d'utilisation des annotations :

- Classifier :
 - Hiérarchiser : l'affectation d'une valeur numérique à un objet afin de situer son emplacement hiérarchique par rapport aux autres objets.
 - Architecturer : expliciter les composants de la structure logique du texte, en déclarant par exemple qu'un passage est un chapitre, etc.
 - Contextualiser : définir le contexte dans le quel l'objet annoté se situe.

- Compléter
 - Reformuler : donner une nouvelle représentation de l'objet annoté, par exemple par la description textuelle d'un dessin.
 - Commenter : ajouter un commentaire à l'objet annoté. Par exemple, Il peut s'agir de critiques, ou d'idées associées au contexte de l'objet.
- Documenter : ajouter à l'objet annoté un autre objet qui le complète. Par exemple ajouter un dessin qui illustre une description textuelle.
- Corréler : lier deux objets entre eux. Il s'agit souvent de spécifier aussi la nature de la relation.
- Programmer : Déclarer une action dans le futur, par exemple, à relire, à analyser, etc.

3.3 Annotations : le cas du document numérique

Les avancées technologiques impliquent de plus en plus l'usage des documents numériques dans les processus industriels. La conséquence naturelle de cela est que les annotations apparaissent aujourd'hui comme des entités virtuelles attachées à ces documents, contrairement des entités physiques sur un support permanent. L'existence des annotations sur les documents numériques dépend du maintien du document par le système virtuel.

L'usage des documents numériques offre plusieurs avantages pour les processus liés aux annotations. Les systèmes électroniques sont par exemple capables d'interpréter les annotations émises par des utilisateurs et les adapter selon leur profil, sans modifier la structure du document ou les annotations (par exemple offrir des interfaces d'annotation customisées). Les annotations peuvent également se servir pour ajouter des fonctionnalités supplémentaires aux systèmes électroniques (ex. effectuer des recherches documentaires à base d'annotations, ou proposer des liens explicites entre documents pour leur intégration).

L'usage des annotations numériques joue également son rôle sur les pratiques d'annotation. Le partage rapide des documents numériques à travers les serveurs et ou autres moyens (e-mail, etc.) met l'accent de plus en plus sur l'usage collectif des annotations. En effet, les annotations sont utilisées de plus en plus à des fins de communication et de collaboration, dans des documents finalisés mais aussi dans des documents en cours d'évolution.

De nombreux bénéfices de l'usage collectif des annotations sont rapportés. [Marshall et al., 1999] parlent d'une 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, cela représente un gain de temps pour le lecteur. [Denoue, 2000] parle d'une réduction de la charge de travail individuel pour traiter des informations. Les participants à un groupe de travail peuvent mettre en commun le résultat de leur recherche documentaire. Ce partage se fait par l'indexation des documents via les annotations. Ces dernières supportent également les processus d'aide à la décision collective [Marshall et al., 1999]. Grâce aux zones d'annotation on peut identifier des zones de consensus sur d'importantes sous-parties du texte. Elles présentent également un support à la synchronisation opératoire et cognitive des membres d'un groupe de travail.

Dans le paragraphe suivant, nous donnons des exemples d'application des annotations dans les environnements visuels, en mettant l'accent sur leurs usages collectifs, avant de présenter un état de l'art des annotations de Web Sémantique.

3.3.1 Quelques exemples d'utilisation

Les domaines d'application des annotations numériques pour supporter le travail collectif ne cesse d'augmenter. Le « workshop on annotation for collaboration » qui a eu lieu à Paris le 24 et 25 Décembre 2005 a été une bonne occasion de témoigner les travaux de recherche récents dans le domaine de l'annotation. Nous allons citer quelques exemples de travaux présentés pendant ce workshop, pour mieux illustrer les possibilités que les annotations numériques offrent au média numérique.

3.3.1.1 Annotation automatique des images numériques support au travail de terrain

Le travail présenté par [Baber et al., 2005] a deux objectifs principaux : pouvoir collecter de l'information issue de sources multiples dans une même image et offrir des moyens de partages et de modification collective de l'information pendant une activité sur le terrain (ex. investigation d'une scène de crime).

L'outil développé par Baber et al. permet de capturer le chemin que les agents parcourent pendant la découverte du terrain, mais aussi les objets qu'ils découvrent pendant leur investigation. Ces informations sont ensuite annotées sur les images prises du terrain, ce qui permet à ces agents de s'informer les uns des autres et de se coordonner sur le terrain.

3.3.1.2 Les annotations pour le support de la collaboration dans le dossier électronique de patient

[Bringay et al., 2005] proposent d'ajouter des fonctionnalités d'annotation au système documentaire de patient électronique, afin d'améliorer le traitement des documents du système.

Leur étude montre que les annotations sont des supports essentiels à la collaboration des professionnels de santé, notamment pour la création et l'entretien d'une compréhension partagée de l'état des patients et d'une conscience collective des activités du groupe.

3.3.1.3 Services d'annotation pour les librairies numériques

Le travail de [Agosti et al., 2005] consiste à offrir des fonctionnalités d'annotation aux librairies numériques pour intégrer ces derniers aux espaces virtuels collaboratifs. Ils montrent les bénéfices que les systèmes d'annotation apportent aux librairies numériques, comme l'amélioration de la conscience collective des utilisateurs sur le contenu de la librairie et la coordination de leurs travaux, ou l'apprentissage collectif concernant le contenu de la librairie par le biais des annotations des experts.

Le système qu'ils proposent a pour objectif de stimuler la création et le partage de connaissances via un système d'annotation qui propose aux utilisateurs des modèles d'information et des pratiques pour améliorer la gestion de l'information dans les collections de documents.

3.3.2 Les annotations dans le Web Sémantique

Les technologies du Web Sémantique ont pour objectif la génération de documents intelligents. Un document intelligent se définit comme un document qui connaît son propre contenu, pour que les procédés automatiques sachent ce qu'ils peuvent faire avec lui. La gestion de connaissances sur les documents se résumait auparavant par l'ajout de méta informations qui caractérisaient le contexte du document, telles que l'auteur ou les mots clés. Le Web Sémantique, d'autre part, propose d'annoter les documents en utilisant des informations issues des ontologies de domaine.

Les annotations dans le Web Sémantique diffèrent des annotations textuelles traditionnelles dont l'objectif est d'ajouter de l'information sur le contenu des documents, et dont l'utilisation est plutôt destinée aux auteurs du document. Les annotations du Web Sémantique

sont destinées à l’usage des machines et donc leur fonctionnement est tel que les concepts et les relations entre les concepts d’un document sont formellement déterminés. Par exemple, une annotation pouvait lier « Paris » au concept abstrait « Ville » et le relier à l’instance « France » du concept abstrait « Pays » pour éliminer toute ambiguïté concernant à quoi « Paris » se réfère.

Ce type d’annotation offre deux avantages majeurs concernant les systèmes d’information : l’amélioration de la recherche documentaire, et une meilleure interopérabilité [Uren et al., 2006]. La recherche documentaire est améliorée grâce à la possibilité d’effectuer une recherche en utilisant l’ontologie qui permet de détecter des relations entre des ressources hétérogènes. Par exemple, une ontologie sur la géographie, qui identifie les différents types de structure géographique peut permettre de retrouver tous les documents portant sur les fleuves en France. L’interopérabilité entre des sources hétérogènes peut être améliorée, par exemple dans le cas de l’intégration des informations de différentes origines. Les annotations sur ces documents qui partagent la même ontologie peuvent créer des relations explicites entre les concepts que portent ces documents (Figure 41).

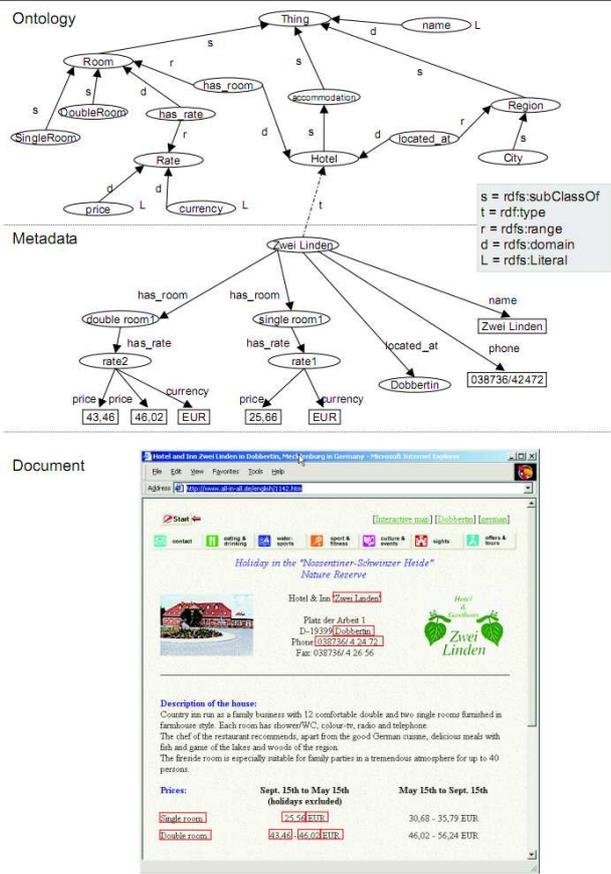


Figure 41 : Exemple d’annotation web sémantique : CREAM [Handschuh & Staab, 2002]

Il existe quelques environnements d'annotations de Web Sémantique avec différentes implications dans les outils. Les deux environnements les plus utilisés sont Annotea [Kahan & Koivunen, 2001] du projet W3C, et CREAM [Handschuh & Staab, 2002], développé à l'Université de Karlsruhe.

Annotea spécifie une infrastructure pour l'annotation des documents Web, en mettant l'accent sur l'usage collaboratif des annotations. Le format principal utilisé dans Annotea est RDF, où il est possible d'annoter des documents de type HTML et XML. L'approche dans Annotea est semi formel d'annotation, où les annotations représentent du texte libre portant sur le document. La méta-donnée s'ajoute au texte, qui indique par exemple la date de création, l'auteur, etc.

CREAM s'intéresse au contexte dans lequel les annotations peuvent s'utiliser, ainsi que le format des annotations. Il spécifie les composants d'un système d'annotation, telles que l'interface, le support d'annotation automatique, le système de gestion documentaire ou le serveur d'annotations. CREAM supporte également le format RDF, et est capable d'annoter des documents de type HTML et XML. La différence principale que CREAM offre est sa capacité d'annoter le Web profond, la partie du Web accessible en ligne, mais non indexée par des moteurs de recherche classiques généralistes.

Outils d'annotation web sémantique

Il existe un grand nombre d'outils d'annotation du Web Sémantique. Un premier groupe d'outils permet la création manuelle d'annotations. La plupart d'entre eux créent des annotations purement textuelles avec un support d'ontologie. Parmi les outils basés sur l'environnement Annotea, Amaya permet d'annoter les documents XML et HTML avec du texte libre. Avec le navigateur Anozilla les utilisateurs peuvent visualiser les annotations sur les navigateurs de Mozilla. Mangrove propose une autre approche d'annotation. L'idée est de permettre aux utilisateurs d'annoter leur HTML avec divers types d'informations créés au préalable, par exemple des informations personnelles des utilisateurs, ou des événements enregistrés dans un calendrier virtuel. Il existe des outils qui permettent l'annotation des objets multimédia, comme des images, des fichiers audio ou vidéo. Vannnotea, par exemple, est destiné au support de la collaboration d'utilisateurs répartis sur des endroits différents, peut annoter les vidéos MPEG-2, les images JPEG et les objets Direct 3D. Des applications

d'annotation web sémantiques sont nombreuses et variées, citer une liste exhaustive de ces dernières est en dehors du cadre du présent travail.

Parmi ces outils, certains offrent des fonctionnalités d'annotation manuelle, d'autres semi automatiques et/ou automatiques. S-CREAM représente une extension de l'outil OntoMat, est dotée d'un système d'extraction d'information, qui permet à partir des annotations faites par l'utilisateur d'apprendre comment reproduire ces annotations et de les réutiliser dans de nouveaux documents.

Parmi les outils d'annotation automatique, on peut distinguer ceux qui proposent des annotations aux utilisateurs, qui demandent donc l'intervention de ce dernier pour la validation de l'annotation (ex. Lixto et Melita), et ceux qui annotent automatiquement les documents (ex. Armadillo ou SmartWeb).

L'automatisation des annotations se fait selon trois stratégies. La première propose l'utilisation des adaptateurs (wrappers) construits manuellement, qui capture du document des patrons (pattern) d'annotations. Les deux autres stratégies consistent à apprendre la façon d'annoter un document. Les systèmes d'apprentissage supervisés sont dotés de fonctionnalité d'apprentissage des annotations faites au préalable par les utilisateurs. Les systèmes non supervisés mettent en place plusieurs stratégies en même temps pour un apprentissage sans supervision, mais leur précision est souvent limitée [Uren et al., 2006].

3.4 Annotations : Le cas de la conception collaborative

L'annotation est utilisée depuis longtemps dans les processus de conception comme un moyen naturel d'ajouter de l'information sur une représentation spécifique [Boujut, 2003]. Les participants annotent les représentations comme une conséquence du besoin d'écrire dessus [Lécaille, 2003], pour des buts personnels ou collectifs.

Comme nous l'avons montré dans le chapitre 1, la façon d'annoter des représentations techniques a évolué d'une façon parallèle aux organisations et aux pratiques de conception. Les annotations textuelles et non structurées qu'on trouve souvent dans les représentations prescriptives ont évolué avec l'émergence des plans 2D qui comportent des annotations structurées, contenant une large série d'éléments techniques pour prescrire des informations non géométriques vers les phases avals du processus de conception.

L'utilisation du média virtuel et l'émergence des représentations numériques a, à la fois changé les pratiques d'annotation, et offert de nouvelles pistes pour annoter les documents. Grâce aux médias virtuels, les systèmes bénéficient non seulement de partage rapide des représentations et des annotations, mais aussi de fonctionnalités d'annotation liées à l'interprétation des représentations et des annotations par les machines. Nous faisons la distinction alors entre les annotations « computationnellement » sémantiques et les annotations cognitivement sémantiques.

Similaires aux annotations du Web Sémantique, les annotations computationnellement sémantiques en conception, servent à ajouter de l'information à une entité afin d'identifier ses constituants et la façon dont ils sont utilisés. Ces annotations sont déjà utilisées et ce depuis longtemps en conception, permettant d'ajouter de l'information contextuelle aux représentations numériques, par exemple ajouter de l'information sur les étapes de construction d'un modèle CAO.

Plus récemment, des travaux visant à proposer une utilisation collective des annotations ont été entrepris par McMahon et al. [McMahon & Daves, 2005; Ding et al., 2007b]. Ces auteurs mettent en avant l'idée d'utiliser les annotations comme un moyen d'assister le travail collaboratif, notamment en adaptant les représentations 3D à la multitude de points de vue métier. Ils argumentent que les ontologies de domaine, qui contiennent des entités représentant un métier et ses relations avec d'autres entités, peuvent être manipulées de façon à ajouter des annotations sur les composants d'un modèle CAO. Ces annotations peuvent ensuite être interprétées par la machine et utilisées par des outils d'analyse pour devenir des données d'entrée aux activités avalées de la conception. Cette dernière est une vision mixte entre le computationnellement sémantique et le cognitivement sémantique.

3.4.1 Formes et usages des annotations

Le processus de conception collaborative comprend des épisodes de confrontation. Ces dernières permettent aux membres de l'équipe à la fois d'informer les autres participants sur l'état de la solution de conception qu'ils produisent, mais aussi de recevoir les commentaires, les critiques ou les évaluations des uns et des autres. Ces épisodes ont un rôle important pour la coopération des participants, car ces interventions servent à la convergence vers une compréhension collective de la situation de conception, d'explicitier différents points de vue

(ex. sous forme de contraintes métier) et de générer de nouvelles propositions de solutions, compte tenu des connaissances mises en commun.

Ces épisodes ont souvent lieu dans des situations synchrones quand une solution de conception est discutée d'une façon collective par les participants (durant les revues de conception par exemple), mais aussi pendant le travail en mode asynchrone, où les solutions de conception sont produites à proprement parler. Pendant les phases asynchrones, les échanges entre participants se font d'une façon médiatisée, par exemple par courrier électronique ou par des échanges de documents déposés dans des entrepôts de données multimédia accessibles par intranet ou l'Internet [Zacklad et al., 2003].

Pendant les phases asynchrones, l'activité d'annotation se fait pour des buts individuels et/ou collectifs. Les concepteurs utilisent les annotations pour indexer ou mémoriser les informations sur une représentation de solution. Les annotations individuelles comprennent souvent des explications, des décisions ou des remarques (toute information de nature non géométrique) produites pendant la construction de la solution, afin de capitaliser ces informations sur une représentation. L'usage collectif des annotations dans les échanges au cours de ces phases permet de construire des épisodes argumentatifs autour du produit. Les annotations sont alors les objets avec lesquelles les arguments, les propositions et les décisions se concrétisent sur le document.

Les revues de conception sont des moments alloués pour l'évaluation collective des solutions de conception autour des représentations. Traditionnellement, elles se font en présentiel (dans une salle de réunion), avec à la fois des supports papiers (souvent des plans) et/ou des supports électroniques. Mais l'émergence des équipes distribuées sur plusieurs sites géographiquement distants a tendance à changer les pratiques de ces revues, où les acteurs distants communiquent à travers des outils de vidéoconférence et/ou de messagerie.

Nous observons deux usages collectifs distincts des annotations pendant ces revues. Le premier, qui représente une quantité importante des annotations se fait pendant ces épisodes, a pour objectif de renforcer la discussion orale. Ce sont souvent des traits, des symboles (ex. une flèche qui représente un mouvement) ou des petits dessins qui peuvent servir : (i) à attirer l'attention des autres interlocuteurs sur un endroit précis de la représentation (un symbole mis sur un composant du produit par exemple), (ii) à représenter une information non géométrique (l'exemple de flèche) ou encore à représenter une proposition de solution

(des traits qui représentent un nouvel emplacement pour une pièce). Ces annotations sont peu structurées et restent souvent incompréhensibles en dehors de leur contexte d'utilisation (en dehors de la revue). La Figure 42 montre des annotations ajoutées pendant une revue de projet que [Guibert et al., 2005] ont observé pendant leur étude.



Figure 42 : Exemple d'annotations sur une maquette 3D renforçant le discours oral

Le deuxième type d'annotation manipulé pendant les revues de projet, que nous avons analysés chez Renault Trucks, se trouve le plus souvent dans les comptes-rendus ou les notes partagées en dehors des périodes synchrones. [Zacklad et al., 2003] considèrent l'utilisation de notes internes et de compte rendus de réunion comme étant particulièrement important dans le contexte de cycles de conception « longs » au sein desquels les supports mnémoniques sont indispensables. Comme il a été discuté dans le chapitre 2, ces annotations ont le rôle de capitaliser les décisions, les actions et éventuellement les argumentations sur les représentations de produit, et leur réutilisation ultérieure pendant les activités de conception. Nous observons un effort considérable de structuration de ces annotations pour mieux capturer le contexte de conception (tels que les acteurs concernés par le contenu, la date, la version de la solution, etc.). Le but est d'augmenter le plus possible la durée de vie des annotations (voir Figure 43).

Acteurs : R. [] G. [] / P. [] M. []
D. [] M. [] - Maquettage cheminement et branchement démarreur

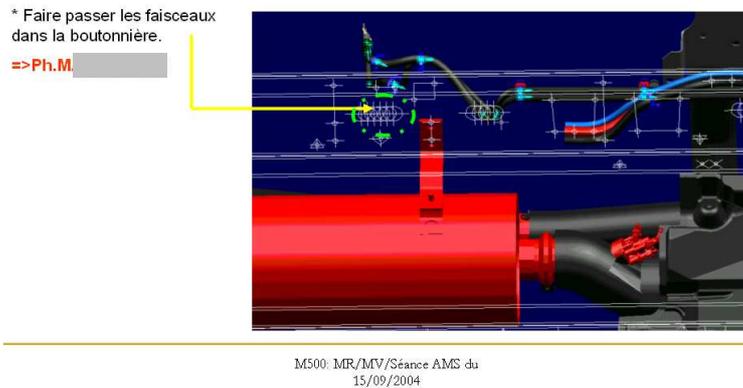


Figure 43 : Exemple d'annotations sur un compte-rendu de réunion

3.4.2 Propriétés des annotations en conception collaborative

Afin de préciser notre position concernant les annotations dans le contexte de l'ingénierie collaborative, nous reprenons les propriétés des annotations exposées dans la première partie du chapitre.

Dans le cas de la conception collaborative, la cible d'une annotation peut être un artefact quelconque manipulé pendant ce processus (une feuille de calcul, un plan, etc.). Les représentations du produit auxquelles nous nous intéressons dans cette thèse conditionnent l'action d'annotation. Comme il a été expliqué dans le premier chapitre, les plans 2D sont dotés de systèmes de symboles qui leur permettent de représenter des contraintes techniques (dimensions, technologies de fabrication, etc.). A travers ces représentations, les concepteurs peuvent manipuler ces systèmes d'annotations très structurés et de prescrire ces informations de façon systématique. Les fonctionnalités d'annotations disponibles actuellement dans les outils de conception 3D, mis à part quelques fonctionnalités de dimensionnement, ne permettent pas ce genre de prescription et, en tout état de cause, ces systèmes d'annotation ne sont pas adaptés à la coopération et à la capitalisation des logiques de conception, de l'historique des décisions ou au traçage des argumentations successives autour d'une question.

La durée de vie de la cible joue aussi un rôle décisif sur la pratique d'annotation. Nous rencontrons des annotations beaucoup plus structurées sur des représentations utilisées à long

terme (comme des comptes-rendus de revues) que sur des représentations utilisées à court terme (une esquisse partagée entre deux concepteurs).

L'ancre de ces dernières varie considérablement d'un contexte à un autre. Nous trouvons des ancres conventionnelles sur les plans 2D, servant à la fois à montrer le point d'ancrage de l'annotation et son contenu. La plupart de ces dernières sont même idiosyncrasique, utilisées uniquement par exemple dans le cadre de communication entre le bureau d'étude et l'usine. Les annotations utilisées dans le cadre de communication argumentative par contre, sont souvent textuelles.

Nous retrouvons des annotations tacites et explicites (voir section 3.2.3) sur des représentations de produit, et avec des rôles différents. Les annotations tacites peuvent être utilisées pour décrire le contexte de la représentation (la date, les acteurs qui ont fait l'étude, etc.), ou pour représenter des informations portant sur l'ensemble de la représentation (ex. une décision de validation), tandis que les annotations explicites sont utilisées pour expliciter une information sur un composant (une propriété mécanique par exemple), ou proposer une solution portant sur une partie de la représentation.

[Zacklad et al., 2003] distinguent entre deux grandes fonctions des annotations : une fonction de critique et une fonction de planification. Les annotations dont la fonction est de critiquer (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). Nous trouvons que la distinction entre les aspects de communication sur le produit (la fonction critique) et sur l'organisation de la tâche de conception est importante pour clarifier les objectifs visés dans cette thèse. Comme nous allons détailler dans le prochain chapitre, nous nous concentrons sur la communication argumentative destinée à la conception d'un artefact du produit.

Dans le cadre de conception collaborative, la forme du contenu des annotations est aussi variée. On retrouve plus souvent des annotations textuelles et graphiques et moins souvent des annotations vidéo ou vocales.

Une annotation pourrait être caractérisée par deux sphères : la sphère privée, où l'annotation est destinée à l'usage de l'annotateur et qui n'a pas vocation à être partagée au sein de l'équipe projet, et la sphère publique où l'annotation est destinée à l'usage de l'équipe projet ou d'un sous-ensemble de cette dernière. Mais nous trouvons que la pratique et l'objectif d'utilisation des annotations varient parmi les annotations qui se trouvent dans les documents partagés entre les acteurs en coopération et ceux partagés dans un périmètre plus large (ex. entre les acteurs en coordination dans le niveau projet). Dans le premier cas, les annotations portent sur des éléments d'une communication argumentative. Les acteurs partagent via les annotations des évaluations, des clarifications ou des propositions portant sur une représentation souvent immature et en cours d'évolution. D'autre part, quand le périmètre de diffusion du document s'élargit, le contenu des annotations prend un rôle de prescripteur d'informations pour les destinataires de ces dernières.

3.4.2 Annotation des représentations 3D

Après avoir présenté les propriétés des annotations dans le contexte de la conception collaborative de manière générale, à partir de ce paragraphe nous restreindrons notre champ d'intérêt aux annotations des modèles 3D.

La particularité des modèles 3D parmi les artefacts virtuels de conception, est leur nature multivue. Un modèle 3D, en effet, se consulte de façon dynamique, avec des possibilités de changements de point de vue sur la scène 3D. Les annotations des modèles 3D se différencient ainsi par rapport à d'autres artefacts collaboratifs sur la stratégie d'ancrage de l'information au modèle 3D. En effet, l'ancrage de l'annotation peut s'adapter à cet environnement dynamique pour une consultation précise. Des différentes stratégies sont discutées ci-dessous :

L'ancrage statique : l'annotation est ancrée à un point de vue spécifique du modèle, et est visible uniquement par ce point de vue. Le cas typique d'annotation statique, est celui de Redlining, où des figures géométriques 2D (accompagnées souvent par du texte) sont attachées au modèle. L'avantage de l'annotation statique est d'assurer que l'annotation est toujours consultée à partir du même point de vue précis. Les captures d'écrans de ces annotations s'utilisent souvent comme supports visuels dans comptes-rendus de réunion.

L'ancrage dynamique : l'annotation est ancrée à un point tridimensionnel ou à une entité 3D sur la scène. L'ancrage dynamique permet de consulter l'ancre à partir de n'importe quel point de vue (où le point d'ancrage est visible). Cette approche permet aux utilisateurs de

saisir et de comprendre plus précisément le point d'ancrage de l'annotation. Aubry [Aubry, 2007] dans son mémoire de thèse distingue deux différentes approches possibles :

- *Ancrage spatial*, où l'emplacement de l'annotation est décrit selon les coordonnées d'un point (un triple $[x,y,z]$) ou d'un volume (ex. une boîte de coordonnées $\{[x1,y1,z1] ; [x2,y2,z2]\}$) auquel l'annotation est attachée au modèle. L'avantage de l'ancrage spatial est qu'il permet d'ancrer l'annotation à n'importe quel point de l'espace 3D, y compris à des objets qui ne sont pas représentés sur le modèle (ex. pour montrer l'emplacement d'une pièce qui n'est pas encore montée au modèle 3D), ou ceux qui ne sont pas représentés par un objet 3D (ex. des trous).
- *Ancrage logique* est une approche d'ancrage décrite par l'objet 3D auquel l'ancrage est fait. Comme le modèle 3D est stocké comme un ensemble d'entités élémentaires, l'annotation est ancrée directement à l'une de ces entités. L'utilisation d'ancrage logique a d'abord l'avantage de permettre de préserver la pertinence des annotations lorsque les objets du modèle sont déplacés. Ceci est particulièrement intéressant dans les cas où les représentations démontées des pièces sont créées, destinées particulièrement aux experts d'assemblage et de maintenance. Cette approche a également l'avantage d'écarter toute ambiguïté sur la partie du modèle à laquelle l'annotation est placée.

Aubry propose ainsi une approche mixte d'ancrage, qui est de définir l'ancre d'une annotation comme la combinaison d'une partie spatiale et d'une partie logique (Figure 44). L'idée est de bénéficier des avantages des deux approches en même temps. En effet, cette approche offre l'avantage de pertinence de l'annotation lorsque celle-ci est attachée à une entité du modèle grâce à la partie logique, et permet d'annoter n'importe quel point de l'espace grâce à la partie spatiale.

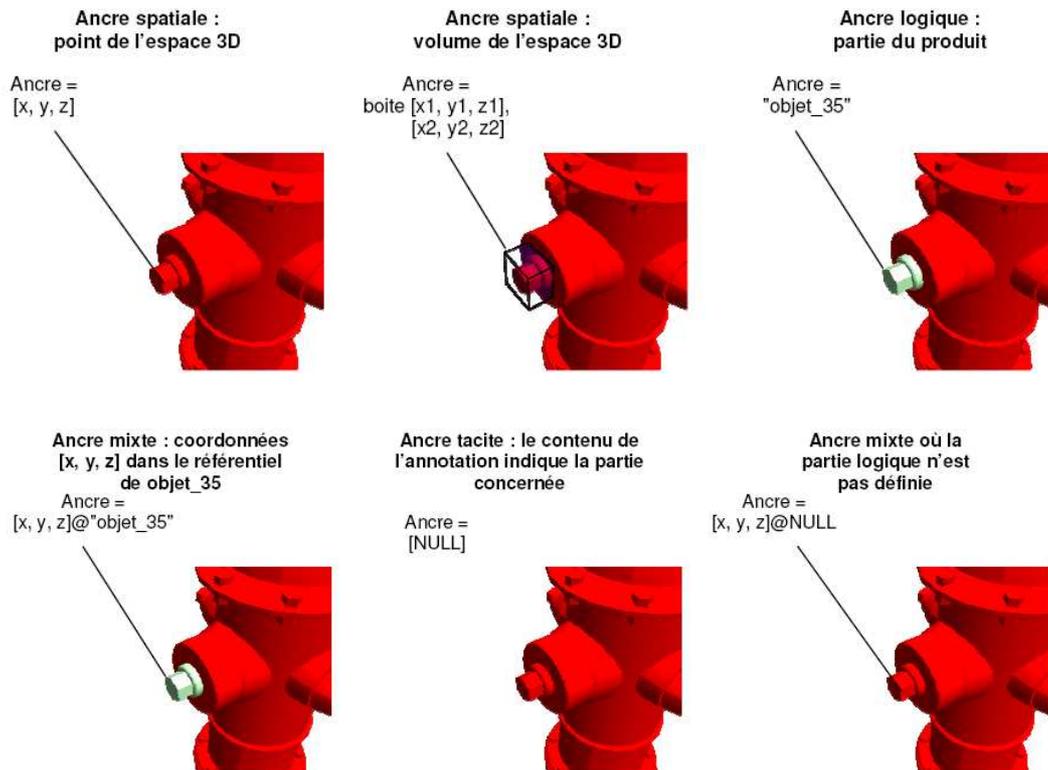


Figure 44 : Exemples de différentes approches d'ancrage [Aubry, 2007]

Dans les deux prochains paragraphes, nous discutons les techniques d'annotations employées sur les représentations 3D. Nous considérons le cas des systèmes de CAO collaboratifs, avant de passer à celui des outils d'annotation des représentations légères.

3.4.2.1 Annotations dans les systèmes de CAO collaboratif

L'un des aspects émergents des systèmes CAO aujourd'hui est le support à la coordination et la communication des équipes distribuées autour des modèles 3D par des fonctionnalités collaboratives dont des fonctionnalités d'annotation. Les systèmes de CAO collaboratifs soutiennent principalement deux situations collaboratives [Li et al., 2006] : *la co-conception ou la co-modification d'un modèle CAO* et/ou *la visualisation collective des représentations 3D*.

Les systèmes qui permettent la co-conception ou la co-modification visent principalement à améliorer les processus de coordination d'équipe et de négociation de solution, dans les situations où plusieurs experts de CAO travaillent sur les différentes parties d'un modèle CAO de façon simultanée. Dans ces systèmes, les utilisateurs conçoivent leurs modèles respectifs via les logiciels de CAO installés dans leurs postes personnels. Ces systèmes

permettent la coordination entre ces utilisateurs au sein d'une architecture de system client-serveur (ex. Collab-CAD) ou de pair à pair (le cas avec deux utilisateurs, ex. Alibre Design) par des fonctionnalités de transfert de modèle CAO, de chat, de messages audio ou vidéo, de visualisation de modèle intégré et d'annotation de modèles.

D'autre part, les systèmes qui permettent la visualisation collective des modèles CAO ont pour but de supporter les processus de discussion, de négociation et de revue de projet au sein d'une équipe distribuée. Parmi ces systèmes, nous citons les viewers des modèles CAO, tels que Cimmerty Systems Autovue, SolidWorks eDrawing ou InFlow ConceptWorks). Ces systèmes permettent la visualisation et la manipulation des modèles CAO par des fonctionnalités simples accessible à tous les acteurs d'une équipe multifonctionnelle. Dans une architecture de type client-serveur, les utilisateurs accèdent aux modèles CAO dans le serveur par des logiciels de visualisation installés dans leurs postes individuels. La communication asynchrone est assurée par des fonctionnalités d'annotations de modèle et de messages audio et vidéo, tandis que des fonctionnalités de chat s'ajoutent à ceux-là dans des situations de communication synchrone. Parmi ces logiciels, il en existe ceux dotés de fonctionnalités de revue de projet synchrone (comme CoCreate OneSpace ou PTC ProductView), où les utilisateurs peuvent créer des sessions de travail collaboratif, constituer des groupes de travail, et attribuer des rôles aux membres de ces derniers (comme leader, designer, supporteur, etc.). Des fonctionnalités de création semi-automatique de compte-rendu de revue s'ajoutent à ces fonctionnalités, où les utilisateurs peuvent co-construire le compte-rendu de revue de façon simultanée, par des captures d'écran et des explications textuelles.

Techniques d'annotation dans les systèmes de CAO collaborative

Comme cité ci-dessus, les systèmes de CAO collaboratifs comportent plusieurs fonctionnalités (comme le chat ou le message multimédia) support à la communication entre les utilisateurs. Même si les fonctionnalités d'enregistrement des sessions de communication avec le modèle 3D (comme les revues de projet à distance) existent dans la plupart des logiciels, les informations échangées ne peuvent pas être annotées sur un point précis du modèle. Les techniques d'annotation utilisées dans les systèmes de CAO collaboratifs, d'autre part, se résument à des figures graphiques 2D, à du texte libre ou à de l'explicitation semi-automatique des caractéristiques du modèle. Ces annotations sont attachés au modèle 3D et servent à la communication synchrone et/ou asynchrone. Les techniques les plus courantes sont discutées ci-dessous :

Annotations textuelles

La plupart des logiciels de CAO collaborative permettent à leurs utilisateurs d'attacher du texte libre à la représentation 3D (Figure 45). Une partie des logiciels offre la possibilité d'ancrage 3D (spatiale ou logique), qui permet d'indiquer plus précisément le point d'ancrage du texte sur le modèle. Les fonctionnalités d'ajout automatique de méta-information concernant l'annotation (comme sa date de création ou le nom de son auteur) existent également dans certains logiciels.

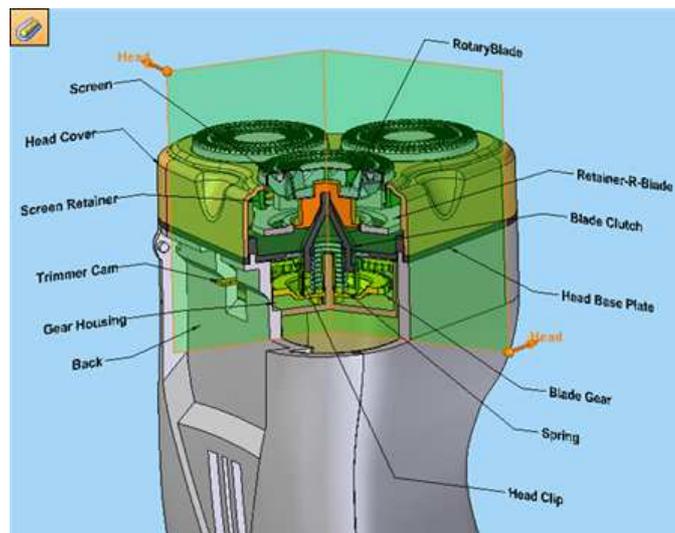


Figure 45 : Exemples d'annotations textuelles sur un modèle CAO (UGS Solid Edge)

Redlining

Les techniques appelées Redlining, concernent des annotations graphiques 2D avec souvent la possibilité d'ajouter du texte. S'inspirant des pratiques de revue des dessins 2D¹⁷, cette technique est utilisée pour pointer ou entourer (avec des figures simples comme des ellipses, nuages ou flèches) un point ou une région spécifique du modèle (Figure 46). Ces annotations sont ajoutées au cours d'une session de communication, souvent pour indiquer une demande de modification. Les captures d'écran avec des annotations de type redlining sont souvent utilisées dans les comptes-rendus. L'inconvénient majeur de cette technique, comme discuté ci-dessus, c'est qu'il n'offre pas la possibilité d'ancrage 3D.

¹⁷ Qui se font traditionnellement avec des stylos rouges

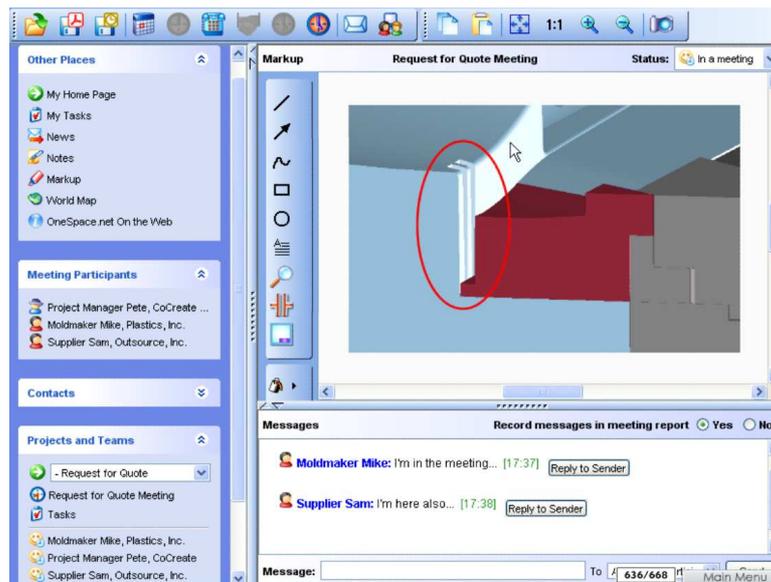


Figure 46 : Une annotation de type redlining dans CoCreate OneSpace

Annotations techniques

Les fonctionnalités d'annotation technique dans les systèmes de CAO collaboratifs sont issues des fonctionnalités offertes par des outils de modélisation CAO. Ces fonctionnalités concernent l'explicitation de caractéristiques dimensionnelles ou mécaniques des pièces, comme l'indication des dimensions ou de distance, de tolérance dimensionnelle, géométrique ou de qualité de surface, etc. Les utilisateurs ajoutent ces annotations pendant des séances synchrones ou asynchrones, pour surligner une caractéristique importante du produit. Certains logiciels (comme PTC ProductView, voir Figure 47) permettent d'ajouter des explications textuelles à ces annotations, pour permettre à l'utilisateur d'exprimer son intention de surligner cette information, ou d'indiquer une action à mener, liée à la caractéristique explicitée.

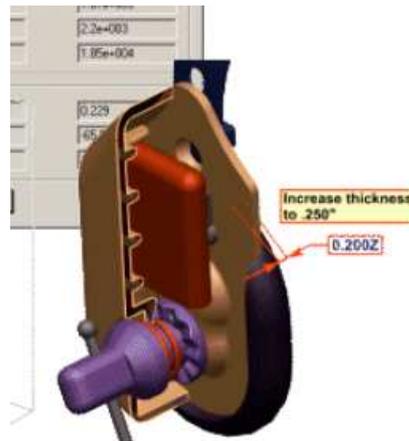


Figure 47 : Exemple d'annotation dimensionnement, accompagnée par un texte (PTC ProductView)

Comme les techniques présentées ci-dessus le montrent, les annotations utilisées dans ces systèmes sont des pointeurs simples, qui indiquent soit une propriété technique ou un message textuel au cours d'une session de communication. Elles sont loin d'être dotées d'une structure sémantique qui reflète les caractéristiques dialogiques de la communication argumentative en conception.

3.4.2.2 Annotations dans les systèmes de représentations 3D « légères »

Malgré l'existence des systèmes permettant la collaboration autour de modèles CAO, la taille importante des fichiers CAO 3D les rendent difficiles à transmettre sur un réseau ou sur Internet, et alourdit les tâches collaboratives. En plus, les fichiers CAO 3D nécessitent des logiciels payants (souvent très chers) pour leur visualisation.

Ces raisons rendent les représentations 3D légères un choix économiquement et techniquement nécessaire pour la manipulation de l'information graphique. Ces représentations ont des tailles de fichiers beaucoup plus petites, sont visualisables avec des ordinateurs moins puissants et ils sont interprétables par des viewers gratuits. Elles sont donc plus faciles à partager et à garder, et donc plus facilement accessibles par un large périmètre d'acteurs (par des acteurs du département marketing par exemple).

Toutes les représentations légères sont une version approximative du modèle CAO. Contrairement au modèle CAO qui fournit une représentation « profonde » avec les possibilités de modification des attributs du modèle, les technologies de représentation légère simplifient les scènes 3D en un ensemble de couplage de points et connections ou plans triangulaires, qui sont destinées uniquement à la visualisation des scènes.

Il existe diverses utilisations de ces représentations : communiquer des informations de conception au sein d'une organisation, communiquer de l'information avec les partenaires externes, montrer des solutions à des clients, préserver de l'information pour de futures utilisations, etc.

Plusieurs formats de représentation légère qui offrent de différentes caractéristiques ont été développés. Le VRML¹⁸ est le format de base parmi tous les formats légers. La scène 3D est représentée par un ensemble de points 3D et de nœuds de connections. Les formats dérivés de VRML, comme X3D ou 3D XML offrent des méthodes de compression plus efficaces. Ces formats décrivent également la scène comme un ensemble de balises XML. Cette structure permet de communiquer la géométrie de la scène avec la structure du produit et les propriétés d'affichage. En plus, puisque les formats qui soutiennent la structure XML sont extensibles, ils permettent l'incorporation d'informations additionnelles sur le produit et le processus dans le format, comme des contraintes spécifiques de domaine. En effet, de nouveaux formats de représentation légère fournissent des structures de meilleur support aux processus de conception. Le format PLM XML, par exemple, a été développé pour intégrer les processus de cycle de vie de produit. PLM XML incorpore les informations sur le produit et le processus, en ajoutant par exemple des informations sur les processus de fabrication (voir [Ding et al., 2007a] pour une revue étendue sur les formats légers).

Outils d'annotation des représentations légères

Les avantages que les représentations légères offrent aux systèmes collaboratifs et leurs formats ouverts incitent les chercheurs à développer des logiciels d'annotation afin d'implémenter et de tester de nouvelles idées d'aide à la communication à travers les représentations 3D. Dans ce qui suit, nous présentons quelques outils et approches d'annotation proposés dans différents domaines de recherche en ingénierie.

Immersive Discussion Tool (IDT) [Craig & Zimring, 2002]

Cet outil a été développé pour aider à la communication dans le contexte d'architecture et d'ingénierie civil, afin de permettre la communication synchrone entre les acteurs techniques, ainsi qu'avec les utilisateurs. L'outil utilise le format VRML et l'environnement java 3D pour la manipulation et l'annotation des scènes 3D. L'approche d'annotation consiste à ajouter des

¹⁸ Virtual Reality Markup Language

objets 3D sur la géométrie avec un ancrage spatial, et une fenêtre de texte libre associée à ce dernier. La fenêtre peut s'éditer par plusieurs utilisateurs, afin de permettre une utilisation de type chat.

L'originalité de l'outil, est qu'il propose plusieurs types d'objet 3D d'ancrage. Le premier consiste à une flèche pointeur simple, pour simplement indiquer un point sur la scène. Le deuxième est une annotation de dimensionnement, qui indique une distance sur la scène avec une flèche à double sens (Figure 48, à gauche). La distance indiquée par la flèche est calculée et affichée automatiquement par l'outil. L'outil propose également plusieurs façons de relier plusieurs points sur la géométrie avec des formes graphiques. On peut, par exemple, en cliquant sur plusieurs points sur la géométrie, créer des flèches pointeurs simples pour chaque point cliqué, ou des flèches à double sens pour relier ces points. Il existe également des annotations de type redlining. Ce sont des formes 3D, par exemple des cercles, que l'utilisateur peut dimensionner et ajouter à un point de vue 3D spécifique de la scène (Figure 48, à droite).

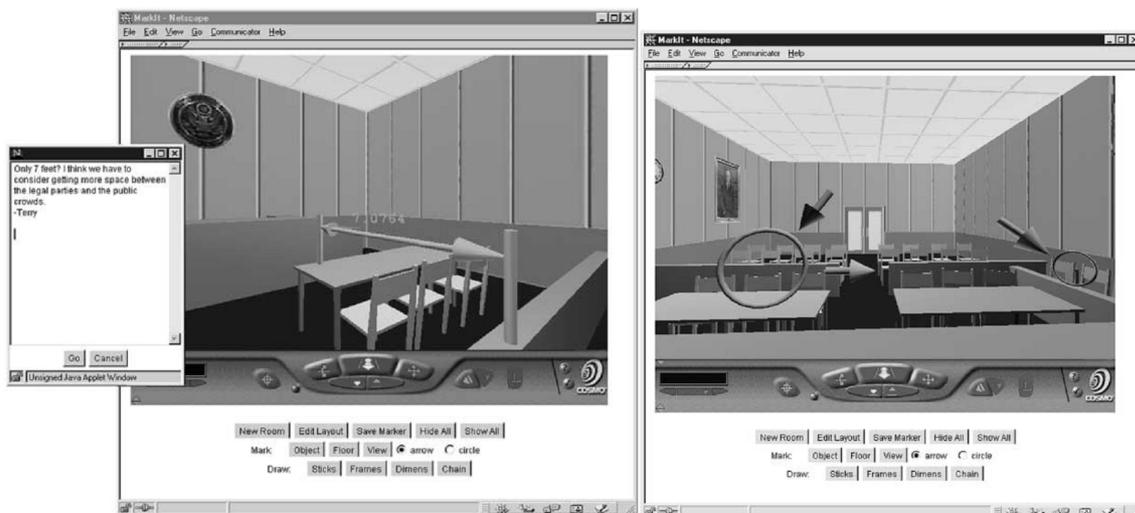


Figure 48 : Exemples d'annotation de dimensionnement (à gauche) et de type redlining (à droite) dans IDT

Néanmoins, l'outil ne propose pas une structure sémantique pour caractériser le contenu de l'information ajoutée. Les formes 3D servent uniquement pour des buts de pointage ou de dimensionnement. De plus, l'outil ne propose pas de fonctionnalité de sauvegarde d'annotations.

Redliner et Spacepen [Jung & Do, 2000; Jung et al., 2002]

Jung et al. proposent deux outils d'annotation, dans un contexte d'ingénierie civile. Les deux outils sont destinés au support de la communication asynchrone entre les acteurs techniques et non-techniques. Le format VRML est utilisé dans ces outils, avec un viewer pour la manipulation des scènes et un environnement Java 3D pour les fonctionnalités d'annotation.

Le premier outil, Redliner, suit une logique de visite de la scène et d'ajout d'annotations textuelles sous forme de notes. Une annotation consiste à une sphère sur la géométrie comme un ancre, et du texte libre, avec de la méta-information qui le caractérise (nom d'utilisateur, date, etc.). Autrement dit, une seule note est attachée à chaque ancre 3D. L'interface de l'outil consiste d'une fenêtre de visualisation de la scène 3D (Figure 49, à droite), et d'une fenêtre de liste de notes. La coloration des ancres permet de coupler les notes avec les ancres (Figure 49, à gauche).

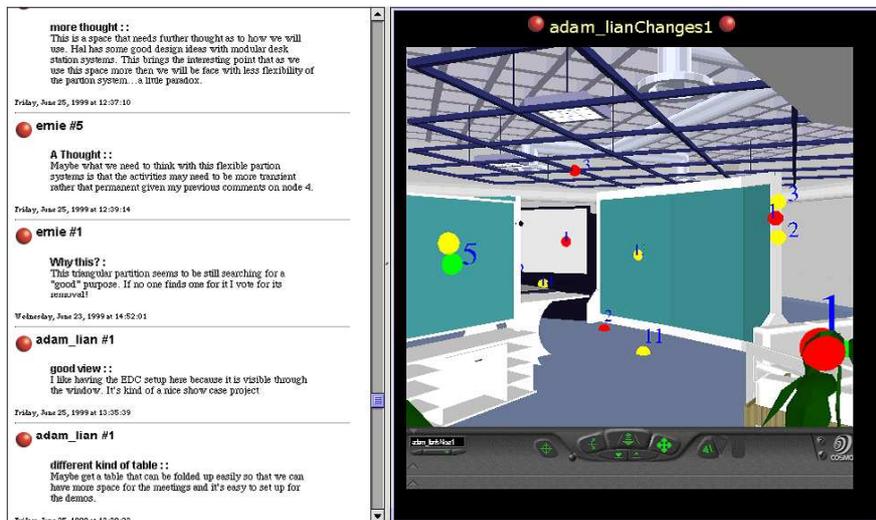


Figure 49 : Outil Redliner [Jung & Do, 2000]

Spacepen, d'autre part, propose des fonctionnalités d'ajout du dessin libre sur les surfaces de la géométrie (autrement appelé du « graffiti virtuel »). Les utilisateurs, peuvent esquisser ou annoter avec des formes libres (Figure 50) avec un choix personnel des couleurs. La fonctionnalité d'ajout automatique de meta-information est également possible.

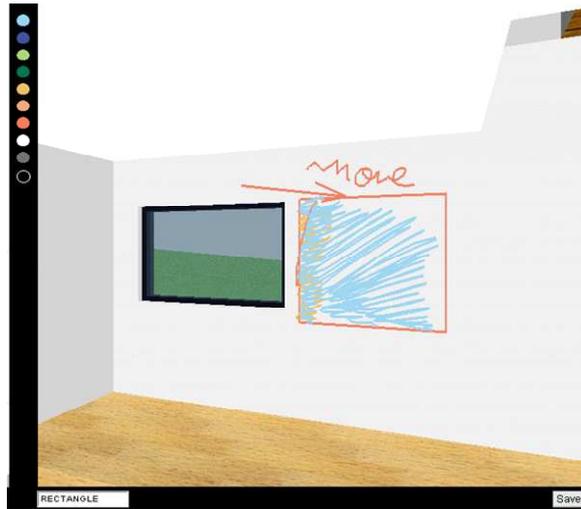


Figure 50 : Outil SpacePen [Jung et al., 2002]

Voice annotator [Verlinden et al., 1993] et VAnno [Harmon et al., 1996]

Les outils Voice annotator et VAnno proposent tous les deux des fonctionnalités d'annotation orale des scènes 3D. Ces travaux se positionnent dans un contexte de communication asynchrone en ingénierie civile. Les auteurs argumentent que l'ajout du son sur des scènes 3D représente des avantages par rapport au texte pour deux raisons principales : l'incompatibilité technique entre une scène 3D et du texte 2D (il est difficile de placer et lire du texte sur une scène 3D), et l'incapacité du texte à contenir les éléments linguistiques, qui introduit de l'ambiguïté dans la communication asynchrone (conformément à ce que nous avons présenté dans le Chapitre 1).

Les deux outils ancrent les fichiers son sur la scène 3D par des formes graphiques 3D. Contrairement au cas de Voice Annotator, où un simple clic sur l'ancrage 3D fait déclencher le fichier son, les ancres de VAnno sont en forme de panel de contrôle, qui fournit les possibilités d'arrêt ou de reprise de l'enregistrement (Figure 51).

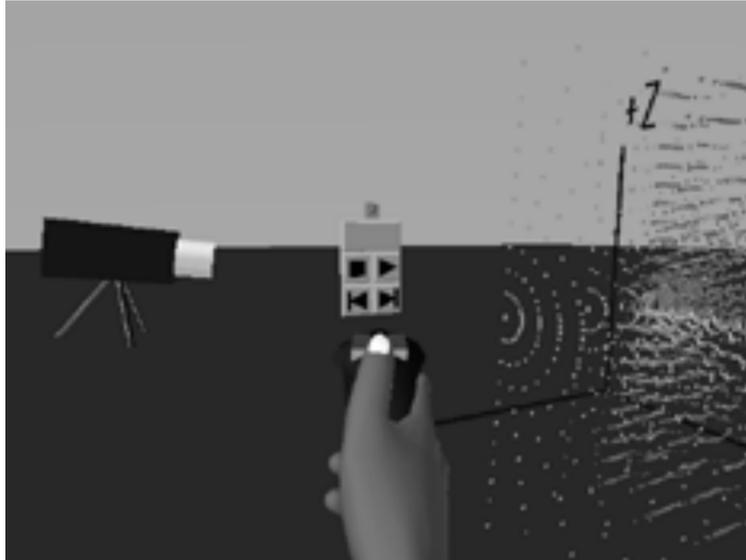


Figure 51 : Outil VAnno [Harmon et al., 1996]

Environnement Matrics [Aubry, 2007]

L'environnement Matrics propose un support à l'annotation asynchrone des scènes 3D et se positionne dans le contexte de la conception mécanique. Le contenu des annotations dans l'environnement Matrics est textuel, et composé d'un titre et d'un corps de texte. L'outil bénéficie d'un ancrage mixte, et de flèches 2D simples qui indiquent le point d'ancrage. La partie titre du contenu textuel est également affichée sur la géométrie. Un seul message est attaché à chaque ancre, qui est éditable par son auteur.

L'outil bénéficie également des ontologies de domaines intégrés. Le contenu de l'annotation peut s'associer à une instance d'ontologie, qui permet au système de reconnaître le contenu, et rechercher ou de filtrer les annotations sur une scène. Un moteur de reconnaissance de texte par mots clés se trouve également dans l'outil, qui propose automatiquement à l'utilisateur des instances d'ontologie à associer avec le contenu textuel.

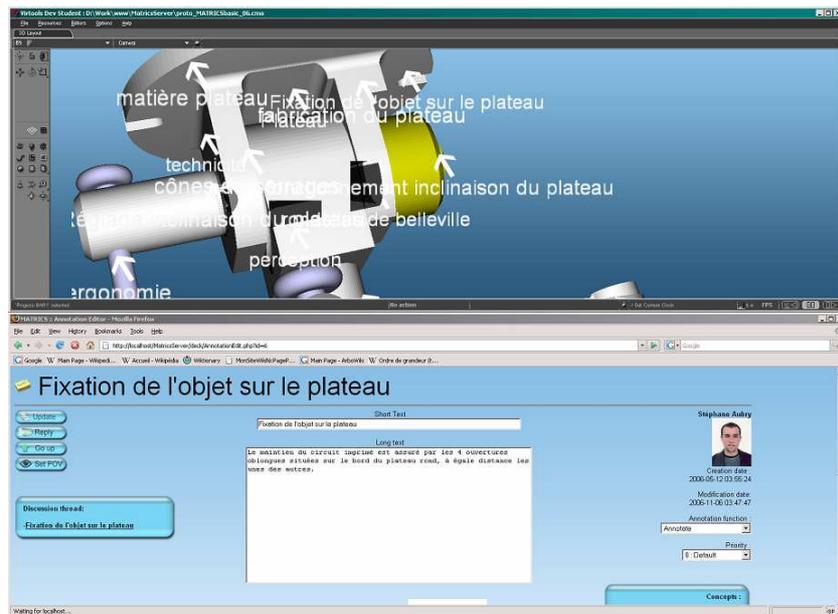


Figure 52 : Environnement Matrics [Aubry, 2007]

Comme cet état de l'art le montre, plusieurs outils et méthodes d'annotation ont été proposées par des chercheurs afin de soutenir la communication autour des représentations légères 3D. Les outils se concentrent principalement sur l'annotation asynchrone des scènes 3D (mise à part IDT), afin d'ajouter d'information supplémentaire pour enrichir le modèle, ou de poster des messages pour signaler un problème, critiquer une solution, etc. Parmi les différentes techniques d'ancrage proposées, de simples formes graphiques (2D ou 3D) comme pointeur de contenu est souvent choisi. L'outil IDT propose d'autre part des ancres dont les formes véhiculent de l'information, par exemple sur une distance. Contrairement aux autres outils qui proposent des contenus non structurés (textuel ou sonore), l'environnement Matrics utilise des ontologies pour améliorer le sémantique computationnel du contenu de l'annotation, afin d'ajouter des fonctionnalités de recherche et d'affichage d'annotations avancées.

Tableau 2 présente une comparaison des fonctionnalités d'annotation des outils présentés. Ce dernier compare :

- Les situations de communication supportées par les outils,
- Le format 3D des représentations,
- Le contenu des annotations,
- Le type d'ancrage à la représentation,
- Le fait qu'ils support ou pas l'ajout automatique de méta-informations sur le contenu de l'annotation.

Tableau 2 : Comparaison des outils d'annotation des représentations légères

Logiciel	Situation de communication	Format 3D	Contenu	Ancre	Support de méta-information
Immersive Discussion Tool (IDT) [Craig & Zimring, 2002]	Synchrone	VRML via Java3D	Texte libre, collectivement éditable	Flèche pointeur 3D, Flèche de dimensionnement 3D, Redlining 3D, ancrage spatiale	Non
Redliner [Jung & Do, 2000; Jung et al., 2002]	Asynchrone	VRML via Java3D	Texte libre	Sphère pointeur 3D ancrage spatiale	Oui
Spacepen [Jung & Do, 2000; Jung et al., 2002]	Asynchrone	VRML via Java3D	Dessin libre 2D sur la scène		Oui
Voice annotator [Verlinden et al., 1993]	Asynchrone	<i>-non spécifié-</i>	Son	Pointeur 3D ancrage spatiale	Non
VAnno [Harmon et al., 1996]	Asynchrone	<i>-non spécifié-</i>	Son	Panel de contrôle 3D ancrage spatiale	Non
Environnement Matrics [Aubry, 2007]	Asynchrone	3D XML via Environnement Virttools	Texte libre et instances d'ontologies de domaine	Pointeur 2D avec texte ancrage mixte	Oui

Notre revue des différentes approches ci-dessus montre que ces dernières n'offrent pas de support au processus de communication argumentative en prenant en compte les aspects dialogiques de cette dernière. Les annotations que les outils proposent sont de type « message de post-it sur la géométrie » qui suivent donc une logique unidirectionnelle de communication.

3.5 Conclusion

Nous avons parcouru dans ce chapitre les caractéristiques et usages des annotations. Les technologies d'annotation actuelles offrent des possibilités aux communautés virtuelles de collaborer autour d'un même artefact. Les technologies émergentes dans le cas de la conception collaborative visent à représenter l'information de façon efficace sur les artefacts collaboratifs. De plus, plusieurs techniques s'emploient pour améliorer la communication à travers les annotations tout en améliorant la reconnaissance du contenu de l'information par les acteurs et par les ordinateurs.

Par contre, le caractère argumentatif et dialogique de la communication en conception d'aujourd'hui représente un défi que les différentes approches étudiées n'ont pas encore résolu. Dans le prochain chapitre de cette thèse, nous développons des idées et des méthodes pour pallier au manque de support de la communication asynchrone en conception autour des

représentations 3D, tout en prenant en compte de la nature argumentative et dialogique de la communication.

Chapitre 4 : Vers un modèle d'annotation pour supporter la communication à travers des représentations de produit

4.1 Introduction

Dans l'approche de conception d'interfaces introduite par [de Souza, 2005], « le sens ou la valeur d'un artefact est intrinsèquement lié à la fois à l'intention de son créateur et à l'interprétation de ces utilisateurs sur le comment, où et quand peut-il être utilisé »¹⁹. Autrement dit un artefact est, comme d'ailleurs connote son nom, n'a pas de sens dans l'absolu. Il prend sens dans le contexte dans lequel il est créé, manipulé et partagé.

Les annotations, comme tout autre artefact dans le cas de l'ingénierie collaborative, ne font pas exception à la règle. Nous avons montré dans le chapitre précédent que la sémantique d'une annotation est fortement liée à l'objet auquel elle est attachée, à l'objectif pour lequel elle est manipulée et au contexte particulier dans lequel elle évolue. Nous avons aussi montré, à travers les exemples tirés du cas Renault Trucks, que les acteurs font un effort considérable afin de diminuer l'ambiguïté que les annotations peuvent porter en capturant des éléments du contexte sur des captures d'écran (voir §3.4.1).

En effet, le manque d'explicitation du contexte dans lequel un artefact est utilisé et avec lequel il interagit implique souvent une communication ambiguë ou lacunaire, qui peut coûter cher aux organisations (voir par exemple [Stacey & Eckert, 2003]). Comme nous l'avons développé dans le premier chapitre, cet effet est encore plus important dans le cas de la communication asynchrone à distance, car le discours oral et les gestes qui permettent aux concepteurs de désambiguïser une situation y sont absents. De plus, le contexte de la communication asynchrone évolue en l'absence des auditeurs. Ceci induit la nécessité de capturer et d'explicitier le contexte, pour que les interlocuteurs puissent facilement le représenter, interpréter et traiter correctement les éléments de communication.

Dans ce chapitre, nous décrivons et justifions un modèle d'annotation qui se base sur des concepts de la linguistique pragmatique. Notre objectif est de construire un modèle d'annotation qui permette aux concepteurs d'explicitier la relation entre le contenu de leurs

¹⁹ “An artifact's meaning, or value, is intrinsically associated to both its creator's intent and to its users' interpretation of how, when and where it can be used.”

annotations et le contexte de la communication argumentative associée. Nous introduisons pour cela le concept d'actes annotation en conception, un concept qui s'inspire de la notion d'actes de langage.

La suite de ce chapitre est structurée en trois sections principales. La première section est consacrée à la description du concept d'acte d'annotation. Nous commençons d'abord par citer des travaux illustratifs des usages de la linguistique pragmatique pour construire des théories autour de la conception collaborative. Ensuite, nous exposons l'état de l'art concernant l'utilisation des actes de langage dans le domaine des annotations. Nous définissons les concepts d'actes d'annotation locutoires et illocutoires dans le cas de la conception collaborative. Nous illustrons ces définitions avec des exemples tirés du terrain Renault Trucks. La deuxième section décrit la structure d'annotation que nous proposons. Une classification simplifiée des actes d'annotation en conception est présentée. Cette classification est destinée à être implémentée dans un outil de communication à base des annotations. La structure des annotations que nous proposons comprend explicitement de nouveaux éléments du contexte que nous exposons plus en détail dans la suite de ce chapitre. La dernière section présente un modèle d'annotation qui propose des liens explicites entre les annotations et d'autres entités constituant un outil d'annotation de façon à ce que la structure des annotations puissent intégrer n'importe quel de ces outils.

4.2 Des actes de langage vers les actes d'annotation

4.2.1 La théorie des actes de langage

4.2.1.1 Linguistique pragmatique et la théorie de la conception

La pragmatique est la branche de la linguistique qui s'intéresse aux éléments dont la signification ne peut être comprise qu'en connaissant le contexte. Donc l'objet d'étude de la linguistique pragmatique est l'usage, la co-ordination et l'interprétation du langage dans l'interaction pratique entre les personnes²⁰ [Levinson, 1983]. La linguistique pragmatique ne considère pas le langage comme une série de mots et de phrases employées, elle se base plutôt sur le concept d'énoncé²¹, et essaie d'étudier l'interaction entre un énoncé et le contexte dans lequel ce dernier se situe.

²⁰ Linguistic pragmatics takes as its subject of study, the actual use, co-ordination and interpretation of language in practical interaction between people.

²¹ angl. utterance, tout ce que quelqu'un peut dire

Cette approche a déjà inspiré des chercheurs dans le domaine de la conception. [Bucciarelli, 2002], par exemple, suggère que les artefacts partagés au cours de la conception font partie des éléments du langage de la conception. L'auteur considère qu'un artefact partagé est en continuelle interaction avec le contexte dans lequel il est utilisé. Cette interaction se fait d'une part à travers l'influence du contexte sur l'artefact (l'artefact se reforme, s'éteint, etc. suivant le contexte), et d'autre part à travers l'influence de l'artefact sur le contexte (par exemple en provoquant une nouvelle idée ou en confirmant une conjecture).

Par ailleurs [Dearden, 2006] propose le terme d'énoncé matériel²² pour caractériser la communication en conception, en se basant sur des concepts de la linguistique pragmatique. Tel que Schön l'introduit, cette approche considère aussi la conception comme une conversation avec la situation, et caractérise la conception comme une série d'énoncés matériels, énoncés qui construisent ou modifient des artefacts matériels. Donc d'après [Dearden, 2006], ce qui caractérise les énoncés en conception est qu'ils constituent un artefact matériel dans leur contexte (en plus des autres éléments du contexte tel que l'auditeur ou l'audience). Afin d'identifier l'influence du contexte sur la formalisation des énoncés, et vice-versa, l'auteur propose un cadre pour étudier la manière dont ces énoncés interagissent avec ce contexte particulier.

Par conséquent, la linguistique pragmatique est aujourd'hui l'une des références pour établir des théories sur la communication en conception, car elle offre des moyens de distinguer et d'analyser les actes de communication et leurs contextes (pour plus de détails se référer à [Galle, 1999; Coyne et al., 2002; Ripoché & Sansonnet, 2006] ou à [Lloyd, 2000]).

4.2.1.2 La théorie des actes de langage : Actes locutoires et illocutoires

Notre approche de communication en conception est basée sur la théorie des actes de langage qui est apparue pour la première fois avec la publication de Austin, « Que Dire C'est Faire » [Austin, 1975]. [Searle, 1969] est également connu comme contributeur majeur des recherches à cette théorie.

L'originalité de la position de Austin réside dans le fait que le rôle d'un langage n'est pas seulement d'énoncer si les choses sont fausses ou vraies, mais qu'une parole interagit avec son contexte et peut se dire avec une multitude d'intention. Son approche se base sur

²² Material utterance

l'hypothèse que les paroles accomplissent des choses, autrement dit les gens font des choses en énonçant des mots²³.

L'idée principale de la théorie des actes de langage affirme que les personnes, en situation de communication, ne s'échangent pas seulement de simples énoncés. Toute parole représente aussi l'expression de l'attitude de son interlocuteur vis-à-vis du contenu propositionnel de cette parole. Donc un interlocuteur peut avoir différentes attitudes par rapport au même énoncé. Par exemple, l'expression d'une spécification de conception (« la tolérance minimale entre les tubes est de 0.3 mm ») peut s'utiliser pour justifier une proposition de solution (« j'ai gardé la tolérance minimale de 0.3 mm entre les tubes »), ou pour montrer un problème (« la tolérance minimale entre les tubes devrait être de 0.3 mm pour éviter l'interférence », cf. Tableau 3).

Tableau 3: Exemples de différentes forces illocutoires pour le même contenu propositionnel

<i>Phrase</i>	<i>Illocution</i>
<i>La tolérance est de 0.3mm</i>	Affirmation
<i>La tolérance est-elle de 0.3mm ?</i>	Question
<i>Modifiez la tolérance vers 0.3mm</i>	Ordre
<i>Je peux diminuer la tolérance vers 0.3mm, si vous voulez</i>	Offre
<i>Je vous garantis que la tolérance sera de 0.3mm</i>	Promesse

Autrement dit, tout acte de langage est constitué d'un contenu locutoire et d'une force illocutoire appliquée à un énoncé (ou au contenu locutoire). [Moore, 1998] explique cette hypothèse par la relation logique $F(P)$, où P représente le contenu locutoire et F la force illocutoire. Cette opération logique est plus complexe qu'un opérateur booléen. [Covington, 1998] ajoute que cet opérateur n'est jamais vide, c'est-à-dire que l'énoncé porte toujours une force illocutoire ($F(P) \neq P$). Par exemple, parler simplement d'un fait, ne revient pas seulement à exprimer ce dernier, mais aussi de s'engager sur sa vérité vis-à-vis des autres interlocuteurs, en d'autres termes la neutralité pure n'existe pas dans la communication interpersonnelle.

L'illocution est distincte du contenu du message. Par exemple, nous pouvons dire que la force illocutoire des énoncés 'quelle heure il est ?' et 'quel âge as-tu ?', est la même, si nous

²³ Le titre original de l'ouvrage est : "How to do things with words".

considérons qu'ils représentent tous les deux l'intention de demander de l'information. Ce qui diffère dans ces deux cas c'est effectivement leurs contenus propositionnels respectifs (parler de l'heure ou d'âge).

L'illocution est aussi différente de la perlocution qui représente une troisième dimension de l'acte de langage. L'effet perlocutoire d'un acte de langage est l'effet que produit un acte de langage dans la réalité comme conséquence de l'énoncé, par exemple, persuader ou informer.

L'illocution et l'effet perlocutoire sont souvent liés, mais ils peuvent également se distinguer facilement dans un contexte donné. Par exemple, la proposition d'un concepteur de diminuer la tolérance d'un trou sur une pièce peut être retenue ou pas. Un interlocuteur contrôle ainsi l'illocution, mais il ne fait qu'essayer de contrôler la perlocution.

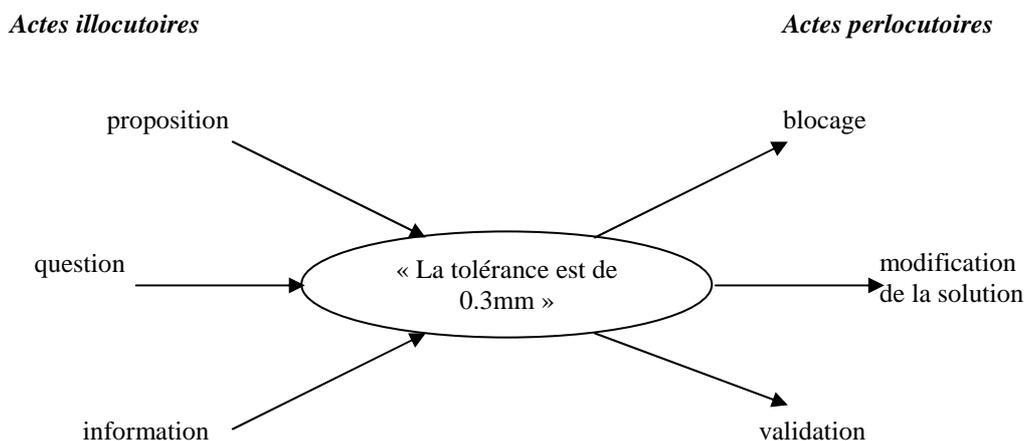


Figure 53: Exemple d'actes de langage²⁴

Cette théorie montre aussi que la même phrase peut avoir des forces illocutoires différentes dans différents contextes. Par exemple, 'La tolérance est de 0.3mm', peut signifier une proposition, une demande d'information, ou une affirmation dépendamment de la situation (cf. Figure 53). L'interprétation des dialogues lors des revues de projets ou de discussions techniques entre concepteurs est donc très délicate si l'on se base uniquement sur une capture des traces écrites des échanges.

²⁴ Inspiré de Kunzmann Peter, Burkard Franz-Peter, Wiedmann Franz.- Atlas De La Philosophie. Paris, 1993, La Pochothèque

4.2.1.3 Structuration de la communication par des actes de langage

L'étude des actes de langage a pour principal objectif de classer ces derniers [Covington, 1998]. Plusieurs schémas de catégorisation des actes de langage ont été proposés par les linguistes. L'objectif de ces schémas est l'analyse et la compréhension des actes de langage dans la communication parlée. Le principe partagé par ces travaux est de catégoriser les actes illocutoires en tenant compte de la diversité des actes locutoires, et l'imprévisibilité des actes perlocutoires émis par le locuteur. Par exemple, [Searle, 1969] définit cinq grandes catégories des actes illocutoires : les assertives, les déclaratives, les directives, les commissives et les expressives, voir le Tableau 4.

Tableau 4 : Catégories d'actes illocutoires selon [Searle, 1969]

Acte illocutoire	Description	Exemple
Assertif	L'engagement du locuteur sur la vérité de quelque chose	« Il pleut »
Directif	Tentative du locuteur d'amener l'auditeur à faire quelque chose	« Ouvrez la fenêtre... »
Commissive	Le locuteur s'engage à faire quelque chose	« Je promets que... »
Expressif	Le locuteur exprime un état psychologique	« Je vous remercie de votre attention »
Déclaratif	L'état des choses déclaré par le locuteur est créé	« Je déclare la guerre »

Par ailleurs, il existe plusieurs travaux qui visent à proposer des catégorisations opératoires des actes de langage, i.e. les catégories qui visent à faciliter la communication. Ces travaux se concentrent dans les situations de communication assistée par ordinateur, où les interlocuteurs sont privés des avantages de désambiguïsation que la communication face à face offre. Dans la suite, nous présentons deux exemples d'application, pour illustrer ces travaux.

[Kumar & Becerra-Fernandez, 2007] relèvent des problèmes concernant des relations globales inter-organisationnelles, liées aux distances géographiques, culturelles ou législatives. D'après les auteurs, ces problèmes rendent les relations complexes, incertaines et peu spécifiées, et compliquent l'anticipation, la contraction et le suivi de ces relations. Ils suggèrent dans leurs travaux une structure récurrente des actes communicatifs qui se produisent au cours des interactions. Ils proposent alors une série de patrons d'actes de langage formalisés, qui aident les acteurs à communiquer avec moins d'ambiguïté et qui instaurent une confiance mutuelle.

Les travaux de [Baker & Lund, 1997] se positionnent dans le domaine de l'apprentissage collaboratif assisté par ordinateur²⁵. Les auteurs cherchent à savoir si la communication structurée par des actes de langage prédéfinis peut améliorer les interactions réflexives, les interactions qui impliquent des explications, justifications et évaluations autour d'un problème. Leur méthode consiste à comparer deux situations de communication synchrone médiatisées par ordinateur. Dans la première situation, les acteurs ne communiquent que par du texte libre alors que dans la deuxième les acteurs utilisent des liens d'interface pour des actes de langages spécifiques. Leurs résultats montrent que l'utilisation de cette interface structurée offre une collaboration plus efficace pour la résolution de problème, et que l'interaction structurée est plus orientée action²⁶ que l'interaction par texte libre.

4.2.2 Etat de l'art des actes d'annotation

Des travaux antérieurs à ceux présentés ci-dessus ont déjà empreinté les actes de langage pour caractériser les acts d'annotation. Par exemple, Tazi et Evrard [Evrard & Tazi, 2000; Tazi & Evrard, 2000; Evrard & Tazi, 2001; Tazi & Evrard, 2001] définissent les actes d'annotations locutoires et illocutoires dans une méthode d'analyse de l'intention de l'annotateur. Leurs travaux portent sur des situations d'annotation des documents textuels. Ils définissent les actes d'annotation locutoires comme toute action qu'un lecteur mène pour annoter le texte, par exemple par soulignage, surlignage, etc. Les actes d'annotation illocutoires sont considérés par ces auteurs comme ce qu'un annotateur accomplit par un acte d'annotation locutoire. Ces actes peuvent être par exemple des notes ou remarques sur le contenu ou la syntaxe du texte annoté. Ainsi les actes perlocutoires représentent dans ce cas l'effet de l'annotation sur le texte annoté, l'annotateur et son environnement. Par exemple un texte obtient le statut de texte corrigé après avoir été annoté.

Les auteurs proposent ensuite une catégorisation des actes d'annotation illocutoires, basée sur les objectifs d'annotation, que nous avons présentés dans le chapitre 3. Les actes qu'ils définissent sont : hiérarchiser le texte, lui attribuer une architecture, définir son contexte, reformuler, commenter, documenter, corrélérer, planifier ou annoter indirectement. L'objectif de ce travail de catégorisation est de représenter l'intention de l'annotateur et par conséquent, de diminuer l'ambiguïté de l'annotation.

²⁵ Computer-supported collaborative learning (CSCL)

²⁶ task-oriented, interaction orientée vers la tâche de résolution d'un problème

Bien qu'elle soit intéressante, la proposition de Tazi et Evrard est critiquable sur certains aspects. Tout d'abord, les auteurs ne considèrent pas forcément des situations où les annotations sont utilisées avec des buts communicationnels. Une partie des actes d'annotation qu'ils proposent caractérisent l'interaction entre l'annotateur et le texte annoté, sans pour autant que son contenu propositionnel ait un contexte communicationnel, et dont l'intention pourrait dépendre de ce contexte. Ensuite, Tazi et Evrard semblent ne pas considérer l'écart entre ce que l'annotateur tente de faire (dimension illocutoire) et ce que son annotation accomplit effectivement (dimension perlocutoire). Ceci est probablement lié aux cas qu'ils considèrent, où l'effet d'une annotation sur le texte est immédiat et où la réaction des autres interlocuteurs sur l'acte annotatif n'est pas obligatoirement présente. Ceci semble être contradictoire à la théorie des actes de langage, où la manière d'interagir est définie par le contexte même de l'interaction.

[Bringay, 2006] d'autre part, se base sur la théorie des actes de langage afin de caractériser les annotations. Elle définit quatre dimensions des annotations : contextuelle, perlocutoire, locutoire/illocutoire et collaborative :

- La dimension contextuelle sert à décrire les circonstances qui conduisent l'annotateur à produire l'annotation et celles qui conduisent le lecteur à la consulter : Qui écrit ? Pour qui ? Qui lit ? À quel propos ? Où ? Quand ? Etc.
- La dimension perlocutoire ou (intentionnelle) d'utilisation sert à décrire la projection réalisée par l'annotateur sur l'usage possible et désiré de sa note ainsi que l'usage réel que le lecteur en fait : Pourquoi ? Quels sont les effets d'une annotation sur les actions, pensées, croyances des possibles bénéficiaires de la note ?
- La dimension locutoire/illocutoire ou communicationnelle est proposée pour décrire les éléments mis en oeuvre par l'annotateur pour transmettre un message via l'annotation et qui sont perçus par le lecteur qui interprètent le message : Comment ? Comment l'annotateur se réfère à quelque chose pour en dire quelque chose ?
- La dimension collaborative sert à décrire l'impact de la note sur les activités collaboratives : quel impact ? Cette dimension n'existe que si l'activité d'annotation s'inscrit dans une activité plus large de collaboration.

D'une façon similaire aux travaux de Tazi et Evrard, [Bringay, 2006] caractérise les annotations de toute situation (communicationnelle ou pas) avec les termes d'actes de

langage. Ceci implique inévitablement une dérogation des principes de la théorie pour l'adapter à des cas non-communicationnels. Par exemple, nous observons l'absence du principe de $F(P)$ qui caractérise la relation entre le contenu locutoire et l'illocution et qui à son tour caractérise l'usage de ce dernier dans un contexte communicationnel. De plus, il existe une confusion dans leur modèle entre l'intention d'un acte d'annotation et l'effet qu'il créé. Nous pensons que ce genre de modifications qui altèrent l'idée même de la théorie ne peut pas être soutenu.

Notre approche des actes d'annotation se positionne dans le cadre des situations de communication interpersonnelle à travers une représentation numérique du produit. La section suivante décrit cette approche, en présentant d'abord les différents modes de communication rencontrés au cours de la conception.

4.2.3 Les actes d'annotation dans le cas de l'ingénierie collaborative

4.2.3.1 Caractérisation des actes de langage en ingénierie collaborative

Comme nous avons présenté dans le premier chapitre (voir §1.3.3), le mode de la communication dans le cas de l'ingénierie collaborative dépend de la situation et de l'objectif de cette communication. Ainsi nous considérons les espaces de travail proposés par [Grebici, 2007]. Cette dernière définit quatre espaces de travail collaboratif caractérisés par quatre dimensions. Cette caractérisation offre un cadre de diffusion de l'information à travers les différents espaces selon le niveau de maturité de cette dernière. Les dimensions considérées sont :

- Le périmètre de diffusion : cette dimension correspond au public ayant accès à l'espace de conception.
- La période temporelle : cette dimension renvoie à la période de temps durant laquelle l'espace de travail est ouvert. Un espace de travail peut être pérenne ou temporaire planifié ou non planifié.
- Des objets intermédiaires caractérisés par une modalité d'action, une prise et une maturité.
- Le rôle animant l'activité dans l'espace : cette dimension renvoie au rôle ou au mode de gestion adopté dans l'espace de travail. Ce rôle peut être : organisationnel externe, organisationnel interne ou temporaire (acteur d'interface ou créateur).

Grebici propose une grille d'analyse de ces espaces de travail (voir le Tableau 5). Les caractéristiques générales de ces espaces de travail dans le cas spécifique de Renault Trucks sont discutés dans [Grebici et al., 2007]. Le but ici est de revisiter ces espaces et de caractériser le type d'actes de langages qui peuvent être associés à la communication des concepteurs dans chacun de ces espaces ci-dessus.

Tableau 5 : Espaces de travail [Grebici, 2007]

Espace de Travail	Périmètre de diffusion	Temporalité	Objet intermédiaire	Type de rôle
Public	Périmètre large, non décidé par le gestionnaire, il dépend de l'environnement du SI (les dispositifs d'accès dans l' système de l'entreprise).	Pérenne et planifié.	Livrable	Rôle externe et organisationnel (hiérarchie)
Projet	Périmètre restreint à l'équipe projet, défini par le chef de projet.	Temporaire et planifié (dépend de la durée du projet).	Trace habilitée	Rôle interne et organisationnel (chef de projet, etc.)
Proximité	Périmètre restreint à un réseau personnel, défini par son initiateur.	Temporaire et non planifié (dépend des besoins de l'acteur initiateur).	Pièce à conviction	Rôle interne et temporaire (acteur d'interface, initiateur, etc.)
Privé	Pas de périmètre de diffusion.	Temporaire et non planifié	Brouillon	Rôle interne et temporaire (créateur)

D'après cette analyse, l'espace de travail privé ne constitue pas un périmètre de diffusion pour notre travail. Les objets manipulés sont gardés dans l'espace privé de son créateur (son disque dur, un classeur papier, etc.). Il ne s'agit pas de partage d'objets à proprement parler.

Dans l'espace de travail de proximité, l'acteur de la conception diffuse l'objet dans un périmètre restreint. Cela constitue son réseau personnel d'acteurs de confiance. Les membres de cet espace œuvrent ensemble dans une coopération afin de construire une argumentation robuste de la solution, de confronter des points de vue métiers, d'évaluer la solution, etc. Les contributeurs à cet espace, sont appelés à partager des connaissances communes pour pouvoir se comprendre mutuellement [Ruiz-Dominguez & Boujut, 2004]. L'objet est donc ouvert aux différentes interprétations. Les espaces de travail de proximité sont ainsi des lieux où les acteurs manipulent des informations concernant la description du produit, mais aussi sur leurs connaissances métier. Ce sont des lieux où les informations sont partagées au sein d'une

communication argumentative et où l'intention de partage est variée (argumenter, proposer, etc.).

L'espace de travail projet constitue un périmètre de diffusion planifié et dont la temporalité dépend du temps du projet. Les objets intermédiaires sont échangés dans un collectif officiel (l'équipe projet). Le nom « espace de travail projet » a été choisi pour représenter le fait que c'est un espace relatif à la coordination des activités et des phases de conception planifiées à l'avance. L'objet diffusé dans l'espace de travail projet est plus ou moins ouvert aux modifications et à l'interprétation par les utilisateurs. Les acteurs, dans cet espace, ont connaissances des objectifs des uns et des autres. Les objets intermédiaires constituent des résultats dont les modifications sont suivies et contrôlées par les acteurs de l'équipe projet. Ainsi cet espace est un lieu où des informations circulent pour assurer la coordination entre les acteurs. Les objets véhiculent des informations portant sur le produit et ont un rôle d'informer les concepteurs afin de leur permettre de coordonner leurs activités.

Finalement, une fois que le chef de projet estime que l'objet répond aux attentes du projet (besoins du client), il le valide formellement. Un processus de vérification/validation est ainsi lancé. Dans le cas de validation, l'objet intermédiaire subit une décision de gel qui permet son utilisation éventuelle par les phases de conception suivantes. Dans l'espace public, l'objet devient livrable support de prescription. Il est diffusé dans un périmètre plus large impliquant la hiérarchie (chef de service, chef de département,, le client, etc.). Les espaces de travail publics sont alors des lieux où des informations concernant le produit sont partagées et ont un rôle de prescription aux activités en aval.

Tableau 6: Caractérisation des actes de langages dans les espaces de travail

Espace de travail	Actes locutoires	Actes illocutoires	Actes perlocutoires souhaités
Public	Variés, véhiculent des informations sur le produit ou le processus	Prescrire	Gérer
Projet	Variés, véhiculent des informations sur le produit ou le processus	Informé	Se coordonner
Proximité	Variés, véhiculent des informations sur le produit, le processus ou des connaissances métier	Variés, connus par l'auditeur, souvent implicites (ex. évaluer, proposer)	Actions de modification de solution, de validation, etc.
Privé	-	-	-

Ainsi, notre étude sur la caractérisation des actes d'annotation a pour objectif de structurer les échanges des objets partagés pendant des communications dans des espaces de type proximité (Tableau 6). En effet, c'est dans ces espaces que les acteurs communiquent de façon argumentative et dans une logique de résolution de problème. De plus, les intentions des actes de communication échangés dans ces espaces sont variées, connus au préalable par leurs auteurs, et souvent implicites pour leurs auditeurs. Dans le paragraphe suivant nous présentons notre définition des actes d'annotation, et l'illustrons sur des exemples issus du terrain.

4.2.3.2 Actes d'annotation locutoires et illocutoires

Nos observations montrent que chaque annotation faite sur une représentation pendant une phase de communication argumentative a un objectif spécifique lié au contexte d'utilisation. Exprimer cet objectif (accompagné de quelques éléments du contexte) est important pour assurer une communication moins ambiguë, et peut aider les concepteurs à converger plus rapidement vers une compréhension mutuelle du contexte. Notre approche des actes d'annotation s'appuie sur l'idée que la communication argumentative efficace via les annotations exige une connaissance précise des actes d'annotations²⁷. Nous proposons ainsi la définition de l'acte d'annotation suivante :

« Un acte d'annotation locutoire se réfère à toute information qu'un acteur tente de véhiculer par une annotation. » Il peut être sous forme de texte attaché à la représentation, ou un objet graphique portant cette information d'une façon implicite au sein d'un groupe (ex. les entités de coopération [Laureillard et al., 1998]). La reconnaissance partagée d'un acte d'annotation locutoire dépend de l'accord sur le sens des formes qui le représente (textuel ou graphique). Ce sens étant très varié selon le produit ou le métier, il est difficile de donner une typologie générale des actes locutoires.

« Un acte d'annotation illocutoire se réfère à l'intention derrière l'expression d'un acte d'annotation locutoire. » Il joue le rôle de situer l'annotation dans le contexte de la discussion tout en définissant l'attitude de l'annotateur envers son annotation et l'information que l'annotation porte. Autrement dit, le même acte d'annotation locutoire peut s'exprimer pour différentes intentions, ce qui est le cas des actes de langage. Par exemple, en disant « nous

²⁷ En nous inspirant de l'hypothèse citée dans [Covington, 1998] : « Effective communication requires accurate recognition of speech acts »

pouvons assembler seulement trois tubes ici », l'acteur veut exprimer une contrainte pour clarifier une solution, mais aussi identifier un problème.

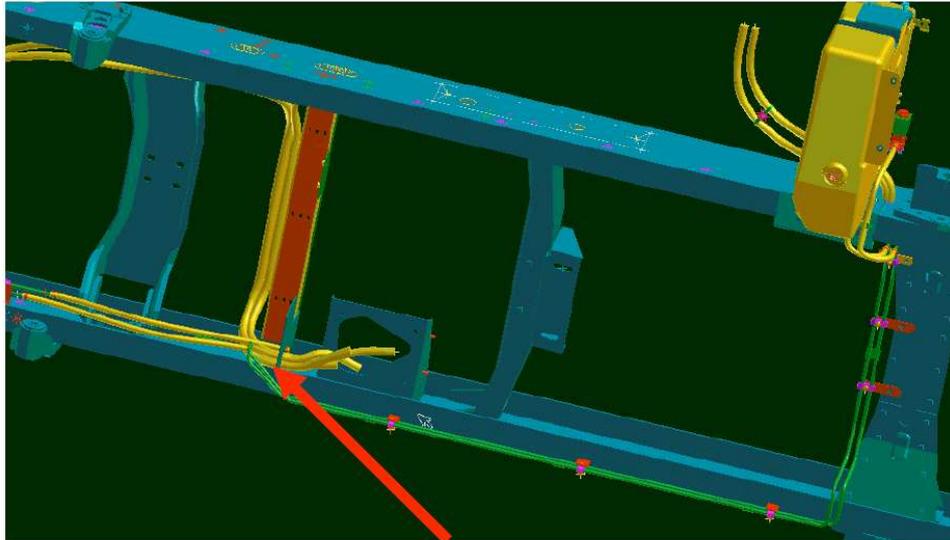
Les annotations que nous retrouvons sur les comptes-rendus des AMS (voir le chapitre 2), les actes locutoires et illocutoires sont implicites. Par exemple, sur la Figure 54 on retrouve une annotation ajoutée au cours d'une revue de projet portant sur la discussion d'un circuit de réchauffage. L'annotation correspond à une évaluation négative sur une partie de la solution où l'acte illocutoire consiste à identifier un problème d'interférence. La partie locutoire de cette annotation « interférence au niveau des faisceaux urée » véhicule implicitement une connaissance métier concernant le comportement thermique des matériaux issu de l'interférence en question.



Interférence au niveau des faisceaux urée.

Figure 54: Exemple d'annotation identifiant un problème

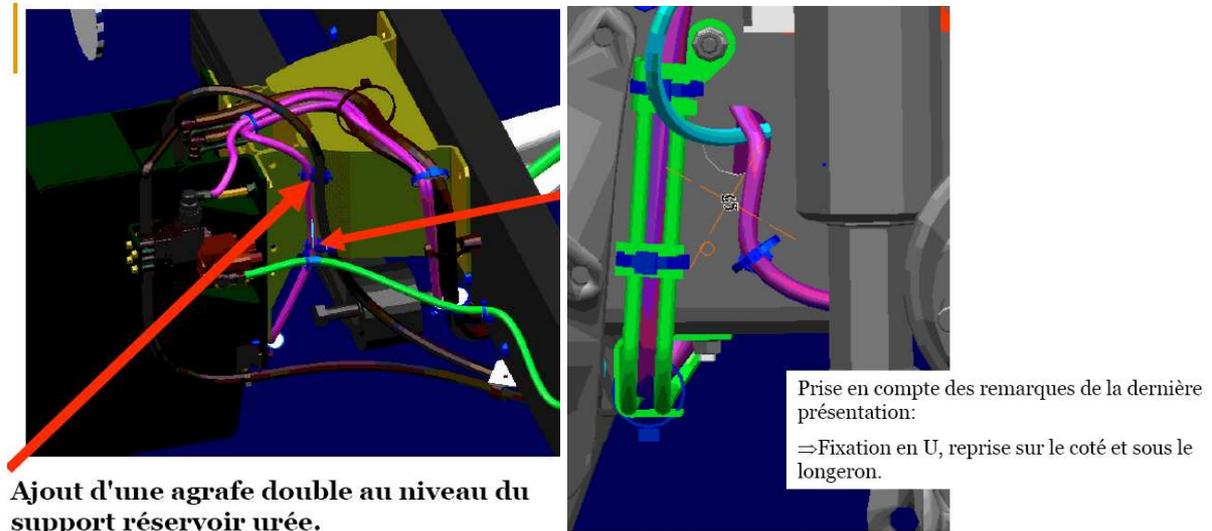
La Figure 55 illustre une autre annotation saisie pendant la même réunion. Elle figure sur une capture d'écran différente, mais pointe vers le même endroit de la solution discutée. Cette annotation représente dans sa dimension illocutoire une proposition de solution alternative par rapport au problème identifié. La partie locutoire décrit une action à mener - ici comme élément de solution (l'action d'avancer les tubes de 40mm).



Idem suspension Pneu, avancer les tubes de 40mm (voir+), pour éviter l'interférence et garder un jeu minimum de 30mm.

Figure 55: Exemple d'annotation proposant une solution

De même, la Figure 56 représente deux annotations créées au début d'une revue de projet, suivies par la présentation orale de la solution par le concepteur qui a effectué l'étude. Ces annotations représentent alors des clarifications où l'acte illocutoire consiste en une tentative de description (de clarification) de l'étude effectuée.



Ajout d'une agrafe double au niveau du support réservoir urée.

Figure 56: Exemples d'annotations clarifiant des solutions

4.3 Structure d'annotation proposée

La structure d'annotation que nous proposons a deux dimensions (contexte de communication et message), dont chacune est destinée à expliciter des aspects liés à l'annotation afin de

diminuer l'ambiguïté du message qu'elle transmet [Hisarciklilar & Boujut, 2007]. Ces dimensions sont illustrées dans la Figure 57.

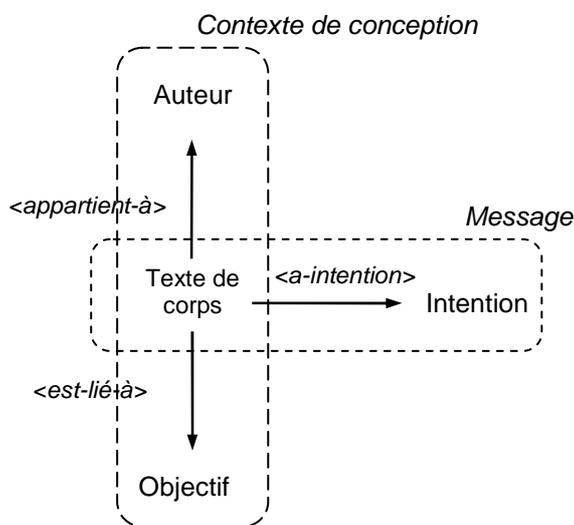


Figure 57 : Structure d'annotation proposée

La dimension message consiste à considérer l'annotation comme un acte de communication, et d'explicitation de sa force illocutoire. Autrement dit l'annotation se constitue d'une partie locutoire (loc, le corps de texte qui véhicule une partie de l'information que l'annotation porte), et d'une partie illocutoire (illoc) appliquée à cette partie locutoire, pour le caractériser dans la discussion et expliciter sa dimension de communication :

$$\textit{Annotation} = \textit{Illoc}(\textit{loc})$$

La dimension contexte de conception, par ailleurs, est destinée à expliciter deux aspects afin de clarifier le contexte dans lequel l'annotation a été mise : l'auteur, qui présente le métier de l'annotateur, et l'objectif de l'annotation qui spécifie le type d'information que le contenu propositionnel de l'annotation tente de satisfaire. Ainsi la dimension contexte positionne l'annotation dans le contexte du processus de conception :

$$\textit{Annotation} = \textit{Illoc}(\textit{loc}) \subset \textit{contexte}$$

Des instances des dimensions messages et contexte sont discutées dans les deux paragraphes suivants.

4.3.1 Expliciter les actes d'annotation dans une situation de conception collaborative

Après avoir clarifié notre approche des actes d'annotation, nous allons nous intéresser dans ce paragraphe à la caractérisation de ces actes. Notre objectif par la caractérisation est d'offrir aux concepteurs un moyen d'exprimer leur attitude par rapport à l'information qu'ils ajoutent sur les représentations par le biais des annotations, afin de diminuer l'ambiguïté que ces dernières peuvent porter.

Comme présenté dans le paragraphe précédent, notre travail se concentre sur la communication argumentative asynchrone autour des représentations de solution, où l'information exprimée (l'acte d'annotation locutoire) et l'intention d'explicitation de cette information (l'acte d'annotation illocutoire) sont variées.

Il est clair que la diminution de l'ambiguïté peut s'obtenir par l'amélioration de la façon d'exprimer les actes locutoires ou illocutoires. Les actes locutoires peuvent être rendus moins ambigus par exemple par la mise en place des ontologies (liées au produit ou au métier des concepteurs) permettant aux machines d'interpréter les termes que les annotations portent, et de diminuer l'ambiguïté de la sémantique des termes techniques. Notre étude porte d'autre part sur l'explicitation des actes d'annotation illocutoires, où le but est de supprimer toute ambiguïté sur le rôle que l'annotation porte dans la discussion, notamment lors d'une interprétation a posteriori.

Notre intérêt s'est porté sur les travaux menés sur la caractérisation de l'intention du concepteur dans son acte de communication. Ainsi, le paragraphe suivant présente quelques schémas de codage utilisés dans l'analyse de protocole, qui nous ont inspiré dans notre travail de structuration des actes d'annotations illocutoires.

4.3.1.1 Une typologie d'activités en conception collaborative

Les méthodes d'analyse de protocole se basent sur des travaux des domaines d'ergonomie cognitive et de psychologie sociale [Cross et al., 1996]. Leur première utilisation dans le domaine de la conception collaborative date des années 70. Depuis, l'analyse de protocole a été appliquée dans plusieurs situations de conception collaborative et est devenue l'une des méthodes phare utilisée pour aborder les aspects cognitifs des processus de conception [Maher & Tang, 2003]. Cette méthode consiste à analyser l'information audio et vidéo (un

corpus), enregistrée pendant une séance de conception. La plupart des analyses consistent à segmenter le corpus et à le coder selon un schéma de codage pour des fins d'analyse.

La raison pour laquelle ces méthodes nous intéressent est que les schémas de codage proposent des catégorisations de l'intention des actes communicatifs des concepteurs au cours de ces séances de conceptions. Nous sommes conscients que ces schémas, destinés à l'usage des chercheurs pour effectuer des analyses rétrospectives ne peuvent pas être directement utilisés dans une situation de communication médiatisée par ordinateur. Nous nous intéressons plutôt à concevoir une catégorisation simple et facilement compréhensible, qui sera destinée à l'usage courant des concepteurs en situation de communication. Ainsi, nous considérons ces travaux comme une source riche en phénomènes à partir de laquelle nous pourrions transposer les fonctions basiques de la communication argumentative.

Parmi les travaux sur les schémas de codage, nous citons ceux menés par Gero et al. [Gero & Neill, 1998; Neill et al., 1998; Purcell & Gero, 1998; Kan & Gero, 2004] qui représentent un schéma assez détaillé. Leur approche consiste d'abord à faire la distinction entre la façon dont un concepteur se situe par rapport au problème de conception (domaine du problème), et les stratégies que le concepteur suit au cours du processus de conception (stratégies de conception).

Dans le domaine du problème, les auteurs s'intéressent à la façon dont le concepteur navigue dans le contexte du problème pendant son interaction. La première dimension consiste à distinguer si le concepteur se réfère à une fonction (la finalité d'un artefact), à un comportement (les actions ou processus que mène un artefact), ou à une structure (manipulation des objets ou les relations entre eux). La seconde dimension s'agit du niveau d'abstraction sur lequel le concepteur se focalise, qui varie d'une vue générique du problème à une vue détaillée d'un sous-problème. Cette première catégorisation n'a pas trait à la classification de l'intention d'un concepteur, elle sert plutôt à définir finement le contexte dans lequel des actes communicatifs se situent. Nous pensons que ce travail est important pour l'explicitation des actes, c'est ainsi que notre modèle en exprime quelques aspects (cf section 2.2 de ce chapitre).

Les auteurs distinguent les stratégies qui sont à court terme, les micro-stratégies, de ceux à plus long terme, les macro-stratégies. Les macro-stratégies sont définies comme le comportement du concepteur dans tout le processus d'élaboration de solutions, servant à

ajouter du contexte aux micro-stratégies (par exemple un concepteur qui décompose un problème en sous problèmes et qui essaie de revenir sur ses pas à partir de la solution). Les micro-stratégies sont définies par les auteurs comme des stratégies intentionnelles à court terme dont chacune dure quelques secondes et au cours d'une communication orale. Elles caractérisent donc un acte de communication. [Gero & Neill, 1998] proposent trois groupes de stratégies : analyser une solution, proposer une solution, et faire des références explicites.

De leur côté, le schéma de codage que [Détienne et al., 2004] proposent semble être plus adapté à notre cas et cela pour plusieurs raisons. Tout d'abord, leur modèle ne se focalise pas seulement sur les situations de communication synchrone, mais essaie de caractériser la communication asynchrone aussi ; ce qui permet de comparer ces dernières. Par ailleurs, leur travail s'applique sur des situations de communication médiatisée, et donc leur schéma est plus adapté.

En outre, le travail de Détienne et al. fait d'abord la distinction entre les activités de conception collaborative et celles du management de l'interaction. Les activités collaboratives portent sur les actes communicatifs liés à l'évolution du problème de conception et de sa solution mais liés aussi au management du groupe. Les activités de management de l'interaction portent sur les communications dont le but est d'assurer l'interaction (gestion de la visibilité à l'écran, gestion du son, etc.). Comme le but et le contenu de ces derniers ne portent pas directement sur la conception elle-même, ils ne constituent pas un intérêt principal pour notre travail.

Une liste des activités collaboratives, telles que définies par [Détienne et al., 2004] est présentée dans le Tableau 7. Les deux premières catégories d'activité, gestion de réunion et gestion de projet, caractérisent des actes communicationnels liés au management du groupe. Les cinq autres catégories caractérisent en effet la communication argumentative. Dans la prochaine section, nous proposons une version simple de cette catégorisation en vue de l'adapter à la situation de structuration de la communication médiatisée par ordinateur.

Tableau 7 : Catégories d'activités collaboratives selon [Détienne et al., 2004]

Gestion de réunion	Organiser la réunion courante par rapport au temps restant et les tâches à accomplir
Gestion de projet	Planifier la conception : organiser et distribuer les tâches par rapport aux compétences des concepteurs
Synchronisation cognitive	Assurer que les membres de l'équipe partagent une représentation commune d'un concept, des objectifs du projet, des contraintes, une stratégie de conception, des solutions, etc.
Argumentation	Décrire la raison pour laquelle une solution devrait être adoptée ou pas adoptée
Evaluation de solution	Evaluer une solution positivement ou négativement
Evaluation d'une contrainte	Evaluer une contrainte positivement ou négativement
Proposer des solutions	Proposer, expliquer une solution initiale ou une solution alternative
Argumenter une solution	Enoncer des idées supplémentaires et complémentaires pour développer une solution

4.3.1.2 Structure des actes d'annotation

Nous avons déjà évoqué dans ce chapitre que les schémas de codage que nous avons présentés, bien qu'ils proposent des catégorisations de l'intention des concepteurs en interaction, ils sont destinés à l'usage des chercheurs pour des fins d'analyse rétrospective des processus de conception. Notre idée dans ce travail est de proposer une catégorisation à la fois suffisamment simple pour une utilisation pendant la création de la communication, mais suffisamment discriminante pour pouvoir aider les concepteurs à facilement « désambiguïser » la situation.

Nous proposons ainsi de regrouper les catégories de [Détienne et al., 2004] comme suit. Les justifications de chaque catégorie seront présentées par la suite :

- proposition = {proposer des solutions, argumenter une solution}
- clarification = {argumentation, synchronisation cognitive}
- évaluation (positive et négative) = {évaluation de solution, évaluation de contrainte}

La particularité de l'annotation comme acte communicatif est qu'elle se réfère toujours à l'objet annoté (et l'information que ce dernier véhicule). Dans le cas de la communication argumentative médiatisée en conception, cet objet est souvent une représentation du produit, qui elle-même, durant son évolution, reste une proposition de solution qui vise à satisfaire une série d'exigences (explicites et/ou implicites). Annoter cet objet consiste ainsi à exprimer le

point de vue de l'annotateur par rapport à cette proposition, incluant le contenu argumentatif et l'intention de l'émetteur.

De plus, au cours d'une communication argumentative, la solution représentée n'est pas le seul objet auquel les acteurs se réfèrent. La nature incomplète, immature et temporaire de la solution pousse les concepteurs à se référer aussi à de futures versions de ces solutions telles qu'elles sont imaginées par les concepteurs. Nous constatons alors que toute annotation dans notre contexte est une tentative de décrire ou d'évaluer une information liée à deux différents types d'entités : l'entité réelle de la représentation annotée, ou l'entité imaginée de la future version de cette représentation, que chaque acteur construit par rapport à son propre point de vue.

L'acte d'annotation de « proposition » peut se définir comme toute tentative de décrire une future version de la représentation courante. Cette dernière peut être sous forme de description d'une action de modification.

L'acte de « clarification », d'autre part, est destiné à la description d'une ou de plusieurs propriétés de la version courante de la solution. Celui-ci peut se présenter sous forme d'argumentation, mettant en avant des informations qui justifient la solution courante, ou d'une information utilisée pour des fins de synchronisation cognitive. Cette dernière est assurée par l'ajout de l'information supplémentaire sur une représentation afin de la rendre explicite et possible à partager entre les interlocuteurs de la communication.

Enfin, l'acte « d'évaluation » véhicule le jugement d'un concepteur (l'accord ou le désaccord) soit sur une partie explicite de la solution courante, soit sur une proposition de solution déjà explicitée, décrivant la future version – le tout supporté par un argument. La Figure 58 illustre les actes d'annotations proposées.

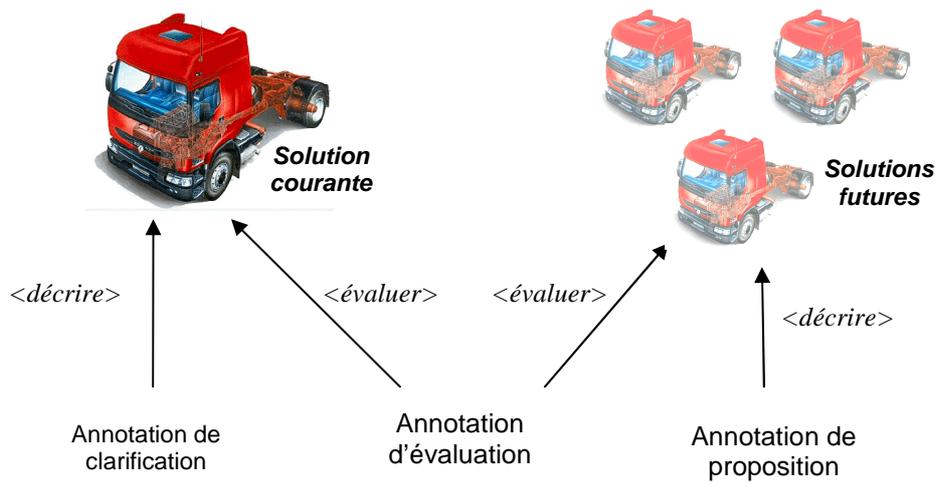


Figure 58 : Entités auxquels les actes d'annotations illocutoires se réfèrent

Chacun des actes d'annotation illocutoires est caractérisé par un symbole, en plus du fait qu'ils peuvent se représenter textuellement sur une représentation. Ceci est dû à plusieurs raisons. Tout d'abord, comme nous l'avons montré dans le chapitre 1, l'usage des symboles sur les représentations de produit est toujours une pratique courante, qui permet aux acteurs de saisir et de lire rapidement et de manière précise l'information. De plus, l'usage des symboles est plus pratique dans un environnement virtuel, car les écrans d'ordinateur offrent un espace limité pour représenter toute information sur la représentation. Les symboles que nous avons choisis pour les catégories d'actes illocutoires sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Symboles correspondant aux actes d'annotations illocutoires

Intention (illoc)	Clarification	Proposition	Evaluation	
Symbole				

Comme annoncé au début de ce paragraphe, nous associons à ces catégories d'actes d'annotation des éléments du contexte dans lequel ils sont exprimés. Par ailleurs, toutes les illustrations présentées dans ce paragraphe font référence à la solution en cours d'élaboration. Nous allons voir plus loin que les actes d'annotation peuvent aussi porter sur le contexte et plus précisément sur des éléments du cahier des charges (ou plus généralement sur le problème de conception) ou sur des éléments du domaine d'expertise d'un des acteurs. Nous traitons ces éléments de plus près dans les paragraphes suivants.

4.3.2 Expliciter les éléments de contexte

Dans notre modèle, nous mettons en avant deux éléments de contexte qui composent la dimension contexte d'une annotation : le rôle de l'auteur et l'objectif de l'annotation.

4.3.2.1 Le rôle de l'auteur

L'élément rôle de l'auteur représente le domaine d'expertise (métier) de l'acteur annotateur. L'explicitation de cet élément sur l'annotation est importante, car dans les situations qui nous intéressent les acteurs font souvent des références explicites ou implicites à leurs connaissances métier. Il est important alors de prendre en compte le domaine d'expertise d'un acteur pour mieux comprendre le contenu de son annotation ou pour pouvoir réagir correctement par rapport à cette dernière.

Les instances de cet élément peuvent dépendre des domaines d'expertise des acteurs impliqués dans le projet, selon le type du produit ou la partie du produit concernée. Le Tableau 9 présente les instances que nous proposons par défaut, et qui représentent les observations menées chez Renault Trucks. Cette liste est ouverte et bien sûr fortement dépendante du contexte local de l'entreprise, du domaine industriel, etc.

Tableau 9 : Symboles représentant quelques instances d'acteur

Rôle	Architecte	Après-vente	Assemblage	Concepteur	Qualité	etc.
Symbole						...

4.3.2.2 L'objectif

L'élément « objectif » représente le domaine auquel le contenu de l'annotation se réfère. La pertinence de cet élément repose sur ce que l'argumentation d'un concepteur peut avoir comme objet élément du contexte autre que la solution technique en cours.

L'annotation peut avoir pour objet les contraintes liées au problème de conception, souvent assimilées au cahier des charges, mais qui n'est pas forcément réduit à celui-ci. On peut ainsi avoir des références à des éléments du problème non explicités dans le cahier de charges, mais qui sont problématiques dans le contexte donné. L'annotation peut aussi avoir comme objet le domaine d'expertise d'un des acteurs. Celui-ci peut être amené à expliciter une connaissance métier sous forme d'une règle par exemple dans le but d'éclairer le groupe sur

une limite technique ou un problème que la solution technique doit prendre en compte, ou d'une information partagée et explicite pour l'ensemble des acteurs impliqués (telle qu'une dimension de composant définie dans le cahier de charges), ou sous forme d'une information liée à une connaissance métier (telle qu'une contrainte liée au comportement thermique d'un composant, détectée par un thermicien).

Cette partie de l'annotation comporte trois instances dont les symboles sont présentés dans le Tableau 10. L'instance cahier de charges représente toute référence à une information explicite destinée à l'ensemble des acteurs. L'instance contrainte métier, d'autre part, montre que l'annotation se réfère à une connaissance implicite liée à un domaine d'expertise particulier. L'instance solution courante représente toute information liée à l'état actuel de la solution considérée pendant la communication.

Tableau 10 : Symboles représentant les instances d'objectif

Objectif	Contrainte de CdC	Contrainte de domaine	Solution courante
Symbole			

En conclusion, notre structure d'annotation se décompose en quatre éléments :

- Le corps de texte qui contient l'information que l'annotation véhicule que nous considérons comme la partie locutoire de l'annotation,
- L'intention, met cette information dans un contexte de communication argumentatif, réduisant l'ambiguïté sur le rôle de l'annotation dans le processus de discussion,
- L'auteur, exprimant le métier de l'acteur, clarifie le point de vue métier sur lequel l'information est basée,
- L'objectif, distingue l'objet référant à l'information que l'annotation véhicule :

$$Annotation = \{corps\ de\ texte; intention; rôle\ de\ l'auteur; objectif\}$$

La section suivante porte sur notre modèle qui se base sur la structure d'annotation présentée ci-dessus et qui introduit les aspects importants d'un outil d'annotation.

4.4 Modèle d'annotation proposé

Nous présentons dans cette section notre proposition de modèle d'annotation. Notre objectif est de montrer comment notre structure d'annotation pourrait s'intégrer dans un outil informatique d'annotation, et comment nous concevons la relation entre les annotations et les autres entités qui constituent cet outil. Nous regroupons cette structure en quatre dimensions :

- La relation entre une annotation et une représentation,
- La communication,
- L'utilisateur
- Le processus de conception en cours.

4.4.1 Relation annotation-représentation

Cette première dimension spécifie la relation physique entre une annotation et l'instance 3D sur laquelle elle est attachée. Celle-ci est définie par un point d'ancrage, qui est représenté par un point sur l'espace ou un composant du modèle 3D duquel l'instance est issue. Les différentes stratégies d'ancrages sont discutées dans la section 3.4 de ce mémoire, quant à l'approche adoptée, elle est présentée dans le chapitre 5 suivant. La deuxième entité qui caractérise la relation annotation-représentation est une flèche pointeur sur ce point d'ancrage, qui permet à l'utilisateur de détecter l'annotation sur l'instance 3D (Figure 59).

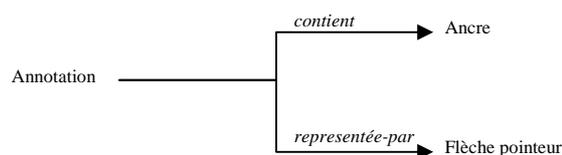


Figure 59 : Relation annotation-représentation

4.4.2 Dimension communication

Cette seconde dimension détermine la façon dont la communication se structure dans un outil d'annotation. Comme exprimé précédemment dans ce chapitre, notre approche d'annotation consiste à permettre aux acteurs de poursuivre une communication argumentative en réagissant mutuellement sur leurs annotations. Nous proposons le concept d'intervention pour permettre cela. Une intervention représente chaque instance d'acte d'annotation émise par différents acteurs sur une même annotation, et possédant la structure d'annotation présentée à la section précédente. Bien entendu, une annotation est composée d'une ou plusieurs

interventions. Dans notre modèle, cette structure est caractérisée par deux entités : l'entité abstraite signifiée qui symbolise les éléments de la structure (objectif, intention et auteur), et l'entité physique signifiant, qui représente les formes géométriques (présentées dans les sections précédentes) choisie pour symboliser cette structure (Figure 60). Cette dimension est détaillée dans le scénario présenté dans prochain chapitre.

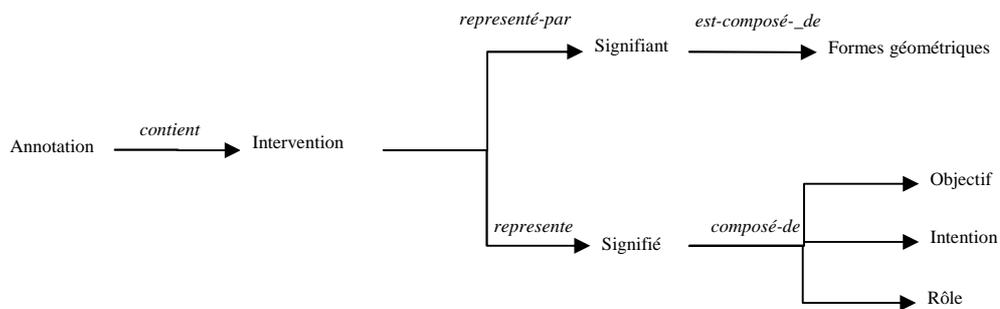


Figure 60 : Dimension de communication

4.4.3 Dimension utilisateur

La dimension utilisateur a pour but de caractériser les acteurs qui manipulent les annotations dans l'outil. En effet, différents profils d'utilisateurs sont définis, chacun ayant différents droits sur l'annotation ou l'instance 3D (Figure 61).

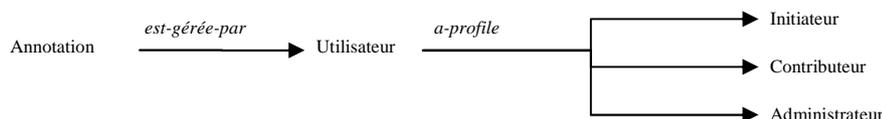


Figure 61 : Dimension acteur-utilisateur

Les contributeurs sont les acteurs qui alimentent les instances 3D avec des annotations et des interventions. Ils n'ont pas de droit de modifier les instances 3D ou les jalons, mais peuvent éditer leurs annotations et interventions. Comme indiqué dans la section précédente, les instances de contributeur sont variables selon le projet.

L'initiateur du projet est considéré comme un contributeur particulier dans l'outil. Il peut ajouter des annotations ou intervenir sur les annotations existantes et il a en plus le droit de modifier le projet. Il est le créateur du projet dans l'outil et aussi le gestionnaire des vues et des jalons. Il constitue également l'équipe projet en invitant les autres utilisateurs ou en

acceptant les demandes d'inscription. Il télécharge de nouvelles instances 3D dans le système, définit donc aussi le moment de clôture d'une instance ou d'un jalon.

L'administrateur de l'outil ne fait pas partie de l'équipe de la conception. C'est un connaisseur des fonctionnalités techniques et les bonnes pratiques d'utilisation de l'outil. Son rôle principal est d'intervenir sur le projet afin d'assurer la mise en place des bonnes pratiques et la bonne utilisation des annotations et interventions. Il possède tous les droits sur toutes les entités de l'outil, y compris la suppression des vues ou des jalons, ou l'ajout ou la suppression des comptes d'utilisateur. Ce n'est pas un acteur de la conception à proprement parler.

4.4.4 Dimension processus

Cette dimension sert à positionner une annotation, donc toute information qu'elle véhicule, dans le processus de conception en cours, pour à la fois donner un moyen aux acteurs de mieux indexer ces dernières dans le processus, et de pouvoir définir leurs statuts. Nous appelons « projet », un espace de proximité, qui regroupe un certain nombre d'acteurs autour d'une tâche de conception spécifique. Un jalon regroupe des instances 3D appartenant à la même version du modèle CAO. Cette approche consiste ainsi à positionner une annotation dans une scène 3D, qui à son tour apparaît entre deux jalons du processus, qui, pour finir, fait partie du projet.

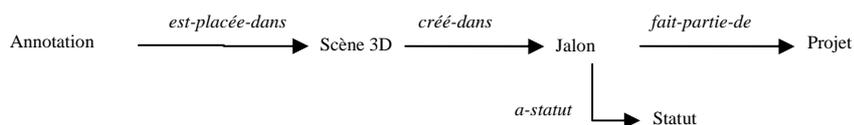


Figure 62 : Dimension processus

L'avancement dans le processus de conception par la production de nouvelles solutions et leurs implémentations sur le modèle CAO pousse les concepteurs à finir avec une ancienne instance d'un modèle, et de continuer sur une nouvelle instance tout en l'annotant aussi. C'est pour cela que les jalons ont un statut, qui bascule de l'instance 'courant' vers l'instance 'fermé' quand un nouveau jalon sera créé (Figure 62).

4.5 Conclusion

Ce chapitre présente notre approche d'annotation qui s'inspire principalement de la linguistique pragmatique et de la théorie des actes de langage. Les principes de la linguistique pragmatique ont déjà inspiré plusieurs théories dans le domaine de la conception collaborative. Jusqu'à lors, l'idée de concevoir des outils qui supportent la communication en conception par la structuration des actes communicatifs a été peu explorée, mais plusieurs travaux existent déjà dans d'autres domaines.

Le principe des actes d'annotation est basé sur l'idée que chaque annotation représente l'expression de l'attitude de l'annotateur dans un contexte. Nous faisons l'hypothèse qu'exprimer cette attitude est important pour assurer une communication sans ambiguïté, et peut aider les concepteurs à converger plus rapidement vers une compréhension mutuelle du contexte et permettre de garder l'historique du contexte de conception. Nous définissons ainsi des catégories d'actes illocutoires d'annotation, destinées à expliciter l'intention de l'annotateur. L'outil d'annotation que nous présentons dans le chapitre suivant a pour objectif de vérifier cette hypothèse.

Cette catégorisation est accompagnée par l'explicitation de deux types d'informations liées à l'annotation, le domaine d'expertise de l'annotateur, et le type d'information sur lequel le contenu propositionnel de l'annotation se base. Ces éléments répondent en partie au besoin d'explicitation du contenu de l'annotation, qui, nous pensons, jouent aussi un rôle important pour son interprétation rapide et correcte.

Le modèle d'annotation que nous présentons par la suite montre comment cette structure s'intègre dans un outil informatique, en définissant les relations entre les annotations et d'autres entités susceptibles d'être représentés dans cet outil. Nous reviendrons sur ces relations et nous les discuterons plus en détail dans le chapitre suivant.

Le prochain et dernier chapitre de ce mémoire décrit un outil d'annotation d'instances 3D de modèles CAO. La représentation du processus de conception, les procédures d'ajout et d'annotation des instances ainsi que l'interface de l'outil seront présentés et discutés. Une approche d'ingénierie système est adoptée pour ce fait et des scénarios d'usage sont présentés pour des fins d'illustration.

Chapitre 5 : Annot'Action : outil d'annotation pour supporter la communication asynchrone

5.1 Introduction

Ce chapitre présente l'outil Annot'Action. L'objectif de ce chapitre est de discuter la mise en application des concepts développés dans le chapitre précédent. Des fonctionnalités de l'outil et des scénarios d'usage qui s'inspirent des situations observées au cours de l'étude de terrain (Chapitre 2) sont aussi présentés dans ce chapitre.

Annot'Action est un outil collaboratif basé sur les technologies Web 2.0. Le développement informatique de cet outil a été réalisé par N'Sigma²⁸, la junior entreprise de l'ENSIMAG. Le projet de développement a été financé par le projet ASPIC²⁹ du cluster GOSPI³⁰.

L'outil Annot'Action permet d'une part d'effectuer des discussions dialogiques argumentatives par la co-construction des arbres d'argumentation, ancrés sur les extractions de modèles 3D (extractions VRML). Une annotation est composée d'une flèche 3D placée sur la géométrie qui indique l'emplacement de l'annotation, et d'un arbre d'argumentation qui représente une séquence de communication argumentative. Chaque nœud de cet arbre (appelé intervention) a une structure sémantique qui se base sur les concepts d'actes d'annotation présentés dans les chapitres précédents.

Cet outil fournit d'autre part des fonctionnalités de structuration des extractions VRML annotées et de constitution de groupes de travail pour l'accomplissement de tâches de conception spécifiques. Les groupes de travail se forment dans des structures appelées projets, où un rôle spécifique est affecté à chaque utilisateur. Au sein d'un projet, différents jalons peuvent être définis et correspond à une version donnée d'un modèle 3D.

Ce chapitre est composé de cinq sections. Dans la section suivante, nous présentons un scénario-type d'usage de l'outil qui illustre des situations de conception pour lesquelles ce dernier a été développé. La section 5.3 est consacrée à la description des fonctionnalités principales de l'outil, ou nous discuterons comment les extractions des modèles CAO sont

²⁸ <http://www.nsigma.fr/>

²⁹ Analyse et Structuration des Pratiques en Ingénierie Collaborative

³⁰ Gestion et Organisation des Systèmes de Production et de l'Innovation (<http://www.cluster-gospi.fr/>)

organisées et annotées, et comment les groupes de travail se constituent autour de ces extractions. Dans la section 5.4, nous décrivons les spécifications techniques et l'interface de l'outil. Enfin dans la dernière section de ce chapitre (5.5), nous appliquons des scénarios d'usage d'Annot'Action et mettons en évidence comment les fonctionnalités de cet outil fournissent des solutions pour améliorer la communication des équipes multimétiers de conception.

5.2 Un scénario-type d'usage de l'outil

Le scénario-type d'usage de l'outil Annot'Action est défini à partir des besoins décrits dans le chapitre 2, de façon à ce qu'il représente une situation où la solution est développée par une communication asynchrone des participants, et où le problème de « trou d'information », problème de partage et d'enregistrement des décisions collectives entre les phases synchrone et asynchrone du processus est résolu. Ce scénario décrit une itération dans le processus de conception. Figure 63 illustre les étapes du scénario-type.

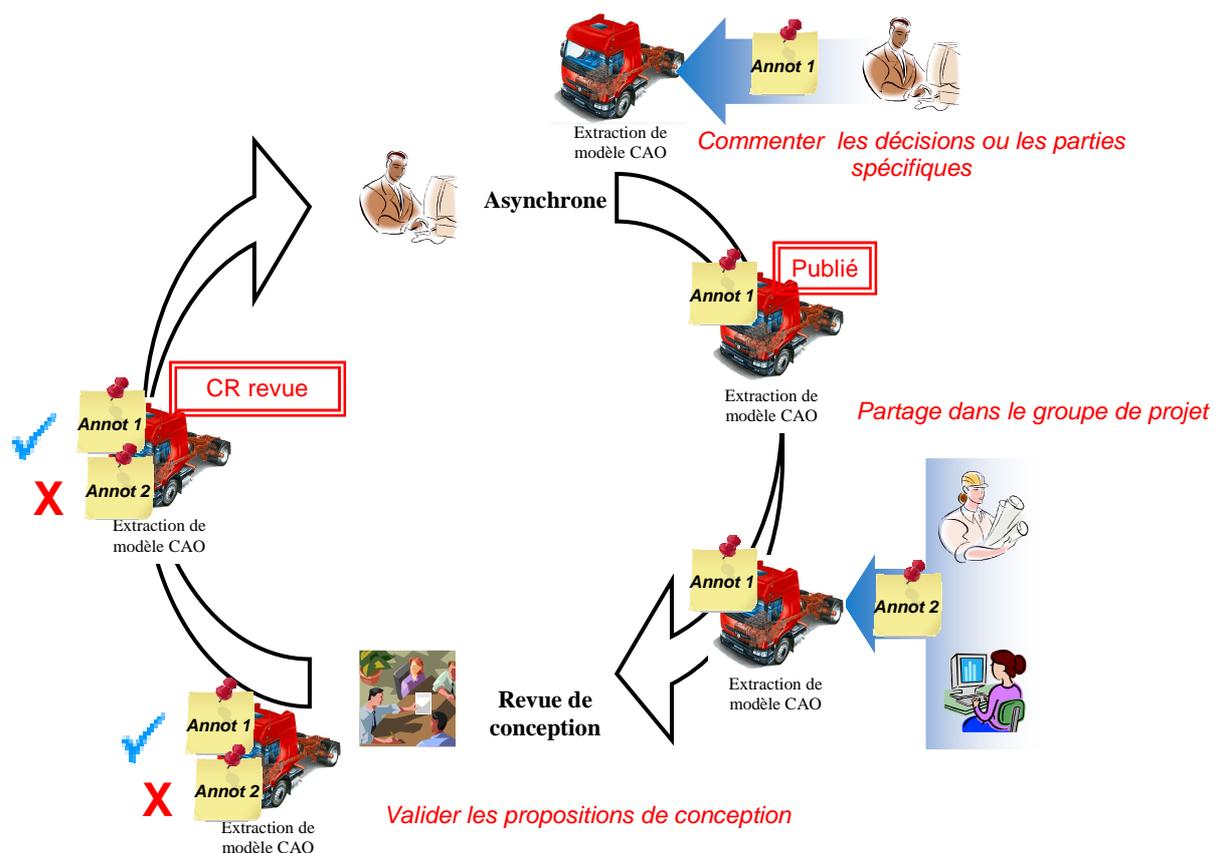


Figure 63: Scénario-type d'usage d'Annot'Action

5.2.1 Commenter les décisions ou des parties spécifiques du modèle 3D

Après avoir créé le modèle 3D décrivant la solution proposée, le concepteur génère une extraction VRML de ce dernier. Il partage ensuite cette extraction dans le groupe, en créant un jalon dans le projet Annot'Action qui correspond à une tâche de conception. Le concepteur retient les décisions clés prises pendant la phase développement de solution en annotant éventuellement la géométrie. A ce stade précis du travail, la vue créée comprend un résumé de la solution proposée avec la façon dont cette dernière a été développée (incluant la forme géométrique de l'extraction et les annotations associées). Le type illocutoire véhiculé par l'annotation est dans ce cas la « clarification », puisque ces annotations clarifient la solution proposée par le concepteur. Ces annotations peuvent aussi se référer aux décisions prises lors de la dernière revue de projet.

5.2.2 Partage de la solution dans le groupe de projet

Cette première phase est suivie par une phase de discussion asynchrone de la solution entre les participants du groupe de projet. Tous les participants peuvent visualiser la solution et les annotations dans l'outil, commenter et discuter sur des annotations déjà existante, ou ajouter de nouvelles annotations afin d'explicitier de nouvelles contraintes et règles de conception.

La phase de partage de solution est une phase d'évaluation de solution informelle. Les participants peuvent ajouter des annotations d'évaluation afin d'évaluer la solution géométrique ou les informations que le concepteur a proposé. La partie locutoire des annotations ajoutées peut représenter une contrainte du cahier de charges, dans le cas où le contenu des annotations est lié à la géométrie du produit, ou peut porter sur une connaissance métier. L'explicitation de ce dernier peut aider les participants à spécifier la nature de l'information ajoutée sur la géométrie, et à faciliter les négociations entre les participants. Ces évaluations peuvent être suivies par des annotations de proposition, afin de dégager, partager et discuter des idées de solution potentielles pour la résolution des problèmes émergents.

5.2.3 Revue de conception

Pendant les revues de conception, la vue 3D partagée pendant la phase asynchrone s'utilise comme un objet intermédiaire entre les participants. Les annotations produites pendant la phase asynchrone peuvent servir de base des discussions pendant la revue. Les annotations renforcent les discussions orales en offrant une mémoire dans laquelle les points importants sont capturés. Quand une décision collective est prise lors des discussions, le statut de

l'annotation bascule vers le statut « validé ». A la fin de la revue, la vue et les annotations peuvent s'ajouter au compte-rendu, pour former un compte-rendu graphique de la revue.

5.2.4 Une itération de conception

A la fin de la revue de conception, la vue annotée comporte toutes les informations et la logique de conception produite depuis le début de la phase asynchrone à la fin de la phase synchrone (la revue de projet). Pendant la prochaine phase asynchrone qui suit la revue, le concepteur utilise la vue annotée comme point de départ pour produire la prochaine version du modèle CAO.

5.3 Principales fonctionnalités de l'outil

Les fonctionnalités de l'outil Annot'Action tentent de répondre aux besoins de partage et de communication identifiés dans l'étude de cas présentée dans le deuxième chapitre, et adoptent les concepts développés dans les chapitres précédent de ce mémoire. Comme nous l'avons vu précédemment, l'objectif principal de l'outil est de fournir des fonctionnalités aux utilisateurs pour d'une part faciliter l'organisation et le partage des représentations 3D qui émergent au cours du processus de conception, et d'autre part pour permettre l'annotation collectives de ces représentations. Ceci afin de permettre aux utilisateurs de réaliser des sessions de communication argumentative. Les fonctionnalités principales de l'outil se résument alors aux points suivants :

- Partager et organiser les représentations 3D : une structure arborescente à trois niveaux est définie dans l'outil pour organiser le partage des représentations 3D. Tous les objets 3D partagés dans un groupe de travail défini au sein d'une tâche de conception sont regroupés sous un 'projet'. Le projet est constitué de plusieurs 'jalons', qui chacun regroupe les objets 3D d'une version spécifique. Chaque jalon contient une ou plusieurs 'vues', qui contiennent chacune un objet 3D et les annotations associées.
- Constituer des groupes de partage : Chaque projet dans Annot'Action a un créateur. Ce dernier peut constituer le groupe de travail parmi les utilisateurs avec qui les vues du projet seront partagées et annotées collectivement. Il distribue un rôle pour chacun des membres du groupe et définit leurs niveaux d'accès et de modification sur les différents éléments du projet. Les utilisateurs peuvent, inversement, effectuer des demandes à l'auteur d'un projet pour adhérer un groupe de travail.

- Annoter les représentations 3D : Annot'Action offre deux fonctionnalités d'annotation majeures pour permettre la communication argumentative asynchrone. Premièrement, il permet aux utilisateurs de collectivement construire des arbres d'argumentation, tout en reliant ces derniers à une scène 3D avec un pointeur 3D. Deuxièmement, il permet aux utilisateurs d'explicitier la structure sémantique de leurs annotations, ce qui leur permet de caractériser le contenu de l'annotation dans le contexte de communication argumentative.

5.3.1 Partager et organiser les représentations 3D

Les représentations 3D annotées dans Annot'Action sont organisées dans une structure arborescente à trois niveaux : projet, jalon et vue. La Figure 64 présente un exemple de cette structure. Le projet 'Boite électrique' contient deux jalons (solution initiale et couvercle modifiée) qui leur part contiennent une vue chacune (Boite électrique : solution initiale et Boite électrique : couvercle modifiée).



Figure 64: Structure projet>jalon>vue dans Annot'Action

Projet : Les projets dans l'outil sont des espaces de travail (espaces de proximité, cf. [Grebici, 2007]), qui réunissent un groupe d'utilisateurs autour d'une tâche de conception définie. Un projet est défini par un nom, une description qui exprime la tâche à accomplir, son créateur (son auteur), sa date de création et la liste des membres. Chaque membre a un rôle spécifique dans le projet (défini par l'auteur du projet) ainsi que les droits d'accès et d'ajout d'annotation. La Figure 65 présente une capture d'écran de la page d'accueil d'un projet, qui présente sa structure, le nom de son auteur et la décomposition du groupe de partage.

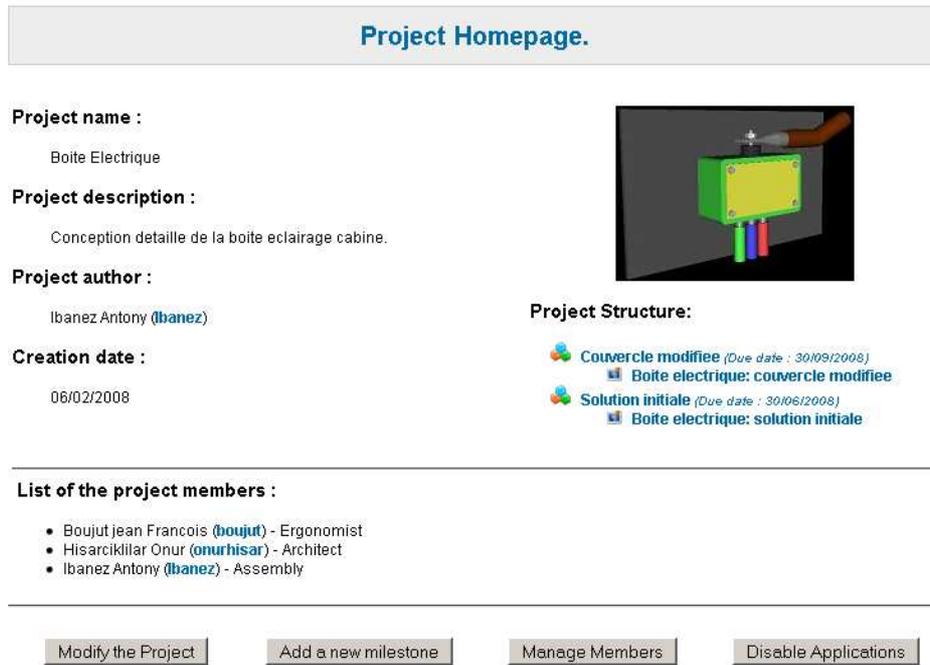


Figure 65 : Page d'accueil de projet dans Annot'Action

Jalon : Un projet Annot'Action se décompose en un ou plusieurs jalons. Ces derniers regroupent les représentations 3D (les vues) qui correspondent à une version précise du modèle CAO. Autrement dit, un nouveau jalon est créé à chaque fois qu'une nouvelle version du modèle CAO est obtenue. A chaque création de nouveau jalon, les objets 3D des anciens jalons du projet deviennent fermés aux modifications (voir Figure 64). Ceci assure que seules les dernières versions des extractions du modèle CAO soient annotées. La Figure 66 présente la page d'accueil d'un jalon qui contient deux vues.



Figure 66 : Page d'accueil d'un jalon

Vue : Les vues dans Annot'Action contiennent les objets VRML avec les annotations. Au sein d'un projet, un jalon peut contenir plusieurs vues, au cas où la solution graphique proposée nécessite plus qu'une extraction de modèle CAO pour être représentée de façon complète. La Figure 67 présente un exemple de vue.

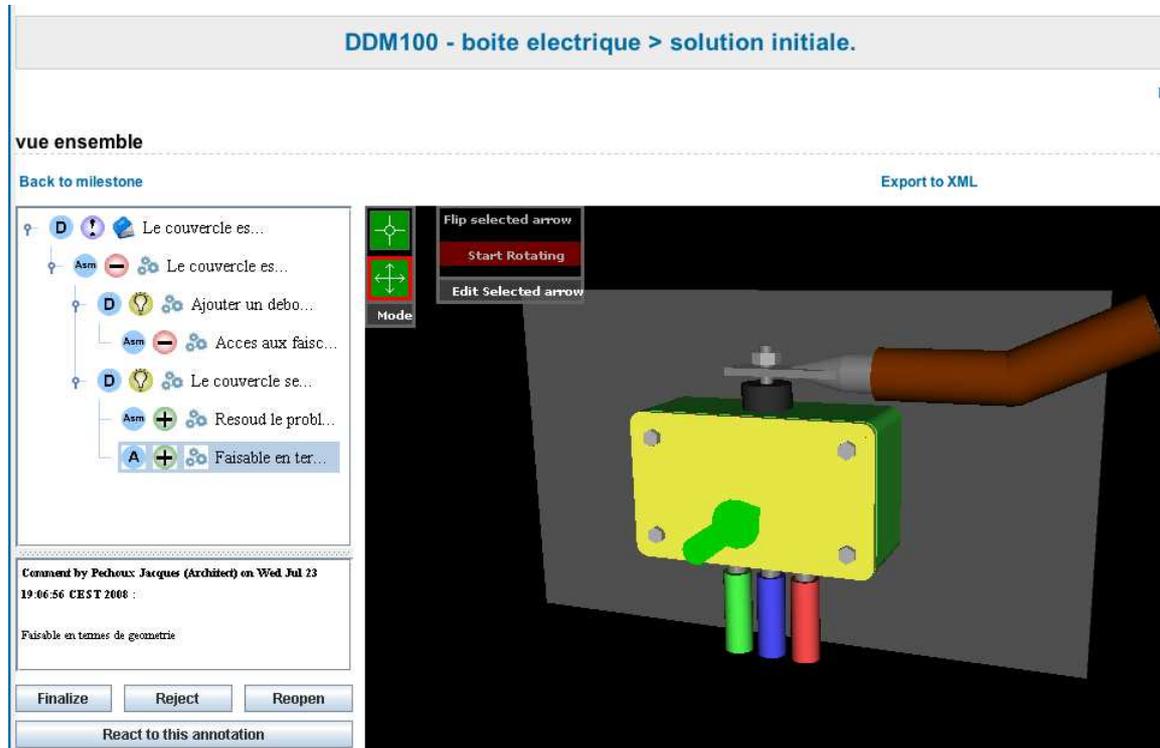


Figure 67: Exemple d'une page de vue

Les fonctionnalités liées au partage et à l'organisation des artefacts 3D partagés permettent ainsi le stockage systématique de ces derniers. Ces fonctionnalités offrent des possibilités de traçabilité de l'évolution d'un modèle CAO et des discussions asynchrones qui se font au sein d'une tâche de conception spécifique.

5.3.2 Constituer des groupes de travail

Annot'Action fournit des fonctionnalités de constitution des groupes de travail au sein des projets. L'auteur (le créateur) d'un projet détermine la liste des utilisateurs entre qui les artefacts 3D seront partagés et annotés. Un rôle est attribué à chacun des membres du groupe. Ces rôles font partie des symboles du modèle d'annotation (comme discuté dans le chapitre précédent). La Figure 68 présente la liste des membres d'un projet Annot'Action. Une série de rôles prédéfinis est fournie dans l'outil. Il est également possible de définir d'autres types de rôles et d'y associer de symboles, en fonction du contexte de la conception.

List of the project members :

- Boujut Jean Francois (**boujut**) - Ergonomist
 - Hisarcikilar Onur (**onurhisar**) - Architect
 - Ibanez Antony (**ibanez**) - Assembly
-

Figure 68: Exemple de liste de membres d'un projet avec les rôles attribués

Chacun des membres d'un projet a un niveau d'accès différent aux projets. Les droits d'accès des membres d'un projet sont définis par l'auteur du projet lors de l'ajout des membres (Figure 69). L'auteur peut définir les droits des membres parmi la liste suivante :

- Modification des informations sur le projet
- Modification des jalons
- Modification des vues
- Annotation des vues
- Modification des droits des autres membres.

Add a new project member

You are going to add Hisarcikilar Onur (**onurhisar**) to the project. Please select the authorizations of this member below to confirm the addition :

- Modify the project name & description..
- Modify the milestones names..
- Add a new milestone
- Modify the views (name & VRML file)..
- Add a new view
- Add an annotation..
- Modify the members.

Architect ▾

If other, specify :

Add the member

Figure 69: Page d'addition de nouveaux membres dans un projet

5.3.3 Annoter les vues

Les fonctionnalités d'annotation de l'outil est une application du modèle d'annotation décrit dans le chapitre précédent. Une annotation dans Annot'Action est composée de deux parties : une flèche pointeur tridimensionnelle sur la vue 3D, attachée à un point sur la géométrie, et un arbre d'argumentation qui structure la communication argumentative.

L'arbre d'argumentation d'une annotation est une série de nœuds dont chacun correspond à un acte d'annotation (Figure 70). Ces actes sont appelés « interventions ». La première

intervention d'une annotation est ajoutée par l'utilisateur qui crée la flèche pointeur sur la géométrie. Les autres interventions sont reliées à cette dernière et représentent des réactions des autres utilisateurs au contenu de la première intervention. Chaque intervention est composée de trois dimensions, qui sont représentées par trois symboles différents. Le premier symbole représente le rôle du créateur dans le projet, le deuxième est la dimension illocutoire, et le troisième est l'objectif de l'intervention.

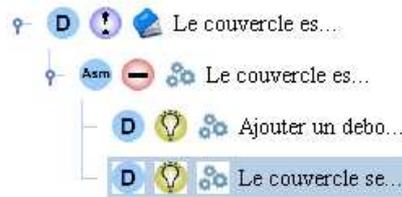


Figure 70 : Exemple d'arbre d'argumentation

Succession des interventions

La communication entre les acteurs se fait alors via la co-construction des arbres d'argumentation. Les utilisateurs qui ont le droit d'annoter les vues dans l'outil peuvent intervenir dans n'importe quel arbre d'argumentation.

Rappelons que, la dimension illocutoire d'un acte d'annotation peut prendre quatre différentes instances, selon le positionnement du contenu de l'annotation dans le contexte de la discussion : clarification, proposition, évaluation positive et évaluation négative. Dans un arbre d'argumentation, toutes les combinaisons de ces instances peuvent se succéder, ce qui fait 24 possibilités de succession. Quelques-unes de ces combinaisons sont discutées ci-après :

- **Cas 1** Une clarification suivie d'une proposition : une solution alternative est proposée par rapport à l'information clarifiée. Puisqu'une proposition de solution doit répondre à un problème, cette combinaison peut être redondante dans les situations où le problème reste implicite. Dans ces cas, le contenu de l'intervention de proposition doit expliciter le problème auquel il répond. D'autre part, dans tous les cas, le meilleur moyen pour expliciter le problème, serait d'ajouter d'abord une intervention d'évaluation négative ou de clarification, et de proposer une solution en y ajoutant une intervention de proposition. Cela faciliterait la compréhension du problème, et permettrait aux autres utilisateurs de réagir au problème explicité (en proposant une solution alternative, par exemple).

- **Cas 2** Une proposition suivie par une clarification : une information peut clarifier une proposition de solution. Le contenu de l'intervention de clarification tend à donner des informations utiles pour la compréhension de la solution proposée. Ce dernier peut être lié au cahier de charges, à une connaissance métier, ou à la géométrie du produit.
- **Cas 3** Une clarification suivie par une évaluation positive : le contenu de l'intervention exprime la raison pour laquelle l'utilisateur est d'accord avec l'information clarifiée.
- **Cas 4** Une évaluation positive suivie par une clarification : le contenu de l'intervention de clarification tend à donner des informations utiles pour la compréhension du contenu de l'évaluation positive.
- **Cas 5** Une clarification suivie par une évaluation négative : le contenu de l'intervention exprime la raison pour laquelle l'utilisateur n'est pas d'accord avec l'information clarifiée. Cette intervention peut révéler un problème à résoudre.
- **Cas 6** Une évaluation négative suivie par une clarification : le contenu de l'intervention de clarification tente de donner des informations utiles pour la compréhension du contenu de l'évaluation négative.
- **Cas 7** Une proposition suivie par une évaluation positive : le contenu de l'intervention exprime la raison pour laquelle l'utilisateur est d'accord avec la proposition de solution.
- **Cas 8** Une évaluation positive suivie par une proposition : ce cas risque d'être redondant, dans l'absence d'explicitation d'un problème.
- **Cas 9** Une évaluation positive suivie par une évaluation négative : le contenu de l'évaluation négative exprime la raison pour laquelle l'utilisateur n'est pas d'accord avec le contenu de l'évaluation positive.

Ainsi, la lecture d'une séquence de communication sur Annot'Action consiste à la lecture chronologique des nœuds d'un arbre d'argumentation, tout en prenant en compte des successions des dimensions illocutoires de ces derniers. Cette lecture a pour objectif de diminuer l'ambiguïté des contenus des interventions, en les représentant dans leur contexte de façon précise. Les bonnes pratiques de co-construction d'arbre d'argumentation restent à évaluer.

L'état d'une annotation

Trois états caractérisent un arbre ou une partie d'un arbre d'argumentation dans Annot'Action. Ces derniers montrent l'état des discussions qui se font au sein d'une annotation. Le changement d'état d'un arbre d'argumentation reflète une décision collective sur le contenu de ce dernier. Ces états sont les suivants :

- *Ouvert (en cours)* : cet état indique que les acteurs sont en cours de discussion. De nouvelles interventions peuvent s'ajouter à l'arbre d'argumentation. Un arbre d'argumentation est typiquement dans l'état ouvert durant la phase asynchrone du processus.
- *Finalisé* : cet état indique que les acteurs se sont mis d'accord sur le contenu des interventions dans l'arbre, et correspond à la décision de l'interdiction de toute future intervention. Le contenu des interventions doit se prendre en compte comme informations utiles dans le processus de conception. Un arbre peut basculer vers l'état finalisé pendant la phase asynchrone, si les participants le décident collectivement. Il peut également acquérir cet état pendant ou après la revue de projet.
- *Refusé* : cet état indique que les acteurs ont décidé que le contenu des interventions sur un arbre n'est pas à prendre en considération pendant la revue de projet ou pour la prochaine version du modèle CAO, et décident d'interdire toute future intervention. Alors le contenu ne reflète pas des informations correctes ou utiles.

5.4 Technologie et interface

D'un point de vue technique, Annot'Action se désigne comme un outil collaboratif de « groupware », basé sur les technologies de Web 2.0. L'outil se manipule entièrement sur un environnement de navigation Internet, et ne demande pas d'installation de logiciels au préalable. Il peut s'utiliser à partir de n'importe quel ordinateur doté d'un logiciel de navigation Internet, et d'environnement Java installé.

Nous distinguons trois entités qui constituent l'infrastructure technique de l'outil : la base de données SQL, l'applet JAVA et le Web. Les instances des entités qui constituent le projet (la structure du projet, la vue, les annotations, les utilisateurs, etc., voir l'Annexe pour les spécifications fonctionnelles et techniques détaillées) sont stockées dans un serveur MYSQL. L'interface web permet l'interaction des utilisateurs autour de la structure des projets et à

travers leurs profils d'utilisateurs. L'interface de l'applet java permet de charger une instance de vue, les annotations associées, ainsi que l'interaction de l'utilisateur avec la vue (ajout d'annotation, d'intervention, etc.). Les fichiers VRML et les symboles sont stockés dans deux répertoires sur le serveur (Figure 71).

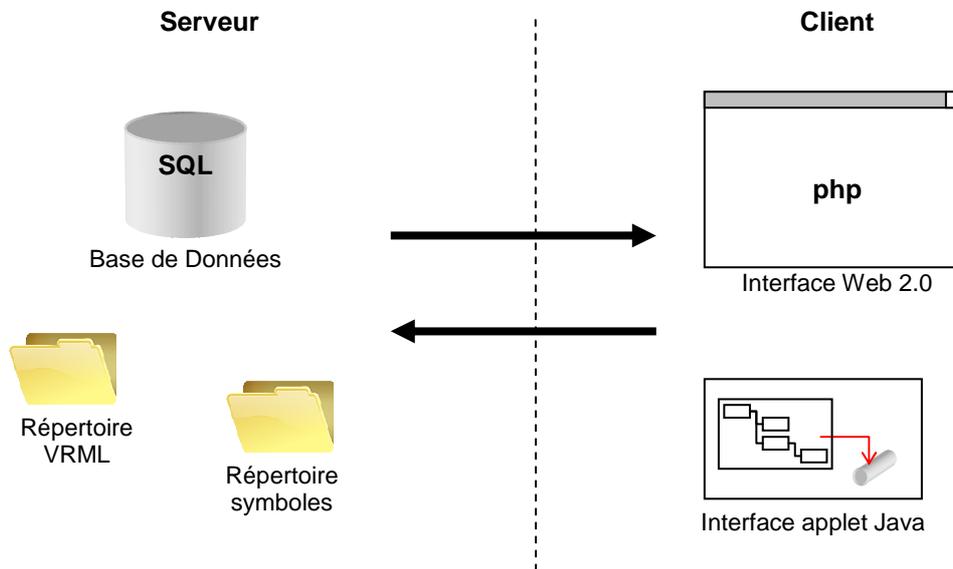


Figure 71: Infrastructure technique de l'outil Annot'Action

L'interface applet java se constitue de trois parties. La fenêtre scène 3D visualise l'objet VRML avec les annotations (Figure 72, à droite). La partie interventions visualise les arbres d'argumentation (Figure 72, en haut, à gauche). La partie corps de texte visualise la partie textuelle de l'annotation sélectionnée (Figure 72, en bas, à droite).

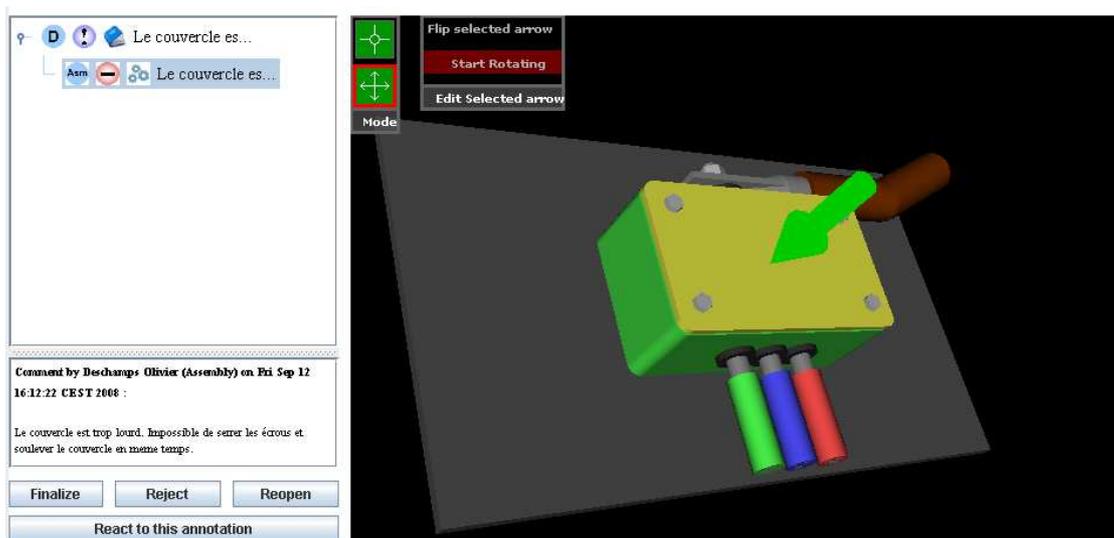


Figure 72 : Applet java

5.5 Scénario d'usage

Dans cette section, nous allons présenter un scénario d'usage de l'outil Annot'Action. Ce scénario s'inspire d'une situation de communication observée sur le terrain Volvo 3P. Notre objectif est d'illustrer une partie des fonctionnalités de l'outil, présentées au cours de ce chapitre.

5.5.1 Présentation du scénario

Le scénario concerne la conception d'une boîte électrique, faisant partie d'une DDM (Demande de maquettage, voir le chapitre 2) concernant le traçage des faisceaux électriques qui alimentent l'éclairage interne de la cabine du véhicule (soit la DDM100). Une partie du cahier de charges de cette DDM concerne la conception d'une boîte électrique sur la cabine qui sert à diffuser le courant vers les différentes parties du cabine. Le scénario consiste à illustrer la communication asynchrone sur les solutions géométriques proposées au sein de la tâche de conception de cette boîte avec l'outil Annot'Action.

Trois participants sont impliqués dans le scénario : le concepteur (designer) chargé de proposer des solutions sur la maquette CAO, l'architecte qui coordonne l'équipe, et l'expert d'assemblage qui valide la montabilité en production en série des pièces conçues.

Les participants utilisent Annot'Action pendant les phases asynchrones pour réaliser des discussions préliminaires et pour comprendre la situation et dégager des idées avant la revue de projet. L'outil s'utilise aussi pendant la revue où les participants utilisent l'extraction partagée du modèle CAO comme l'artefact partagé. De plus, les annotations s'utilisent afin de dégager une liste de points importants, qui peuvent guider la prise de décision pendant les discussions face à face. Les participants peuvent également utiliser les fonctionnalités de changement d'état des annotations pour synthétiser les discussions synchrones.

Dans les sous-sections suivantes, nous présentons un scénario pour illustrer l'utilisation des trois fonctionnalités principales présentées dans la section 5.3 ci-dessus.

5.5.2 Commenter sur les décisions ou les parties spécifiques di modèle 3D

Au début de la phase asynchrone, le concepteur produit une première version du modèle CAO à partir des spécifications décrites dans la DDM. Afin de partager le modèle avec les autres participants, le concepteur crée d'abord un nouveau projet Annot'Action (*DDM100 – boîte*

électrique), tout en créant le premier jalon (solution initiale) et la première vue (vue d'ensemble - Figure 73).

The screenshot shows a web-based project management interface. At the top, a header bar contains the text "DDM100 – boîte électrique." in blue. Below this, there are several sections: "Project name:" with the value "DDM100 – boîte électrique"; "Project description:" with the value "Conception détaillée de la boîte électrique"; "Project author:" with the value "Marlet Hélène (dupont)"; and "Creation date:" with the value "07/23/2008". To the right of these fields is a "Project Structure:" section showing a tree view with "solution initiale (Due date : 10/09/2008)" and "vue d'ensemble". Below the main information is a "List of the project members:" section listing "Marlet Hélène (dupont) - Designer". At the bottom, there are five buttons: "Modify the Project", "Add a new milestone", "Add or Manage Members", "Disable Membership Requests", and "Remove Project (can't undo)".

Figure 73 : Projet DDM100 - boîte électrique

Le concepteur enregistre ensuite l'extraction VRML 2.0 du modèle CAO de la boîte électrique. Noter que les outils de modélisation CAO actuels offrent des fonctionnalités d'extraction VRML 2.0 des modèles. Le concepteur télécharge ensuite ce fichier extraction dans la vue qu'il a créé. L'extraction du modèle devient alors consultable et manipulable sur Annot'Action.

Le concepteur ajoute ensuite la première annotation sur le couvercle de la boîte. L'objectif de cette annotation est de justifier la solution qu'il a choisie pour la conception du couvercle, en manipulant une information dans le cahier de charges de la DDM. L'intervention qu'il ajoute à cette annotation est alors une clarification d'une contrainte de cahier de charges. Il choisit les symboles qui y correspondent (Figure 74).

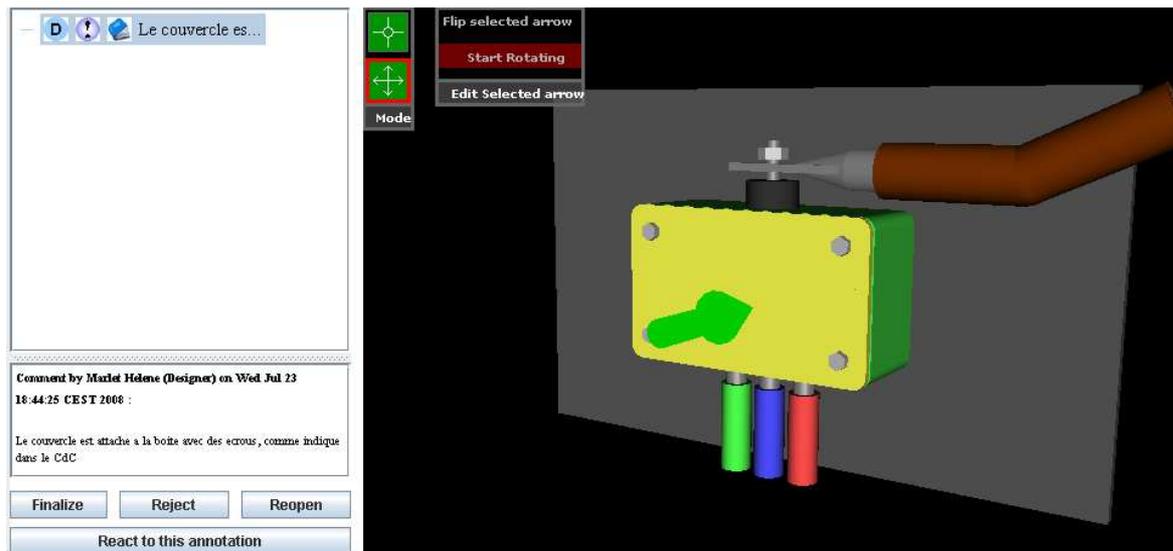


Figure 74 : Concepteur annote la vue pour clarifier sa solution

5.5.3 Partage de la solution dans le groupe de projet

L'étape suivante consiste à constituer le groupe au sein duquel le concepteur va partager cette vue. Il ajoute alors l'expert assemblage et l'architecte de l'équipe dans le projet *DDM100 – boîte électrique*, tout en définissant leurs rôles et leurs droits d'accès dans le projet (Figure 75). Ces deux acteurs ont ainsi accès à la vue, et ont les droits d'ajouter des annotations et des interventions sur cette dernière.

List of the project members :

- Deschamps Olivier (**onur**) - Assembly
 - Marlet Helene (**dupont**) - Designer
 - Pechoux Jacques (**onurhisar**) - Architect
-

Figure 75 : Concepteur constitue le groupe de partage

L'expert assemblage détecte un problème lié au processus d'assemblage du couvercle. En effet, l'assemblage doit se relier avec des vis et nécessite ainsi que l'opérateur d'assemblage soulève le couvercle avec une main, et place et serre les vis avec l'autre main. Cependant, le couvercle est trop lourd pour effectuer cette opération. L'expert ajoute alors une intervention d'évaluation négative pour signaler ce problème aux autres participants (Figure 76).

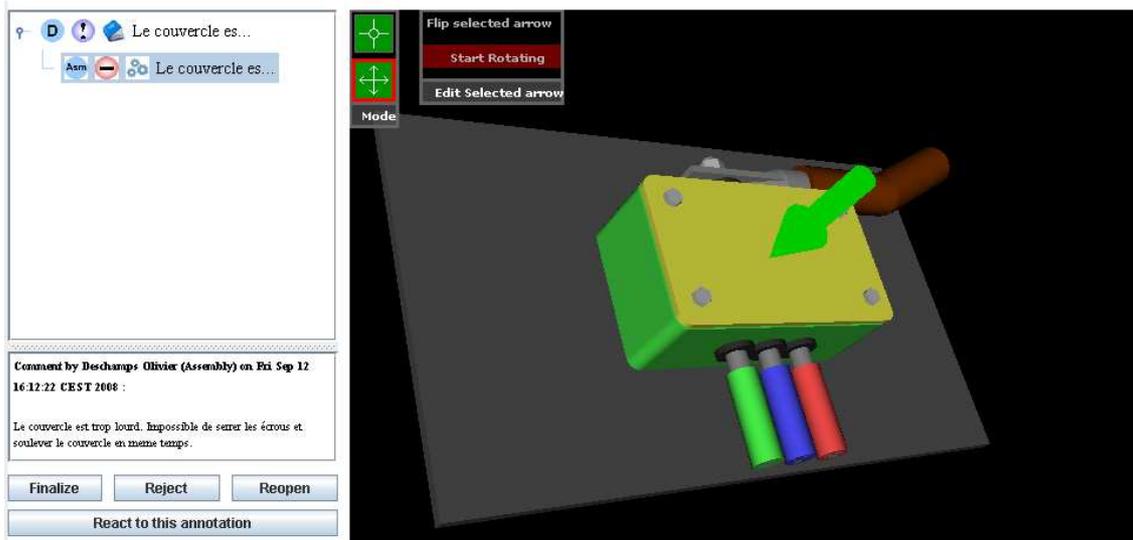


Figure 76 : Expert d'assemblage signale un problème avec une annotation d'évaluation négative

Le concepteur réagit à cette évaluation négative avec deux propositions de solution. La première consiste à ajouter un débord en bas du couvercle, qui aidera l'opérateur de pré positionner le couvercle par dessus. La deuxième solution consiste à changer la conception du couvercle, de façon à ce qu'il se positionne sur la surface latérale intérieur de la boîte (Figure 77).

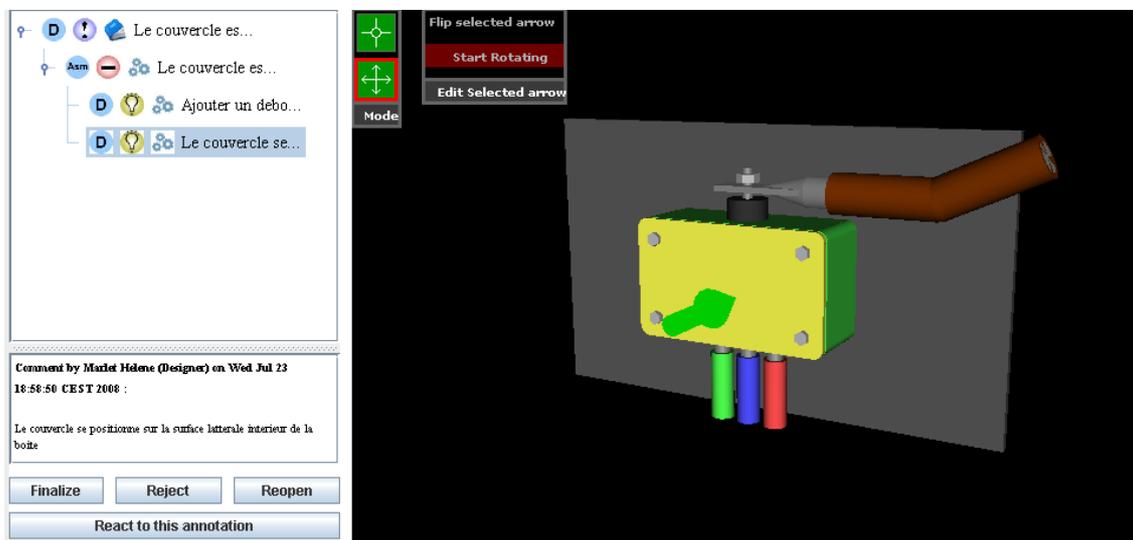


Figure 77 : Concepteur propose deux solutions pour surmonter le problème signal

L'ensemble des participants évalue ces propositions. L'expert d'assemblage met une intervention d'évaluation négative comme réponse à la première proposition, qui exprime que le débord empêchera l'accès aux faisceaux sous la boîte pendant l'assemblage de ces dernières. En outre, l'expert d'assemblage évalue la deuxième proposition en émettant une

intervention d'évaluation positive, en précisant que cette solution est adéquate au problème explicité. L'architecte met également une intervention d'évaluation positive pour confirmer la faisabilité de cette solution en termes de géométrie de la boîte (Figure 78).

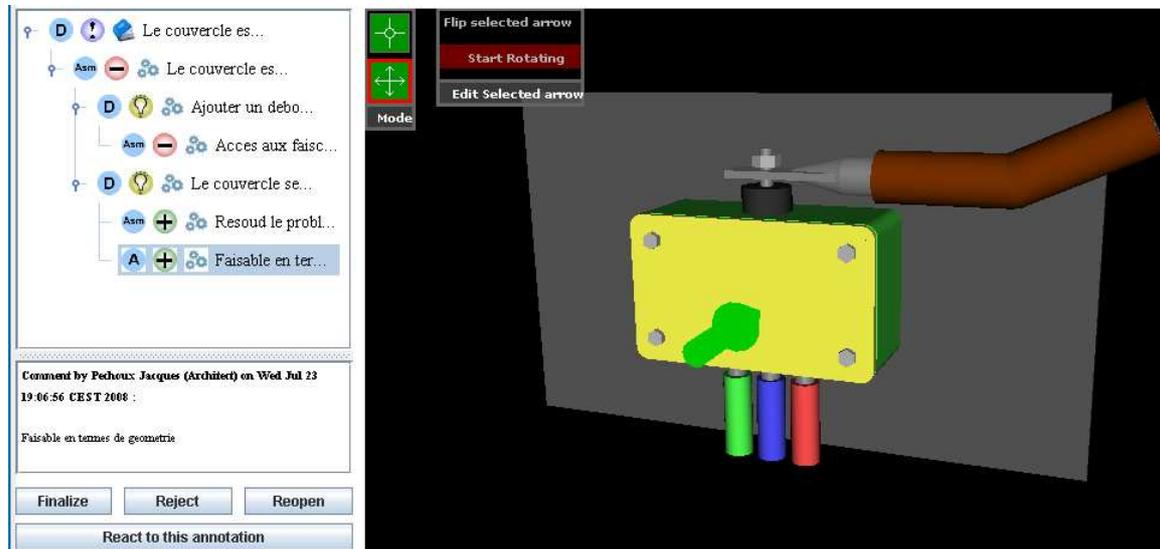


Figure 78 : Acteurs évaluent les propositions du concepteur

5.5.4 Revue de conception

Les participants de l'équipe de projet discutent, en présentiel, pendant la revue de projet la vue sur l'outil Annot'Action. Les propositions de solution pour résoudre le problème de soutien du couvercle, ainsi que les évaluations des participants sont reprises. Les participants décident finalement de retenir la deuxième solution proposée. Le concepteur change le statut de l'annotation vers 'fermée', tout en changeant celui de la première proposition 'rejetée', pour concrétiser la solution collective (Figure 79).

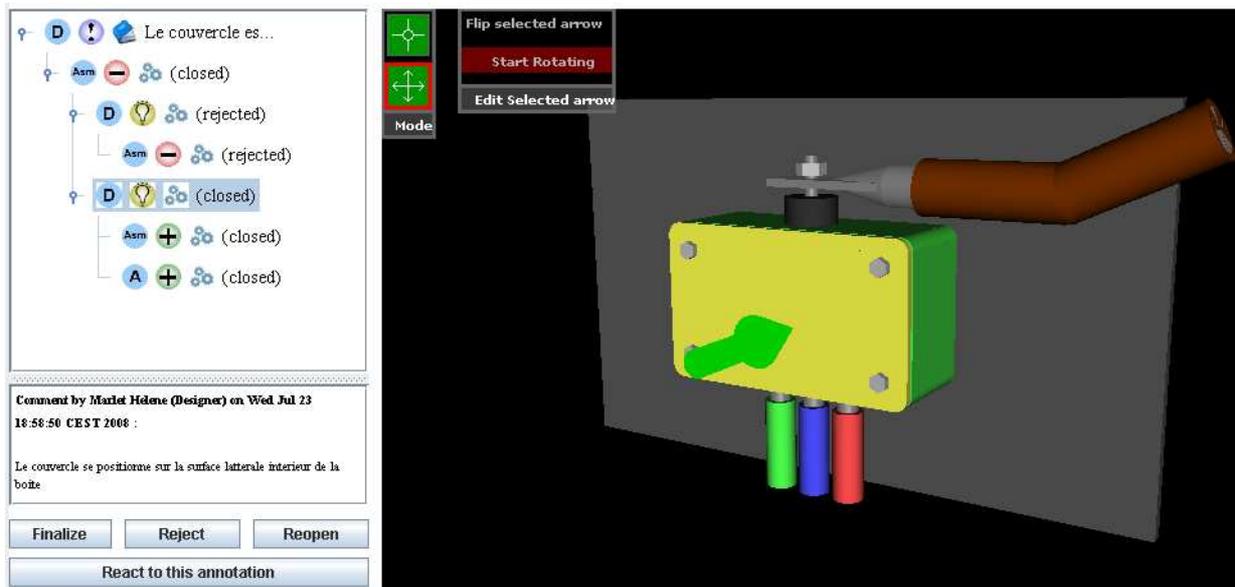


Figure 79 : Concepteur change les statuts des annotations par rapport à la décision collective

5.5.5 Une itération de conception

La phase asynchrone qui suit la revue de projet commence par l'obtention de la prochaine version du modèle CAO par le concepteur. Pour partager cette solution, il ajoute le deuxième jalon dans le projet *DDM100 – boîte électrique*, nommé *couvercle modifiée*, incluant une vue appelée *vue d'ensemble_2*. Le statut du premier jalon devient automatiquement 'fermé', pour éviter que de nouvelles annotations soient ajoutées à celui-ci. Le concepteur télécharge une extraction du modèle courant dans la vue : *vue d'ensemble_2*. Il ajoute une annotation de clarification pour exprimer la modification faite sur le couvercle de la boîte, en faisant référence aux discussions précédentes (Figure 80).

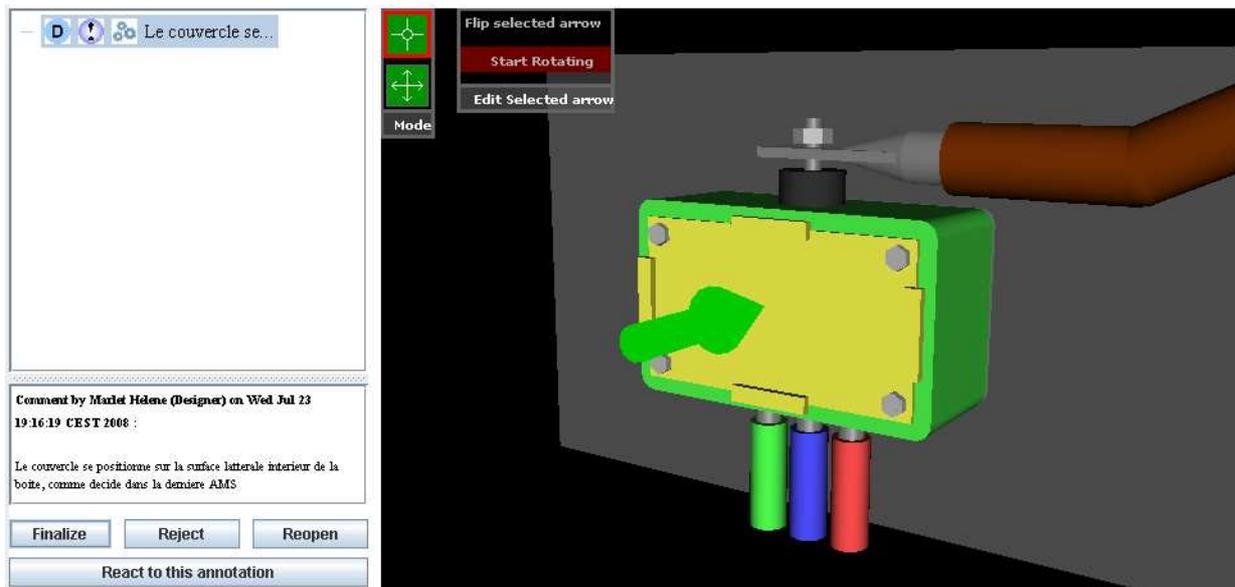


Figure 80 : Concepteur clarifie les modifications sur la nouvelle solution

5.6 Discussion

Le scénario présenté dans la section précédente exprime une itération de conception qui se base sur nos observations dans le cas de Volvo 3P (cf. le Chapitre 2).

Grâce aux fonctionnalités proposées, l'outil permet de pallier au problème de manque d'information introduit dans le chapitre 2. Il permet d'une part aux acteurs de construire un répertoire de scènes 3D et des annotations dans une structure qui représente l'historique du projet qui reflète l'évolution du modèle CAO. D'autre part, les fonctionnalités de changement d'état des annotations permettent de refléter les décisions prises pendant les phases synchrones du processus. Ainsi, il est possible de capturer l'information et son évolution de façon continue entre les phases synchrones et asynchrones. Néanmoins, les fonctionnalités existantes de l'outil ne permettent pas de supporter véritablement la concrétisation des discussions collectives pendant les phases synchrones ou la constitution de compte-rendus de revue de projet. Les acteurs peuvent toutefois utiliser l'outil comme source d'information pour l'écriture des comptes-rendus, en faisant référence par exemple aux vues correspondantes.

La structure sémantique des annotations, développée au cours de cette thèse, est illustrée sur un exemple issu du terrain d'observation. Néanmoins, les spécifications de l'outil Annot'Action sont issues des travaux qui caractérisent la communication en conception de façon générique. De plus, les spécifications de l'outil n'incitent pas les acteurs à travailler sur

des ontologies rigides de produit ou de domaine. Ainsi, l'outil Annot'Action est développé afin de supporter toute situation de communication dialogique argumentative asynchrone autour des représentations 3D, indépendamment de la nature du produit ou de la culture de l'équipe de conception. Des expérimentations sur d'autres situations de communication sont nécessaires pour vérifier la généralité des concepts.

Le format VRML est choisi comme le format 3D support dans l'outil. Comme il est expliqué dans le chapitre 3, VRML est une technologie qui représente une scène 3D comme un ensemble de points et des facettes sur la géométrie, alors que d'autres technologies de format 3D léger, comme 3DXML, sont des supports de représentation d'entités du produit à l'aide de balises incorporées. Ces dernières permettent la reconnaissance des parties du modèle dans le format léger, et l'annotation de ces parties. Le choix de VRML dans Annot'Action est lié au fait que la structure sémantique des annotations n'est pas destinée à la représentation de la décomposition du produit ou des ontologies, mais à l'ajout de méta-information pour la communication dialogique, dans une logique de la résolution de problème. Permettre l'annotation des parties du modèle pourrait toutefois aider les acteurs à ancrer des arbres d'argumentation de façon plus précise.

Les arbres d'argumentation dans Annot'Action sont représentés dans une logique d'indentation (voir section 5.4.1). Annot'Action présente une représentation des arbres d'argumentation qui est différente de ceux proposés dans d'autres outils (tels que les outils de capture de logique de conception comme DRed [Bracewell et al., 2003] ou Compendium [Selvin et al., 2001]), où une logique de 'mapping' est préférée. Ce choix a deux raisons pratiques. Premièrement, les arbres d'argumentation doivent se représenter avec la scène 3D sur laquelle ils sont ancrés, ce qui réduit l'espace qui leur a été alloué sur un écran d'ordinateur. La logique d'indentation permet donc de représenter un arbre d'argumentation dans un espace réduit. Deuxièmement, l'ordre chronologique d'ajout des nœuds d'intervention dans le même niveau hiérarchique est important pour une lecture précise de la communication, puisque chaque nœud sur un niveau s'ajoute à ceux qui existent déjà. La logique d'indentation permet ainsi de représenter la chronologie des interventions.

5.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'outil Annot'Action comme l'application des concepts développés au cours de ce mémoire. Nous avons discuté ce dernier à la fois sur le plan

fonctionnel et technique. Nous avons également présenté un scénario d'usage, afin d'illustrer comment les fonctionnalités de cet outil permettent de surmonter les défis que nous nous sommes fixés dans ce mémoire.

Comme discuté ci-dessus (et dans le chapitre 3), il existe des formats de représentation 3D qui offrent du support aux métadonnées et qui permettant la reconnaissance de l'arborescence de produit. L'utilisation de ces derniers pourrait améliorer l'accès à plusieurs niveaux de granularité de la géométrie. Cependant, il faut souligner que ce prototype a pour but de présenter les concepts développés au cours de cette thèse. Cette application est ainsi destinée à l'usage des chercheurs pour des objectifs expérimentaux. Les fonctionnalités présentées dans ce chapitre constituent alors un pas vers un système de support à la communication intégrée dans les systèmes de CAO et de PLM.

Conclusions générales et perspectives

Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés à la problématique de la communication asynchrone à travers les représentations tridimensionnelles de produits. L'étude de cas que nous avons conduit nous a permis de concrétiser cette problématique en la traduisant en une série de défis dans un contexte réelle de conception. Les concepts et méthodes d'annotation que nous avons développés dans cette thèse visent à améliorer la communication sur plusieurs dimensions, comme la structuration de la communication argumentative ou l'explicitation des informations liées au contenu des échanges et au processus de conception. Nous avons pu concrétiser les concepts développés sur l'outil informatique Annot'Action.

Les contributions majeures de cette thèse se résument comme suit :

- Cette thèse propose d'abord une approche originale à la caractérisation et la structuration de la communication argumentative asynchrone en conception autour du concept d'actes d'annotation. Nous nous sommes inspirés de la théorie des actes de langage pour construire notre hypothèse de base que chaque annotation représente l'expression de l'attitude de l'annotateur dans un contexte. Nous faisons aussi l'hypothèse qu'exprimer cette attitude est important pour assurer une communication non ambiguë, et peut aider les concepteurs à converger plus rapidement vers une compréhension mutuelle. Nous définissons ainsi des catégories destinées à expliciter l'intention de l'annotateur. Les principes de la linguistique pragmatique ont déjà inspiré plusieurs théories dans le domaine de la conception collaborative, mais l'idée de concevoir des outils qui supportent la communication en conception par la structuration des actes communicatifs est innovante et a été peu explorée jusqu'à maintenant.
- Nous avons proposé par la suite une structure d'annotation qui unifie les dimensions communicatives et informationnelles de la communication asynchrone. Cette dernière représente des informations liées au contexte de la communication, au domaine d'expertise de l'annotateur et au contenu informationnel véhiculé par l'annotation. Ces éléments contribuent à son interprétation rapide et correcte.

- Une autre contribution de cette thèse est un modèle d'annotation, qui caractérise un contexte de coopération à travers les annotations selon plusieurs dimensions. Ces dimensions incluent :
 - La relation physique entre une annotation et l'instance 3D
 - La dimension communication qui prévoit une annotation comme une succession d'actes d'annotations (interventions) attaché sur le modèle.
 - La dimension utilisateur qui caractérise les types d'utilisateurs qui manipulent les annotations.
 - La dimension processus qui positionne une annotation dans le processus de la conception pour l'indexation de l'information et la définition de son statut au cours de son évolution du processus.
- Enfin, l'outil Annot'Action est développé comme une application informatique des concepts développés. Annot'Action propose des fonctionnalités de structuration de la communication argumentative et d'indexation des annotations qui manquent dans les systèmes actuels tels que les outils CAO et les systèmes PLM. Nous pensons que ces fonctionnalités ont toute leur place dans un environnement moderne de CFAO ou de PLM. Nous insistons cependant sur le fait que la notion d'outil générique basé sur les technologies du web 2.0 peut apporter des bénéfices réels dans le domaine de la collaboration entre concepteurs.

Les perspectives que nous proposons pour ce travail concernent d'une part la validation des concepts développés et d'autre part l'extension de ces derniers.

- **Validation du travail :** Nos travaux se trouvent dans un contexte d'amélioration de la performance des processus industriel. Bien que nous apportions des justifications théoriques aux idées que nous avons produites au cours de cette thèse, nous jugeons important de mener des expérimentations pour la validation du travail. L'application Annot'Action a été d'ailleurs développée dans cet objectif. Des analyses qualitatives et quantitatives doivent être menées par la mise en place de l'outil dans des situations réelles de conception. Les expérimentations doivent répondre aux questions de recherche suivantes :
 - Est-ce que la structure proposée permet effectivement de diminuer l'ambiguïté du contenu des informations au sein d'un groupe de partage ?

- Est-ce que le modèle informatique proposé permet une coopération systématique, qui améliorerait la compréhension mutuelle et la convergence vers les solutions ?
 - Est-ce que les discussions faites en asynchrone permettent effectivement un gain de temps et d'effort pendant les revues de conception et pendant le processus de conception ?
 - Est-ce que le répertoire d'annotations améliore la recherche et la réutilisation des informations ?
- **Extensions :** Le travail proposé dans cette thèse peut s'améliorer sur plusieurs perspectives. Ces dernières sont listées ci-dessous :
 - *Intégration des systèmes CAO ou PLM.* Une piste de recherche serait de mener des investigations concernant la question de comment le modèle d'annotation peut s'implémenter dans des systèmes actuels de CAO et PLM, afin de réaliser une intégration des systèmes qui soutiendrait l'information sur plusieurs niveaux organisationnels.
 - *Annotation synchrone et constitution de compte-rendu de revue.* Les méthodes et fonctionnalités proposées dans cette thèse concernent l'échange des idées préliminaires avant la revue de conception. Une des pistes de recherche est de développer des méthodes afin de soutenir la capture des décisions collectives dans des situations synchrones et d'aider à la constitution de compte rendu de revue.
 - *Liens sémantiques entre les jalons d'un projet.* Notre modèle propose la création des jalons pour répertorier les annotations sur les différentes versions du modèle CAO, et afin de permettre la continuité des partages au cours d'un projet. D'autre part, l'ajout des fonctionnalités de création (de façon manuelle ou automatique) des liens sémantiques entre les annotations de différents jalons peuvent permettre d'améliorer cette continuité.
 - *Support d'ontologies.* La future recherche peut également s'intéresser aux systèmes d'ontologies pour améliorer la reconnaissance du contenu des annotations par la machine. Il s'agit de savoir quels sont les bénéfices de ces systèmes. Les ontologies peuvent, par exemple, permettre l'ajout des

fonctionnalités de recherche des informations spécifiques (ex. une contrainte géométrique). Ce qui peut permettre la création d'une bibliothèque de résolution de solution, qui stimulerait le partage de savoir-faire au cours des différents problèmes rencontrés.

Bibliographie

- [Agar, 1996] **Agar, M.**, 1996. *The professional stranger : An informal introduction to ethnography*. Academic Press.
- [Agosti et al., 2005] **Agosti, M., Albrechtsen, H., Ferro, N., Frommholz, I., Hansen, P., Orio, N., Panizzi, E., Pejtersen, A.M. et Thiel, U.**, 2005. *Dilas: A digital library annotation service*. Pp 21-30. Proceedings of the International Workshop on Annotation for Collaboration - Methods, Tools and Practices CNRS - Programme société de l'information, La Sorbonne Paris, France.
- [Argyris & Schön, 1996] **Argyris, C. et Schön, D.A.**, 1996. *Organizational learning ii, theory, method and practice*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- [Aubry, 2007] **Aubry, S.**, 2007. *Annotations et gestion des connaissances en environnement virtuel collaboratif*. Thèse de doctorat Université de Technologie de Compiègne, Compiègne, France.
- [Austin, 1975] **Austin, J.L.**, 1975. *How to do things with words*. 2nd Edition ed. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- [Azouaou, 2007] **Azouaou, F.**, 2007. *Modèles et outils d'annotations pour une mémoire personnelle de l'enseignant*. Thèse de doctorat Université Joseph Fourier, Grenoble.
- [Baber et al., 2005] **Baber, C., Cross, J., Yang, F. et Smith, P.**, 2005. *Supporting shared analysis for mobile investigators*. Pp 11-20. Proceedings of the International Workshop on Annotation for Collaboration - Methods, Tools and Practices CNRS - Programme société de l'information, La Sorbonne Paris, France.
- [Baker & Lund, 1997] **Baker, M. et Lund, K.**, 1997. *Promoting reflective interactions in a cscl environment*. Journal of Computer Assisted Learning 13: 175-193.
- [Baldonado et al., 2000] **Baldonado, M., Cousins, S., Gwizdka, J. et Paepcke, A.**, 2000. *Notable: At the intersection of annotations and handheld technology*. Pp 333-343. Handheld and ubiquitous computing: Second international symposium, huc 2000, bristol, uk, september 2000. Proceedings.
- [Bareigts, 2000] **Bareigts, C.**, 2000. *Importance de la coordination/coopération en terme d'apprentissage organisationne*. Actes du colloque agent, logiciel, coopération, apprentissage et activité humaine, Biarritz, France.
- [Bodker, 2000] **Bodker, S.**, 2000. *Scenarios in user-centred design-- setting the stage for reflection and action*. Interacting with Computers 13(1): 61-75.

- [Boujut, 2001] **Boujut, J.-F.**, 2001. *Outils aux interfaces : Pour le développement de processus de conception coopérative*. Thèse d'Habilitation à Diriger de Recherches INPGrenoble, Grenoble.
- [Boujut, 2003] **Boujut, J.-F.**, 2003. *User-defined annotations: Artefacts for co-ordination and shared understanding in design teams*. J. Eng. Design 14(4): 409-419.
- [Boujut & Laureillard, 2002] **Boujut, J.-F. et Laureillard, P.**, 2002. *A co-operation framework for product-process integration in engineering design*. Design studies 23(5).
- [Bracewell et al., 2003] **Bracewell, R.H., Ahmed, S. et Wallace, K.M.**, 2003. *Dred and design folders, a way of capturing , storing and passing on, knowledge generated during design projects*. Computers and information in engineering conference, Saly lake city, Utah, USA.
- [Brassac, 1992] **Brassac, C.**, 1992. *Analyse de conversations et théorie des actes de langage*. Cahiers de Linguistique Française (13): 62-76.
- [Brassac, 1994] **Brassac, C.**, 1994. *Speech acts and conversational sequencing*. Pragmatics and Cognition 2(1): 191-205.
- [Bringay, 2006] **Bringay, S.**, 2006. *Annotations to support collaboration in the electronic health record*. Thèse de doctorat Université de Picardie Jules Verne, Amiens.
- [Bringay et al., 2005] **Bringay, S., Barry, C. et Charlet, J.**, 2005. *A specific tool of annotations for the electronic health record*. Pp 21-30. Proceedings of the International Workshop on Annotation for Collaboration - Methods, Tools and Practices CNRS - Programme société de l'information, La Sorbonne Paris, France.
- [Bucciarelli, 1988] **Bucciarelli, L.L.**, 1988. *An ethnographic perspective on engineering design*. Design studies 9(3): 159-168.
- [Bucciarelli, 1994] **Bucciarelli, L.L.**, 1994. *Designing engineers*. MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- [Bucciarelli, 2002] **Bucciarelli, L.L.**, 2002. *Between thought and object in engineering design*. Design studies 23(3): 219-231.
- [Carlile, 2002] **Carlile, P.R.**, 2002. *A pragmatic view of knowledge and boundaries: Boundary objects in new product development*. Organization Science 13(4): 442-455.
- [Carlile, 2004] **Carlile, P.R.**, 2004. *Transferring, translating, and transforming: An integrative framework for managing knowledge across boundaries*. Organization Science 15(5): 555-568.
- [Chanal, 1998] **Chanal, V.**, 1998. *Communautés de pratique et management de projet*. M@n@gement 3(1).
- [Cooper & Kleinshmidt, 1991] **Cooper, R.G. et Kleinshmidt, E.L.J.**, 1991. *New product processes at leading industrial firms*. Industrial Marketing Management 20: 137-147.

- [Covington, 1998] **Covington, M.A.**, 1998. *Speech acts, electronic commerce, and kqml*. Decision Support Systems 22(3): 203-211.
- [Coyne et al., 2002] **Coyne, R., Park, H. et Wiszniewski, D.**, 2002. *Design devices: Digital drawing and the pursuit of difference*. Design studies 23(3): 263-286.
- [Craig & Zimring, 2002] **Craig, D.L. et Zimring, C.**, 2002. *Support for collaborative design reasoning in shared virtual spaces*. Automation in construction 11(2): 249-259.
- [Cross et al., 1996] **Cross, N., Christiaans, H. et Dorst, K.**, 1996. *Analysing design activity*. Wiley and Sons, Chichester.
- [Cross & Clayburn Cross, 1995] **Cross, N. et Clayburn Cross, A.**, 1995. *Observations of teamwork and social processes in design*. Design studies 16(2): 143-170.
- [D'Astous et al., 2004] **D'Astous, P., Detienne, F., Visser, W. et Robillard, P.N.**, 2004. *Changing our view on design evaluation meetings methodology: A study of software technical review meetings*. Design studies 25(6): 625-655.
- [Darses, 1997] **Darses, F.**, 1997. *L'ingénierie concurrente : Un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs en conception*. Dans: Brossard, P., et al. (eds.) *Ingénierie concurrente : De la technique au social* Economica, Paris.
- [Darses, 2004] **Darses, F.**, 2004. *Processus psychologiques de résolution collective des problèmes de conception : Contribution de la psychologie ergonomique*. Thèse d'Habilitation à Diriger de Recherches Université Paris V - René Descartes, Paris.
- [de Souza, 2005] **de Souza, C.D.**, 2005. *Semiotic engineering: Bringing designers and users together at interaction time*. Interacting with Computers 17: 317-341.
- [De Terssac & Maggi, 1996] **De Terssac, G. et Maggi, B.**, 1996. *Autonomie et conception*. Octarès, Toulouse.
- [Dearden, 2006] **Dearden, A.**, 2006. *Designing as a conversation with digital materials*. Design studies 27: 399-421.
- [Denoue, 2000] **Denoue, L.**, 2000. *De la création à la capitalisation des annotations dans un espace personnel d'information*. Thèse de doctorat Université de Savoie.
- [Détienne et al., 2004] **Détienne, F., Boujut, J.-F. et Hohmann, B.**, 2004. *Characterization of collaborative design and interaction management activities in a distant engineering situation*. Pp 83-98. Darses, F., et al. (eds.) 6th International Conference on the Design of Cooperative Systems - COOP'04 IOS Press, Hyères / France.
- [Diderot & d'Alembert, 1772] **Diderot et d'Alembert**, 1772. *L'encyclopédie*. Inter-Livres, Paris.
- [Ding et al., 2007a] **Ding, L., Ball, A., Matthews, J., McMahon, C. et Patel, M.**, 2007a. *Product representation in*

- lightweight formats for product lifecycle management (plm)*. Proceedings of DET2007 4th International Conference on Digital Enterprise Technology, Bath, United Kingdom.
- [Ding et al., 2007b] **Ding, L., Matthews, J., McMahon, C. et Mullineux, G., 2007b.** *An extended product model for constraint-based redesign applications*. International Conference on Engineering Design (ICED), Paris, France.
- [Dong, 2005] **Dong, A., 2005.** *The latent semantic approach to studying design team communication*. Design studies 26(5): 445-461.
- [Dourish & Bellotti, 1992] **Dourish, P. et Bellotti, V., 1992.** *Awareness and coordination in shared workspaces*. Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work ACM, Toronto, Ontario, Canada.
- [Eckert & Boujut, 2003] **Eckert, C. et Boujut, J.-F., 2003.** *The role of objects in design co-operation: Communication through physical or virtual objects*. Computer Supported Cooperative Work (CSCW) 12(2): 145-151.
- [Eckert et al., 2000] **Eckert, C.M., Cross, N. et Johnson, J.H., 2000.** *Intelligent support for communication in design teams: Garment shape specifications in the knitwear industry*. Design studies 21(1): 99-112.
- [Evrard & Tazi, 2000] **Evrard, F. et Tazi, S., 2000.** *Quelle dimension apporte l'annotation à l'espace du document ?* Etats Généraux du Programme de REcherches en Sciences COgnitives de Toulouse, Toulouse.
- [Evrard & Tazi, 2001] **Evrard, F. et Tazi, S., 2001.** *Structures intentionnelles de la communication écrite pour la création interactive de documents*. Actes des Premières Journées Francophones des Modèles Formels de l'Interaction, Toulouse, France.
- [Finger et al., 1995] **Finger, S., Konda, S.L. et Subrahmanian, E., 1995.** *Concurrent design happens at the interfaces*. Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacturing 9: 89-99.
- [Fish et al., 1990] **Fish, R.S., Kraut, R.E. et Chalfonte, B.L., 1990.** *The videowindow system in informal communication*. Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work ACM, Los Angeles, California, United States.
- [Fiske, 1990] **Fiske, J., 1990.** *Introduction to communication studies*. Tylor and Francis Group.
- [Fogli et al., 2005] **Fogli, D., Fresta, G., Mussio, P., Marcante, A. et Padula, M., 2005.** *Annotation in cooperative work: From paper-based to the web one*. International Workshop on Annotation for Collaboration, Paris.
- [Fowler, 1995] **Fowler, J., 1995.** *Step for data management, exchange and sharing*. Technology Appraisals Ltd., Twickenham, UK.

- [Galle, 1999] **Galle, P.**, 1999. *Design as intentional action: A conceptual analysis*. Design studies 20(1): 57-81.
- [Garner, 2001] **Garner, S.**, 2001. *Comparing graphic actions between remote and proximal design teams*. Design studies 22: 365-376.
- [Gerbner, 1956] **Gerbner, G.**, 1956. *Toward a general model of communication*. Audio-Visual Communication Review 4: 171-199.
- [Gero, 1990] **Gero, J.S.**, 1990. *Design prototypes: A knowledge representation schema for design*. AI Magazine 11(4): 26-36.
- [Gero & Neill, 1998] **Gero, J.S. et Neill, T.M.**, 1998. *An approach to the analysis of design protocols*. Design studies 19: 21-61.
- [Grebici, 2007] **Grebici, K.**, 2007. *La maturité de l'information et le processus de conception collaborative*. Thèse de doctorat en Génie Industriel INP Grenoble, Grenoble.
- [Grebici et al., 2007] **Grebici, K., Hisarciklilar, O., Boujut, J.-F. et Blanco, E.**, 2007. *Gestion des informations dans les espaces de travail collaboratif en conception de produit*. P 308. Dans: Boujut, J.-F., et al. (eds.) Les systèmes de production : Applications interdisciplinaires et mutations Lavoisier, Paris.
- [Grice, 1979] **Grice, P.**, 1979. *Logique et communication*. Communications (30): 57-72.
- [Guibert, 2004] **Guibert, S.**, 2004. *Etude ergonomique de rôle des annotations en conception coopérative de produits*. CNAM, Paris.
- [Guibert et al., 2005] **Guibert, S., Darses, F. et Boujut, J.-F.**, 2005. *Using annotations in engineering design: Some results from an experimental study*. International Workshop on Annotation for Collaboration, Paris.
- [Handschuh & Staab, 2002] **Handschuh, S. et Staab, S.**, 2002. *Authoring and annotation of web pages in cream*. Proceedings of the 11th International World Wide Web Conference (WWW 2002), Honolulu, Hawaii, USA.
- [Harmon et al., 1996] **Harmon, R., Patterson, W. et Ribarsky, W.**, 1996. *The virtual annotation system*. Pp 239--245. IEEE Virtual Reality Annual International Symposium.
- [Hatchuel, 1994] **Hatchuel, A.**, 1994. *Appretissages collectifs et activités de conception*. Revue française de gestion 35.
- [Hatchuel & Weil, 2003] **Hatchuel, A. et Weil, B.**, 2003. *A new approach of innovative design: An introduction to c-k theory*. ICED'03, Stockholm, Sweden.
- [Hisarciklilar & Boujut, 2006] **Hisarciklilar, O. et Boujut, J.-F.**, 2006. *Reducing the "information gap" between synchronous and asynchronous co-operative design phases*. Virtual Concept '06, Cancun, Mexico.
- [Hisarciklilar & Boujut, 2007] **Hisarciklilar, O. et Boujut, J.-F.**, 2007. *An annotation-based approach to support design*

- communication*. International Conference on Engineering Design (ICED), Paris, France.
- [Huart, 1996] **Huart, P.**, 1996. *Définition d'un poste de lecture active de documents électroniques*. IRIT, Toulouse.
- [Huet et al., 2006] **Huet, G., McMahon, C.A., Sellini, F., Culley, S.J. et Fortin, C.**, 2006. *Knowledge loss in design reviews*. IDMME, Grenoble.
- [Jeantet, 1998] **Jeantet, A.**, 1998. *Les objets intermédiaires dans la conception. Elements pour une sociologie des processus de conception*. Sociologie de travail 3: 291-316.
- [Jeantet & Boujut, 1998] **Jeantet, A. et Boujut, J.-F.**, 1998. *Approche socio-technique*. Pp 115-138. Dans: Tollenaere, M. (ed.) *Conception des produits mécaniques - méthodes, modèles et outils* Hermès, Paris.
- [Jung & Do, 2000] **Jung, T. et Do, E.Y.-L.**, 2000. *Immersive redliner: Collaborative design in cyberspace*. Pp 185-194. ACADIA 'Eternity, Infinity and Virtuality in Architecture', proceedings of ACADIA 2000, Washington, D.C.
- [Jung et al., 2002] **Jung, T., Gross, M.D. et Do, E.Y.-L.**, 2002. *Annotating and sketching on 3d web models*. Proceedings of the 7th international conference on Intelligent user interfaces ACM Press, San Francisco, California, USA.
- [Kahan & Koivunen, 2001] **Kahan, J. et Koivunen, M.-R.**, 2001. *Annotea: An open {rdf} infrastructure for shared web annotations*. Pp 623-632. Proceedings of the 10th International World Wide Web Conference, Hong Kong.
- [Kan & Gero, 2004] **Kan, J.W. et Gero, J.S.**, 2004. *A method to analyse team design activities*. Pp 111-117. 38th ANZAScA Conference, University of Tasmania.
- [Kumar & Becerra-Fernandez, 2007] **Kumar, K. et Becerra-Fernandez, I.**, 2007. *Interaction technology: Speech act based information technology support for building collaborative relationships and trust*. Decision Support Systems 43(2).
- [Laroche, 2007] **Laroche, F.**, 2007. *Contribution à la sauvegarde des objets techniques anciens par l'archéologie industrielle avancée*. Thèse de doctorat Ecole Centrale de Nantes, Nantes.
- [Laureillard, 2000] **Laureillard, P.**, 2000. *Conception intégrée dans l'usage: Mise en oeuvre d'un dispositif d'intégration produit-process dans une filiale de conception de pièces forgées*. Thèse de doctorat INPG, Grenoble.
- [Laureillard et al., 1998] **Laureillard, P., Boujut, J.-F. et Jeantet, A.**, 1998. *Conception intégrée et entités de coopération*. Pp 119-134. Dans: Trousse, B. & Zreik, K. (eds.) *Les objets en conception* Europa Productions, Paris.

- [Lavoisy, 2000] **Lavoisy, O.**, 2000. *La matière et l'action. Le graphisme technique comme instrument de la coordination industrielle dans le domaine de la mécanique depuis trois siècles*. Thèse de doctorat Laboratoire CRISTO - 3S ENSGI - INPG.
- [Lécaille, 2003] **Lécaille, P.**, 2003. *La trace habilitée : Une ethnographie des espaces de conception dans un bureau d'études de mécanique : L'échange et l'équipement des objets grapho-numériques entre outils et acteurs de la conception*. Thèse de doctorat Université de Lyon II - CRISTO, Grenoble.
- [Levinson, 1983] **Levinson, S.**, 1983. *Pragmatics*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [Li et al., 2006] **Li, W.D., Ong, S.K. et Nee, A.Y.C.**, 2006. *Integrated and collaborative product development environment - technologies and implementation*. World Scientific Publishing, Singapore.
- [Lloyd, 2000] **Lloyd, P.**, 2000. *Storytelling and the development of discourse in the engineering design process*. Design studies 21(4): 357-373.
- [Longchamp, 2003] **Longchamp, J.**, 2003. *Le travail coopératif et ses technologies*. Lavoisier, Paris.
- [Lortal et al., 2005] **Lortal, G., Lewkowicz, M. et Todirascu-Courtier, A.**, 2005. *Annotation: Textual media for cooperation*. Pp 21-30. Proceedings of the International Workshop on Annotation for Collaboration - Methods, Tools and Practices CNRS - Programme société de l'information, La Sorbonne Paris, France.
- [Maher & Tang, 2003] **Maher, M. et Tang, H.-H.**, 2003. *Co-evolution as a computational and cognitive model of design*. Research in Engineering Design 14(1): 47-64.
- [Maier, 2007] **Maier, A.M.**, 2007. *A grid-based assessment method of communication in engineering design*. Thèse de doctorat Department of Engineering, Selwyn College, University of Cambridge, Cambridge.
- [Malone & Crowston, 1990] **Malone, T.W. et Crowston, K.**, 1990. *What is coordination theory and how can it help design cooperative work systems?* Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work ACM, Los Angeles, California, United States.
- [Marshall, 1997] **Marshall, C.**, 1997. *Annotation: From paper books to the digital library*. ACM International Conference on Digital Libraries, Philadelphia.
- [Marshall et al., 1999] **Marshall, C., Price, M.N., Golovchinsky, G. et Schilit, B.N.**, 1999. *Collaborating over portable reading appliances*. Personal Technologies (3): 43-53.
- [McMahon & Daves, 2005] **McMahon, C. et Daves, D.**, 2005. *The use of markup in documents and in computer aided design: A comparaison*. International Workshop on Annotation for Collaboration, Paris.

- [Minneman & Harrison, 1999] **Minneman, S.L. et Harrison, S.R., 1999.** *The drewstream station: A tool for distributed and asynchronous chats about sketches and artifacts.* HCI'99, Munich, Germany.
- [Moore, 1998] **Moore, S.A., 1998.** *Categorizing automated messages.* Decision Support Systems 22(3): 213-241.
- [Nagai et al., 2003] **Nagai, Y., Candy, L. et Edmonds, E.A., 2003.** *Representations of design thinking- a review of recent studies.* Journal of the Asian Design International Conference 1: 1-9.
- [Neill et al., 1998] **Neill, T.M., Gero, J.S. et Warren, J., 1998.** *Understanding conceptual electronic design using protocol analysis.* Research in Engineering Design 10(3): 129-140.
- [Neilson & Lee, 1994] **Neilson, I. et Lee, J., 1994.** *Conversations with graphics: Implications for the design of natural language/graphics interfaces.* International Journal of Human-Computer Studies 40(3): 509-541.
- [Norman, 1993] **Norman, D.A., 1993.** *Les artefacts cognitifs.* Raisons pratiques.
- [Ovsiannikov et al., 1999] **Ovsiannikov, I.A., Arbib, M.A. et McNeill, T.H., 1999.** *Annotation technology.* International Journal of Human-Computer Studies 50(4): 329-362.
- [Pahl & Beitz, 1996] **Pahl, G. et Beitz, W., 1996.** *Engineering design- a systematic approach.* Springer.
- [Parfouru et al., 2006] **Parfouru, S., Grassaud, A., Mahé, S. et Zacklad, M., 2006.** *Document pour l'action comme media pour la gestion des connaissances.* Pp 199-215. Actes de la Conférence CIDE 9, Fribourg, Suisse.
- [Peirce, 1958] **Peirce, C.S., 1958.** *Collected papers of charles sanders peirce.* Harvard University Press, Cambridge, MA.
- [Perry & Sanderson, 1998] **Perry, M. et Sanderson, D., 1998.** *Coordinating joint design work: The role of communication artefacts.* Design studies 19: 273-288.
- [Purcell & Gero, 1998] **Purcell, A.T. et Gero, J.S., 1998.** *Drawings and the design process: A review of protocol studies in design and other disciplines and related research in cognitive psychology.* Design studies 19(4): 389-430.
- [Ripoche & Sansonnet, 2006] **Ripoche, G. et Sansonnet, J.-P., 2006.** *Experiences in automating the analysis of linguistic interactions for the study of distributed collectives.* Computer Supported Cooperative Work (CSCW) 15(2): 149-183.
- [Robertson, 1996] **Robertson, T., 1996.** *Embodied actions in time and place: The cooperative design of a multimedia educational computer game.* CSCW 5(4): 341-367.
- [Robson, 2002] **Robson, C., 2002.** *Real world research: A resource for social scientists and practitioner-researchers*

- (*regional surveys of the world*). Blackwell Publishing Limited.
- [Ruiz-Dominguez, 2005] **Ruiz-Dominguez, G.A.**, 2005. *Caratérisation de l'activité de conception collaborative à distance : Étude des effets de synchronisation cognitive*. Thèse de doctorat INPGrenoble, Grenoble.
- [Ruiz-Dominguez & Boujut, 2004] **Ruiz-Dominguez, G.A. et Boujut, J.-F.**, 2004. *Modelling the process of creating a mutual understanding in distributed design teams*. Design 2004, 8th International design conference, Dubrovnik, Croaita.
- [Sardas et al., 2000] **Sardas, J.C., Erscler, J. et De Terssac, G.**, 2000. *Coopération et organisation de l'action collective*. 2ème journées prosper de gestion de connaissances, coopération, méthodologies de recherche interdisciplinaire, Toulouse, France.
- [Saussure, 1995] **Saussure, F.d.**, 1995. *Cours de linguistique générale*. Payot, Paris.
- [Schön, 1991] **Schön, D.**, 1991. *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Ashgate Publishing.
- [Searle, 1969] **Searle, J.R.**, 1969. *Speech acts*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [Selvin et al., 2001] **Selvin, A., Shum, S.B., Sierhuis, M., Conklin, J., Zimmermann, B., Palus, C., Drath, W., Horth, D., Domingue, J., Motta, E. et Li, G.**, 2001. *Compendium: Making meetings into knowledge events*. Knowledge Technologies, Austin TX.
- [Shannon & Weaver, 1949] **Shannon, C. et Weaver, W.**, 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Illinois.
- [Simon, 1996] **Simon, H.**, 1996. *The sciences of artificial* 3rd edition ed. MIT Press, Cambridge, MA.
- [Smith, 1997] **Smith, R.P.**, 1997. *The historical roots of concurrent engineering fundamentals*. IEEE Transactions on Engineering Management 44(1): 67-78.
- [Sperber & Wilson, 1986] **Sperber, D. et Wilson, D.**, 1986. *La pertinence. Communication et cognition*. Editions de Minuit, Paris.
- [Stacey & Eckert, 2003] **Stacey, M. et Eckert, C.**, 2003. *Against ambiguity*. Computer Supported Cooperative Work (CSCW) 12(2): 153-183.
- [Star, 1990] **Star, S.L.**, 1990. *The structure of ill-structured solutions: Heterogenous problem solving, boundary objects and distributed artificial intelligence*. Pp 37-54. Distributed artificial intelligence: Vol 2 Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Fransisco, CA.
- [Stempfle & Badke-Schaub, 2002] **Stempfle, J. et Badke-Schaub, P.**, 2002. *Thinking in design teams - an analysis of team communication*. Design studies 23: 473-496.

- [Stiny, 2000] **Stiny, G.**, 2000. *How to calculate with shapes*. Dans: Antonsson, E. & Cagan, J. (eds.) Formal engineering design synthesis Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [Subrahmanian et al., 1993] **Subrahmanian, E., Konda, S.L., Levy, S.N., Reich, Y., Westerberg, A.W. et Monarch, I.**, 1993. *Equations aren't enough: Informal modeling in design*. Engineering Design, Analysis, and Manufacturing 7(4): 257-274.
- [Tang, 1991] **Tang, J.C.**, 1991. *Findings from observational studies of collaborative work*. International Journal of Man-Machine Studies 34(2): 143-160.
- [Tazi & Evrard, 2000] **Tazi, S. et Evrard, F.**, 2000. *Towards an austin approach to formalize writing and annotating acts*. Actes des journées Spatialisation du langage, Prescott.
- [Tazi & Evrard, 2001] **Tazi, S. et Evrard, F.**, 2001. *Intentional structures of documents*. ACM Hypertext' 01, University of Aarhus, Aarhus, Denmark.
- [Tollmar et al., 1996] **Tollmar, K., Sandor, O. et Schömer, A.**, 1996. *Supporting social awareness @ work design and experience*. Proceedings of the 1996 ACM conference on Computer supported cooperative work ACM, Boston, Massachusetts, United States.
- [Uren et al., 2006] **Uren, V., Cimiano, P., Iria, J., Handschuh, S., Vargas-Vera, M., Motta, E. et Ciravegna, F.**, 2006. *Semantic annotation for knowledge management: Requirements and a survey of the state of art*. web semantics: science, services and agents on the world wide web 4: 14-28.
- [Valkenburg, 1998] **Valkenburg, R.C.**, 1998. *Shared understanding as a condition for design team*. Automation in construction 7: 111-121.
- [Verlinden et al., 1993] **Verlinden, J.C., Bolter, J.D. et van der Mast, C.**, 1993. *Virtual annotation: Verbal communication in virtual reality*. European Simulation Symposium.
- [Veron, 1997] **Veron, M.**, 1997. *Modélisation de la composante annotative dans les documants électroniques*. IRIT, Toulouse.
- [Vinck & Jeantet, 1994] **Vinck, D. et Jeantet, A.**, 1994. *Mediating and commissioning objects in the sociotechnical process of product design: A conceptual approach*. COST A3 workshop, Grenoble.
- [Virbel, 1993] **Virbel, J.**, 1993. *Reading and managing texts on the bibliothèque de france station*. Pp 31-52. Dans: Delany, P. & Landau, G. (eds.) Text based computing in the humanities.
- [Wenger, 1998] **Wenger, E.**, 1998. *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge University Press, New York.

- [Wolfe, 2002] **Wolfe, J.**, 2002. *Annotation technologies: A software and research review*. *Computers and Composition* 19(4): 471-497.
- [Yang et al., 2005] **Yang, M.C., Wood, W. et Cutkosky, M.**, 2005. *Design information retrieval: A thesauri-based approach for reuse of informal design information*. *Engineering with Computers* 21(2): 177-192.
- [Zacklad, 2006] **Zacklad, M.**, 2006. *Documentarisation processes in documents for action (dofa): The status of annotations and associated cooperation technologies*. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)* 15(2): 205-228.
- [Zacklad et al., 2003] **Zacklad, M., Lewkowicz, M., Boujut, J.-F., Darses, F. et Détienne, F.**, 2003. *Forme et gestion des annotations numériques collectives en ingénierie collaborative*. IC 2003 “Ingénierie des Connaissances”, Laval, France.

Annexe : Spécifications fonctionnelles et techniques de l'outil Annot'Action

A.1 Les spécifications fonctionnelles

Dans ce paragraphe, nous allons discuter les spécifications fonctionnelles de l'outil Annot'Action via les cas d'utilisations et les diagrammes de classes.

A.1.1 Spécifications des utilisateurs et les cas d'utilisation

Dans Annot'Action, il existe quatre différents types d'utilisateurs, par rapport aux droits que ces derniers ont sur les différents actions dans l'outil.

Utilisateurs

La Figure 81 présente les actions que les utilisateurs peuvent mener, avant de devenir membres ou auteurs d'un projet.

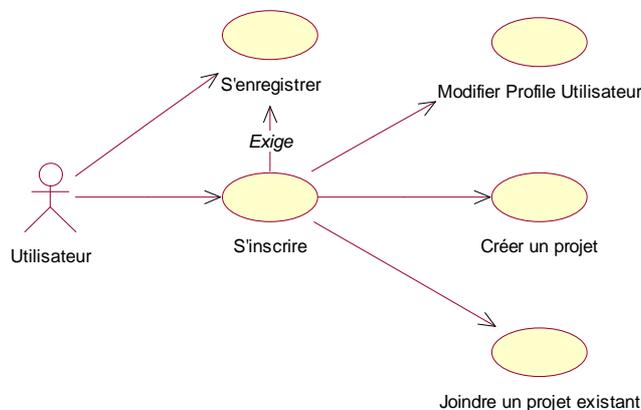


Figure 81: Cas d'utilisation pour les utilisateurs

Les utilisateurs doivent s'inscrire sur le site Annot'Action pour accéder aux trois fonctionnalités de base de l'outil listées dans le Figure 81. S'inscrire sur le site exige l'enregistrement au préalable sur le site. L'utilisateur choisit un nom utilisateur et un mot de passe qui lui permettent de s'inscrire.

Modifier Profile Utilisateur : Les utilisateurs peuvent à tout moment changer les informations fournies lors de l'enregistrement sur le site.

Créer un nouveau projet : Tout utilisateur a le droit de créer un nouveau projet Annot'Action. Le processus de création de nouveau projet consiste également à créer le premier jalon et la première vue de ce dernier. Après la création du projet, l'utilisateur qui le crée obtient le profil de membre de projet.

Joindre un projet existant : La fonctionnalité de joindre un projet existant consiste à faire une candidature pour devenir membre d'un projet auprès de son auteur. En effet, devenir un membre de projet exige l'acceptation de cette candidature par l'auteur du projet.

Membres de Projet

Tout utilisateur ajouté à un projet comme un membre de ce dernier obtient le statut membre de projet. Toutefois, l'accès de ce dernier aux fonctionnalités listées dans le Figure 82 est défini par l'auteur de ce projet.

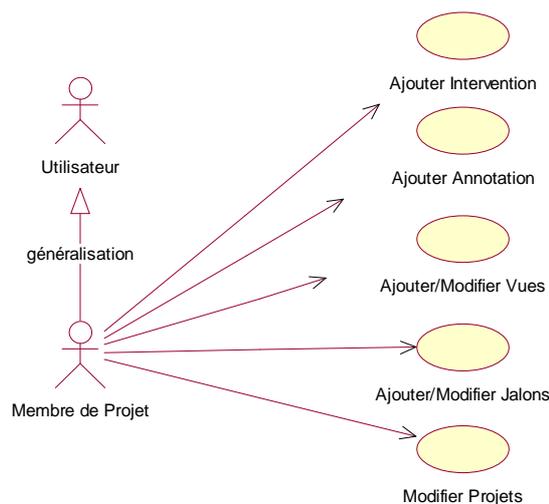


Figure 82: Cas d'utilisation pour membre de projet

Ajouter Intervention : Consiste à ajouter un nœud d'intervention sur un arbre d'annotation existant. Un membre de projet peut ajouter une intervention sur n'importe quel nœud d'intervention sur un arbre. Après avoir choisi le nœud auquel il veut intervenir, le membre de projet ajoute son intervention en entrant un texte et en choisissant les symboles qui caractérisent le contenu dans le contexte du dialogue. Cette structure est discutée dans le chapitre précédent de ce mémoire.

Ajouter Annotation : Consiste à ajouter une flèche pointeur sur la géométrie, suivi de l'ajout du premier nœud d'intervention de l'arbre de l'annotation.

Ajouter Vues : Consiste à ajouter une vue 3D supplémentaire dans un jalon.

Ajouter Jalons : Consiste à ajouter un jalon supplémentaire au projet.

Modifier Projets : Consiste à la modification des informations basiques sur le projet, comme son nom ou sa description.

Auteurs de projet

Tout utilisateur qui crée un nouveau projet sur Annot'Action devient l'auteur de ce dernier. Un auteur de projet peut accéder aux fonctionnalités listées dans la Figure 83.

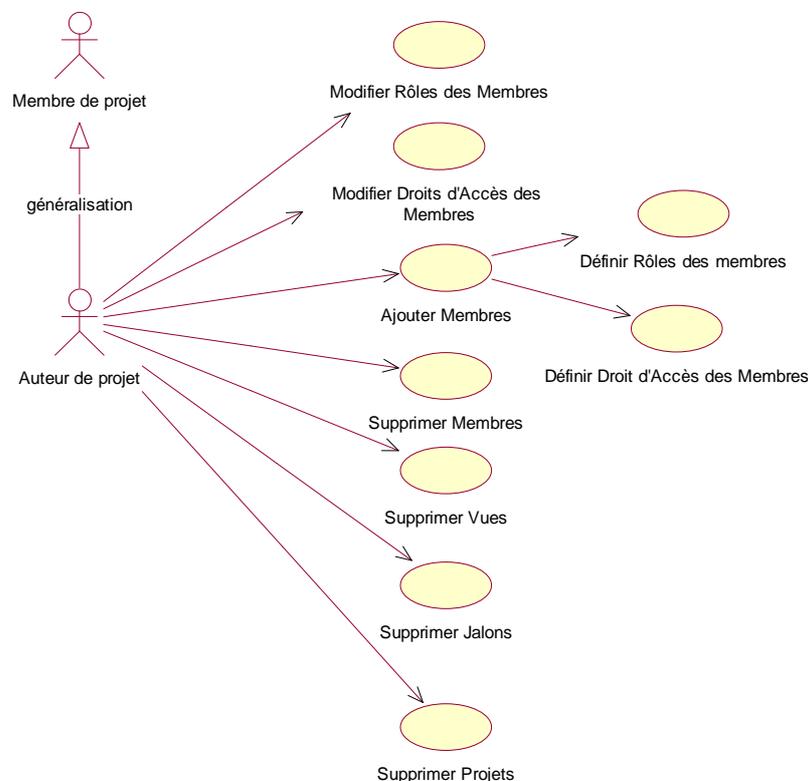


Figure 83: Cas d'utilisation pour auteur de projet

Ajouter Membres : Un auteur de projet peut ajouter de nouveaux membres parmi les utilisateurs enregistrés sur le site Annot'Action. L'ajout d'un membre consiste également à définir son rôle et ses droits d'accès dans le projet. L'auteur peut sélectionner le rôle du membre parmi les rôles définis préalablement dans l'outil, ou peut spécifier un nouveau rôle si ce dernier ne fait pas partie des rôles prédéfinis. Les droits d'accès des membres définis par l'auteur sont ceux présentés dans la Figure 82.

Modifier rôles de membres et modifier droits d'accès des membres : Un auteur de projet peut modifier le rôle ou les droits d'accès des membres.

Supprimer vues, jalons ou projets : Un auteur de projet peut également supprimer les vues ou jalons créés dans le projet, ou supprimer le projet tout entier. La suppression d'un jalon provoque la suppression de toutes les vues et les annotations compris dans ce dernier. La suppression d'un projet provoque la suppression de tous les jalons dans le projet.

Administrateur

Le cas administrateur dans l'outil consiste à un compte unique. L'administrateur peut accéder à n'importe quel projet dans Annot'Action, et manipuler les fonctionnalités que l'auteur de ce dernier comporte (Figure 83). Il a pour rôle d'assurer l'organisation générale de l'outil, avec à la fois ces fonctionnalités mentionnées et deux fonctionnalités supplémentaires, à savoir l'ajout des symboles pour des nouveaux rôles définis par les auteurs de projet, ou la suppression des comptes utilisateur (Figure 84).

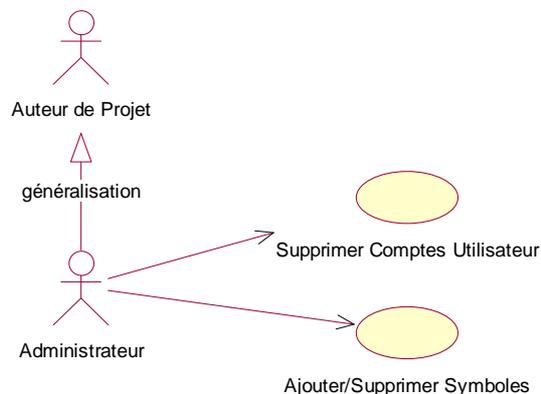


Figure 84: Cas d'utilisation pour administrateur

A.1.2 Diagramme de classes

A partir des spécifications théoriques et les cas d'utilisation décrits ci-dessus, nous allons définir dans ce paragraphe les différentes classes de l'outil (Figure 85). Pour chacune des classes, nous allons également définir et discuter les attributs, et les instances que ces attributs peuvent avoir. Ces classes sont comme suit :

- Utilisateur : Représente les utilisateurs inscrits dans le système, comme décrit dans la section précédente.
- Role : Une classe d'association qui décrit le statut d'un utilisateur dans un projet.

- **Projet** : Représente les projets, qui contiennent la structure dans la quelle se positionnent les objets 3D.
- **Jalon** : Représente les jalons qui se créent dans les projets.
- **Vue** : Représente les vues, dont chaque instance comporte un objet 3D
- **Annotation** : Représente une annotation qui porte sur une vue en particulier.
- **Pointeur** : Représente la flèche pointeur qui indique le positionnement de l'annotation sur l'objet 3D
- **Intervention** : Représente chaque nœud d'un arbre d'argumentation dans une annotation.

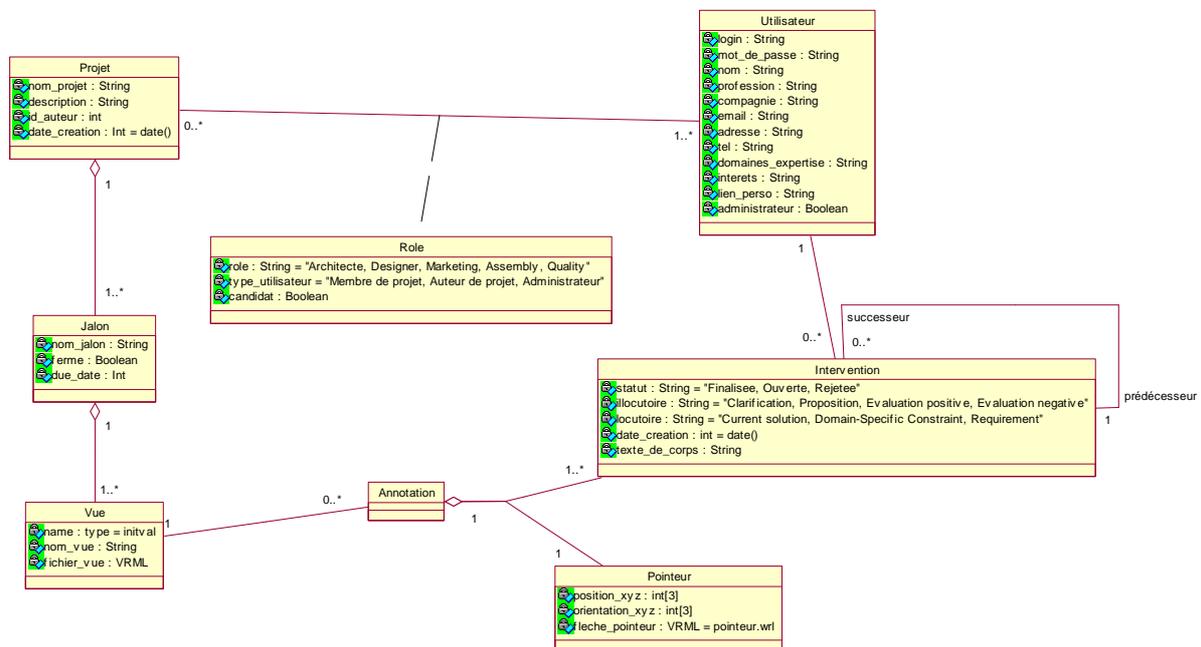


Figure 85: Diagramme de classes de l'outil Annot'Action

Ces classes sont détaillées et discutées ci-dessous :

La classe Utilisateur : chaque instance de la classe Utilisateur décrit un utilisateur inscrit dans le système. Les attributs de cette classe sont détaillés comme ceci :

- **login, mot_de_passe : String** : Deux attributs de type chaîne de caractère qui permettent les utilisateurs de s'inscrire dans le système.
- **nom, ..., lien_perso : String** : Les neuf attributs qui succèdent le mot de passe spécifient les informations personnelles de chaque utilisateur.

Les connexions entre la classe Utilisateur et les autres classes sont discutées ci-dessous :

- Utilisateur \diamond Projet : Un utilisateur du système peut faire partie d'aucun projet, comme il peut être membre ou auteur de plusieurs projets. Ainsi, chaque instance Utilisateur se réfère à zéro ou plusieurs instances Projet. La classe d'association Role permet de caractériser chaque couplage d'instances Utilisateur-Projet. Cette dernière a trois attribues d'association :
 - role : String = "Architecte, Designer, Marketing, Assembly, Quality" : cet attribut spécifie le rôle de chacun des membres dans un projet. Les cinq instances données pour l'attribut role sont les instances prédéfinies dans le système. Néanmoins, d'autres instances peuvent s'ajouter à cette liste par les auteurs de projet via l'interface de l'outil.
 - type_utilisateur : String = "Membre de projet, Auteur de projet, Administrateur" : spécifie le type de l'utilisateur dans un projet, comme décrit dans la section précédente.
 - candidat : Boolean : un attribut booléen qui spécifie si l'instance Utilisateur a le statut de candidat pour une instance Projet. En effet, le cas d'utilisation « joindre à un projet » pour le type utilisateur consiste à faire une candidature pour un projet. L'adhésion de ce dernier est conditionnée par l'acceptation de cette candidature par l'auteur du projet. L'attribut candidat prend l'instance 1 si l'instance Utilisateur est candidat pour l'instance Projet
- Utilisateur \diamond Annotation : Comme un utilisateur peut créer plusieurs annotations dans le système, chaque instance Utilisateur se réfère à zéro ou plusieurs instances Annotation.
- Utilisateur \diamond Intervention : Chaque instance Utilisateur se réfère à zéro ou plusieurs instances Intervention.

La classe Projet : La classe Projet spécifie les propriétés des projets dans le système. Les attributs de cette classe sont décrits ci-dessous :

- nom_projet, description_projet : String : Deux attributs de type chaîne de caractères qui spécifient le nom du projet et la description de la tâche que ce dernier représente.

- `date_creation` : `Int = currentdate()`: Un entier qui spécifie la date de création de chaque instance `Projet`. La valeur est attribuée automatiquement par le système au moment de la création de l'instance.

Les connexions entre la classe `Projet` et les autres classes sont discutées ci-dessous :

- `Projet` $\langle \rangle$ `Utilisateur` : Un projet a obligatoirement un créateur et zéro ou plusieurs membres. Donc chaque instance `Projet` se réfère à une ou plusieurs instances `Utilisateur`
- `Projet` $\langle \rangle$ `Jalon` : Création d'un nouveau projet comprend la création d'un jalon. Donc chaque instance `Projet` se réfère à une ou plusieurs instances `Jalon`.

La classe `Jalon` : La classe `jalon` spécifie les caractéristiques des jalons dans le système. Les attributs de cette classe sont décrits ci-dessous :

- `nom_jalon` : `String` : Une chaîne de caractères qui spécifie le nom du jalon
- `ferme` : `Boolean` : Une variable binaire qui indique si le jalon est ouvert (instance 0) ou fermé (instance 1) pour modification. Les vues des jalons fermés, ainsi que les annotations sur ces dernières ne sont pas modifiables par les membres du projet.
- `due_date` : `Int` : spécifie la date limite du jalon, comme définit par l'auteur du projet.

Les connexions entre la classe `Jalon` et les autres classes sont discutées ci-dessous :

- `Jalon` $\langle \rangle$ `Projet` : Une relation de type agrégation existe entre la classe `Jalon` et la classe `Projet`, qui fait qu'un projet est constitué d'un ensemble de jalons. Chaque instance `Jalon` fait partie d'une unique instance `Projet`.
- `Jalon` $\langle \rangle$ `Vue` : Une solution graphique peut se représenter avec une ou plusieurs extraction CAO. Ainsi, chaque instance `Jalon` se réfère à une ou plusieurs instances `Vue`.

La classe `vue` : La classe `vue` comprend un fichier VRML annoté. Les attributs de cette dernière sont comme suit :

- `nom_vue` : `String` : Une chaîne de caractères qui spécifie le nom de la vue
- `fichier_vue` : `VRML` : Une scène 3D de type VRML, l'extraction d'un modèle CAO à annoter.

Les connexions entre la classe Vue et les autres classes sont discutées ci-dessous :

- Vue \diamond Jalon : Une relation de type agrégation est définie entre la classe Jalon et la classe Projet. Chaque instance Vue fait partie d'une unique instance Jalon.
- Vue \diamond Annotation : Chaque instance Vue se réfère à zéro ou plusieurs instances Annotation.

La classe Annotation : La classe Annotation est composée de deux sous-classes dans le système : Pointeur qui représente la flèche pointeur sur la géométrie, et Intervention qui représente à son tour les nœuds de l'arbre d'argumentation. Les connexions entre la classe Annotation et autres classes sont décrites ci-dessous :

- Annotation \diamond Pointeur : Chaque annotation a un seul pointeur dans la géométrie. Donc chaque instance Annotation se réfère à une instance Pointeur.
- Annotation \diamond Intervention : Création d'une nouvelle annotation comprend la création de la première intervention associée. Donc chaque instance Annotation se réfère à une ou plusieurs instances Intervention.
- Annotation \diamond Vue : Chaque instance Annotation se réfère à une instance Vue.

La classe Pointeur : Comme décrit ci-dessus, cette classe représente la flèche pointeur sur la géométrie, qui fait partie d'une Annotation. Les attributs de cette classe sont donnés ci-dessous :

- position_xyz : double[3] : un tableau de nombres réels de taille 3, qui indique le point sur la géométrie où la flèche se situe.
- orientation_xyz : double[3] : un tableau de nombres réels de taille 3, qui indique l'orientation de la flèche pointeur.
- fleche_pointeur : VRML = pointeur.wrl : Un objet VRML qui détermine la forme géométrique de la flèche pointeur. Cet attribut ne prend qu'une seule instance dans l'outil, qui correspond à la forme par défaut de toutes les flèches pointeur.

Les connexions entre la classe Pointeur et les autres classes sont décrites ci-dessous :

- Pointeur \diamond Annotation : Chaque instance Pointeur se réfère à une instance Annotation

La classe Intervention : La classe intervention représente les nœuds d'un arbre d'argumentation d'une annotation. Les attributs de cette classe sont donnés ci-dessous :

- statut : String = "Finalisée, Ouverte, Rejetée" : spécifie le statut de l'intervention, comme décrit dans la section 5.3.3. Cet attribut prend trois instances. Quand le statut est Finalisée ou Rejetée, l'instance Intervention devient fermée à la modification.
- locutoire : String = "Current solution, Domain-Specific Constraint, Requirement" : spécifie l'objectif de l'intervention. Les trois instances que cet attribut prend sont discutées dans le chapitre 4.
- illocutoire : String = "Clarification, Proposition, Evaluation positive, Evaluation negative" : spécifie la dimension illocutoire de l'intervention.
- date_creation : int = currentdate() : Un entier qui spécifie la date de création de chaque instance Intervention. La valeur est attribuée automatiquement par le système au moment de la création de l'instance.
- texte_de_corps : String : contient le corps de texte de l'instance Intervention

Les connexions entre la classe Intervention et les autres classes sont décrites ci-dessous :

- Intervention \diamond Annotation : Chaque instance Intervention se réfère à une unique instance Annotation.
- Intervention \diamond Intervention : La construction des arbres d'argumentation se fait par les connexions entre les instances Intervention. Ces connexions sont de type prédécesseur/successeur. Une instance Intervention prédécesseur peut se référer à zéro ou plusieurs instances Intervention successeur. Une instance successeur, d'autre part, se réfère à une unique instance Intervention prédécesseur.

A.2 Les spécifications techniques

A.2.1 Applet Java™

La visualisation des objets 3D et les annotations, ainsi que toutes fonctionnalités liées à l'annotation des scènes 3D sont exécutées par un applet Java intégré dans l'interface web de l'outil.

Le rôle de l'applet Java est de :

- récupérer et visualiser les fichiers VRML,

- récupérer toute information nécessaire sur les annotations à partir de la base de données (les auteurs et les meta-données liées aux nœuds) les interpréter et afficher,
- permettre l'interaction de l'utilisateur avec les scènes et les annotations,
- mettre à jour la base de données à partir des modifications faites par les utilisateurs sur les annotations.

Visualisation des scènes 3D et les annotations

La visualisation des scènes 3D se fait à partir de l'environnement Java 3D. Au premier lancement de l'applet Java dans Annot'Action, l'environnement Java 3D est téléchargé sur le disque dur de l'utilisateur à partir du serveur, et est lancé à partir de cet emplacement. Un package interpréteur VRML pour Java 3D est utilisé pour la visualisation des scènes VRML dans l'applet.

Au lancement d'une scène 3D sur l'applet, la base de données est consultée pour les informations sur les flèches pointeurs concernant cette dernière. La scène 3D est visualisée avec les flèches pointeurs, placées sur la géométrie selon les informations dans la base de données. Les flèches pointeurs n'ont pas de sens sémantique particulier, et il existe un seul type de flèche 3D pour indiquer l'emplacement des annotations.

Une méthode de « picking » permet de trouver l'emplacement et l'orientation corrects des flèches pointeurs lors de l'ajout d'annotations. Cette dernière consiste à

- repérer les coordonnées 2D du clic de la souris de l'utilisateur sur l'applet,
- suivre l'axe du point de vue actuel de l'utilisateur en partant de ces coordonnées,
- repérer le premier point d'intersection de cet axe avec géométrie,
- positionner la flèche sur le point d'intersection, orientée vers le vecteur normal par rapport à la surface d'intersection.

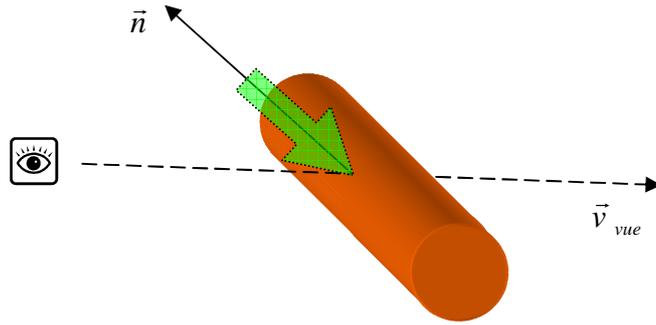


Figure 86 : Positionnement des flèches pointeurs dans l'applet Java

Visualisation des interventions

La structure hiérarchique des interventions se représente par une logique d'indentation. Ceci dit, l'intervention enfant se trouve décalée à droite par rapport à l'intervention parent.

Les interventions de même niveau sur un arbre d'argumentation sont représentées de façon chronologique, pour indiquer au lecteur l'évolution de sa construction.

Les arbres d'argumentation sont dépliables et repliables pour faciliter leur lecture. Tout arbre d'argumentation peut se déplier et replier par l'utilisateur. De plus, une fonctionnalité automatique existe, qui fait qu'au moment de sélection d'une annotation, l'arbre d'argumentation qui correspond à cette dernière est automatiquement déplié, tandis que tout autre arbre est replié (Figure 87).



Figure 87 : Arbre d'argumentation déplié en deuxième, troisième et quatrième niveaux

A.2.2 Web

La partie web de l'outil Annot'Action a été réalisée en langage de programmation PHP. Cette partie permet l'interface entre l'utilisateur et la base de données pour communiquer toute

information concernant les utilisateurs, les projets, les jalons et les vues. Le rôle de la partie web se résume ainsi comme ci-dessous :

- création, gestion des comptes utilisateurs,
- création et gestion des projets,
- gestion des rôles et les droits d'accès des utilisateurs dans les projets

La page d'accueil

Tout utilisateur se logue sur le site trouve une liste des projets auxquels il fait partie, avec la structure interne pour chacun des projets (Figure 88). L'utilisateur peut alors se rendre compte de l'évolution des projets a partir de la page d'accueil de l'outil, et se rendre à n'importe quel jalon ou vue.

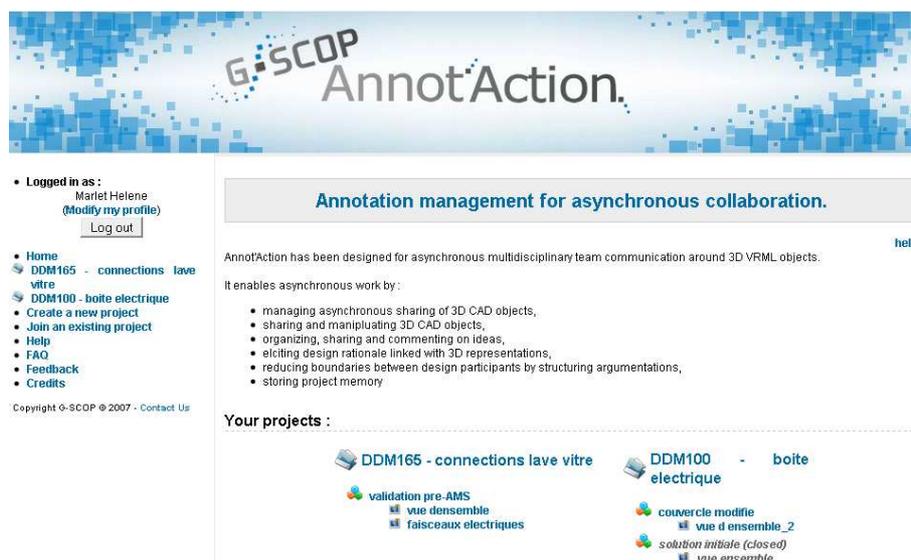


Figure 88 : Page d'accueil

A.2.3 Base de données

Les instances pour chacune des classes présentées ci-dessus, ainsi que toute information concernant l'emplacement des fichiers sont stockées dans une base de données MYSQL. Cette dernière est consultée et modifiée par l'applet java et la partie web de l'outil. La Figure 89 présente la structure de la base de données.

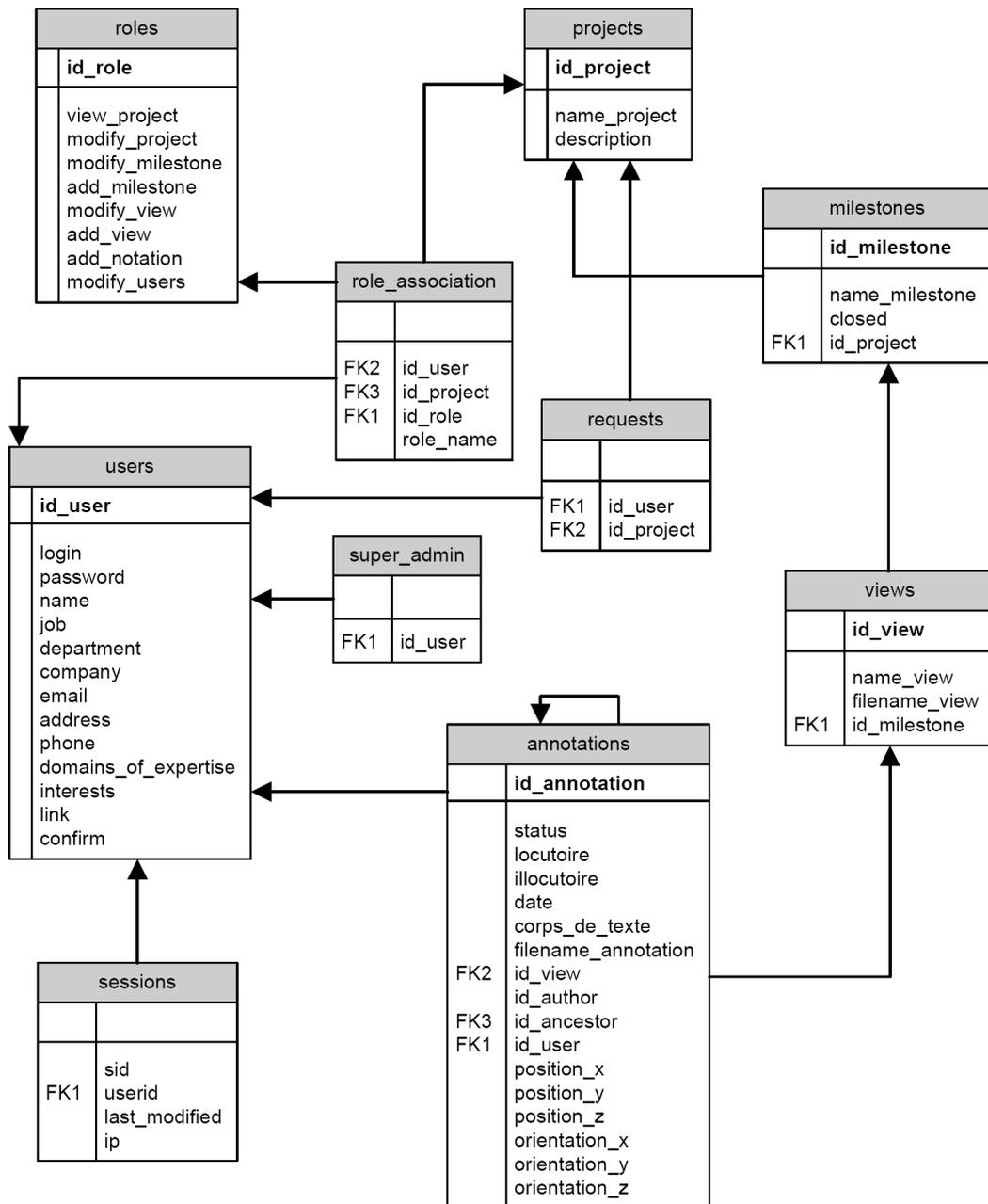


Figure 89: Structure de la base de données de l'outil Annot'Action

Les tableaux users, projects, milestones, views et annotations stockent les instances qui correspondent aux classes présentées dans la section précédente (Utilisateur, Projet, Jalon, Vue et Intervention respectivement).

La classe Role s'instancie à partir de quatre tableaux de la base de données, afin de minimiser le nombre d'entrées pour représenter les instances de cette classe. Le tableau role_association stocke pour chaque instance utilisateur-projet le rôle de l'utilisateur (le champ role_name), et le champ id_role qui spécifie les droits de l'utilisateur dans le projet. Ce champ se réfère au tableau roles, dont chaque entrée comprend une combinaison de champs binaires définit une

série de droits. D'autre part, les candidatures que les utilisateurs font pour les projets sont stockées dans le tableau requests, dont chaque entrée est un couplage d'instances utilisateur-projet.

Liste des figures

Figure 1 : Types de coordination.....	17
Figure 2 : Coordination versus coopération [Boujut & Laureillard, 2002].....	18
Figure 3 : Modèle de la conception selon [Darses, 1997].....	19
Figure 4 : Modèle mathématique de la communication selon [Shannon & Weaver, 1949]	21
Figure 5 : Modèle de la communication selon [Gerbner, 1956]	23
Figure 6 : Signe et signification d'après [Saussure, 1995]	24
Figure 7 : Processus de signification d'après [Peirce, 1958]	25
Figure 8 : Communication formelle et informelle selon [Fish et al., 1990].....	31
Figure 9 : Spectre de Formalité de l'Information en Conception [Yang et al., 2005]	32
Figure 10 : Evolution des artefacts entre les espaces de conception [Lécaille, 2003]	35
Figure 11 : Caractéristiques des objets intermédiaires dans leur usage	37
Figure 12 : Exemples d'entités de coopération [Boujut & Laureillard, 2002]	40
Figure 13 : Exemple de modèle CAO enrichi par des entités de coopération [Laureillard, 2000].....	40
Figure 14 : Signe typique d'interdiction de fumer combine des représentations iconiques et symboliques.....	44
Figure 15 : Modes de représentation pour différents types d'artefacts	45
Figure 16 : Détaille d'une planche dans l'Encyclopédie.....	46
Figure 17 : Exemple de plan 2D.....	48
Figure 18 : Modèle 3D des composants d'un camion.....	50
Figure 19: Organisation matricielle du groupe AB Volvo (Document interne)	58
Figure 20 : Vision globale d'un projet de conception (Document interne : le processus industriel : Plan de pilotage – Product Development – Décembre 2004)	59
Figure 21 : Activités du processus conception produit-process (Document interne : le processus industriel : Plan de pilotage – Product Development – Décembre 2004).....	60
Figure 22 : Exemple de modèle CAO représentant des composants de routage sur un chassis de camion	61
Figure 23 : Composition de l'équipe projet routage	62
Figure 24 : Organisation matricielle des équipes projet selon les départements d'engineering.....	63
Figure 25 : Processus de conception du routage (Procédure d'organisation – Septembre 2002 – Renault Trucks)	65
Figure 26 : Exemple de schéma de principe	65
Figure 27 : Exemple de schéma fonctionnel	66
Figure 28 : Exemple de schéma directeur routage	67
Figure 29: Flux informationnel de la phase étude détaillée	68
Figure 30: Exemple de DDM	69
Figure 31: Exemple de remise de scénario.....	70
Figure 32 : Cycles de validation des études de routage	71
Figure 33 : Exemple de capture d'écran tiré d'un dossier de routage	72
Figure 34 : Processus AMS	73
Figure 35 : Exemple de capture d'écran annotée.....	77
Figure 36 : 'Trou' d'information (information gap) entre les phases synchrones et asynchrones du processus AMS.....	80
Figure 37 : Annotation sur une capture d'écran montrant une action corrective.....	81
Figure 38 : Capture d'écran annotée montrant le cheminement en parallèle des tuyaux avec des faisceaux	81

Figure 39 : Annotation clarifiant le type des pièces sur une capture d'écran	82
Figure 40 : Exemples d'annotations tacites et explicites	91
Figure 41 : Exemple d'annotation web sémantique : CREAM [Handsuh & Staab, 2002] ..	98
Figure 42 : Exemple d'annotations sur une maquette 3D renforçant le discours oral	103
Figure 43 : Exemple d'annotations sur un compte-rendu de réunion	104
Figure 44 : Exemples de différentes approches d'ancrage [Aubry, 2007].....	108
Figure 45 : Exemples d'annotations textuelles sur un modèle CAO (UGS Solid Edge).....	110
Figure 46 : Une annotation de type redlining dans CoCreate OneSpace	111
Figure 47 : Exemple d'annotation dimensionnement, accompagnée par un texte (PTC ProductView)	112
Figure 48 : Exemples d'annotation de dimensionnement (à gauche) et de type redlining (à droite) dans IDT	114
Figure 49 : Outil Redliner [Jung & Do, 2000]	115
Figure 50 : Outil SpacePen [Jung et al., 2002].....	116
Figure 51 : Outil VAnno [Harmon et al., 1996].....	117
Figure 52 : Environnement Matrics [Aubry, 2007].....	118
Figure 53: Exemple d'actes de langage	125
Figure 54: Exemple d'annotation identifiant un problème	133
Figure 55: Exemple d'annotation proposant une solution	134
Figure 56: Exemples d'annotations clarifiant des solutions	134
Figure 57 : Structure d'annotation proposée.....	135
Figure 58 : Entités auxquels les actes d'annotations illocutoires se réfèrent.....	141
Figure 59 : Relation annotation-représentation	144
Figure 60 : Dimension de communication	145
Figure 61 : Dimension acteur-utilisateur.....	145
Figure 62 : Dimension processus	146
Figure 63: Scénario-type d'usage d'Annot'Action	150
Figure 64: Structure projet>jalon>vue dans Annot'Action	153
Figure 65 : Page d'accueil de projet dans Annot'Action	154
Figure 66 : Page d'accueil d'un jalon.....	154
Figure 67: Exemple d'une page de vue.....	155
Figure 68: Exemple de liste de membres d'un projet avec les rôles attribués.....	156
Figure 69: Page d'addition de nouveaux membres dans un projet	156
Figure 70 : Exemple d'arbre d'argumentation	157
Figure 71: Infrastructure technique de l'outil Annot'Action	160
Figure 72 : Applet java.....	160
Figure 73 : Projet DDM100 - boite électrique	162
Figure 74 : Concepteur annote la vue pour clarifier sa solution	163
Figure 75 : Concepteur constitue le groupe de partage	163
Figure 76 : Expert d'assemblage signale un problème avec une annotation d'évaluation négative	164
Figure 77 : Concepteur propose deux solutions pour surmonter le problème signal.....	164
Figure 78 : Acteurs évaluent les propositions du concepteur.....	165
Figure 79 : Concepteur change les statuts des annotations par rapport à la décision collective	166
Figure 80 : Concepteur clarifie les modifications sur la nouvelle solution.....	167
Figure 81: Cas d'utilisation pour les utilisateurs	187
Figure 82: Cas d'utilisation pour membre de projet	188
Figure 83: Cas d'utilisation pour auteur de projet	189
Figure 84: Cas d'utilisation pour administrateur	190

Figure 85: Diagramme de classes de l'outil Annot'Action	191
Figure 86 : Positionnement des flèches pointeurs dans l'applet Java.....	197
Figure 87 : Arbre d'argumentation déplié en deuxième, troisième et quatrième niveaux.....	197
Figure 88 : Page d'accueil	198
Figure 89: Structure de la base de données de l'outil Annot'Action	199

Liste des tableaux

Tableau 1 : Distributions des fonctions de routage aux métiers	63
Tableau 2 : Comparaison des outils d'annotation des représentations légères	119
Tableau 3: Exemples de différentes forces illocutoires pour le même contenu propositionnel	124
Tableau 4 : Catégories d'actes illocutoires selon [Searle, 1969]	126
Tableau 5 : Espaces de travail [Grebici, 2007]	130
Tableau 6: Caractérisation des actes de langages dans les espaces de travail.....	131
Tableau 7 : Catégories d'activités collaboratives selon [Détienne et al., 2004]	139
Tableau 8 : Symboles correspondant aux actes d'annotations illocutoires.....	141
Tableau 9 : Symboles représentant quelques instances d'acteur	142
Tableau 10 : Symboles représentant les instances d'objectif.....	143

Résumé

Les processus de conception collaborative actuels comprennent un nombre important de situations coopératives dans lesquelles des participants géographiquement distribués, issus de différents domaines d'expertises, ont besoin de construire une compréhension mutuelle afin d'évaluer collectivement les solutions de conception. Les représentations tridimensionnelles de produit sont souvent utilisées dans ces situations comme l'artefact partagé entre les participants. Malgré l'avancement de technologies de Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur, la communication asynchrone reste difficile. Ceci est lié au manque d'une part de fonctionnalités permettant aux participants d'éliciter des informations tacites sur les représentations 3D et, d'autre part, à l'absence des mécanismes pour soutenir la communication argumentative. La question adressée dans cette thèse est de savoir comment les annotations peuvent être utilisées sur des représentations 3D pour soutenir la communication asynchrone, afin de permettre un partage plus efficace de l'information. Les contributions de ce travail incluent (1) un modèle d'annotation qui permet d'exprimer l'intention de conception, (2) une structure d'annotation qui facilite la compréhension de l'information en unifiant les dimensions communicatives et informationnelles du contenu de l'annotation, (3) un répertoire d'annotation afin de faciliter la recherche et la réutilisation des annotations, (4) l'environnement Annot'Action, une implémentation informatique des concepts proposés.

Mots-clés : Ingénierie collaborative, Communication en conception, Collaboration asynchrone, Annotation sémantique, Acte d'annotation

Abstract

Today's collaborative design processes are characterized by an increasing number of co-operative situations, where geographically distributed participants from different domains of expertise are required to build mutual understanding of the ongoing design context, in order to collectively evaluate design solutions. 3D product representations are often used in these situations as common artefacts between the participants. In spite of the current CSCW technologies, asynchronous communication with 3D representations remains difficult. This is due to the lack of functionalities that allow the participants expressing the tacit design information on the 3D models and of mechanisms that support the participants to realise argumentative communication. The main problem addressed in this work is how the annotations can be used in 3D representations to support asynchronous design communication, in order to allow the design participants sharing and debating design information more systematically. The outcomes of this work include (1) an annotation model, allowing participants to express their design intent along with information conveyed, (2) an annotation structure, facilitating the accurate interpretation of information by unifying communicative and informational dimensions of the annotation content, (3) an annotation repository to improve annotation retrieval and re-use, (4) the Annot'Action environment as an implementation of the proposed concepts.

Keywords: Collaborative engineering, Design communication, Asynchronous collaboration, Semantic annotation, Annotation act