



**HAL**  
open science

## Contribution à l'évaluation de la qualité de la collaboration en conception de produits.

Kouamé Jean-Moïse Kobenan

► **To cite this version:**

Kouamé Jean-Moïse Kobenan. Contribution à l'évaluation de la qualité de la collaboration en conception de produits.. Gestion et management. Université Grenoble Alpes, 2016. Français. NNT : 2016GREAI081 . tel-01688820

**HAL Id: tel-01688820**

**<https://theses.hal.science/tel-01688820>**

Submitted on 19 Jan 2018

**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.

## THÈSE

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR DE LA COMMUNAUTE UNIVERSITE  
GRENOBLE ALPES**

Spécialité : **Génie Industriel**

Arrêté ministériel : 7 août 2006

Présentée par

**Kouamé Jean-Moïse KOBENAN**

Thèse dirigée par **Jean-François BOUJUT** et

Co-encadré par **Cédric MASCLET**

préparée au sein du **Laboratoire G-SCOP**  
dans **l'École Doctorale IMEP2**

# **Contribution à l'évaluation de la qualité de la collaboration en conception de produits**

Thèse soutenue publiquement le **9 décembre 2016**,  
devant le jury composé de :

**M. Jean-François, BOUJUT**

Professeur des Universités, Grenoble-INP, Directeur de thèse

**M. Philippe, GIRARD**

Professeur des Universités, Ecole de l'air, Rapporteur

**M. François, GIROUX**

Professeur de l'Enseignement Supérieur Agricole, Ministère de  
l'Agriculture et de la Pêche Maritime du Maroc, Rapporteur

**M. Yann, LAURILLAU**

Maître de Conférences, Université de Grenoble Alpes, Membre

**M. Cédric, MASCLET**

Maître de Conférences, Université de Grenoble Alpes, Co-encadrant

**M. Jean-François, PETIOT**

Professeur des Universités, Ecole Centrale de Nantes, Président





## SYNTHESE

L'organisation fonctionnelle des entreprises se compose de directions ou départements spécialisés. Les employés de ces structures ont des compétences liées à ces spécialités. Cependant, depuis les années 1990, les entreprises ont systématisé les organisations matricielles qui croisent les équipes projets et les départements. Ces structures transversales et les BU (Business Unit) contribuent à leur meilleur fonctionnement pour permettre d'augmenter leur part de marché (ex AB Volvo, CERN).

Du fait du développement des marchés, les structures des entreprises sont souvent distribuées sur différents sites, parfois à travers le monde.

L'entreprise travaille donc systématiquement en mode projet. Ainsi, une équipe projet est mise en place et ce mode d'organisation est décliné à tous les niveaux de la hiérarchie. Les personnes composant l'équipe sont issues de diverses entités (départements) appartenant ou non à l'entreprise. Il arrive souvent que des fournisseurs soient détachés dans les équipes projets, cela est notamment classique dans l'automobile.

Ces marchés ont aussi des besoins divers et variés qui imposent de leur fournir des produits complexes.

C'est le cas en conception de nouveaux produits. Leurs processus de conception se composent de différentes étapes pendant lesquels les membres des équipes travaillent individuellement ou collectivement. Les travaux collectifs sont souvent le lieu de discussions permettant d'évaluer, de valider les solutions ou de se coordonner...

Pendant les séances collectives, par exemple les réunions de projets, l'équipe en charge du projet reçoit en général un contrat ou une lettre de mission contenant les objectifs à atteindre. Ces objectifs doivent être appropriés et partagés au sein de l'équipe. Associés à cela des objectifs métiers spécifiques, liés à la fonction et au domaine d'expertise des participants doivent aussi être croisés et partiellement partagés.

Aussi, les participants au projet possèdent une expertise de par leur formation initiale, de par leur parcours professionnel et leur vécu dans les entreprises ou départements d'où ils sont issus. Afin de remplir leur mission commune, les membres de l'équipe projet ont besoin non seulement de se représenter le problème, mais aussi de se représenter – au moins partiellement - le métier des autres. A travers leurs échanges, sur leur compréhension des objectifs du projet, ainsi que sur leurs métiers, l'équipe projet se construit une représentation partagée du problème à résoudre à travers le CDCE.

Les membres de l'équipe apprennent également à se connaître et se construisent un ensemble de connaissances associant les individus, des rôles, des compétences (ce que je sais qu'il sait par exemple). Ils se construisent ainsi, une représentation des connaissances métiers des différents acteurs.

La performance des équipes de conception est liée en partie à leur capacité à construire des connaissances partagées et des représentations supports à leur connaissance.

La conception étant une activité cognitive, des modèles cognitifs ont été élaborés par les psychologues. Les modèles mentaux sont de cet ordre.

Un modèle mental est une représentation mentale. C'est une structure cognitive que se créent les concepteurs afin de mieux communiquer et se comprendre.

Il existe plusieurs types de modèles mentaux. Les modèles mentaux qui sont développés peuvent contenir des connaissances sur la tâche, le processus, le contexte, l'équipe ou la compétence.

La mémoire transactive définie par Wegner peut être considérée comme est un modèle mental partiel dédié à la représentation de la structure de l'équipe, c'est à dire la représentation que chacun se fait du groupe, des connaissances / compétences des uns et des autres, du niveau de confiance ou de fiabilité d'un acteur, etc...

La mémoire transactive d'une personne se compose de sa mémoire individuelle et de différentes mémoires externes. Ces mémoires externes sont des objets dans lesquels sont stockées des informations qui peuvent être décodées et interprétées par la personne limitant ainsi sa charge

cognitive. Dans le même ordre d'idée cette mémoire externe peut aussi être la mémoire d'une tierce personne.

Plusieurs mémoires transactives en synergie dans un groupe constituent un Système de Mémoire Transactive.

Un système de mémoire transactive est constitué dans les équipes. Ainsi, les membres des équipes se constituent une représentation des métiers, des connaissances ou des compétences de chacun de leurs coéquipiers.

On observe aussi qu'un bon système de mémoire transactive (TMS) est lié à une équipe performante. En effet, les composantes du TMS (*Coordination, Crédibilité, Spécialisation*) sont nécessaires en conception collaborative.

Les travaux sur la TMS ont permis de mettre au point des outils d'évaluation de son intensité dans une équipe.

Cependant ces mesures se font à postériori, après la fin des projets. Il serait intéressant de pouvoir évaluer la TMS en cours de construction pour aider à piloter les équipes de conception.

Ma démarche vise donc la compréhension de la construction de cette TMS dans les groupes projets.

En conception, cependant, l'accès aux observables se limite aux activités de conception et aux objets utilisés ou créés par les concepteurs.

Or, il se trouve que la TMS influe sur la performance des équipes, c'est notre hypothèse. De même, la capacité de l'équipe à se construire des connaissances partagées et des représentations supports à leurs connaissances est en rapport avec la performance de l'équipe. J'en déduis l'hypothèse qu'il existe une relation entre la TMS, les représentations externes supports à l'équipe et les activités de conception.

Comment caractériser ces liens ?

J'ai construit une typologie des activités de conception collaborative dénommée CDA ainsi qu'une typologie des *Ressources* RSC utilisée comme support à la conception.

Sur la base de l'échelle de mesure du TMS selon Lewis, j'étends le questionnaire de l'enquête TMS aux catégories CDA et RSC.

Les catégories CDA se composent de 3 concepts liés aux activités supports à la conception collaborative. (Partage des objectifs, Intégration des expertises, Prise de décision - *Goals Sharing, Expertise Integration, Decision Making* ).

Les items des RSC sont liés aux 6 concepts de TMS et CDA (à savoir *Coordination, Credibility, Expertises Integration, Goals Sharing, Expertise Integration, Decision Making* ).

J'effectue des mesures auprès d'équipes projets en environnement universitaires pour des questions d'accessibilité et de temporalité.

Les résultats issus des mesures tendent à prouver que TMS et CDA sont corrélés positivement. De même CDA et RSC seraient corrélés positivement. On observe cependant qu'il n'existe pas de corrélation entre TMS et RSC.

Quels éléments sont à la base de ces liens ?

L'autre démarche a consisté à identifier les éléments de la typologie CDA qui influent sur la TMS. Egalement, il m'a paru nécessaire d'observer l'utilisation des RSC pendant les réunions de conception collaborative.

Pour cela une observation fine des activités CDA a été nécessaire. Pour effectuer une observation fine, j'ai proposé une grille d'observation CDA des interactions.

J'ai défini un protocole expérimental permettant de mobiliser des volontaires pour un exercice de conception. J'ai choisi une activité basée sur un *serious game* ; *Delta Design*.

*Delta Design* simule une activité de conception collaborative et permet d'observer les phénomènes équivalents aux activités réelles de partage de connaissance, de prise de décision, de *Coordination*, etc.

Au tour du jeu *Delta Design*, les participants ont été filmés pendant une heure et demi. Les vidéos et les éléments sonores obtenus m'ont permis d'obtenir un corpus duquel je déduis les activités CDA grâce à la grille d'observation.

La visualisation de la vidéo permet de définir les objets et *Ressources* les plus sollicités.

Cette expérimentation tend à montrer que les éléments de la catégorie *Decision Making* figurent parmi les plus importants lors des réunions de conception collaborative en présentiel synchrone.

Si l'enquête montre que les concepteurs estiment que les *Ressources* ont peu d'impact sur la coopération perçue par les acteurs, l'observation montre un nombre important d'interactions à travers les objets.

Ma thèse montre alors que les concepteurs n'ont pas toujours conscience de l'utilisation des objets partagés lors de leurs revues de projets synchrones.

A l'issue de ma thèse, je propose un outil d'évaluation du niveau de partage en lien avec la mémoire partagée ; l'échelle d'évaluation des activités de conception collaboratives. Cet outil peut être une première approche pour investiguer la collaboration dans les équipes de conception et les équipes projets en entreprise quand l'on sait les perturbations occasionnées lorsque la recherche s'invite sur le terrain avec une méthodologie comme le *Design Observatory*.

Ma méthodologie employée basée sur deux étapes ; l'observation d'équipes de conception en situations non contrôlées (enquêtes auprès des concepteurs) puis observations fines en situation de conception contrôlée m'ont permis de comprendre la construction des connaissances partagées et ainsi de modéliser les mécanismes de construction de connaissances.

Ma thèse permet de vérifier l'hypothèse centrale de la corrélation entre les Activités de la Conception Collaborative et la construction d'un Système de Mémoire Transactive.



## REMERCIEMENTS

Cette thèse a pu être achevée et soutenue grâce à l'apport de personnalités que je remercie ici.

La France et la Côte d'Ivoire pour son financement. Avec les états, spécialement ses institutions de formations ; l'UGA, Grenoble-INP et l'INP-HB. Merci à Clemson University en Californie.

Le jury avec Pr François GIROUX Conseiller du Ministre de l'Agriculture et de la Pêche Maritime du Maroc, Pr Philippe GIRARD de l'Ecole de l'air, Pr Jean-François de PETIOT de l'Ecole Centrale de Nantes, Dr Yann LAURILLAU du LIG de l'Université de Grenoble Alpes.

A l'initiative de cette aventure et tout le long du chemin ; Pr Jean-François BOUJUT, Directeur de thèse et Dr Cédric MASCLET, Co encadrant.

Pour leur contribution Pr Erica De Vries, Pr Joshua Summers et ses collaborateurs.

Je n'oublie pas l'IMEP2 et Pr Bernard Penz, les membres du Labo G-SCOP dont Pr François Villeneuve pour leurs encouragements et les membres de l'équipe CC. Le personnel administratif et technique Marie-Jo, Seb, Kheira... Les membres de l'ADOC G-SCOP dont mes co bureau, Benjamin, Chloé, Channarong, Chenggeng, Christophe, Anne-Laure, Golnoosh, Aro, Clément...

Des collègues de l'INP-HB ; Pr Moustapha Sangaré, Pr Yao N'guessan, Pr Tanoh Aka, Pr Koffi Ekoun, Dr Adama Ouattara, M. Christian Gngnan, Mme Yeo Angeline et M. Arouna Dosso.

et vous de l'OIICI (Moustapha, Eugène...), SIR, PNRA, David 3EM, ACSER, CORTEX...

Ma famille en France, dont mon grand frère Daniel Gineste, Nathalie et les amis de Baraqueville. Egalement Maman Edwige, et Papa Pr Rémi Kouabenan, sans oublier Cédric, Stéphanie, Louis-Charles, Vanessa, Davy, ainsi que Tonton Jean-Claude, Abbé Yves, Koné, Abdoul, Adja, Marie-Pierre. Ma MDL avec Thierry, Philippe, Claire...

Pour leur soutien de tous les instants ; Papa Charles Richmond et le Past Gouverneur Marie Irène Richmond. Ma fratrie ; André, Suzanne, Jean-Léopold, Suzanne, Justin Bini, Chantal, Jean-Jacques, Ludmilla, Jean-Innocent, Anastasie, Jean-Cyrille, Jean-Aristide, Larissa, Jean-Achille, Kra Jeanne, Jean-François.

Ma maisonnée qui a autorisée l'aventure. Jean-Baptiste, Charles Raphaël, Loïc Daniel et Mariane.

Merci à mes parents ; Marie Laure Yahoua Tamia et toi Jean-Baptiste Kouassi Kobenan !

Anonyme, petite main... MERCI.

DIEU MERCI !. « YEGO Djasso » !

PLAN DE THESE

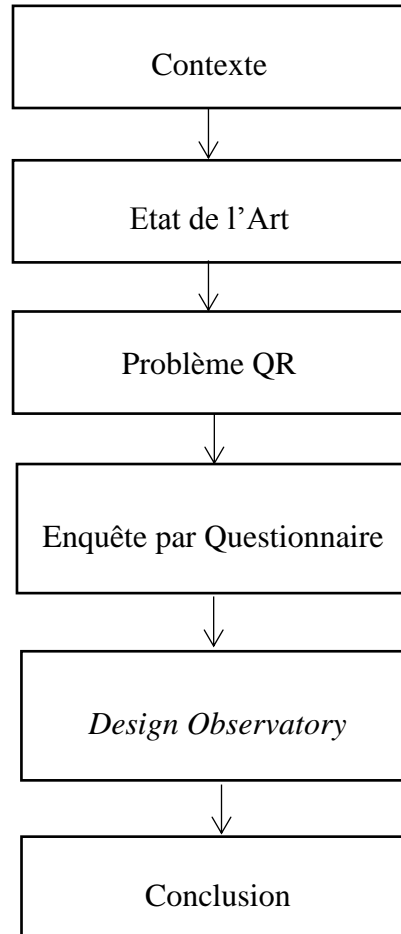


Figure 0-1: Schéma de lecture thèse

# CONTENU

<b>SYNTHESE</b> .....	<b>3</b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>8</b>
<b>PLAN DE THESE</b> .....	<b>9</b>
<b>CONTENU</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b>14</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b>16</b>
<b>PARTIE 1. CONTEXTE DU TRAVAIL DE GROUPE EN CONCEPTION</b> .....	<b>17</b>
1.1 OBJECTIFS DE MA RECHERCHE .....	19
1.2 LE TRAVAIL COLLABORATIF ET SES MODELES.....	23
1.2.1 <i>Enjeux industriels et scientifiques du travail collaboratif</i> .....	23
1.2.2 <i>Modèles du travail collaboratif</i> .....	27
1.2.3 <i>Définitions de terme collaboration, coopération et Coordination</i> .....	31
1.2.4 <i>Les outils de la collaboration</i> .....	34
1.3 A LA RECHERCHE DE LA MESURE DE LA PERFORMANCE EN EQUIPE DE CONCEPTION .....	39
<b>PARTIE 2. ETAT DE L'ART</b> .....	<b>41</b>
2.1 MODELES COGNITIFS EN CONCEPTION COLLABORATIVE .....	43
2.1.1 <i>Team mental Model (ou modèle mental d'équipe)</i> .....	44
2.1.2 <i>Transactive Memory System – TMS (système de mémoire transactive)</i> .....	47
2.1.3 <i>Mesure du Système de Mémoire Transactive</i> .....	49
2.2 LE TRAVAIL COLLABORATIF EN CONCEPTION.....	52
2.2.1 <i>Importance de l'apprentissage inter-métier</i> .....	52
2.2.2 <i>Importance des processus argumentatifs dans la prise de décision</i> .....	55
2.3 IMPORTANCE DES OBJETS DANS LA CONCEPTION .....	56
2.3.1 <i>Le concept d'objet intermédiaire</i> .....	56
2.3.2 <i>Le concept d'objet-frontière ou de Boundary Object</i> .....	58
2.3.3 <i>Le concept de shared representation</i> .....	61
2.4 CONCLUSION PARTIELLE .....	63
<b>PARTIE 3. APPROCHE DESCRIPTIVE DE RESOLUTION DE PROBLEME</b> .....	<b>65</b>
3.1 PROBLEMATIQUE DE LA THESE .....	67
3.2 QUESTIONS DE RECHERCHE DE LA THESE .....	70

# Plan de thèse

3.3	METHODOLOGIE DE RECHERCHE ADAPTEE .....	74
<b>PARTIE 4.</b>	<b>CONDUITE D'ENQUETE EN CONCEPTION COLLABORATIVE : LIENS TMS - CDA - RSC .....</b>	<b>79</b>
4.1	DYNAMIQUE DES CONCEPTS ET LIENS ENTRE EUX.....	81
4.1.1	<i>Quelle dynamique des concepts TMS, CDA et RSC .....</i>	<i>81</i>
4.1.2	<i>Vers un lien entre TMS, CDA et RSC.....</i>	<i>82</i>
4.1.3	<i>Proposition d'un processus de collecte de données .....</i>	<i>85</i>
4.1.4	<i>Choix des participants et de la tache.....</i>	<i>93</i>
4.2	CONCEPTION DE NOTRE OUTIL DE MESURE DE COLLECTE DES DONNEES EN CONCEPTION COLLABORATIVE .. .....	98
4.2.1	<i>Echelle de mesure du TMS selon Lewis.....</i>	<i>98</i>
4.2.2	<i>Echelle de mesure des activités de collaboration adaptée de Lewis .....</i>	<i>98</i>
4.2.3	<i>Echelle de mesure de l'utilisation des Ressources en conception collaborative .....</i>	<i>102</i>
4.3	ANALYSE DES RESULTATS .....	104
4.3.1	<i>Taux de réponses à l'enquête.....</i>	<i>104</i>
4.3.2	<i>Fiabilité de la recherche ; indicateurs statistiques de la collaboration.....</i>	<i>104</i>
4.3.3	<i>Réponses par équipes.....</i>	<i>106</i>
4.4	REPONSE QR1 : DYNAMIQUE D'EVOLUTION DES CONCEPTS TMS, CDA ET RSC ? .....	109
4.4.1	<i>Réponse QR11 : Quelle dynamique d'évolution du TMS .....</i>	<i>109</i>
4.4.2	<i>Réponse QR12 : Quelle dynamique d'évolution de CDA ?.....</i>	<i>110</i>
4.4.3	<i>Réponse QR13 : Quelle dynamique d'évolution des objets .....</i>	<i>111</i>
4.4.4	<i>Discussion sur QR1 .....</i>	<i>111</i>
4.5	REPONSE QR2 : LIENS TMS, CDA ET RSC DES SUJETS .....	113
4.5.1	<i>Réponse QR21 : lien TMS - CDA.....</i>	<i>113</i>
4.5.2	<i>Réponse QR22 : Lien RSC - CDA .....</i>	<i>117</i>
4.5.3	<i>Réponse QR23 : lien TMS - RSC.....</i>	<i>119</i>
4.5.4	<i>Discussion de la réponse QR2.....</i>	<i>120</i>
4.6	DISCUSSION SUR LA CONDUITE DE L'ENQUETE.....	122
<b>PARTIE 5.</b>	<b>OBSERVATION DES PRATIQUES DE CONCEPTION .....</b>	<b>123</b>
5.1	IDENTIFICATION DES ACTIVITES DE CONCEPTION COLLABORATIVE ET DES OBJETS EN CONCEPTION COLLABORATIVE SYNCHRONE .....	125
5.1.1	<i>Design Observatory.....</i>	<i>126</i>
5.1.2	<i>Proposition d'un processus d'experimental.....</i>	<i>128</i>
5.2	PROPOSITION DE GRILLES D'ANALYSE DE LA COLLABORATION .....	140

5.2.1	<i>Catégorisation des activités de collaboration collaboratives</i> .....	140
5.2.2	<i>Caractérisation des objets en conception collaborative</i> .....	150
5.3	TRAITEMENT DES DONNEES OBTENUES .....	157
5.3.1	<i>Logiciel d'exploitation du corpus Tatiana</i> .....	157
5.3.2	<i>Les données obtenues</i> .....	159
5.4	RESULTATS ET ANALYSES D'OBSERVATIONS DES PRATIQUES DE CONCEPTION.....	161
5.4.1	<i>Fiabilité des résultats / Codage croisé</i> .....	161
5.4.2	<i>Caractérisation des équipes du jeu Delta Design</i> .....	163
5.4.3	<i>Réponse QR3 : Les activités de conception collaborative (CDA) favorisant la construction du Système de Mémoire Transactive (TMS)</i> .....	169
5.4.4	<i>Activités de conception collaboratives en lien avec la TMS</i> .....	173
5.5	RESULTATS ET ANALYSES DE L'UTILISATION DES OBJETS EN CONCEPTION COLLABORATIVE .....	178
5.5.1	<i>Volume des objets en conception collaborative</i> .....	178
5.5.2	<i>Intensité de l'utilisation des objets dans le temps</i> .....	180
5.5.3	<i>De l'utilité des objets en conception collaborative</i> .....	182
5.6	PRATIQUES DU DESIGN OBSERVATORY EN CONCEPTION COLLABORATIVE .....	185
<b>PARTIE 6.</b>	<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>187</b>
6.1	BILAN DE MA RECHERCHE .....	189
6.2	LES LIMITES DE CE TRAVAIL .....	191
6.2.1	<i>Sur le plan méthodologique</i> .....	191
6.2.2	<i>Sur le plan des résultats</i> .....	192
6.3	RECOMMANDATIONS & PERSPECTIVES.....	193
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	.....	<b>197</b>
<b>ANNEXES</b>	.....	<b>210</b>
A1	: ECHELLE DE MESURE DU SYSTEME DE MEMOIRE TRANSACTIVE (TMS SELON LEWIS) .....	210
A2	: ECHELLE DE MESURE DES ACTIVITES DE CONCEPTION COLLABORATIVES (CDA).....	211
A3	: ECHELLE DE MESURE DES RESSOURCES (RSC).....	212
A3	: COURBES DELAIS DES REPONSES .....	213
A4	: RESULTATS DE CALCUL.....	214
	<i>Equipes Agrégées</i> .....	214
	<i>GI 2013</i> .....	215
	<i>GI-2014</i> .....	215
	<i>Clemson 2014</i> .....	216
	<i>Clemson 2015</i> .....	216

Plan de thèse

A5 : QUESTIONNAIRE EN LIGNE "HOW DID YOU COLLABORATE" ? ..... 218

**RESUME .....226**

**ABSTRACT .....226**

## Liste des Figures

Figure 0-1: Schéma de lecture thèse.....	9
Figure 1-1 : Organisation en Business Areas et Business Units chez AB Volvo.....	24
Figure 1-2 : Processus de conception selon Ulrich & Eppinger (2000) .....	27
Figure 1-3 : Processus de conception systématique selon Pahl & Beitz .....	28
Figure 1-4 : Modèle de l'Axiomatic Design .....	30
Figure 1-6: Evolution du travail médiatisé.....	35
Figure 1-7: Matrice temps espace des outils selon Johansen 1988 .....	36
Figure 1-8: Classification fonctionnelle des outils de la collaboration selon Sauter & al.....	37
Figure 2-1 : Modèle de cognitif de la conception selon Kvan (2000).....	43
Figure 2-2 : Mental Model selon (Badke-Schaub & al 2007) .....	45
Figure 2-3 Characteristics of measurement approaches of TMS Kitaygorodskaya (2006).....	50
Figure 2-4 : Caractérisation du rôle des objets selon Vinck, Jeantet, & Laureillard (1996) .....	57
Figure 2-5 : Evolution de l'objet intermédiaire selon (Grebici, 2005) .....	58
Figure 3-1 : Relation TMS, CDA et RSC .....	68
Figure 3-2 : Schéma de principe de partages de connaissance en conception collaborative.....	70
Figure 4-1 : Quels liens entre TMS CDA et RSC? .....	85
Figure 4-2 : Etapes de l'enquête par questionnaire enseigné à Grenoble-INP .....	89
Figure 4-3 : Processus du déroulement de la recherche .....	91
Figure 4-4: Processus de déroulement de l'enquête.....	91
Figure 4-5: Evaluation du questionnaire .....	92
Figure 4-6 : Structure de l'échelle CDA .....	98
Figure 4-7 : Evolution du TMS de T1 à T2.....	109
Figure 4-8 : Evolution de CDA de T1 à T2.....	110
Figure 4-9 : Evolution RSC de T1 à T2 .....	111
Figure 4-10 : Corrélation TMS - CDA.....	113
Figure 4-11 : Corrélations TMS - Composantes CDA.....	114
Figure 4-12 : Corrélations Composantes TMS - CDA.....	115
Figure 4-13 : Corrélations entre composants TMS - CDA.....	116
Figure 4-14 : Corrélation CDA RSC.....	117
Figure 4-15 : Corrélations RSC - Composantes CDA .....	118
Figure 4-16 : Corrélation non satisfaisante TMS RSC.....	119
Figure 4-17 : Corrélations entre Composantes TMS et RSC .....	119
Figure 4-18 : Liens TMS CDA RSC.....	121
Figure 4-19 : Corrélations entre les composants TMS CDA RSC.....	121
Figure 5-1 : Méthodologie Observer - Analyser – Interagir selon (Tang & Leifer, 1991).....	127
Figure 5-2 : Étapes du plan Expérimental .....	129
Figure 5-3 ; Plateau de jeu Delta Design.....	132
Figure 5-4 : Auto formation sur le rôle lors de l'expérimentation Delta Design .....	134
Figure 5-5 : Découverte de la table interactive .....	134
Figure 5-6 : Schéma du dispositif d'expérimentation.....	136
Figure 5-7 : organisation de la vidéo unique produite à partir des 4 flux vidéo.....	137

Figure 5-8 : La catégorie CDA et ses sous-catégories.....	142
Figure 5-9 : Contenu de la sous-catégorie Goals Sharing .....	143
Figure 5-10 : Contenu de la sous-catégorie Expertise Integration .....	146
Figure 5-11 : Contenu de la sous-catégorie Decision Making .....	148
Figure 5-12 : Les Ressources à la disposition des concepteurs.....	151
Figure 5-13 : Interaction avec les règles du jeu (lecture) .....	151
Figure 5-14 : Typologie des gestes selon Bekker & al, 1995.....	153
Figure 5-15 : Typology of gestures (Tory & al., 2008).....	154
Figure 5-16 : Pointage de triangle par les concepteurs sur table interactive .....	155
Figure 5-17 : Manipulation de la table interactive. ....	156
Figure 5-18 : Lecture des règles du jeu Delta Design par un concepteur.....	156
Figure 5-19 : Affichage de différents rejouables dans Tatiana .....	158
Figure 5-20 : Captures d'écran des vidéos.....	159
Figure 5-21 : Corpus produit visualisation dans Tatiana.....	160
Figure 5-22 : Processus codage croisé.....	161
Figure 5-23 : Proposition équipe Expé 1 .....	163
Figure 5-24 : Proposition équipe Expé 2.....	163
Figure 5-25 : Résultats TMS et composants des Expé 1 et Expé 2 .....	165
Figure 5-26 : Utilisation des objets dans les équipes Expé 1 et Expé 2 .....	166
Figure 5-27 : Répartition des interactions verbales et objet par métier.....	167
Figure 5-28 : Répartition des interactions verbales des concepteurs.....	167
Figure 5-29 : Intensité des interactions des concepteurs en fonction du temps.....	168
Figure 5-30 : Importance des interactions CDA.....	170
Figure 5-31 : Répartition des interactions par catégorie CDA .....	171
Figure 5-32 : Répartition des activités CDA par métier.....	171
Figure 5-33 : Intensité des interactions CDA en fonction du temps. ....	172
Figure 5-34 : Répartition des types de Ressources utilisés .....	178
Figure 5-35 : Répartition des interactions Ressources par métier .....	179
Figure 5-36 : Utilisation du tableau par les concepteurs .....	179
Figure 5-37 : Intensité des interactions objet en fonction du temps .....	180
Figure 5-38 : Détournement de la fonction d'un objet.....	183
Figure 0-1: Délai de réponses étude 1 .....	213
Figure 0-2 : Délai de réponses étude 2 .....	213
Figure 0-3 : Délai de réponses étude 3 .....	213



## Liste des Tableaux

Tableau 4-1 : Etapes de l'enquête selon (Kasunic, 2005).....	87
Tableau 4-2 : Liste des projets de l'étude 0 .....	95
Tableau 4-3: Liste des projets étude 1 .....	95
Tableau 4-4: Liste des projets étude 3.....	97
Tableau 4-5 : Récapitulatif projets .....	97
Tableau 4-6 : Tableau des taux de participation.....	104
Tableau 4-7 : Tableau des indices de fiabilité.....	105
Tableau 4-8 : Tableau des statistiques descriptives des groupes agrégés.....	107
Tableau 4-9 : Tableau des corrélations des données agrégées à T1, N=31 .....	107
Tableau 4-10 : Tableau des corrélations des données agrégées à T2, N=31 .....	108
Tableau 5-1 : Scénario de l'expérimentation .....	138
Tableau 5-2 : Grille d'activités de conception selon Détienne et al. (2004).....	140
Tableau 5-3 : Grille d'activités selon Metz & al. (2006) .....	141
Tableau 5-4 : Caractérisation des gestes selon (Visser, 2011) .....	155
Tableau 5-5 : Résultats des codages croisés.....	162
Tableau 5-6 : Tableau des principaux résultats des propositions Expé 1 et Expé 2.....	164
Tableau 5-7: Tableau récapitulatif des quantités d'interactions .....	169
Tableau 5-8 : Extrait de Corpus début de réunion Expé2.....	174
Tableau 5-9 : Extrait de corpus fin de réunion Expé2.....	174
Tableau 5-10 : Extrait de corpus expe 2.....	175
Tableau 5-11 : Extrait de corpus expe 2 crédibilité.....	176
Tableau 5-12 : Extrait de corpus expe 2 décision.....	176
Tableau 5-13 : Extrait de corpus Expe 2 tableau.....	181
Tableau 0-1 : Tableau des corrélations des données individuelles à T1, N=119 .....	214
Tableau 0-2 : Tableau des corrélations des données individuelles à T2, N=119 .....	214
Tableau 0-3 : Tableau des corrélations GI 2014 à T1 .....	215
Tableau 0-4 : Tableau des corrélations GI 2014 à T2 .....	215
Tableau 0-5 : Tableau des corrélations Clemson 2014 à T1 .....	216
Tableau 0-6 : Tableau des corrélations Clemson 2014 à T2 .....	216
Tableau 0-7 : Tableau des corrélations Clemson 2015 à T1 .....	216
Tableau 0-8 : Tableau des corrélations Clemson 2015 à T2 .....	217

## Partie 1. CONTEXTE DU TRAVAIL DE GROUPE EN CONCEPTION

Ce premier chapitre de thèse situe le contexte de l'étude. Il s'agit de définir les objectifs de cette recherche et d'en poser les enjeux industriels et scientifiques. Il passe en revue les modèles de la conception. Il y est aussi présenté les enjeux et la définition des termes à approfondir.



## 1.1 OBJECTIFS DE MA RECHERCHE

Lorsque les organisations sont confrontées à des tâches complexes et difficiles, elles ont recours à la mise en place d'une équipe qui s'emploie à la recherche de solutions (Salas, Cooke, & Rosen, 2008). C'est le cas lors de l'élaboration des produits industriels complexes. L'industrie s'est adaptée et réorganisée en conséquence pour répondre à des demandes exigeantes. Cependant, aujourd'hui, les départements RetD et centres de production sont distribués géographiquement. Les experts ont des compétences pluridisciplinaires variées et sont d'origines culturelles différentes.

Afin de mieux comprendre et maîtriser l'élaboration des nouveaux produits, les travaux de recherche concernent désormais tout le cycle de vie du produit. Il s'agit des étapes de conception, de production ou d'optimisation de la production. Les méthodes de conception, les organisations et les pratiques sont revues pour prendre en compte des enjeux liés aux expertises variées et la distribution des partenaires en lien avec l'évolution technologique.

L'environnement technologique du moment a contribué à l'apparition de nombreux outils collaboratifs en général. Cependant l'évolution technologique rapide, la complexité des produits et la spécialisation des concepteurs rend le travail de développement d'environnements très difficile. Bien que de nombreuses solutions existent aujourd'hui, elles s'appuient le plus souvent sur une compréhension datée des pratiques de conception.

L'équipe Conception Collaborative du Laboratoire G-SCOP œuvre justement à la mise au point d'outils en vue de favoriser la collaboration entre experts métier dans une optique de coopération et de co-conception. Les chercheurs de l'équipe ont ainsi développé des démonstrateurs d'outils de collaboration permettant la visualisation et l'interaction à distance comme *Swhift*, *GAM-PPO*, *Codemo* ou *Annot'action*.

Dans le champ de l'étude fine des interactions, des dispositifs de modélisation ont été créés. Ils permettent de représenter les organisations des équipes de conception collaborative interdisciplinaire et multi-expertise. Salas et al. (2008) dans leur travail sur les équipes et la performance indiquent que les 50 dernières années ont permis des évolutions importantes ;

notamment en matière de modélisation, de mesure et de compréhension ; c'est pourquoi ils invitent les recherches futures à se concentrer sur :

- L'évaluation du comportement de l'équipe et de la cognition ;
- L'étude des équipes "in the wild" (études ethnographiques ou *case studies*, etc.) ;
- La meilleure compréhension de l'assemblage dynamique des équipes et leur adaptation face à l'évolution du contexte ;
- La meilleure compréhension de la cognition de l'équipe par exemple, lors de prises de décisions complexes ou le partage de connaissances ;
- La meilleure compréhension des équipes dans un contexte multiculturel.

Ma recherche contribue à l'évaluation du comportement des équipes et la définition des bonnes pratiques en collaboration. Elle propose des outils adaptés (méthodologiques) aux acteurs de la conception.

Ma thèse se positionne dans le cadre de la modélisation et l'analyse des phénomènes de coopération dans les équipes multi-expertises. Plus précisément, j'étudie les phénomènes de construction de conscience de groupe dans les situations de conception collaborative dans le but de les comprendre et de les mesurer. Particulièrement j'étudie la dynamique de la conscience de groupe et le lien entre la conscience de groupe et la capacité à coopérer (partage de connaissance, prise de décision, etc.).

Ce thème de recherche mobilise de nombreuses équipes scientifiques de différents domaines (CSCW, IHM, ergonomie et psychologie cognitive, ...). L'objectif est de définir les facteurs de confiance ou de partage des connaissances, qui sont jugés comme étant des dimensions clés de la collaboration.

Mon ambition dans cette thèse est d'étudier les dynamiques d'échange entre concepteurs pendant les réunions synchrones, puis de construire un modèle permettant de caractériser l'évolution de la conscience de groupe et des connaissances partagées au sein du groupe, afin d'avoir un instrument de mesure de cette conscience de groupe.

La conscience de groupe est un concept sociologique relatif aux relations des individus dans un groupe. Elle est difficilement quantifiable et nous l'avons mesurée à l'aide du concept de « mémoire transactive » et plus particulièrement de « Système de Mémoire Transactive », concepts issus de la psychologie cognitive et qui permettent de caractériser les conditions de la coopération au sein d'un groupe à partir de trois indicateurs : *Coordination*, crédibilité et spécialisation.

Par ailleurs en m'appuyant sur les travaux antérieurs au sein du laboratoire G-SCOP, j'ai identifié trois catégories permettant de caractériser les Activités de Conception Collaborative (Collaborative Design Activities ou CDA). Ces activités permettent de créer les conditions de la coopération. Ces catégories sont au nombre de trois : Partage d'Objectif (*Goals Sharing*), Partage de Connaissance (*Expertise Integration*), Prise de Décision (*Decision Making*).

Dans cette thèse :

- J'établis une corrélation entre les Activités de Conception Collaborative (CDA) et le Système de Mémoire Transactive (TMS) ;
- Je porte une attention particulière aux objets (artefacts) ou *Ressources* créés et manipulés par les équipes dans ces sessions synchrones. Je cherche à corréler l'usage de ces objets avec la performance de la coopération ;
- Je montre ainsi que les concepteurs n'ont pas conscience de l'utilisation des objets partagés lors de leurs revues de projets synchrone et que les entités *Ressources* ont peu d'impact sur la coopération perçue par les acteurs ;
- Je propose un outil d'évaluation du niveau de partage en lien avec la mémoire partagée ; l'échelle d'évaluation des activités collaboratives.

La méthodologie employée se base sur deux étapes : l'observation d'équipes de conception en situation non contrôlée puis des observations en situation de conception contrôlée. J'utilise des enquêtes auprès des concepteurs sur les tendances et les évolutions des modèles cognitifs par rapport aux activités liées aux tâches de conception. Ensuite, j'observe en laboratoire les échanges dans les réunions de conception. Cette approche expérimentale permet de comprendre la construction des connaissances partagées et ainsi de modéliser les mécanismes de transfert de connaissances.

Ma thèse permet de vérifier l'hypothèse centrale de la corrélation entre les Activités de la Conception Collaborative et la construction d'un Système de Mémoire Transactive.

Dans la suite de la partie 1, je traite du contexte du travail collaboratif et de ses modèles.

Dans la partie 2, je propose l'état de l'art sur le travail collaboratif en conception, ainsi que l'importance des *Ressources* supports à la conception ; notamment les objets et des modèles cognitifs en conception que sont le modèle mental partagé et le Système de Mémoire Transactive (TMS - Transactive Memory System).

La partie 3 aborde la problématique centrale de cette thèse et expose les questions de recherches. J'y aborde aussi mon choix méthodologique. Je présente l'exploration en deux étapes (conduite d'enquête et d'observations en laboratoire).

La partie 4 est réservée à la conduite d'enquête sur des projets industriels. J'y expose le processus, la population, les projets et les résultats des corrélations entre les dimensions TMS et CDA.

La partie 5 présente l'observation des équipes de Conception Collaborative en laboratoire. Je décris le protocole expérimental, le processus et j'y présente les résultats des analyses d'activités.

La partie 6 dresse le bilan du travail effectué durant cette thèse et propose des recommandations sur les voies d'approfondissements.

La conclusion globale de mon étude intervient dans la partie 6. J'y aborde notamment la question du lien entre les observations directes et perceptions des acteurs à partir des deux approches proposées. Je présente les explorations utiles à la suite de mon étude.

## **1.2 LE TRAVAIL COLLABORATIF ET SES MODELES**

### **1.2.1 Enjeux industriels et scientifiques du travail collaboratif**

Le travail collaboratif constitue un mode de travail incontournable en entreprise. En effet, l'organisation fonctionnelle des entreprises se compose de directions ou départements spécialisés. Les employés de ces structures ont des compétences liées à ces spécialités. Cependant, depuis les années 1990, les entreprises ont systématisé les organisations matricielles qui croisent les équipes projets et les départements.

En effet, au cours des projets différentes compétences sont mobilisées autour de problématiques de l'entreprise ou d'institution. Par exemple, (Nicquevert, 2012) explique dans sa thèse l'organisation fonctionnelle et transversale du CERN<sup>1</sup>. Il évoque les projets qui apparaissent autour d'objectifs et problématiques précis. Ces structures transversales et les Business Units (BU) contribuent à un meilleur fonctionnement du système.

(Paul Tap, 2014) explique la situation chez AB VOLVLO. « Le groupe Volvo, qui compte 75 700 personnes, est ainsi organisé en business units (BU) et en business areas (BA). Les business units correspondent aux métiers transversaux (Volvo IT pour les systèmes d'information, Volvo Powertrain pour les chaînes cinématiques, Volvo 3P pour les études et achats "trucks" par exemple). Les business areas sont celles dont le métier est centré autour du produit final vendu aux clients (Volvo Construction Equipment pour les engins de chantiers, Renault Trucks pour la gamme camions Renault par exemple) »

---

<sup>1</sup> Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire Laboratoire Européen de Physique des Particules de Genève



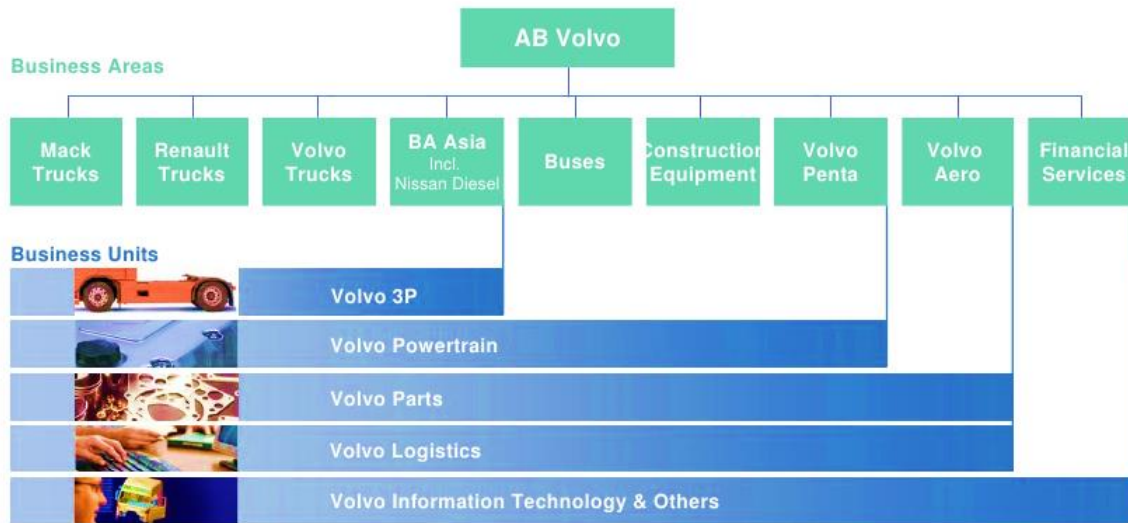


Figure 1-1 : Organisation en Business Areas et Business Units chez AB Volvo

Du fait du développement des marchés, les structures des entreprises sont souvent distribuées sur différents sites, parfois à travers le monde.

L'entreprise travaille donc systématiquement en mode projet. Ainsi, une équipe projet est mise en place et ce mode d'organisation est décliné à tous les niveaux de la hiérarchie. Les personnes qui composent l'équipe sont issues de diverses entités (départements) appartenant ou non à l'entreprise. Il arrive souvent en effet que des fournisseurs soient détachés dans les équipes projets, cela est notamment classique dans l'automobile (CHERITI, 2011). Ces marchés ont aussi des besoins divers et variés qui imposent de leur fournir des produits complexes.

C'est le cas en conception de nouveaux produits. Le processus se compose de différentes étapes pendant lesquelles les membres des équipes travaillent individuellement ou collectivement. Les travaux collectifs sont souvent le lieu de discussions permettant d'évaluer, de valider les solutions ou de se coordonner...

Pendant les séances collectives, par exemple les réunions de projets, l'équipe en charge du projet reçoit en général un contrat ou une lettre de mission contenant les objectifs à atteindre. Ces objectifs doivent être appropriés et partagés au sein de l'équipe. Associé à cela des objectifs métiers spécifiques, liés à la fonction et au domaine d'expertise des participants doivent aussi être croisés et partiellement partagés.

Ainsi, lors d'une activité industrielle comme la conception, les acteurs se réunissent en présentiel ou à distance pour apporter des points de vue différents ou complémentaires sur l'objet en cours de conception. Ce processus alterne phases de travail collectif ou individuel des individus. Les solutions ainsi obtenues sont élaborées par des experts de différents métiers ou spécialités qui sont issus d'entités internes ou externes à l'entreprise.

Fraslin (2013) explique le cas d'ALSTOM Power Hydro où les ingénieurs sont appelés à collaborer par soucis de complémentarité et d'efficacité, ainsi que de la nécessité de partage de connaissance dans un contexte d'expansion géographique de l'entreprise. Les ingénieurs ou experts du même domaine se retrouvent ainsi dans des communautés de pratiques.

Dans le cadre d'un projet, des experts de communautés différentes se retrouvent en vue de résoudre un problème, exécuter une tâche précise. Pendant ces séances de travail collectif, les experts coopèrent, c'est-à-dire, ils agissent ensemble dans un but commun. Cependant, issus de communautés différentes, ils éprouvent des difficultés à communiquer. En effet, ils n'ont pas le même langage, le même vocabulaire métier. Il s'ensuit dès lors la nécessité d'apprendre les uns des autres afin de mieux se comprendre pour mettre en œuvre le projet commun. Ils sont donc emmenés à se transmettre mutuellement des connaissances de leurs domaines d'expertises respectifs. Ils réalisent des apprentissages croisés qui leur permettront de mieux se comprendre.

Pendant leurs travaux individuels sur leurs projets, chaque expert a recours à des outils métiers, mais aussi des outils de communication. Ces outils ne peuvent être utilisés le long du processus de coopération avec les autres experts. Un défi apparaît ; la mise en œuvre d'outils qui permettent aux experts métier de mieux coopérer lors des projets, en articulant des outils métiers avec des outils de coopération pour aller vers des outils de coopération inter-métiers.

Ce type de défis industriels constitue une préoccupation à l'échelle internationale. Aussi les scientifiques et industriels élaborent des stratégies afin de proposer des réponses.

C'est bien dans ce cadre que s'inscrit le pôle Conception Intégrée du laboratoire G-SCOP à travers ses recherches autour de la Collaboration. Le défi est de faire travailler ensemble les différents acteurs de la conception. L'enjeu est de créer des connaissances sur le processus de conception, de développer des outils supportant le travail collaboratif en conception, d'élaborer des méthodes d'aide à la conception, de développer des modèles d'interfaces d'échange et d'interaction.

Ma thèse ainsi libellée « *Contribution à l'évaluation de la qualité de la collaboration en conception de produits* » se positionne dans cette thématique. Elle se veut une réponse à la compréhension et à processus de développement des produits.

En entreprise, un produit va être développé et mis sur le marché lorsque la direction marketing identifie un besoin à satisfaire sur le marché ou si la direction technique dispose de capacités techniques pour élaborer un produit. Le Processus de développement du produit concernera toutes les étapes depuis l'idée, la validation du prototype numérique ou matériel jusqu'à la mise sur le marché. Le processus de développement de produits est un projet d'entreprise qui regroupe des experts de différentes fonctions de l'entreprise ou de prestataires extérieurs. L'activité de conception fait partie du processus. Elle est importante car elle se situe en amont du processus et réunit les acteurs qui définissent les fonctionnalités du produit à développer.

Simon (1996) définit la conception comme l'activité humaine de création d'artefacts en vue d'atteindre un objectif. Il nomme artefact tout ce qui est créé par l'humain en opposition à tout ce qui est naturel.

Pour Gero (1990), la conception d'artefacts façonne et transforme le monde selon les besoins de la société. Les concepteurs sont donc des agents du changement.

Pour Pahl & Beitz (1996), la conception est une activité de l'ingénieur concepteur. Elle concerne tous les domaines de la vie humaine. Elle requiert la mobilisation des connaissances scientifiques et de l'expérience de l'ingénieur à la résolution de problèmes définis.

En somme, la conception est l'activité humaine de création d'artefacts qui façonne et transforme le monde par la résolution de problèmes.

Aussi la conception du produit nécessite des connaissances approfondies dans l'un des domaines concernés par la vie du produit. En plus tous les domaines de la société sont concernés par l'équipement. On peut donc dire que la conception est l'activité de création d'artefacts menée par les ingénieurs ou spécialistes, en fonction des besoins de la société, sur la base de leurs connaissances. Il y a donc clairement un besoin de collaboration au sein des organisations.

## 1.2.2 Modèles du travail collaboratif

### 1.2.2.1 Le modèle de Processus de développement de produit selon Ulrich et Eppinger

Ulrich & Eppinger (2000) proposent un modèle général de Processus de développement de produit (Figure 1-2). Ils définissent ainsi un ensemble d'étapes ou d'activités à travers lesquelles, à partir d'un besoin du marché, une société conçoit, fabrique et commercialise un produit qui vise à répondre aux besoins identifiés. Ce modèle est séquentiel et fait intervenir une validation formelle avant le passage à une nouvelle phase. Il regroupe plusieurs départements de l'entreprise. Par exemple, les processus de développement de produit en industrie chez Tyco (une entreprise d'électronique américaine), contient 9 étapes et concerne 9 départements de l'entreprise.



Figure 1-2 : Processus de conception selon Ulrich & Eppinger (2000)

### 1.2.2.2 L'approche systématique de Pahl et Beitz

Pahl & Beitz (1996) propose un modèle de processus de conception pour le développement de solutions qui vise à augmenter la probabilité de succès technique et économique de la conception du produit. C'est une approche systématique qui permet une planification minutieuse et une exécution de sorte que l'ensemble de la tâche de conception se réduit à un exercice logique et compréhensible. Il permet également de limiter les erreurs inévitables.

La décomposition du processus de conception (Figure 1-3) repose sur les principales étapes de planification et de clarification des tâches (spécification des informations), la conception conceptuelle (définition des principes), conception globale (définition des plans d'ensemble) et la conception détaillée (définition des plans de la production).

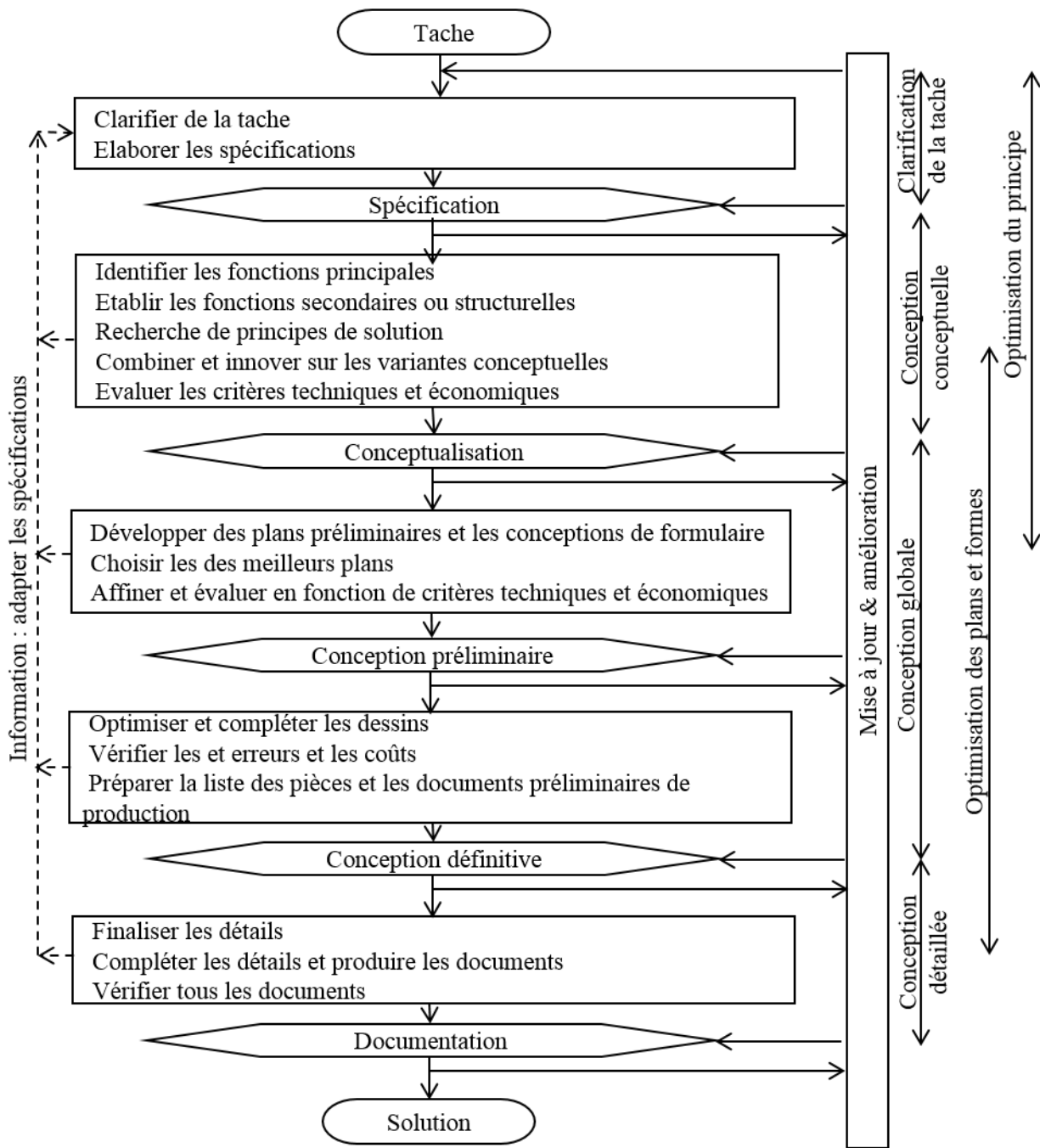


Figure 1-3 : Processus de conception systématique selon Pahl & Beitz

La phase de planification et de clarification de la tâche, permet d'obtenir une description des objectifs de l'étude en relation avec les spécifications fonctionnelles du produit, ses délais d'obtention et de réalisation.

Dans la phase de conception conceptuelle, l'équipe définit un concept de solution ou adopte des solutions connues permettant aux concepteurs de procéder directement à la phase de conception détaillée. Différents moyens sont à la portée de l'équipe.

- Résumer la tâche et identifier les fonctions principales
- Établir les fonctions secondaires ou structurelles
- Rechercher des principes de solution
- Combiner les principes de solution dans des variantes conceptuelles
- Évaluer le concept de variantes utilisant des critères techniques et économiques

Cette phase de conception globale, permet de définir les formes et les dimensions de la solution. Différents plans d'ensemble sont proposés et le choix du meilleur est réalisé. Il est ensuite affiné en fonction des critères techniques et économiques.

Dans la phase de conception détaillée, de nombreux détails devront être clarifiés, confirmés ou optimisés. La phase prend en compte les choix techniques et technologiques en lien avec l'aspect économique. Il importe de vérifier à la fin de cette phase que les fonctions et les exigences sont respectées.

L'exploration des options ne se termine pas avec une solution conceptuelle, mais s'étend à la réalisation physique des produits. La phase de conception détaillée finit nécessairement par l'élaboration des documents de fabrication du produit et leur vérification.

L'approche proposée par Pahl & Beitz est un cadre d'opérations à effectuer dans le but de concevoir avec efficacité une solution technique. La modélisation repose sur une description fonctionnelle et économique du produit, par la constitution d'un cahier des charges.

Cette approche a donné naissance aux modèles et normes encore en vigueur en Allemagne et s'avère très efficace dans le cadre de la résolution de problèmes d'ingénierie. Dans notre cas, la coopération se déroulant à l'intérieur des phases, ce modèle ne rend pas compte de la dimension multi expertise et multi métier nécessaire à la conception collaborative moderne.

### 1.2.2.3 L'Axiomatic Design

L'objectif de l'*Axiomatic design* (Suh, 1998) est de fournir un cadre théorique généralisé pour l'articulation des dimensions produit (fonctions) et structure (paramètres de conception) afin de fournir un outil d'intégration systématique conduisant à des structures optimales du point de vue fonctionnel et structurel. Cela implique quatre aspects distincts d'un projet d'ingénierie (Suh, 1998). Il s'agit de Définir le problème (1) depuis une situation floue au début du projet, ensuite, de proposer des solutions (2) pendant le processus créatif (G). Puis de déterminer (3) si la solution proposée est correcte et rationnelle pendant le processus analytique. Enfin, de vérifier (4) que le produit conçu répond aux besoins définis.

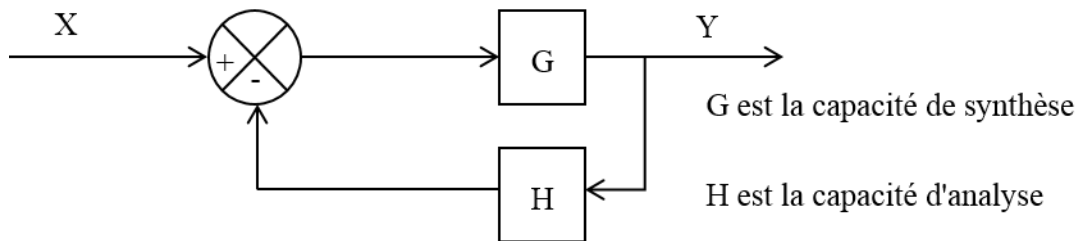


Figure I-4 : Modèle de l'Axiomatic Design

Dans ce modèle, synthétiser et analyser sont interdépendants, car il faut être capable d'éliminer rapidement les mauvaises idées pour ensuite en proposer des nouvelles.

Le processus de synthèse est axé sur la technologie tandis que le processus d'analyse est en rapport avec un ensemble de principes de base. Ces ensembles sont des axiomes et les principes sont définis lors de l'étape d'analyse et permettent de prendre de bonnes décisions de conception.

Le principe adopte l'hypothèse selon laquelle, il existe un ensemble de principes, d'axiomes, qui détermine une bonne pratique de conception.

- Axiom 1 : L'Axiom Indépendance. Les exigences fonctionnelles (FRs) doivent être indépendante les uns des autres.
- Axiom 2 : L'Axiom informationnel. Les informations relatives à la conception du produit doivent être minimales de sorte à réduire la complexité du système.

Les domaines modélisés dans le cadre de l'Axiomatic Design sont les suivants :

- Le Domaine du client permet de spécifier les besoins, les attentes du client ;
- Le domaine fonctionnel consiste à définir les exigences fonctionnelles (FR) qui doivent satisfaire les fonctions ou besoins du produit.
- Le Domaine physique prend en compte les composants physiques qui satisfont les exigences fonctionnelles (FR) et les paramètres de conception du produit (DP).
- Le domaine du processus de fabrication valide le processus de réalisation des composants des paramètres de conception (DP) et les variables du processus (PV).

Le processus de conception se déploie entre ces domaines. Il s'agit d'aller-retour entre les domaines, des bouclages.

Ce modèle propose donc une approche itérative de la conception, ce qui correspond mieux à notre cadre d'étude. Cependant, il n'aborde la question que sous un angle théorique et conceptuel, ne prenant pas en compte les domaines de connaissances des acteurs. Ce modèle se concentre sur des domaines liés aux phases de définition du produit.

- Les processus proposés par Ulrich & Eppinger ainsi que Pahl & Beitz sont linéaires et traduisent la nécessaire convergence du processus vers le produit final. Au niveau macroscopique du processus cela fonctionne bien. Cependant ces processus sont souvent itératifs à un niveau plus micro ; certaines étapes peuvent être reprises autant de fois qu'il est nécessaire pour la satisfaction des critères exigés. Il est donc nécessaire de recourir à des modèles plus fins en prenant en compte les concepts de coopération et collaboration.

### **1.2.3 Définitions de terme collaboration, coopération et *Coordination***

#### **1.2.3.1 Collaboration**

Différentes définitions sont proposées.

Jacobs (2002) propose la définition suivante : « plusieurs personnes réalisant des activités dans le but d'atteindre des buts partagés de haut niveau. La collaboration nécessite des buts partagés, un langage et des expériences en commun, ainsi qu'un environnement et des médias partagés. La collaboration comporte 3 aspects significatifs qui sont :



- La réalisation conjointe de tâches,
- La *Coordination* des composantes distribuées impliquées dans la collaboration,
- Une composante sociale incluant les notions de confiance et d'identification des expertises »

Schrage (1990) propose comme définition « la collaboration est une relation intentionnelle créée dans le but de résoudre un problème, créé ou découvrir quelque chose, dans le cadre d'une situation soumise à un ensemble de contraintes ».

Frayret, D'Amours, & D'Amours (2003) reprennent Kak & Schoonmaker (2002) qui propose celle-ci « la collaboration est un processus dans lequel plusieurs autorités indépendantes coordonnent leurs décisions, résultant en la création de plans supérieurs à ceux qu'elles auraient pu produire sans s'être coordonnées »

D'Amours & Frayret (2003) propose la collaboration comme une action coopérative intentionnelle entre deux ou plusieurs entités échangeant ou partageant des *Ressources* dans le but de prendre des décisions ou de réaliser une activité qui générera des avantages ou des pertes qui seront partagées.

De ces définitions, je constate que la collaboration nécessite que les objectifs soient partagés par les membres de l'équipe multidisciplinaire. Par ses interactions sociales, les membres doivent intégrer leurs connaissances, c'est-à-dire apprendre les uns des autres en vue de la réalisation de l'objectif de leur projet.

### **1.2.3.2      Coopération**

Différentes définitions sont proposées. Pour Austin & Baldwin (1991) la coopération est un travail en commun orienté vers un objectif préétabli co-construit.

Pour Trousse (1997) la coopération est un acte conscient et délibéré qui consiste en la réalisation d'une activité complémentaire de celle d'autres acteurs avec lesquels on partage des objectifs communs.

La définition de Boujut (2001) est plus complète. Pour lui, la coopération est caractérisée par un but partagé (co-construction et partage des objectifs), des moyens mis en œuvre conjointement

(organisationnels, instrumentaux) et la réalisation conjointe d'une tâche. Le fonctionnement coopératif dépend des relations entre acteurs (mise en commun des buts, confiance, entraide) et la constitution d'un collectif de travail. La coopération suppose l'existence d'une tâche commune globale au groupe avec mise en commun des ressources, prise de décisions communes par négociation et compromis.

Coopération ou collaboration ? Pour ces deux concepts, la similitude est le fait de converger collectivement vers le même objectif en tenant compte de l'avis, la compétence et la personnalité de chacun. Il semble que la littérature ne s'accorde pas sur une réelle distinction et que les deux concepts sont souvent utilisés de manière assez proche en fonction des communautés. La sociologie et les sciences de l'organisation utilisant plutôt le concept de coopération/*Coordination*, tandis que l'informatique s'empare du terme collaboration plus volontiers.

### 1.2.3.3 *Coordination*

Pour Bareigts (2000), la *Coordination* est une articulation planifiée des actions. Pour Andriasean, Duffy, MacCallum, Bowen, & Storm (1996), la *Coordination* est le processus de planification et de programmation des différentes tâches et de distribution des ressources. Pour Mintzberg (1990), différents types d'activités permettent la *Coordination*. Maggi & Déchelle (1996) en identifient trois :

- L'ajustement mutuel où tous les acteurs participent à la tâche de façon réciproque et autonome, selon les règles sociales définies ;
- La supervision directe où chaque acteur travaille séparément et transmet ses résultats à une autre personne selon une programmation ;
- au moyen d'un protocole type sans communication spécifique selon des règles standards.

Lors d'un projet de conception, il est en effet nécessaire de coordonner les actions où l'utilisation des moyens disponibles selon une programmation plus ou moins rigoureuse. La vérification et/ou un ajustement sont nécessaires pour faire évoluer le processus. D'un commun accord avec les

experts, la décision du mode de *Coordination* est arrêtée. Par exemple l'utilisation des outils à la disposition des concepteurs peut être définie.

Ainsi les concepts de coopération et de *Coordination* se complètent bien et les deux sont importants pour décrire les processus collaboratifs en conception. La planification extérieure et le contrôle étant du domaine de la *Coordination* tandis que la co-construction et le partage d'objectif et de connaissance sont du côté de la coopération.

#### **1.2.4 Les outils de la collaboration**

Les outils de la collaboration ont beaucoup évolué depuis leur développement dans les années 1990. En effet, la communauté multidisciplinaire du CSCW (*Computer Supported Cooperative Work* – Travail Cooperatif Assister par Ordinateur), apparu dans les années 1980, fut une réponse à la production d'outils supports des besoins des individus, experts et entreprises (Grudin, 1984). Marilleau et al. (2010) enseignent l'historique du développement du travail collaboratif médiatisé. Selon eux, la première phase n'a consisté qu'à stocker et partager des informations ; notamment avec des logiciels de traitement de texte.

Dans la seconde phase, avec le développement d'internet, les outils de travail de groupe apparaissent. Ils offrent la possibilité de gérer des espaces privés ou publics ou dotés de possibilités de collaboration. La fonction d'annotation (le texte peut être enrichi et corrigé) fait son apparition.

La troisième phase est constituée des plates formes de collaboration. Ces outils offrent des possibilités d'interaction et de visio conférence en synchrone, des possibilités de gestion de communauté ou encore d'édition collaborative (wikis, Google drive plus récemment).

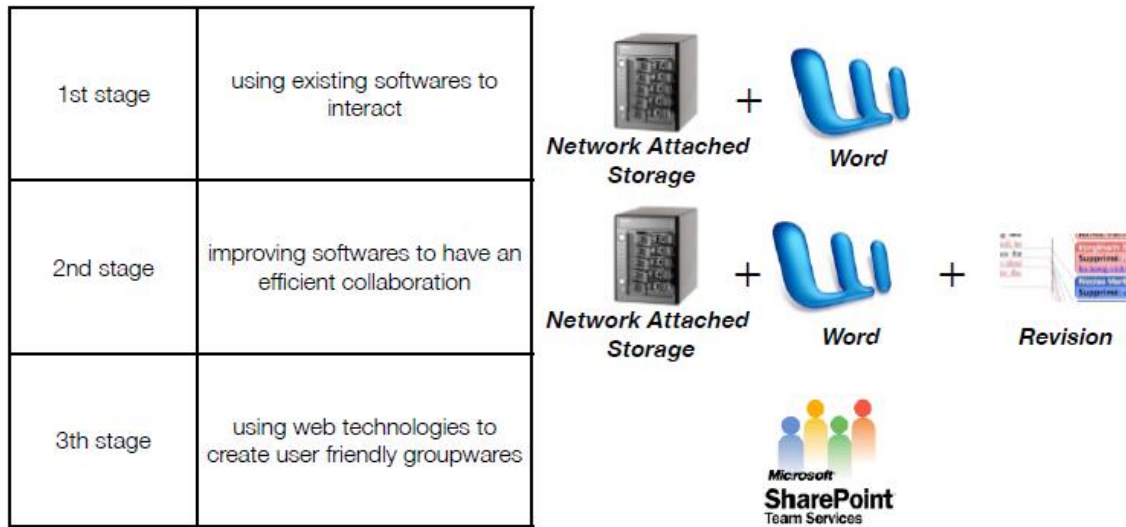


Figure 1-5: Evolution du travail médiatisé

Aujourd’hui on constate l’apparition des réseaux sociaux qui offrent des possibilités de créations de contenus multimédia mobile. Cette facilité offre aux concepteurs de nouveaux moyens pour partager des informations afin d’améliorer leur prise de décision et rendre leur organisation plus efficace.

Différents modèles de représentation existent dans la communauté CSCW. L’ensemble des outils disponibles est classé en fonction du temps et de l’espace. C’est la forme matricielle adoptée par le CSCW (Grudin, 1994).

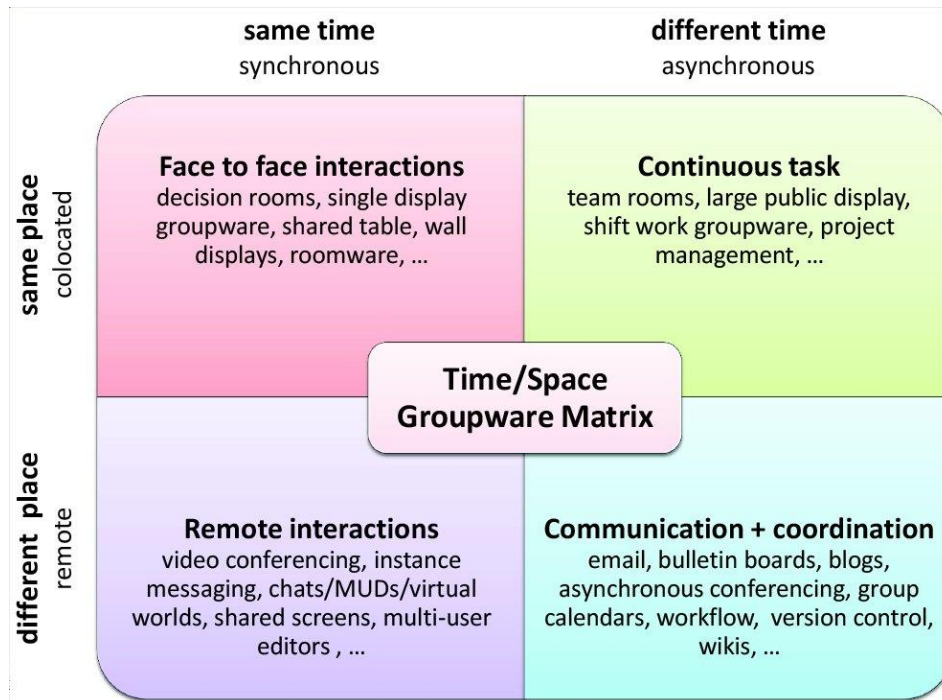


Figure 1-6: Matrice temps espace des outils selon Johansen 1988

Lors des séances de conception collaborative synchrone des équipes pluridisciplinaires, les experts à travers leurs interactions ont des activités leur permettant de faire aboutir leurs objectifs.

Par exemple (Cassier, 2010) explique que chez Renault Trucks, les réunions de revue de projet regroupent les acteurs responsables de la conception, la fabrication, la gestion de projet, la qualité, le SAV qui se retrouvent, échangent et discutent les propositions de solutions afin de prendre des décisions qui conviennent à tous. Ils ont chacun une responsabilité. Ainsi, Le chef de projet (dit « l'architecte »), coordonne et pilote la revue de projet et s'assure de la pertinence du scénario présenté. Le responsable de l'assemblage (« industriel »), a la responsabilité de valider ou de proposer les solutions par rapport aux processus industriels qu'il connaît. Le responsable qualité veille au respect des normes qualités. Le responsable après-vente s'assure que la solution est démontable et « remontable » au cours de la vie du véhicule. Tout au long de la réunion, plusieurs études de conception faisant suite à des demandes de modifications (DDM) sont présentées par un concepteur en charge de trouver une solution.

La revue de projet chez Renault Trucks est une instance d'évaluation et de validation et non une instance de proposition de solutions. Elles sont planifiées tout au long de la phase de conception

avant le lancement de la phase industrielle. Cette réunion a la particularité de se tenir sur deux sites différents ; St-Priest et Blainville. La revue de projet est convoquée à un jour et une heure précise et se tient de façon synchrone. C'est un cas typique de conception à distance synchrone où les deux équipes communiquent via des médias et des outils collaboratifs.

Pour son projet de recherche Edelman (2011) utilise lors de ses expériences des équipes hétérogènes issues de domaines variés de la conception de produit et de l'ingénierie mécanique. En revanche, ces équipes travaillent en même temps, dans le même espace autour d'une table de réunion sur un projet commun. C'est un cas de conception collaborative en présentiel synchrone.

Pendant ces travaux collectifs on distingue plusieurs types de situations selon Grudin (1994) en fonction du temps et de l'espace. Aujourd'hui avec les évolutions technologiques les travaux collectifs peuvent se dérouler en présentiel, à distance ou de façon mixte (indépendamment en présentiel ou à distance). Il indique aussi que les travaux collaboratifs peuvent se dérouler selon le temps. Ils sont dits synchrones ou asynchrone.

L'autre modèle est le modèle du trèfle proposé par Ellis (1994) et complété par Sauter & al (2014). Il répartit les outils de collaboration suivant les fonctionnalités que sont la communication, la *Coordination* et la production.

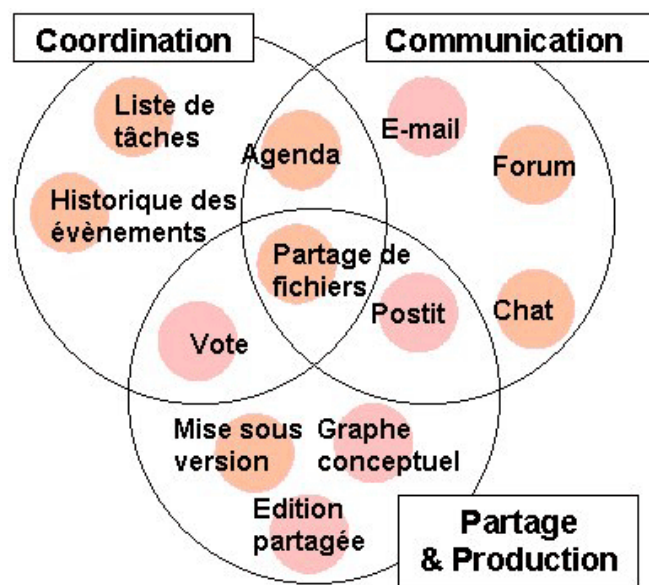


Figure 1-7: Classification fonctionnelle des outils de la collaboration selon Sauter & al.

Le besoin en outils de la collaboration est important au regard des enjeux nouveaux. Les concepteurs ne disposent pas encore de suffisamment d'outils pour couvrir les besoins des experts métier malgré l'intégration croissante des fonctionnalités de communication et de partage dans les environnements CAO. (Grudin, 1994) a identifié les défis de conception de logiciels et évoque entre autres le besoin d'évaluation des équipes par exemple.

### **1.3 A LA RECHERCHE DE LA MESURE DE LA PERFORMANCE EN EQUIPE DE CONCEPTION**

Ma thèse s'inscrit dans un projet plus vaste de développement de démonstrateurs intégrant des outils de collaboration dans des boucles de Conception Collaborative. Cependant la complexité de l'exercice et notamment de l'évaluation de la performance de ces environnements vient du fait que les situations mises en place avec les outils de collaboration modifient les conditions même de cette collaboration et les activités des concepteurs. Ceux-ci doivent à la fois faire évoluer leurs pratiques, apprendre à utiliser les outils et réaliser les tâches prescrites. Cela rend très délicate l'évaluation des solutions de collaboration dans des situations de conception réelles (ou même simulées). C'est pourquoi nous nous attachons dans ce travail à caractériser les mécanismes cognitifs et à développer des outils d'analyse et d'investigations des situations qui sont indépendant des outils et des environnements. Nous espérons ainsi contribuer au développement d'un cadre conceptuel d'analyse des pratiques collaboratives instrumentées.

Mon ambition dans cette thèse est d'étudier les concepts qui influencent la performance des équipes de conception pendant les réunions synchrones, puis de construire un modèle permettant de caractériser l'évolution de la conscience de groupe et des connaissances partagées au sein du groupe, afin d'avoir un instrument de mesure de cette conscience de groupe.

Nous étudierons les dynamiques d'échange d'information entre concepteurs pendant les réunions synchrones, puis construirons un modèle permettant de caractériser l'évolution de la conscience de groupe et des connaissances partagées au sein du groupe, afin d'avoir un instrument de mesure de cette conscience de groupe.

Le choix de travailler autour des équipes de conception nous amène à nous poser la question des modèles existant dans la littérature concernant le travail collaboratif.





## Partie 2. ETAT DE L'ART

L'état de l'art se penche sur trois concepts clé à développer dans cette thèse. Le premier concerne les modèles cognitifs en conception collaborative. Le second concerne le travail collaboratif. J'étudie son importance dans l'apprentissage inter-métier ainsi que le processus de prise de décision. Le troisième concept concerne les objets en conception. La diversité des approches a fourni un vocabulaire que je précise dans ce chapitre.

La méthodologie adoptée ici est une revue de littérature. Elle me permet de préciser les champs spécifiques qui feront l'objet de la suite du mémoire.



## 2.1 MODELES COGNITIFS EN CONCEPTION COLLABORATIVE

L'étude de la dynamique de groupe a commencé par les travaux de Kurt Lewin en 1944 (Lewin, 1944). D'un point de vue cognitif, la dynamique groupe englobe le phénomène psychologique et psycho-sociologique qui se produit au sein des groupes de personnes en interaction. C'est un concept très général qui est particulièrement valide ou pertinent pour les travailleurs du savoir, *knowledge workers* (Steward & Ruckdeschel, 1998) que sont les designers et les ingénieurs

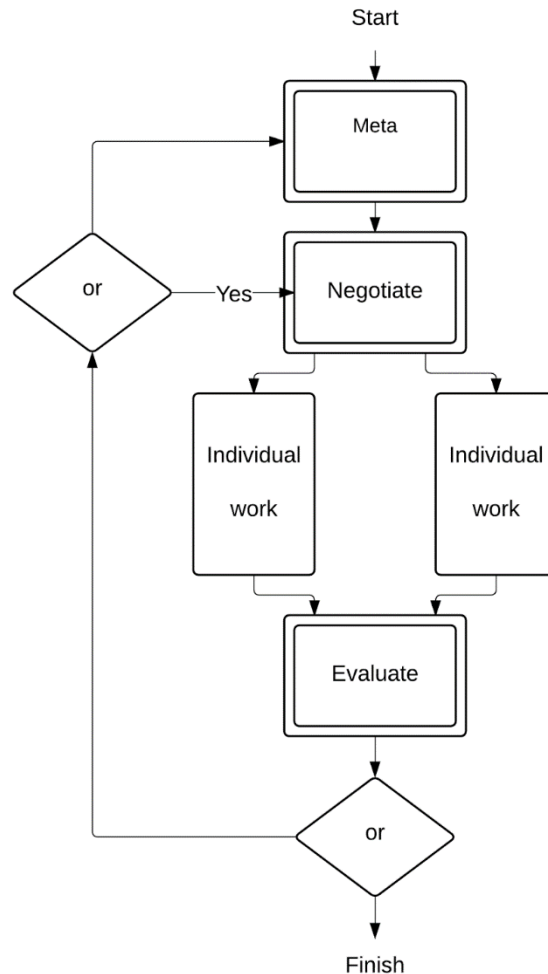


Figure 2-1 : Modèle de cognitif de la conception selon Kvan (2000)

impliqués dans les processus de conception au sens large. Kvan (2000) a modélisé leur approche cognitive Figure 2-1. Ce modèle très sommaire peut être discuté sur plusieurs aspects. L'auteur précise que ce modèle rend compte d'une vision de la conception collaborative comme « *des actions parallèles d'experts, de courte durée, encadrée par des action conjointes de négociation et d'évaluation* ». L'auteur nous propose donc un modèle qui réconcilie deux approches de la

conception collaborative comme étant soit un processus couplé où les concepteurs travaillent conjointement soit un processus faiblement couplé où les concepteurs collaborent ponctuellement par des apports d'expertise.

Les groupes qui forment les équipes de conception développent des compétences spécifiques au cours de la pratique quotidienne et les individus construisent de la connaissance pour encadrer les interactions et la façon dont les coéquipiers travaillent ensemble. Lors des réunions de conception, l'aspect collaboratif est d'une importance primordiale (on est dans un processus fortement couplé au sens de Kvan, (2000)) car la qualité des résultats de la réunion est directement liée à la capacité des participants à construire efficacement un cadre d'action commun. Nous proposons une approche basée sur la dimension du cadre conceptuel partagé représenté par le modèle mental de l'équipe et spécifiquement le système Mémoire Transactive que nous présentons dans la suite.

### **2.1.1 Team mental Model (ou modèle mental d'équipe)**

Au cours des interactions les membres de l'équipe de conception construisent un ensemble de modèles cognitifs basés à la fois sur les interactions et sur la réalisation des tâches au sein de l'équipe. Ces modèles ont pour fonction de mieux communiquer, et mieux se coordonner pour augmenter l'efficacité du processus de prise de décision en faisant une économie cognitive de raisonnement. Cette construction est désignée comme modèle mental d'équipe (*Team Mental Model*) (Cannon-Bowers, Salas, & Converse, 1993). Le concept du modèle mental d'équipe a été introduit pour caractériser les structures de connaissance détenues par les membres d'une équipe. Ces structures leur permettent de former des explications et des attentes précises sur la tâche et de coordonner leurs actions ou d'adapter leurs comportements aux exigences de la tâche et des autres membres de l'équipe (Cannon-Bowers et al., 1993; Klimoski & Mohammed, 1994).

Le développement d'un modèle mental dépend de la situation que vivent les acteurs. Cela signifie qu'un modèle mental est construit en fonction des exigences et des contraintes qui déterminent les processus cognitifs d'une situation donnée. Les modèles mentaux d'équipe devraient être soigneusement examinés pour chaque domaine, car ils peuvent être très différents pour chaque tâche et chaque équipe. En conception collaborative, les modèles mentaux qui sont développés

peuvent contenir des connaissances sur la tâche, le processus, le contexte, l'équipe ou la compétence Figure 2-2 (Badke-Schaub, Neumann, Lauche, & Mohammed, 2007).

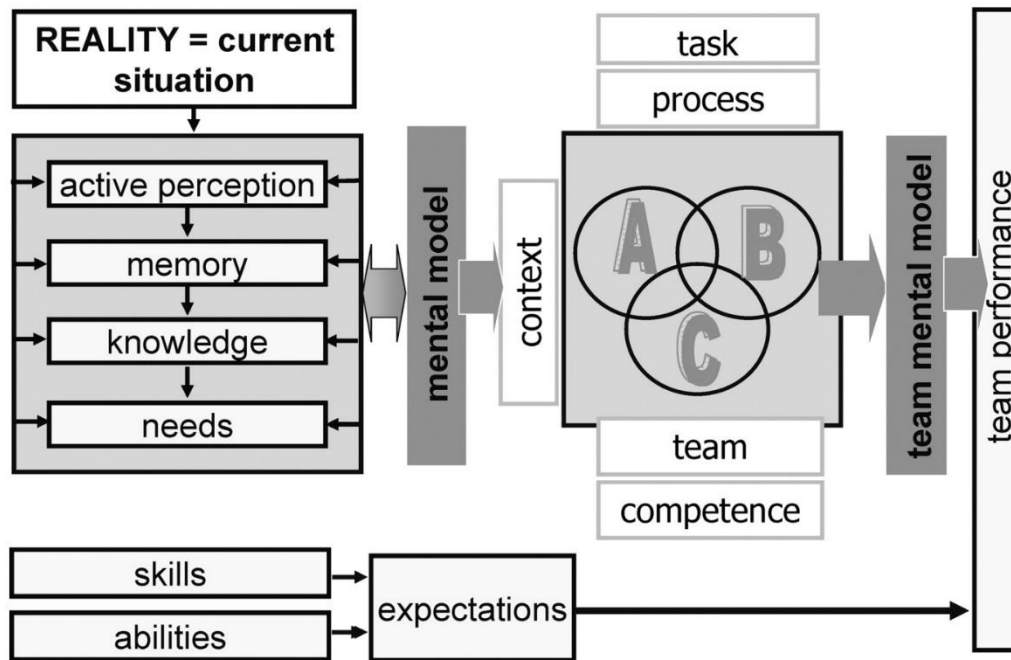


Figure 2-2 : Mental Model selon (Badke-Schaub & al 2007)

Selon les auteurs de la Figure 2-2 celle-ci illustre le processus de construction d'un modèle mental partagé. Chaque individu se construit son propre modèle mental à partir de son expérience, activité, des perceptions qu'il a du monde extérieur. Cependant quand des individus sont impliqués dans des tâches collaboratives, ils se construisent une expérience partagée et enrichissent leur modèle mental d'éléments relatifs à la performance du groupe. Ainsi les auteurs distinguent 5 registres dans lesquels les acteurs construisent des connaissances utiles à la collaboration (la tâche, le processus, l'équipe, la compétence et le contexte). Les membres de l'équipe peuvent compter sur la connaissance de l'autre. Ils peuvent mieux utiliser leurs *Ressources* et l'expertise s'ils savent comment ceux-ci sont répartis dans leur équipe.

Pour le processus, les membres de l'équipe qui sont d'accord sur la façon de travailler ensemble pour résoudre un problème de conception et de structurer la procédure fourniront très probablement

de meilleurs résultats que les équipes qui ne le sont pas. Si leurs étapes de travail et les stratégies qu'ils appliquent sont partagées, ils sont capables de travailler de façon plus complémentaire.

Le partage des aspects centraux de la tâche devrait être accepté par tous les membres d'une équipe de conception, et bien que cela dépende probablement de la tâche de conception et de la situation dans le contexte particulier, cela conduit à une meilleure compréhension du problème de conception. Dans l'exemple de la conception de la cabine de pilotage, tous les concepteurs devraient avoir un modèle mental partagé autour du problème de la fixation et de connexion de câblage quand ils ont à prendre une décision du quoi, où, et quand les placer. Sans information échangée les modèles mentaux des membres de l'équipe sur le problème, le but et la solution ne peuvent pas être partagés.

Concernant le contexte, les processus de conception s'insèrent toujours dans un contexte organisationnel, de relations aux clients et aux utilisateurs, et une situation de marché spécifique. Ainsi, une analyse des modèles mentaux en équipe doit inclure la connaissance du contexte pertinent qui reflète la situation donnée.

Pour la compétence, elle concerne la capacité de l'équipe à effectuer la tâche. Il est important pour la motivation des membres de l'équipe et leur contribution à la résolution de la tâche. Deux cas de figure peuvent être distingués ; une estimation haute partagée de la compétence des équipes permettra d'améliorer la motivation des membres de l'équipe pour travailler ensemble ; une estimation faible partagée de la compétence des équipes aura pour effet de réduire la motivation et les efforts des membres de l'équipe.

Les connaissances partagées (dont sont constitués les modèles mentaux partagés) permettent aux membres d'une équipe de mieux anticiper les besoins et les actions de chacun, de se coordonner de manière implicite et, par conséquent, d'améliorer l'efficacité de la communication (Cannon-Bowers et al., 1993).

Une limite importante repose cependant dans le fait que les modèles mentaux d'équipe ne permettent pas de repérer si les membres de l'équipe choisissent de faire appel et de combiner les connaissances de leurs coéquipiers dans l'allocation et la récupération des informations du membre de l'équipe qui possède la connaissance.

Les modèles mentaux partagés permettent de décrire le phénomène mais ne proposent pas d'outil de mesure ou d'évaluation de ce qui est effectivement partagé. Nous allons dans la suite examiner un moyen de mesurer ces effets de partage et les éléments de performance du modèle mental.

### 2.1.2 Transactive Memory System – TMS (système de mémoire transactive)

Fondamentalement, dans une interaction, les informations que l'on code ou récupère dépendent de la disponibilité des autres membres du groupe. La récupération des informations d'une autre personne s'appuie sur les transactions entre au moins les deux dernières personnes (l'une qui possède l'information et celui qui en a besoin). Une transaction dans notre cas peut être comprise comme un élément de communication orale directe ou plus probablement médiée par diverses *Ressources* (documents, maquettes, dessins, modèles numériques, etc.). En outre, la décision d'une personne d'apprendre et de mémoriser l'information est basée sur des facteurs externes (confiance par exemple) rendant cette opération souhaitable. En d'autres termes, le processus d'apprentissage d'une personne est influencé par la connaissance de son environnement et particulièrement sur ce que cette personne sait sur ce que les autres savent. En ce sens, la mémoire transactive est métaconnaissance sur ce que d'autres personnes savent, combinée à la connaissance résultant de cette compréhension. Par conséquent, la mémoire transactive fait partie de la mémoire d'une personne. Par exemple, supposons qu'un ingénieur de conception ne se souvienne pas du module de Young du matériau qu'il utilise pour sa conception mais il sait que son collègue qui est scientifique des matériaux le sait. L'ingénieur n'a donc pas besoin d'apprendre le module de Young, mais a juste besoin de se rappeler que le scientifique matériau le sait. En outre, en s'appuyant sur le matériel scientifique, l'ingénieur de conception peut ne pas se rappeler les caractéristiques des matériaux s'il sait qu'il peut les récupérer à partir du matériel scientifique. Par conséquent, son environnement influe sur sa mémoire. De toute évidence, ce genre de transaction ne s'applique pas seulement à la connaissance, mais s'étend aux compétences. Par conséquent, les membres de l'équipe savent qui est capable de réaliser quelle tâche. Ce niveau élevé de connaissance mutuelle donne un avantage substantiel dans la *Coordination* de l'organisation du travail au sein de l'équipe.

La mémoire transactive est décrite par Wegner, Giuliano, & Hertel (1985) comme étant définie par trois processus. Le premier processus consiste en l'encodage transactif qui se réfère au fait que, d'une expérience partagée, la construction de la connaissance est plus susceptible d'être fortement codée qu'une connaissance construite à partir de l'écoute d'une conférence par exemple. Cela peut



se produire, par exemple, lors d'une réunion de conception où les arguments sont échangés et peuvent être contradictoires. En outre, les événements codés sont affectés par les relations dyadiques elles-mêmes. Un deuxième processus est celui du stockage et de la modification, où la mémoire d'un événement est affectée par la communication dyadique, ou inversement transactive : la modification de la mémoire transactive semble être un élément incontournable de la communication. Par exemple la mémoire d'un créateur d'une décision rationnelle peut être affectée par le comportement du collègue qui a parlé de la décision lors de la réunion ou par un autre événement qui s'est produit après. Le troisième processus est appelé la récupération comme transactive. Le processus de récupération se produit dans la dyade et est affecté positivement par la présence de l'autre. Par exemple le concepteur peut rappeler la décision prise sur un point précis de manière plus efficace si le coéquipier impliqué dans la décision est autour de la table à ce moment-là.

Bien que la mémoire transactive soit personnelle, le concept du Système de Mémoire Transactive (TMS) prend en charge l'aspect collectif qui existe entre les mémoires transactives individuelles des membres de l'équipe. Par conséquent, un TMS est construit progressivement par un groupe de personnes qui réalisent des tâches collectives sur une base régulière. C'est une entreprise (la plupart du temps inconsciente) où la division du travail est liée à la construction de la méta-connaissance mentionnée ci-dessus. Cela s'applique bien aux équipes de conception qui sont généralement composées d'un petit nombre de personnes (moins de 10 membres le plus souvent) et qui réalisent des tâches à forte intensité cognitive mobilisant des connaissances nécessitant des approches multidisciplinaires et une coopération intense. Par exemple, la conception de dispositifs électromécaniques tels qu'un aspirateur nécessite la participation de designers industriels, de marketeurs, d'ingénieurs électriques, de spécialistes des matériaux, d'ingénieurs mécaniques, d'experts de fabrication, etc. Chacune de ces personnes a un domaine d'expertise particulier. Il est peu probable d'imaginer qu'une personne puisse posséder l'ensemble des connaissances pour concevoir un tel objet. Par conséquent, ces personnes, si elles forment une équipe, ont à construire un système de mémoire transactive pour collaborer efficacement.

Pour illustrer la construction de ce système, Brandon & Hollingshead (2004) décrivent le concept des TEP (*Task-Expertise-Person*) comme la représentation qu'ont les individus de la tâche et les associations entre les personnes et leurs expertises. Dans cet acronyme, les étiquettes, ou domaines

d'expertises correspond à (E) et les lieux de stockage, ou les personnes qui possèdent l'expertise correspond à (P).

Ces unités TEP sont créées et développées à partir d'un processus itératif en trois étapes. D'abord leur construction à travers les interactions sociales entre les membres de l'équipe ; ensuite leur évaluation de leur crédibilité et enfin leur utilisation pour accomplir des tâches spécifiques. Ces unités TEP évoluent en fonction de la situation de la composition des équipes. Elles sont susceptible de perturber le développement d'un système de mémoire transactive (Lewis, Lange, & Gillis, 2005).

Pour Sparrow et al (2011) Betsy, la mémoire humaine peut s'adapter aux évolutions technologiques des outils de communication et de partage de l'information. Ces travaux montrent que notre mémoire tend désormais à retenir les liens où sont stockés les informations plutôt que les informations elles-mêmes.

Il convient alors de se poser la question de la mesure du TMS, c'est ce que nous allons voir maintenant.

### **2.1.3 Mesure du Système de Mémoire Transactive**

Dans la littérature on retrouve trois méthodes qui sont décrites pour mesurer la mémoire transactive (Hollingshead, 2000; Lewis, 2003; R. Moreland, 1999). Ces mesures sont basées sur des techniques déclaratives à base de questionnaire. Ce sont donc des méthodes indirectes. Certaines approches combinent avec des interviews ou de l'observation directe.

(Kitaygorodskaya, 2006) expose (Figure 2-3) les principales approches de mesure du TMS.

CHARACTERISTICS OF MEASUREMENT APPROACHES						
Authors	Direct/ indirect	Data collection	Aggregated/ holistic	Number of dimensions	What was measured	Measurement of awareness (complexity, accuracy, agreement)
Rau [20]	Direct	Questionnaires	Aggregated	2	(1) knowledge possessed by team members; (2) awareness of "who knows what"	Agreement
Rau [21]	Combination	Questionnaires	Aggregated	2	(1) composition of expertise (diversity and depth) (2) awareness of :who knows what"	Agreement
Austin [17]	Combination	Questionnaires	Aggregated	4	(1) knowledge stock (combination of individual knowledge) (2) consensus about knowledge sources (agreement (3) specialization of expertise (4) accuracy of knowledge identification	Accuracy, agreement
Lewis [16]	Indirect	Questionnaires	Aggregated	3	(1) specialization (2) credibility (3) coordination	
Yoo and Kanawattanachai [22]	Indirect	Questionnaires	Aggregation	1	awareness of "who knows what"	Agreement
Akgün, Byrne, Keskin, Lynn, & Imamoglu [23]	Indirect	Questionnaires	Aggregation	3	The same as in Lewis [16]	
Akgün, Byrne, Keskin, & Lynn [24]	Indirect	Questionnaires	Aggregation	1	The same as in Yoo and Kanawattanachai [22]	

Figure 2-3 Characteristics of measurement approaches of TMS Kitaygorodskaya (2006)

Les méthodes de mesure sont des questionnaires individuels qui sont agrégés. Ils utilisent une mesure directe ou indirecte ou une combinaison des deux.

Michinov, (2007) précise que ces méthodes de mesure directes ou indirectes regroupent :

- l'observation du comportement pendant le travail en équipes par exemple lorsque des juges observent le travail des équipes par vidéo ;
- l'appréciation individuelle de l'expertise des membres du groupe à l'aide de matrices de compétences ;
- le rappel de contenu et de la structure que les participants se rappellent à la fois individuellement et en groupe.

(Kanawattanachai & Yoo, 2007) développe une échelle de mesure du TMS qui utilise trois concepts ; Expertise Local (EL), Task-Knowledge *Coordination* (TKC) et Cognition-Based Trust (CBT).

Basé sur le travail de Moreland (1999), qui prévoit que le TMS contient trois axes indépendants, Lewis (2003) propose une échelle de mesure qui utilise les concepts de *Coordination*, *Credibility* et *Specialization*.

En conception collaborative, les effets que mesure le TMS sont relatifs au cadre qui réunit des experts de plusieurs disciplines qui ont besoin de reconnaître l'expertise de chacun afin de pouvoir travailler efficacement. Bien sûr, il doit exister un certain niveau de confiance pour que la *Coordination* puisse se développer et se coordonner avec succès. Cette *Coordination* se construit lors des Activités de Conception Collaborative où différents phénomènes d'apprentissages inter-métiers permettent à l'équipe de se comprendre.

## **2.2 LE TRAVAIL COLLABORATIF EN CONCEPTION**

Dans la précédente partie, j'ai proposé une définition du travail collaboratif. Dans cette section je propose de considérer les dimensions d'importance pour le travail collaboratif en conception. Il s'agira de présenter les aspects des apprentissages inter-métiers et du processus argumentatif dans la prise de décision. Nous abordons ici la question de la coopération du point de vue de l'activité alors que dans les sections précédentes nous nous sommes concentrés sur les processus cognitifs. Dans cette thèse notre ambition est de rapprocher ces deux dimensions. Mais dans un premier temps, regardons les caractéristiques de ces activités de coopération.

### **2.2.1 Importance de l'apprentissage inter-métier**

La conception collaborative met en scène des experts de différents domaines de compétences. Ils sont amenés à prendre des décisions avec des objectifs communs afin d'optimiser les performances de la solution (Brossard, n.d.). Il a été montré par (Rauniar, Doll, Rawski, & Hong, 2008) une corrélation entre le partage de connaissance dans les équipes de conception et les erreurs ou défauts de conception. Nous avons vu par ailleurs que la construction d'un modèle mental partagé nécessitait de développer un système de mémoires transactives permettant à la coopération de se développer.

Lors des interactions de conception se déclenchent des phénomènes d'apprentissage sur les métiers des uns et des autres. Hatchuel (1996) parle d'apprentissages croisés pour décrire ces phénomènes dans les organisations. Dans leur recherche, Farel, Hisarciklilar, Boujut, Thomann, & Villeneuve (2013) décrivent la composition d'une équipe projet qui travaille sur la conception d'équipements chirurgicaux. Il s'agit de 4 experts : 3 ingénieurs et un chirurgien. Leur étude a montré qu'en l'absence de l'un des experts (le chirurgien), l'équipe technique ne pouvait prendre certaines décisions. Par contre lorsque le chirurgien prenait part aux réunions, il questionnait sur les choix techniques pour bien comprendre la proposition de solution. En réalité, les ingénieurs n'ont pas suffisamment de connaissance du domaine d'expertise du chirurgien pour apprécier la justesse de leurs choix techniques ; de même le chirurgien a dû s'informer les aspects techniques des propositions de solutions. De leurs interactions, de nouvelles connaissances ont émergé chez chacun des experts ; ils ont ainsi intégré leurs expertises. Cet exemple montre une limite du travail collaboratif en l'absence d'intégration des expertises.

L'observation des interactions a donné lieu à l'identification d'activités. Ainsi, Ostergaard et Summers (2009) ont proposé la classification des facteurs déterminants en ingénierie collaborative. Six attributs de haut niveau de collaboration sont identifiés dans la littérature, composant le plus haut niveau de la taxonomie : composition de l'équipe, la communication, la distribution, l'approche de la conception, de l'information, et la nature du problème.

Blanco et al. (2002) ont proposé le concept d'acte de conception agissant comme le triplet (action, support d'objet, sujet) limitant l'analyse aux interactions qui impliquent un objet et évitant ainsi toutes les interactions verbales liées à la *Coordination* ou l'argumentation par exemple. La notion d'acte de conception a pour intérêt de prendre en compte dans un même concept la dimension de l'action, l'objet de l'action et le sujet, ce qui permet d'encapsuler une unité d'action et de proposer une modélisation du processus sous forme d'un ensemble d'actes de conception liés entre eux par des relations d'antécédence.

Sur une base plus détaillée, Détienne et Al (2004) proposent un cadre méthodologique basé sur une classification des Activités de Conception Collaborative et des activités de gestion de l'interaction dans le cas de collaboration à distance médiatisée. Cette approche est une approche basée sur l'analyse d'activité à base d'analyse de protocole et propose une grille d'analyse des activités de conception.

En outre, pour Salber (1995), les activités de conception se développent autour de la *Coordination*, la communication et la production.

Les interactions entre les concepteurs supportent les activités de conception qui sont classées différemment selon le cadre considéré. En environnement médiatisé, je m'intéresse spécifiquement aux Activités de Conception Collaborative définies par Détienne et al (2004) et permettant de supporter la collaboration, c'est-à-dire celles qui se développent autour de la *Coordination* et de la communication à l'exception de celles de la production (Salber, 1995). Elles concerneront les activités d'intégration des expertises, de partage des objectifs et de prise de décision en conception.

L'intégration en conception consiste à prendre en compte les besoins et exigences des composantes du cycle de vie au plus tôt dans la conception (Brissaud & Tichkiewftch, 2003). Elle permet la création de nouvelles connaissances (Kleinsmann, 2006). Le mécanisme de création de connaissances est expliqué par Riel et al (2012). Dans le groupe de travail entre chirurgien et

ingénieurs (Farel et al., 2013), les interactions entre concepteurs permettent aux experts métier d'intégrer leurs expertises afin de couvrir au mieux l'ensemble des besoins des produits à concevoir. Ce concept d'intégration est très lié à celui d'apprentissages croisés.

« ... *L'expertise est intégrée quand au moins une pièce de la connaissance d'un individu est utilisée conjointement avec l'expertise d'un autre membre de l'équipe pour accomplir une tâche de projet.* » (Tiwana & Mclean, 2005). Il semble important de questionner les concepteurs sur leur apprentissage et leur intégration de l'expertise. Les questions portent sur la meilleure compréhension des domaines d'expertise de ses coéquipiers ou leur propre métier (A. Riel, 2012; Tiwana & Mclean, 2005).

Aussi, Rasoulifar (2015), reprend à son compte la caractérisation d' Albizzati et al. (2012), qui décrit 3 niveaux d'intégration (stratégie, organisation, technologique). Le niveau technologique est ainsi défini : c'est la compréhension commune des connaissances et des objectifs spécifiques à chaque discipline. Cette compréhension permettrait de faire le choix des méthodes et techniques comme support de l'intégration. Le niveau organisationnel s'appuyant sur le processus et le niveau stratégique faisant référence à la définition des objectifs.

Dans le cadre de l'équipe de travail ingénieurs – chirurgien (Farel et al., 2013), on se rend compte en effet que l'intégration des expertises permet à l'équipe d'experts d'être efficace et de prendre des décisions à l'issue de leur réunion de conception collaborative synchrone.

La prise de décision en situation de conception collaborative synchrone est souvent organisée autour de procédures et règles définies par les acteurs. Ces règles peuvent être implicites dans le cas de réunions informelles peu structurées ou plus formelles dans le cas de revues de projets. Durant les réunions de conception, la compréhension des objectifs par chaque membre de l'équipe est nécessaire à la bonne compréhension et à une meilleure prise de décision (Riel, 2012; Tiwana & Mclean, 2005).

La prise de décision est toujours précédée ou construite à partir d'échanges importants sous le mode de l'argumentation, que j'aborde dans le prochain chapitre.

### 2.2.2 Importance des processus argumentatifs dans la prise de décision

Dans le chapitre précédent, nous avons constaté que le travail collaboratif est fait de temps de travail collectif et de temps individuels. Dans le temps du travail collectif les activités de justification des choix ou d'expression de l'évaluation à travers des points de vue métier mobilisent des processus argumentatifs. Nous choisirons donc un angle de vue sur la décision comme une construction collective d'un compromis par l'échange d'arguments raisonnés et la construction de consensus.

Dans sa thèse, Cassier (2010) présente un cadre théorique de l'argumentation. Pour lui, l'argumentation est le support du processus de prise de décision en conception collaborative. Il s'appuie sur le raisonnement par l'analogie pour caractériser l'argumentation en conception. Il définit plusieurs concepts :

- Le concept de question (ou de problème à résoudre) ;
- Le concept de proposition de solution (ou conjecture) ;
- Le concept de critère ;
- Le concept d'approfondissements.

Souvent l'activité de conception se définit comme le passage des spécifications d'un besoin à la réalisation d'un artefact ; la description des buts et des propriétés attendues, à sa description détaillée. L'artefact peut être un objet matériel ou un processus ou un dispositif. Matta, Ribiere, & Corby (1999) définissent ce processus en 3 étapes dans le cadre de la conception mécanique.

Les artefacts ou objet sont présents à toutes les étapes de conception comme support ou spécification. C'est ce que nous allons voir maintenant.



## 2.3 IMPORTANCE DES OBJETS DANS LA CONCEPTION

### 2.3.1 Le concept d'objet intermédiaire

Si nous reprenons l'exemple traité par Farel et al. (2013), l'outil de chirurgie en phase de conception initiale est inexistant, il est au stade de l'idée et du concept. Puis, après des travaux et échanges entre les acteurs de la conception, il prendra différentes formes (spécification cahier de charges, esquisses, dessin, modèle numérique 2D, 3D, maquette...). Ces formes qui décrivent ou matérialisent progressivement le concept sont intermédiaires jusqu'à ce que l'objet soit produit et entre en usage. L'ensemble des objets produits au cours du processus et mobilisés dans les interactions sont considérés comme Objet Intermédiaires, d'où la définition faisant intervenir le processus comme « des objets produits ou utilisés au cours du processus de conception, traces et supports de l'action de concevoir en relation avec les outils, procédure et acteur » (Jeantet, 1998).

Mer, Jeantet, & Tichkiewitch (1995), proposent une définition en rapport avec le statut des objets intermédiaires. Les nombreux objets produits sont de nature hybrides. Ils sont des modélisations de la réalité et des instruments de *Coordination* des acteurs. Les auteurs définissent leurs caractéristiques sur un axe ouvert/fermé et commissionnaire/médiateur (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Vinck (2009) ajoute une dimension aux objets intermédiaires dans le processus de conception, à travers ce qu'il nomme l'équipement. Celui-ci est rendu nécessaire dès lors que les objets dépassent les frontières de l'équipe ou du département et acquièrent un statut public. On se rapproche ici du concept de *boundary object* décrit par Star dans son célèbre article Star & Griesemer (1989). Pour Vinck, ils naissent dans l'action et sont des supports aux interactions entre concepteurs. Il distingue que les objets intermédiaires peuvent être médiateur, et cadrent l'action par leur forme et leur matérialité (Vinck, Jeantet, & Laureillard, 1996).

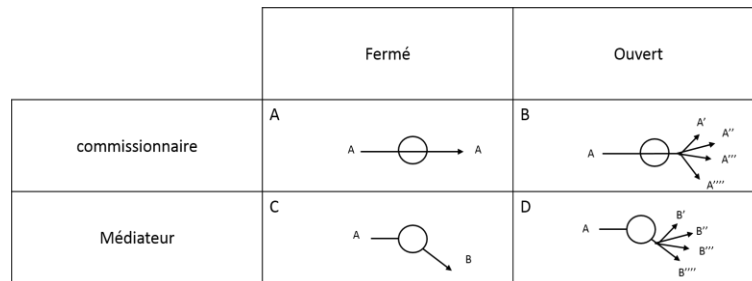


Figure 2-4 : Caractérisation du rôle des objets selon Vinck, Jeantet, & Laureillard (1996)

L'objet est un médiateur dans la mesure où il interagit avec les acteurs en présence. Des arguments sont échangés souvent en s'appuyant sur des objets dans l'optique de prendre une décision. L'objet intermédiaire est donc un marqueur temporel et un opérateur de changement lorsqu'au cours du processus de conception collaborative, il remplace un autre objet et participe ainsi à marquer une nouvelle phase de conception.

Les objets intermédiaires peuvent aussi être considérés comme cadres de l'action. Par exemple, le dessin, le plan posé sur la table et ses limites physiques contribuent à définir et à délimiter un espace d'action sur la table en focalisant la parole, les gestes, les inscriptions et les regards permanents au plan et autour de la table. Il en est de même pour une représentation 3D ou une scène de réalité virtuelle.

Les objets intermédiaires gardent ou perdent leurs propriétés d'objet intermédiaire ; Vinck et al. (1996) donnent l'exemple du crayon qui en situation de conception est utilisé pour produire, modifier ou annoter une solution ; cependant, dans l'action, lorsque le crayon est utilisé comme « prolongement du bras », il n'intervient pas dans la conception. De même un objet stocké pour constituer une mémoire de documentation n'est plus mobilisé dans l'interaction et donc perd son statut d'objet intermédiaire.

Jeantet (1998) définit les objets intermédiaires comme des outils d'aide à la coopération. En effet, les travaux de Grebici, Rieu, Blanco, Sigma, & Gilco (2005) ont porté sur la caractérisation des objets intermédiaires et des paramètres de conception en vue de faciliter leurs échanges dans les processus de conception. Dans ce cadre, ils s'appuient sur ceux de Lécaille (2003) pour définir différents types d'objets en fonction des espaces de collaboration. Ainsi, nous avons :

- le brouillon (Draft) qui est la proposition d'un seul acteur ;

- la pièce à conviction (Exhibit) qui sert de support aux négociations en vue de présenter un problème ou proposer une solution ;
- l'état de trace habilitée (Enabled) qui est issue de l'approbation des autres acteurs ;
- le livrable qui revêt l'approbation du demandeur (client).

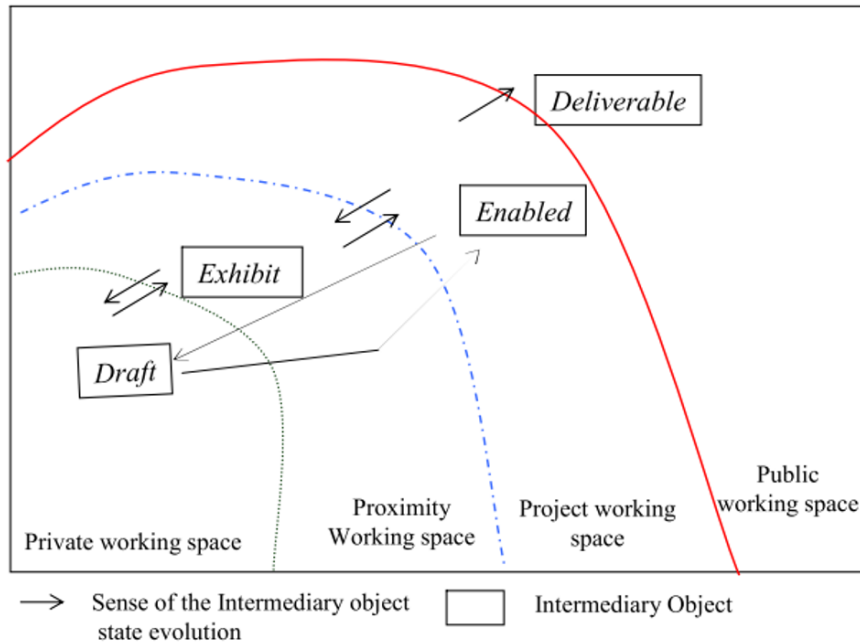


Figure 2-5 : Evolution de l'objet intermédiaire selon (Grebici, 2005)

La méthode a consisté en l'identification et le suivi des objets intermédiaires support (produits, mobilisés, discutés et mis en circulation) entre acteurs de la conception. Ainsi, l'analyse des croquis, fiches de produit, argumentaires, dessins industriels, prototypes, etc. a permis de proposer une compréhension plus fine de l'évolution du statut des objets intermédiaires dans les processus de conception plutôt que de se contenter des représentations statiques précédentes. Le résultat a contribué à mettre à jour les processus de conception. Il en a résulté une meilleure compréhension de l'activité de conception.

### 2.3.2 Le concept d'objet-frontière ou de Boundary Object

*« La circulation des objets intermédiaires les amène à être partagés entre différents domaines d'expertises ; c'est le cas lorsque des experts sont appelés à collaborer dans des équipes pluri métiers. Si l'on considère les limites des domaines des expertises, celles-ci constituent des*

*frontières et les objets qui sont produits et ont pour vocation de servir d'intermédiaires entre ces domaines d'expertise sont désignés sous le vocable d'objet frontière d'où sa définition » (Star & Griesemer, 1989).*

*« L'objet frontière est un objet intermédiaire suffisamment flexible pour s'adapter aux besoins et aux nécessités spécifiques des différents acteurs qui les utilisent et qui sont suffisamment robustes pour maintenir une identité commune ».*

Aussi Star les catégorise en quatre types d'objets :

- le répertoire, ensemble d'objets classés et indexés de façon standardisée, tels que la bibliothèque ou la collection ;
- l'idéal-type, modèle général délaissant les spécificités locales ou singulières, tel que, par exemple, la notion d'espèce (un concept particulier du domaine décrit dans l'article), susceptible d'être adapté et complété par les différents participants à l'espace d'action collective ;
- l'enveloppe (ensemble de frontières conventionnelles), désignant des objets qui partagent les mêmes frontières avec des formes internes différentes ;
- le format standard qui facilite la communication et le rapprochement de contenus divers.

Étienne Wenger (2000), précise que la notion d'objet-frontière peut être déclinée en quatre dimensions :

- abstraction : elle facilite le dialogue entre mondes ;
- polyvalence : plusieurs activités ou pratiques sont possibles ;
- modularité : différentes parties de l'objet peuvent servir de base de dialogue entre acteurs ;
- standardisation de l'information incorporée dans l'objet : elle rend interprétable l'information.

Dans la pratique le transfert des connaissances est intimement lié aux opérations de traduction, ce qui pose des problèmes de langage. En effet au sein d'équipes projets multidisciplinaires, la question du transfert des connaissances est cruciale. Ces problèmes apparaissent comme des barrières linguistiques entre communautés langagières différentes. Des barrières de connaissance apparaissent aussi entre corps de métiers différents.

Cependant, la notion de barrières de connaissance doit être nuancée (Welch et Welch 2008) car, si on considère que les connaissances sont produites pendant le déroulement de l'activité professionnelle qui réunit autour de son objet des compétences multiples.

L'étude des barrières ou frontière par Carlile (2004) dans le cadre du développement de produits dans l'industrie automobile décrit trois frontières ; syntaxique, sémantique, et pragmatique liées à trois processus de transfert progressifs complexes, la traduction, et de transformation. Ces processus sont support d'une approche itérative où les acteurs développent une connaissance commune pour le partage et l'évaluation des connaissances de chacun. Il définit leur capacité en trois types :

- Capacité pragmatique pour établir des objectifs communs et les transformer en connaissances spécifiques à un domaine.
- Capacité sémantique pour l'identification des nouvelles connaissances et les transférer à un domaine spécifique.
- Capacité syntaxique pour le développement d'un vocabulaire commun pour le transfert de connaissances spécifiques du domaine.

Depuis l'apparition du concept d'objet frontière, il a été repris par les différents domaines scientifiques. Lee (2007) propose le concept d'objet frontière négocié (Boundary Negotiating Artifacts) pour décrire les représentations qui sont créées et utilisées au cours des sessions de coopération. Ces objets peuvent être partagés par des acteurs qui ont des positions éventuellement conflictuelles, ils établissent une certaine division du travail (*Coordination* de soutien), ils sont candidats polyvalents et possibles pour la transformation en objets frontières. Dans cette limite de détection des objets négociés agissent comme des objets intermédiaires dans leur dimension de médiation et de traduction (explicitation des connaissances).

En outre, le rôle des représentations externes et physiques des activités de collaboration a été souligné dans différents domaines (Lee, 2007). Des artefacts qui sont créés sont étudiés comme outils de *Coordination*, de support de l'information ou de médiation entre les différents acteurs. Ils sont considérés comme des extensions de la mémoire humaine et peuvent agir comme mandataires dans diverses situations. Leurs représentations sont étudiées dans le chapitre suivant.

### 2.3.3 Le concept de *shared representation*

La conception étant une activité cognitive, elle se déroule chez le concepteur dans son monde intérieur et dans son monde extérieur (C Mascllet & Boujut, 2010). Le monde intérieur est privé et leur monde extérieur est public, accessible et visible de tous ; cependant, il a le choix de gérer sa partie privée et d'ouvrir ou non au public des objets qui s'y trouvent.

Par exemple pour exprimer ses besoins en outils chirurgicaux, l'expert en chirurgie s'exprimera par écrit. Ces spécifications peuvent être contenues dans un cahier des charges. Les experts concepteurs lui feront des esquisses, ou des maquettes numériques des dessins en 3D pour représenter une proposition de solution. Ces dessins ou maquettes numériques sont des représentations que les experts utilisent pour communiquer.

Les fonctions de représentation des objets ont été soulignées par De Vries & Mascllet (2013). Ils rappellent les catégories générales proposées par Duval (1995) : à savoir objectivation, calcul et de communication. Ils introduisent également une perspective intéressante sur les représentations triadiques permettant l'introduction du sujet (interprétant) et l'interprétation comme une construction liée au contexte et en particulier les interactions entre les équipes de conception. Cette perspective permet de considérer une représentation externe comme portant diverses significations (y compris simultanées) en fonction de qui et quand il est utilisé dans l'interaction (De Vries & Mascllet, 2013).

Ewenstein et Whyte (2009) expliquent que ces représentations partagées en conception collaborative sont des supports de connaissance. Ils ont une nature trans-épistémique c'est-à-dire qu'ils appartiennent à plusieurs domaines et servent à la *Coordination* ou comme médiateur ainsi que de support à l'information. Ils sont donc considérés comme extension de la mémoire humaine.

L'étude de la synchronisation cognitive a souligné l'importance des représentations partagées dans la compréhension des décisions. Vu Thi (2012) et Cassier (2010) identifient son importance dans les processus de prise de décision. Notamment, leur nécessité dans l'argumentation pour l'évaluation des solutions.

Ma recherche étudie les objets et leurs utilisations en conception collaborative. L'importance des représentations partagées dans le processus de conception notamment en *Coordination* et lors de

la prise de décision permettra de proposer des fonctions des outils supports à une bonne collaboration entre les experts métier.

La mobilisation des représentations partagées comme mémoire externe reste importante dans les modèles cognitifs ainsi que dans les activités de conception.

## 2.4 CONCLUSION PARTIELLE

Avec l'objectif de travailler à améliorer la performance des équipes projet en conception collaborative, l'état de l'art a concerné le travail collaboratif synchrone, l'importance des objets en conception et les modèles cognitifs. C'est pourquoi nous nous sommes restreints à ces champs bibliographiques, ce qui est forcément incomplet par rapport à tous les travaux sur la conception collaborative, notamment en génie industriel.

La conception collaborative comme activité cognitive est modélisée à travers les modèles mentaux. Le modèle mental d'équipe étudié, le système de mémoire transactive a montré son importance dans l'organisation des connaissances.

Le travail collaboratif a mis en relief l'importance des apprentissages croisés en conception ainsi que de l'argumentation en conception. Le processus de conception montre l'importance du partage des objectifs, le rôle de l'intégration des expertises qui influe sur la compréhension et la prise de décision.

La place des objets en conception et leurs représentations est bien présente en filigrane dans le processus de conception des produits et de transfert de connaissances. Leur rôle de *Coordination* dans le processus ainsi que de mémoire temporaire leur donne de contribuer à organiser le travail collaboratif.

La performance en conception dépendrait des Activités de Conception Collaborative ainsi que d'une bonne compréhension des représentations des objets intermédiaires. Il faut noter aussi le rapport entre un bon niveau de TMS et la performance des équipes collaboratives.

Dans la partie 3, je précise l'option d'étudier spécifiquement les liens entre les Activités de Conception Collaborative, les objets et le TMS.





### Partie 3. APPROCHE DESCRIPTIVE DE RESOLUTION DE PROBLEME

Dans cette partie 3, il est question de préciser la problématique ainsi que les questions de recherche que nous adressons dans cette thèse.

En s'appuyant sur l'état de l'art l'objectif ici est de circonscrire le sujet de la recherche. Et nous allons l'exposer dans la suite.

L'approche méthodologique proposée combine les approches quantitative et qualitative et elle a été mise en œuvre pour adresser les questions de recherche et apporter des éléments tangibles permettant d'appuyer nos hypothèses.



### 3.1 PROBLEMATIQUE DE LA THESE

La recherche de la performance dans les équipes projets a fait l'objet de différentes recherches mais Sprehn & Al. (2013) établissent un lien entre la performance et la conscience de groupe.

Dans la lignée des travaux initiés dans les années 1990 autour d'une approche socio-technique de la conception (voir par exemple Bucciarelli, 1994 ou Henderson, 1999), Brassac & Gregori (2003) proposent de considérer la conception collaborative comme un processus cognitif. Dans le cadre du travail d'équipe, les chercheurs en psychologie ont identifié des mécanismes mentaux liés à la conscience de groupe, c'est-à-dire l'appartenance, la confiance, le partage de tâches, etc. La conscience de groupe (*group awareness*) définie au chapitre 2.1 se crée entre les personnes membre de l'équipe. Cette conscience de groupe influe sur leurs décisions. Wegner (1986) propose un modèle de conscience de groupe qui décrit une méta-mémoire organisant le partage des connaissances. Il s'agit du système de Mémoire Transactive étudié au chapitre 2.1.2. Ce TMS est classifié comme un modèle mental d'équipe (Badke-Schaub et al., 2007). Nous avons vu plus haut que le TMS est un indicateur de la performance de l'équipe. Un bon TMS a un niveau élevé et constitue un système de partage de connaissance efficace en conception collaborative.

De même nous avons relevé au chapitre 2.2 l'importance des activités dans les équipes de Conception Collaborative, notamment leur important rôle dans la communication inter-métier, la compréhension et la construction de nouvelles connaissances et la prise de décision. Cette connaissance partagée et la bonne compréhension étant directement liées à la performance des équipes de conception. Dans le cadre de l'analyse de l'activité dans les équipes de conception, celles-ci ont fait l'objet de classifications et ont conduit à l'établissement de grilles d'analyse d'activités telles que (Baker, Andriessen, Lund, & Quignard, 2007; Détienne et al., 2004; Ruiz-Dominguez, 2005). Différentes grilles existent en fonction de la finalité de l'étude, mais elles se rejoignent autour des questions de *Coordination*, prise de décision, argumentation. Le trèfle de la collaboration de Ellis donne un aperçu des grands domaines (Ellis, 1994). Il s'agit de ceux ayant trait à la communication, à la *Coordination* et à la production. Ma thèse vise les activités de *Coordination* et de communication dans les situations de Conception Collaborative ; spécifiquement les Activités de Conception Collaborative (*Collaborative Design Activities – CDA*). Nous nous concentrons en particulier sur les activités qui prennent en charge le partage d'objectif, l'intégration de l'expertise et de la prise de décision.

Au cours de leur activité de conception, les experts sont amenés à alterner des phases de travail individuel et collectif (Kvan, 2000). En effet, ils recourent à des outils spécifiques de leurs métiers pour des constructions, des évaluations, des propositions, des rapports... Le recours à ces outils métiers est dû à leur non disponibilité sur la plupart des dispositifs de conception collaborative. En outre, les langages et les codes métiers ne sont pas partagés, de par l'hétérogénéité de la composition de l'équipe. Ces outils collaboratifs intègrent souvent des outils de communication. Avec l'évolution technologique, les interactions entre les acteurs sont à la fois portées par les médias supportant des objets partagés qu'ils créent où qu'ils utilisent. Ces média et objets constituent des *Ressources* des concepteurs. La littérature distingue plusieurs types de *Ressources* dont les objets intermédiaires, les objets frontières et leurs représentations (Chapitre 2.3) utilisées au cours des séances de conception collaborative.

Si les trois concepts ; système de mémoire transactive, Activités de Conception Collaborative et objets intermédiaires influent sur la performance dans les équipes de Conception Collaborative, je me fixe comme premier objectif de les étudier dans cette thèse. Il serait intéressant de déterminer leurs dépendances ou leurs liens de sorte à mieux comprendre leurs effets et maîtriser leurs influences. C'est pourquoi mon deuxième objectif est d'étudier les liens entre le TMS, les CDA et les RSC des concepteurs pendant les réunions synchrones et de construire un modèle permettant de caractériser l'évolution du TMS des équipes de conception collaborative. Je cherche à construire ainsi une relation entre le TMS, CDA et RSC (Figure 3-1).

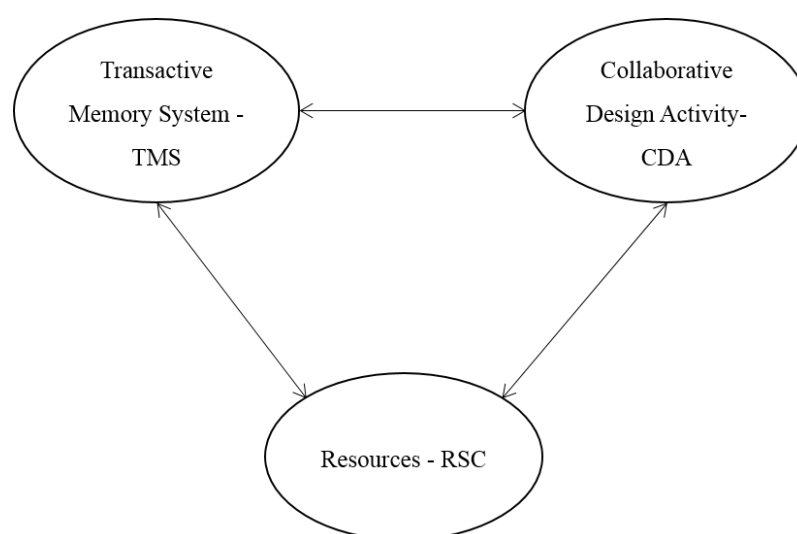


Figure 3-1 : Relation TMS, CDA et RSC

Sur la base de nos observations et de la littérature, nous supposons une relation entre la performance de l'équipe et le niveau de développement du système de mémoire transactive (TMS).

Nous considérons l'indicateur CDA (activité de conception collaborative) comme indicateur de la qualité de la collaboration (du point de vue de la tâche) dans l'équipe, et TMS comme un indicateur de la construction cognitive de l'équipe (niveau de développement d'un modèle mental partagé). J'étudie le lien entre CDA permettant la construction de connaissances, et le développement d'une TMS.

L'objectif des activités de la conception (CDA) est de définir les spécifications ou de créer des objets dont les clients ont besoins. Comme nous l'avons vu dans la Partie 2 (état de l'art), les objets ainsi créés dans le cours du processus sont des *Ressources* (RSC) pour les équipes de conception. Le lien aux *Ressources* ne fait pas de doute, il est cependant intéressant de l'étudier.

De même, les objets sont porteurs d'informations et se retrouvent comme support aux activités de conception, donc objet d'interprétation de la part des acteurs. Ils influent sur le Système de Mémoire Transactive (TMS) d'après le principe de la conscience de groupe. Les *Ressources* (RSC) constituent aussi des supports aux membres des équipes de conception dans la création du TMS.

### 3.2 QUESTIONS DE RECHERCHE DE LA THESE

Fort des constats faits dans le paragraphe précédent, les phénomènes que je considère dans ma thèse sont le Système de Mémoire Transactive (TMS), les Activités de Conception Collaborative (CDA) et les *Ressources* (RSC). Afin d'améliorer la performance des équipes de conception, par l'influence sur le processus de construction de connaissance dans les équipes de conception, il est nécessaire d'avoir une bonne compréhension des mécanismes et des différents phénomènes en présence.

Pendant les phases de conception collaborative synchrone, les acteurs de conception construisent un Système de Mémoire Transactive (TMS) qui est influencé par leurs Activités de Conception Collaborative (CDA). Son but est la production d'artefacts en vue de la résolution de problèmes exprimés ou pas en s'appuyant sur les *Ressources* (RSC) créées ou mobilisées.

Les questions de recherche de cette thèse vont donc porter sur l'étude des liens entre ces trois concepts (TMS, RSC et CDA).

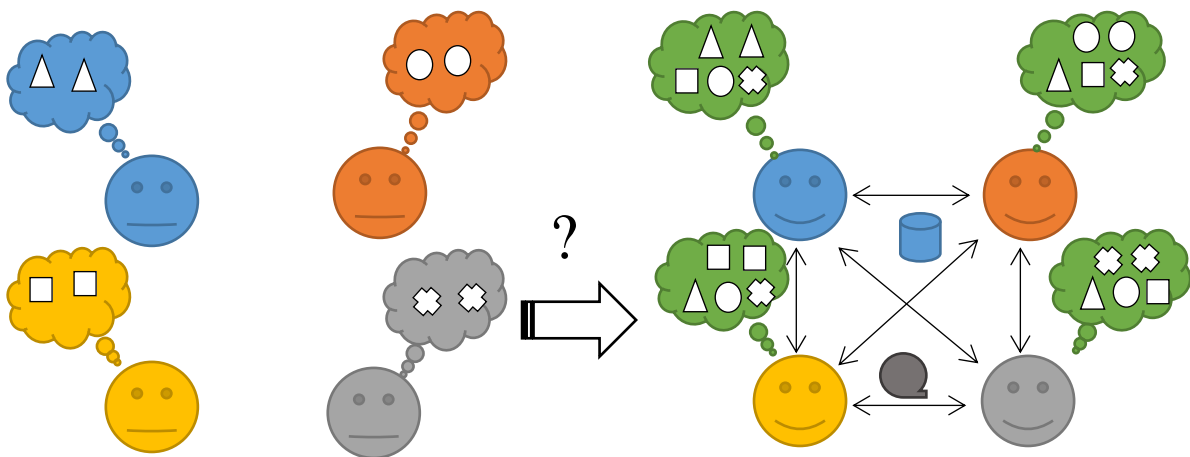


Figure 3-2 : Schéma de principe de partages de connaissance en conception collaborative

D'après Moreland, Argote, & Krishnan (1996), je suppose une relation entre la performance de l'équipe et le niveau de développement du Système de Mémoire de Transactive (TMS). Je considère l'indicateur CDA (activité de conception collaborative) comme un indicateur de la qualité de la collaboration (du point de vue de la tâche) dans l'équipe, et TMS comme un indicateur de la construction cognitive de l'équipe (niveau de développement d'une équipe cadre

mental). De même je considère l'indicateur RSC (Ressources) comme indicateur de l'utilisation des *Ressources* en conception.

Ma première question de recherche permettra d'identifier comment se construisent ces concepts. Elle est ainsi libellée.

**QR1 : Comment caractériser la dynamique de l'évolution des concepts TMS, CDA et RSC en réunion de conception collaborative synchrone ?**

Je considère qu'il y a une évolution temporelle de ces concepts du fait de la collaboration et que cette évolution dépend des activités et de l'usage des ressources.

Afin d'investiguer cette question, j'ai eu recours à l'évaluation, par les concepteurs, de leur niveau de coopération, en utilisant un système d'enquête par questionnaire.

Si l'on se réfère à l'argumentaire de la section précédente et au fait que l'on cherche à caractériser des effets croisés, on développera dans cette thèse des hypothèses autour des corrélations entre les concepts précédemment définis.

Pour enquêter sur l'aspect de la performance dans la conception collaborative. Ma question seconde question de recherche est alors :

**QR2 : Existe-t-il des corrélations statistiquement mesurables entre les mesures TMS, CDA et RSC en réunion de conception collaborative synchrone ?**

Pour aider à piloter les équipes de conception, il serait intéressant de comprendre la construction de cette TMS dans les groupes projets afin de mieux piloter le processus. Il est donc nécessaire de pouvoir l'évaluer en cours de construction.

Le niveau du TMS est apprécié *a posteriori*. C'est-à-dire qu'on ne peut évaluer le niveau du TMS qu'à la fin des projets. Les méthodes d'évaluation restent le rappel au souvenir des équipes ou des connaissances. J'ai donc utilisé l'enquête par questionnaire pour répondre à cette question. Cependant, si on est capable d'établir un lien entre les activités de conception et le TMS, on est alors capable d'envisager de piloter ou tout au moins d'identifier des situations positives ou négatives de création du TMS. Et cela en cours de processus par l'analyse directe



des activités. On a ainsi franchi un grand pas car d'une analyse nécessairement *a posteriori* on a des indicateurs dans l'action.

Les liens du trio TMS – CDA – RSC établis, j'interroge ensuite les motifs ou les raisons. Si le TMS n'est pas observable, en conception cependant divers éléments le sont. Il s'agit notamment des activités de conception et des objets utilisés ou créés par les concepteurs. Je porte donc mon investigation sur ces éléments observables en Conception Collaborative qui permettent d'établir ou pas ces liens.

Ainsi, une question se rapporte à l'identification des Activités de Conception Collaborative qui influence la dynamique de construction du TMS. Elle se décline ainsi.

**QR3 : Quelles Activités de Conception Collaborative (CDA) favorisent la construction du Système de Mémoire Transactive (TMS) ?**

Je pars du fait que connaissant le(s) activité(s) majeure(s) qui influencent la construction de cette TMS, il sera possible d'influencer sa construction en favorisant la mise en œuvre ou le développement de celle-ci.

Les activités en conception sont observables. Les chercheurs en conception de G-SCOP ont développé des méthodologies d'observations expérimentales empruntées aux sciences sociales. Elles permettent d'observer les concepteurs en action. J'ai utilisé le *Design Observatory* pour répondre à cette question.

La dernière question fait référence à l'importance des objets en réunion de conception collaborative synchrone.

**QR4 : Quelles est l'importance des Ressources mobilisées en conception collaborative synchrone ?**

Lors des activités, d'importantes quantités d'objets sont manipulées et / ou produites par les concepteurs. Ces objets sont visibles et les acteurs de conception interagissent avec ces objets. On a ici le même type d'hypothèse que précédemment, à savoir que si l'on est capable d'identifier des bonnes pratiques en termes de création ou d'utilisation d'objets intermédiaires, on peut en déduire que l'on crée de bonnes conditions de développement du TMS. J'utilise aussi le *Design Observatory* pour répondre à cette question.

### Partie 3. Approche descriptive de résolution de problème

Ces questions ainsi que les hypothèses de recherche, sont précisées en fonction de la méthodologie d'investigation utilisée dans les chapitres suivants.

### 3.3 METHODOLOGIE DE RECHERCHE ADAPTEE

Comment évaluer le lien entre les concepts de Système de Mémoire Transactive, les Activités de Conception Collaborative et les Objets en réunion de conception collaborative synchrone co-localisée?

Il existe deux grands courants de méthodes de recherche adaptées aux situations de conception collaborative, les techniques dites *in vitro* (ou en laboratoire) et les techniques dites *into the wild* (observations directes des situations réelles). Le choix d'une méthode dépend du type de résultat recherché et de la disponibilité du terrain. En tout état de cause, il faut que la recherche ne soit pas trop envahissante pour perturber *a minima* les processus de conception. Il faut cependant aussi que les résultats soient suffisamment précis pour que les résultats de la recherche puissent être exploités.

Il faut aussi noter l'hétérogénéité des outils utilisés dans la littérature eut égard aux concepts définis plus haut. Par exemple, les outils les plus employés pour approcher les modèles mentaux restent les questionnaires. Cependant, l'analyse des activités est étudiée en observant les interactions verbales tandis que les objets peuvent être capturés à la fois par l'observation de la gestuelle des acteurs et leurs interactions à travers ces média. Ces deux dernières techniques s'apparentent à l'analyse de protocole c'est à dire une technique *in vitro*.

Les méthodes s'appuyant sur les observations directes sont souvent qualifiées de *case study analysis* (Yin, 2003) et s'appuient sur des techniques d'interview. L'ethnométhodologie est aussi une branche importante des méthodes d'observation directe et s'appuie sur un ensemble de techniques de recueil d'information. L'ethnométhodologie est un courant de la sociologie qui tire son origine dans les années 50 par les travaux de Garfinkel (1967). Il s'agit là d'opérer un recueil le plus fidèle possible des situations observées par une participation la plus directe possible, voire en étant partie prenante de l'action elle-même. Nous ne nous développerons pas ces deux aspects de la recherche en sciences sociales dans ce mémoire car nos questions de recherche appellent plus à mettre en œuvre des méthodes *in vitro* ou à partie d'enquêtes.

Les méthodes classiques en science sociales ne peuvent pas être utilisées *in extenso* dans les recherches sur les processus de conception. De plus ce qui nous intéresse ici c'est la performance des processus et le rôle des artefacts dans les interactions entre concepteurs. Ces dimensions sont peu présentes telles quelles dans les méthodes classiques.

Je présente donc ici mon approche méthodologique. Celle-ci est issue des méthodes de sciences sociales et plus particulièrement de la famille des enquêtes et de celle des expérimentations (ou analyse de protocole). Les méthodologies de recherche en sciences sociales nous permettent de prendre en compte les comportements des acteurs (ou des individus) en interaction les uns avec les autres à travers des dispositifs techniques ou produisant des dispositifs techniques. Nous mettons ainsi l'homme au cœur de nos observations tout en nous intéressant aux artefacts et aux processus à l'œuvre.

Si le chercheur cherche à comprendre et à modéliser les dynamiques sociales en prenant en compte toute la complexité des situations observées, il se tournera vers des méthodologies de type ethnographiques ou d'enquêtes à base d'interviews.

L'approche ethnographique développée par Minneman (1991) pour observer des équipes de concepteurs, est basée sur des itérations en trois étapes autour du processus de conception. Ces étapes sont composées de l'observation du processus, l'analyse du processus et l'intervention sur le processus. Minneman utilise pour la première fois la vidéo comme outil de capture mais aussi de dialogue avec les sujets afin d'explicitier le plus finement des aspects qui auraient pu rester inconscients.

Tenant compte de la complexité de l'activité de conception, l'approche de recherche socio-technique est proposée par Boujut et Tiger (2002) qui utilisent des méthodes de recherche basées sur l'ethnographie, notamment la recherche action. Il en résulte une analyse fine du processus de conception qui sert à améliorer les outils d'aide à la conception. Ces outils sont testés dans des expériences réalisées en laboratoire car en situation professionnelle, ils seraient source de perturbations.

La recherche action pour Coughlan & Coghlan (2002) est la recherche dans l'action. Elle est participative et se déroule parallèlement à l'action. La recherche action utilise des approches scientifiques pour la résolution de problèmes sociaux ou d'organisation. C'est-à-dire que la finalité de la recherche est autant la modélisation et la compréhension que l'action sur le monde et donc la modification des situations observées. Elle permet de définir le besoin, la nature et le processus de conceptualisation sur la base de la collaboration entre managers et chercheurs. Les cycles itératifs de la démarche dans les organisations permettent d'améliorer les pratiques et proposer des théories.

Coghlan (2007) dit que l'apport des recherches réalisées par les professionnels est une pratique répandue dans le management (école de commerce, administration, etc.). Cette pratique veut que les professionnels entreprennent de collaborer à la recherche. Elle se fait souvent sous forme de thèse. Ces thèses produisent des connaissances applicables tant en entreprise qu'en milieu universitaire. C'est la démarche qu'utilise par exemple Nicquevert (2012) alors Manager Technique au sein du CERN.

L'étude fine des mécanismes de la collaboration intégrant la dimension cognitive est difficilement accessible par des approches d'observation directes comme décrites précédemment. La temporalité des phénomènes, leur caractère non systématique ainsi que la lourdeur des méthodes d'observation interdisent un emploi systématique dans les entreprises. Les chercheurs sont donc amenés à développer des méthodes en laboratoire (*in vitro*). Ces méthodes sont regroupées sous le terme de « *Design Observatory* » dans la communauté de l'engineering design.

Torlind et al. (2009) tirent les leçons des expérimentations dans des laboratoires de science de conception. Pour eux, le *Design Observatory* doit s'appuyer sur une approche itérative de la recherche pour permettre une conception rigoureuse de l'expérimentation. A propos de la grille de codage, elle doit être définie par différents codeurs qui travailleront avec des données vidéo audio complètes, c'est-à-dire qui auront capturé tous les détails des interactions

Salas et al. (2008) dans leur travail sur les équipes et la performance indiquent que les 50 dernières années ont permis des évolutions importantes ; notamment en matière de modélisation, de mesure et de compréhension ; c'est pourquoi ils invitent les recherches futures à se concentrer sur l'étude des équipes *in the wild*, c'est-à-dire réaliser des études ethnographiques ou *case studies*. La difficulté demeure d'étudier en profondeur les éléments complexes tout en ne perturbant pas les processus professionnels en cours.

Le Dain, Blanco, & Summers (2013) quant à eux examinent les critères utilisés pour caractériser et de qualifier la recherche en design. Ils utilisent la classification de Cantamessa (2003) dont les catégories sont :

- La recherche empirique EM ;
- la recherche expérimentale EX ;
- le développement de nouveaux outils NT ;

- Des études de mise en œuvre IS ;
- Les autres OTH.

La recherche empirique (EM) consiste à analyser le processus de conception ainsi que ses pratiques en situation réelle. La recherche expérimentale (EX) étudie le processus de conception en environnement contrôlé. Il se focalise sur les recherches empirique (EM) et expérimentale (EX), et propose les définitions de validation et de vérification. La validation se réfère aux critères portant sur les résultats et répond à la question : Est-ce que vous utilisez la bonne méthode ?

La vérification se réfère aux critères se rapportant aux conclusions et répond à la question : Est-ce que vous faites correctement la recherche ?

Il montre que les critères de validation semblent être abordés explicitement dans les écrits scientifiques, tandis que les critères de vérification ne sont pas toujours.

Le Dain et al. (2013) distinguent la recherche quantitative de la recherche qualitative en fonction de la perception de la réalité ou de l'objectif de recherche. La recherche quantitative considère la réalité comme une vérité. Ses objectifs consistent à expliquer, prédire ou vérifier les phénomènes de la connaissance. Ils testent des théories, ou des relations causales, prédisent des résultats ou explorent l'impact des changements de variable ou encore optimisent des configurations.

Concernant la recherche qualitative, Le Dain et al. (2013), disent que sa perception de la réalité dépend de l'individu. Ses objectifs visent la compréhension des événements du monde, comment et pourquoi ces phénomènes apparaissent. Cela consiste en la construction de théories, c'est-à-dire identifier les principaux facteurs, décrire les liens et expliquer pourquoi ils existent.

Michinov & Michinov (2013), dans leurs études du TMS dans les équipes par exemple recommandent d'utiliser les méthodologies quantitatives et qualitatives de manière croisée. De même (Lewis, 2003; E. Michinov, 2007) utilisent la méthodologie de recherche quantitative dans la mise en place d'échelle de mesure du TMS. Cette échelle a établi le lien entre les concepts *Coordination*, *Crédibilité* et *expertise* dans la composition du TMS théorisé par Moreland & Myaskovsky (2000).

Mon objectif étant d'approcher des phénomènes cognitifs et leurs liens avec des activités de conception, je me suis naturellement tourné vers des techniques mixtes expérimentales et quantitatives. Ma méthode d'investigation s'appuie sur donc sur deux approches « traditionnelles » :

- Une approche quantitative ou enquête en situation réelle ;
- Une approche « expérimentale » d'observation de l'activité des concepteurs *in vitro*.

Cette approche double permettra d'avoir deux niveaux d'analyse. Le premier fournit des résultats statistiques basés sur les déclarations individuelles des concepteurs en situation de travail. Dans le deuxième niveau les résultats sont basés sur les traces laissées par les concepteurs (verbales et video). Le rapprochement des deux approches permet de répondre plus finement à nos questions de recherche.

Le descriptif de ma problématique est proposé suite à l'étude de l'état de l'art qui permet de cerner l'objectif de ma recherche ; étudier la conscience de groupe en réunion de conception collaborative synchrone. Mon modèle théorique de base défini par la revue de la littérature est un lien supposé entre les concepts Transactive Memory Système (TMS), Collaborative Design Activities (CDA) et Resources (RSC). La première phase de mon étude consiste à des enquêtes en situation réelle. Le modèle proposé a été testé, et il a fourni des liens précis. Mon étude expérimentale utilise une observation plus fine pour comprendre les facteurs des liens établis à la phase précédente (enquête). Enfin une analyse intervient en fin de processus pour aider la comparaison des deux méthodes étudiées et recommander un modèle.

## Partie 4. CONDUITE D'ENQUETE EN CONCEPTION COLLABORATIVE : LIENS TMS - CDA - RSC

Cette partie 4 traite de la conduite d'enquête comme méthode d'approche de ma recherche. L'objectif de ce chapitre est d'établir les liens entre les concepts de système de mémoire transactive, les activités de conception collaborative et les objets lors des réunions de conception collaborative synchrones. L'enquête auprès de concepteurs juniors est utilisée. Une échelle de mesure de la collaboration a été conçue dans le cadre de cette recherche. Les résultats caractérisent le lien entre le système de mémoire transactive et les Activités de Conception Collaborative.

Nota : Ce chapitre de thèse a été réalisé avec le concours du Professeur Erica De Vries du Laboratoire des Sciences de l'Education de l'Université de Grenoble Alpes. Nous lui réitérons nos remerciements.





## **4.1 DYNAMIQUE DES CONCEPTS ET LIENS ENTRE EUX**

### **4.1.1 Quelle dynamique des concepts TMS, CDA et RSC**

Ma première question de recherche est **QR1 : Quelle est la dynamique des concepts TMS, CDA et RSC en réunion de conception collaborative synchrone?**

Pour répondre à cette question, j'ai proposé trois sous questions relatives à chaque concept.

La première sous-question adresse la dynamique de la construction du TMS. La construction d'une TMS est liée à la connaissance des équipiers et leur expertise ; le « qui fait quoi ». Comme mentionné plus haut, plusieurs auteurs (Brandon & Hollingshead, 2004; Michinov & Michinov, 2013) représentent le Système de Mémoire Transactive par le TEP (Task-Expertise-Persons). Ces unités TEP se réfèrent à une personne et se construisent à partir d'un processus itératif ce qui les rendent évolutifs en fonction de la situation.

Dès leur première collaboration, les concepteurs ne sauraient qui parle sans la connaissance et l'information sur les compétences des uns et des partenaires. Ils construisent progressivement cette connaissance de l'expertise de l'autre, ainsi que des méthodes de travail et des aspects comme la confiance ou la capacité à se coordonner. L'expérience de leurs travaux communs doit progresser en fonction de cette expérience. Cela m'amène à définir la **QR11 : Quelle dynamique d'évolution du TMS ?**

L'hypothèse H11 est qu'il existe une dynamique (évolution) positive du TMS le long du projet pour une équipe performante. Cette évolution devrait être validée par la mesure en deux points distincts de l'évolution du projet. Cela signifie qu'une équipe expérimentée habituée à travailler ensemble depuis longtemps développe une bonne TMS.

La deuxième question est relative aux Activités de Conception Collaborative, au cours de leurs interactions collaboratives. Ce processus de conception intègre des activités qui croissent en intensité puisque le processus d'apprentissage, lent au départ s'accélère avec la maîtrise successive des tâches (Hatchuel, 2015). Aussi, j'introduis cette deuxième question :

**QR12 : Quelle dynamique d'évolution des Activités de Conception Collaborative ?**

L'hypothèse H12 est qu'il existe une dynamique positive au cours des Activités de Conception Collaborative. Ceci signifie que le volume des activités d'intégration des expertises, de prise de

décision et de partage d'objectifs est élevé. Cette dynamique positive pourra être mesurée en deux points distincts du processus de conception collaborative.

La troisième question concerne les objets utilisés ou créés au cours du projet. La conception est l'activité de création d'artefacts (Rosenman & Gero, 1996). Cela suppose qu'au début du processus de conception, les objets ne sont pas encore formalisés. Il faut donc qu'au cours du projet on se réfère à des objets qui sont dans tous les domaines. Le nombre de *Ressources* utilisées est potentiellement important et concernerait tous les domaines et toutes les activités, c'est pourquoi, la troisième question interroge.

### **QR13 : Quelle dynamique d'évolution de la RSC ?**

L'hypothèse H13 est qu'il existe une dynamique positive d'évolution de la RSC. Cette hypothèse, si elle est vérifiée signifierait qu'il y a de plus en plus d'objets utilisés le long de la conception.

Les trois hypothèses issues de la question 1 indiquent une dynamique d'évolution positive. Cela pourrait impliquer que les concepts pourraient être liés. Ce sera l'objet de la question 2.

#### **4.1.2 Vers un lien entre TMS, CDA et RSC**

La deuxième question de recherche est **QR2 : Existe-t-il des corrélations statistiquement mesurables entre les mesures du TMS d'une part et, d'autre part des CDA et de la RSC en réunion de conception collaborative synchrone?**

Pour cela, j'ai proposé trois sous questions qui sous-tendent la question principale. Ces trois questions adressent chacune le lien entre deux concepts du trio.

La première sous-question fait référence au lien éventuel entre les Activités de Conception Collaborative et le Système de Mémoire Transactive construite par les experts métier lors de leurs échanges. En effet, les concepteurs sont experts dans leurs métiers respectifs. Ils rencontrent d'autres experts et sont tenus de se faire confiance ainsi que de se coordonner. Lors de leurs interactions, ils partagent des objectifs globaux et spécifiques, ils intègrent leurs expertises et prennent ensemble des décisions concernant le projet qui les lie. Les recherches

de Lewis (2003) et de Mohammed, Klimoski, & Rentsch (2000) indiquent que ces concepts contribuent chacun à la performance des équipes, d'où ma question :

**QR21 : Les Activités de Conception Collaborative (CDA) sont-elles statistiquement liées à la construction d'un Système de Mémoire Transactive (TMS) ?**

L'hypothèse H21 est qu'il existe une corrélation positive entre les CDA et TMS

Cela signifie qu'un TMS plus élevé est associé à une CDA. Je peux alors soutenir l'hypothèse selon laquelle une bonne CDA sous-tendrait le développement d'un bon système de mémoire transactive au sein du groupe, affirmant que le système composé des individus, de la tâche et de l'environnement physique a permis la collaboration de conception. Ainsi, je peux donc soutenir que la coopération de la conception est liée à des facteurs cognitifs modélisés par la mémoire transactive. L'hypothèse sera vérifiée s'il existe des corrélations entre TMS et CDA.

La seconde sous-question concerne le lien éventuel entre les Activités de Conception Collaborative (CDA) et les *Ressources* (RSC) utilisées ou créées pendant la séance de conception collaborative synchrone. La finalité de la conception est la définition d'artefact. Le long de la conception, les acteurs utilisent des *Ressources* diverses. Pour rappel, le terme "ressource" renvoie à tout objet, outil, support créé ou utilisé lors des travaux de conception collaborative synchrone. Ces *Ressources* constituent des éléments sur lesquels s'appuient les concepteurs pour partager leurs objectifs, pour l'intégration de leur expertise ou pour prendre des décisions. Aussi, je m'intéresse au lien éventuel entre ces *Ressources* utilisées en conception collaborative synchrone et les Activités de Conception Collaborative. D'où la question :

**QR22 : Les Activités de Conception Collaborative sont-elles statistiquement liées aux *Ressources* ?**

L'hypothèse H22 est qu'il existe une corrélation positive entre les Ressource (RSC) entre RSC et CDA.

Cela signifierait que l'importance reconnue par le participant du point de vue ressource évolue dans la même direction que le CDA. Cela confirme des travaux tels que ceux de Ewenstein et Whyte (2009) sur le rôle de la représentation visuelle comme des «objets épistémiques ». En effet, selon les participants aux projets, certaines représentations sont plus expressives que

d'autres. Une photographie couleur permettra de mieux interagir avec une fonction non technique comme un paysagiste alors qu'un dessin 2D donnera plus d'information à un ingénieur structure.

L'indicateur de ce lien est le niveau de corrélation entre RSC et CDA

La troisième question se rapporte au lien entre la construction du Système de Mémoire Transactive (TMS) et les *Ressources* (RSC). La Mémoire Transactive individuelle utilise les objets comme mémoire externe (Wegner et al., 1985). Ces travaux montrent que le TMS aussi utilise des objets pour se construire ou s'activer. Par exemple Sparrow et Al. (2011) évoquent notamment les nouvelles tendances à l'utilisation des outils logiciel de Google. Leurs travaux ont montré que les individus préfèrent retenir les liens des sources d'informations plutôt que les informations elles-mêmes. Ces objets porteurs de connaissances pourraient concourir à une bonne compréhension du rôle et du contenu des expertises des autres experts métier. Aussi, je m'interroge sur le lien TMS RSC.

### **QR23 : La construction du Système de Mémoire Transactive - TMS est-elle influencée par les *Ressources* - RSC ?**

Mon hypothèse H23 est qu'il existe une corrélation positive entre les RSC et le TMS.

Cela signifie que les objets construits ou utilisés lors de la conception vont de pair avec l'existence d'une TMS (dynamique de groupe). Ce que Brereton & McGarry, (2000) avec leur matériel (artefacts) exprime comme déclencheur de la mémoire épisodique et (Vinck & Laureillard, 1995) comme élément de *Coordination*. En effet, ces auteurs montrent que les objets et leurs représentations sont utilisés pour stocker des informations. Pour Brereton & McGarry, (2000), dans le cadre de certaines phases de conceptions, il servent à rappeler des souvenirs sur l'environnement par exemple, d'une prise de décision.

Ces résultats pourraient soutenir de nombreuses études qui soutiennent l'importance des objets frontières et intermédiaires dans le processus de collaboration et en particulier dans la *Coordination* des différents acteurs (Cabitza, Colombo, & Simone, 2013) bien que l'effectivité de la collaboration ne soit pas vraiment démontrée. L'observation des niveaux de corrélation entre les concepts TMS et RSC permettraient de définir ce lien.

S'il n'y a pas de corrélation (hypothèse nulle), ils ne peuvent pas les utiliser pour développer de bons indicateurs. Ainsi on pourrait souligner le fait que rôle des artefacts comme outils de *Coordination* est surestimé dans la littérature.

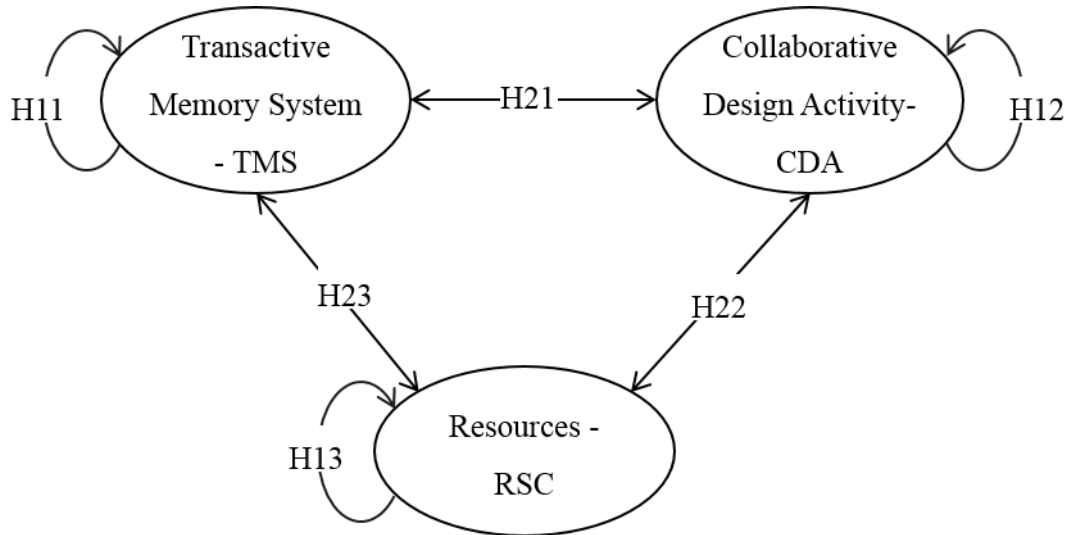


Figure 4-1 : Quels liens entre TMS CDA et RSC?

La Figure 4-1 résume le réseau des questions de recherche de ce chapitre ; l'évaluation de la dynamique interne des concepts et leurs liens deux à deux.

### 4.1.3 Proposition d'un processus de collecte de données

#### 4.1.3.1 Démarche d'enquêtes en sciences de conception

Pour répondre à ces premières questions de recherche, j'ai opté pour une observation indirecte. J'ai ainsi utilisé la technique de l'enquête par questionnaire.

En effet, l'évaluation par le TMS se fait à posteriori d'une expérience de travail d'équipe. Les outils d'évaluation TMS empruntent en général la technique d'enquête par questionnaire.

Elle est largement utilisée en science sociale, et également dans la recherche en conception. Cette démarche scientifique est la technique de collecte d'informations qui consiste à interroger systématiquement les sujets d'une population déterminée afin de décrire, comparer ou expliquer un phénomène, à partir de la perception que ces sujets ont du phénomène.

Selon Allport cité par Berthier (2010), « si l'on veut savoir ce que pensent les gens; quelles ont été leurs expériences et ce dont ils se rappellent; quels sont leurs motivations ainsi que les

*raisons de leurs actions, pourquoi ne pas leur demander? ».* Nous faisons donc le choix de cette technique pour avoir les opinions de nos concepteurs sur la collaboration au sein de leurs réunions de conception collaborative.

Notre motivation s'inscrit dans le fait que l'enquête par questionnaire est une technique qui présente des avantages du fait :

- De la relative rapidité de son développement
- De la possibilité de la diffuser à toute zone géographique par l'intermédiaire de média de communication (outils en ligne, courrier, e-mail, ou téléphone) ;
- De la capacité de collecte des données à partir d'un grand nombre de sujets ou à partir d'un large éventail de données.

En somme, elle peut notamment constituer une bonne alternative quand l'observation directe s'avère impossible (complexité du phénomène, contingence...), trop coûteuse ou trop longue.

Notons aussi que l'enquête peut être un moyen efficace pour cerner une problématique et cibler des questions de recherches pertinentes qui peuvent ensuite être instruites par des techniques d'observation directes.

Il faut indiquer que malgré la rigueur de la procédure préconisée l'enquête par questionnaire présente des limites concernant :

- Les résultats des mesures restent influencés par l'opérateur (exactitude ou honnêteté des réponses, conscience, manque de connaissance sur le sujet, ou même l'ennui...);
- Les erreurs dues à des non-réponses peuvent exister ;
- Le risque d'enregistrer des réponses au hasard ;
- La faible population de sujets ;
- La mauvaise interprétation de certaines questions par les sujets...

Il est aussi nécessaire de noter que le questionnaire porte sur du déclaratif, (c'est-à-dire sur ce que les sujets disent), et non sur leurs pratiques, (c'est-à-dire ce qu'ils font effectivement).

Les modalités d'une enquête par questionnaire peuvent prendre deux formes : qualitative et quantitative.

L'étude qualitative se caractérise par son approche intensive. Elle a une structuration minimale avec des entretiens ouverts sur les thématiques, non préparées. Les sujets sont d'un nombre restreint et leurs réponses aux questions sont libres. Elles sont souvent enregistrées et retranscrites pour être analysés. Nous y retrouverons des questions du type « *Que pensez-vous de la proposition de votre équipe ?* », « *Décrivez votre méthode de travail dans l'équipe* ».

Par opposition, l'étude quantitative a une approche extensive. Sa structuration est maximale avec un questionnaire standardisé préparé. Les questions sont posées à un grand nombre de sujets et souvent fermées. Les questions souvent adressés sont par exemple « *Combien de propositions de solutions avez-vous produits ?* », « *Avez-vous utilisé le vote pour le choix de la proposition définitive ?* ».

Le choix du type de l'enquête est fonction du type de l'étude. Directif quand il s'agit de contrôle ou vérification et plutôt non-directif lorsque l'on souhaite approfondir ou explorer un sujet. Entre ces deux extrêmes, le cas d'étude semi-directif, il est conseillé dans des cas de vérification et approfondissement.

Les méthodologies enseignées sont semblables. Seules les articulations et découpage en étape changent.

(Kasunic, 2005) propose une méthode en 7 étapes résumée dans le Tableau 4-1. Il traite d'abord l'identification des objectifs, puis la caractérisation de l'échantillon à étudier. Ensuite, il propose de dimensionner l'échantillon avant d'aborder la conception et la rédaction du questionnaire. Le questionnaire sera testé sur un petit échantillon avant sa diffusion pour collecter les données. Enfin, l'analyse des résultats et la production viennent en dernier ressort.

Tableau 4-1 : Etapes de l'enquête selon (Kasunic, 2005)

1	Identifier les objectifs de recherche	Quel est l'objectif de l'enquête ? Quelle information existe déjà sur le problème que vous posez ? Le sondage d'opinion doit commencer par une invite, une explication des objectifs et une explication des moyens de réponses.
2	Identifier et caractériser la population cible	Qui, précisément, va répondre à l'enquête ? Quelles hypothèses pouvez-vous faire au sujet de leur connaissance des questions que vous avez à l'esprit, la terminologie qu'ils comprennent, de leur volonté de participer à l'enquête ? ...
3	Plan de conception d'échantillonnage	Quelle est la taille de la population ? Le public cible peut-il être énumérée ? Comment allez-vous vous assurer que ceux qui répondent à l'enquête sont représentatifs de la population ?



4	Conception et écriture du questionnaire	Les objectifs de l'enquête et les questions doivent être rédigés avec soin, conçu pour faciliter l'analyse et l'interprétation des éléments du questionnaire.
5	Questionnaire pilote d'essai	L'instrument de questionnaire doit être "testé" avec certains membres du public cible pour améliorer l'instrument.
6	Distribuer le questionnaire	Le questionnaire doit être distribué aux personnes du public cible tel que défini par le plan d'échantillonnage.
7	Analyser les résultats et rédiger le rapport	Les résultats devraient être communiqués sous des formes graphiques appropriées qui facilitent la compréhension. Les graphiques peuvent être compilés dans un rapport et des interprétations, des inférences, généralisations, et les recommandations seront faites sur la base de preuves fournies par les résultats.

Pour mener à bien une enquête, plusieurs étapes sont prescrites. J'expose une méthode en cinq étapes clés, enseignée à Grenoble-INP (cf Figure 4-2). Les trois premières sont relatives à la conception du questionnaire (Définition, conception et test), ensuite vient l'étape du déploiement et enfin de l'analyse statistique des résultats.

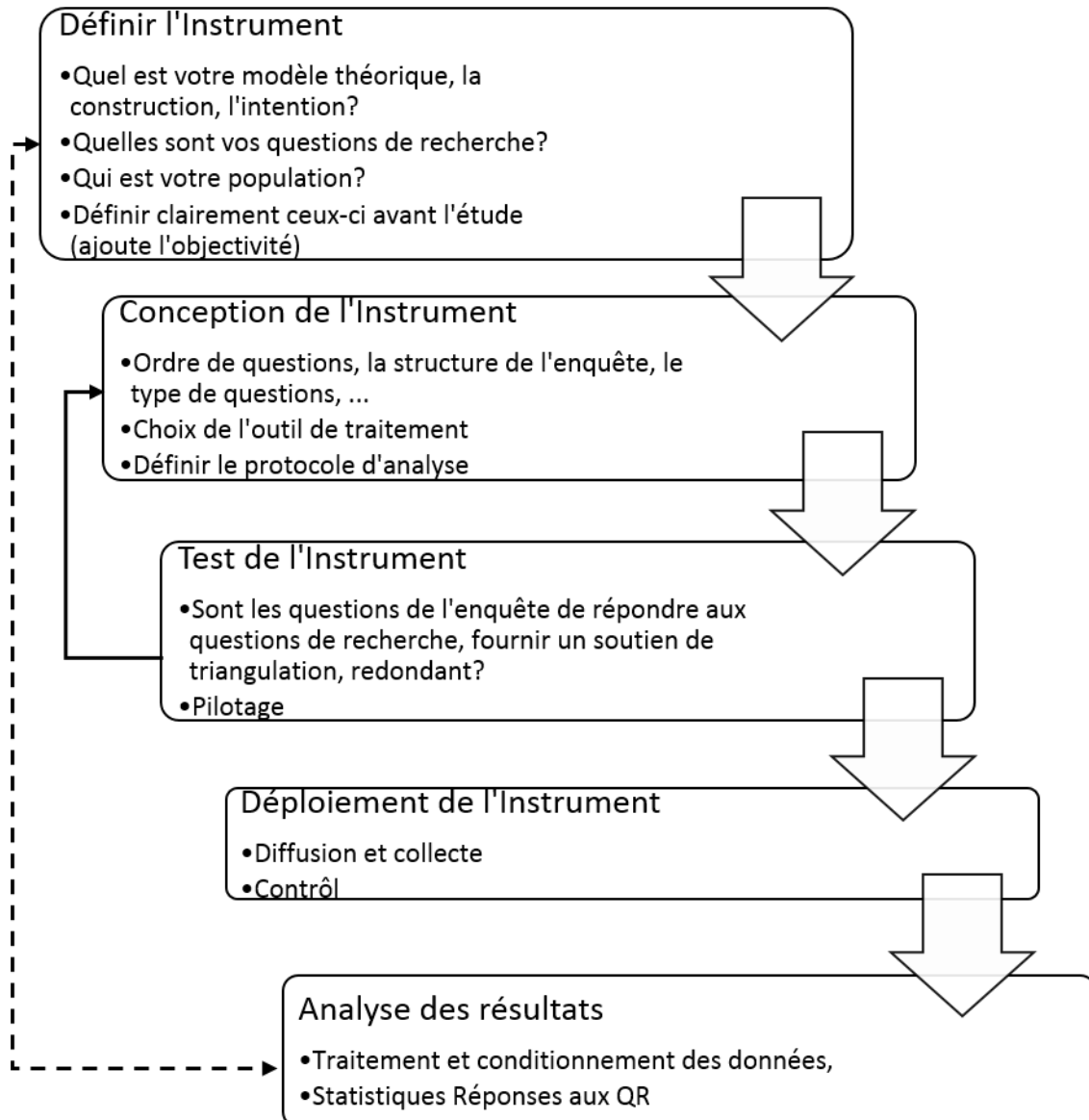


Figure 4-2 : Étapes de l'enquête par questionnaire enseigné à Grenoble-INP

Les deux processus d'enquête Tableau 4-1 et Figure 4-2 se présente de façon différente dans leur forme. La forme tabulaire présente une succession de 7 étapes qui commence par l'identification des objectifs et se termine par l'analyse des résultats, tandis que le processus présente 5 étapes dont la première est la définition de l'instrument pour s'achever à l'analyse des résultats. Il fait cependant apparaitre des liaisons sur une relation entre la définition de l'instrument et l'analyse des résultats pour dire que cette dernière doit être réalisée en fonction du modèle défini. Une boucle de retour existe aussi entre les étapes de conception de l'instrument et l'étape du test. Ceci est important dans la mesure où une reconception de l'instrument peut s'avérer nécessaire.

La première approche d'enquête par questionnaire vise à évaluer la corrélation des activités de conception collaborative (CDA) avec le Système de Mémoire Transactive (TMS). Sa mise en perspective permet aussi de constater sa vitalité ou non. Cette enquête par questionnaire permet aussi de mesurer l'importance des *Ressources* (RSC) dont les objets en conception collaborative.

Mon défi est d'évaluer trois concepts alors que je dispose d'un seul outil à priori. Il est donc nécessaire de bâtir des outils utilisant la même méthodologie que dans le cadre de l'évaluation de CDA et RSC afin de simplifier la collecte de données.

L'autre défi, est « comment mesurer une dynamique d'évolution des concepts ? » Cela fait appel à la nécessité de se poser la question des périodes de mesure.

L'enquête se déroulera auprès d'équipes de conception, pendant leurs séances de travail collaboratif. Si les processus de déroulement d'enquête sont connus, il est nécessaire de bâtir un processus propre à mon étude eu égard au contexte du travail de concepteur en industrie et les objectifs de ma recherche.

J'ai proposé et conduit une série d'enquêtes selon une démarche de recherche définie au chapitre suivant.

#### **4.1.3.2 Proposition d'un processus de recherche utilisant l'enquête par questionnaire**

Issue de la démarche globale des enquêtes, la Figure 4-3, présente le processus du déroulement de la recherche suivi lors de mon investigation. Je m'appuie sur les démarches d'enquête enseignées à Grenoble-INP et intègre les objectifs de ma recherche en début de processus. Il faut noter aussi que le déploiement du questionnaire se déroule en deux étapes clés pour prendre en compte les effets dynamiques.

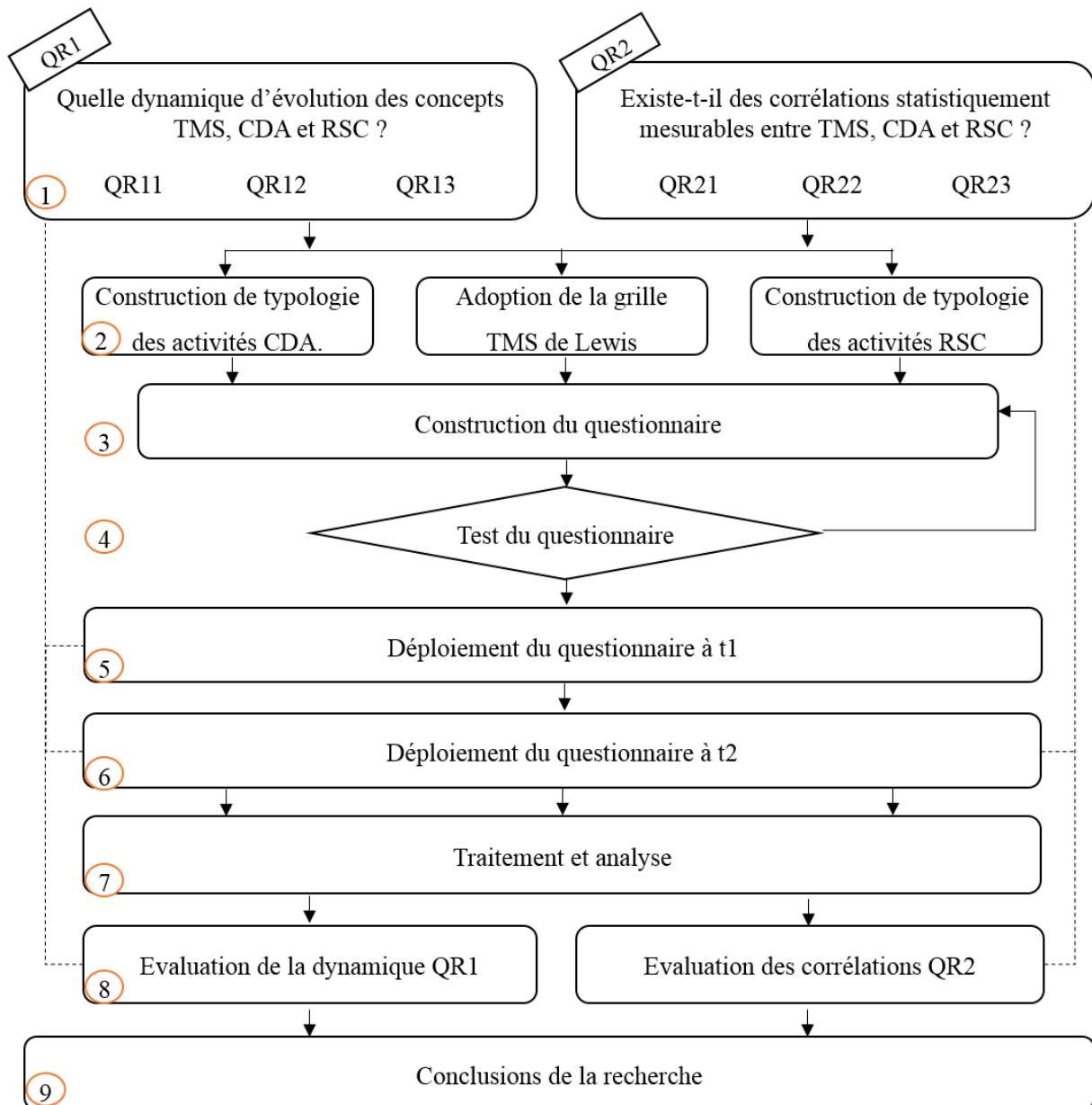


Figure 4-3 : Processus du déroulement de la recherche

L'étape 1 correspond aux objectifs de la recherche. Les questions de QR1 et QR2 sont posées.

Afin de répondre à ces questions, l'étape 2 préconise l'adoption de l'échelle de la mémoire transactive d'une part et la construction de typologie des activités CDA ainsi que de la typologie des objets RSC. L'étape 3 est relative à la construction du questionnaire. Lors de l'étude pilote, un questionnaire papier a été déployé. Il a été distribué et a été collecté en moins d'une heure. Cependant, il a fallu saisir les données dans l'outil de traitement et de calcul (Feuille Microsoft Excel). Afin de faire participer des concepteurs juniors de l'Université de Clemson, il a été préféré un questionnaire en ligne. Pour cela, j'ai utilisé la plateforme de Google Drive qui intègre un outil de collecte de données. Une évaluation de l'instrument a été réalisée par les

étudiants de niveau Master Mécanique de l'UGA. Outre le renseignement du questionnaire, trois questions supplémentaires leur ont été adressées. La Figure 4-5 nous informe de difficultés rencontrées par cet échantillon francophone.

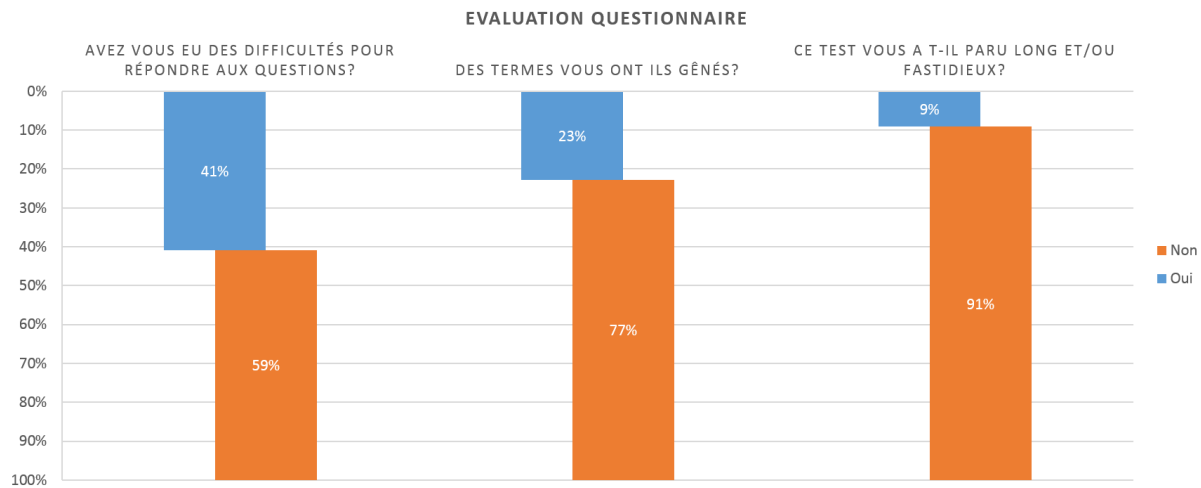


Figure 4-5: Evaluation du questionnaire

Le format en ligne n'est cependant pas sans risque concernant le taux de réponse et la période de réponse qui tend à s'étaler. Par exemple un rappel était nécessaire pour inciter les sujets à répondre aux questionnaires. Ce rappel se faisait lors des séances de travail synchrone.

Le questionnaire est construit en deux parties :

- la première partie est réservée à l'identification de l'interviewé et du projet. L'identité de l'interviewé est importante pour le restituer dans son équipe. Des questions informent sur son rôle dans le projet, ainsi que la composition des membres de son équipe. Le questionnement concerne aussi une brève description du projet. Ces questions sont utiles en cas d'approfondissement de l'étude ou pour lever des doutes sur la catégorisation du concepteur.
- La seconde partie se compose de 36 questions. Ces questions sont relatives aux trois concepts ; TMS, CDA et RSC. Elles sont présentées dans un ordre aléatoire. J'ai préféré utiliser la langue anglaise pour cette étude eu égard au caractère international de l'étude ainsi que sa valorisation future.

L'étape 4 de test du questionnaire s'est déroulée en deux phases. La première se réfère au langage utilisé ; vocabulaire, orthographe et la compréhension des questions. Les concepteurs juniors de la classe de Master 2 Génie Industriel ont bien voulu porter un jugement sur le questionnaire. La seconde phase a consisté à déployer l'instrument en grandeur nature sous

format papier à une promotion de Génie Industriel, lors d'un enseignement de projet durant l'année 2013. Chaque fois, j'ai eu à corriger le questionnaire pour une meilleure compréhension ; notamment, j'ai finalement adopté la version en ligne.

Les étapes 5 et 6, recueil des données sur le terrain, se sont déroulées en deux temps (milieu et fin du projet). Je souhaite mesurer la dynamique des concepts considérés au cours de l'évolution du projet. Il n'est malheureusement pas possible en début de projet de mesurer un concept (la TMS) qui n'a pas pris forme ; l'équipe se constitue à peine et prend connaissance de la tâche à accomplir. Le milieu du projet suppose que le processus de construction de l'équipe est bien entamé, pour mesurer un niveau de TMS. Si la QR1 est liée aux deux étapes 5 et 6, la QR2 n'utilisera que les résultats de la mesure T2 de l'étape 6.

Concernant l'étape 7, la préparation des données a consisté à extraire et mettre en ordre chaque question dans son concept. Ainsi, le traitement et l'analyse de ces données ont lieu d'une part pour l'évaluation des dynamiques des concepts TMS, CDA et RSC ; mais également pour la mesure des corrélations entre les concepts TMS et CDA, RSC et TMS ainsi que RSC et CDA. Le logiciel de traitement statistique utilisé est Spss version 16. L'analyse des données collectées ensuite permis de répondre aux questions QR1, et QR2 à l'étape 8. L'étape 9 propose les conclusions sur la recherche par la méthodologie de l'enquête par questionnaire. Dans cette thèse, les résultats sont proposés aux chapitres 4.4 et 4.5.

Dans ce processus, j'ai défini une cible et fait le choix de la tâche de conception à observer. Dans le prochain chapitre, je présente ces éléments.

#### **4.1.4 Choix des participants et de la tâche**

##### **4.1.4.1 Formation des ingénieurs par la conception collaborative**

Dans l'optique d'étudier les relations entre les trois concepts (TMS, CDA, RSC), j'ai conduit quatre études de cas dans deux universités.

A Grenoble, l'équipe enseignante et le support technique encadre les projets étudiants depuis longtemps. En fait, l'équipe pédagogique a une expérience de plus de vingt années dans la conception - fabrication et dispose d'une plateforme technologique qui accueille les projets et les équipes projets pendant leurs sessions de travail. L'équipe pédagogique définit collectivement les objectifs des modules du projet et collecte les projets des entreprises. Chaque membre a un rôle bien défini et encadre des équipes de conception qui lui ont été assignées. Ils

se connaissent bien et ont une compréhension commune du module de projet dans son ensemble et les tâches à réaliser au cours du semestre.

Au Département génie mécanique de l'Université de Clemson, le cours de conception se situe dans le 2e semestre de l'année de Bachelor. Le cours de projet de conception constitue pour les étudiants du 1<sup>er</sup> cycle une pierre angulaire dans leur formation (Capstone projet). C'est un passage obligé pour valider leur Bachelor. Ce cours, programmé sur seize semaines, est structuré par instruction pour les sept premières semaines. La classe se réunit deux fois par semaine pendant 75 minutes. Dans la deuxième partie du cours, des cours magistraux se poursuivent le premier jour de la semaine tandis que le deuxième jour de la réunion est réservé aux réunions des revues de conception avec l'encadrant et les groupes concernés. Cette approche est instaurée depuis 4 ans dans le programme du Génie Mécanique.

Je fais l'hypothèse que ces études se sont déroulées dans des contextes organisationnels équivalents et stables ; l'école de Génie Industriel du Groupe Grenoble-INP (Etude 0 et 1) et Département Génie Mécanique de l'Université de Clemson (Etudes 2 et 3). L'étude 0 est l'étude pilote qui a permis de consolider le questionnaire.

Les études 0 et 1 concernent les équipes de conception d'étudiants Grenoblois. En fait, le travail d'équipe sur des projets technologiques ou scientifiques est une partie intégrante de la formation des ingénieurs.

Les participants de l'étude 0 sont 45 élèves en 2e année d'ingénieurs. Ils sont inscrits à l'école de Génie Industriel du Groupe Grenoble-INP. Les étudiants constituent des équipes de 4 à 6 personnes. L'étude a lieu de février à juin 2013.

L'étude 1 s'est déroulée avec 53 sujets, dans les mêmes conditions que l'étude pilote 0, dans les mêmes publics et lors du même exercice ; mais en 2014.

L'Etude 2 concerne les 62 étudiants du premier cycle de Génie Mécanique de l'Université de Clemson. Lors de leurs cours de Conception, ils sont initiés à la démarche systématique de conception technique et à l'utilisation de divers outils et méthodes qu'ils appliquent lors de projet de conception tuteuré. Cette étude se déroule entre janvier et mai 2014, lors du semestre de printemps.

L'étude 3 s'est déroulée avec 96 sujets, dans les mêmes conditions que l'étude 2, avec les mêmes publics et lors du même exercice ; mais en 2015.

Ma recherche a ainsi mobilisé 211 concepteurs juniors de niveau Bachelor ou Master. J'utilise donc ces groupes d'étudiants dans un contexte de formation en situation de conception authentiques ; ils travaillent sur des projets réels d'entreprise.

#### 4.1.4.2 Projets de conception industriel

Les projets concernent la conception de systèmes techniques de niveaux techniques similaires (voir Tableau 4-2). Ce sont des situations réelles de l'industrie. Ces projets ont été exécutés au printemps 2013 à Grenoble-INP Génie Industriel sur la plate-forme technologique GI-Nova<sup>2</sup>.

Tableau 4-2 : Liste des projets de l'étude 0

Equipe	Thème
1	Orthèse de bras avec équilibreur
2	Fixation de ski ... haute performance
3	Feed back sur commande by wire
4	Drone à voilure tournante
5	REP RAP we're all makers !
6	Prototype ... avec machine EBM
7	Périphérique haptique
8	Simulateur dynamique de conduite
9	Frein et accélérateur intégrés sur volant de jeu vidéo
10	Collier « high tech » pour traction hippodromobile

Ci-après le tableau des projets de 2014.

Tableau 4-3: Liste des projets étude 1

Equipe	Thème
1	Conception d'une imprimante 3D alimentaire
2	Conception d'une VMC double sens
3	Conception d'une prothèse pour membre supérieur
4	Conception de chaîne cinématique

<sup>2</sup> <http://www.aip-primeca-ds.net/-GI-Nova-.html>



5	Conception d'un élément de prothèse
7	Conception d'une commande à distance pour un appareil numérique virtuel
8	Conception d'un logiciel pour un Robot
9	Reconception d'un convecteur radiant
10	Conception d'un module de FAO - Fabrication Assistée par Ordinateur

Les exigences sont décrites dans un court document émis par un client (un industriel en général ou un laboratoire de recherche). La faisabilité des projets en termes de connaissances et les compétences nécessaires, les moyens techniques disponibles de la plateforme GI-Nova, ainsi que les délais sont contrôlés par l'équipe pédagogique.

Les enseignants en charge de l'encadrement des équipes de conception se coordonnent régulièrement sur la durée du projet.

La durée estimée de travail est de 250 à 300 heures par étudiant. Les équipes de conception ont un jour par semaine encadrée pour la durée d'un semestre (5 mois) sur le projet. L'équipe des étudiants internationaux a travaillé sur leur projet, cinq jours par semaine pendant les 16 semaines (soit environ 500 heures de travail).

Dans l'étude 2 (Clemson 2014), les équipes d'étudiants ont eu pour thème la conception et la production d'équipements de fabrication qui peut être utilisé à des fins pédagogiques ou de recherche. Le principal client pour les équipements de fabrication est la faculté de fabrication au sein du département de génie mécanique. Un client secondaire est une startup indienne qui équippa son atelier à partir des plans de fabrication de l'équipement.

Les revues de conception qui sont menées chaque semaine sont utilisées pour fournir les informations techniques, organisationnelles, de communication et professionnelles pour les équipes d'étudiants. Chaque équipe a choisi un procédé de fabrication différent : le formage sous vide, formage classique, moulage sous vide, le moulage au sable, l'estampage, le moulage par injection, l'ablation laser et l'usinage tour thermique.

L'étude 3 se déroule comme la précédente au département de Génie Mécanique de Clemson University en 2015. Deux ou trois groupes travaillent séparément sur un aspect du projet proposé par une entreprise cliente. Ci-après la liste des projets.

Tableau 4-4: Liste des projets étude 3

Equipe	Thème
1	Controlled process for Automatic Slack Adjuster (ASA) assembly
2	Turbocharger ball bearing cartridge test rig
3	Detailed design of cart based ambulance
4	Detailed design of AGV
5	Jobsite Cart
6	14' Autoclave Curing System
7	Heat Exchanger for Power Amplifiers
8	Cycling chain Waxer & ultrasonic cleaner

Lors de leurs travaux, les équipes constituées travaillent dans un contexte professionnel. Ils ont des réunions hebdomadaires programmées en présentiel et les équipes se répartissent le travail à exécuter. Ils sont tenus à des livrables périodiques. Quand c'est nécessaire, ils ont des rencontres et des séances de travail avec le client qui a déclenché le projet.

Le récapitulatif des projets et la répartition des sujets est présenté ci-après.

Tableau 4-5 : Récapitulatif projets

	Année	Nbre de sujets	Nbre projets	Durée
Etude 0 Pilote	2013	37	10	300
Etude 1	2014	53	10	300
Etude 2	2014	62	8	300
Etude 3	2015	96	16	300
Total <sup>3</sup>		211	34	

L'ensemble des sujets qui ont participé aux travaux ont été soumis un questionnaire expressément conçu que je présente au chapitre suivant.

---

<sup>3</sup> Etude pilote non comptabilité

## 4.2 CONCEPTION DE NOTRE OUTIL DE MESURE DE COLLECTE DES DONNEES EN CONCEPTION COLLABORATIVE

### 4.2.1 Echelle de mesure du TMS selon Lewis

Plusieurs outils de mesure du TMS sont disponibles. Mon choix se porte sur l'échelle de mesure mise au point par Lewis (Lewis, 2003). Cette échelle est en anglais et une version française a été validée et élaborée par (E. Michinov, 2007) (Cf Annexe A1 : Echelle de mesure du Système de Mémoire Transactive (TMS selon Lewis)).

La grille comporte donc 3 concepts (*Coordination*, *Credibility* et *Specialization*) qui contiennent chacun 5 items. Ces 5 items sont évalués sur une échelle de Likert entre 1 pour les valeurs fortement en désaccord et 5 pour celles fortement en accord.

### 4.2.2 Echelle de mesure des activités de collaboration adaptée de Lewis

Les Activités de Conception Collaborative sont des activités observables à travers les interactions et les externalisations des concepteurs. Je considère trois sous-catégories qui visent à mesurer les niveaux d'activités de conception liées à la création d'une bonne collaboration entre le groupe. Par conséquent, je ne tiens pas compte des activités de production en soi, ni de la qualité des solutions proposées.

Ces trois concepts sont le Partage des objectifs ou *Goals Sharing* - GS, l'Intégration des Expertises ou *Expertise Integration* - EI et la Prise de Décision ou *Decision Making* – DM (Figure 4-6) sont explicités et justifiés dans la suite.

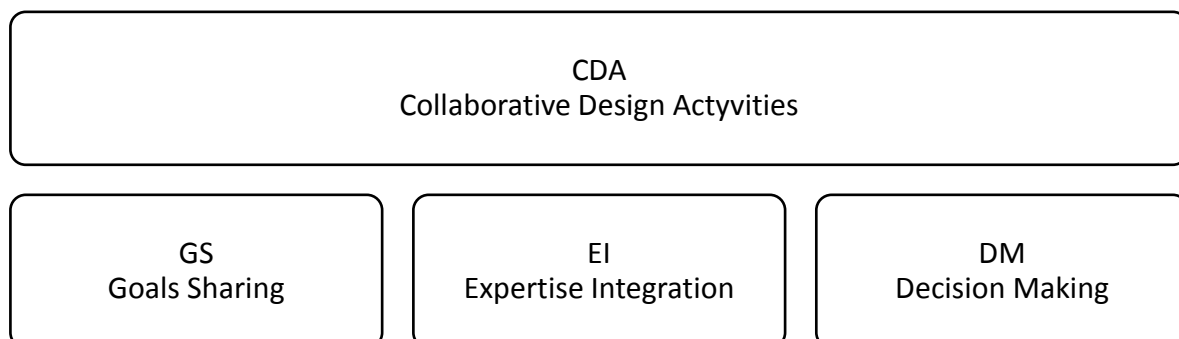


Figure 4-6 : Structure de l'échelle CDA

Les sous concepts du TMS (*Coordination, Credibility, Specialization*) ont été mis en perspective avec les sous catégories CDA. Nous avons considéré les associations suivantes *Coordination - Goals Sharing, Credibility – Decision Making* et *Specialization Expertise Integration*.

#### **4.2.2.1 Partage des objectifs (*Goals Sharing*)**

Le Partage des Objectifs a été reconnu comme un enjeu majeur pour la collaboration. Il est lié à la coopération consubstantiellement. D'un point de vue sémantique, le partage d'objectifs est un élément de la définition de la coopération. Selon (Shteynberg & Galinsky, 2011) le partage des objectifs n'est pas équivalent à l'objectif de groupe. Leur étude a montré que lorsque les membres d'une équipe partagent leurs objectifs, ils s'engagent et sont plus motivés que lorsqu'un objectif commun leur est soumis.

Les éléments mesurés concernent ici le volume des échanges sur les objectifs du projet. « *GS1 : Il y a eu des échanges sur les objectifs du projet.* ». La mesure concernera aussi la hiérarchisation des objectifs de façon explicite « *GS2 : Nous avons hiérarchisé les objectifs de façon explicite.* » ou la préférence de certains objectifs implicites. « *GS3 : Le groupe a privilégié certains objectifs implicites.* »

Au cours des projets et des négociations, il est parfois nécessaire d'adapter ses objectifs métiers propres. Une évaluation est prise en compte ici. « *GS4 : J'ai adapté mes objectifs métiers propres au cours du projet.* »

Au final, l'évaluation de l'atteinte des objectifs du projet est évaluée « *GS5 : Nous avons atteint les objectifs du projet.* »

#### **4.2.2.2 L'intégration des expertises (*Expertise Integration*)**

Une autre dimension importante de la coopération est le partage d'expertise. Nous ne voulons pas dire que chaque participant doit devenir un expert dans chaque domaine ; nous considérons plutôt le « chevauchement de compétences » et le partage de tâches qui est nécessaire pour atteindre un niveau minimum de compréhension commune des arguments des uns et des autres. Ce chevauchement d'expertise a été reconnu comme un facteur clé pour le développement d'un terrain d'entente entre l'équipe.

Dans leur étude, Tiwana et Mclean (2005) soutiennent que l'intégration de l'expertise est liée à la créativité de l'équipe et a un rôle de médiateur entre le jeu et le rôle.

Ils définissent l'intégration de l'expertise comme application coordonnée de l'expertise de spécialistes détenus individuellement dans l'accomplissement des tâches au niveau du projet.

L'expertise est intégrée quand au moins un élément de la connaissance d'un individu (spécialiste) est utilisé conjointement avec l'expertise d'un autre membre de l'équipe pour accomplir une tâche du projet.

Par exemple dans un projet impliquant un architecte et un ingénieur structure, lorsque l'ingénieur structure tient compte de l'esthétique (contrainte architecturale) afin de définir la position d'un pilier, il a intégré les contraintes architecturales.

Ainsi, l'intégration de la compréhension et de l'expertise des individus différents au niveau du projet, est rendu utilisable pour la réalisation des objectifs du projet. De ce fait, le processus de transfert de connaissance inter métier joue un rôle central dans l'élaboration de cette intégration.

Dans mon étude, je m'intéresse à l'apprentissage croisé des concepteurs lors des réunions de conception.

Aussi l'échelle d'évaluation est proposée autour des actions envers les autres ; il s'agit de la conscience de proposer ou fournir des connaissances aux coéquipiers « EI5 : J'ai fourni des connaissances aux autres coéquipiers. » ou un effort particulier pour le partage de ses contraintes métiers « EI1 : J'ai beaucoup explicité mes contraintes métiers. ».

Concernant l'acquisition, le questionnaire s'intéresse dans un premier temps à la dynamique de connaissance du domaine d'expertise propre du concepteur « EI3 : J'ai acquis des connaissances sur mon domaine au cours du projet. ». Dans un second temps, il adresse le sentiment d'acquisition des connaissances des domaines des autres « EI2 : J'ai beaucoup appris sur le métier des autres. » et spécifiquement sur le mode passif « EI4 : J'ai appris en observant les autres. »

#### **4.2.2.3 La prise de décision (*Decision Making*)**

Il est toujours délicat d'observer la prise de décision dans les réunions de conception. Plus la réunion survient dans les premiers stades de la conception, plus il est difficile de saisir les

décisions. La plupart du temps on observe un ensemble d'arguments échangés par les participants qui sont entrelacées sans schéma clair et logique, liés à des solutions au problème ou au problème lui-même (sous la forme de paramètres ou exigences). Ceci est plus un processus de renforcement de la décision qui nous intéresse dans la caractérisation, conduisant (ou non) à une décision. Dans cette perspective, la décision devient une conséquence de ce processus. Toutefois, l'évaluation du niveau de prise de conscience d'une équipe concernant le processus de prise de décision (à savoir le processus pour arriver à un consensus...) est un indicateur de la performance de la capacité de l'équipe à prendre des solutions.

La prise de décision se rapporte aux règles de la décision interne aux équipes. Durant les réunions de conception, la compréhension des objectifs par chaque membre de l'équipe est nécessaire (Prudhomme, Boujut, & Brissaud, 2003; Wetmore, Summers, & Greenstein, 2010). Comment ces activités devraient elles favoriser la TMS? J'ai proposé des questions suivant différents axes.

J'évalue dans deux items la solidarité et la construction collective de la prise des décisions de l'équipe « *DM1 : Je me suis senti solidaire des décisions de l'équipe.* » ; « *DM2 : Les décisions étaient construites collectivement.* »

Il arrive que le style de management influe sur l'équipe et ses décisions. Je cherche à identifier si le processus de prise de décision a été spécialement influencé par un leadership dans l'équipe « *DM3 : Il y avait un leader fort dans le groupe.* ».

La solidarité ou non dans l'équipe peut être fonction du mode adopté de la prise de décisions. S'est-elle faite sur la base de critères explicites ? « *DM4 : Les décisions ont été prises avec des critères explicites.* »

La facilité des prises de décisions le long du projet est aussi évaluée. Il consiste à savoir si les acteurs ont intégré des règles d'actions leur permettant de gagner du temps. « *DM5 : Les décisions étaient de plus en plus faciles à prendre le long du projet.* »

#### **4.2.2.4 Echelle de mesure de CDA**

Dans l'impossibilité d'observer les composants du TMS, les activités de conceptions sont observables aussi, je fais l'hypothèse que les composantes équivalentes CDA seront observables.

La grille est inspirée de la grille de Lewis. Je propose une présentation semblable à sa forme. Elle est produite en langue anglaise. Cependant je propose sa traduction française. Elle se compose de trois concepts *Goals Sharing*, *Expertise Integration* et *Decision Making*. Chaque concept est formé par 5 items ou propositions.

Les sujets sont invités à marquer leur préférence aux propositions selon qu'ils soient fortement en désaccord à fortement d'accord. (1= fortement en désaccord, 2= désaccord, 3= neutre, 4= d'accord, 5= fortement d'accord).

Cf Annexe A2 : Echelle de mesure des Activités de Conception Collaboratives (CDA)

### **4.2.3 Echelle de mesure de l'utilisation des *Ressources* en conception collaborative**

#### **4.2.3.1 Echelle de mesure des *Ressources* en fonction de TMS et CDA**

L'échelle de mesure des *Ressources* est construite sur le même schéma que les échelles précédentes TMS et CDA.

Je considère que dans chaque concept CDA ou TMS, les concepteurs utilisent des objets. Ainsi, L'utilisation de *Ressources* est évaluée dans chaque sous-catégorie TMS ou CDA. Elle se compose de 6 items ou propositions.

Le niveau d'importance des objets lors de la *Coordination* est mesuré par « *RSC1 : Notre groupe a utilisé des Ressources pour se coordonner.* », pour la crédibilité « *RSC2 : Je me sens plus crédible lorsque j'utilise des Ressources afin de partager des connaissances ou l'information.* » ou pour l'expertise « *RSC3 : J'ai utilisé des Ressources de mon domaine pour réaliser ma propre tâche.* ». De même, on s'interroge sur l'importance des objets dans le partage des objectifs « *RSC4 : J'ai utilisé ou créé des Ressources pour mon domaine d'expertise.* », l'intégration des expertises « *RSC5 : J'ai utilisé des Ressources pour échanger*

*des connaissances ou des informations.* » et dans la catégorie prise de décision « *RSC6 : Nous avons utilisé des Ressources pour nous aider à prendre des décisions.* ».

C'est un sujet très délicat car le langage courant ne permet pas de deviner ces concepts simplement.

Dans l'outil d'évaluation des objets que je propose, le vocabulaire a été modifié afin d'améliorer la compréhension par les sujets. J'ai préféré utiliser le mot « *Ressources* » ; en effet, il est apparu lors de l'étude pilote que les sujets n'avaient pas suffisamment perçu et intégré la notion d'objet intermédiaire. « *Ressources* » renvoie donc à tout objet, outil, support créé ou utilisé lors des travaux de conception collaborative synchrone.

Tout comme les précédents outils TMS et CDA, les items sont évalués sur une échelle de Likert. Les sujets sont invités à marquer leur préférence aux propositions selon qu'ils soient fortement en désaccord à fortement d'accord. (1= fortement en désaccord, 2= désaccord, 3= neutre, 4= d'accord, 5= fortement d'accord). Cf Annexe A3 : Echelle de mesure des *Ressources* (RSC)

L'exploitation des données quantitatives obtenues utilise les méthodes statistiques. Du fait du nombre important d'indicateurs statistiques, il a été nécessaire de procéder aux choix des indicateurs pour évaluer la collaboration.



## 4.3 ANALYSE DES RESULTATS

### 4.3.1 Taux de réponses à l'enquête

Les taux de réponses ont été respectivement de 88,68%, 59,68%, 36,46% pour les études 1, 2 et 3, soit un taux global de 56,40% comme l'indique le Tableau 4-6.

Tableau 4-6 : Tableau des taux de participation

	Année	Nbre de sujets	Nbre réponses T1		Nbre réponses T2		Nbre de réponses validées	
Etude 1	2014	53	52	98,11%	48	90,57%	47	88,68%
Etude 2	2014	62	49	79,03%	40	64,52%	37	59,68%
Etude 3	2015	96	52	54,17%	38	39,58%	35	36,46%
Total		211	153	72,51%	126	59,72%	119	56,40%

Les délais de réponse des sujets sont plus longs lors des enquêtes au temps T2 par rapport aux enquêtes au temps T1. Le constat est que le délai des réponses se sont réduit au fur et à mesure des enquêtes. Les graphiques Annexe A3 ; Figure 0-1, Figure 0-2 et Figure 0-3 montrent que les sondés ont adhéré progressivement à l'enquête et se sont senti concerné. Il faut noter aussi que les participations augmentent chaque fois qu'un rappel leur est adressé.

### 4.3.2 Fiabilité de la recherche ; indicateurs statistiques de la collaboration

Pour rappel, l'objectif de la recherche est d'établir des liens statistiquement mesurables entre les concepts retenus. Le choix des indicateurs vise donc à caractériser ces concepts, et ensuite à évaluer leur lien.

Les constantes de statistiques descriptives (Nombre, la Moyenne, l'écart type) ont été utilisées afin de caractériser les résultats obtenus.

En statistique l'écart type est une mesure de dispersion de données. Elle peut être comparée à l'ordre de grandeur des valeurs. L'écart type sert à mesurer la dispersion d'un ensemble de données.

Pour évaluer la fiabilité de la recherche, j'ai recours à deux types d'indices pour évaluer les données. (Robinson, 2016) recommande *l'internal reliability* et *l'inter-rater reliability*.

J'ai utilisé l'indice de fiabilité Alpha de Cronbach (Cronbach, 1951) pour évaluer *l'internal reliability*. Il sert à déterminer si plusieurs items d'une échelle mesurent bien la même dimension psychologique. Ce coefficient mesure donc la cohérence interne des réponses à une question.

Les valeurs d'alpha sont ainsi interprétées :

- Entre 0 et 0.50: Valeurs insuffisantes ;
- Entre 0.50 et 0.70: Valeurs Limites (acceptable) ;
- Entre 0.70 et 0.99: Valeurs élevée ou très élevées (souhaité).

Le coefficient de corrélation de Pearson permet de donner une mesure de l'intensité de la relation entre deux caractères. Elle indique si deux ensembles de données sont linéairement liées. Si cette liaison est établie, alors le sens est indiqué. Le coefficient de corrélation varie entre -1 et 1.

La fiabilité des résultats est décrite par le bon niveau de l'indice de fiabilité Alpha de Cronbach. Le Tableau 4-7 indique des indices de fiabilité globale entre 0,546 et 0,860 tandis que les indices de fiabilité spécifiques à chaque étude ont des minima de 0,479 à 0,490 et des maxima entre 0,826 et 0,896.

Tableau 4-7 : Tableau des indices de fiabilité

	Cronbach's Alpha
TMS1m	0,899
Co1m	0,829
Cr1m	0,812
Sp1m	0,771
CDA1m	0,898
Gs1m	0,774
Ei1m	0,794
Dm1m	0,722
Rs1m	0,865
TMS2m	0,925
Co2m	0,885
Cr2m	0,857
Sp2m	0,798
CDA2m	0,868
Gs2m	0,613
Ei2m	0,751
Dm2m	0,814
Rs2m	0,860
N valide 31	

Le Tableau 4-7 montre que les indices de fiabilité selon Cronbach varient entre 0,613 et 0,925. Ils sont élevés. L'indice de fiabilité du TMS est  $\alpha = 0,925$ , avec  $\alpha = 0,885$  pour la *Coordination*,  $\alpha = 0,857$  pour la crédibilité et  $\alpha = 0,798$  pour la spécialisation. Ces valeurs sont comparables aux résultats de (E. Michinov, 2007)  $\alpha = 0,87$  pour la *Coordination*,  $\alpha = 0,79$  pour la crédibilité et  $\alpha = 0,70$  pour la spécialisation tandis que l'étude de (Lewis, 2003) était de 0,80 pour la *Coordination*, 0,77 pour la crédibilité et 0,72 pour la spécialisation pour 27 équipes de travail. Cette enquête ci concerne 31 équipes.

Concernant l'*inter-rater reliability*, j'utilise le coefficient de corrélation intragroupe (rwg) (Hays, 1988). Le coefficient de corrélation intragroupe mesure l'homogénéité du groupe et est destiné à évaluer l'effet aléatoire des réponses du groupe. Ses valeurs sont comprises entre 0 et 1. Le coefficient est proche de 1, meilleur est la corrélation intragroupe. La valeur minimum de 0,7 est considérée comme conforme, valeur souhaitée.

Les résultats obtenus à ce niveau oscillent entre 0,51 et 0,73. Ils sont corrects.

### **4.3.3 Réponses par équipes**

Comme le rappelle (Lewis, 2003; E. Michinov, 2007), la TMS reste un phénomène qui se construit dans des équipes. Bien qu'ils aient présenté des études tant au niveau des équipes que des réponses individuelles, les résultats présentés dans cette étude concerneront les équipes de travail collaboratif.

Ainsi, au niveau groupe, après avoir pris en compte les équipes qui ont effectivement participé aux enquêtes et entièrement rempli les fiches, j'obtiens 31 équipes issues des études 1, 2 et 3 soit respectivement 10, 8 et 13 équipes. Le Tableau 4-8 indique les scores respectifs des concepts TMS, CDA et RSC au niveau des statistiques descriptives. Les statistiques descriptives concernent les nombres de sujets, les moyennes et les écarts type.

Le résultat par équipe concerne donc les 31 équipes de travail dont les résultats sont complets du point de vue des réponses aux questions aux temps 1 & 2. Les groupes correspondent aux différentes études effectuées dans les universités de Clemson et de Grenoble.

Tableau 4-8 : Tableau des statistiques descriptives des groupes agrégés

		Moyenne	Ecart Types	N
TMS1_mean	Etude 1	55,5800	4,57221	10
	Etude 2	56,0083	5,61022	8
	Etude 3	56,1410	6,88760	13
	Total	55,9258	5,71428	31
TMS2_mean	Etude 1	55,5467	5,18454	10
	Etude 2	55,2771	7,03849	8
	Etude 3	57,6154	7,57200	13
	Total	56,3446	6,61613	31
CDA1_mean	Etude 1	54,7533	3,02188	10
	Etude 2	59,6708	4,38170	8
	Etude 3	57,9615	6,05612	13
	Total	57,3677	5,07303	31
CDA2_mean	Etude 1	55,3983	4,54938	10
	Etude 2	59,8792	4,47255	8
	Etude 3	61,6474	3,88136	13
	Total	59,1753	4,94350	31
Rs1_mean	Etude 1	22,0867	1,66714	10
	Etude 2	24,7479	2,39895	8
	Etude 3	24,2885	2,53417	13
	Total	23,6968	2,46088	31
Rs2_mean	Etude 1	22,6817	2,19881	10
	Etude 2	25,1979	1,78957	8
	Etude 3	25,8269	1,37961	13
	Total	24,6500	2,22053	31

De même les Tableau 4-9 et Tableau 4-10 présentent les coefficients de corrélations agrégés des concepts pour les 31 équipes considérées. Les scores représentent les moyennes et ont des indices m qui le spécifie.

Tableau 4-9 : Tableau des corrélations des données agrégées à T1, N=31

T1m	TMSm	Com	Crm	Spm	CDAm	Gsm	Eim	Dmm
TMSm								
Com	.915**							
Crm	.905**	.768**						
Spm	.744**	.502**	.540**					
CDAm	.758**	.710**	.621**	.620**				
Gsm	.716**	.668**	.591**	.585**	.934**			
Eim	.519**	.502**	.407*	.423*	.861**	.729**		
Dmm	.787**	.729**	.656**	.645**	.900**	.774**	.630**	
Rsm	.583**	.598**	.526**	.335	.807**	.786**	.770**	.627**

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01. \* . La corrélation est significative au niveau 0.05.

Tableau 4-10 : Tableau des corrélations des données agrégées à T2, N=31

T2m	TMSm	Com	Crn	Spm	CDAm	Gsm	Eim	Dmm
TMSm								
Com	.913**							
Crn	.900**	.714**						
Spm	.842**	.630**	.705**					
CDAm	.633**	.629**	.447*	.600**				
Gsm	.385*	0,3189	0,3527	.370*	.807**			
Eim	.370*	.417*	0,1417	.416*	.852**	.557**		
Dmm	.788**	.795**	.583**	.693**	.889**	.547**	.653**	
Rsm	.361*	.421*	0,2381	,261	.801**	.779**	.635**	.646**

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01. \* . La corrélation est significative au niveau 0.05.

Les valeurs des corrélations obtenues sont fiables à  $p < 0,05$  pour la plus part.

#### 4.4 REPONSE QR1 : DYNAMIQUE D'EVOLUTION DES CONCEPTS TMS, CDA ET RSC ?

##### 4.4.1 Réponse QR11 : Quelle dynamique d'évolution du TMS

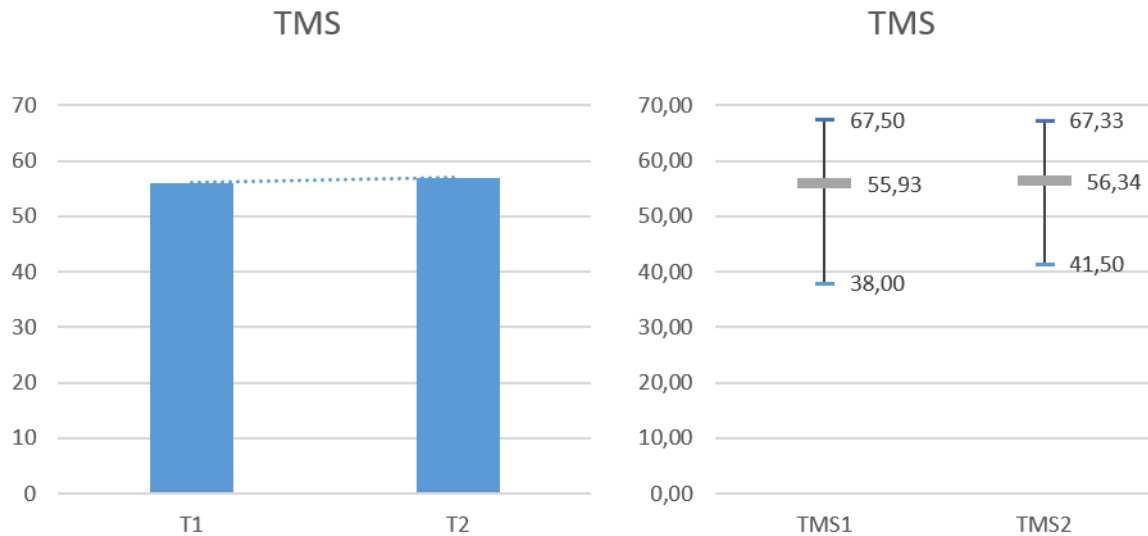


Figure 4-7 : Evolution du TMS de T1 à T2

Le résultat indique une différence de 1,6% d'évolution par rapport à la TMS en fin de projet. La TMS semble donc évoluer très peu. On pouvait s'attendre à une évolution positive du TMS au long du projet comme conséquence des apprentissages croisés et d'une meilleure connaissance mutuelle des concepteurs. On ne constate pas ce phénomène dans nos mesures. Une des explications pourrait être la temporalité de construction ou d'évolution du TMS. Celle-ci évoluant peut-être lentement sur plusieurs projets, et donc notre pas de mesure ne détecte pas de différence. Une autre explication pourrait être que, les groupes se connaissant, le TMS s'est construite au cours d'exercices précédents et donc qu'elle n'évolue plus.

#### 4.4.2 Réponse QR12 : Quelle dynamique d'évolution de CDA ?

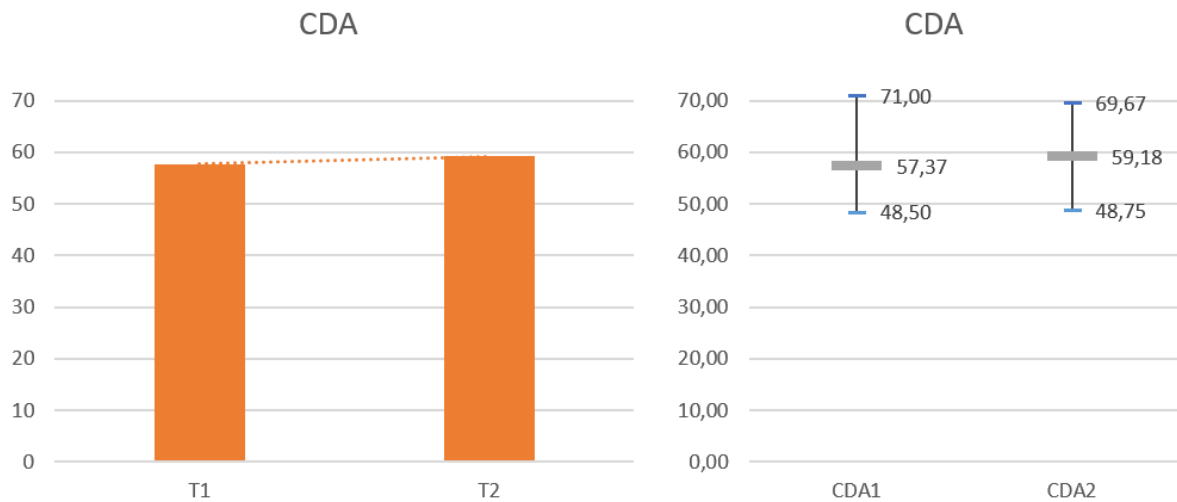


Figure 4-8 : Evolution de CDA de T1 à T2

Il a été enregistré une variation positive de 2,5% par rapport au niveau final de CDA. La CDA a donc peu augmenté. Ce résultat montrerait que les activités de CDA ont été tout aussi intenses lors des séances de conception collaborative synchrone dans la période considérée. Il n'y a donc pas d'évolution significative au cours du projet dans la perception des activités liées à la collaboration.

Les sujets ont sensiblement répondu la même chose au début et à la fin du projet, ce qui signifie que leur perception des activités est la même.

### 4.4.3 Réponse QR13 : Quelle dynamique d'évolution des objets

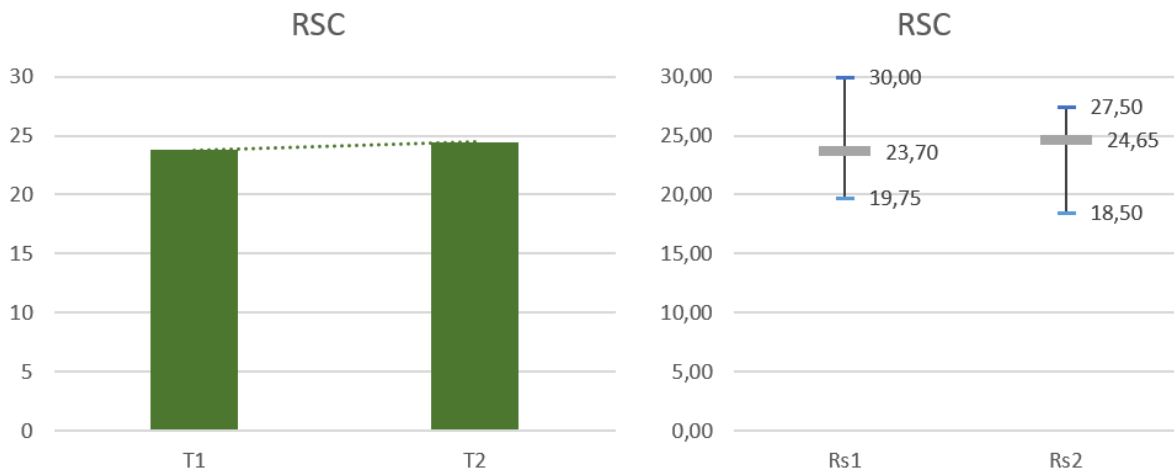


Figure 4-9 : Evolution RSC de T1 à T2

Le résultat indique une variation positive 2,8% au cours de la seconde moitié du projet. L'utilisation des *Ressources* a peu augmentée. Cette évolution montre que les concepteurs juniors auraient eu recours aux objets avec la même intensité entre le milieu et la fin du projet.

### 4.4.4 Discussion sur QR1

Les résultats enregistrés se situent entre 1% et 3% de variations positives. Les concepts ont très peu évolué. Cette constance aurait pour causes.

- Le modèle d'outil utilisé (Echelle de mesure du TMS de Lewis), n'est peut-être pas le plus adapté pour observer cette dynamique. Les TMS se mesurant toujours à posteriori du déroulement des projets. La mesure nécessite peut-être plus de finesse.
- Les autres composantes RSC et CDA n'ont pas fondamentalement de raison d'évoluer fortement au cours du projet (si on se réfère aux questions posées).
- La durée du projet est-elle suffisamment importante pour observer le développement d'une TMS ? Cela renvoie à la temporalité d'évolution du TMS comme discuté plus haut.
- La fiabilité et la sincérité des réponses des concepteurs juniors pourraient être questionnées. La perception des sujets est un facteur qui ne peut pas être contrôlé au niveau du concepteur. En réalité, la difficulté reste toujours que ces questionnaires demandent un certain niveau de flexibilité de la part des sujets.



En tout état de cause le fait que l'on ne soit pas capable de constater une évolution du TMS et des autres grandeurs avec les mesures telles qu'elles ont été faites ne permet pas de conclure sur la dynamique d'évolution du TMS. Pour ce faire il faudrait investiguer la temporalité de ces évolutions et les conditions de l'évolution (les activités menées) de celle-ci. L'unité de mesure n'est donc certainement pas le projet.

#### 4.5 REPONSE QR2 : LIENS TMS, CDA ET RSC DES SUJETS

Ma deuxième question de recherche est QR2 : Existe-t-il des corrélations statistiquement mesurables entre les mesures TMS, CDA et RSC en réunion de conception collaborative synchrone?

Les réponses aux questions QR21, QR22 et QR23 me permettent de répondre à la question QR2.

##### 4.5.1 Réponse QR21 : lien TMS - CDA

Pour rappel QR21 : Les activités de conception collaboratives - CDA sont-elles statistiquement liées à la construction d'un Système de Mémoire Transactive-TMS ?

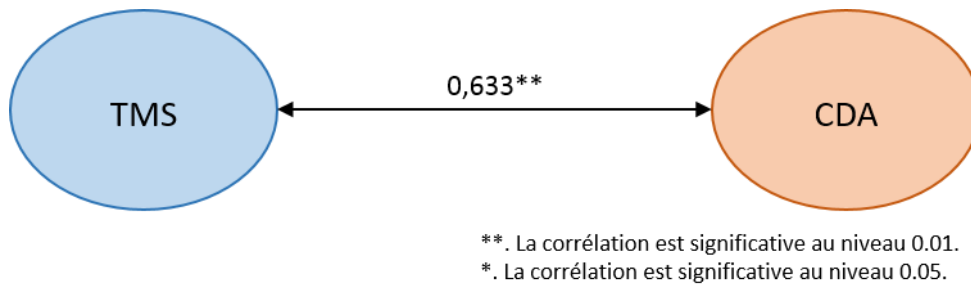


Figure 4-10 : Corrélation TMS - CDA

Le résultat indique qu'il existe une corrélation positive entre CDA et TMS ( $r=0,633$ ,  $p<0,01$ ) (Figure 4-10). Ainsi toute évolution positive du TMS entraîne une évolution positive de la CDA et inversement, toute évolution positive de CDA entraîne une évolution positive de TMS.

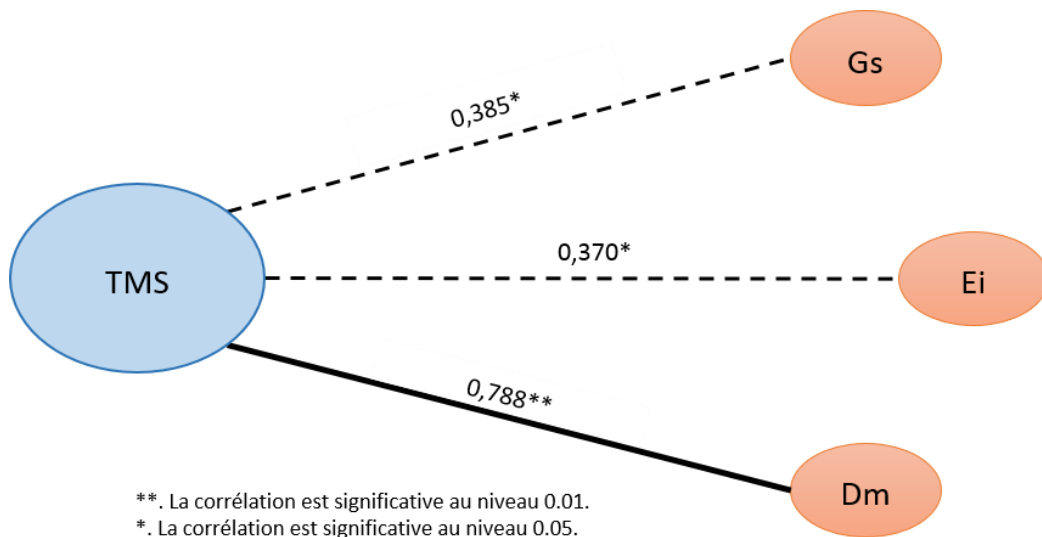


Figure 4-11 : Corrélations TMS - Composantes CDA

La Figure 4-11 ci-dessus indique que la corrélation TMS et CDA est portée principalement par la composante *Decision Making* de CDA. Les composantes *Goals Sharing* et *Expertise Intégration* ne semblent pas être perçues par les concepteurs juniors comme importantes dans la construction de leur Système de Mémoire Transactive lors des séances de conception collaborative. Ce résultat nécessiterait d'être confronté à des observations de pratiques réelles, car on peut s'interroger sur la pertinence de la perception de concepteurs juniors peu expérimentés. Il est plus difficile d'appréhender de manière spontanée les concepts de *Goals Sharing* ou d'*Expertise Intégration*, alors que *Decision Making* est plus évident. Cependant ces données donnent une indication intéressante sur la nature du lien TMS-CDA. Et notamment la question de la prise de décision (et de sa construction) est absolument incontournable.

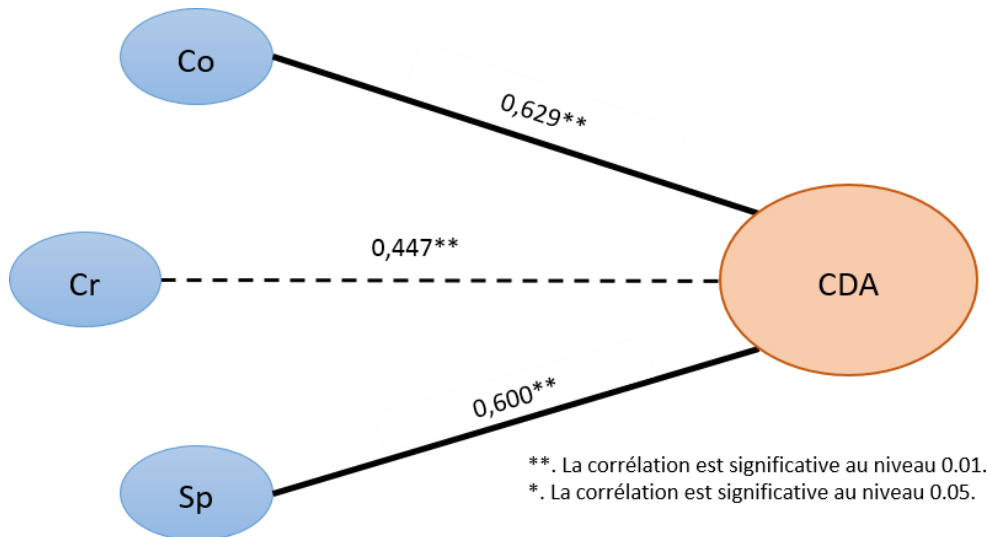


Figure 4-12 : Corrélations Composantes TMS - CDA

De même, au niveau des composantes TMS, le lien TMS - CDA (Figure 4-12) semble être porté par la *Coordination* et la *Spécialisation*. En effet, cela rappelle les temps de travail commun et individuel selon le modèle cognitif de (Kvan, 2000). En revanche, *Credibility* ne semble pas être une valeur importante pour la construction du TMS des concepteurs au cours des Activités de Conception collaborative. Cet aspect est à relativiser eu égard à la population de l'étude. Cependant il est intéressant de noter que la crédibilité ne semble pas être un sujet pour les concepteurs juniors dans les situations de collaboration. Une étude plus approfondie pourrait permettre d'en dégager les raisons. On peut penser que la crédibilité s'acquiert sur un temps plus long dans le cadre d'un exercice professionnel ou le sujet a les moyens de démontrer une compétence particulière importante pour le groupe. On peut aussi penser que ces notions de crédibilités sont inconscientes ou implicites, c'est alors la remise en cause ou l'absence de crédibilité qui seraient des révélateurs de ce facteur.

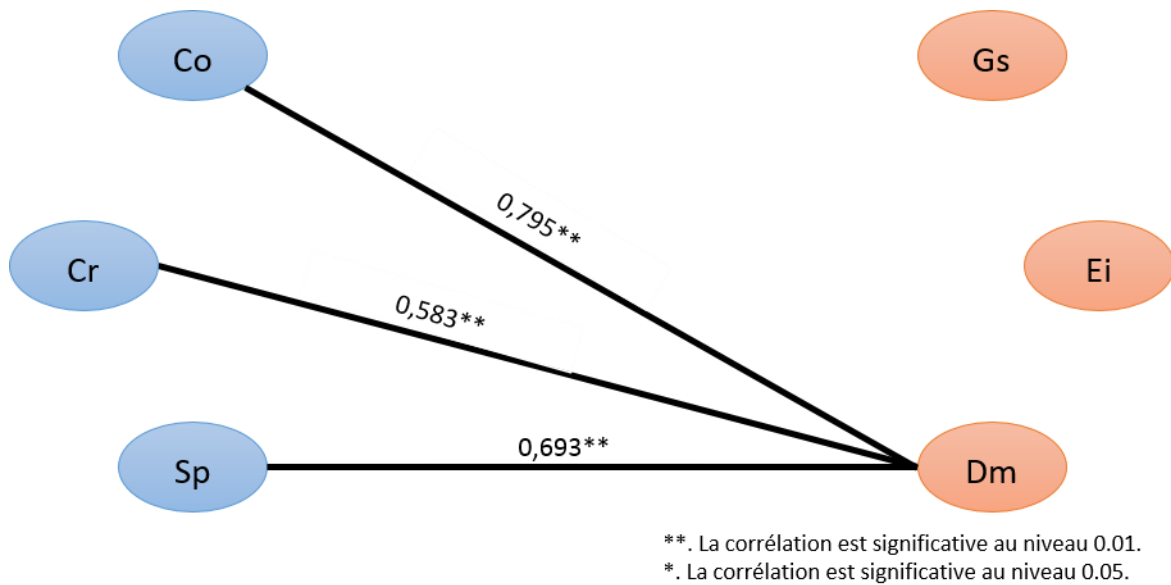


Figure 4-13 : Corrélations entre composants TMS - CDA<sup>4</sup>

Au niveau des composantes, les résultats (Figure 4-13) indiquent que les sous-catégories TMS (*Coordination*, *Credibility* et *Specialization*) sont fortement corrélées avec la sous composante CDA *Decision Making* . Ce résultat semble indiquer que la composante *Decision Making* est reconnue par les concepteurs comme un élément important dans les activités de conception collaborative. La prise de décision semble cristalliser l'attention des concepteurs juniors ce qui va bien dans le sens des apprentissages en gestion de projet classiquement délivrés dans les Universités et écoles d'ingénieurs.

A contrario on note que les sujets n'ont pas une perception claire de l'importance du *Goals Sharing* et de l'*Expertise Integration* comme activités pouvant influencer la construction du TMS, ce qui se traduit par des scores de corrélation faibles. Là encore on peut penser qu'une étude complémentaire permettrait de caractériser cette absence de lien et d'en comprendre les causes.

---

<sup>4</sup> Dans ce schéma, il est pris en compte tout coefficient de corrélation supérieur à 0,5. Les valeurs sont en **général** significative à  $p < 0,01$ , soit 1%.

#### 4.5.2 Réponse QR22 : Lien RSC - CDA

QR12 : Les activités de conception collaboratives - CDA sont-elles statistiquement liées aux *Ressources* – RSC ?

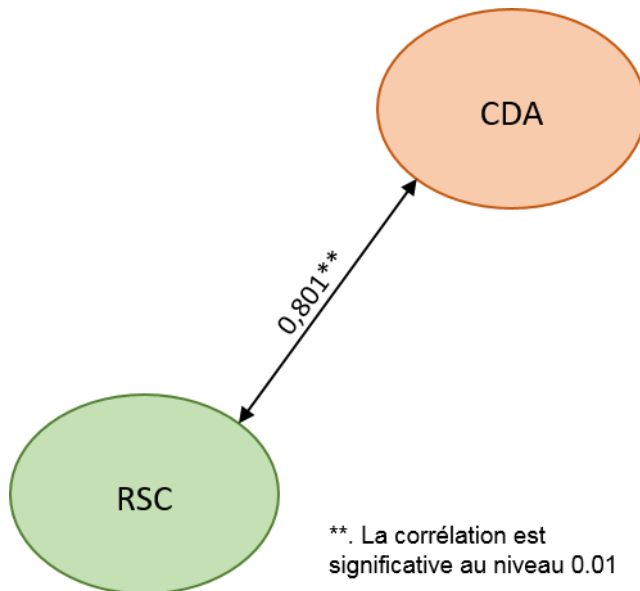


Figure 4-14 : Corrélation CDA RSC

Les Figure 4-14 indiquent que le concept Ressource (RSC) est corrélé à CDA de manière positive. La corrélation indique ( $r=0,801$ ,  $p<0,01$ ). Ce résultat indique que toute variation positive du concept CDA entraîne aussi une variation positive du concept RSC et inversement, toute variation du concept RSC entraîne aussi une variation positive de concept CDA.

Il apparaît aussi un lien fort entre RSC et les composants *Goals Sharing* et *Expertise Integration*. Les concepteurs semblent indiquer leur recours aux objets lors des phases de partage des objectifs et d'intégration des expertises.

En effet, l'objectif de la conception est bien de produire un objet. Une grande diversité d'objets est utilisée dans le cadre de leurs travaux, soit pour le partage des objectifs, soit pour l'intégration des expertises, soit pour la prise de décision. Les activités spécifiques confirment bien ce rapport aux objets par les résultats résumés dans la Figure 4-15.

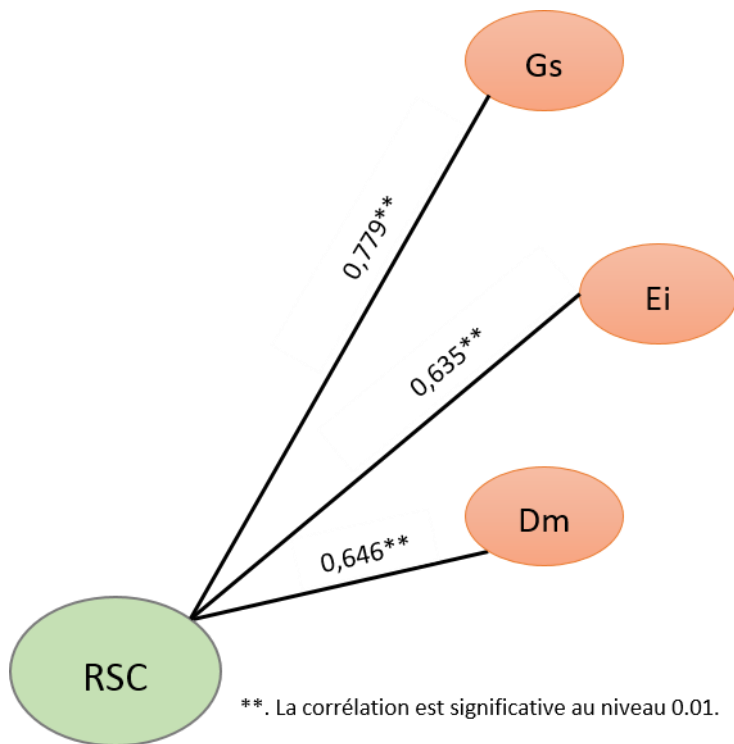


Figure 4-15 : Corrélations RSC - Composants CDA

Les valeurs des corrélations (Figure 4-15) restent élevées et fiables. *Expertise Integration* et *Ressources*. Les concepteurs utiliseraient les objets lors des activités d'intégrations des expertises.

Une corrélation apparaît entre la composante *Goals Sharing* et *Ressources* dans les analyses globales.

Concernant le lien *Ressources Decision Making*, les résultats globaux semblent satisfaisants alors que les résultats spécifiques semblent insuffisants dans deux cas (études 1 et 3).

Le lien RSC CDA reste quasi statique dans l'analyse groupale. Cependant, les résultats dans le cas des études individuelles montrent une augmentation de la corrélation.

Ce recours aux objets apparaît élevé lors des prises de décisions, les scores de corrélations obtenus entre *Decision Making* et *Ressources* sont positifs et plus élevés dans l'analyse groupale que dans l'analyse globale individuelle.

### 4.5.3 Réponse QR23 : lien TMS - RSC

QR13 : La construction du Système de Mémoire Transactive - TMS est-elle influencée par les *Ressources* - RSC ?

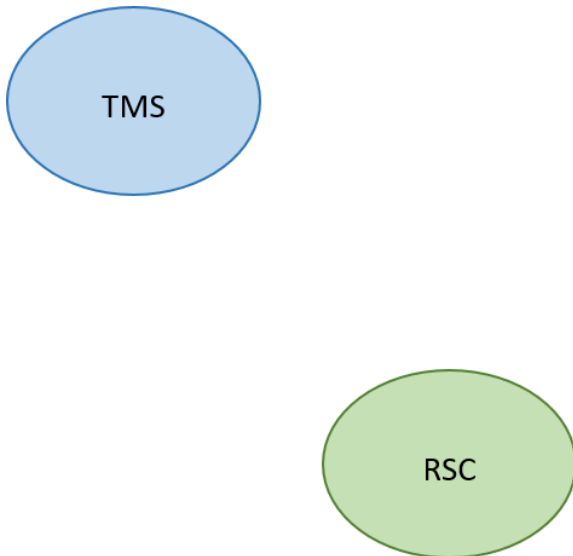
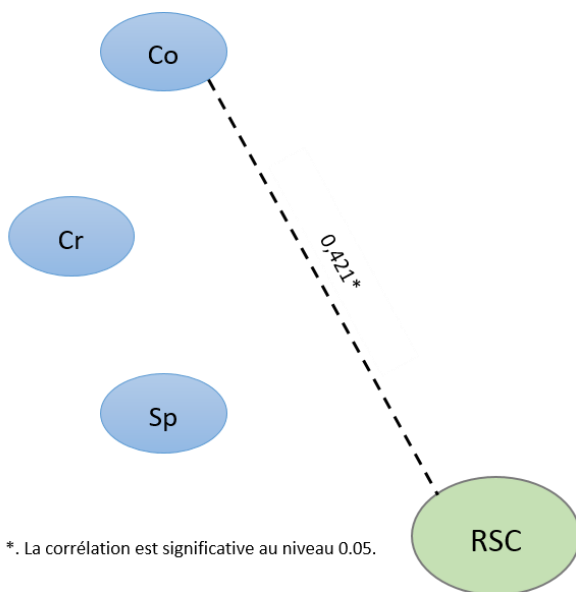


Figure 4-16 : Corrélation non satisfaisante TMS RSC

Concernant les relations RSC TMS (Figure 4-16), la valeur de la corrélation indique ( $r=0,361$ ,  $p<0,05$ ). Le score de corrélation RSC TMS est faible. Ce résultat tend à montrer que le Système de Mémoire Transactive ne serait pas influencé par les Ressources.



\*. La corrélation est significative au niveau 0.05.

Figure 4-17 : Corrélations entre Composants TMS et RSC



De même aucune corrélation des composants TMS et RSC (Figure 4-17) n'a atteint un score de corrélation suffisant.

Ce résultat prend donc le contrepieds de l'étude de (Cabitza et al., 2013) qui soutiennent plutôt l'importance des objets frontières et intermédiaires dans le processus de collaboration et en particulier dans la *Coordination* des différents acteurs. Ou encore (Vinck et al., 1996) qui évoque le rôle des objets dans la *Coordination* en conception collaborative et sa dimension confiance.

(Sparrow et al., 2011) contredit aussi le rôle joué par le progiciel Google qui se positionne comme une ressource numérique auquel les individus, donc des experts ont recourt pour se rappeler des informations.

(Sprehn et al., 2013) établit un lien entre conscience de groupe et objets.

Il serait plutôt intéressant de chercher une explication dans les différents experts pourraient ne pas être conscient de l'utilisation des objets à coordonner ou crédible lors de la conception collaborative.

Nous avons utilisé le mot *Ressources* avec l'intention de couvrir tout ou objet produit ou utilisé par les membres de l'équipe afin de servir l'objectif du projet. Toutefois, les étudiants semblent ne pas considérer les représentations extérieures du produit (par exemple des modèles de CAO, dessins, feuilles de calcul ...) comme des ressources. Cela pourrait être lié à la formation d'ingénieur en France spécialement qui se concentre sur les aspects pragmatiques de l'emploi et maintient la partie réflexive de conception pour plus tard dans le programme. Par conséquent, les *Ressources* liées au processus sont souvent laissées de côté par les étudiants. Les résultats à ce niveau ont montré des différences entre les études en France (étude 1) et aux USA (études 2 et 3).

#### **4.5.4 Discussion de la réponse QR2**

En effet, il est établi une corrélation entre TMS et CDA ainsi qu'entre RSC et CDA comme l'indique Figure 4-18. Il n'est cependant pas établi de corrélation entre TMS et RSC. Le détail des composants en corrélation est représenté au niveau de ses composants, Figure 4-19.

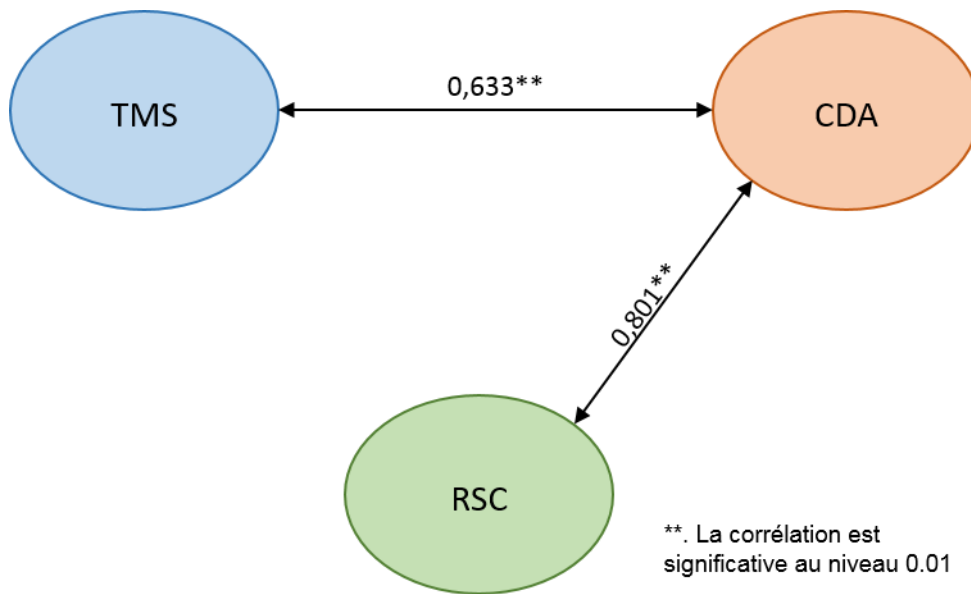


Figure 4-18 : Liens TMS CDA RSC

Les liens entre les composants confirment clairement que les composants *Coordination* et *spécialisation* du TMS sont liées à la composante *Decision Making* de CDA.

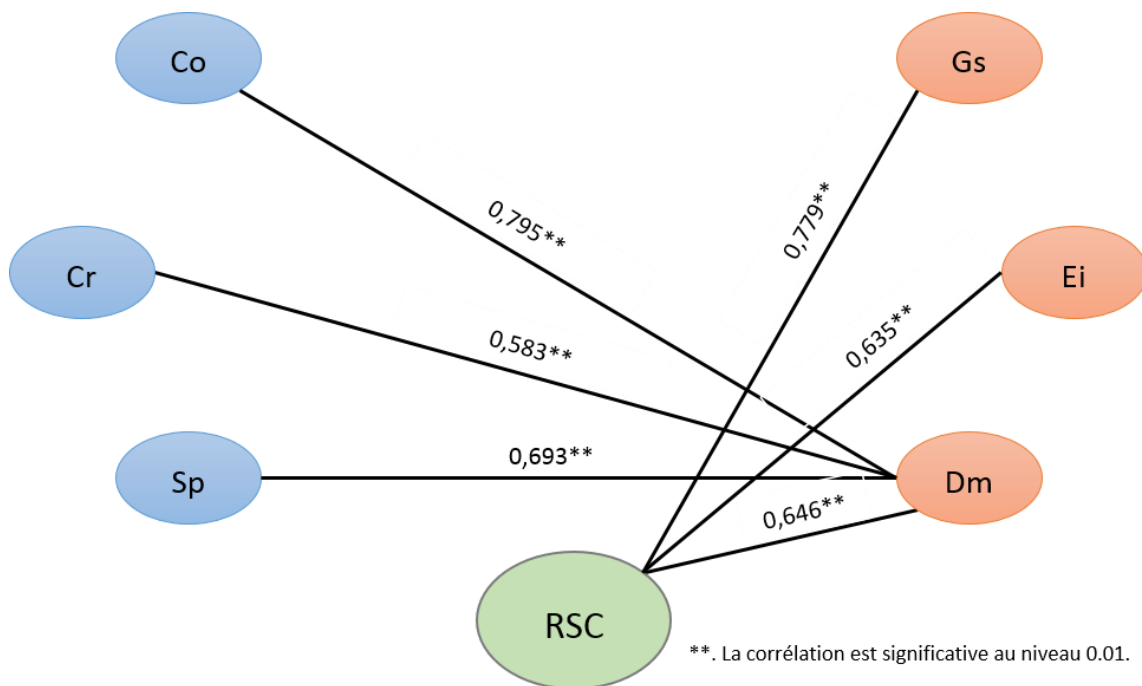


Figure 4-19 : Corrélations entre les composants TMS CDA RSC

Au niveau des concepts CDA les corrélations montrent que CDA est porté par ses composantes *Goals Sharing*, *Expertise Integration* et *Decision Making* de façon équilibrée. De même les composants *Coordination*, *Credibility* et *Specialization* portent la TMS de façon équilibrée.

#### **4.6 DISCUSSION SUR LA CONDUITE DE L'ENQUETE**

Le résultat concernant la faiblesse du lien TMS RSC semble contre-intuitif et ceci est la raison pour laquelle nous y prêtons attention. Dans cette recherche, nous évaluons l'opinion des participants sur le rôle des objets dans les différentes dimensions. Une faible corrélation signifie à priori que les objets ne peuvent porter une TMS approprié et être perçus avec un rôle important. Cela ne signifie pas que les objets ne jouent aucun rôle significatif dans la construction du TMS.

Dans l'enseignement, (Cobb, McClain, Silva Lamberg, & Dean, 2003) notent l'importance qu'ils accordent à la confection communes des documents de formation.

Le résultat mérite davantage d'investigations. Les activités de conception collaborative, comme le partage des objectifs, l'intégration d'expertise et de prise de décision, semblent être liées à la manière dont une équipe elle-même s'organise pour remédier à leur manque de connaissances dans les domaines des autres membres de l'équipe.

L'utilisation de l'approche quantitative d'investigation en conception n'est pas courante ; ici l'enquête par questionnaire avec des questions fermées, n'offre pas la possibilité d'avoir des approfondissements concernant les résultats. Aussi, pour approfondir ces résultats, j'ai procédé dans une seconde approche d'investiguer la relation TMS CDA RSC selon une observation directe des pratiques des concepteurs par l'expérimentation ou le *Design Observatory*.

L'approche qualitative souvent utilisé est l'observation des équipes de conception en laboratoire. Je décris dans le chapitre suivant, la méthode expérimentale utilisé avec les plates-formes des universités Grenobloises.

## Partie 5. OBSERVATION DES PRATIQUES DE CONCEPTION

Cette partie 5 présente l'observation fine des réunions de conception collaborative synchrone.

Elle tente de répondre aux questions de recherches portant sur une analyse typologique des activités de conception collaborative ainsi que la nature des objets mobilisés en réunion de conception collaborative synchrone. Ce travail de recherche ne pouvant se dérouler in vivo, c'est-à-dire dans un environnement réel sans risque de perturbation importante de l'activité économique des entreprises, j'ai opté pour une recherche in vitro afin d'approcher au mieux les phénomènes à investiguer.

La recherche dispose de moyens et outils expérimentaux que j'ai mis à profit afin de comprendre les phénomènes qui apparaissent lors d'une situation expérimentale que j'ai créée. L'approche adoptée relève du *Design Observatory* en se fondant sur une observation directe. La grille d'analyse des activités de conception que je propose a permis de mettre en exergue la prépondérance des activités de prise de décision ainsi que celles d'intégration des expertises comme facteurs clé de succès de la conception collaborative synchrone. Les objets les plus utilisés lors des séances de conception collaborative synchrone ont été identifiés. Il est ainsi possible de tenter une explication des liens entre CDA, RSC et Artefacts identifiés lors de l'enquête et de les illustrer.



## **5.1 IDENTIFICATION DES ACTIVITES DE CONCEPTION COLLABORATIVE ET DES OBJETS EN CONCEPTION COLLABORATIVE SYNCHRONE**

La Partie 4 de ce mémoire a permis d'établir des liens statistiques entre le Système de Mémoire Transactive (TMS) et les Activités de Conception collaboratives (CDA) d'une part ; et entre les Objets ou *Ressources* (RSC) et les activités de Conception Collaborative d'autre part. Elle n'a cependant pas permis d'établir de lien entre le Système de Mémoire Transactive et les Objets.

Fort de ces relations, j'ai entrepris d'en comprendre les mécanismes par une méthode d'observation directe de tâches de conception collaborative ; le *Design Observatory* (Tang & Leifer, 1991; Törlind et al., 2009). La présente Partie 5 tente de répondre aux deux questions articulées autour des deux concepts clés ; CDA et RSC mis en évidence précédemment.

La première question se décline comme suit : « **QR3 : Quelles activités de conception collaborative – CDA favorisent la construction du Système de Mémoire Transactive - TMS ?** ».

La Partie 4 de la thèse a montré que les concepts de *Coordination*, de crédibilité et d'expertise concourent à avoir des activités de partages d'objectif, d'intégration d'expertise et de prise de décision efficace.

Trouver les éléments qui sont moteurs de cette évolution permettra de comprendre comment se forme la TMS dans un groupe. A terme, il est même envisageable de formuler des recommandations quant à la nature des activités nécessaires pour favoriser la formation du TMS. Les activités de conception sont observables par le biais des interactions (Cassier, 2010; Ruiz-Dominguez, 2005). Plus spécifiquement, je considère que les activités de conceptions collaboratives sont supportées par des interactions verbales (Darses, Falzon, & Béguin, 1996).

Afin d'évaluer l'importance des CDA lors d'une séance de conception, j'ai considéré la totalité des interactions verbales transcrites et procédé à une quantification des interactions codées CDA.

Les concepteurs juniors ont déclaré lors de l'enquête précédente que le processus de prise de décision était très représenté en conception collaborative synchrone. De même, dans sa thèse sur l'argumentation, Cassier (2010) identifie une part importante des activités de conception

liées à l'argumentation autour des propositions, de l'évaluation des solutions ou de la question de l'approfondissement. Il affirme notamment que cette argumentation reste une activité décisive en conception collaborative. En réalité, le but de la plupart des réunions de conception synchrone concerne la prise de décision.

La deuxième question de cette partie est ainsi libellée : « **QR4 : Quelles est l'importance des Ressources mobilisées en conception collaborative synchrone ?** »

Le lien statistique établi entre RSC et CDA paraît logique car les activités de conception s'appuient sur des objets intermédiaires (Mer et al., 1995). Ils sont les supports aux interactions entre concepteurs. Cependant, leur contribution à la création d'une TMS n'est pas clairement ressortie lors de l'enquête de la Partie 4. Il est donc utile d'adresser la question autrement par une observation directe de l'activité des concepteurs. Il sera ainsi possible de savoir si ces résultats sont liés à une incompréhension de la notion d'objets intermédiaires par les répondants, ce qui pourrait avoir constitué un biais dans l'enquête.

Lors des activités de conception collaborative synchrone, les objets sont mobilisés de deux façons : physiquement par les acteurs (manipulation) ou invoqués par les acteurs qui y font référence dans leurs interactions verbales. J'ai donc choisi d'enregistrer une séance de travail des acteurs de la conception et d'étudier le rôle des objets en me focalisant sur ces deux aspects. Je choisis l'observation de la gestuelle des concepteurs pour quantifier les interactions avec les objets concernés.

### **5.1.1 Design Observatory**

Törlind et al. (2009) relate l'enjeu de l'observation de la conception selon la méthodologie "observer-analyser-interagir" (Figure 5-1) mise au point par John Tang (Tang & Leifer, 1991) au Center for Design Research de Stanford University.

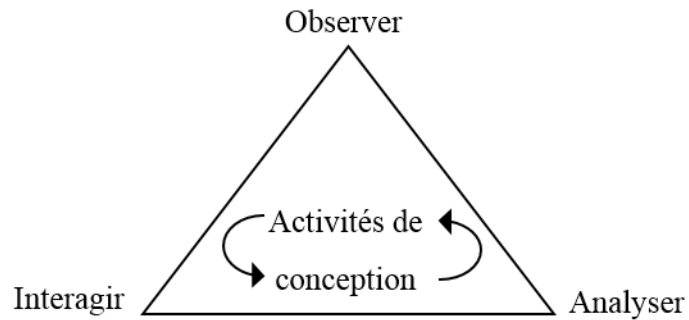


Figure 5-1 : Méthodologie Observer - Analyser – Interagir selon (Tang & Leifer, 1991)

Cette méthode a servi à traiter les questions fondamentales portant sur les pratiques des concepteurs lors de la conception et l'amélioration de leur performance.

Cette approche itérative insiste sur le développement des interventions comme un moyen de perturber un système et de tester des hypothèses sous-jacentes. Une activité de conception est observée et enregistrée dans la phase d'observation. Dans la phase suivante, les nouvelles données sont analysées et interprétées. Dans la troisième phase, cette interprétation informe la conception de nouveaux outils et méthodes qui auront un impact sur le comportement observé dans l'activité de conception initiale. Le cycle est ensuite répété. Chaque itération approfondit la compréhension de l'activité de conception, ce qui entraîne un raffinement ou le remplacement des outils et des méthodes qui ont été introduits plus tôt.

Pour accomplir la partie 'observer – analyser' de cette méthodologie, les chercheurs (Torlind et al., 2009) ont recueilli des données audio et vidéo de l'activité de conception.

L'observation est largement pratiquée au laboratoire G-SCOP de Grenoble. Ce fut le cas dans les travaux de (Onur Hisarciklilar, 2008) sur les annotations sémantiques, (Vu Thi, 2012) autour de la synchronisation cognitive ou (Arikoglu, 2011a) sur les scénarios et persona ou encore (Cassier, 2010) autour de l'argumentation en conception qui ont permis de mieux comprendre les phénomènes de conception grâce à des mises en situation d'activités filmées.

L'observation en conception (*Design Observatory*) est définie par (Carrizosa, Eris, Milne, & Mabogunje, 2002) comme l'instrument destiné à l'amélioration des procédures de collecte et d'analyse des données associées à des observations in situ des concepteurs.

La technique permet la prise en compte des aspects sociaux de base de l'équipe en conception collaborative synchrone mais également une compréhension de l'activité de conception.



A partir des observations issues de trois Universités - Stanford, Lülea, Grenoble - Törlind et al. (2009) font des recommandations sur les technologies d'acquisition de données, les équipes et la tâche de conception utilisées. Concernant les équipes à observer, ils estiment nécessaire de s'interroger sur leur composition en fonction de l'homogénéité des participants, leur niveau d'expertise (Etudiants, professionnels...) ou encore le type d'observation (co-localisé ou distribuée).

Concernant la tâche de conception, ils notent que les instructions peuvent affecter le résultat de façon significative, c'est pourquoi ils recommandent que l'observation en conception soit fondée sur une approche de recherche itérative où le montage expérimental affine les questions et le codage.

Aussi plusieurs approches m'étaient-elles accessibles. Par exemple, Arikoglu (2011b) utilise pour ses travaux de thèse la description de structure de l'expérience : l'approche « quasi-expérimentale »; la description de la situation de conception selon Prudhomme & al. (2007) ; et un processus expérimental structuré en cinq étapes (monitoring, enregistrement, analyse, préparation et intervention selon Hicks et al. (2009). Son expérience conçue a été évaluée du point de vue de sa validité, de sa reproductibilité et de sa fiabilité (Bryman 2001).

J'ai donc conçu une expérimentation reproduisant des tâches de conception collaboratives avec des acteurs de conception, experts dans leurs domaines, dans un environnement propice à la capture des données. Le protocole sera détaillé plus loin.

### **5.1.2 Proposition d'un processus d'expérimental**

Le processus représenté (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) décrit les étapes du plan d'expérimentation adopté pour mes travaux de préparation, de l'observation, de déroulement et d'exploitation des données de sortie. Les étapes du plan expérimental sont présentées.

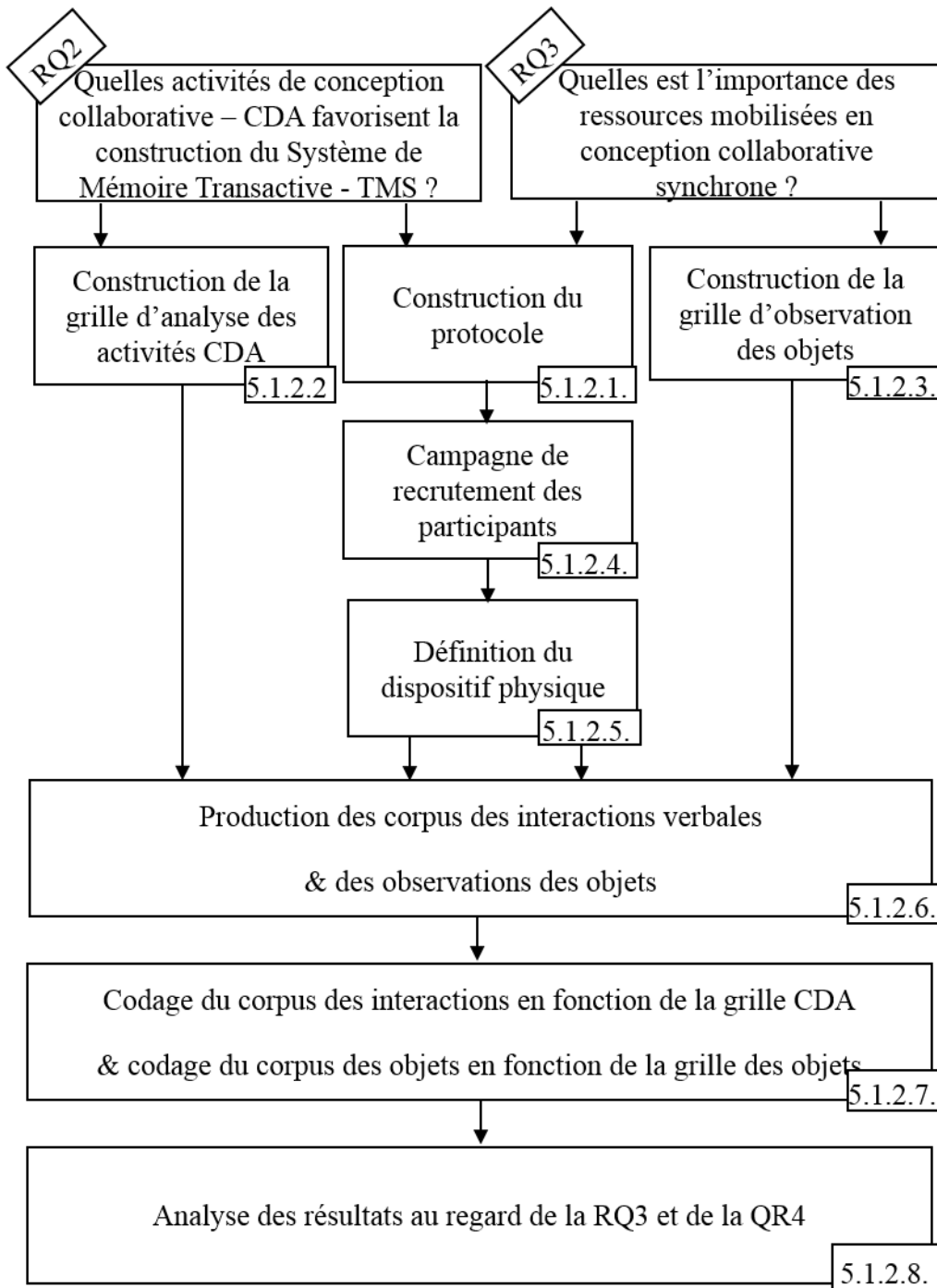


Figure 5-2 : Étapes du plan Expérimental

Ces étapes intègrent de manière séquentielle la définition des objectifs, la construction du protocole expérimental, la production des données (corpus) et l'analyse. Elles sont précisées ci-après.

### **5.1.2.1 Construction du protocole expérimental**

L'objectif de l'expérimentation est de produire un corpus contenant les interactions verbales et gestuelles observées lors d'une séance de conception. Ce corpus a été analysé au regard de la grille d'observation CDA. L'analyse de ces interactions permettra de proposer des recommandations sur la performance des équipes de conception. Je défini ci-dessous l'activité de conception soumise aux participants, les modalités temporelles, les aspects logistiques et les critères de recrutement des participants.

#### **5.1.2.1.1 Le *Serious game Delta Design* comme support à la tâche de la conception**

Afin de créer la tâche de conception collaborative à laquelle j'ai soumis les participants de cette expérimentation, j'ai fait appel à un jeu sérieux (*serious game*). Un jeu sérieux (*serious game*) se caractérise par la combinaison d'une intention « sérieuse » - de type, informative, communicationnelle, marketing, idéologique, d'entraînement ou pédagogique – et des aspects ludiques. La vocation d'un jeu sérieux est donc de rendre attrayante la dimension sérieuse par une forme, une interactivité, des règles et éventuellement des objectifs ludiques. Alvarez et Al. (2007) proposent une classification en cinq types : les advergaming (jeux publicitaires), les edutainment (à vocation éducative), les edumarket game (utilisés pour la communication d'entreprise), les jeux engagés (ou détournés) et les jeux d'entraînement et de simulation. En éducation, les « edutainment » se retrouvent fréquemment dans des spécialités comme le commerce ou les filières industrielles.

Galaup, Segonds, & Lelardeux (2015) expliquent comment les *serious game* permettent aux étudiants de développer à la fois des compétences transversales (travail en équipe, créativité...) ou des compétences techniques dans un environnement non professionnel (en classe). Les élèves peuvent ainsi voir, en temps réel, les résultats de leur travail et acquièrent ainsi, une compréhension du fonctionnement des entreprises et leurs défis. Par exemple l'utilisation du *serious game* en ingénierie mécanique, permet de développer les compétences du domaine.

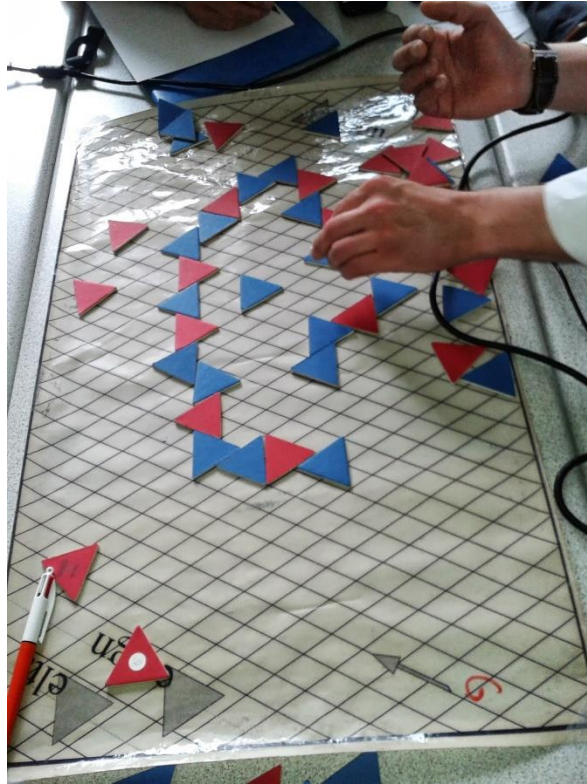
En science de conception également, Kleinsmann & Lugt (2007) utilisent le *serious game Kantjil*, variante du *Delta Design game* de Bucciarelli (1988), dans la formation des étudiants afin de les sensibiliser à la communication dans les équipes pluridisciplinaires. D'autres développements ont vu le jour tel que celui proposé par Kozemjakin (2014) qui, sur la base du jeu *Delta Design*, introduit une dimension environnementale aux rôles et cahier des charges déjà définis.

Pour ma part j'ai choisi de recourir à un *edutainment* de conception collaborative.

*Delta Design* est un jeu sérieux mis au point par Pr Larry Bucciarelli au MIT (Bucciarelli, 1988) afin de former ses élèves ingénieurs aux enjeux de la collaboration (Masclat, 2007; Prudhomme et al., 2003). Le jeu, en générant une expérience collective, fournit aux étudiants un vécu qu'il convient d'analyser afin d'en tirer des apprentissages. Les enseignants et les chercheurs l'utilisent donc pour faire émerger des phénomènes classiques en collaboration tels que les conflits, l'importance du dialogue et les aspects inter-relationnels de la conception, de la nécessité pour l'organisation, l'existence d'objets intermédiaires ... Cela permet notamment de mettre l'accent sur la nécessité de partager les connaissances ou de définir des stratégies de groupe par exemple.

L'un des intérêts de ce jeu est sa capacité à mettre les acteurs dans une situation d'ingénierie sans en exiger les compétences techniques et scientifiques. Les règles et modes de calcul sont suffisamment simples pour que des étudiants de premier cycle universitaire puissent jouer sans éprouver de difficultés.

*Delta Design* est un jeu de rôle qui s'adresse à une équipe de concepteurs, ayant une expertise dans des domaines différents, devant collaborer pour concevoir une maison. Il se déroule dans un monde fictif, la planète *DeltaP*. Des spécifications générales (coût, surface interne, temps de construction... ) sont portées à la connaissance de l'ensemble des concepteurs par un cahier des charges commun. Tous les éléments du cahier des charges font appel à des unités spécifiques au jeu afin d'amplifier le phénomène de dépaysement et freiner les éventuels réflexes que pourraient avoir certains participants disposant d'une culture dans le domaine.



*Figure 5-3 ; Plateau de jeu Delta Design*

La maison doit être construite avec des triangles équilatéraux rouges et bleus (appelée delta) sur une planète à deux dimensions matérialisées par un plateau de jeu. Ces éléments de construction (deltas) symbolisent des briques du mur dont la jonction implique des paramètres économique, thermiques et mécaniques liés aux colles qui sont utilisées. Les deltas ont eux-mêmes des propriétés thermiques et mécaniques. Dans sa version originale, le matériel de jeu se constitue de panneau en plastique (le plateau) et de triangles en carton (symbolisant les deltas) qui peuvent être librement placés sur le plateau. La conception globale doit se conformer à diverses contraintes : gravité, économique, esthétique, exigences fonctionnelles ...

Chaque expert est tenu, par un cahier de règles et exigences spécifiques à son métier. Il est chargé de mettre en œuvre des lois, heuristiques de calcul et/ou méthodes empiriques de conception ou de dimensionnement pour réaliser les objectifs communs de l'équipe. Ces règles sont contenues dans un support complémentaire au cahier des charges général décrivant la "vie sur DeltaP". Ces règles spécifiques sont propres à chaque métier et les joueurs ont pour consigne de ne pas échanger ou communiquer ces supports à leurs partenaires de jeu.

Les domaines d'expertise sont :

- Le maître d'œuvre qui se charge de la dimension économique du projet et qui a en charge les exigences de délai et de coût ;
- L'architecte qui se charge de la dimension esthétique de la construction et porte les exigences des clients : culture de l'habitat, couleurs ;
- Le thermicien qui gère la dimension confort thermique avec ses exigences de température moyenne intérieure (chaude / froide) et de résistance des murs liée aux limites de température conduisant à la destruction des parois ;
- L'ingénieur structure qui gère la dimension résistance mécanique et se charge des exigences liées aux conditions gravitaires particulières sur cette planète.

Il convient de noter que les règles propres à chaque métier sont souvent antagonistes, ce qui engendre des conflits d'intérêts entre chacun des métiers et donc la nécessité de les résoudre afin de satisfaire au mieux le cahier des charges.

Le jeu se joue traditionnellement en présentiel. Le laboratoire G-SCOP, en partenariat avec le Laboratoire d'Informatique de Grenoble (LIG) a développé une version informatique de ce jeu grâce au projet e-Mediate. Cette version a pour but de dématérialiser le jeu et offrir ainsi la possibilité de jouer en situation mixte (distante ou distante/présentiel) (Masclat & Boujut, 2009).

Dans le cadre de mon projet de recherche j'ai mis en œuvre la version présentielle déployée sur une table interactive.

#### **5.1.2.1.2 Former les participants**

Les participants ne connaissant pas ce jeu, il a fallu concevoir un dispositif de formation répondant aux contraintes d'une expérimentation à base de volontariat. Pour tenir compte de l'usage d'une interface logicielle, il a également semblé indispensable de prévoir un temps de formation et d'acclimatation à l'interface du jeu.

J'ai proposé aux participants une autoformation individuelle au jeu (Figure 5-4). Elle reprend un rappel sur *Delta Design* ; présentation globale et présentation de chaque rôle et ses attentes. Ils sont formés à la tâche de conception pour endosser l'un des rôles décrit plus haut. La formation permet l'acquisition d'une expertise dans son rôle via un travail personnel préalable. Les documents de formation ont été élaborés avec l'objectif de réussir l'apprentissage du cahier des charges et du rôle spécifique en 25 minutes maximum.



Figure 5-4 : Auto formation sur le rôle lors de l'expérimentation Delta Design

La formation sur l'interface concerne le fonctionnement de la table interactive. La technologie interactive étant assez répandue ; téléphone, tablette notamment, la découverte d'une surface interactive d'un mètre carré (Figure 5-5) a constitué un attrait ludique auxquels les participants se sont accoutumés au bout de 2 minutes de pratique. Les principaux gestes qu'ils devaient utiliser sont le « drag and drop » et le « clic ». A l'issue de la première minute d'explication et de pratique, les volontaires maîtrisaient la manipulation.

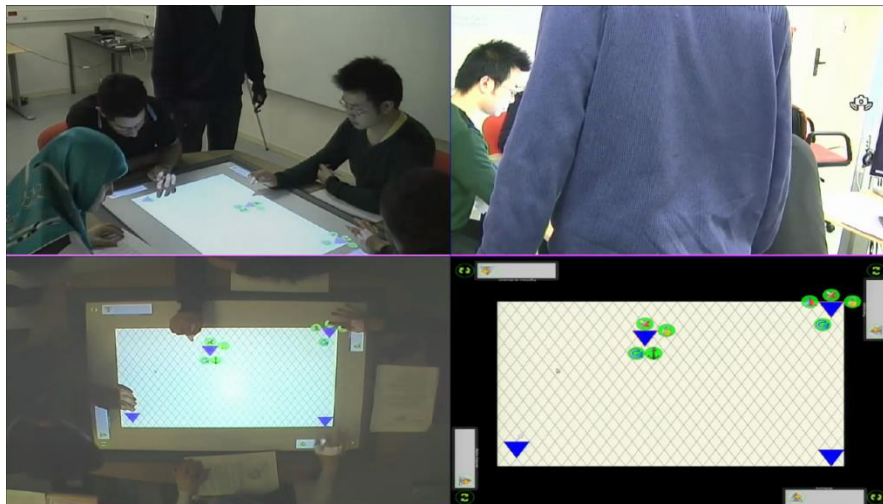


Figure 5-5 : Découverte de la table interactive

### 5.1.2.2 Construction de la grille d'analyse des activités CDA

Afin de repérer les activités liées à la CDA, j'ai entrepris de construire une grille permettant de coder les interactions. Cette grille doit s'appuyer sur les concepts du CDA utilisés pour l'enquête ; *Goals Sharing*, *Expertises Integration*, *Decision Making*. Au chapitre 5.2.1, je décris la grille d'analyse créée sur la base conceptuelle de l'échelle de mesure CDA.

### **5.1.2.3 Construction de la grille d'observation des objets**

Pour observer les objets créés ou utilisés et comprendre leur importance pendant les réunions de conception, j'ai proposé une grille d'observation nommée « *Ressources* » (RSC). Dans le chapitre 5.2.2, je décris la grille d'observation créée sur la base des objets mobilisés.

### **5.1.2.4 Recrutement des participants**

Pour la mise en œuvre du jeu de rôle, j'ai recruté parmi le public étudiant de Grenoble. Je me suis imposé le recrutement de personnes de formation scientifique générale inscrite en cycle universitaire (ou école d'ingénieur) indépendamment du sexe et de l'âge.

Les vecteurs de communication, centrés sur le milieu universitaire grenoblois, ont été multiples : campagne d'affichage de poster et de distribution de flyers, site internet (qui a également permis de gérer les inscriptions en ligne), et les réseaux professionnels (laboratoire).

Il a été vérifié qu'aucune des personnes recrutées n'avait d'expérience préalable du jeu *Delta Design*. Pour les personnes recrutées au sein du laboratoire, je me suis assuré qu'elles n'avaient aucune connaissance de l'objectif de cette expérimentation. À l'issue de cette campagne, j'ai pu sélectionner deux équipes pour mon expérimentation.

### **5.1.2.5 Dispositif physique**

L'activité de conception s'est déroulée sur une plateforme dans une salle multi-usage dédiée à l'expérimentation en conception. Elle se compose de deux salles, la salle expérimentale MEXICO (Moyens EXperimentaux pour l'Ingénierie COllaborative) et la régie audio-visuelle voisine, séparées par un miroir sans tain permettant l'observation directe des activités.

La capture des activités a été assurée par 3 caméras dont l'une équipée d'un microphone. Ces équipements d'acquisition de données transmettaient en temps réel leurs flux au matériel de capture et d'encodage à la volée situé dans la régie.



### 5.1.2.5.1 Cadre de l'expérience ; dispositif physique

Le dispositif est présenté Figure 5-6.

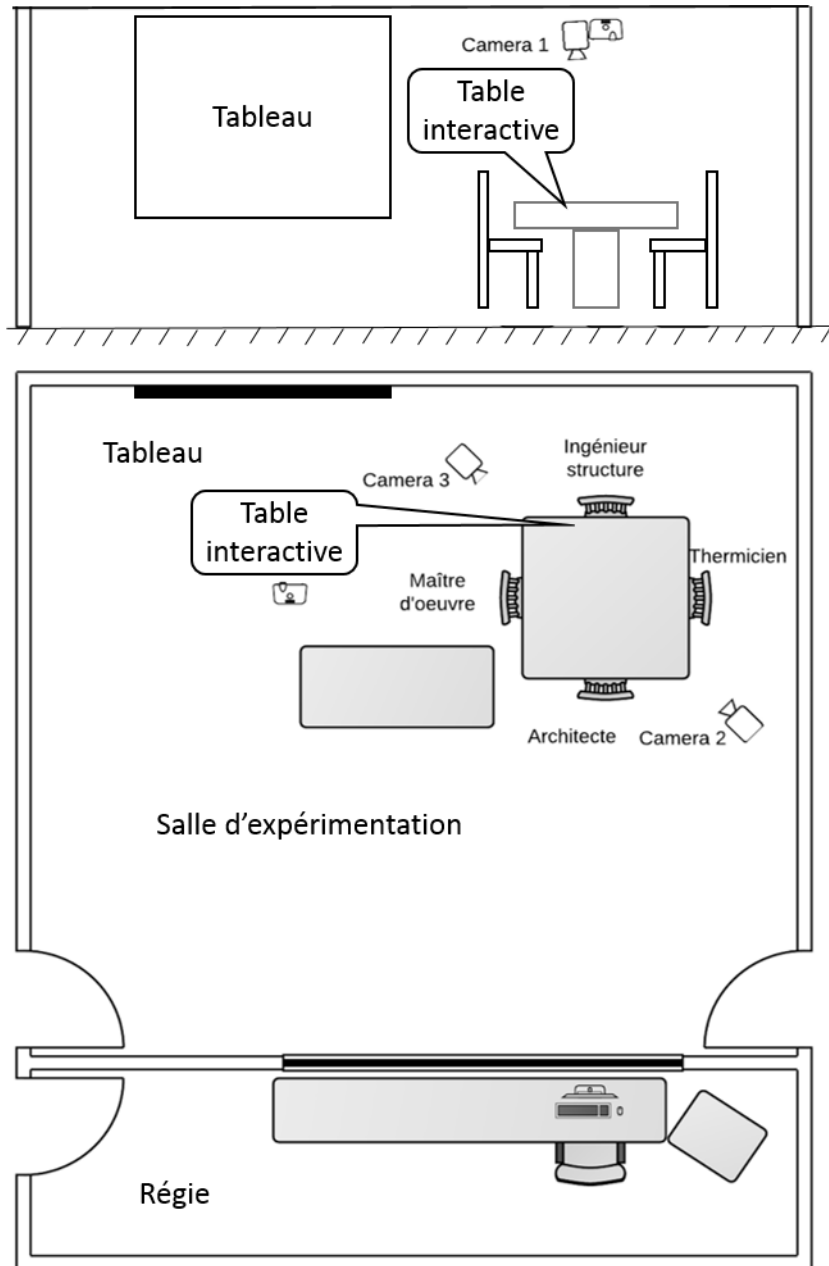


Figure 5-6 : Schéma du dispositif d'expérimentation

J'ai utilisé pour mon projet la table interactive Diamond Touch (Dietz & Leigh, 2001) et les 4 chaises munies de capteur de présence ainsi que 3 caméras (Figure 5-6).

### 5.1.2.5.2 Capture des données audio/video

La capture de données audio et vidéo est assurée par 3 caméras afin de couvrir les participants ainsi que le volume de jeu. La première caméra est fixée au plafond et capture la table interactive, les 4 concepteurs ainsi que leur espace proche. Les deux autres caméras sont disposées de sorte à capturer deux concepteurs et leurs espaces privés. Enfin, un dernier flux vidéo est capturé directement en régie à partir du signal vidéo transmis à la table multitouche. Le son est capturé par un microphone intégré à l'une des caméras pour enregistrer les discours des participants. Il est envoyé vers la table de mixage dont je n'ai utilisé qu'une seule entrée (un micro). Des difficultés sont apparues lorsqu'il a fallu différencier les voix lors de la transcription. Des micros individuels pour chacun des acteurs auraient été un atout.

Le multiplexeur vidéo assemble les flux et effectue un vignelage afin de produire une vidéo unique (cf. Figure 5-7). Cette vidéo a été traitée par le logiciel logiciel Adobe Première CS4. Ce logiciel de montage vidéo m'a permis de produire directement les films de mes expérimentations au format brut .avi. J'ai ensuite entrepris une opération de codage pour obtenir un fichier vidéo moins volumineux et lisible dans un support transportable (CD-Rom, clé USB). Pour la précision, j'ai choisi .mp4 mieux visible et lisible sur n'importe lequel des lecteurs de CD. Les réglages de compression choisis ont permis de conserver une résolution suffisante pour une exploitation ultérieure.

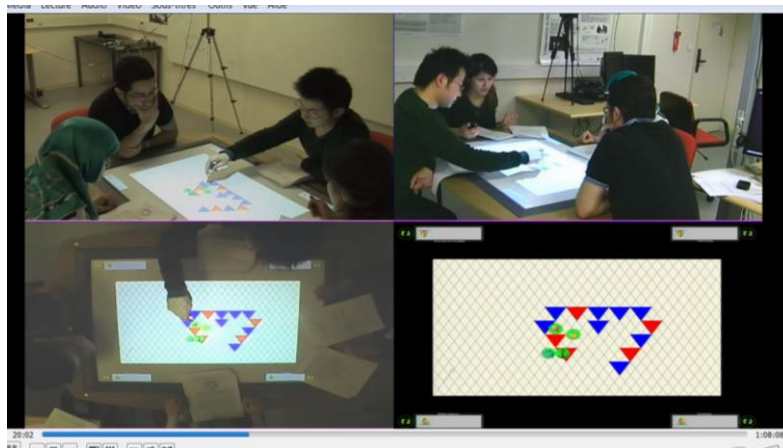


Figure 5-7 : organisation de la vidéo unique produite à partir des 4 flux vidéo

### 5.1.2.6 Déroulement de l'expérience

J'ai proposé le scénario du Tableau 5-1, aux participants. Il se décline en trois grandes périodes et se compose de la date, des activités proposées, des *Ressources* mobilisées et éventuellement d'observations.

Tableau 5-1 : Scénario de l'expérimentation

Date	Eléments	Ressources	Observations	
Avant jour J	Recrutement, programmation de passage			
Jour J	0h00	Formation individuelle des joueurs portant sur : - Règle générale du <i>serious game</i> - Règle relatif au rôle Document transmission	Règles du jeu <i>Delta Design</i> (général & spécifique) Stylo ou crayon Effets personnel (ex smartphones)	
	0H20	Evaluation des connaissances métiers (rôle)	Questionnaire 1 : test de connaissance	
	0H25	Découverte de la table interactive table ; manipulation triangle ...		
	0H30	Jeu (1h30')	Table interactive 3 camera, microphone Régie Mexico	enregistrement, vidéo
	2H00	Evaluation TMS CDA & RCS	Questionnaire 2 (en ligne) « How did you collaborate ? »	(Lewis 2003)
Après jour J	Codage video quick time format (.mp4) Transcription des dialogues sur feuilles Excel puis en fichier format xml Visualisation avec le logiciel Tatiana.	Salle technique Mariano Logiciel Adobe Première Microsoft Excel Tatiana <sup>5</sup>		

### 5.1.2.7 Production des corpus

L'analyse des interactions se fait sur la base de corpus. Le corpus des interactions verbales est constitué de l'ensemble des dialogues des acteurs. Il a été nécessaire de transcrire toutes les prises de parole des participants. Les lignes du corpus se déclinent en 4 composantes :

- le numéro de ligne;

<sup>5</sup> Trace Analysis Tool for Interaction Analys (Tatiana) : Logiciel d'analyse de données Traces

- la date au format (hh:mm:ss:dd);
- le rôle qui s'exprime ;
- le contenu de son expression.

Le corpus d'observation des objets est constitué de l'ensemble des observations des acteurs. Il s'est agi d'observer le gestuel des acteurs et de coder leurs gestes en relation avec les objets mobilisés.

J'ai proposé un corpus dont les lignes se déclinent en 4 composantes :

- le numéro de ligne;
- la date au format (hh:mm:ss:dd);
- le rôle qui effectue le geste ;
- l'objet indexé ou touché.

#### **5.1.2.8 Codage de corpus**

Les opérations de codage ont été réalisées sur les deux corpus produit. Sur le corpus des interactions, l'opération a consisté à identifier dans la verbalisation la description catégorielle précédemment adoptée. La grille proposée est décrite au chapitre 5.2.1. Concernant le codage du corpus des objets, l'opération a consisté à identifier dans la vidéo les gestes impliquant des objets. La grille proposée est décrite au chapitre 5.2.2.

#### **5.1.2.9 Analyse des résultats**

La dernière étape du processus suivi est l'analyse des résultats. Il s'agit d'évaluer le volume des interactions de chaque catégorie ainsi que son intensité le long de la réunion de conception collaborative. Cette analyse est aussi utilisée pour évaluer l'importances des objets, c'est-à-dire l'appréciation du volume et la répartition dans le temps de la mobilisation des objets au cours de la réunion.

## 5.2 PROPOSITION DE GRILLES D'ANALYSE DE LA COLLABORATION

### 5.2.1 Catégorisation des activités de collaboration collaboratives

Afin d'évaluer les activités de conception collaboratives (CDA), j'ai proposé au chapitre 4.2.2 une échelle de mesure CDA. Cette échelle est déclarative (enquête) et individuelle. Son utilisation est sujette à des éléments subjectifs comme la compréhension, la bonne volonté des acteurs. Par ailleurs, il a été établi une corrélation entre CDA et TMS. Cela signifie que le niveau de TMS serait influencé par le niveau de CDA et inversement, le niveau TMS influencerait le niveau CDA.

Alors que les composantes TMS (*Coordination, Credibility, Specialization*) sont des concepts qui ne sont pas observables, ceux de la CDA (*Goals Sharing, Expertise Integration* ou *Decision Making*) le sont. J'ai donc choisi dans cette seconde phase de ma recherche, de fonder mes observations sur les résultats obtenus par la première analyse (enquête). Ce qui signifie que j'ai choisi de concentrer mes analyses sur les traces des concepteurs susceptibles d'illustrer les liens CDA TMS.

Des grilles élaborées dans la recherche en conception permettent d'observer les activités de conception collaborative (Détienne et al., 2004; Metz, Renaut, & Cassier, 2006).

Détienne et al. (2004) propose une grille lors d'une recherche empirique en conception collaborative à distance synchrone ou asynchrone dans le Tableau 5-2.

Tableau 5-2 : Grille d'activités de conception selon Détienne et al. (2004)

<i>Activity</i>	<i>Description</i>
<i>Meeting management</i>	<i>Organizing the actual meeting regarding the time available and the tasks to be done.</i>
<i>Project management</i>	<i>Planning the design: this involves organizing and distributing tasks according to the designers' skills.</i>
<i>Cognitive synchronization</i>	<i>Ensuring that team members share a common representation of a concept, projects goals, constraints, design strategy, solutions, etc</i>
<i>Argumentation</i>	<i>Describing why a solution should or shouldn't be adopted.</i>
<i>Assessment of solution(s)</i>	<i>Evaluating positively or negatively a proposed solution.</i>
<i>Assessment of constraint(s)</i>	<i>Evaluating positively or negatively a constraint.</i>
<i>Proposing Solution(s)</i>	<i>Proposing, explaining a solution or an alternative solution.</i>
<i>Enhancing a solution</i>	<i>Enunciating supplementary and complementary ideas to develop a solution.</i>

(Metz et al., 2006) propose aussi une grille d'observations d'activités (Tableau 5-3).

Tableau 5-3 : Grille d'activités selon Metz & al. (2006)

<i>Activity</i>	<i>Indicators</i>
<i>Cognitive synchronization</i>	<i>definition of concepts to ensure itself of the division of knowledge, divides of a common representation of the solutions, recall of the objectives of the meeting, divides of a common representation of the requirements, shares identical representation of the rules of the methods and strategies of design</i>
<i>Management of Coordination and communication</i>	<i>Checking that each one opened the same application in a space to one moment T, that each one has the same document and took note of information in a private and shared environment, audio stock management, video stock management regulation of the exchanges Management, distribution of the turns of word..</i>
<i>Project management</i>	<i>To manage, plan the project of design until its term. Organization of the tasks, and distribution according to competences' of the designers.</i>
<i>Evaluation</i>	<i>Agree/disagree a solution/a requirement</i>
<i>Proposal for solutions</i>	<i>Formulation of a solution, solution ever emitted, replaces one of the solutions, to state complementary ideas to support a solution...</i>
<i>Proposal for requirements</i>	<i>Formulation of the requirements: the designers add constraints in more or express their needs...</i>
<i>Search for ressources</i>	<i>Seek of a document (Claroline, Google by a request...), to seek an expertise trade, of a working group, asks of external expertise (ex: teacher, customer).</i>

Aucune des grilles de la littérature ne reprends intégralement les concepts CDA. J'ai donc proposé une grille d'observation d'interactions CDA basée sur certains items de ces grilles. Les catégories retenues sont en lien avec l'échelle de mesure préalablement définie au chapitre 4.2.2. Cette grille se compose des trois catégories ; *Goals Sharing*, *Expertise Integration* et *Decision Making* .

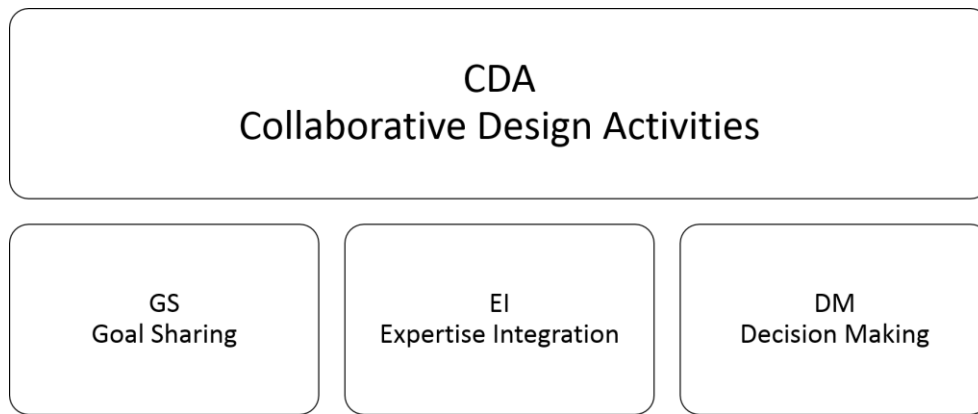


Figure 5-8 : La catégorie CDA et ses sous-catégories

### 5.2.1.1 *Goals Sharing (GS)*

Un but est l'objectif fixé et qui se doit d'être réalisé au travers d'un projet. Lors des séances de conception, en plus du but partagé par l'équipe qui est celui de mener à bien le projet, chaque expert possède un but le plus souvent lié à son domaine d'expertise.

Un objectif partagé est un objectif connu de tous les membres de l'équipe (Shteynberg & Galinsky, 2011). Il diffère d'un objectif commun ou de groupe. Dans ce cas chacun peut s'approprier l'objectif pour le transformer en un objectif personnel. Par exemple, l'objectif d'un projet peut être considéré comme un objectif partagé, celui-ci pouvant devenir un objectif commun lorsqu'il est approprié par les membres du groupe. Cependant en cours de projet, se définissent un grand nombre d'objectifs et de sous objectifs que le groupe partage et que les acteurs s'approprient plus ou moins. C'est cette dynamique d'appropriation que l'on appelle *Goals Sharing (GS)*.

Le partage des objectifs influe sur la cohésion du groupe (Chow & Chan, 2008) et sa capacité à résoudre des problèmes. Cela rejoint des hypothèses principales de cette thèse ; à savoir, en quoi les dynamiques de GS influent sur la performance des équipes.

On identifie ci-dessous (cf. Figure 5-9) les éléments relatifs aux éléments partagés du cahier des charges et leurs déclinaisons.

Goal Sharing	Enoncé, objectif projet
	Livrable
	Hierarchisation, Valeur, Evaluation
	Délai, planification
	Argumentation, justification

Figure 5-9 : Contenu de la sous-catégorie Goals Sharing

Au titre des verbalisations, on rangera dans cette catégorie les prises de paroles qui portent sur :

- l'énoncé des objectifs

Lorsque les participants s'expriment autour des objectifs du projet, ces objectifs peuvent être les objectifs généraux partagés par tout le groupe projet ou des objectifs individuels à chaque métier ou porté par chaque métier. Le partage étant alors réalisé par l'expression de ces objectifs, à destination de tout ou partie du groupe. Le codage se fera donc par l'apparition de mots clés relatifs aux objectifs (contenus dans le cahier des charges, les règles, ou créés en cours de jeu par les participants). Par exemple :

*''Architecte : On veut 60...*

*Thermicien : 60 bleu? Fais voir*

*Architecte : **On veut entre 60 et 70% de bleu!***

*Thermicien : Ouais. **60% de bleu et impérativement pas plus de 70% de bleu.**''*

*'' Architecte : non, je fais une maison triangle. Le triangle c'est la forme idéale!*

*Structure : Non*

*Maître d'Œuvre : non, non !*

*Structure : Ils adorent qu'il y ait des petits recoins*

*Architecte : ...à l'extérieur''*

Dans cet exemple, l'architecte annonce un objectif spécifique à la composition des murs.

- l'énoncé des livrables

Lorsque les participants évoquent les attentes du projet ; c'est à dire, la représentation finale à livrer, il s'agit des maquettes éventuelles, la documentation technique associé, les chiffrages, les références normatives, etc.



- les délais et planification

Les délais de réalisation des projets constituent une exigence client. Le plus souvent, il induit des choix stratégiques au niveau des réunions de conception collaborative. Cette catégorie adresse les discussions autour de la gestion du temps ; report priorisation des tâches... Par exemples :

*“Structure : Quelle heure, il est?”*

*Architecte : C'est bon!”*

*“Thermicien : Et a on est toujours bon en surface?”*

*Maître d'œuvre : **En combien de temps** elle doit être terminée la maison?”*

*Structure : On a combien de temps, la? On a jusqu'à la fin?”*

Le maître d'œuvre adresse une question sur le temps nécessaire comme délai prescrit.

- la hiérarchisation des objectifs, évaluation des objectifs, construction de valeurs communes au groupe

Les participants sont amenés à faire des compromis dans le traitement ou le respect des exigences. Pour cela, ils sont amenés à définir les critères par ordre d'importance implicitement ou explicitement ; ce qui participe de la construction de valeurs communes au groupe. Cette catégorie identifie l'évaluation des objectifs, la communication de valeur ou tout élément lié au classement des objectifs.

- l'argumentation ou la justification autour des objectifs

Il s'agit de la justification orale, des choix, des propositions de solutions, des évaluations, des résultats de calcul ou bien encore des objectifs projets. Cela peut prendre la forme de discussions, d'échanges contradictoires entre les acteurs. Ces justifications peuvent s'appuyer sur les objets intermédiaires, les représentations externes. Les objectifs sont souvent mobilisés en tant que critère dans ces échanges. C'est pour cela que cette catégorie est liée à la catégorie évaluation hiérarchisation. On considère dans ce travail que l'argumentation permet de participer à la construction d'un référentiel commun sur les objectifs de projet et plus généralement permet d'enrichir le Système de Mémoire Transactive. Cette catégorie ne concerne pas les objectifs métiers. Par exemple :

*“Structure : Beh c'est des joints qui font que ça tient et c'est des contre forces*

*Thermicien : et **en fonction des joints que tu mets, ça un cout sur la dispersion thermique des triangles.***

*Maître d'Œuvre : Tu veux pas toi mettre”*

Cet exemple évoque une argumentation autour de l'utilisation des joints. Le Thermicien l'argumente.

*Architecte*    ***L'entrée qui doit être parallèle au champ de gravité***  
*Thermicien*    *Ça c'est le centre de gravité? Ah oui Ça change, c'est ça qui change?*  
*Architecte*    *C'est des vagues ouais. Ça c'est dominant. Le champ de gravité dominant.*

L'architecte donne des précisions au Thermicien sur la notion de champs de gravité.

### 5.2.1.2 *Expertise Integration (EI)*

Un expert est une personne dotée de connaissances approfondies sur un champ disciplinaire. Son expérience reconnue lui permet d'apporter une réponse argumentée à une demande ou de contribuer activement à un projet.

On considère l'intégration comme l'appropriation des connaissances ou la mise à disposition de celles-ci pour des communautés d'acteurs... Dans le champ de la mémoire de groupe, nous considérons l'acquisition de connaissances nouvelles issue des membres du groupe (d'experts) comme la manifestation de l'intégration des expertises. Ce sont les échanges qui conduisent à la création d'un consensus autour d'objectifs, de règles métiers ou d'organisation ou de gestion de l'équipe projet. (cf Mintzberg). Par exemple (Riel, Tichkiewitch, & Messnarz, 2010) expliquent que lors de l'utilisation des infrastructures informatiques, les ingénieurs doivent comprendre le rôle de chaque expert afin d'utiliser avec efficacité les expertises des différentes équipes.

Dans leur étude, (Tiwana & Mclean, 2005) relèvent que l'intégration de l'expertise joue un rôle important dans la créativité du groupe. Les membres d'une équipe dont les connaissances et les expertises sont intégrées ont une ouverture d'esprit qui favorise la créativité de l'équipe. Ils définissent l'intégration de l'expertise comme application coordonnée de l'expertise, détenue individuellement, de spécialistes dans l'accomplissement des tâches au niveau du projet.

L'expertise est intégrée quand au moins un élément de la connaissance d'un individu (spécialiste) est utilisé conjointement avec l'expertise d'un autre membre de l'équipe pour accomplir une tâche du projet. Par exemple lors d'un projet impliquant un architecte et un ingénieur structure, les objectifs spécifiques à chacun d'eux peuvent diverger voire être contradictoire (ce qui est le cas dans le jeu proposé). Considérons le cas de l'implantation d'un pilier ; cet élément est communément de la compétence de l'ingénieur structure qui est en charge des dimensions et de la forme. L'architecte en charge de la structure globale, donc de l'esthétique, peut être gêné par les décisions de son collègue. Il peut donc être amené à influencer sur la définition de la position du pilier ou même sur la géométrie. Généralement, un échange s'engage afin de partager les points de vue de chacun. Des justifications, suite à des

questionnements sont apportées pour bien comprendre les contraintes de chacun. De ces échanges peuvent éventuellement émerger de nouvelles règles qui entérinent un mode de traitement concerté de la situation ou du problème. Ces règles inter-métier servent à rationaliser les futures activités de conception (exemple : l'adoption d'un patron de forme unique des structures) et améliorer l'efficacité du travail de groupe.

De ce fait, le processus de transfert de connaissance inter métier joue un rôle central dans l'élaboration de cette intégration. Il rend compréhensible, voire utilisable, une partie des connaissances métier par l'ensemble des acteurs du projet. Précisons toutefois que ces éléments sont contextuels au projet. Aussi je considère que l'intégration d'expertise contribue à la formation et l'entretien du TMS.

<b>Expertise Integration</b>	Enoncé des règles, rôles, responsabilités de XX ou de XY
	Argumentations, Justifications des règles rôles de XX ou de XY
	Construction de règles inter métier
	Exploration

Figure 5-10 : Contenu de la sous-catégorie Expertise Integration

Cette catégorie concerne:

- l'énoncé des règles, rôles et responsabilité intra métier (XX) ou inter métier (XY)

Lorsque différents experts métier retrouvent, ils peuvent communiquer chacun autour de leurs rôles, leurs responsabilités ou sur les règles intra-métiers respectifs ou les règles inter-métiers existant ou créées. Cette catégorie concerne l'énoncé, le rappel de ces éléments par les experts eux-mêmes ou par les autres participants. Par exemple :

*“Structure: Alors moi, c'est la **structure mécanique**, donc **je fais les points d'ancrage**, le centre de gravité, je regarde si tout peut survivre à une tempête  
 Thermicien: **Moi, c'est thermicien**  
 Architecte : **moi la contrainte** que j'ai, **c'est de mettre l'entrée**. Ça c'est en **parallèle au champ magnétique**”*

Les concepteurs, en découvrant la plateforme numérique, découvrent aussi les possibilités que l'outil leur confère (ou limite) en termes d'opération sur les triangles en fonction de leur rôle. Cette situation est caractéristique de la version numérique du jeu, car dans la version originale, tous ont accès librement aux triangles et peuvent définir la couleur des triangles ou les points d'ancrage de la structure.

- l'argumentation, la justification des règles rôles intra métier (XX) ou inter métier (XY)

Les échanges permettent de co construire la représentation de chacun des experts sur les autres. Cette catégorie identifie l'argumentation, les justifications, les explications, les opinions sur les rôles, les responsabilités ou les règles métiers. Par exemple :

*Structure: ce que j'ai pas encore compris c'est qu'il dit qu'il faut que je mette des joints à certains endroits. Et je sais pas comment mettre des joints*

*Maître d'Œuvre: des joints? Ok*

*Structure: Beh, c'est des joints qui font que ça tient et c'est des contre forces*

*Thermicien: et en fonction des joints que tu mets, ça a un coût sur la dispersion thermique des triangles.*

L'ingénieur structure partage avec les autres métiers son incompréhension sur la matérialisation des joints.

- la construction de règles inter métier,

A partir de l'énoncé de règles métiers, les acteurs créent de nouvelles règles visant à éviter (anticiper) des conflits survenant lors de l'application de règles métiers antagonistes. (Nombre de triangles, couleurs...). C'est l'aboutissement d'une stratégie de résolution de conflits par la matérialisation d'un consensus entre experts métier. Ce sont des énoncés qui mobilisent des entités, des connaissances, des concepts de métiers différents, leur légitimité s'appuyant sur la reconnaissance réciproque de ces règles par l'équipe.

- Exploration

Elle concerne tous les échanges qui concernent la recherche d'information sur les limites, les attributions ou le périmètre d'expertise de chaque métier. Les acteurs s'interrogent souvent sur les attributions et l'expertise d'un nouvel acteur ou d'un nouveau membre de l'équipe. Cette catégorie est relative à tous les échanges concernant la découverte des compétences qui renvoient au processus d'allocation de connaissances (Wegner et al., 1985) du Système de Mémoire Transactive. Par exemple :

*“Structure : Regarde moi je ne peux pas!*

*Thermicien : Toi tu peux pas transformer en bleu*  
*Structure : Par contre moi je peux mettre les points d'ancrages, de gravité*  
*Architecte : Mais moi, j'ai rien.*  
*Thermicien : Mais toi tu sais tout faire toi.*  
*Structure : **C'est quoi ton boulot?***  
*Architecte : Je suis **Architecte***  
*Structure : **Beh voilà?***  
*Thermicien : **Beh toi tu peux faire ...***  
*Architecte : Ok."*

*“Thermicien : Toi, c'est architecte?*  
*Architecte : Ouais.*  
*Thermicien : et toi?*  
*Maître d'Œuvre : Maître d'Œuvre*  
*Thermicien : **Maître d'Œuvre***  
*Architecte : **c'est quoi... déjà?***  
*Thermicien : Moi, ct thermicien*  
*Architecte : **C'est quoi la superficie déjà?''***

Il s'agit souvent d'interrogations adressées aux concepteurs en attendant une réponse adéquate de la part de l'un d'eux. En réalité, celui qui interroge cherche à circonscrire un domaine.

### 5.2.1.3 *Decision Making (DM)*

Goal Sharing	Enoncé, objectif projet
	Livrable
	Hierarchisation, Valeur, Evaluation
	Délai, planification
	Argumentation, justification

Figure 5-11 : Contenu de la sous-catégorie *Decision Making*

Plusieurs théories existent sur la prise de décision. En conception collaborative, j'aborde le concept de Prise de Décision sous la forme de la co-construction et non celui du mode de choix de la solution parmi plusieurs possibilités. En effet, la prise de décision est un élément fondamental dans la convergence des projets de conception. Dans notre étude, nous considérons la prise de décision sur un angle particulier. La prise de décision participe à la création de connaissances partagées d'élément de cohésion de l'équipe ; en tout état de cause, c'est aussi

l'hypothèse que nous faisons (adhésion projet...). Cette cohésion devrait contribuer à l'amélioration de la crédibilité (R. L. Moreland & Myaskovsky, 2000),

Cette catégorie concerne le mode de prise de décision, la construction, la proposition et la justification de la solution. S'il est difficile d'identifier clairement une prise de décision ; on considère que la catégorie réfère à toute discussion relative à la proposition d'un élément de solution qui est partagé par les autres (entendu, discuté).

Je classe dans cette catégorie :

- la proposition de solution

Lors des réunions, la proposition est élaborée par un ou plusieurs experts. Elle peut se présenter sous différentes formes ; sketch, plan, ou maquette ou encore description textuelle ou orale. Cette catégorie identifie les verbalisations liées aux clarifications, retraits de solution, expliquer une solution, une alternative de solution ou encore l'énoncer de solution alternative.

- la justification des paramètres de solution

Les participants aux réunions de conception sont souvent amenés à commenter et donner les raisons du choix de certains paramètres. Ils justifient ainsi, le choix d'une épaisseur, d'une forme... cette catégorie s'intéresse à toutes les justifications, les comparaisons par rapport aux exigences. Par exemple :

*''Architecte : non, je fais une maison triangle. Le triangle c'est la forme idéale!  
Structure : avec les recoins, il y a de la taille qui va partir  
Architecte : ouais mais je peux pas changer...''*

La contrainte exposée ici concerne la proposition de créer plusieurs pièces dans la maison, mais également la contrainte sur la superficie minimale de la maison. Les murs occupent une certaine surface et l'ajout de mur intérieur réduit cette surface.

- l'élaboration des décisions, débats, argumentation.

En général, les décisions ne sont pas toutes prises par un seul expert. Les échanges autour des décisions adoptées préalablement resurgissent selon que les concepteurs retrouvent des situations similaires ou pas. L'élaboration de la décision fait aussi appel à la recherche de consensus. Cette catégorie identifie les discussions autour des décisions. En cela, il faut être vigilant sur l'irruption possible de phases très courtes d'intégration d'expertise lors des prises de décisions. La prise de décision peut se matérialiser par un vote, un choix d'autorité, ou l'expression d'opinions nécessaires à la recherche de consensus.

- Evaluation de la solution.

Dans l'élaboration de leurs décisions, les concepteurs sont amenés à évaluer les solutions afin de les mettre en perspective face aux objectifs du projet. Les verbalisations concernent les calculs, des comparaisons...

*“Thermicien : C'est pas impossible? Au contraire tu seras dans le budget.  
Structure : 140 ca fait”*

Il s'agit de l'évaluation d'une solution (surface) et l'annonce du résultat par l'ingénieur structure.

- Échanges autour des modalités de prise de décisions.

Dans l'élaboration de leurs décisions, les concepteurs sont amenés à fixer un cadre de travail. Ils échangent autour des modalités de prise de décision (vote, résultat de calculs par rapport à une valeur seuil, délais impartis...).

## 5.2.2 Caractérisation des objets en conception collaborative

Pour répondre à la QR4 relative à l'importance des objets en conception collaborative synchrone, je propose d'évaluer quantitativement les interactions avec les objets. Pour ce faire, je propose une grille d'observation des *Ressources* matérielles mises à disposition des experts métier.

Dans la configuration de jeu proposée, les concepteurs avaient essentiellement accès à deux types d'objets : la table interactive et les documents papiers (règles métiers et CdC<sup>6</sup>). J'y ai ajouté la catégorie 'autres' pour prendre en compte tout objet que les concepteurs pourraient mobiliser spontanément : calculatrice, téléphone, stylos...

---

<sup>6</sup> Cahier des Charges

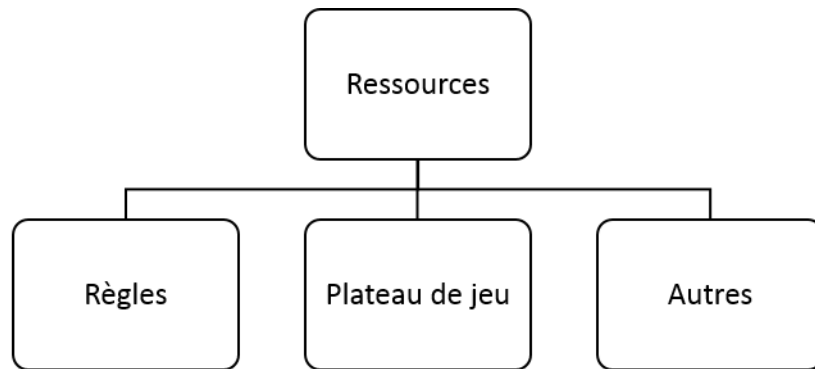


Figure 5-12 : Les Ressources à la disposition des concepteurs

## 5.2.2.1 Les objets à la disposition des concepteurs

### 5.2.2.1.1 Règles du jeu

Les **règles du jeu** ont été diffusées sur des supports papiers que les concepteurs ont pu conserver lors du jeu. Ils ont pu les utiliser pour relire les consignes générales, les méthodes de calcul... ou encore, comme bloc note afin d'y consigner leurs résultats de calcul.

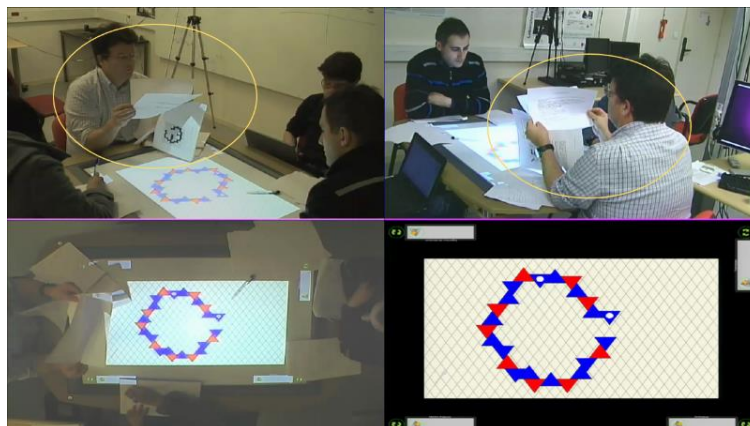


Figure 5-13 : Interaction avec les règles du jeu (lecture)

### 5.2.2.1.2 Plateau de jeu

Le **plateau** de la table interactive a été accessible par les concepteurs en tout temps. Ils y ont construit l'unique représentation collective du projet. Le plateau de jeu est une surface interactive sur laquelle les éléments graphiques numériques sont disponibles. Seuls les triangles de *Delta Design* apparaissent et chaque concepteur dispose d'une palette de commande qui permet de générer des triangles. Selon son rôle, un certain nombre d'outils métiers sont



disponibles. Par exemple, seul, l'ingénieur structure peut ajouter les points d'ancrages nécessaires à la fixation de la maison des *Deltaiens* car cela est de sa seule responsabilité.

#### **5.2.2.1.3 Autres objets intermédiaires (papier libre/tableau...)**

Enfin, l'analyse s'est également appuyée sur d'**autres** types d'objets intermédiaires. Quand ils n'interagissaient pas sur la table, les acteurs ont eu recours à du papier libre, au tableau blanc disponible dans la salle ou à leur téléphone portable utilisé comme calculatrice. Ces éléments ont également été pris en compte.

#### **5.2.2.2 Identification des objets à travers l'observation des gestes des concepteurs**

Pendant les séances de conception, les concepteurs créent ou modifient le modèle en manipulant les éléments constitutifs (triangles) ou utilisent l'indication pour soutenir leurs argumentations. Ces manipulations exigent un certain nombre de gestes qu'il est indispensable d'identifier. Bekker, Olson, & Olson (1995) utilisent la grille de codage suivante pour étudier la communication gestuelle dans les équipes de conception. Elle se compose de quatre catégories :

- Kinetic : Le mouvement exécute tout ou partie d'une action (Figure 5-14, cas 1) ;
- Spatial : Le mouvement indique la distance ou l'emplacement ou la taille. (Figure 5-14, cas 2) ;
- Point : habituellement les doigts pointent une personne, un objet ou un lieu. Le référent peut être concret ou abstrait, désignant une attitude, un attribut, l'affectation, la direction ou l'emplacement (Figure 5-14, Cas 3) ;
- Autres : les gestes qui ont un but, mais ne correspondent pas aux catégories ci-dessus, y compris ceux qui servent uniquement à mettre l'accent sur des parties d'une phrase ou d'attirer l'attention.

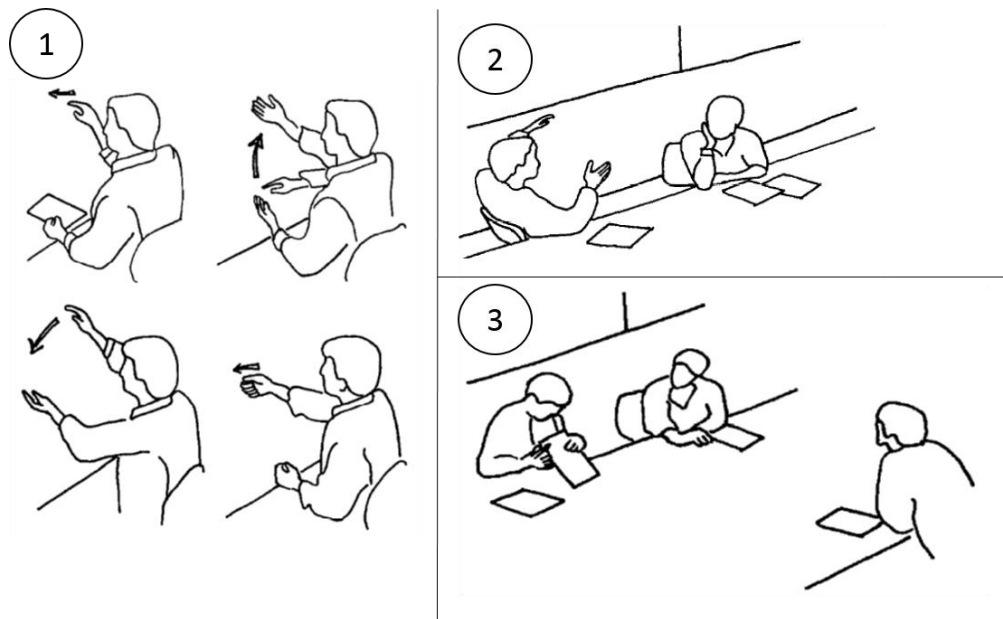


Figure 5-14 : Typologie des gestes selon Bekker & al, 1995

Lors de sa thèse, Sadeghi (2015) a travaillé sur le développement d'un environnement collaboratif. Pour ses expérimentations elle a utilisé une table interactive. Dans ce cadre, elle s'est référée aux travaux de Tory, Staub-French, Po, & Wu (2008) qui définissent une typologie de gestes en liaison avec les artefacts.










Gesture	General Description and Frequency	Example
Pointing	Use a hand, finger, or pen to point directly at the artifact or a specific part of the contents.  Very frequent.	One of the building's end users pointed to indicate a particular part of the building (specific reference). 
Covering	Move a hand or pen over an area or along a line. Movement indicated the extent of a sub-area, or the whole artifact. Form of the movement varied.  Very frequent.	While describing his seismic assessment of the building site, the geotechnical engineer placed his hand over an area on the stick set and said, "...because of the soft ground at this end of the site...." 
5-finger pointing	Use all five fingers of one hand to surround a small area of interest.  Occasional.	An architect placed all five fingers over an area on the stick set to indicate the parking area that he wanted to discuss. 
Segment indication	Place a hand, arm, or pen along an edge or long, thin object of interest.  Rare.	The structural engineer placed the edge of his hand above the 3D model at successive locations to indicate positions of structural beams. 
2-finger indication	Use two fingers (usually a thumb and another finger) to indicate the space or length between them.  Frequent.	The electrical engineer used his thumb and forefinger to indicate a wide electrical conduit. He held his hand as shown and moved it across the model to indicate the conduit location. 
Parallel indication	Place both hands or two pens in parallel to indicate the space in between.  Rare.	An architect indicated a subsection of the building using two hands, explaining that a prototype green roof should not be over that portion because there were offices below. 
Interval	Use one hand to indicate one area and the other hand to indicate a second, related area.  Rare.	The structural engineer compared piling options by using one hand as an anchor and moving the other hand to indicate what would happen near the anchor in an earthquake, saying, "...if this was an anchor, then this whole thing would tilt this way...." 
Outlining	Use a hand, finger, or pen to circle or outline the area of interest.  Frequent.	The electrical engineer circled two areas on the screen to indicate the position of the theatre and an adjacent server room used to support the theatre's computer equipment. 
Spatial move	Move a hand to indicate physical movement of a component. This may follow specifying the component of interest.  Frequent.	An architect requested that the structural engineer investigate the cost of a new alternative, saying, "So you're being tasked with moving the flexible shear out of here [left image] and into here [right image] and looking at pricing." 

Figure 5-15 : Typology of gestures (Tory & al., 2008)

Visser (2011) a caractérisé les gestes sur le plan fonctionnel et sur le plan structurel. Le tableau suivant résume cette caractérisation.

Tableau 5-4 : Caractérisation des gestes selon (Visser, 2011)

Caractéristiques des gestes au plan fonctionnel				Réalisation des gestes représentationnels	Caractéristiques des gestes au plan structurel : Articulation entre geste et verbal
Fonction des gestes		Organisationnelle			
Représentationnelle		Organisationnelle			
Désigner l'artefact	Spécifier des attributs de L'artefact associés à <ul style="list-style-type: none"> <li>• des qualités spatiales</li> <li>• l'utilisation l'atmosphère</li> <li>• d'autres Caractéristiques de l'artefact</li> </ul>	Organiser les activités de conception	Organiser l'interaction entre les participants	Techniques de représentation <ul style="list-style-type: none"> <li>• représentation en deux dimensions</li> <li>• représentation en trois dimensions</li> <li>• représentation à travers l'utilisation de l'artefact</li> <li>• représentation métaphorique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• intégration des deux</li> <li>• autonomie</li> <li>-- geste sans accompagnement verbal</li> <li>-- parole sans accompagnement gestuel</li> </ul>
Conduisant à des entités plus ou moins <ul style="list-style-type: none"> <li>- circonscrites</li> <li>- concrètes</li> <li>- statiques</li> </ul>					

La caractérisation structurelle Tableau 5-4 indique les gestes accompagnent ou non la parole afin d'illustrer les argumentations des acteurs.

J'ai souhaité ne prendre en compte que les gestes sans tenir compte des paroles. Aussi, je m'intéresse aux pointages tels que définis par Bekker et al. (1995). En sus, la fonction représentationnelle qui a pour objectif de désigner l'artefact, a été exploitée pour considérer une interaction via l'objet. J'ai donc retenu :

- La manipulation des triangles de la table interactive ou leurs pointages, tels que définis par Tory et al. (2008). La Figure 5-16 montre un concepteur en pleine manipulation de triangles du jeu *Delta Design* sur table interactive ;

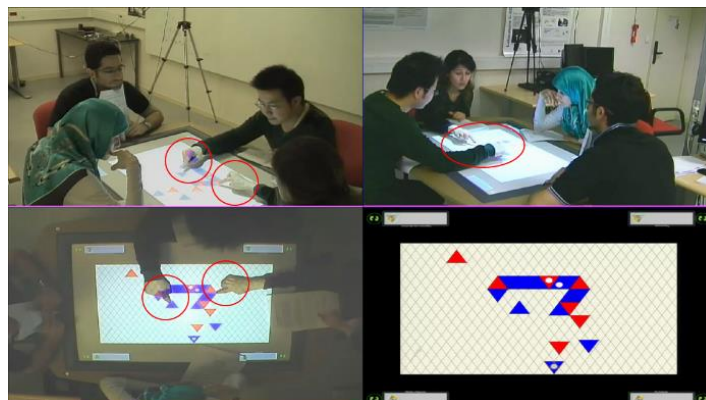


Figure 5-16 : Pointage de triangle par les concepteurs sur table interactive

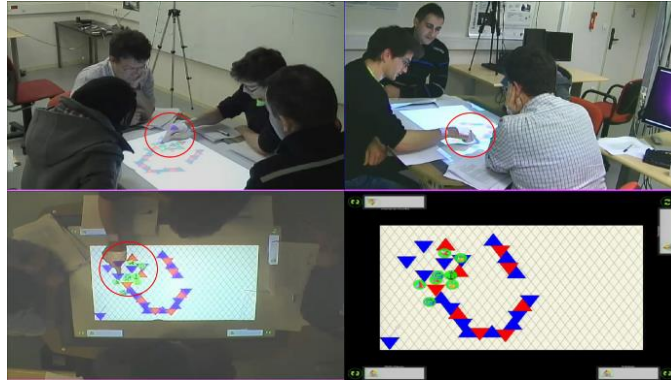


Figure 5-17 : Manipulation de la table interactive.

- La manipulation des règles de jeu aussi Bekker et al. (1995). Ici Figure 5-18 montre un acteur en pleine lecture des règles de jeu mises à sa disposition ;
- Ainsi que la manipulation des autres objets.

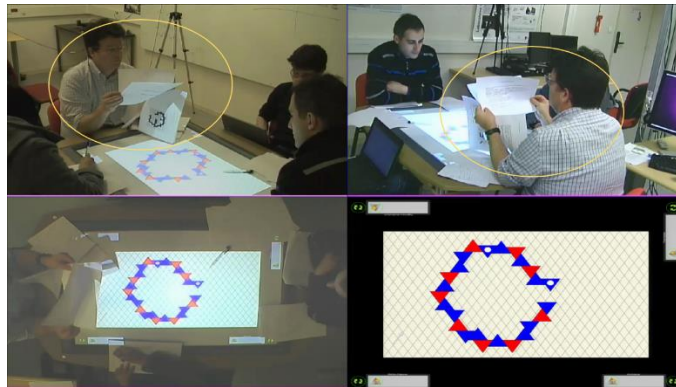


Figure 5-18 : Lecture des règles du jeu Delta Design par un concepteur

### 5.3 TRAITEMENT DES DONNEES OBTENUES

Les données obtenues de mon expérimentation ont été mises en forme pour leur exploitation. Je présente d'abord le logiciel d'exploitation des traces *TATIANA*, ensuite les vidéos et les corpus.

#### 5.3.1 Logiciel d'exploitation du corpus *Tatiana*

*TATIANA* (*Trace Analysis Tool for Interaction Analysts*) est un logiciel libre d'analyse de traces développé dans le cadre de la thèse de G. Dyke (Dyke, 2009). Il a pour fonction la réalisation d'un codage des données brutes (on entend par codage le fait d'enrichir les données par annotation ou caractérisation). Il permet d'assister les chercheurs dans l'analyse de corpus en facilitant l'analyse des interactions qui sont par nature itératives. Les principales fonctions sont ; la création, l'exportation, la transformation, l'analyse, la visualisation, la synchronisation et l'agrégation des données à étudier. Ce logiciel repose sur la notion de « rejouable » qu'il décrit ainsi.

*« ce terme de « rejouable » désignant un mode de fonctionnement particulier de certains outils de collaboration, qui peuvent relire les traces qu'ils ont produites lors de leur utilisation, et reproduire sur l'écran le déroulement d'une session antérieure ».*

Les rejouables peuvent être importés, automatiquement ou manuellement transformés en fichier d'un corpus *Tatiana*. Ils peuvent être synchronisés entre eux.

Deux formes de visualisation sont disponibles sur *Tatiana* ; la première est le tableau qui affiche en colonnes les propriétés (Numéro, date, contenu...) et les événements sur les lignes. La seconde forme de visualisation est temporelle, sous forme d'un graphe horizontal dont les événements sont représentés par des symboles graphiques.

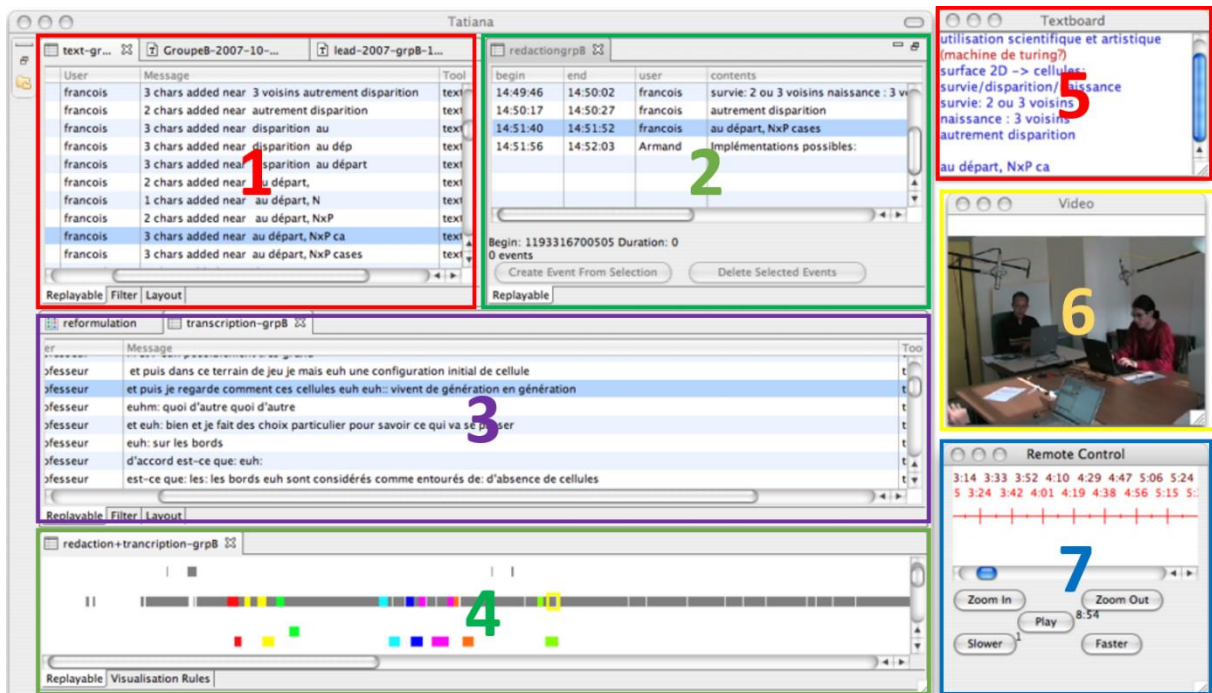


Figure 5-19 : Affichage de différents rejouables dans Tatiana

La Figure 5-19 montre les rejouables de gauche à droite et de haut en bas :

1. traces d'un éditeur de texte partagé ;
2. unités de rédaction ;
3. les transcriptions des dialogues ;
4. visualisation temporelle des reformulations ;
5. rejouable ;
6. afficheur vidéo ;
7. la « télécommande »

La sélection d'un évènement dans la télécommande permet de sélectionner dans chaque rejouable la date et l'évènement associés.

L'outil s'est avéré pratique à l'utilisation. Le logiciel impose certaines contraintes comme, par exemple le format des vidéos qui exige exclusivement un format .mov. Pour générer des représentations graphiques adaptées, j'ai exporté les rejouables sous forme de tableau Excel.

Je présente dans la suite de ce chapitre les données obtenues ayant fait l'objet d'un traitement avec le logiciel Tatiana.

### 5.3.2 Les données obtenues

Les données obtenues sont de types audio et vidéo. J'ai aussi récupéré d'autres types de données utilisées par les concepteurs à leurs seules initiatives. Il s'agit entre autres des papiers utilisés pour noter des résultats ; les objets de type « ordinateur » ou « portable » ne pouvant être récupérés.

#### 5.3.2.1 Vidéos

Les équipements de la régie permettent de recevoir quatre flux vidéo pour en délivrer un film unique. Les quatre captures Figure 5-20 de chaque film sont issues des caméras horizontales pour les vignettes du haut et de la caméra verticale pour la première vignette en bas à gauche. La quatrième (en bas, à droite) est le flux vidéo de la table interactive.

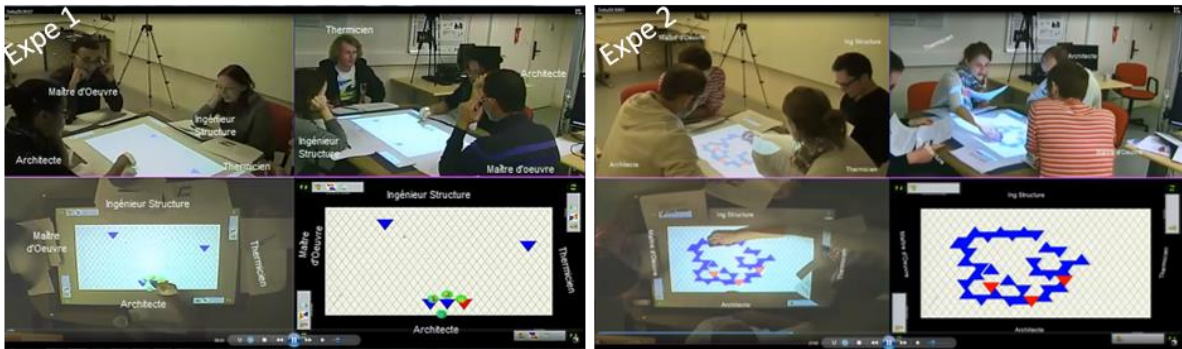


Figure 5-20 : Captures d'écran des vidéos.

#### 5.3.2.2 Le corpus

J'ai transcrit les dialogues dans un fichier Excel. Le logiciel Tatiana recevant des données au format .xml, une conversion a été réalisée dans un fichier .xml. Après l'avoir importé dans le logiciel Tatiana, il peut être visualisé sous la forme Figure 5-21.

La fenêtre (1) indique les différents dossiers et fichiers disponibles dans le projet DD\_20130403 (2). Le dossier traces (3) contient le CorpusDD20130403.xml (4). Il s'agit du fichier des événements tel que décrit plus haut ainsi que le fichier Delta20130403.mp4 (5) ; la vidéo de l'expérimentation. Le dossier replayables (6) (rejouable) contient le replayable Delta20130403 (7) ouvert dans la fenêtre de droite. Il affiche les propriétés (N, time ou temps, Métier et Objet) en colonne et les événements successifs en ligne. Le dossier analyses (8) contient les fichiers CdaCompletVideo2 (9) et CDA20130403 (10). Ce dernier est un fichier analyse contenant les catégories CDA (*Goals Sharing*, *Expertises Integration* et *Decision Making*) créée.



The screenshot shows the Tatiana software interface. On the left is a file explorer window titled 'Corpora' containing a tree view of files and folders. On the right is a window titled 'CorpusDD20130403.xml' displaying a transcript table with columns for 'N', 'Time', 'Metier', and 'Objet'. Red numbers 1 through 10 are overlaid on the interface to highlight specific elements:

- 1**: Points to the 'confrere' folder in the file explorer.
- 2**: Points to the 'DD\_20130403' folder in the file explorer.
- 3**: Points to the 'traces' folder in the file explorer.
- 4**: Points to the 'CorpusDD20130403.xml' file in the file explorer.
- 5**: Points to the 'Delta20130403.mp4' file in the file explorer.
- 6**: Points to the 'replayables' folder in the file explorer.
- 7**: Points to the 'Delta20130403' folder in the file explorer.
- 8**: Points to the 'analyses' folder in the file explorer.
- 9**: Points to the 'CdaCompletVideo2' folder in the file explorer.
- 10**: Points to the 'CDA20130403' folder in the file explorer.

The transcript table on the right contains the following data:

N	Time	Metier	Objet
1487	18:51:38		[rires]
1488	18:51:43	Thermicien	Non mais, les unités elles sont pourries aussi. C'est pas de la thermique ca.
1489	18:51:47	Maître d'oeuvre	Tu prends ton stylo et tu coche.
1490	18:51:49	Thermicien	Voilà! Arrête.
1491	18:51:50	Maître d'oeuvre	Tu crois qu'on a que ca à faire. Arrête.
1492	18:51:55	Thermicien	Arrete, non c'est des merdes.
1493	18:51:56	Architecte	Il y a que la, il est temporelle, culturelle.
1494	18:51:58	Thermicien	la créativité
1495	18:52:00	Architecte	la créativité. C'est ca.
1496	18:52:03	Thermicien	C'est trop bien. Dans un projet de construction, c'est anarchique
1497	18:52:13	Thermicien	Ouais, voila. Ca va être une bonne euh; une bonne expérience.
1498	18:52:16	Maître d'oeuvre	Moi, je l'aurais mis la celui...
1499	18:52:20	Architecte	Moi, je l'aurais pas mis. La c'est faible; j'ai l'impression.
1500	18:52:23	Structure	Ouais, il m'a dit d'arreter de danser tout seul au milieu de la cage la que ca se fait pas trop dans la boite de nuit. Bref! Ouais, il faut respecter le truc que je disais tout à l'heure.
1501	18:52:33	Maître d'oeuvre	C'est-à-dire.
1502	18:52:34	Structure	Beh, il faut en mettre 40 max quoi. Le seule truc que j'avais compris, moi, j'avais compris quoi.
1503	18:52:38	Maître d'oeuvre	Donc, c'est ca.
1504	18:52:39	Thermicien	Il y a un truc.
1505	18:52:41	Structure	Ouais, parce que chaque truc, c'est 20 dyns, chaque triangle c'est 1 dyn et après, moi je comprends rien au moments mais en tout cas de base, il faut qu'il y ai au maximum 40 triangles.
1506	18:52:47	Maître d'oeuvre	Ouais combien?

Figure 5-21 : Corpus produit visualisation dans Tatiana

## 5.4 RESULTATS ET ANALYSES D'OBSERVATIONS DES PRATIQUES DE CONCEPTION

### 5.4.1 Fiabilité des résultats / Codage croisé

Afin d'évaluer la fiabilité du codage et sa bonne compréhension, j'ai effectué un codage croisé. Il s'agit de coder séparément un corpus, par trois personnes différentes, en appliquant les mêmes grilles préalablement construites, et de confronter les résultats.

J'ai utilisé l'indice Intercoder Reliability selon (Fleiss & Cohen, 1973) pour tester la fiabilité de mon outil de codage. Cet indice désigne le taux de correspondance entre les différents codages. Il permet de vérifier que les codages n'ont pas été faits de façon aléatoire ou négligée. Dans le cas d'un corpus discret, il est obtenu par la comparaison du taux de codage juste des personnes. Sa valeur idéale est 1 et il se calcule par la formule ci-dessous :

$$\text{Intercoderreliability} = \frac{\text{Nombre de correspondance}}{\text{Nombre de correspondance} + \text{Nombre de difference}}$$

Le processus de codage croisé utilisé a nécessité trois codeurs et différentes phases selon le schéma Figure 5-22.

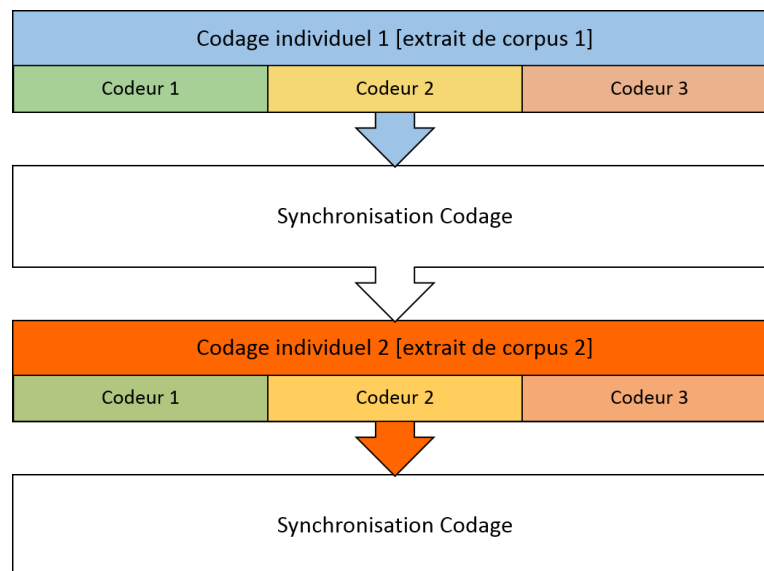


Figure 5-22 : Processus codage croisé

Le processus que j'ai utilisé contient deux sessions de codage. Le premier codage a été réalisé de façon séparée. Est venu ensuite une étape de synchronisation durant laquelle les codeurs ont confronté leurs résultats et les ont commentés. Ils ont ensuite codé un autre corpus avec une

grille de codage affinée. A la suite de la deuxième synchronisation, un bon résultat de *Intercoder-reliability* a confirmé la bonne compréhension commune de la grille de codage. Dans le cas inverse, il aurait été réalisé un 3eme codage individuel, et ainsi de suite jusqu'à l'obtention de résultats conformes. Les résultats de la présente étude sont présentés dans le Tableau 5-5.

Tableau 5-5 : Résultats des codages croisés

	Codeur 1	Codeur 2	Codeur 3
Intercoder Reliability 1	68,35%	61,62%	71,84%
Intercoder Reliability 2	88,30%	90,13%	95,74%

*Intercoder reliability* 1 correspond au premier codage. Ces résultats se sont nettement améliorés lors du deuxième codage (*Intercoder Reliability* 2) indiquant une compréhension partagée et une marge d'erreur minime du codage.

## 5.4.2 Caractérisation des équipes du jeu *Delta Design*

### 5.4.2.1 Performance des équipes

Les performances des équipes de conception sont assimilées aux performances du produit. J'évalue les performances du produit des équipes de conception dans le cas de nos deux expériences.

A l'issue du jeu, les équipes ont proposé leur solution. Les maisons construites sont proposées Figure 5-23 et Figure 5-24.

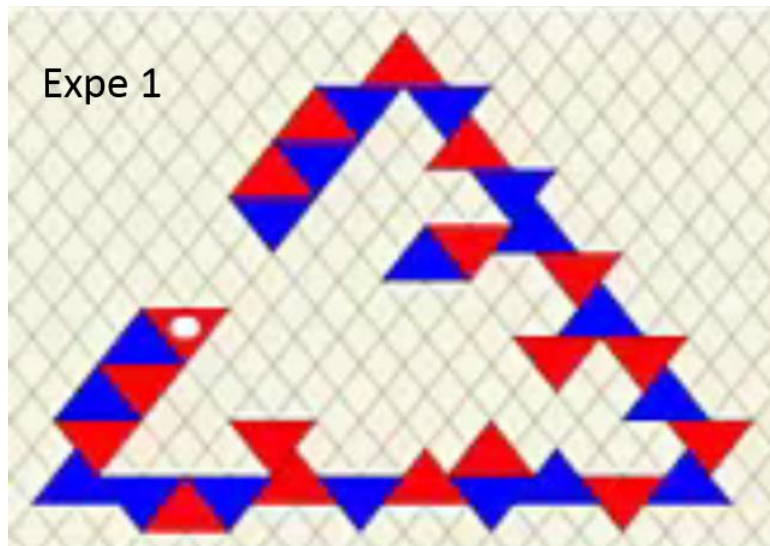


Figure 5-23 : Proposition équipe Expé 1

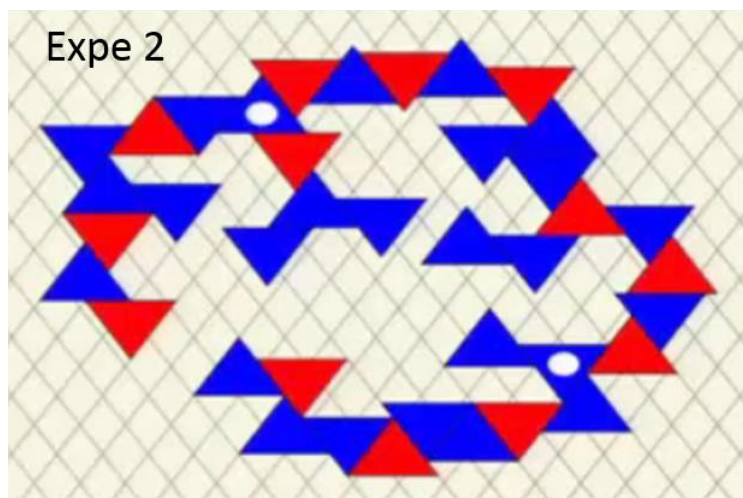


Figure 5-24 : Proposition équipe Expé 2

Le tableau ci-dessous, extrait des consignes générales du jeu résume l'ensemble des exigences globales du cahier de charges.

Tableau 5-6 : Tableau des principaux résultats des propositions Expé 1 et Expé 2

Spécifications	Exigence	Résultats	
		Expé 1	Expé 2
Surface intérieure	100 qd	164	113
Quantité maximale de triangles bleus en %	60-70 %	50	67
Température moyenne à l'intérieur	55-65 °Nn	105°	61,5°
Intervalle de température dans lequel doit rester chaque triangle	20-85 °Nn		
Charge maxi sur les ancrages	20 Dn	Non applicable	21 – 17
Moments internes maxi	40 LD	Non applicable	42 – 30
Facteur multiplicateur k	variable	1	1
Budget total	1 400 !	1857 !	1230 !

L'équipe de concepteurs de l'expérience 2 a produit une maison plus proche des exigences clients. En effet au vu des résultats, L'équipe de conception de l'expérience 2 a produit une maison respectant les caractéristiques thermiques, de surface habitable et de budget. On peut conclure que cette équipe a été plus performante que l'équipe de l'expé 1 dans les mêmes conditions de travail.

#### 5.4.2.2 TMS dans les équipes

J'ai mesuré, grâce au questionnaire post-expérimentation (cf Annexe A5 : Questionnaire en ligne "How did you collaborate" ?), la TMS dans chacune des équipes des expériences 1 et 2. Le graphique Figure 5-25 donne le niveau de TMS dans les équipes.

## Résultats TMS Expe 1&amp;2

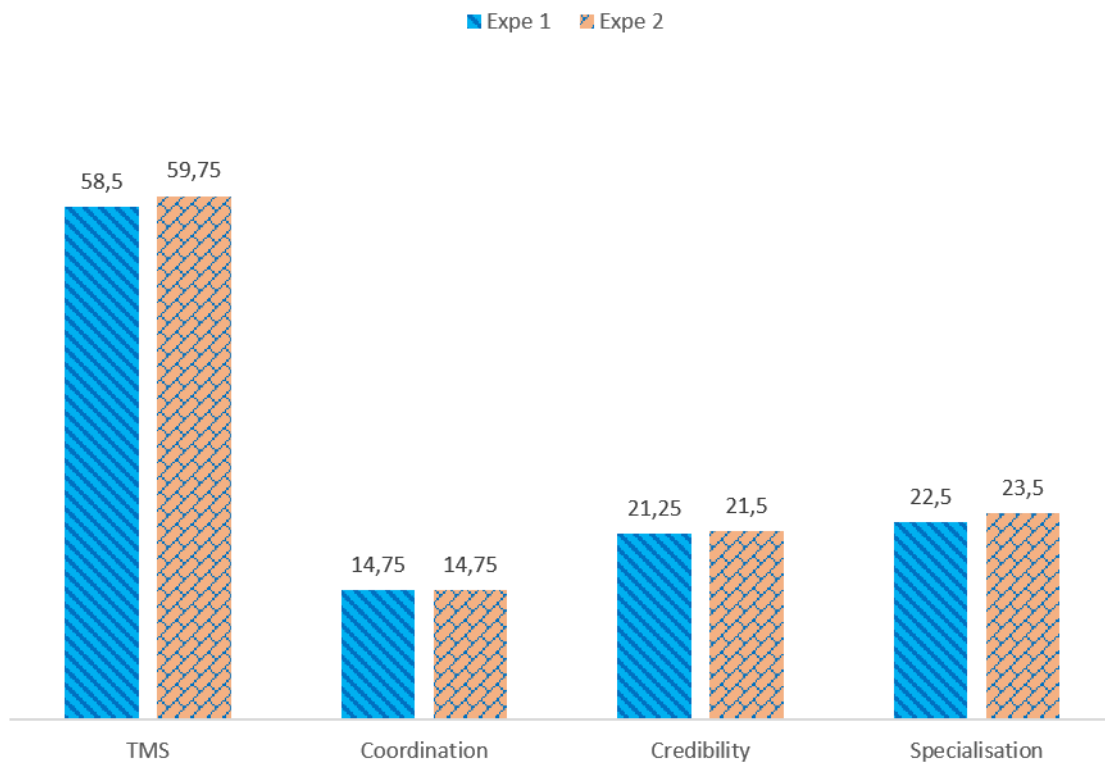


Figure 5-25 : Résultats TMS et composants des Expé 1 et Expé 2

Ces scores se situent à 78% et 80% du score maximum. Ils sont plus élevés que la moyenne des TMS des équipes interrogées lors de l'enquête dans Partie 4. Pour rappel les équipes avaient une TMS moyenne de 56,34 avec un écart maxi de 67,33 et mini de 41,5.

Le score le plus élevé est la TMS dans l'équipe 2.

A l'image du score TMS, les scores des composants restent dans les mêmes proportions pour les deux équipes (spécialisations à 39%, Crédibilité à 36% et *Coordination* à 25%).

#### 5.4.2.3 Utilisation des objets dans les équipes

J'ai entrepris de mesurer l'utilisation des objets dans chacune des équipes des expériences 1 et 2. Le graphique Figure 5-26 donne le niveau d'utilisation des objets tels que déclaré par les concepteurs dans les équipes.

## Résultats RSC

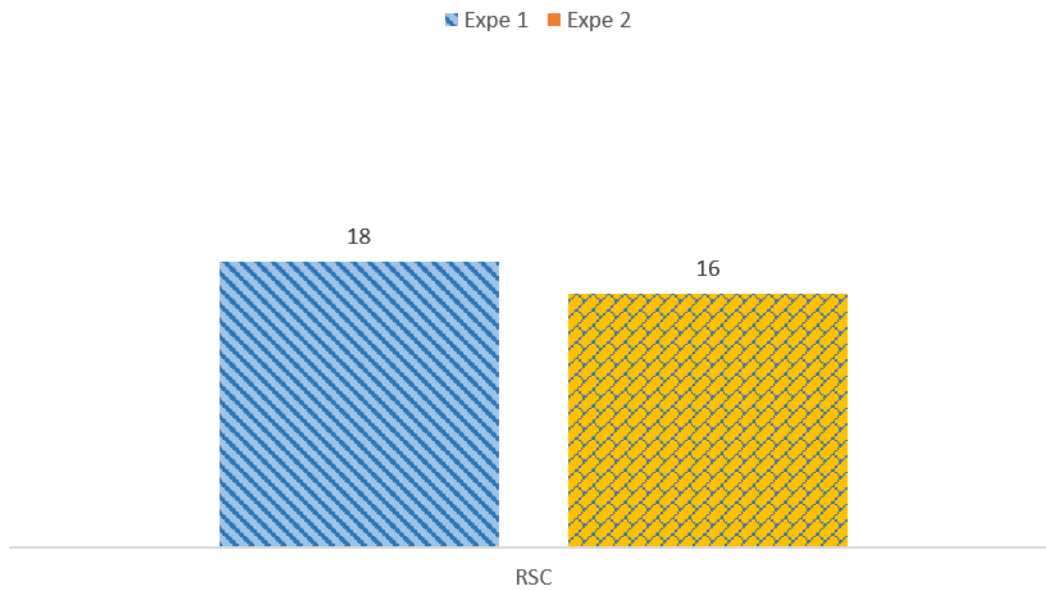


Figure 5-26 : Utilisation des objets dans les équipes Expé 1 et Expé 2

L'équipe 2 déclare 16/30 de taux d'utilisation des objets à sa disposition. Alors que le taux d'utilisation des objets est de 18/30 pour l'équipe 1.

### 5.4.2.4 Analyse des métiers

Sans aller jusqu'à une étude des profils de chacun des participants, je propose une analyse basée sur les comportements des concepteurs à travers leurs rôles lors de ces expériences de conception collaborative synchrone.

La Figure 5-27 présente les totaux des interactions verbales et objet par métier. Il apparaît que les deux expérimentations enregistrent des profils similaires dans chaque métier avec des cumuls d'interaction très proches. On remarque que les interactions verbales sont plus importantes que les interactions objets pour le groupe 2 (et inversement pour le groupe 1). Les écarts, bien que sensibles, ne nous semblent pas significatifs au point de considérer que les processus ont été très différents : 34 % des interactions de l'expérimentation 1 ont été verbales, contre 54 % pour l'expérimentation 2. La prépondérance des interactions verbales du groupe 2 peut être mise à l'actif du fait que les participants se connaissaient préalablement à l'expérimentation (issue du même laboratoire).

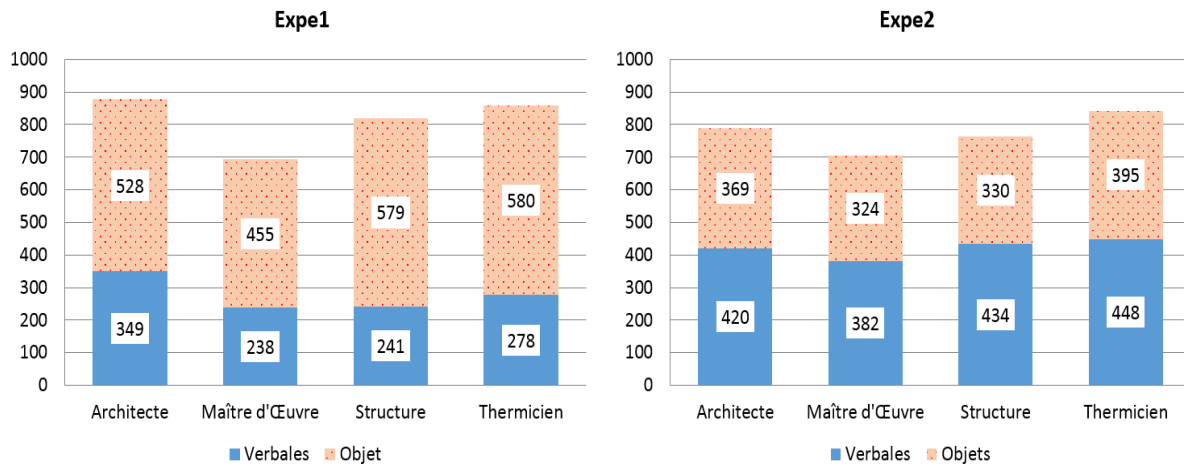


Figure 5-27 : Répartition des interactions verbales et objet par métier

La Figure 5-28 concerne spécifiquement la répartition des interactions verbales.

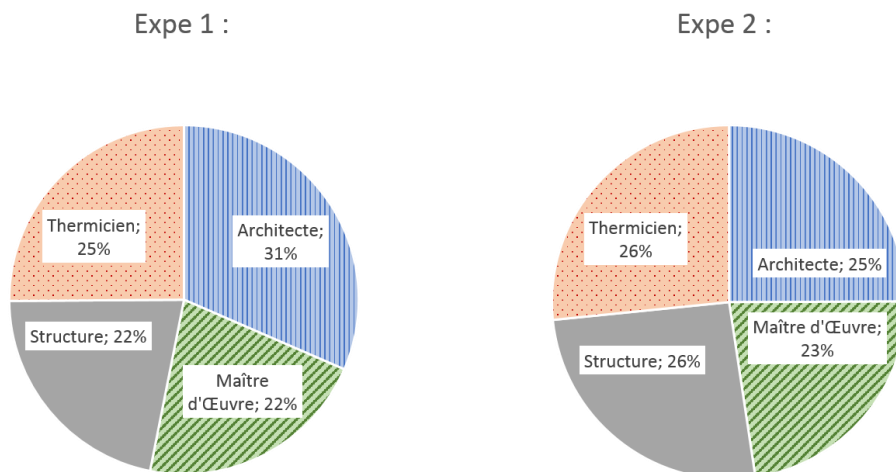


Figure 5-28 : Répartition des interactions verbales des concepteurs

Les répartitions des interactions sont assez équilibrées. Aucun leadership ne se dégage et tous les rôles ont pris part aux discussions.

La répartition dans le temps des interactions est représentée par la Figure 5-29 . On y lit, sur une ligne temporelle au pas de temps de 5 minutes, le cumul des interactions individuelles par métier.



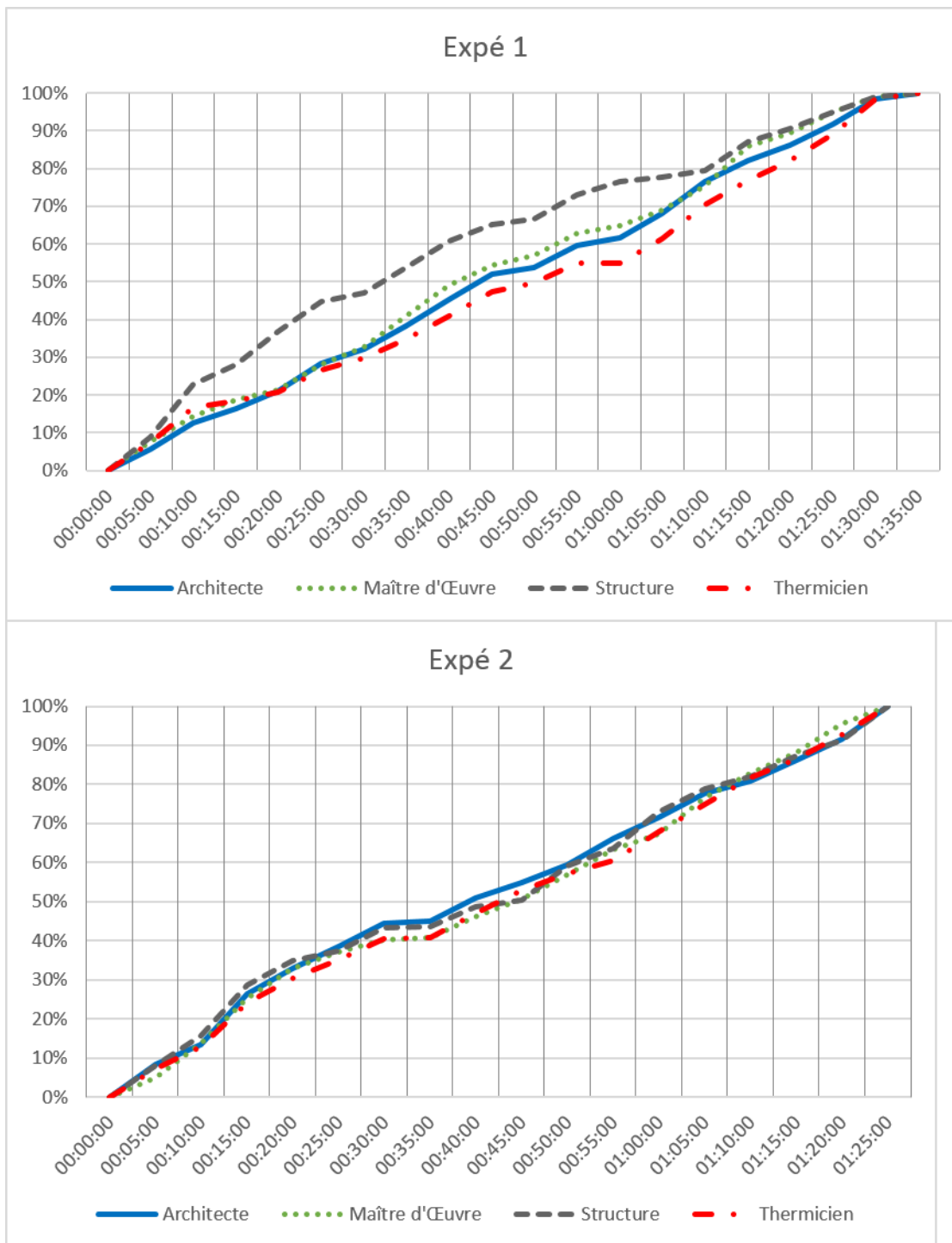


Figure 5-29 : Intensité des interactions des concepteurs en fonction du temps

En premières interprétations, on peut avancer les éléments suivants. Dans le groupe 2, les courbes se confondent en une diagonale. Cela s'interprète comme une juste répartition des interventions de chacun, tout au long de l'expérimentation. Dans le cas du groupe 1, le même profil est observé, mais on constate que l'ingénieur structure a déjà réalisé plus de la moitié du total de ses interventions dans le 1<sup>er</sup> tiers de la session. Dans chacun des groupes, le thermicien,

dont le rôle est très calculatoire et se résume souvent à évaluer les propositions faites par ses collègues, est toujours en retrait dans les interactions et se « rattrape » sur la fin. On peut également remarquer que ces courbes ne sont pas parfaitement linéaires, ce qui dénote des pics (modestes) d'intensité d'interactions par phases. Globalement, on peut retenir que les interactions sont régulières au cours de la partie et que l'ensemble des acteurs y contribuent : personne ne reste manifestement inactif.

### **5.4.3 Réponse QR3 : Les activités de conception collaborative (CDA) favorisant la construction du Système de Mémoire Transactive (TMS)**

#### **5.4.3.1 Volume des interactions de type CDA en réunion de conception collaborative**

Pour cette analyse, j'ai choisi de ne conserver que les interactions verbales comme support potentielles aux CDA. Les interactions objets y contribuent certainement, mais nous faisons l'hypothèse qu'à chaque fois, elles s'accompagnent d'interactions verbales dans lesquelles les marqueurs des activités sont plus facilement identifiables.

Les activités de conceptions collaboratives CDA concernent la majorité des interactions verbales lors des réunions de conception collaborative synchrone. Les autres types d'interaction sont essentiellement des activités de gestion de projet comme décrites par Détienne et al. (2004).

Le Tableau 5-7 recense les interactions codées CDA (Activités de conception collaboratives) dans les deux expériences.

*Tableau 5-7: Tableau récapitulatif des quantités d'interactions*

	Expérience 1	Expérience 2
Nombres d'interactions CDA	644	1065
Total interactions verbales	1117	1685

Le ratio calculé en pourcentage fait apparaître la proportion des CDA Figure 5-30.

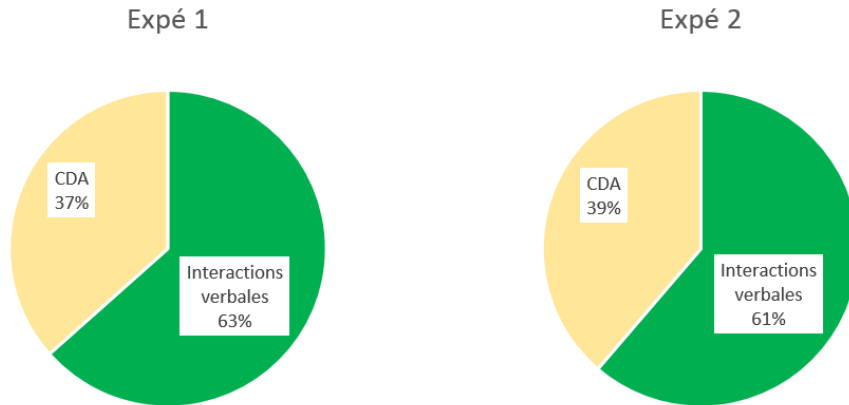


Figure 5-30 : Importance des interactions CDA

Les autres types d'interactions n'ont pas été catégorisées ; mais ils concernent la socialisation (des sujets loin du champ étudié, salutation, rire...), la gestion technique d'interface (en rapport avec le fonctionnement des équipements) ainsi que la gestion de projet et de réunion (gestion du temps...).

Lors de cette expérimentation en conception collaboratives synchrone, les interactions verbales ont concerné les activités de partages des objectifs, d'intégration des expertises et de prise de décision. Voyons maintenant comment se répartissent ces interactions par catégories de CDA.

#### 5.4.3.2 Volumes des activités CDA dans les interactions

A la suite du codage en fonction de la grille CDA adoptée, j'ai obtenu la répartition Figure 5-31 qui indique les parts des différentes activités. Il en ressort que la catégorie GS (*Goals Sharing*) est très sensiblement en retrait par rapport aux autres. Les catégories DM (*Decision Making*) et EI (*Expertise Integration*) sont aussi représentatives l'une que l'autre, avec des variations faibles d'un groupe à l'autre.

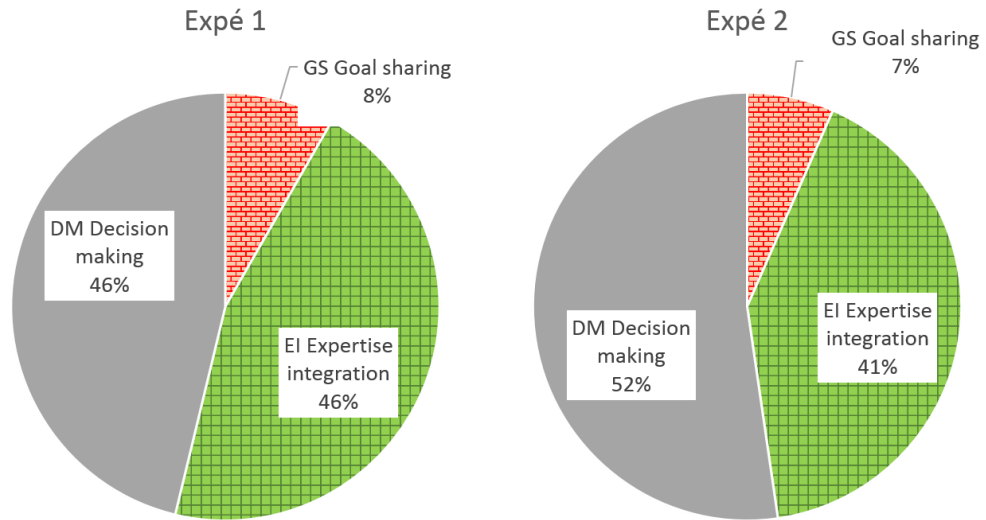


Figure 5-31 : Répartition des interactions par catégorie CDA

Une analyse des métiers a permis de ressortir les parts des interactions par catégories de CDA  
 Figure 5-32

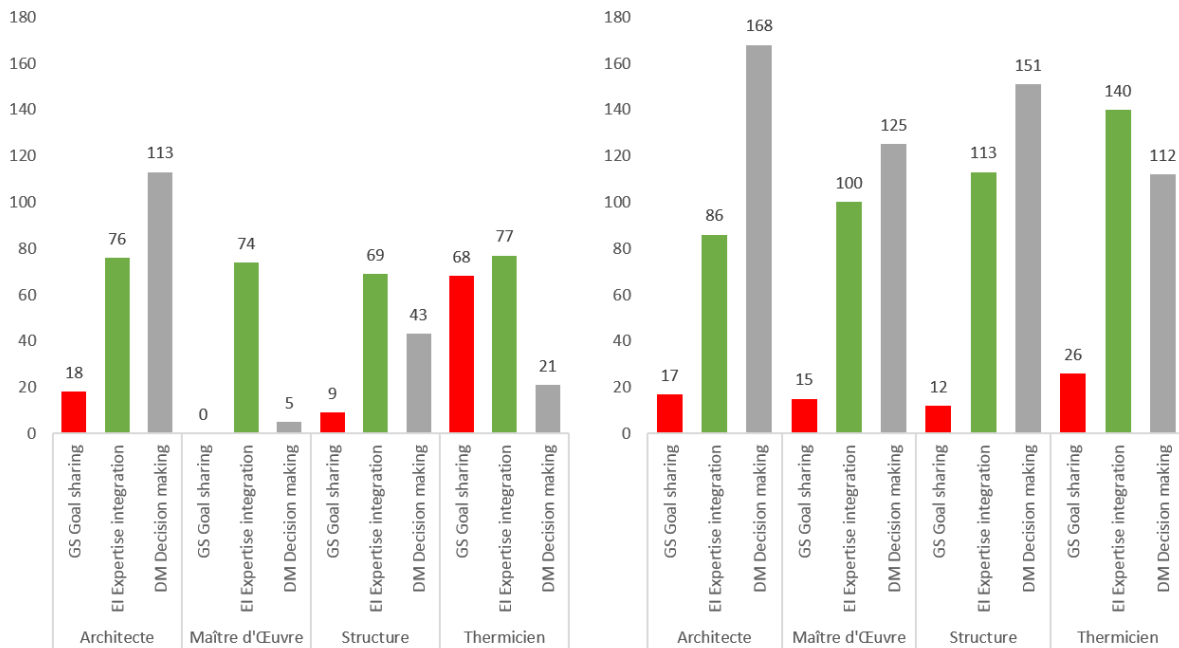


Figure 5-32 : Répartition des activités CDA par métier

La répartition par métier fait apparaître le profil dominant de la catégorie *Decision Making* chez les Architectes.

### 5.4.3.3 Intensité des interactions CDA en conception collaborative

La fréquence d'apparition des CDA pendant les réunions de conception a été tracée et cumulée pour observer leur profil dans le temps. La Figure 5-33 montre pour chaque expérience, l'intensité des interactions CDA.

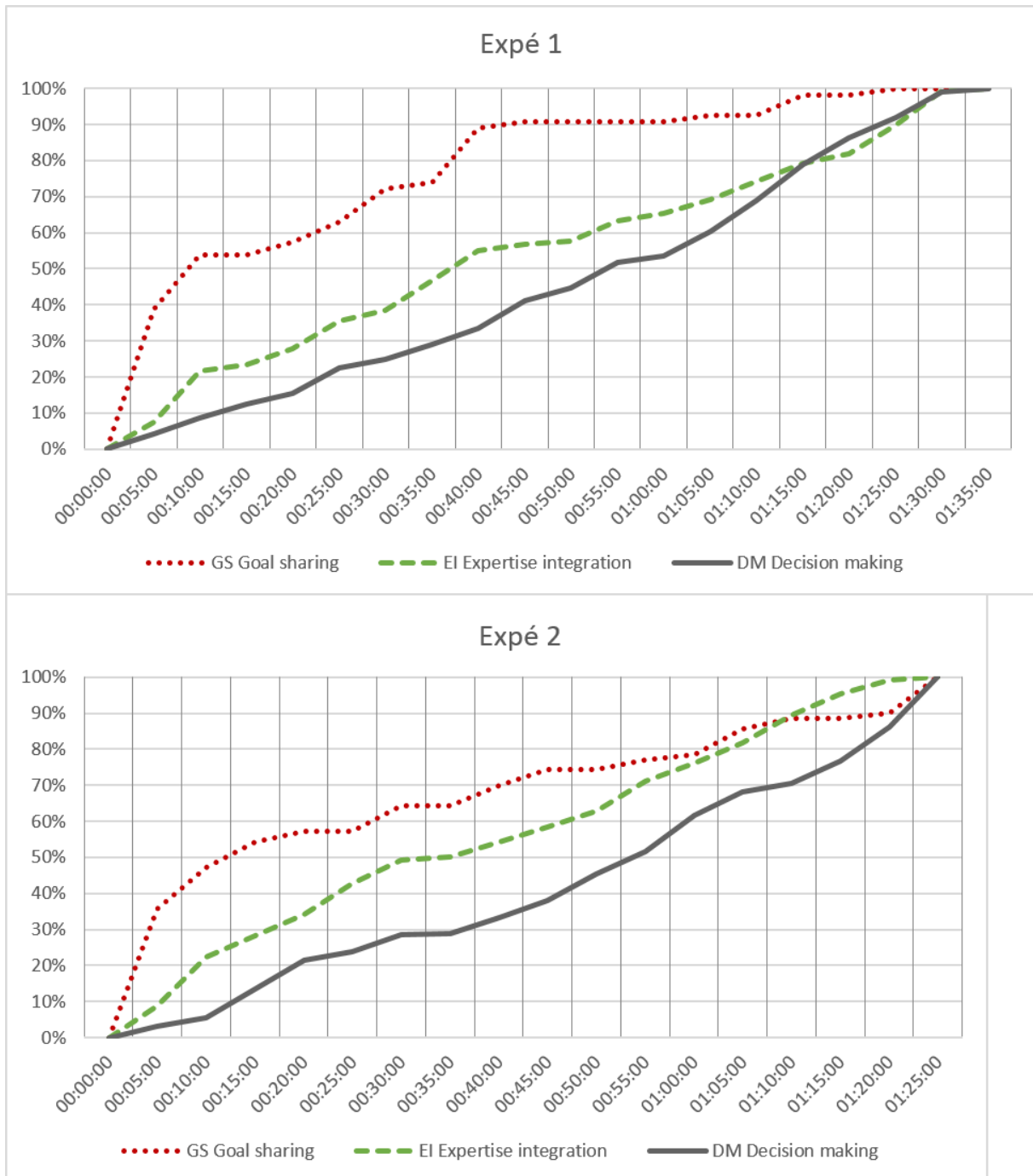


Figure 5-33 : Intensité des interactions CDA en fonction du temps.

Les courbes des deux expériences ont le même profil lors des deux réunions. Les interactions de catégorie *Goals Sharing* apparaissent dès le début des jeux. En 15 minutes, elles ont représenté 55% du total GS. On remarque donc que les concepteurs interagissent essentiellement en début de réunion pour partager leurs objectifs métiers. Ce partage d'objectifs serait un facteur important pour le partage de connaissance entre concepteurs. En effet (Chow & Chan, 2008) montrent que le partage des objectifs permet aux participants d'être disposés à partager leurs connaissances et ainsi intégrer ces connaissances dans la suite de la réunion.

Ces courbes montrent aussi que la catégorie Expertise Intégration évolue de façon constante tout le long des expériences, avec toutefois une prépondérance dans les phases amont. Il semble que les concepteurs ont besoin d'explicitier et d'intégrer leurs connaissances à toutes les étapes de leur réunion de conception. Cela peut s'expliquer aussi par le fait que les concepteurs découvrent encore leur métier en début de partie et sont amenés à réinterroger leurs connaissances. L'expertise se construisant progressivement, l'EI. diminue vers la fin de la partie.

L'étude de la catégorie *Decision Making* montre que, bien qu'ayant une progression assez régulière, elle intervient surtout en fin de réunion. On peut avancer que, pressés par le temps à l'approche de l'échéance de livraison du produit final, les concepteurs ont d'intenses moments de prises de décision.

Ces courbes rappellent le processus décrit par Simon (1992) que reprend (Ensici, Badke-Schaub, Bayazit, & Lauche, 2013). Ces auteurs indiquent que le processus de prise de décision intervient après les activités de résolution de problème. Le traitement des objectifs par l'équipe de conception faisant partie de la résolution de problème.

#### **5.4.4 Activités de conception collaboratives en lien avec la TMS**

Bien que nous n'ayons pas étudié les catégorisations du TMS, on peut aisément s'apercevoir que les échanges font références aux composantes *Coordination*, *Credibility* ou *Specialization*. Nous proposons dans ces extraits, des verbalisations qui leur sont liées.

Le partage des objectifs a représenté l'activité la moins utilisée. En réalité cette catégorie a été surtout nécessaire aux concepteurs en début du jeu (Figure 5-28) afin que chacun s'informe des objectifs de chacun. L'extrait de corpus Tableau 5-8 : Extrait de Corpus début de réunion Expé2

montre (Ligne N°1 à ligne N°16) une séquence majoritairement dédiée à la présentation des acteurs et de leurs objectifs spécifiques.

Tableau 5-8 : Extrait de Corpus début de réunion Expé2

N°	Rôle	Contenu	Catégorie CDA
1	Architecte	C'est mon rôle de commencer à fournir un plan. On doit donc faire une structure, Une maison de 100 ... 100 quid. 100 quoi?	GS Goals Sharing
2	Maître d'œuvre	100 Qd	GS Goals Sharing
3	Thermicien	100 qd minimum	GS Goals Sharing
4	Structure	Ah	
5	Architecte	ca fait quoi cet espace! Qui est ce qui à l'ordre de grandeur?	EI Expertise Integration
6	Structure	Beh, c'est facile. Un losange c'est 4	EI Expertise Integration
7	Thermicien	C'est 4 qd ouais	GS Goals Sharing
8	Structure	Non, c'est 2	GS Goals Sharing
9	Thermicien	Non, c'est 4	GS Goals Sharing
10	Thermicien	Ah oui non, c'est le triangle qui est 4	GS Goals Sharing
11	Architecte	C'est 2	GS Goals Sharing
12	Maître d'œuvre	Mais, j'ai 10.	GS Goals Sharing
13	Architecte	Tu as 10 la?	EI Expertise Integration
14	Maître d'œuvre	J'ai 10.	GS Goals Sharing
15	Structure	Non, en faite, c'est la distance en lyn et d'abord la distance elle se mesure comme ça mec.	EI Expertise Integration
16	Structure	Pas comme ça. Comme ça.	EI Expertise Integration

Ensuite, chaque fois que l'équipe en avait besoin, l'expert concerné précisait ses objectifs et contraintes. Par exemple au cours des évaluations du produit conçu, une comparaison avec les résultats attendus ont été nécessaires pour valider ou non la conception. Le Tableau 5-9 ligne N°1636, l'expert Ingénieur structure rappel l'exigence d'avoir 40 triangles maximum.

Tableau 5-9 : Extrait de corpus fin de réunion Expé2

N°	Rôle	Contenu	Catégorie CDA
1632	Structure	Il y a trop de bleus. Enlève un bleu déjà pour commencer. Et tu remplaces en plus un rouge par un bleu! Et du coup tu arrives à 12	DM Decision Making
1633	Architecte	Non. Ca suffira, la!	DM Decision Making
1634	Structure	Enlève un bleu déjà! Il en faut au moins un pour la structure.	DM Decision Making
1635	Architecte	C'est bon là pour l'instant.	DM Decision Making
1636	Structure	Non, tu l'enlève. Il en faut 40 max. Tu l'enlèves.	GS Goals Sharing

La Prise de décisions est l'autre catégorie CDA qui a concerné près de la moitié des interactions codées CDA dans les deux expériences. C'est cette catégorie qui semble être celle le plus en rapport avec la construction du TMS. En effet, les concepteurs juniors ont évoqué des liens forts avec les catégories *Coordination*, *Crédibilité* et *Spécialisation*.

La manifestation du lien TMS-CDA dans le corpus d'interactions verbales a permis de déceler les éléments de manifestation des liens TMS-CDA à travers sa composante *Decision Making*.

En début du jeu, l'architecte invite ses collègues à exécuter sa maison. Ils doivent décider de la forme, de la taille. L'Architecte dont c'est la responsabilité invite les autres concepteurs à y participer.

Tableau 5-10 : Extrait de corpus expe 2

79	Architecte	<b>On peut le faire à plusieurs. On peut le faire à plusieurs-là.</b>	DM <i>Decision Making</i>
81	Structure	Ah oui, ok d'accord.	
82	Architecte	<b>Aidez moi</b>	DM <i>Decision Making</i>
83	Structure	Les rouges on les prend où?	EI <i>Expertise Integration</i>
84	Thermicien	Attends, là?	
85	Architecte	il me faut une idée de la taille qu'il nous faut; il y a trop d'Architecte.	DM <i>Decision Making</i>
86	Structure	Les rouges.	EI <i>Expertise Integration</i>
87	Maître d'œuvre	On fait un carré, c'est ça?	DM <i>Decision Making</i>
88	Structure	Ok. D'accord.	
89	Architecte	<b>On va se faire un truc comme ça pour voir.</b>	DM <i>Decision Making</i>

La crédibilité reste un concept important dans les équipes de conception ; il affecte la spécialisation dit Burgoon et al. (2000). C'est un concept clé du TMS. Le lien *Credibility Decision Making* a été mis en évidence au chapitre 4.5.1.

Dans l'extrait Tableau 5-10 autour de l'utilisation d'une solution, on observe un échange autour de la crédibilité de l'un des acteurs. Ligne 159, le MO met en doute le travail de l'Architecte « A. ». L'intervention des autres « Maître d'œuvre » et « Thermicien » permet de situer les responsabilités en fonction des expertises de chacun.



Tableau 5-11 : Extrait de corpus expe 2 crédibilité

156	Thermicien	Il faut qu'on s'organise là on ne peut pas tout faire en même temps?	DM <i>Decision Making</i>
157	Maître d'œuvre	Je vais te dire. La colle est un colle spécifique pour	EI <i>Expertise Integration</i>
158	Structure	Moi je pense qu'A. il fait n'importe quoi. Tu ne peux pas.	DM <i>Decision Making</i>
159	Maître d'œuvre	Laisse le faire son truc.	DM <i>Decision Making</i>
160	Thermicien	Lui, il fait le plan	DM <i>Decision Making</i>
	Structure	oui mais il utilise n'importe comment la colle	DM <i>Decision Making</i>
	Thermicien	après c'est son plan...	DM <i>Decision Making</i>
161	Architecte	Je fais le plan	DM <i>Decision Making</i>
162	Thermicien	C'est normal	DM <i>Decision Making</i>

Lors de l'enquête, le lien fort a été mis en évidence entre *Decision Making* et *Specialization*. On se rend compte en effet, que lors des interactions verbales autour du choix de la solution, les concepteurs argumentent souvent avec un avis fortement influencé par leur jargon métier (Boujut, 2003).

Dans cet exemple, l'Architecte alerte ses collègues sur la taille de la maison et exprime la nécessité d'évaluer précisément. L'évocation de la notion de périmètre par l'ingénieur structure donne lieu à des explications.

Tableau 5-12 : Extrait de corpus expe 2 décision

688	Architecte	(comptage)	DM <i>Decision Making</i>
693	Architecte	<b>Euh, à la limite, c'est trop grand</b>	DM <i>Decision Making</i>
689	Architecte	<b>Attend, elle est immense cette maison!</b>	DM <i>Decision Making</i>
690	Thermicien	Ah oui?	
691	Architecte	parce que là, il y a 70 qd	DM <i>Decision Making</i>
692	Maître d'Œuvre	c'est ce que je veux confirmer par les calculs parce que.	
699	Architecte	à l'extérieur. Le périmètre intérieur	
703	Architecte	...	
705	Structure	sinon, c'est à peu près. Fais ça fois ca	
701	Maître d'Œuvre	on est déjà en dehors du budget. Donc	DM <i>Decision Making</i>
694	Architecte	<b>Il faut un calcul du périmètre.</b>	DM <i>Decision Making</i>
695	Structure	le périmètre?	EI <i>Expertise Integration</i>

Le lien TMS-CDA a été mis en évidence lors de l'enquête. Cette enquête a montré spécifiquement l'importance de l'activité *Decision Making* dans la construction du TMS. Les

traces dans les interactions apportent bien cette preuve. Il s'agit entre autres d'avis d'experts, de spécifications de rôles ou d'expression autour de la confiance accordée aux concepteurs juniors.

L'utilisation des objets a été aussi mise en évidence dans la conception collaborative. Les résultats des observations sont traités ci-après.

## 5.5 RESULTATS ET ANALYSES DE L'UTILISATION DES OBJETS EN CONCEPTION COLLABORATIVE

### 5.5.1 Volume des objets en conception collaborative

Pour évaluer l'utilité des objets en conception collaborative, j'ai procédé par comptage des interactions avec les objets. J'ai ainsi compté 2142 interactions dans l'Expé 1 et 1418 interactions dans l'Expé 2. Ce résultat montre que les interactions avec les objets ont été plus intenses dans la première équipe par rapport à la seconde.

Les répartitions des types d'objets sollicités dans les deux expériences sont représentées Figure 5-34. La première remarque concerne les objets « autres » avec lesquels les interactions sont très minoritaires. Ce constat n'est pas surprenant puisque la configuration de départ des expérimentations ne propose que le plateau et les règles du jeu. On relève toutefois que, n'étant pas nulles, ces faibles pourcentages traduisent un besoin du concepteur de s'outiller pour réaliser ses activités.

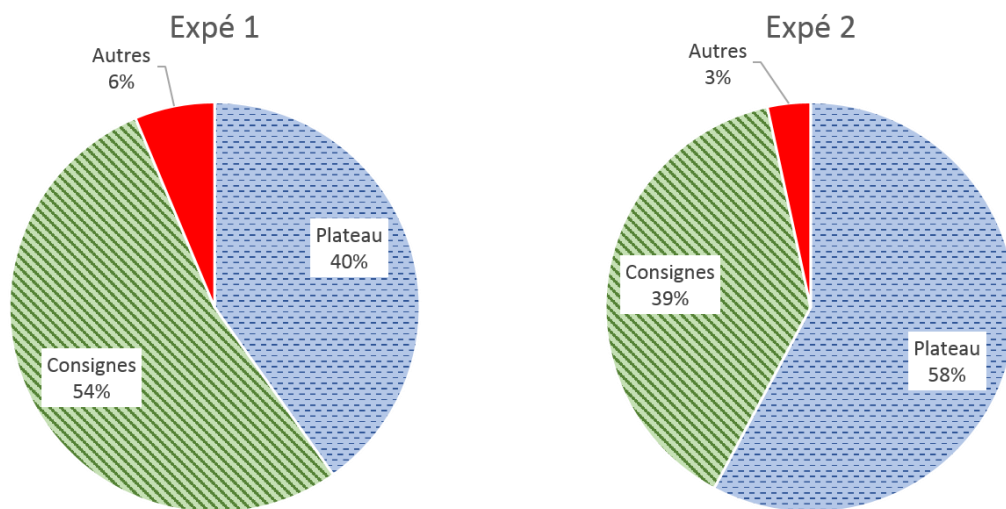


Figure 5-34 : Répartition des types de Ressources utilisés

La répartition des interactions objets par métier Figure 5-35 nous instruit sur l'utilisation des objets par les métiers. Il ressort que les métiers ont des profils similaires dans les deux expériences. La table interactive reste l'objet le plus sollicité par les architectes, ce qui est logique compte tenu du fait que le rôle d'architecte implique d'avoir une vision globale de la maison (ce que les autres métiers ne peuvent pas avoir). Les métiers techniques (Ingénieur

Structure et Thermicien) ont le plus recours aux documents pour assimiler la complexité de leurs démarches de calculs.

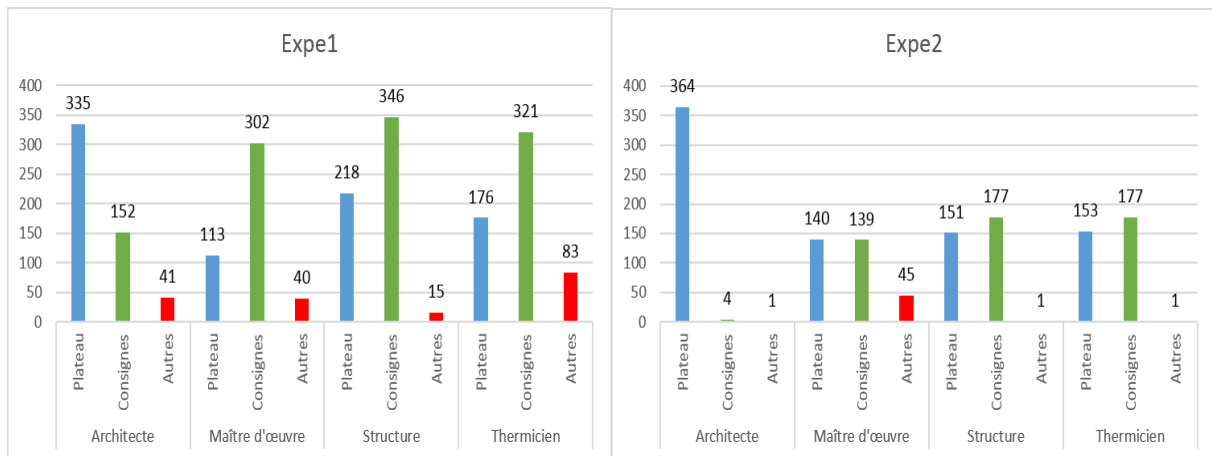


Figure 5-35 : Répartition des interactions Ressources par métier

Cette répartition des interactions avec les objets ne permet pas de conclure sur la prépondérance de l'objet « plateau » sur les objets « règles du jeu » ou « autres » objets.

Dans cette dernière catégorie, on trouve des portables (smartphones) dont certaines fonctions ont été utilisées. Il s'agit du téléphone pour consulter une ressource externe à l'équipe ou de la calculatrice pour effectuer des calculs spécifiques utiles à l'évaluation. On identifie aussi le tableau (cf Figure 5-36).



Figure 5-36 : Utilisation du tableau par les concepteurs

## 5.5.2 Intensité de l'utilisation des objets dans le temps

Les objets mis à la disposition des concepteurs juniors sont des supports à la conception. En plus de la table interactive et des consignes, ils ont eu recours à des objets personnels. Les graphiques présentent la fréquence d'utilisation de ces objets

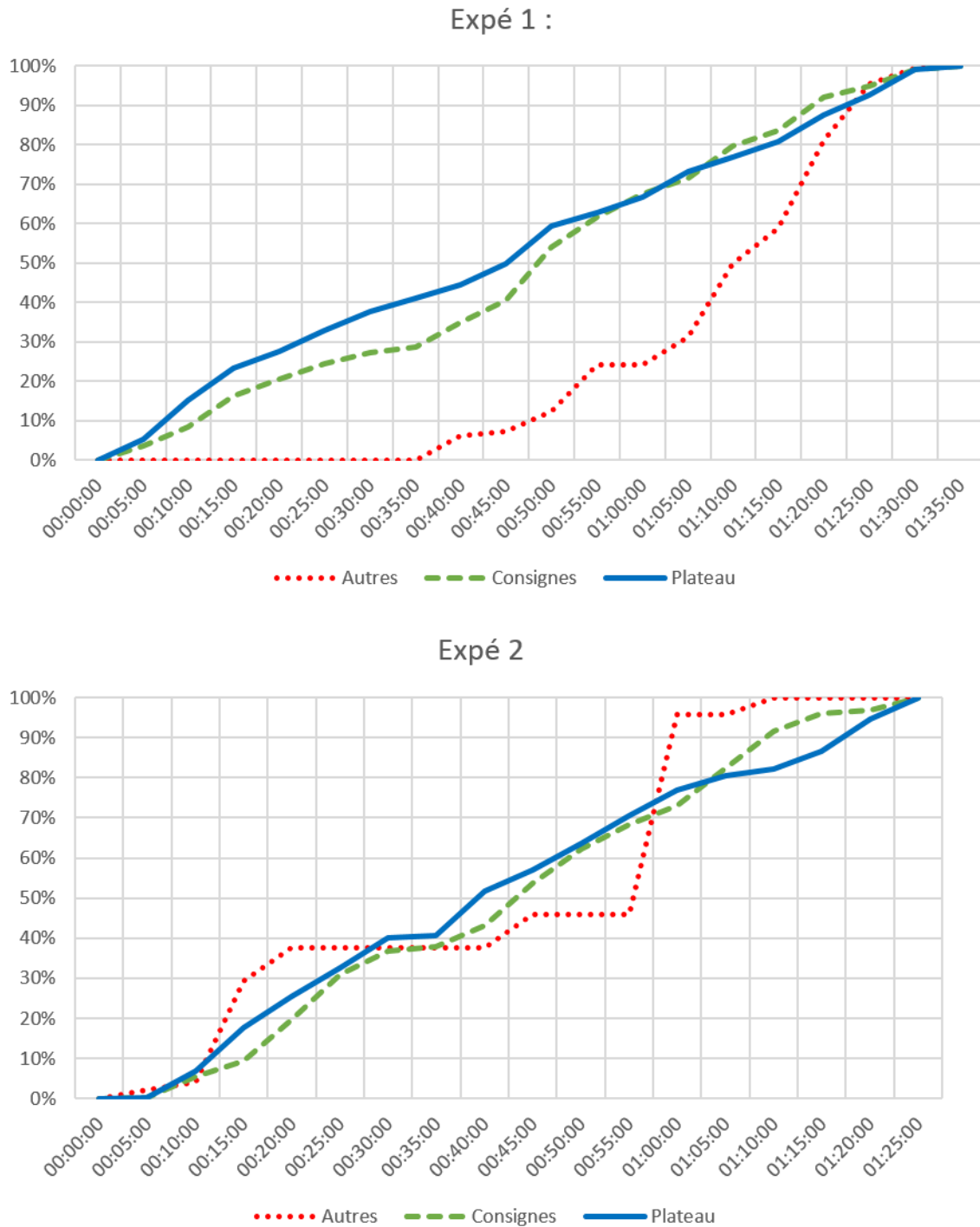


Figure 5-37 : Intensité des interactions objet en fonction du temps

Les objets « plateau » et « règles du jeu » mis à la disposition des concepteurs sont sollicités tout au long des sessions de façon régulière. Compte tenu du scénario et de la tâche, il n'est pas surprenant que ces 2 éléments, centraux dans le processus, soient régulièrement sollicités.

La mise en perspective des CDA ne permet pas de se prononcer sur la raison de ces interactions. Les « règles du jeu » peuvent en effet être sollicitées pour apprendre son métier et le partager, ou bien pour se remémorer les valeurs cibles du cahier des charges lors des évaluations finales. Une étude plus approfondie des corrélations entre interactions verbales et interactions objet devrait permettre de se prononcer.

La catégorie des « autres » objets montre un usage plus épisodique. On peut même remarquer que le groupe 1 ne convoque de tels objets qu'au bout de 35'. Ces interactions se font plus denses dans la deuxième partie du déroulement du jeu car les concepteurs ne disposent pas d'outils métiers pour évaluer les spécifications de leur conception. Ils ont donc recours aux calculatrices (smartphone, portable...) pour réaliser ces tâches.

La courbe montre aussi que les concepteurs du groupe 2 ont eu recours aux autres objets assez tôt (9min30). Cet épisode correspond au besoin en outil support exprimé par les concepteurs. Ils souhaitent disposer d'outil d'évaluation et d'annotation « Ligne 242 : *On a pas une mesure en directe de la...* ». Cette fonction n'est pas disponible sur la plate-forme de conception collaborative. Ils décidèrent donc d'utiliser le tableau blanc de la salle d'expérimentation « Ligne 248 : *... tant qu'à faire, on prend le tableau et* ».

Tableau 5-13 : Extrait de corpus Expe 2 tableau

237	00:09:25	Maître d'œuvre	Oui, c'est cela il en faut 50 à l'intérieur.	GS <i>Goals Sharing</i>
238	00:09:27	Architecte	Et alors?	
239	00:09:29	Structure	<b>On n'a pas une mesure en directe de la...</b>	
240	00:08:48	Thermicien	On a combien de triangle là?	DM <i>Decision Making</i>
241	00:09:32	Maître d'œuvre	Hein?	
242	00:09:33	Thermicien	On a combien de triangle là pour l'instant?	EI <i>Expertise Integration</i>
243	00:09:34	Maître d'œuvre	Je ne sais pas. C'est euh... C'est euh...	
244	00:09:39	Architecte	<b>A chaque fois on compte le nombre de triangles qu'on a et on note.</b>	DM <i>Decision Making</i>
245	00:09:42	Thermicien	Ouais.	
246	00:09:44	Architecte	<b>T'as le tableau derrière... éventuellement.</b>	
247	00:09:48	Thermicien	C'est le maître d'œuvre qui tient à jour ça!	
248	00:09:50	Architecte	<b>Arrête, tant qu'à faire, on prend le tableau et..</b>	EI <i>Expertise Integration</i>

Cet épisode illustre comment les concepteurs ont mobilisé les interactions lors de leurs activités de conception collaborative synchrone. Dans le chapitre qui suis , je traite d'autres exemples comme le détournement des objets.

### **5.5.3 De l'utilité des objets en conception collaborative**

Lors de cette expérimentation, j'ai observé différents cas de l'utilisation des objets en conception collaborative. Je commente ici l'utilisation des objets par types ; plateau, règles de jeux et les autres objets.

La table interactive a été le support principal par lequel les concepteurs ont construit leur projet. Les deux équipes ont réussi à produire ces artefacts (plan de la maison) en s'appuyant sur les cahiers des charges.

Les règles du jeu ont été fournies aux concepteurs pour s'informer sur le principe général du jeu ainsi que le rôle spécifique des experts ; mais également les besoins et exigences des clients. J'ai pu observer que les concepteurs s'y sont référé chaque fois qu'ils en avaient besoin pour apprendre et mieux maîtriser leur rôle. Ce fut le cas également à chaque fois qu'il fallait expliquer et partager les règles spécifiques de leurs métiers. Cela dénote le rôle de ces documents dans la construction de la crédibilité de chacun. En effet, les concepteurs ne remettent jamais en cause les règles énoncées dans les documents. L'EI, appuyée par la référence aux règles du jeu, est plus crédible.

On notera l'utilisation surprenante qu'il a été fait des règles du jeu. Elles ont servi de bloc note lorsque les concepteurs ne disposaient pas de brouillons pour écrire (non fourni). Ils les ont utilisés pour consigner les résultats de leur calcul par exemple.

Le détournement d'objets à d'autres fins a pu être observé ; quand ils avaient besoin de marquer par exemple le plateau de la table interactive, les concepteurs ont utilisé un stylo comme l'illustre la Figure 5-38. Les stylos ont largement été utilisés comme indicateur ou marqueur mais ont su conserver également leurs rôles traditionnels comme écrire les résultats des calculs ou rédiger des notes.

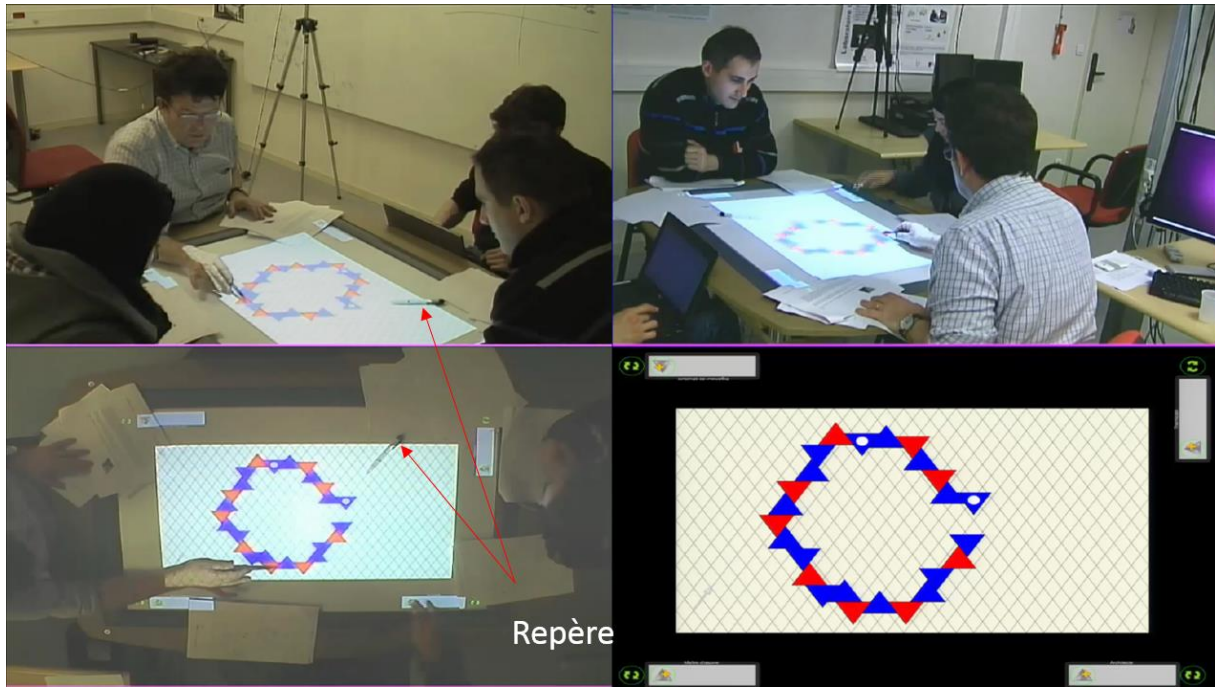


Figure 5-38 : Détournement de la fonction d'un objet

Le tableau blanc a servi de palliatif au manque de papier pour le groupe 2.

Le smartphone a été utilisé par certains pour calculer des performances de la maison construite selon les indications contenues dans les règles du jeu. L'un des concepteurs a utilisé son téléphone pour communiquer avec une ressource humaine à l'extérieur de la pièce.

Ces différentes utilisations des objets montrent clairement que les concepteurs ont besoin d'annoter leur conception, aussi, ce qui confirme le besoin de fonctions d'annotation dans l'offre progiciel en conception collaborative synchrone. Cette assistance contribue à une communication efficace comme l'indique Hisarciklilar (2009).

Le recours à leur Mémoire Transactive propre est matérialisé ici par le besoin de recourir aux documents pour se rappeler les informations, l'utilisation d'appareil photo pour sauvegarder des configurations de conception ou encore du téléphone pour interroger la mémoire d'une personne externe. Cette liberté d'accès aux informations propres devrait être sauvegardée dans les environnements de travail collaboratif.

L'évaluation de la solution a constitué une part importante de l'activité des concepteurs. L'ingénieur structure et les autres ont dû procéder au comptage des triangles pour évaluer les charges admissibles de la structure. Lors de cette opération, le pointage des objets a été



mobilisé. Notamment l'utilisation de l'objet crayon comme prolongation de la main comme définie par Tory & al (2008)

La TMS se construit aussi par la documentation. Le processus de construction de la mémoire transactive individuelle se construit aussi en stockant des informations dans des mémoires externes auxquelles on a accès. Alors que je note une très importante sollicitation des documents supports de formation par les concepteurs juniors, je m'étonne encore du résultat de l'enquête. Le chapitre 5.5 et la Figure 5-34 montrent bien qu'une grande partie des interactions des concepteurs avec les objets concerne les consignes qu'ils ont reçues. La construction du TMS repose en partie sur ce type d'interaction (Moreland & Myaskovsky, 2000; Sparrow et al., 2011).

Il nous revient donc à interroger notre outil d'enquête sur les questions spécifiques aux objets qui le composent. Les questions ont-elles été comprises des concepteurs ?

## **5.6 PRATIQUES DU *DESIGN OBSERVATORY* EN CONCEPTION COLLABORATIVE**

Le choix du *Design Observatory* comme outil d'expérimentation avait pour but d'identifier les activités de conception collaboratives qui pouvaient supporter la construction d'une TMS. L'étude menée a permis de produire deux vidéos d'une heure et demi chacune. J'ai pu capturer et identifier les activités de conception collaborative et observer les interactions des concepteurs avec les objets à leur disposition dans leur environnement de travail.

La programmation et la réalisation des enregistrements médiatisés a été une tâche logistique importante et délicate. Ces résultats mis en perspective avec Törlind et al. (2009) leur donne raison sur les précautions à prendre en compte concernant l'enregistrement audio. En effet, l'utilisation d'une entrée audio unique a posé des difficultés de transcription quand il a fallu identifier les voix et les auteurs à des moments d'intenses échanges.

Au niveau des captures vidéo, je me suis rendu compte que la disposition des caméras n'a pas permis la capture du tableau (hors champs) que je n'avais pas anticipé. Nous avons toutefois pu observer en direct le tableau grâce au miroir sans tain. J'aurais volontiers utilisé un appareil photo pour fixer les plans de cette intervention spécifique.

L'observation fine de la conception collaborative synchrone a permis d'enregistrer les faits et gestes des concepteurs. Les résultats obtenus illustrent les actions et les choix des concepteurs. Cependant, les deux expériences menées ne permettent pas de généraliser ces résultats. Ils demeurent donc des résultats à approfondir.



## Partie 6. CONCLUSION GENERALE

Ce dernier chapitre tire un bilan des résultats obtenus et discutés précédemment et conclut sur la démarche globale adoptée. Il jette également un regard critique sur les limites de cette étude. Enfin il propose quelques recommandations sur les perspectives possibles à l'issue de ce travail de recherche.



## 6.1 BILAN DE MA RECHERCHE

Le besoin de comprendre le fonctionnement du groupe dans les Activités de Conception Collaborative a été la raison du déclenchement de cette étude. Aussi lors de cette thèse, il a fallu étudier le contexte de travail des concepteurs et analyser leurs besoins. Les spécifications des produits ainsi que la diversité des expertises requises commandent l'affectation de *Ressources* humaines compétentes et d'origines multiculturelles dans les équipes de conception.

Les processus de travail sont désormais collaboratifs, exigeant des outils à la fois pour les besoins de collaboration des experts métiers mais aussi pour le besoin de satisfaire le niveau de performance requis. Cette performance nécessite dit-on une bonne connaissance réciproque des membres constituant le groupe et de leurs rôles respectifs. Ils se construisent dès lors une structure où ils partagent leur connaissance sur leurs expertises et leur métier. Les Activités de Conception Collaborative rentrent dans cette catégorie et nécessitent également une compréhension commune des objectifs du groupe, un partage des exigences...

Ma thèse a étudié le système de mémoire transactive (TMS) en relation avec les Activités de Conception Collaborative (CDA) et les *Ressources* (RSC). La revue de littérature m'a permis d'identifier la contribution des trois concepts dans la performance des équipes de conception collaborative. J'ai donc supposé qu'il existe des liens croisés entre le TMS, les CDA et les RSC que j'ai entrepris d'identifier. Toutefois, je suis parti du constat que les méthodes disponibles pour estimer le TMS, identifier les CDA et relever les RSC mobilisées présentaient des caractéristiques différentes. Dans la perspective de développer des outils permettant de spécifier, voire guider, un groupe de concepteur en collaboration synchrone, les outils tels que le questionnaire du TMS n'étaient pas satisfaisants. En effet, il paraît incongru de devoir attendre la fin d'une expérience de groupe (un projet, une mission) pour savoir si un TMS a bien été construit. J'ai donc envisagé une approche mixte, en deux étapes, pour aborder progressivement la problématique.

La première étape a consisté en une enquête auprès de concepteurs juniors. Cette enquête, menée à l'aide d'un outil spécifique inspiré de l'échelle de mesure du TMS selon Lewis, a généré des résultats basés sur les déclarations des répondants. Cela a permis de mesurer la perception qu'ont ces concepteurs du TMS, CDA et RSC lors de projets collaboratifs. Il en a été déduit, par une analyse statistique, des corrélations entre certains paramètres. Cependant,

l'étude n'a pas permis d'établir un lien fort entre le TMS et RSC. Deux explications possibles à ce résultat.

La première hypothèse serait que les répondants n'ont pas compris ce que la notion de *Resources* recouvrait. Ainsi, il est probable qu'un certain nombre d'objets intermédiaires aient été utilisés par le groupe, mais qu'ils n'aient pas été considérés par les répondants comme relevant de la catégorie des RSC. Par conséquent, il a été difficile pour les répondants d'estimer la mobilisation de ces *Ressources* pour l'accomplissement de leurs tâches.

L'autre hypothèse serait que les répondants, bien que connaissant la notion de ressources, n'ont pas toujours eu conscience de l'utilisation des objets partagés lors de leurs revues de projets synchrones. Leurs réponses ne refléteraient donc pas l'utilisation réelle des ressources.

La seconde étape a consisté en une observation fine d'une situation de conception collaborative contrôlée. L'objectif était d'explorer, par l'observation, les liens décelés précédemment par l'enquête, avec l'idée de pouvoir identifier des CDA et RSC facilitant la construction du TMS. Cela nous aurait ainsi permis de formuler des recommandations quant aux activités à mener ou les *Ressources* à convoquer pour favoriser la construction d'une TMS. Je me suis appuyé sur la mise au point d'une grille d'analyse des interactions CDA et une grille d'observation des objets RSC. Les résultats obtenus ont permis d'identifier la forte contribution des activités de prise de décision en réunion de revue de projet. L'observation des objets basés sur la gestuelle des concepteurs a identifié leurs rapports aux objets mis à leur disposition et a révélé que les concepteurs faisaient appel à des objets (parfois personnels) pour mener les activités recensées dans les CDA. Ce résultat renforce l'idée que l'enquête, n'ayant pas mis en évidence ce lien, possède vraisemblablement un biais qu'il serait nécessaire d'identifier. Cette observation contrôlée a également permis de confronter les niveaux de TMS avec la performance des groupes grâce à l'évaluation des productions. Là encore, il existe une corrélation qu'il serait souhaitable d'affirmer en multipliant les cas d'observations.

A l'issue de ma thèse, je propose un outil d'évaluation du niveau de partage en lien avec la mémoire partagée. Cet outil peut être une première approche pour investiguer la collaboration dans les équipes de conception et plus particulièrement dans les équipes projets en entreprise quand on sait les perturbations occasionnées lorsque la recherche s'invite sur le terrain avec une méthodologie pouvant se révéler intrusive comme le *Design Observatory*.

Enfin, ces travaux ont mis en évidence la corrélation entre les Activités de Conception Collaborative et la construction d'un Système de Mémoire Transactive.

## **6.2 LES LIMITES DE CE TRAVAIL.**

### **6.2.1 Sur le plan méthodologique.**

Avec la thèse que j'achève, j'ai voulu mettre à profit conjointement des méthodes qualitatives et quantitatives. La méthode quantitative est souvent proposée en recherche exploratoire. Je l'ai utilisé pour avoir des opinions et avis sur des pratiques de collaboration dans les équipes. Je les ai interrogés sur des questions fermées. Après avoir testé un questionnaire papier, j'ai préféré une enquête en ligne pour plusieurs raisons : meilleure traçabilité, gestion et sauvegarde des documents ; souplesse dans l'organisation ; facilité de numérisation des données. J'ai eu ainsi accès à 200 concepteurs distribués sur deux continents. Le taux de retour sur ce type d'enquête est souvent faible, et j'ai dû pratiquer des relances pour obtenir un nombre suffisant de résultats. La motivation des répondants peut aussi être une source de faible taux de retours, voire de retours incohérents. A ce titre, nous aurions pu introduire des questions appelant des réponses négatives. En effet, peu de questions de notre questionnaire appelaient des réponses inversées alors qu'il est réputé qu'une alternance des orientations des questions permet de maintenir l'attention du répondant. Au final, les tests statistiques effectués sur ces données ont permis de vérifier que les résultats étaient bien significatifs.

La méthode qualitative m'a permis d'observer en détail les pratiques des concepteurs. Elle est souvent très chronophage. La construction et la préparation de la situation expérimentale, la construction des grilles et leur affinage, l'organisation des séquences, la production des corpus, le codage et l'analyse sont des étapes cruciales et requièrent un investissement humain et matériel important. J'ai retenu deux équipes de quatre personnes pour alimenter ces observations. J'ai pu tracer leurs interactions et étudier leurs propositions de solution. Les résultats obtenus ont montré l'écart des pratiques entre les deux groupes considérés. On peut objecter que deux observations peuvent paraître insuffisantes pour tirer des conclusions. Cependant, les études équivalentes se sont basées sur un nombre d'observations similaires.

A l'issue de l'analyse des interactions avec les objets, une quantification de l'usage de ces objets a été réalisée, mais l'association de ces interactions avec le CDA reste à réaliser. Une amélioration de la grille de caractérisation des objets serait nécessaire pour associer les



interactions (et non les ressources) aux diverses activités de CDA. On sait en effet que les objets peuvent être employés dans de multiples buts. Plus globalement, je pourrais intégrer à cette analyse les interactions non verbales (les interactions gestuelles pures, i.e. sans objets, n'ont pas été codées). En effet, j'ai privilégié les interactions avec les *Ressources* car l'objectif était de mettre en évidence la corrélation entre l'usage de ces objets et les CDA d'une part, et entre ces objets et le TMS d'autre part. Les interactions gestuelles participent au dialogue entre les acteurs et leur analyse pourrait nous éclairer sur d'éventuels manques d'objet intermédiaire qui auraient pu supporter la construction d'un TMS.

Enfin, la mesure intermédiaire du TMS n'a pas donné les résultats escomptés. Il est difficile d'accéder à la dynamique du TMS de cette façon. L'outil enquête (avec phénomène d'accoutumance aux questions) n'est clairement pas l'outil adapté pour cela.

### **6.2.2 Sur le plan des résultats.**

Il n'a pas été rigoureusement établi de lien entre CDA-TMS et entre RSC-TMS. Le TMS n'étant pas observable mais mesurable, il n'a pas toujours été facile de marquer les liens entre CDA (interactions verbales) et TMS (déclaratif des participants).

Si j'ai pu obtenir des résultats et tirer des conclusions à partir des opinions des concepteurs d'une part, il faut rester circonspect sur la portée de ces résultats, pour les raisons méthodologiques évoquées ci-avant. Avec du recul j'ai tendance à me questionner sur l'état de conscience des interviewés. Par exemple, les avis concernant certaines pratiques se sont avérés discutables en regard des résultats obtenus dans l'observation des pratiques. La relation aux objets était quasi permanente ; si l'on considère l'interaction concepteur objet, on se rend compte que le pointage est quasi permanent avec les objets des concepteurs. Pourquoi cette liaison n'a-t-elle pas été identifiée par les concepteurs dans leur évaluation du Système de Mémoire Transactive ? Gardons à l'esprit que l'on a toujours affaire à des représentations mentales personnelles et que la perception que nous en livrent les répondants n'est que leur point de vue subjectif sur le fonctionnement du groupe.

L'utilisation des deux approches semble de plus en plus pertinente. Au regard des résultats de cette thèse, l'utilisation des techniques mixtes de recherche permet de couvrir un spectre plus large en termes de réponses. Par exemple dans notre cas, nous n'aurions pas pu identifier la distance entre les déclarations et les pratiques des concepteurs. C'est pourquoi les approches

mixtes utilisant les techniques quantitatives et qualitatives doivent être vue comme des approches complémentaires.

Pouvons-nous généraliser ces résultats ? Les concepteurs juniors ne sont manifestement pas des acteurs expérimentés, mais nous avons expliqué en quoi cela n'était pas pénalisant pour notre étude. En revanche, au-delà de l'expertise technique, il faut s'intéresser à l'expertise en collaboration (*Coordination*, communication, coopération). On peut attendre des concepteurs seniors une expérience plus marquée des situations de collaboration synchrone, et donc un savoir-faire associé leur permettant de mettre en place plus rapidement le contexte d'évolution du groupe. Cela aurait-il toutefois changé fondamentalement les taux d'activité ou la mobilisation des *Ressources* ? Je peux difficilement me prononcer. Par exemple, il n'est pas certain que des concepteurs seniors auraient eu une perception différente du rôle des objets dans le TMS. L'hypothèse d'une expérience du travail en équipe des concepteurs seniors pouvant être un facteur améliorant la construction du TMS reste à vérifier.

### 6.3 RECOMMANDATIONS & PERSPECTIVES

Lors de cette étude, nous avons assumé le fait que les concepts TMS, CDA et RSC étudiés influençaient positivement la performance des équipes de conception. Cette vérification n'a été possible que sur la seconde phase de mon travail (mesure objective de la production). Une piste de travail pourrait être l'exploration de la mesure effective de la performance des produits en lien avec ces concepts.

A court terme, je proposerais de retravailler le questionnaire pour jouer sur le facteur positivité/négativité des questions. Cela permettrait d'améliorer la motivation des répondants. Je proposerais également de cibler des concepteurs seniors (chefs de projet, responsables de BE) pour déployer les enquêtes. Cela permettrait de lever le doute sur la faible présence des objets dans les retours et de comparer les profils de TMS entre concepteurs juniors et concepteurs seniors.

A moyen terme, je pense qu'il sera indispensable de prendre en compte la dimension asynchrone des projets. En effet, les phases synchrones ne forment qu'un sous-ensemble du temps du projet, et la construction, comme le partage des connaissances peut se faire en asynchrone. Sur ce point, l'intégration des systèmes d'information (mail etc.) dans l'étude devra conduire à l'évaluation de leur contribution à la construction du TMS : transformation des activités, modification du rythme du projet, nouvelles formes de *Ressources* matérielles et

immatérielles, durabilité des objets intermédiaires... C'est dans la perspective d'intégrer pleinement le concept d'industrie 4.0 que je dois m'intéresser à des phénomènes tels que l'internet des objets qui modifieront la dimension à cette problématique. La virtualisation des objets intermédiaires, ainsi que l'accès facilité aux bases de connaissances peuvent modifier profondément les pratiques de collaboration. Il conviendra de s'intéresser à ces nouveaux modes de partage d'information pour ne pas rater la mutation numérique à laquelle les équipes de conception sont confrontées.

Que pouvons-nous transposer au monde professionnel ? L'amélioration des outils d'évaluation des équipes de travail collaboratif constitue une perspective nécessaire pour fiabiliser cette démarche en milieu professionnel. Il est donc nécessaire de déployer les échelles CDA RSC auprès des professionnels en entreprise. Il est aussi important de travailler à l'amélioration de l'axe de mesure des objets de sorte que la prise de conscience de l'importance des RSC ne fasse l'objet d'aucun doute.

Il serait profitable d'introduire une dimension sémantique forte dans mon analyse afin de mieux caractériser les liens entre TMS et CDA. Il pourrait être fait de même avec les objets en regardant cette fois la dimension sémiotique.

Le travail de thèse a volontairement délaissé les aspects sociologiques et culturels influant sur le groupe. On ne peut toutefois pas négliger les effets que peut avoir la culture (dans sa dimension anthropologique, mais également à l'échelle de l'entreprise) sur la construction du TMS à plusieurs échelles : collaboration intra-entreprise, inter-entreprises ou internationales. Cette dimension pourra être intégrée dans un prolongement de ces travaux.

Sur le point de la dynamique du TMS, l'approche mise en œuvre ne m'a pas permis de conclure. Il reste donc des questions à élucider telles que : à quel moment se construit le TMS ? Quelle est la courbe de croissance du TMS ? Le processus par enquête a montré ses limites, et il serait bon de développer un outil de substitution, moins conditionnant, afin de mesurer au fil de l'eau l'évolution du TMS au sein d'un groupe projet.

Enfin, je pense que la collaboration doit faire l'objet d'apprentissage. Cet apprentissage peut être empirique, au contact des praticiens dans les environnements professionnels par exemple. Ce peut-être aussi dans des contextes plus scolaires, en situations artificielles plus ou moins contrôlées. Le monde académique peut accompagner la construction de ses compétences en développant les concepts qui sous-tendent la construction et l'entretien d'un bon

fonctionnement des groupes. Le TMS, les objets intermédiaires... sont autant de concepts que les acteurs évoluant en mode projet se doivent de connaître. Je m'emploierai désormais dans mon rôle d'enseignant à sensibiliser les futurs techniciens et ingénieurs à l'importance de la collaboration dans les entreprises industrielles du XXI siècle.



## BIBLIOGRAPHIE

- Albizzati, F., Pero, M., & Sianesi, A. (2012). Integrating Activities and Resources in Global Product Development. In A. Innsbruck (Ed.), *In Proceedings of the 17th International Working Seminar on Production Economics* (Vol. 4).
- Alvarez, J., Rampnoux, O., Jessel, J., & Methel, G. (2007). Classification des *Serious games*. In *Hypertextes et Hypermédias. Produits, Outils et Méthodes*. Hammamet.
- Andreasean, M. M., Duffy, A. H. B., MacCallum, K. J., Bowen, J., & Storm, T. (1996). The design co-ordination framework - key elements for effective product development. In *Int. Engineering Design Debate* (pp. 151–172). Glasgow.
- Arikoglu, E. S. (2011a). *Impact des approches « scénario » et « persona » sur l'élicitation des exigences : une étude expérimentale*.
- Arikoglu, E. S. (2011b). *The Impact of Scenarios and Personas on Requirement Elicitation: an Experimental Study*. Université de Grenoble.
- Austin, A. E., & Baldwin, R. G. (1991). *Faculty Collaboration: Enhancing the Quality of Scholarship and Teaching*. ASHE-ERIC Higher Education Report No. 7, 1991.
- Badke-Schaub, P., Neumann, A., Lauche, K., & Mohammed, S. (2007). Mental models in design teams: a valid approach to performance in design collaboration? *CoDesign*, 3(1), 5–20. <http://doi.org/10.1080/15710880601170768>
- Baker, M., Andriessen, J., Lund, K., & Quignard, M. (2007). Rainbow: A framework for analysing computer-mediated pedagogical debates. *International Journal of Computer Supported Collaborative Learning*, 2(March 2001), 315–357.
- Bareigts, C. (2000). Importance de la *Coordination/coopération* en terme d'apprentissage organisationnel. In ATIEF (Ed.), *Colloque Agent logiciels, coopération, apprentissage & activité humaine*. Biarritz.
- Bekker, M. M., Olson, J. S., & Olson, G. M. (1995). Analysis of gestures in face-to-face design teams provides guidance for how to use groupware in design. *Proceedings of the Conference on Designing Interactive Systems Processes, Practices, Methods, &*

*Techniques - DIS '95*, 157–166. <http://doi.org/10.1145/225434.225452>

Berthier, N. (2010). *Les techniques d'enquête en sciences sociales: Méthodes et exercices corrigés*.

Beylier, C., Pourroy, F., & Villeneuve, F. (2007). Implementation of a Light Knowledge Sharing Tool in Engineering Design. In *Engineering Design; International Conference on Engineering Design*. PARIS.

Blanco, E., Boujut, J.-F., Degrave, A., Charpentier, P., Ris, G., Bennis, F., ... Micaëlli, J. (2002). Une expérience de conception collaborative à distance A distant collaborative design experiment. *Mécanique & Industries*, 3, 153–161.

Boujut, J. F. (2001). Des outils aux interfaces, pour le développement d'un processus de conception coopérative. *Génie Industriel, Habilitati*.

Boujut, J.-F. (2003). User-defined annotations: artefacts for co-ordination and shared understanding in design teams. *Journal of Engineering Design*, 14(4), 409–419. <http://doi.org/10.1080/09544820310001606885>

Boujut, J.-F., & Tiger, H. (2002). A Socio-Technical Research Method for Analyzing and Instrumenting the Design Activity. *J. of Design Research*, 2(2).

Brandon, D., & Hollingshead, A. B. (2004). Transactive Memory Systems in Organizations: Matching Tasks, Expertise, and People. *Organization Science*, 15(6), 644–644. <http://doi.org/10.1287/orsc>.

Brassac, C., & Gregori, N. (2003). Étude Clinique D'Une Activité Collaborative : La Conception D'Un Artefact. *Le Travail Humain*, 66(2), 101. <http://doi.org/10.3917/th.662.0101>

Brereton, M., & McGarry, B. (2000). An Observational Study of How Objects Support Engineering Design Thinking and Communication: Implications for the Design of Tangible Media. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2000*, (April), 217–224. <http://doi.org/10.1145/332040.332434>

Brossard, P. (1997). Origines et définition de l'ingénierie concourante. In C. Chanchevrier & P. Leclair (Eds.), *Ingénierie concourante : de la technique au social* (Economica, pp.

21–28). Paris.

Bucciarelli, L. L. (1988). An ethnographic perspective on engineering design. *Design Studies*, 9(3).

Burgoon, J. ., Bonito, J. ., Bengtsson, B., Cederberg, C., Lundeberg, M., & Allspach, L. (2000). Interactivity in human–computer interaction: a study of credibility, understanding, and influence. *Computers in Human Behavior*, 16(6), 553–574. [http://doi.org/10.1016/S0747-5632\(00\)00029-7](http://doi.org/10.1016/S0747-5632(00)00029-7)

Cabitzza, F., Colombo, G., & Simone, C. (2013). Leveraging underspecification in knowledge artifacts to foster collaborative activities in professional communities. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(1), 24–45. <http://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.02.005>

Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., & Converse, S. A. (1993). *Shared mental models in expert team Decision Making*. (N. Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, Ed.) (N.J. Caste).

Cantamessa, M. (2003). An empirical perspective upon design research. *Journal of Engineering Design*, 14(1), 1–15. <http://doi.org/10.1080/0954482031000078126>

Carlile, P. R. (2004). Transferring, Translating, and Transforming: An Integrative Framework for Managing Knowledge Across Boundaries. *Organization Science*, 15(5), 555–568. <http://doi.org/10.1287/orsc.1040.0094>

Carrizosa, K., Eris, Ö., Milne, A., & Mabogunje, A. (2002). Building the *Design Observatory*: a core instrument for design research. In *ICED* (pp. 37–42). Dubrovnik. Retrieved from [http://www-cdr.stanford.edu/~ozgur/Carrizossa\\_Design\\_2002.pdf](http://www-cdr.stanford.edu/~ozgur/Carrizossa_Design_2002.pdf)

Cassier, J.-L. (2010). *Argumentation et conception collaborative de produits industriels*. Université de Grenoble - Institut Polytechnique de Grenoble.

Cheriti, S. (2011). *Conception collaborative : propositions pour construire et piloter des relations performantes avec les fournisseurs*. Université de Grenoble Institut Polytechnique de Grenoble.

Chow, W. S., & Chan, L. S. (2008). Social network, social trust and shared goals in



organizational knowledge sharing. *Information & Management*, 45(7), 458–465.  
<http://doi.org/10.1016/j.im.2008.06.007>

Cobb, P., McClain, K., Silva Lamberg, T. D. S., & Dean, C. (2003). Situating teachers' instructional practices in the instructional setting of the school and district. *Educational Researcher*, 32(6), 13–24. <http://doi.org/10.3102/0013189X032006013>

Coghlan, D. (2007). Insider action research doctorates: Generating actionable knowledge. *Higher Education*, 54, 293–306.

Coughlan, P., & Coghlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220–240.  
<http://doi.org/10.1108/01443570210417515>

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297–334. <http://doi.org/10.1007/BF02310555>

Darses, F., Falzon, P., & Béguin, P. (1996). Colletive Design Processes. In *COOP'96* (pp. 12–14). Juan-les- Pins.

De Vries, E., & Masclet, C. (2013). A framework for the study of external representations in collaborative design settings. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(1), 46–58. <http://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.07.005>

Détienne, F., Boujut, J.-F., & Hohmann, B. (2004). Characterization of Collaborative Design and Interaction Management Activities in a Distant Engineering Design Situation. In *COOP' 2004*, (pp. 83–98). Hyères,.

Dietz, P., & Leigh, D. (2001). DiamondTouch: a multi-user touch technology. In *User Interface Software and Technology* (pp. 219–226). <http://doi.org/10.1145/502348.502389>

Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels* (Peter Lang). Suisse Collection : Exploration.

Dyke, G. (2009). *Un Modèle pour la Gestion et la Capitalisation d'Analyses de Traces d'Activités en Interaction Collaborative A model for managing and capitalising on the analyses of traces of activity in collaborative interaction*. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.

- Edelman, J. (2011). *Understanding Radical Breaks: Media and Behavior in Small Teams Engaged in Redesign Scenarios*. Stanford University. Retrieved from <http://medcontent.metapress.com/index/A65RM03P4874243N.pdf>
- Ensici, A., Badke-Schaub, P., Bayazit, N., & Lauche, K. (2013). Used and rejected decisions in design teamwork. *CoDesign*, 9(2), 113–131. <http://doi.org/10.1080/15710882.2013.782411>
- Ewenstein, B., & Whyte, J. (2009). Knowledge practices in design: The role of visual representations as “epistemic objects.” *Organization Studies*, 30(1), 7–30. <http://doi.org/10.1177/0170840608083014>
- Farel, R., Hisarciklilar, O., Boujut, J. F., Thomann, G., & Villeneuve, F. (2013). Challenges in expert user participation in design evaluation meetings. *J. of Design Research*, 11(2), 186. <http://doi.org/10.1504/JDR.2013.055155>
- Fleiss, J. L., & Cohen, J. (1973). The Equivalence of Weighted Kappa and the Intraclass Correlation Coefficient as Measures of Reliability. *Educational and Psychological Measurement*. <http://doi.org/10.1177/001316447303300309>
- Fraslin, M. (2013). *Evaluating the capacity of a virtual R & D community of practice: the case of Alstom Power Hydro*. Université de Grenoble.
- Frayret, J.-M., D’Amours, F., & D’Amours, S. (2003). *Collaboration et Outils Collaboratifs pour la PME Manufacturière*. CEFRIO.
- Galaup, M., Segonds, F., & Lelardeux, C. (2015). Mecagenius : An Innovative Learning Game for Mechanical Engineering. *International Journal of Engineering Education*, 31(3), 786–797. Retrieved from <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01148731>
- Garfinkel, H. (1967). *Studies in Ethnomethodology*. (Reprint, Ed.) (Polity Pre).
- Gero, J. (1990). Design prototypes: A knowledge representation scheme for design, 11(4): 26-36. *AI Magazine*, 11(4), 26–36.
- Grebici, K., Rieu, D., Blanco, E., Sigma, L. L.-, & Gilco, L. (2005). Les objets intermédiaires dans les activités d ’ ingénierie collaborative . In *INFormatique des ORganisations et Systèmes d’Information et de Décision - Inforsid* (pp. 621–636).

- Grudin, J. (1984). Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus.
- Grudin, J. (1994). Groupware and social dynamics: eight challenges for developers. *Communications of the ACM*, 37(1), 95–105. Retrieved from <https://www.lri.fr/~mbl/ENS/CSCW/2013/papers/Grudin-CACM-94.pdf>
- Hatchuel, A. (1996). Coopération et conception collective. Variété et crises des rapports de prescription - Coopération.
- Hatchuel, A. (2015). Apprentissages collectifs et activités de conception. *Revue Française de Gestion*, 8(253), 121–137. <http://doi.org/10.3166/RFG.253>
- Hays, W. (1988). *Statistics*.
- Hicks, B., McAlpine, H., Blanco, E., Cantamessa, M., Montagna, F., Storga, M., & Törlind, P. (2009). An intelligent design environment overcoming fundamental barriers to releasing a step change in design performance and innovation. In *International Conference on Engineering Design (ICED)* (Vol. 9, pp. 199–210).
- Hisarciklilar, O. (2009). *Formes et structures des annotations sémantiques pour supporter la communication en conception collaborative asynchrone* Onur Hisarciklilar  
To cite this version : *Formes et structures des annotations sémantiques pour supporter la communication en concep*. Institut Polytechnique de Grenoble.
- Hollingshead, a. B. (2000). Perceptions of Expertise and Transactive Memory in Work Relationships. *Group Processes & Intergroup Relations*, 3(3), 257–267. <http://doi.org/10.1177/1368430200033002>
- Jacobs, J. (2002). Gartner's Collaboration Glossary. *Gartner Report*.
- Jeanet, A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. Eléments pour une sociologie des processus de conception. *Sociologie Du Travail*. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=2453705>
- Kanawattanachai, P., & Yoo, Y. (2007). The impact of knowledge *Coordination* on virtual team performance over time. *Mis Quarterly*, 783–808.
- Kasunic, M. (2005). *Designing an Effective Survey*.

- Kitaygorodskaya, N. (2006). Measurement of Team Knowledge : Transactive Memory System and Team Mental Models. In *Frontiers of e-Business Research*.
- Kleinsmann, M., & Lugt, R. Van Der. (2007). Design games for simulating design communication. In *ICED* (pp. 1–13).
- Kleinsmann, M. S. (2006). *Understanding collaborative design*. Narcisinfo. Retrieved from <http://books.google.com/books?id=zK5RXwAACAAJ&pgis=1>
- Klimoski, R., & Mohammed, S. (1994). Team Mental Model : Construct or Metaphor? *Journal of Management*, 20(2), 403–437. <http://doi.org/10.1177/014920639402000206>
- Kozemjakin, M. (2014). *Study of the impact of information collected during the design process on the environmental expert*. Université Technologique de Troyes.
- Kvan, T. (2000). Collaborative design : what is it ?, 409–415.
- Le Dain, M.-A., Blanco, E., & Summers, J. D. (2013). Assessing Design Research quality : investigating verification and validation criteria. In *International Conference on Engineering Design (ICED)* (pp. 1–10).
- 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*.
- Lee, C. P. (2007). Boundary negotiating artifacts: Unbinding the routine of boundary objects and embracing chaos in collaborative work. *Computer Supported Cooperative Work*, 16(3), 307–339. <http://doi.org/10.1007/s10606-007-9044-5>
- Lewin, K. (1944). The dynamics of group action. *Educational Leadership*, 1(4), 195–200. <http://doi.org/10.1037/10319-011>
- Lewis, K. (2003). Measuring transactive memory systems in the field: Scale development and validation. *Journal of Applied Psychology*, 88(4), 587–604. <http://doi.org/10.1037/0021-9010.88.4.587>
- Lewis, K., Lange, D., & Gillis, L. (2005). Transactive Memory Systems, Learning, and Learning Transfer. *Organization Science*, 16(6), 581–598.

<http://doi.org/10.1287/orsc.1050.0143>

Maggi, E., & Déchelle, F. (1996). The evolution of the graphic editing environment for the IRCAM musical workstation. *Collected Work: On the Edge. Pages: 185-187. (AN: 1996-24053)*. .

Marilleau, N., Djouad, T., Godot, X., Marin, P. R., Coquard, P., & Martelle, J. (2010). Introduction to collaborative systems and groupware.

Maslet, C. (2007). From board to screen : initiation of engineers into collaborative design . In *Conference book Learning with games*. Nice.

Maslet, C., & Boujut, J. (2009). Initiating Engineers to distant collaboration : which scenario for a collaborative platform ? In *EPDE09* (pp. 1–6).

Maslet, C., & Boujut, J. (2010). Using situated FBS to model design interactions in a distant synchronous collaborative situation. In *International Design conference - Design* (pp. 1585–1594). Dubrovnik.

Matta, N., Ribiere, M., & Corby, O. (1999). *Définition d ' un Modèle de mémoire de projet*.

Mer, S., Jeantet, A., & Tichkiewitch, S. (1995). Les Objets Intermédiaires de la conception. *Le Communicationnel Pour Concevoir*, 21–41.

Metz, S., Renaut, C., & Cassier, J.-L. (2006). Distant co-design among professionals: a proposal for existing activities classification. In *Meeting diversity in Ergonomics IEA 2006*,. Maastricht, Netherlands. Retrieved from <http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/36/09/73/PDF/IEA2006ID1074.pdf>

Michinov, E. (2007). Validation de l'échelle de mémoire transactive en langue française et adaptation au contexte académique. *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, 57(1), 59–68. <http://doi.org/10.1016/j.erap.2006.03.001>

Michinov, E., & Michinov, N. (2013). Travail Collaboratif et Memoire Transactive : Revue critique et perspectives de recherche. *Le Travail Humain*, 76, 1–27.

Minneman, S. L. (1991). *The social construction of a technical reality : empirical studies*

*of group engineering design practice*. Stanford University.

Mintzberg, H. (1990). The design school: reconsidering the basic premises of strategic management. *Long Range Planning*, 11(5), 171–195. [http://doi.org/10.1016/0024-6301\(90\)90298-I](http://doi.org/10.1016/0024-6301(90)90298-I)

Mohammed, S., Klimoski, R., & Rentsch, J. R. (2000). The Measurement of Team Mental Models: We Have No Shared Schema. *Organizational Research Methods*, 3(2), 123–165. <http://doi.org/10.1177/109442810032001>

Moreland, R. (1999). Transactive memory: Learning who knows what in work groups and organizations. In *Shared cognition in organizations The management of knowledge* (pp. 3–31). <http://doi.org/10.4324/9780203647585>

Moreland, R. L., Argote, L., & Krishnan, R. (1996). Socially Shared Cognition at Work : Transactive Memory and Group Performance. In J. L. Nye & A. M. Brower (Eds.), *What's social about social cognition? Research on socially shared cognition in small groups* (pp. 57–84). Thousand Oaks, CA, US: Sage Publications, Inc.,

Moreland, R. L., & Myaskovsky, L. (2000). Exploring the Performance Benefits of Group Training: Transactive Memory or Improved Communication? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82(1), 117–133. <http://doi.org/10.1006/obhd.2000.2891>

Nicquevert, B. (2012). *Manager l ' interface*. Université de Grenoble.

Noël, F., Brissaud, D., & Tichkiewitch, S. (2003). Integrative Design Environment to Improve Collaboration between Various Experts. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 52(1), 109–112. [http://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60543-5](http://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60543-5)

Onur Hisarciklilar. (2008). *Formes et structures des annotations sémantiques pour supporter la communication en conception collaborative asynchrone*. Institut Polytechnique de Grenoble, Grenoble.

Ostergaard, K. J., & Summers, J. D. (2009). Development of a systematic classification and taxonomy of collaborative design activities. *Journal of Engineering Design*, 20(1), 57–81. <http://doi.org/10.1080/09544820701499654>

Pahl, G., & Beitz, W. (1996). *Engineering Design: A Systematic Approach* (Springer-V).

- Prudhomme, G., Boujut, J.-F., & Brissaud, D. (2003). Toward Reflective Practice in Engineering Design Education. *Int. J. Engng Ed.*, 19(2), 328–337.
- Prudhomme, G., Pourroy, F., & Lund, K. (2007). An empirical study of engineering knowledge dynamics in a design situation. *Journal of Design Research*, 6(3), 333–358.
- Rasoulifar, G. (2015). *Conception Intégrée de Produits de Marque*. Université de Grenoble Alpes.
- Rauniar, R., Doll, W., Rawski, G., & Hong, P. (2008). Shared knowledge and product design glitches in integrated product development. *International Journal of Production Economics*, 114(2), 723–736.
- Riel, A. (2012). *L'intégration – moyen et objectif pour l'idéation, l'innovation et la gestion des connaissances*. Université de Grenoble.
- Riel, A., Tichkiewitch, S., & Messnarz, R. (2010). Qualification and certification for the competitive edge in Integrated Design. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(4), 279–289. <http://doi.org/10.1016/j.cirpj.2010.04.005>
- Robinson, M. A. (2016). Quantitative Research Principles and Methods for Human-Focused Research in Engineering Design. In P. Cash, T. Stanković, & M. Štorga (Eds.), *Experimental Design Research: Approaches, Perspectives, Applications* (pp. 41–64). Cham: Springer International Publishing. [http://doi.org/10.1007/978-3-319-33781-4\\_3](http://doi.org/10.1007/978-3-319-33781-4_3)
- Rosenman, M. A., & Gero, J. S. (1996). Modelling multiple views of design objects in a collaborative environment, 28(3), 193–205. [http://doi.org/10.1016/0010-4485\(96\)86822-9](http://doi.org/10.1016/0010-4485(96)86822-9)
- Ruiz-Dominguez, G. A. (2005). *Caractérisation de l'activité de conception collaborative à distance : étude des effets de synchronisation cognitive*. Institut National Polytechnique de Grenoble.
- Sadeghi, S. (2015). *Proposition des modèles et de processus structurés pour le développement d'environnements collaboratifs synchrones : application aux réunions de revue de conception*. Université de Grenoble Alpes.
- Salas, E., Cooke, N. J., & Rosen, M. a. (2008). On teams, teamwork, and team performance: discoveries and developments. *Human Factors*, 50(3), 540–7.

<http://doi.org/10.1518/001872008X288457>.

Salber, D. (1995). *De l'interaction homme-machine individuelle aux systèmes multi-utilisateurs*. Université Joseph Fourier - Grenoble 1.

Schrage, M. (1990). *Shared Minds: The New Technologies of Collaboration* (Random Hou). New York.

Shteynberg, G., & Galinsky, A. D. (2011). Implicit Coordination: Sharing goals with similar others intensifies goal pursuit. *Journal of Experimental Social Psychology*, 47(6), 1291–1294. <http://doi.org/10.1016/j.jesp.2011.04.012>

Simon, H. A. (1996). *The sciences of the artificial*. (MIT Press, Ed.), *Computers & Mathematics with Applications* (Vol. 33). [http://doi.org/10.1016/S0898-1221\(97\)82941-0](http://doi.org/10.1016/S0898-1221(97)82941-0)

Sparrow, B., Liu, J., & Wegner, D. M. (2011). Google Effects on Memory: Cognitive Consequences of Having Information at Our Fingertips. *Science*, 333(6043), 776–778. <http://doi.org/10.1126/science.1207745>

Sprehn, K. A., Macht, G. A., Kremer, G. E., & Nembhard, D. A. (2013). Mediating engineering design team performance through conscientiousness and cognitive style. In *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN* (pp. 1–10). Seoul.

Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional Ecology, “Translations” and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley’s Museum of Vertebrate Zoology, 1907–39. *Social Studies of Sciences*, 19(3), 387–420.

Steward, T., & Ruckdeschel, C. (1998). Intellectual Capital: The New Wealth of Organisations. In *Human Performance* (Vol. 37, pp. 56–59).

Suh, N. P. (1998). Axiomatic Design Theory for Systems. *Research in Engineering Design*. <http://doi.org/10.1007/s001639870001>

Tang, J. C., & Leifer, L. J. (1991). An observational methodology for studying group design activity. *Research in Engineering Design*, 2(4), 209–219. <http://doi.org/10.1007/BF01579218>

Tate, D. (1999). *a Roadmap for Decomposition: Activities, Theories, and Tools for System*



*Design.* Yyyy. Massachusetts Institute of Technology.  
<http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Tiwana, A., & Mclean, E. R. (2005). *Expertise Integration and Creativity in Information Systems Development*. *Journal of Management Information Systems*, 22(1), 13–43.

Torlind, P., Sonalkar, N., Bergström, M., Blanco, E., Hicks, B., & McAlpine, H. (2009). Lessons learned and futur challenges for *Design Observatory* research. In *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, ICED09* (pp. 371–382).

Törlind, P., Sonalkar, N., Bergström, M., Blanco, E., Hicks, B., & McAlpine, H. (2009). Lessons learned and future challenges for *Design Observatory* research. In *International Conference on Engineering Design (ICED)* (pp. 371–382). Stanford, CA, USA.

Tory, M., Staub-French, S., Po, B. a., & Wu, F. (2008). Physical and digital artifact-mediated *Coordination* in building design. *Computer Supported Cooperative Work*, 17(4), 311–351. <http://doi.org/10.1007/s10606-008-9077-4>

Trousse, B. (1997). *Connaissances et savoir-faire en entreprise*. In F. J.M. (Ed.), *Connaissances et savoir-faire en entreprise* (Hermes). Paris.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2000). *Product Design and Development*. (McGraw-Hill International, Ed.).

Vinck, D. (2009). De l'Objet Intermédiaire à l'objet-frontière: Vers la prise en compte du travail d'équipement. *SAC Revue D'anthropologie Des Connaissances*, 3.

Vinck, D., Jeantet, A., & Laureillard, P. (1996). Objects and Other Intermediaries in the Sociotechnical Process of Product Design : an exploratory approach. In J. PERRIN & D. VINCK (Eds.), *The role of design in the shaping of technology* (Vol. 5, pp. 297–320).

Vinck, D., & Laureillard, P. (1995). *Coordination par les objets dans les processus de conception*. In *Représenter, coordonner, attribuer*” *Journées CSI* (pp. 11–13).

Visser, W. (2011). Les gestes dans des réunions de conception architecturale. *Activités*, 8(2).

- Vu Thi, H. (2012). *Analyse des environnements supports à l'ingénierie collaborative synchrone à distance : approche ergonomique pour l'amélioration des outils via l'analyse des usages*. Université de Grenoble.
- Wegner, D. M. (1986). *Transactive Memory : A Contemporary Analysis of the Group Mind*. (B. M. & G. R. G. (Eds.), Ed.), *Theories of Group Behavior*.
- Wegner, D. M., Giuliano, T., & Hertel, P. T. (1985). Cognitive Interdependence in close relationships. *Blackwell Handbook of Social Psychology: ...*, 253–276. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470998557.ch14/summary>
- Wetmore, W. R., Summers, J. D., & Greenstein, J. S. (2010). Experimental study of influence of group familiarity and information sharing on design review effectiveness. *Journal of Engineering Design*, 21(1), 111–126. <http://doi.org/10.1080/09544820802238217>
- Yin, R. K. (2006). Case Study Research - Design and Methods. *Clinical Research*, 2, 8–13. <http://doi.org/10.1016/j.jada.2010.09.005>

## Annexes

## Annexes

### A1 : Echelle de mesure du Système de Mémoire Transactive (TMS selon Lewis)

Version English (Lewis 2003)	Version Français (Michinov 2007)
<p><u>CO Coordination</u></p> <p>CO1. Our team worked together in a well-coordinated fashion.</p> <p>CO2. Our team had very few misunderstandings about what to do.</p> <p>CO3. Our team needed to backtrack and start over a lot.</p> <p>CO4. We accomplished the task smoothly and efficiently.</p> <p>CO5. There was much confusion about how we would accomplish the task.</p>	<p><u>CO Coordination</u></p> <p>CO1. Notre groupe travaillait ensemble de façon parfaitement coordonnée.</p> <p>CO2. Il y avait très peu d'incompréhension sur ce que devait faire notre groupe.</p> <p>CO3. Notre groupe avait souvent besoin de revenir en arrière et de recommencer.</p> <p>CO4. Nous avons réalisé notre travail tranquillement et efficacement.</p> <p>CO5. Il y avait beaucoup de confusion sur la manière d'accomplir le travail</p>
<p><u>CR Credibility</u></p> <p>CR1. I was comfortable accepting procedural suggestions from other team members.</p> <p>CR2. I trusted that other members' knowledge about the project was credible.</p> <p>CR3. I was confident relying on the information that other team members brought to the discussion.</p> <p>CR4. When other members gave information, I wanted to double-check it for myself. (reversed)</p> <p>CR5. I did not have much faith in other members' "expertise." (reversed)</p>	<p><u>CR Crédibilité</u></p> <p>CR1. J'acceptais volontiers les suggestions des autres membres du groupe sur la manière de procéder.</p> <p>CR2. Je faisais confiance aux connaissances qu'avaient les autres membres du groupe à propos du sujet.</p> <p>CR3. Je pouvais compter en toute confiance sur les informations que les autres membres du groupe apportaient dans les échanges.</p> <p>CR4. Lorsque d'autres membres du groupe apportaient des informations, je m'efforçais de les vérifier par moi-même (inversé).</p> <p>CR5. Je n'accordais pas beaucoup de crédit à la compétence des autres membres du groupe (inversé).</p>
<p><u>SP Specialization</u></p> <p>SP1. Each team member has specialized knowledge of some aspect of our project.</p> <p>SP2. I have knowledge about an aspect of the project that no other team member has.</p> <p>SP3. Different team members are responsible for expertise in different areas.</p> <p>SP4. The specialized knowledge of several different team members was needed to complete the project deliverables.</p> <p>SP5. I know which team members have expertise in specific areas.</p>	<p><u>SP Spécialisation</u></p> <p>SP1. Chaque membre du groupe détenait une connaissance spécifique concernant un des aspects du travail à réaliser.</p> <p>SP2. J'avais une connaissance sur un des aspects qu'aucun des membres du groupe ne possédait.</p> <p>SP3. Les différents membres du groupe avaient une compétence dans des domaines différents.</p> <p>SP4. Les connaissances spécifiques de chacun des membres du groupe étaient nécessaires pour réaliser entièrement le travail.</p> <p>SP5. Je connaissais quelle était la compétence de chaque membre du groupe dans des domaines spécifiques.</p>

## A2 : Echelle de mesure des Activités de Conception Collaboratives (CDA)

Version English	Version Française
<p><u>GS Goals Sharing</u></p> <p>GS1. There was discussion on the goals of the project.  GS2. We set up an explicit ranking of the goals of the project.  GS3. I had feeling that there was an implicit ranking of goals during the project.  GS4. I adapted my own goals during the project  GS5. We met our project goals.</p>	<p><u>GS Partage des objectifs</u></p> <p>GS1. Il y a eu des échanges sur les objectifs du projet.  GS2. Nous avons hiérarchisé les objectifs de façon explicite.  GS3. Le groupe a privilégié certains objectifs implicites.  GS4. J'ai adapté mes objectifs métiers propres au cours du projet.  GS5. Nous avons atteint les objectifs du projet.</p>
<p><u>EI Expertise Integration</u></p> <p>EI1. I expressed my area requirements a lot.  EI2. I gained understanding on the others expertise.  EI3. I gained knowledge on my specific area during the project.  EI4. I learned by observing others.  EI5. I provided knowledge to the others teammates.</p>	<p><u>EI Intégration des Expertises</u></p> <p>EI1. J'ai beaucoup explicité mes contraintes métiers.  EI2. J'ai beaucoup appris sur le métier des autres.  EI3. J'ai acquis des connaissances sur mon domaine au cours du projet.  EI4. J'ai appris en observant les autres.  EI5. J'ai fourni des connaissances aux autres coéquipiers.</p>
<p><u>DM Decision Making</u></p> <p>DM1. I generally agreed with the group decisions.  DM2. The decisions were built collectively.  DM3. There was a strong leadership in the team.  DM4. Decisions were based on explicit criteria.  DM5. Decisions were more and easier to take.</p>	<p><u>DM Stratégie de prise de décision</u></p> <p>DM1. Je me suis senti solidaire des décisions de l'équipe.  DM2. Les décisions étaient construites collectivement.  DM3. Il y avait un leader fort dans le groupe.  DM4. Les décisions ont été prises avec des critères explicites  DM5. Les décisions étaient de plus en plus faciles à prendre le long du projet.</p>

## Annexes

### A3 : Echelle de mesure des *Ressources* (RSC)

Version English	Version Française
<p><u>RSC Resources</u></p> <p>RSC1. Our team used resources to coordinate.</p> <p>RSC2. I felt more credible when I used resources in order to shared knowledge or information.</p> <p>RSC3. I used specific area resources to complete my own task.</p> <p>RSC4. I used or created resources for my own area.</p> <p>RSC5. I used resources to exchanges knowledge or information.</p> <p>RSC6. We used specific resources to support <i>Decision Making</i> .</p>	<p><u>RSC Ressources</u></p> <p>RSC1. Notre groupe a utilisé des <i>Ressources</i> pour se coordonner.</p> <p>RSC2. Je me sens plus crédible lorsque j'utilise des <i>Ressources</i> afin partager des connaissances ou d'informations.</p> <p>RSC3. J'ai utilisé des <i>Ressources</i> de mon domaine pour réaliser ma propre tâche.</p> <p>RSC4. J'ai utilisé ou créé des <i>Ressources</i> pour mon domaine d'expertise.</p> <p>RSC5. J'ai utilisé des <i>Ressources</i> pour échanger des connaissances ou des informations.</p> <p>RSC6. Nous avons utilisé des <i>Ressources</i> pour nous aider à prendre des décisions.</p>

## A3 : Courbes délais des réponses

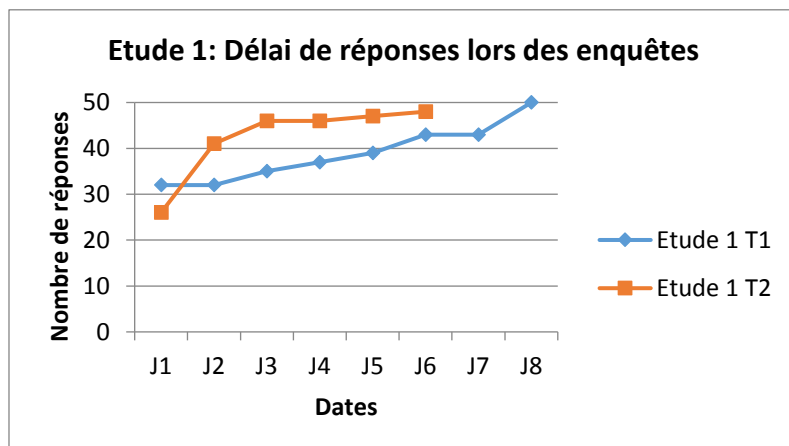


Figure 0-1: Délai de réponses étude 1

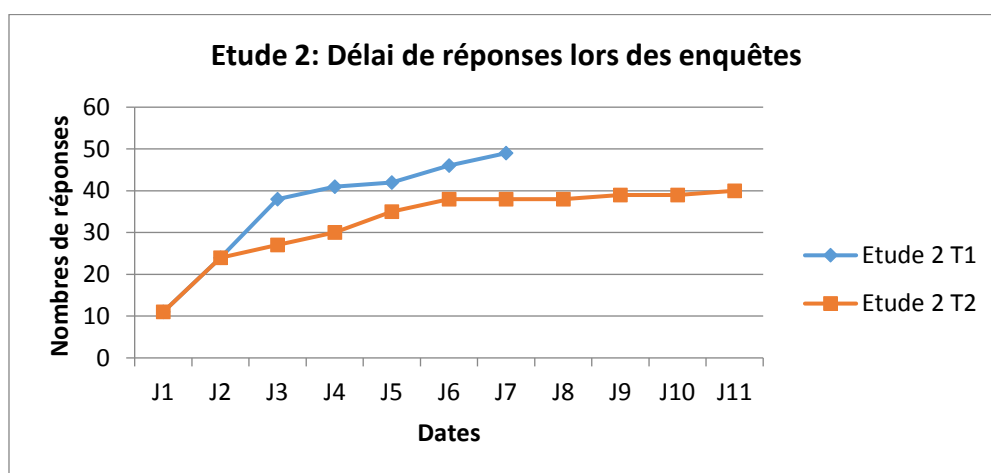


Figure 0-2 : Délai de réponses étude 2

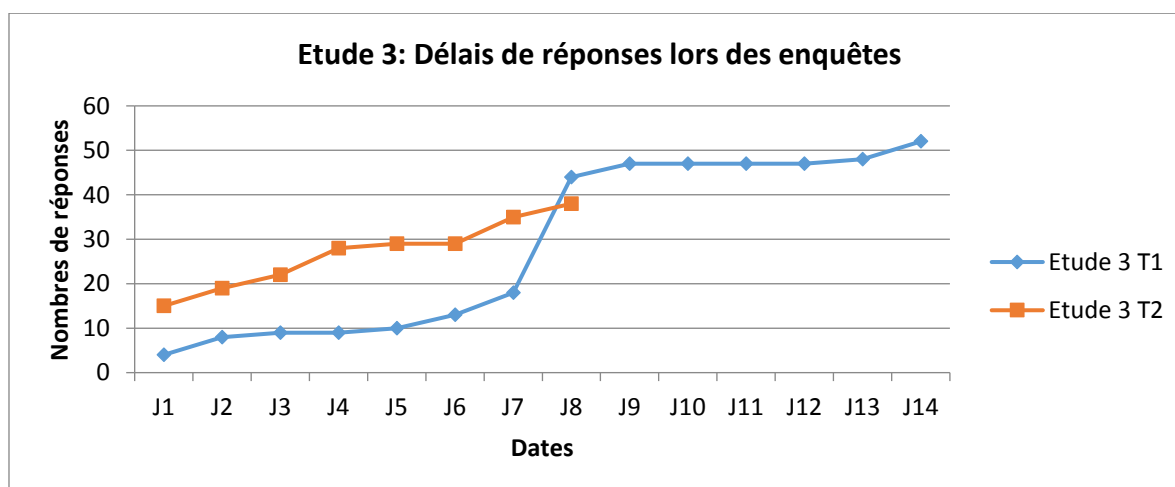


Figure 0-3 : Délai de réponses étude 3

## Annexes

### A4 : Résultats de calcul

#### Equipes Agrégées

Tableau 0-1 : Tableau des corrélations des données individuelles à T1, N=119

T1	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Gs	Ei	Dm
TMS								
Co	,830**							
Cr	,797**	,535**						
Sp	,676**	,312**	,311**					
CDA	,700**	,594**	,454**	,566**				
Gs	,623**	,534**	,412**	,489**	,876**			
Ei	,452**	,352**	,279**	,419**	,815**	,579**		
Dm	,692**	,612**	,455**	,522**	,838**	,624**	,495**	
Rs	,384**	,319**	,285**	,280**	,570**	,484**	,515**	,445**

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01. \* . La corrélation est significative au niveau 0.05.

Tableau 0-2 : Tableau des corrélations des données individuelles à T2, N=119

T2	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Gs	Ei	Dm
TMS								
Co	,810**							
Cr	,832**	,510**						
Sp	,767**	,385**	,510**					
CDA	,676**	,587**	,417**	,624**				
Gs	,479**	,431**	,293**	,426**	,817**			
Ei	,511**	,380**	,325**	,537**	,861**	,559**		
Dm	,721**	,671**	,437**	,621**	,880**	,575**	,642**	
Rs	,428**	,333**	,261**	,443**	,721**	,604**	,708**	,544**

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01. \* . La corrélation est significative au niveau 0.05.

Dans les tableaux qui suivent, sont exposés les tableaux des corrélations spécifiques de chaque étude.

## GI 2013

Table 3. Mean, standard deviations, Cronbach's alpha and correlations (individual level)

		N	M	SD	$\alpha$	Time 1					Time 2							
						TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Ar	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Ar	
Time 1	TMS	41	55,34	5,156	.53	-												
	Coordination	44	18,73	3,344		.857**	-											
	Credibility	44	20,48	2,473		.543**	.273	-										
	Specialization	43	16,12	2,238		.383*	.153	-.255	-									
	CDA	43	36,14	4,033	.57	.457**	.442**	-.056	.453**	-								
	Artefacts	43	22,14	3,609	.69	.164	.237	.046	.025	.180	-							
Time 2	TMS	45	56,09	5,426	.63	.556**	.476**	.183	.390**	.458**	.064	-						
	Coordination	45	19,71	2,967		.543**	.579**	.096	.216	.138	-.001	.676**	-					
	Credibility	45	19,98	2,659		.331*	.277	.470**	-.162	.325*	.030	.654**	.169	-				
	Specialization	45	16,40	2,709		.191	.049	-.206	.696**	.460**	.103	.621**	.094	.143	-			
	CDA	44	37,16	3,444	.41	.517**	.550**	.098	.341*	.550**	.170	.649**	.563**	.285	.405**	-		
	Artefacts	45	21,78	3,363	.65	.196	.214	.201	-.013	.260	.422**	.086	.116	-.006	.050	.343*	-	

\* The correlation is significant at  $p < 0.05$ .\*\* The correlation is significant at  $p < 0.01$ .

## GI-2014

Tableau 0-3 : Tableau des corrélations GI 2014 à T1

T1	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Gs	Ei	Dm
TMS								
Co	.744**							
Cr	.741**	.362**						
Sp	.692**	.248	.260					
CDA	.622**	.487**	.383**	.482**				
Gs	.488**	.323*	.359**	.381**	.806**			
Ei	.548**	.477**	.218	.494**	.736**	.375**		
Dm	.451**	.373**	.321*	.288*	.828**	.497**	.441**	
Rs	.072	-.062	.096	.124	.370**	.237	.245	.391**

\*\*. La corrélation est significative au niveau 0.01. \*. La corrélation est significative au niveau 0.05.

Tableau 0-4 : Tableau des corrélations GI 2014 à T2

T2	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Gs	Ei	Dm
TMS								
Co	.757**							
Cr	.781**	.396**						
Sp	.751**	.310*	.414**					
CDA	.717**	.507**	.403**	.728**				
Gs	.572**	.374**	.385**	.550**	.810**			
Ei	.497**	.292*	.283	.563**	.787**	.461**		
Dm	.688**	.559**	.336*	.671**	.870**	.588**	.500**	
Rs	.518**	.238	.330*	.623**	.594**	.420**	.565**	.482**

\*\*. La corrélation est significative au niveau 0.01. \*. La corrélation est significative au niveau 0.05.



## Annexes

### Clemson 2014

Tableau 0-5 : Tableau des corrélations Clemson 2014 à T1

T1	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Gs	Ei	Dm
TMS								
Co	,849**							
Cr	,815**	,538**						
Sp	,769**	,448**	,485**					
CDA	,611**	,459**	,392**	,653**				
Gs	,478**	,384**	,283*	,504**	,887**			
Ei	,224	,003	,167	,428**	,825**	,676**		
Dm	,806**	,747**	,519**	,677**	,742**	,491**	,344*	
Rs	,473**	,325*	,384**	,464**	,658**	,589**	,553**	,473**

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01. \* . La corrélation est significative au niveau 0.05.

Tableau 0-6 : Tableau des corrélations Clemson 2014 à T2

T2	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Gs	Ei	Dm
TMS								
Co	,818**							
Cr	,840**	,509**						
Sp	,785**	,422**	,563**					
CDA	,665**	,633**	,374*	,614**				
Gs	,495**	,572**	0,198	,416**	,846**			
Ei	,528**	,361*	,310	,649**	,870**	,605**		
Dm	,701**	,708**	,445**	,538**	,907**	,659**	,682**	
Rs	,337*	0,271	0,095	,476**	,711**	,661**	,715**	,516**

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01. \* . La corrélation est significative au niveau 0.05.

### Clemson 2015

Tableau 0-7 : Tableau des corrélations Clemson 2015 à T1

T1	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Gs	Ei	Dm
TMS								
Co	,899**							
Cr	,822**	,702**						
Sp	,599**	,346*	,153					
CDA	,785**	,720**	,542**	,575**				
Gs	,659**	,634**	,483**	,413**	,871**			
Ei	,559**	,479**	,311*	,539**	,804**	,523**		
Dm	,787**	,721**	,583**	,532**	,885**	,682**	,575**	
Rs	,559**	,585**	,359**	,352*	,682**	,598**	,663**	,494**

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01. \* . La corrélation est significative au niveau 0.05.

Tableau 0-8 : Tableau des corrélations Clemson 2015 à T2

T2	TMS	Co	Cr	Sp	CDA	Gs	Ei	Dm
TMS								
Co	,882**							
Cr	,881**	,693**						
Sp	,782**	,510**	,540**					
CDA	,676**	,522**	,513**	,714**				
Gs	,334*	0,186	0,278	,414**	,697**			
Ei	,468**	0,298	,360*	,566**	,884**	,449**		
Dm	,809**	,747**	,589**	,731**	,836**	0,313	,666**	
Rs	,446**	,337*	,428**	,380*	,721**	,551**	,719**	,482**

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01. \* . La corrélation est significative au niveau 0.05.

## Annexes

### A5 : Questionnaire en ligne “How did you collaborate” ?

#### How did you collaborate in your project?

The purpose of this questionnaire is to understand the collaboration in engineering design meetings. Your participation is necessary to help us to better understand the group dynamics of mutual understanding in teams.

Please respond individually.

The data will be used for this study only. Published results will remain anonymous.

Contact: Jean-François BOUJUT ([jboujut@clermson.edu](mailto:jboujut@clermson.edu))

\*Obligatoire

**What is the project sponsor? \***

**What is your team number? \***

**What is the goal of the project?**

**How many members do you have in the team?**

**What was your role during the project?**

if applicable

Continuer »



Terminé à 25 %

Fourni par  
 Google Forms

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

[Signaler un cas d'utilisation abusive](#) - [Conditions d'utilisation](#) - [Clauses additionnelles](#)

## How did you collaborate in your project?

\*Obligatoire

### Page 2/4

**Team members have a specialized knowledge of some aspects of our project. \***

Specific background in one of the aspects of the project (e.g. electronics, control, thermal engineering, etc.)

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I was confident relying on the information that other team members brought to the discussion. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**We used specific resources to support decision making. \***

In this questionnaire, the term 'RESOURCE' relates to any artifact used by the team members or any representation produced by the team members during the project. For example, element of the product, cardboard mock-ups, text, sketches, photos, CAD models, prototypes,...

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**The specialized knowledge of several different team members was needed to complete the project deliverables. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I had feeling that there was an implicit ranking of goals (or criteria) during the project. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I was comfortable accepting procedural suggestions from other team members. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

## Annexes

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**Our team worked together in a well-coordinated fashion. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I used specific area resources to complete my own task. \***

In this questionnaire, the term 'RESOURCE' relates to any artifact used by the team members or any representation produced by the team members during the project. For example, element of the product, cardboard mock-ups, text, sketches, photos, CAD models, prototypes,...

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I gained knowledge on my specific area during the project. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I gained understanding on the others expertise. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**Decisions were easier to take as the project was progressing. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**We accomplished the task smoothly and efficiently. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

« Retour

Continuer »

Terminé à 50 %

Fourni par

 Google Forms

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

[Signaler un cas d'utilisation abusive](#) - [Conditions d'utilisation](#) - [Clauses additionnelles](#)

## How did you collaborate in your project?

\*Obligatoire

### Page 3/4

**There was a strong leadership in the team. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I know which team members have expertise in specific areas. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**There was much confusion about how we would accomplish the task. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**Different team members are responsible for expertise in different areas. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I expressed my area requirements a lot. \***

If a specific role is affected. If not just evaluate your own capacity to express and defend the requirements you formulated

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I have knowledge about an aspect of the project that no other team member has. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I adapted my own goals during the project \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

## Annexes

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I adapted my own goals during the project \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I generally agreed with the group decisions. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I trusted that other members' knowledge about the project was credible. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**Our team used resources to coordinate. \***

In this questionnaire, the term 'RESOURCE' relates to any artifact used by the team members or any representation produced by the team members during the project. For example, element of the product, cardboard mock-ups, text, sketches, photos, CAD models, prototypes,...

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**When other members gave information, I had to double-check. \***

1 2 3 4 5

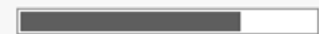
Strongly disagree      Strongly agree

**Our team needed to backtrack and start over a lot. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

[« Retour](#) [Continuer »](#)



Terminé à 75 %

## How did you collaborate in your project?

\*Obligatoire

### Page 4/4

**Our team had very few misunderstandings about what to do. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**The decisions were built collectively. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I felt more credible when I used resources in order to shared knowledge or information. \***

In this questionnaire, the term 'RESOURCE' relates to any artifact used by the team members or any representation produced by the team members during the project. For example, element of the product, cardboard mock-ups, text, sketches, photos, CAD models, prototypes,...

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**We set up an explicit ranking of the goals (and/or criteria) of the project. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I provided knowledge to the others teammates. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I used resources to exchanges knowledge or information. \***

In this questionnaire, the term 'RESOURCE' relates to any artifact used by the team members or any representation produced by the team members during the project. For example, element of the product, cardboard mock-ups, text, sketches, photos, CAD models, prototypes,...

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**There was discussion on the goals (and criteria) of the project. \***



## Annexes

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**There was discussion on the goals (and criteria) of the project. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I used or created resources for my own area. \***

In this questionnaire, the term 'RESOURCE' relates to any artifact used by the team members or any representation produced by the team members during the project. For example, element of the product, cardboard mock-ups, text, sketches, photos, CAD models, prototypes,...

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I did not have much faith in other members' "expertise." \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**Decisions were based on explicit criteria. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**We met our project goals. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

**I learned by observing others. \***

1 2 3 4 5

Strongly disagree      Strongly agree

[« Retour](#)

[Envoyer](#)

N'envoyez jamais de mots de passe via Google Forms.

100 % : vous avez réussi.

Fourni par

 **Google Forms**

Ce contenu n'est ni rédigé, ni cautionné par Google.

[Signaler un cas d'utilisation abusive](#) - [Conditions d'utilisation](#) - [Clauses additionnelles](#)



# **Contribution à l'évaluation de la qualité de la collaboration en conception de produits**

## **Résumé**

L'organisation fonctionnelle des entreprises impose un fonctionnement en mode projet. Ces projets sont menés par des experts de différentes spécialités et d'origine diverses. Ces équipes ont besoin d'outils pour être performant et proposer des solutions adaptées aux multiples besoins des marchés de plus en plus exigeants. Au cours de leurs réunions et activités, ils se créent une conscience de groupe qui s'enrichit à travers les interactions et s'appuie sur diverses représentations externes. Cette thèse aborde l'étude des mécanismes permettant la performance des équipes de conception collaborative en réunion synchrone. Elle a essayé de démontrer les liens entre leur Système de Mémoire Transactive (TMS), leurs Activités de Conception Collaboratives (CDA) et leurs Objets désignés *Ressources* (RSC), et d'identifier les éléments favorisant ces liens. Nous avons dans un premier temps réalisé une enquête auprès des équipes de conception collaborative en environnement universitaire. Puis dans un second temps nous avons réalisé une expérimentation sur deux équipes en situation de conception collaborative synchrone autour du *Serious game Delta Design* déployé sur une table interactive. Les résultats de cette recherche montrent que si la performance est favorisée par la TMS ou la CDA, leur lien statistique est établi, de même que le lien entre les activités de conception et les *Ressources* mobilisées. Cependant, l'absence de lien statistique fort TMS CDA montre que les équipes ne semblent conscientes de l'utilisation des objets dans la construction de leur TMS, alors que les artefacts de la table interactive sont les plus sollicités et les activités de prise de décision semblent les plus importantes dans ces séances. Cette thèse contribue au corpus de connaissance sur l'étude des équipes de conception collaborative et met à disposition des outils d'évaluation de la performance des équipes de conception collaboratives synchrone.

Mots clés : *Analyse d'interactions, Conception Collaborative, System de Mémoire Transactive, Objets partagés, Jeux Sérieux, Design Observatory.*

# **Contribution to the assessment of the quality of collaboration in product design**

## **Abstract**

Today functional structure of enterprises requires teamwork and project mode organization. These projects are carried out by experts from different domains of expertise. Besides the teams need supporting tools in order to improve the efficiency of their design process and to propose adapted solutions to complex design problems. In the course of their meetings and collaborative activities they create group awareness through their interactions and creation of various artifacts. This thesis studies mechanisms that underlie performance of collaborative design team in synchronous meeting. In this thesis we demonstrate the links between Transactive Memory System (TMS), Collaborative Design Activities (CDA) and Objects called Resources (RSC), and identify the elements that drive these links. A survey has been used to study collaborative design teams in academic environment. Then, we performed direct observation of two teams during synchronous collaborative design meetings with a serious game *Delta Design* on interactive table. Results show that if performance is enhanced statistically by good TMS or CDA, and the link is demonstrate, so is the links between CDA RSC. However, the lack of statistical strong correlation between TMS and RSC seems to show that team members are not conscious of using artifacts during TMS building. While artifacts on interactive table are more solicited and Decision Making activities seems to be more important during their session. This thesis contributes to a better understanding of collaborative design teams and offers tools to evaluate collaborative design activities.

Key words : *Interaction analysis, Collaborative Design, Transactive Memory System, intermediary objects, Serious game, Design experiment.*