



Evaluation de la qualité des résultats de la collaboration électronique

Raoudha Chebil

► **To cite this version:**

Raoudha Chebil. Evaluation de la qualité des résultats de la collaboration électronique. Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain. Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc, 2014. Français. <NNT : 2014MON20071>. <tel-01382889>

HAL Id: tel-01382889

<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01382889>

Submitted on 17 Oct 2016

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.

UNIVERSITE DE LA MANOUBA, TUNISIE
ECOLE NATIONALE DES SCIENCES DE L'INFORMATIQUE



EN COTUTELLE INTERNATIONALE

UNIVERSITE MONTPELLIER 2, FRANCE
SCIENCES & TECHNIQUES



THÈSE DE DOCTORAT

présentée en vue de l'obtention du titre de

DOCTEUR EN INFORMATIQUE

de l'École Nationale des Sciences de l'Informatique
et de l'Université Montpellier 2

par

Raoudha CHEBIL

Titre

**ÉVALUATION DE LA QUALITE DES RESULTATS DE LA
COLLABORATION ÉLECTRONIQUE**

Réalisée aux laboratoires



Laboratoire Stratégies d'Optimisation
et Informatique intelligentE, Tunisie



Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de
Microélectronique de Montpellier, France

Soutenue le 30 Septembre 2014 devant le jury composé de

Mr Claude FRASSON, Professeur, Université de Montréal	Examineur
Mr Said TAZI, Maître de Conférences HDR, Université de Toulouse 1 Capitole	Rapporteur
Mme Narjes BELLAMINE BEN SAOUD, Maître de Conférences HDR, Université de Tunis El Manar	Rapporteur
Mr Stéfano A. CERRI, Professeur, Université de Montpellier II	Directeur de thèse
Mr Khaled GHEDIRA, Professeur, Université de Tunis	Directeur de thèse
Mme Wided LEJOUAD CHAARI, Maître Assistante HDR, Université de la Manouba	Examineur

Dédicace

Aux êtres les plus chers dans ma vie : mes chers parents

A mon cher frère ainsi qu'à toute sa famille

A ma chère soeur ainsi qu'à son adorable fils

A toute ma famille

A tous mes amis

A tous ceux que j'aime et qui ont souhaité ma réussite

Je dédie ce travail

Raoudha

Remerciements

Je tiens à remercier Mr. Claude FRASSON, Professeur à l'Université de Montréal, pour l'honneur qu'il m'a accordé en acceptant d'examiner mon travail et de faire partie du jury de ma soutenance de thèse.

Je remercie également Mme. Narjes BELLAMINE BEN SAOUD, Maître de Conférences à l'Université de Tunis El Manar et Mr. Said TAZI, Maître de Conférences à l'Université de Toulouse 1 Capitole, pour avoir accepté de rapporter mon travail et m'avoir fait l'honneur d'être membres du jury de ma soutenance de thèse.

J'ai le plaisir d'exprimer mes vifs remerciements à mes directeurs de thèse Mr. Stefano A. CERRI, Professeur à l'Université de Montpellier II faisant partie du laboratoire LIRMM et Mr. Khaled GHEDIRA, Professeur à l'Université de Tunis et fondateur du laboratoire SOIE pour leur disponibilité, leurs conseils précieux et leurs encouragements.

Avec un immense plaisir et une grande reconnaissance, je voudrais remercier Mme. Wided LEJOUAD CHAARI, Maître Assistante HDR à l'Ecole Nationale des Sciences de l'Informatique pour son soutien, sa disponibilité, ses efforts et la qualité de l'encadrement dont elle m'a fait bénéficier tout le long de ce travail de thèse et bien avant dans le cadre du Mastère.

Enfin, je voudrais remercier toute personne de ma famille, de mes amis ou de mes collègues qui m'a aidée, soutenue, encouragée et conseillée durant toutes ces années de préparation.

Raoudha CHEBIL

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE	1
I ETAT DE L'ART	6
1 COLLABORATION ELECTRONIQUE	7
1.1 Collaboration	7
1.1.1 Présentation et définition	7
1.1.2 Contraintes liées à la collaboration	9
1.2 De la collaboration à la collaboration électronique	10
1.3 Concepts de base de la collaboration électronique	12
1.3.1 Groupe	13
1.3.2 Interaction	13
1.3.3 TCAO : définition et enjeux	14
1.3.4 Collecticiel	16
1.4 Domaines d'application de la collaboration électronique	20
1.4.1 E-learning	20
1.4.2 E-business	22
1.4.3 E-science	23
1.5 Conclusion	24
2 EVALUATION DE L'ECOLLABORATION	25
2.1 Présentation générale du concept de l'évaluation	25
2.2 Propriétés des scénarios d'eCollaboration et leurs impacts sur l'évaluation	26
2.3 Etude bibliographique de l'évaluation de l'eCollaboration	28
2.3.1 Travaux d'évaluation génériques	29

2.3.2	Travaux d'évaluation spécifiques	30
2.3.3	Récapitulation	32
2.4	Critique de l'existant	32
2.5	Analyse de la fiabilité humaine	37
2.5.1	Méthodes d'analyse de la fiabilité humaine de première génération	37
2.5.2	Méthodes d'analyse de la fiabilité humaine de deuxième généra- tion	38
2.6	Conclusion	43
II	CONTRIBUTIONS	45
3	ANALYSE BASEE SUR LES SCENARIOS	46
3.1	Démarche suivie	46
3.2	Analyse basée sur les scénarios	49
3.2.1	Scénario d'e-learning	49
3.2.2	Scénario de vote	54
3.2.3	Réunion virtuelle	58
3.3	Résultats obtenus	61
3.3.1	Modèle conceptuel de la collaboration électronique	61
3.3.2	Schéma des interactions	63
3.3.3	Classification des scénarios d'eCollaboration	65
3.4	Conclusion	68
4	SIMULATION	69
4.1	Présentation et définition	69
4.2	Simulateur proposé	70
4.2.1	Pourquoi simuler?	70
4.2.2	Modèle de simulation	71
4.2.3	Scénarios simulés	73
4.2.4	Architecture du simulateur	79
4.2.5	Implémentation	81
4.3	Observations et retours sur l'évaluation	82
4.3.1	Observations	82

4.3.2	Retours sur l'évaluation	86
4.4	Conclusion	87
5	APPROCHE D'EVALUATION	89
5.1	Approche d'évaluation générique par détection et explication d'anomalies	89
5.2	Premier niveau : détection des anomalies	90
5.3	Deuxième niveau : explication des anomalies	95
5.3.1	Application et adaptation de la méthode CREAM	96
5.3.2	Graphe causal	97
5.3.3	Théorie de l'évidence	99
5.4	Application et test de l'approche proposée	101
5.4.1	Premier niveau	102
5.4.2	Deuxième niveau	103
5.5	Récapitulation	107
5.6	Conclusion	109
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	111
	Bibliographie	116
	ANNEXE A	122
	ANNEXE B	132
	ANNEXE C	136

Table des figures

1.1.1 Travail coopératif versus travail collaboratif (Henri et Cayrol, 2001) . . .	9
1.3.1 Trèfle fonctionnel du collecticiel (Piquet, 2009)	18
1.3.2 Classification des fonctionnalités des collecticiels (Courbon et Tajan, 1999)	19
2.5.1 Classification des phénotypes (Hollnagel, 1998)	41
2.5.2 Les catégories du schéma de classification des actions (Hollnagel, 1998) .	42
3.2.1 Diagramme d'activité d'un scénario d'e-learning	51
3.2.2 Diagramme de séquence de la phase de construction collaborative des connaissances	52
3.2.3 Diagramme de séquence de la phase de choix du sujet à développer . . .	53
3.2.4 Diagramme de séquence de la phase de préparation et de soumission du magazine	54
3.2.5 Diagramme d'activité du scénario de vote par e-mail	55
3.2.6 Diagramme d'activité du premier cycle de vote	56
3.2.7 Diagramme d'activité du deuxième cycle de vote	57
3.2.8 Diagramme de séquence du scénario de vote par e-mail	58
3.2.9 Diagramme d'activité du scénario de réunion virtuelle	59
3.2.10 Diagramme de séquence du scénario de réunion virtuelle	60
3.2.11 Diagramme de séquence du fragment d'acheminement des données . .	60
3.3.1 Modèle conceptuel de la collaboration électronique	62
3.3.2 Schéma des interactions dans un scénario d'eCollaboration	64
3.3.3 Classification des scénarios d'eCollaboration	67
4.2.1 Patron de simulation d'un scénario de collaboration sur une ressource commune avec organisation pair-à-pair	74

4.2.2 Patron de simulation d'un scénario de collaboration sur une ressource commune avec organisation hiérarchique	76
4.2.3 Patron de simulation d'un scénario de collaboration basée sur les échanges avec organisation pair-à-pair	77
4.2.4 Diagramme de séquence des échanges entre chef et groupes d'eCollaborateurs dans le patron de simulation 4	78
4.2.5 Diagramme de séquence de la négociation de solution par les groupes d'eCollaborateurs dans le patron de simulation 4	78
4.2.6 Architecture du simulateur proposé	80
4.3.1 Accomplissement partiel de sous-buts	84
4.3.2 Blocage du scénario	85
4.3.3 Insuffisance du temps de l'eCollaboration	86
5.2.1 Réponses au questions concernant le premier niveau d'évaluation	93
5.3.1 Exemple simplifié de graphe causal du phénotype P1	98
5.4.1 Graphe causal d'explication du phénotype "Activité faible"	105
5.4.2 Propagation des masses dans le graphe causal d'explication du phénotype "Activité faible"	106
5.5.1 Schéma de principe d'une évaluation (Senach, 1990)	109
5.5.2 Schéma de principe de l'approche d'évaluation proposée	109
5.6.1 Oz Programming Interface	131

Liste des tableaux

1.1	Matrice espace/temps (Johansen, 1988)	17
2.1	Tableau récapitulatif d'une liste représentative de travaux d'évaluation de l'eCollaboration	33
2.2	Tableau comparatif des travaux d'évaluation de l'eCollaboration	35
2.3	Liste des Conditions Communes de Performances	40
3.1	Éléments communs aux scénarios d'eCollaboration	63
4.1	Analogies effectuées pour simuler les scénarios d'eCollaboration	72
4.2	Variables déterminant les différentes instances de scénarios	81
4.3	Tableau récapitulatif du nombre d'instances observées	83
5.1	Tableau de comparaison entre le contexte prévu et le contexte réel de la rédaction collaborative d'un article scientifique	94
5.2	Comparaison entre le contexte prévu et le contexte effectif	103

INTRODUCTION GENERALE

Cadre général de la thèse

La collaboration ou travail collaboratif désignant, dans son sens large, le travail collectif a fait l'objet d'une multitude de travaux de recherche apparus depuis plusieurs décennies et qui ne cessent de se multiplier jusqu'au aujourd'hui. Les plus anciens d'entre eux se sont focalisés sur la définition et l'explication du concept (Bush, 1945; Gray, 1989) et sur la mise en valeur de l'efficacité de la collaboration comparée au travail individuel (Smith, 1776). Après quelques années de son apparition et, compte tenu de ses avantages irrévocables, le concept de la collaboration a été admis et entrepris pratiquement par tous les domaines, donnant des résultats intéressants tout en imposant plusieurs contraintes géographiques, temporelles et organisationnelles (Lonchamp, 2003). En effet, afin de pouvoir profiter des avantages de la collaboration, il est impératif aux différents participants de se trouver dans le même emplacement géographique, souvent au même moment (selon la nature de la tâche en question) et de suivre certaines règles d'organisation permettant d'augmenter leur efficacité et leur productivité. Comme nous le savons tous, et comme il a été déjà prouvé par les expériences ; la satisfaction de ces contraintes n'est pas du tout évidente et est à l'origine, dans certains cas, de l'abandon de la collaboration pour retourner au travail individuel qui est moins efficace mais impose moins de contraintes et est plus facilement gérable. C'est exactement à ce niveau qu'interviennent les technologies dont l'émergence a apporté des solutions intéressantes qui ont notamment facilité le travail à distance, l'organisation du travail ainsi que le partage de ressources. Cette nouvelle tendance basée sur l'exploitation des technologies pour favoriser le travail collaboratif a donné naissance à un nouveau concept connu sous le nom de "collaboration électronique" souvent exprimé par les abréviations suivantes : "e-Collaboration" ou "eCollaboration", et désignant

“la collaboration entre des individus engagés dans la même tâche utilisant des technologies électroniques” (Kock *et al.*, 2001). Compte tenu de cette définition, il est clair que l’eCollaboration est un domaine multidisciplinaire faisant intervenir deux composantes différentes qui interagissent ensemble : une composante technologique et une composante humaine. L’étude de l’eCollaboration se base donc sur des axes différents à savoir l’informatique pour la prise en compte de la composante technologique et les sciences humaines et sociales pour la prise en compte de la composante humaine.

Problématique et objectifs

En dépit de tous les bénéfices introduits par les technologies au niveau de la collaboration, le recours à l’eCollaboration ne garantit pas toujours l’efficacité du travail et la satisfiabilité des résultats (Piquet, 2009). D’une part, la collaboration qu’elle soit “face à face” ou supportée par des outils électroniques est une conséquence directe des caractéristiques de l’intervention humaine en termes de motivations, de comportements et de compétences (Campbell, 1990; Wong *et al.*, 2004). D’autre part, le passage du réel au virtuel introduit plusieurs facteurs technologiques et psychologiques qui impactent négativement le déroulement et donc le résultat de l’eCollaboration. Afin de concrétiser ce dernier point, nous citons par exemple, l’effet néfaste que peut avoir une faible maîtrise du support technologique de l’eCollaboration sur la participation à celle-ci. Sur le plan psychologique, nous citons l’affaiblissement du sentiment d’engagement du participant à l’eCollaboration envers les autres et l’impact de ce fait sur ses motivations et son comportement (Westphal *et al.*, 2007). Ainsi, les technologies ont beaucoup apporté à la collaboration, mais elles sont loin d’avoir résolu tous ses problèmes : c’est d’ailleurs ce qui motive les travaux de recherche qui s’intéressent à l’évaluation de l’eCollaboration et notamment cette thèse.

Une étude bibliographique s’intégrant dans le thème de l’évaluation de l’eCollaboration a montré l’existence de plusieurs difficultés dans ce cadre tournant principalement autour de l’identification, la quantification et la généralisation des critères de succès de l’eCollaboration (Antunes et Costa, 2003; Post *et al.*, 2008) ainsi que l’explication des anomalies observées dans ce contexte (Yessad *et al.*, 2010; Thomas *et al.*, 2012). Ce survol de la littérature a aussi montré que la majorité des travaux propose des solutions génériques d’évaluation de l’eCollaboration qui se focalisent sur la prise en compte de

la composante technologique et négligent la composante humaine malgré son importance (Baker *et al.*, 2002b; Antunes *et al.*, 2006; Ardito *et al.*, 2006; Pinelle *et al.*, 2003); et qu'une minorité de travaux prend en compte les deux composantes mais se place dans un contexte particulier d'eCollaboration tel que l'e-learning (Thomas *et al.*, 2012; Yessad *et al.*, 2010). Ces constatations ont motivé notre travail de thèse dont l'objectif principal consiste à proposer une approche générique d'évaluation des scénarios d'eCollaboration qui prenne en compte les deux composantes : technologique et humaine. Compte tenu des caractéristiques des scénarios d'eCollaboration incluant surtout l'unicité et l'hétérogénéité de leurs composantes, notre contribution a commencé par l'étude de la démarche à suivre pour pouvoir proposer une approche d'évaluation conforme à l'objectif que nous venons d'annoncer.

Démarche suivie

Suite à une étape d'étude du choix de la démarche à suivre afin d'atteindre l'objectif de cette thèse, nous avons opté pour une démarche intitulée "Analyse-Simulation-Evaluation" qui, comme son nom l'indique, est constituée de trois étapes :

- La première consiste en une analyse basée sur les scénarios qui, suite à une observation et une formalisation de différents scénarios d'eCollaboration, nous a permis d'effectuer un certain nombre d'abstractions et de proposer : un modèle conceptuel représentant les scénarios d'eCollaboration, un schéma des interactions mises en œuvre dans ce contexte, ainsi qu'une classification des scénarios d'eCollaboration selon l'exploitation des ressources et l'organisation des participants. Compte tenu de l'objectif principal de cette thèse, l'étape courante qui nous permet de travailler sur une vision abstraite regroupant les scénarios d'eCollaboration malgré leurs différences n'est pas du tout suffisante ; elle doit être complétée par une recherche de critères génériques de succès des scénarios d'eCollaboration ainsi qu'une observation des différentes anomalies qui y apparaissent.
- La deuxième étape porte sur la proposition d'un simulateur de scénarios d'eCollaboration bâti sur les résultats de l'étape d'analyse, permettant d'éviter les contraintes liées à la recherche de scénarios réels d'eCollaboration appartenant à différentes classes et présentant diverses anomalies. Ce simulateur est basé sur quatre patrons de simulation appartenant à des classes distinctes et permettant de générer des

instances caractérisées par des déroulements différents. L'observation de ces instances nous a permis de dégager plusieurs types d'anomalies et d'étudier le ou les critères générique(s) de succès de l'eCollaboration. Au terme de cette étape, la visibilité sur l'évaluation a commencé à s'éclaircir en ciblant un et un seul critère de succès qui reste toujours valable quel que soit le scénario et consistant en la conformité du résultat obtenu par rapport au résultat prévu.

- La troisième étape repose sur la proposition d'une approche générique d'évaluation par détection et explication d'anomalies qui s'est inspirée des résultats de l'étape précédente et qui comporte deux niveaux :

Le premier niveau porte sur la détection des anomalies en comparant le contexte effectif par rapport au contexte prévu de l'eCollaboration. Le terme contexte désigne ici l'état des éléments régis par le modèle conceptuel suggéré suite à l'étape d'analyse basée sur les scénarios et englobant les eCollaborateurs, le support technologique de l'eCollaboration, les sous-buts et le but global.

Le deuxième niveau se base sur l'explication des anomalies dégagées dans le niveau précédent en prenant en compte à la fois la composante technologique et la composante humaine. Pour ceci, ce niveau met en œuvre une méthode d'analyse de la fiabilité humaine de deuxième génération intitulée CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) et l'adapte au contexte en question. Il utilise aussi un graphe causal afin de représenter les différentes explications de chaque anomalie et se base sur la théorie de l'évidence de Dempster et Shafer (Dempster, 1967) pour calculer la plausibilité de chaque explication.

Structure du manuscrit

Ce manuscrit s'articule autour de cinq chapitres groupés en deux parties :

Dans la première partie, le premier chapitre consiste en une présentation générale de la notion de collaboration électronique ainsi que ses concepts sous-jacents. Il commence par une présentation de la notion de collaboration ainsi que le passage de la collaboration à la collaboration électronique ; ensuite il introduit les concepts de base de la collaboration électronique qui seront utilisés par la suite et se termine par décrire quelques exemples de domaines d'application de celle-ci. Le deuxième chapitre se focalise sur les travaux d'évaluation de la collaboration électronique ; il est entamé par

un survol de ces travaux, suivi d'une critique de ceux-ci. Ce chapitre se termine par une présentation des méthodes d'analyse de la fiabilité humaine qui ont été utilisées dans certains travaux (Yessad *et al.*, 2010; Thomas *et al.*, 2012) et qui ont suscité un intérêt particulier de notre part, vu qu'elles se penchent sur la composante humaine dans l'évaluation.

Dans la deuxième partie, le troisième chapitre porte sur l'analyse basée sur les scénarios ; pour ceci, il commence par une description ainsi qu'une formalisation des scénarios étudiés dans ce cadre et présente ensuite, les abstractions qu'il a été possible de dégager. Le quatrième chapitre s'intéresse à la simulation ; il présente le modèle de simulation adopté, les scénarios simulés ainsi que l'architecture du simulateur proposé. Il introduit ensuite, la phase d'observation des différentes instances de scénarios d'eCollaboration générées par le simulateur et ses retours sur l'évaluation. Le cinquième chapitre présente l'approche générique d'évaluation proposée en décrivant les deux niveaux qui la constituent et qui portent sur la détection et l'explication d'anomalies. Il décrit ensuite, une application de l'approche proposée et se termine par une récapitulation de cette dernière contribution (l'approche d'évaluation).

Ce manuscrit est clôturé par une conclusion générale qui résume le travail réalisé et annonce ses perspectives.

Première partie

ETAT DE L'ART

Chapitre 1

COLLABORATION ELECTRONIQUE

Comme il a été déjà annoncé dans l'introduction générale, le centre d'intérêt dans ce travail de thèse est la collaboration électronique. Ce thème induit plusieurs concepts clé qu'il est indispensable de connaître et qui sont évoqués tout le long de ce manuscrit. Pour ceci, nous consacrons ce premier chapitre à la présentation des principaux concepts sous-jacents à la collaboration électronique. Nous commençons donc par définir la collaboration classique ou "face à face", puis nous décrivons les nouvelles conditions technologiques qui ont permis la transition de la collaboration classique à la collaboration électronique. Ensuite, nous nous penchons vers la présentation des notions inévitables dans ce contexte telles que les interactions, le TCAO (Travail Coopératif Assisté par Ordinateur) ainsi que le collecticiel et nous terminons par détailler quelques domaines d'application du concept en question.

1.1 Collaboration

1.1.1 Présentation et définition

Le terme "collaboration" a été défini de plusieurs manières dans la littérature et il n'y a pas actuellement de consensus sur une définition précise.

Ce thème a été introduit pour la première fois en Juillet 1945 par V. Bush dans son article intitulé "As we may think" publié dans la revue "The Atlantic monthly" (Bush, 1945). Il présente le travail collaboratif comme étant l'intégration de plusieurs acteurs pour la réalisation de tâches qui visent à atteindre un objectif commun.

(Gray, 1989) définit la collaboration comme étant un processus dans lequel les participants perçoivent différents aspects d'un problème donné et explorent de façon constructive leurs différences pour chercher une solution qui va au delà d'une vision limitée de ce qui est possible.

(Kvan, 2000) présente la collaboration comme étant la résolution commune de problèmes par une équipe de personnes ayant des objectifs communs, souhaitant trouver des solutions qui satisfont toutes les parties concernées.

L'importance du travail collaboratif a été expliquée par *Adam Smith* il y a plus de deux siècles (Smith, 1776). Celui-ci a montré à travers un exemple comment la collaboration permet d'augmenter considérablement le rendement des employés. Il s'est intéressé à un contexte de fabrique d'épingles et a affirmé que : "dix ouvriers travaillant chacun de leur côté ne parviennent pas à produire plus de 20 épingles par jour et par ouvrier. S'ils se spécialisent chacun dans une étape de la fabrication, les cadences montent à 4 800 épingles par ouvrier et par jour" (Smith, 1776). De nos jours, ce vieux principe est adopté par toutes les entreprises ; il est appliqué de manières différentes (ne consistant pas toujours en un travail à la chaîne) dépendantes des besoins en question dans le but de produire des informations tangibles ou non tangibles telles que les connaissances et les compétences.

Dans ce contexte, nous constatons que les termes "**coopération**" et "**collaboration**" sont souvent utilisés indistinctement malgré qu'ils ne renvoient pas au même sens. Comme cette thèse s'intègre dans le thème de la collaboration, nous estimons nécessaire de clarifier la nuance qui existe entre ces deux notions. En effet, collaborer et coopérer consistent à travailler ensemble sur un but commun ; mais la différence entre les deux termes apparaît au niveau de la manière de partager le travail et du degré d'interdépendance entre les acteurs comme le montre la figure 1.1.1 (Henri et Cayrol, 2001) :

- Dans le cas de la coopération (co-operation), la tâche commune est divisée en sous-tâches réalisées par des groupes spécialisés. Les membres de chaque groupe ont des responsabilités spécifiques, et le but global est atteint lorsque tous les membres ont fait leur part de travail.
- Dans le cas de la collaboration (co-laborate), tous les membres du groupe travaillent sur des tâches communes pour un but commun. Mais chacun, individuel-

lement, cherche à atteindre le but consensuel. Deux productions se font donc en parallèle : une production collective et des productions individuelles de chaque participant.

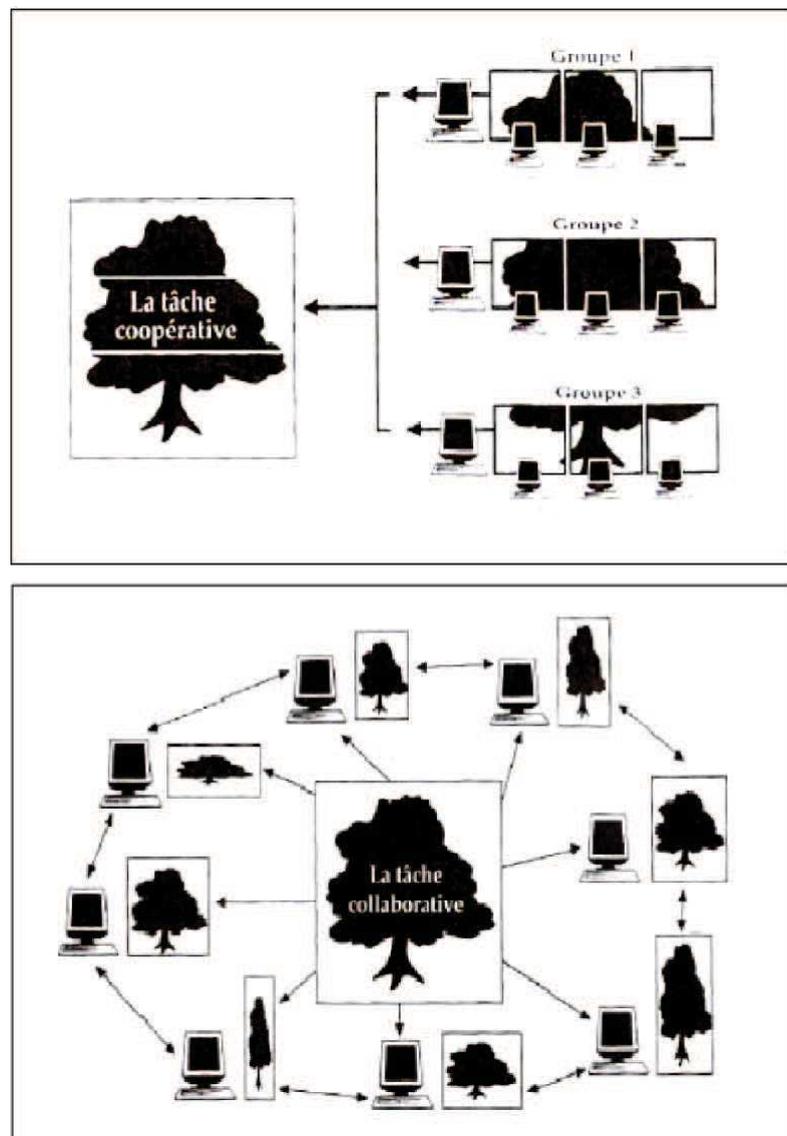


FIGURE 1.1.1 – Travail coopératif versus travail collaboratif (Henri et Cayrol, 2001)

1.1.2 Contraintes liées à la collaboration

Malgré ses avantages, la collaboration présente plusieurs freins et contraintes que nous citons et expliquons dans ce qui suit (Lonchamp, 2003) :

- **La dispersion géographique** : les personnes supposées participer à une collaboration dans un cadre bien déterminé n'appartiennent pas nécessairement à la même organisation, à la même structure ni au même territoire. Cet éloignement géo-

graphique produit plusieurs barrières psychologiques et culturelles qui impactent souvent le déroulement ainsi que le résultat du travail.

- **Les contraintes de temps** : compte tenu des contraintes de temps relatives à chaque participant à la collaboration, le travail collectif est souvent retardé au point où il est dans certains cas annulé et remplacé par le travail individuel qui est plus facilement gérable malgré son efficacité limitée.
- **L'improductivité des réunions** : lorsqu'elles sont mal préparées ou mal suivies ou mal animées, les réunions sont difficiles à vivre surtout par les personnes qui ont beaucoup de préoccupations et de tâches au quotidien. Les réunions sont aussi une occasion pour effectuer beaucoup d'échanges qui sortent du cadre prévu et dissipent les idées et les éléments de base ; ce qui nécessite du temps et des efforts supplémentaires pour récupérer les informations recherchées.
- **Difficulté de coproduction** : compte tenu de toutes les difficultés déjà citées, il y a souvent une grande difficulté à co-produire. Par conséquent, les travaux de collaboration sont souvent des phénomènes de productions individuelles additionnées plutôt que des phénomènes de coproduction. Ce fait est regrettable car le collectif consiste à marier les idées et les créations de chacun et non de les juxtaposer.

Comme il a été signalé au début de cette section, le concept de la collaboration n'est pas du tout récent ; mais il a pris une nouvelle dimension avec l'essor des technologies informatiques qui ont apporté des solutions intéressantes notamment en matière de travail à distance, d'organisation du travail et de partage de ressources. Dans la section suivante, nous décrivons le passage de la collaboration "face à face" à la collaboration supportée par les technologies et désignée par "collaboration électronique".

1.2 De la collaboration à la collaboration électronique

La "collaboration électronique" exprimée aussi par "eCollaboration" a été définie comme étant "la collaboration entre des individus engagés dans la même tâche utilisant des technologies électroniques" (Kock *et al.*, 2001).

Cette définition assez générale nous mène à nous poser la question sur les technologies exactes visées par le terme "technologies électroniques". La réponse à cette question produit deux visions différentes que nous trouvons dans la littérature (Kock,

2005). La première considère la collaboration électronique comme étant la réalisation du processus de collaboration à travers n'importe quelle technologie de l'information et de la communication. Tandis que la deuxième et la plus populaire considère que la collaboration électronique est la réalisation du processus de collaboration à travers les ordinateurs.

En effet, un petit cap vers l'historique nous permet de comprendre l'existence de ces deux visions. Conformément à la première définition, l'eCollaboration aurait commencé au milieu des années 1800 avec l'invention du télégraphe en 1846 et du téléphone en 1870. Mais ces inventions étaient très peu pratiques pour supporter le travail d'individus engagés dans la même tâche. L'apparition des premiers ordinateurs connus sous le nom de mainframes au milieu des années 1900 n'a tout de même pas plaidé en la faveur de la mise en œuvre de l'eCollaboration compte tenu de leur coût élevé et de leur utilisation qui était très centralisée (Kock et Nosek, 2005).

Le premier outil qui a permis une mise en œuvre effective et réussie de la collaboration électronique est l'e-mail qui a été inventé aux alentours des années 1970. Ensuite la création des infrastructures WAN (Wide Area Network) et le développement des ordinateurs personnels, ont encouragé le développement de technologies favorisant l'eCollaboration comme les GDSS (Group Decision Support Systems) qui avaient pour but d'améliorer l'efficacité des réunions en facilitant certains processus comme le vote et la prise de décision. Plusieurs outils ont été développés dans ce cadre, tels que GroupSystems, Teamfocus et Meetingworks et Lotus Domino Notes. Enfin, avec l'émergence du Web et l'évolution des infrastructures et des protocoles de communication fixe et mobile les plateformes d'eCollaboration n'ont pas cessé de naître, d'évoluer et d'offrir des services de plus en plus sophistiqués (Kock et Nosek, 2005).

En résumé, nous pouvons affirmer que l'eCollaboration a vu le jour et s'est développée avec l'avènement des ordinateurs ; c'est d'ailleurs ce qui explique la popularité de la deuxième vision que nous adopterons dans tout ce qui suit.

Cette nouvelle tendance de travail collaboratif a donné naissance à plusieurs mots-clés représentant des concepts similaires ou connexes tels que :

- Le groupe et les interactions constituant les piliers du travail collectif.
- Le TCAO exprimant le "Travail Coopératif Assisté par Ordinateur" ou le "Travail Collaboratif Assisté par Ordinateur" et traduit en anglais par CSCW exprimant

“Computer Supported Cooperative Work” ou “Computer Supported Collaborative Work”.

- Les collecticiels, les outils de travail collaboratif, les espaces collaboratifs, les plateformes collaboratives désignant les dispositifs informatiques permettant de mettre en œuvre la collaboration.

A ce niveau, nous constatons que les termes “coopération” et “collaboration” sont utilisés dans les mots-clés précédents pour exprimer les mêmes concepts ; malgré la nuance qui existe entre leurs significations et qui a été expliquée dans la section 1.1. En effet, un survol de la littérature liée à ce contexte, a montré que lors du passage de la collaboration “face à face” à la collaboration supportée par des moyens technologiques et, compte tenu de la multiplicité des mots techniques sous-jacents à ce nouveau concept, ainsi que leur traduction fréquente du français vers l’anglais et vice versa ; la différence entre les définitions exactes de ces deux termes est souvent négligée surtout lors de la désignation de concepts généraux tels que la collaboration électronique ou le TCAO (Kvan, 2000). Ainsi, le “Travail Coopératif Assisté par Ordinateur” par exemple, ne s’intéresse pas uniquement à des actions de coopération assistées par ordinateur ; il traite tous les processus de collaboration ou de coopération supportés par des ordinateurs. De même, la collaboration électronique couvre indifféremment les processus de collaboration et de coopération supportés par des technologies électroniques. Cette utilisation interchangeable des termes collaboration et coopération sera adoptée dans toute cette thèse.

Dans ce qui suit, nous présentons les concepts de base sur lesquels s’articule ce travail de thèse et consistant en la notion de groupe, le TCAO et le collecticiel.

1.3 Concepts de base de la collaboration électronique

Comme il a déjà été signalé dans la section précédente, l’étude de la collaboration électronique implique l’utilisation de plusieurs autres concepts sous-jacents qu’il est nécessaire de comprendre. Rappelons tout d’abord qu’on ne peut parler d’une collaboration sans l’existence d’un groupe de personnes (deux au minimum) qui interagissent entre eux : c’est pour ceci que nous commençons, dans ce qui suit, par présenter les notions de groupe et d’interactions qui seront utilisés de façon fréquente dans ce ma-

nuscrit. Ensuite et, comme cette forme si intéressante de travail, devenue accompagnée et favorisée par une composante technologique de plus en plus puissante a donné naissance à plusieurs concepts ; nous présentons les plus importants d'entre eux et consistant en le TCAO souvent utilisé comme synonyme de la collaboration électronique ainsi que le dispositif permettant sa mise en œuvre connu sous le nom de collecticiel.

1.3.1 Groupe

Le terme "groupe" peut être perçu et défini de plusieurs manières selon le contexte de son utilisation. Dans le cadre de notre travail, ce mot fait allusion à un ensemble de personnes impliquées dans un travail collectif. De façon plus précise, le terme groupe peut s'affirmer comme une alliance de personnes différentes engagées personnellement dans une ou plusieurs tâches et co-responsables d'un objectif commun (Saadoun, 1996).

1.3.2 Interaction

Il est évident que la collaboration classique ou "face à face" est basée sur l'interaction "Homme-Homme". Dans la collaboration électronique, cette interaction est effectuée via un ensemble de machines impliquant ainsi l'addition d'un autre niveau d'interaction que nous désignerons par "Homme-Machine" puisqu'il a lieu entre l'Homme c'est-à-dire le participant à la collaboration et la machine. C'est pour cette raison que nous pouvons affirmer que l'interaction "Homme-Homme" dans la collaboration électronique prend une plus grande ampleur par rapport à la collaboration "face-à-face" dûe à l'introduction de la composante technologique (Allison *et al.*, 2013).

En plus des différents niveaux d'interaction, nous distinguons deux modes d'interactions selon que celle-ci est liée au temps ou au séquençement d'événements (Dugénie, 2007). Lorsque l'interaction est liée au temps, il s'agit du mode *synchrone* dans lequel l'émetteur du message se met dans l'état d'attente d'une réponse c'est donc un mode bloquant. Une conversation "classique" est un cas typique d'interaction en mode synchrone puisque les deux interlocuteurs qui l'entretiennent échangent des messages et se mettent en état d'attente d'une réponse après chaque message émis. Si les délais d'attente deviennent trop importants, les participants à la conversation peuvent adopter

un autre comportement en décidant de sortir du mode bloquant pour engager d'autres actions pendant les périodes d'attente. Dans ce cas, l'interaction devient liée au séquençement des événements et il s'agit d'une interaction en mode *asynchrone*. Dans ce mode non bloquant, l'émetteur du message n'attend pas de réponse à son message ; il peut poursuivre une autre tâche. Par exemple, lorsqu'un employé envoie un compte rendu à son chef hiérarchique, il s'agit d'un cas d'interaction asynchrone puisque celui-ci n'est pas bloqué dans l'attente d'une réponse. Conformément aux définitions de la collaboration et de la collaboration électronique adoptées dans cette thèse et annoncées à la fin de la section 1.2, nous pouvons affirmer que les processus de collaboration que nous étudierons peuvent comporter indifféremment les deux modes d'interaction.

1.3.3 TCAO : définition et enjeux

Le TCAO (Travail Coopératif Assisté par Ordinateur) a été défini par (Bannon et Schmidt, 1989) comme étant une tentative pour comprendre la nature et les caractéristiques du travail coopératif dans le but de concevoir une technologie informatique adéquate connue sous le nom de collecticiel. A notre sens, le TCAO peut être vu comme l'étude et la conception d'un ensemble de solutions permettant d'alléger les multiples et lourdes contraintes liées à la collaboration "face à face" citées précédemment dans la section 1.1, dans le but de favoriser ce concept intéressant et de profiter de ses avantages tout en exploitant l'émergence actuelle des technologies.

Conformément à cette vision, les principaux bénéfices du TCAO consistent à (Lonchamp, 2003) :

- Réduire les contraintes liées à la dispersion géographique des acteurs de la collaboration : ce mode de collaboration offre une nouvelle configuration permettant de travailler efficacement sans être obligé de se trouver dans un lieu unique au même moment. Cet apport engendre un avantage non négligeable qui consiste dans la réduction des coûts liés au déplacements surtout lorsque les acteurs de la collaboration se trouvent dans des villes ou des pays différents.
- Optimiser la productivité et la réactivité des groupes de travail collectif en offrant les outils adéquats : le TCAO offre plusieurs solutions adaptées aux activités de coproduction qui consistent à créer, inventer, concevoir et réaliser à plusieurs. Par exemple, certains outils mis en œuvre par le TCAO facilitent le travail sur un même

document tout en permettant l'accès à tout moment à la dernière version : ce qui permet d'éviter la perte de temps occasionnée par les tâches fastidieuses de gestion des différentes versions impliquant la diffusion de toute modification effectuée.

- Faciliter le partage des connaissances entre les acteurs de la collaboration : le partage des connaissances est un des piliers de la collaboration, il permet à tout un chacun de bénéficier des savoirs, des savoirs-faire et des expériences des autres. Le TCAO met en œuvre des outils spécifiques désignés par "outils de gestion des connaissances" qui permettent de faciliter l'acquisition, le stockage, le transfert et l'application des connaissances au sein des organisations.

Malgré tous ses bénéfices, la mise en œuvre du TCAO n'est pas toujours synonyme d'efficacité et de rapidité de l'action. Contrairement à ce que l'on puisse penser, la garantie de tous les apports du TCAO dépend de plusieurs conditions liées non seulement aux technologies mais aussi à la dynamique du groupe intervenant dans la collaboration, à ses motivations et à ses compétences (Piquet, 2009).

Cette constatation nous mène à mettre l'accent sur la pluridisciplinarité du TCAO qui couvre une dimension technologique s'intéressant à la conception et à la réalisation de dispositifs informatiques permettant de supporter le travail coopératif ; aussi bien qu'une dimension humaine et sociale se focalisant sur les différents facteurs psychologiques et sociaux (résumés dans la sous-section 1.1.2) qui affectent le comportement et la production des participants à la coopération. D'une manière générale, les travaux de la littérature se focalisent sur la dimension technologique et négligent la dimension humaine malgré sa grande influence sur les résultats du TCAO. Cette prise en compte inéquitable des deux composantes technologique et humaine peut être expliquée par le fait que la première est plus facilement abordable par les informaticiens que la deuxième qui fait partie des compétences des sociologues et des psychologues. Même si elle peut être expliquée, cette tendance ne peut pas, à notre sens, être justifiée car elle néglige des aspects qui impactent fortement le travail coopératif : ce qui risque de fausser les recherches effectuées dans ce contexte et d'affecter négativement leur conformité par rapport à la réalité. Enfin avant de clôturer cette partie, nous insistons sur l'irréalité de l'idée intuitive qui associe l'efficacité du travail collectif à la mise en œuvre d'outils informatiques offrant des services de plus en plus sophistiqués. Le travail collectif en lui-même n'est pas du tout inné, il est plutôt extrêmement délicat

et nécessite énormément d'efforts et de recul pour être qualifié d'efficace. C'est pour cela que cette discipline intitulée TCAO doit être perçue comme une occasion pour repenser le travail collectif et augmenter son efficacité en tirant profit des moyens technologiques disponibles actuellement (Piquet, 2009).

Compte tenu du lien étroit qui existe entre les concepts de TCAO et de collecticiels, nous estimons que l'introduction du TCAO ne peut pas être complète sans une description de la notion de collecticiel. C'est pour cela que nous réservons la section suivante à la présentation de ce type particulier de logiciel.

1.3.4 Collecticiel

Le mot collecticiel est utilisé par la communauté française comme traduction du terme anglais "groupware" et a été défini de plusieurs manières. (Ellis *et al.*, 1991) le présentent comme étant "un système informatique qui permet d'assister un groupe de personnes engagées dans une tâche commune et qui fournit une interface à un environnement partagé". (Courbon et Tajan, 1999) le définissent comme étant "l'ensemble des technologies et des méthodes associées qui, par l'intermédiaire de la communication électronique, permettent le partage de l'information sur un support numérique à un groupe engagé dans un travail collaboratif et/ou coopératif". Plusieurs travaux de la littérature (Johansen, 1988; Salber *et al.*, 1995) proposent des classifications différentes des collecticiels selon des aspects différents. Dans ce qui suit, nous présentons les classifications les plus répandues selon le niveau temporel et fonctionnel.

Classification spatio-temporelle

Cette classification a été proposée par (Johansen, 1988) sous forme d'une matrice fondée sur les deux critères d'espace et de temps et intitulée matrice espace-temps. Le premier critère ou axe représente la distance géographique qui sépare les membres d'un même groupe qui peuvent se trouver face à face au même endroit ou distants dans des endroits différents. Le deuxième critère consiste en le temps : en effet, les membres d'un même groupe peuvent interagir au même instant ou à des moments différents. L'interférence des deux cas de chaque axe permet de répartir les collecticiels en quatre classes. Le tableau 1.1 résume cette vision en procurant quelques exemples non exhaustifs de services appartenant à chacune des quatre classes.

Espace \ Temps	Même moment (synchrone)	Moments différents (asynchrone)
Même lieu (face à face)	<i>Système d'aide à la décision, Tableau blanc électronique, Système d'aide à la réunion</i>	<i>Workflow</i> ¹
Lieux différents (distants)	<i>Chat, Vidéoconférence</i>	<i>Forum, Mail</i>

TABLE 1.1 – Matrice espace/temps (Johansen, 1988)

Classification fonctionnelle

Plusieurs travaux tentent d'organiser les collecticiels selon les fonctionnalités qu'ils offrent. (Salber *et al.*, 1995) répartissent les fonctionnalités des collecticiels en trois espaces : la **production**, la **communication** et la **coordination**.

L'espace de production désigne les services permettant d'exécuter des tâches individuelles ou collectives concourantes à l'œuvre commune. Nous citons par exemple les outils d'édition partagée, les systèmes de gestion de données qui permettent le versionnage des documents ainsi que les systèmes d'aide à la décision qui accompagnent le processus décisionnel d'un groupe et facilitent l'évaluation des différents aspects (Tschanz *et al.*, 2003).

L'espace de communication est composé des services permettant de faire circuler l'information et qualifiés par Serge Levan (Levan, 1999) par "des outils de première nécessité". Nous citons, par exemple, les solutions de messagerie telles que l'e-mail, le chat et la messagerie instantanée ainsi que les vidéoconférences qui permettent la communication synchrone à distance en établissant des connexions audiovisuelles entre différentes salles de conférences (Tschanz *et al.*, 2003).

L'espace de coordination englobe les services permettant d'augmenter l'efficacité du travail de groupe (Olson *et al.*, 2001). Nous citons par exemple les systèmes de gestion de flux de travail (Workflow) qui permettent d'accélérer les interactions entre collaborateurs en transférant automatiquement les documents de l'un à l'autre tout en respectant un ordre défini au préalable aussi bien que les agendas qui fournissent des systèmes électroniques de gestion des rendez-vous et des échéances (Tschanz *et al.*, 2003).

1. Les outils Workflow permettent la modélisation et la gestion informatique de l'ensemble des tâches à accomplir et des différents acteurs impliqués dans la réalisation d'un processus métier.

Le découpage des fonctionnalités des collecticiels en trois espaces a donné naissance au modèle nommé "le trèfle fonctionnel du collecticiel" (Salber *et al.*, 1995). Pour plus de clarté nous présentons, dans la figure 1.3.1, un schéma de cette classification enrichi par des exemples de fonctionnalités appartenant à chaque espace.

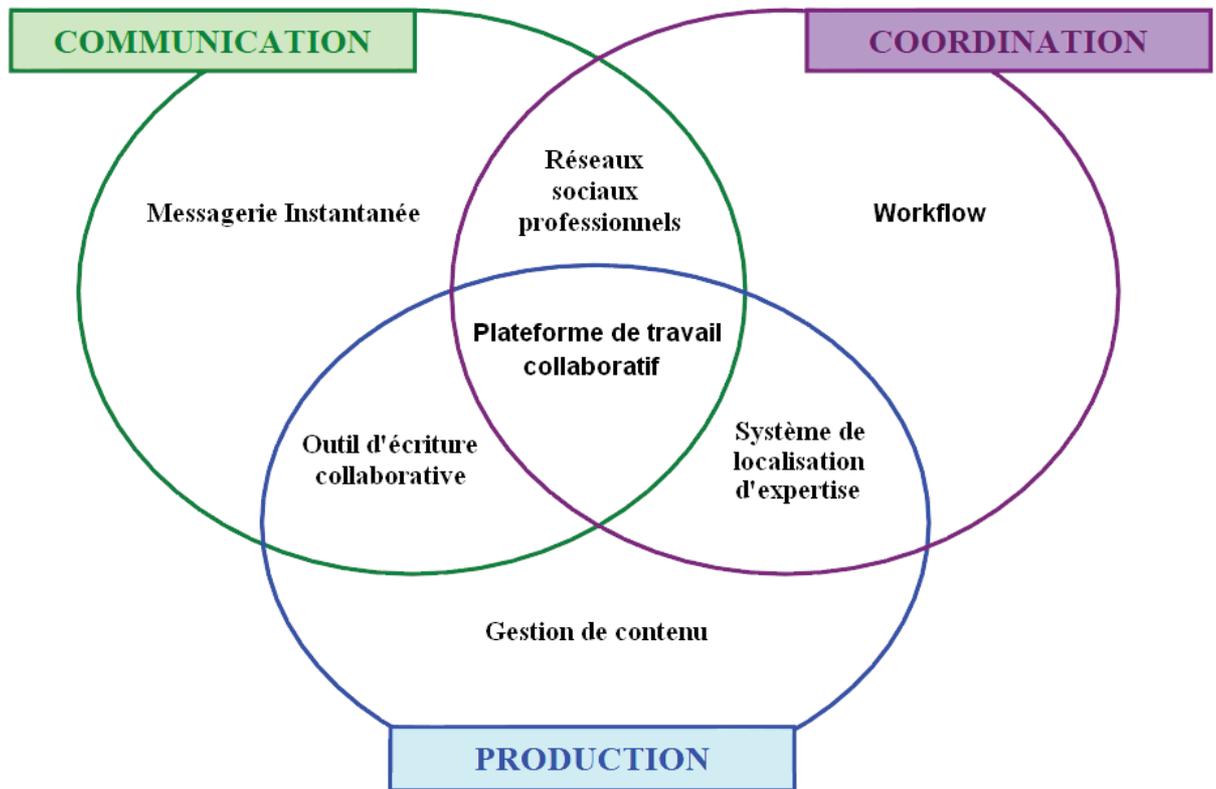


FIGURE 1.3.1 – Trèfle fonctionnel du collecticiel (Piquet, 2009)

Comme nous pouvons le constater dans la figure 1.3.1, les trois espaces de fonctionnalités des collecticiels s'entrecroisent. En effet, les fonctionnalités offertes par un collecticiel permettent de l'inscrire dans un seul et même espace ou à l'intersection de deux ou de trois espaces. Par exemple, un collecticiel qui regroupe des outils de communication, de production et de coordination souvent désigné par "plateforme de travail collaboratif" ou "espace de travail collaboratif" peut être placé à l'intersection des trois espaces. Les systèmes de gestion d'expertise (Piquet, 2009) qui représentent des outils logiciels permettant à des acteurs d'un projet de repérer, au sein d'une organisation, les personnes possédant l'expertise recherchée et pouvant apporter leur aide dans l'accomplissement d'une tâche spécifique, peuvent être classés à l'intersection des espaces de coordination et de production.

Enfin, il serait utile de préciser que cette classification n'est pas unique ; elle représente une vision et une répartition particulières basées sur les services de base des collecticiels qui ont beaucoup évolué en fonction des besoins pour devenir de plus en plus complexes. Dans ce qui suit, nous présentons une classification un peu plus récente que celle de Salber (Courbon et Tajan, 1999), basée sur cinq espaces, schématisée par la figure 1.3.2 et couvrant : la collaboration, la communication, la coordination, la mémorisation et la circulation des documents ou des messages. L'espace de collaboration est équivalent à l'espace de production détaillé précédemment dans la classification de Salber. Cette classification introduit donc deux nouveaux espaces exprimant la **mémorisation** et la **circulation**.

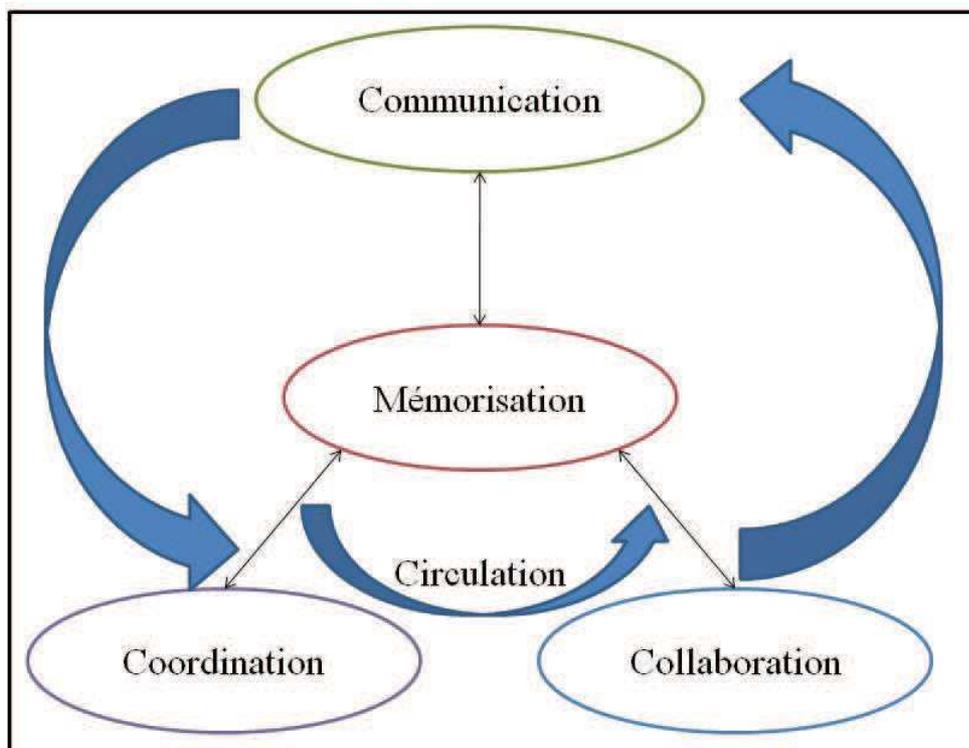


FIGURE 1.3.2 – Classification des fonctionnalités des collecticiels (Courbon et Tajan, 1999)

L'espace de mémorisation permet d'enregistrer le travail de groupe tandis que l'espace de circulation permet le passage d'un espace à un autre. Par exemple, les réseaux sociaux sont des outils qui assurent le passage entre la communication et la coordination. Les outils d'écriture collaborative permettent le passage entre la communication et la collaboration.

De nos jours, les collecticiels ne cessent d'apparaître offrant des fonctionnalités va-

riées pouvant être réparties selon les classifications proposées précédemment et adaptées aux besoins croissants qui se manifestent dans le cadre du travail collectif. Nous distinguons les plateformes collaboratives telles que *Lotus Notes et Microsoft Exchange* qui représentent des solutions intégrant plusieurs fonctionnalités supposées favoriser différentes formes de travail collectif comme la coordination, la coproduction et la communication. Nous citons aussi les outils orientés-tâches qui se focalisent sur des fonctionnalités bien déterminées de travail collectif tels que *Skype* qui offre des services de communication (messagerie, téléphonie, vidéoconférence...), les *wiki* qui permettent la coproduction de documents ainsi que les réseaux sociaux (comme *facebook* et *LinkedIn*) qui offrent des services de communication, de coordination et de partage de documents.

Dans cette section, nous avons présenté la terminologie et les concepts de base qu'il est inévitable de connaître lorsqu'on s'intéresse à la collaboration électronique ; dans la section suivante, nous allons nous focaliser sur sa mise en œuvre et notamment ses domaines d'application.

1.4 Domaines d'application de la collaboration électronique

Actuellement, la collaboration électronique est mise en œuvre dans plusieurs domaines tels que le commerce, l'enseignement et la recherche scientifique qui héritent les enjeux, les contraintes et les concepts de base déjà décrits dans le cadre de l'eCollaboration et introduisent d'autres caractéristiques spécifiques liées à leurs natures, leurs objectifs ainsi que les domaines qui leur sont connexes.

1.4.1 E-learning

Le terme anglais "e-learning" ou "apprentissage en ligne" est un néologisme désignant le CSCL (Computer Supported Collaborative Learning) ; il consiste en une modalité pédagogique basée sur l'utilisation des technologies de l'information et de la communication. L'apprentissage en ligne a été défini de plusieurs manières ; nous en

avons retenu celle proposée par le laboratoire LABSET² et affirmant que : "l'apprentissage en ligne est centré sur le développement de compétences par l'apprenant et structuré par les interactions avec le tuteur et les pairs".

D'une manière générale, ce terme inclut l'apprentissage individuel à distance via des plateformes telles que les sites web éducatifs ainsi que l'apprentissage collaboratif supporté par des moyens électroniques et incluant plusieurs participants. Comme nous nous intéressons dans le cadre de cette thèse à la collaboration, nous nous penchons vers la facette collaborative plus qu'individuelle de l'e-learning.

En plus des bénéfices déjà énoncés dans le cadre de l'eCollaboration et couvrant la réduction des coûts et des contraintes temporelles et spatiales imposées par l'apprentissage classique, l'e-learning permet une formation facilement adaptable aux besoins spécifiques de chacun, compte tenu de son niveau et de son rythme d'apprentissage. Il permet aussi de faciliter la tâche au formateur en lui offrant des outils permettant : de créer facilement les formations, de les enrichir dynamiquement, d'évaluer l'évolution des apprenants grâce à des tests en continu et d'actualiser plus aisément le contenu pédagogique des formations. Malgré ces avantages, un certain nombre d'études et de constats (Henri et Cayrol, 2001) a montré que l'e-learning n'est pas toujours la meilleure façon d'apprendre ni la plus efficace, du fait qu'il requiert un comportement idéal des apprenants attestant d'autonomie, d'engagement et de concentration dans un environnement offrant plus de liberté que l'environnement traditionnel caractérisé par une présence "autoritaire" du tuteur.

En dépit de l'importance de la composante humaine et sociale dans toute application d'eCollaboration, nous remarquons que dans l'e-learning, les travaux de recherche se focalisent plus sur l'aspect psychologique et comportemental de l'apprenant. Cette constatation peut être expliquée par le fait que dans le champs de l'enseignement, quel que soit le niveau auquel il s'adresse, l'apprenant constitue une entité assez délicate et son confort ainsi que la qualité de l'apprentissage qu'il est supposé acquérir constituent des objectifs privilégiés et souvent étudiés de façon profonde par des axes multiples tels que la sociologie, la psychologie et la didactique. Conformément à ce qui a été expliqué dans les sections précédentes, ceci ne remet pas en question l'intervention de

2. Le Laboratoire de Soutien à l'Enseignement Télématique est un centre de recherche et d'expertise européen en enseignement à distance : <http://www.labset.ulg.ac.be/portail/> (dernière consultation : Mars 2014)

la composante humaine et sociale dans les autres domaines d'application de l'eCollaboration et la nécessité de sa prise en compte, mais souligne juste une concentration particulière sur celle-ci dans le cadre de l'apprentissage en ligne.

1.4.2 E-business

Le e-business ou "affaires électroniques" est un terme très vaste qui correspond à l'exploitation des techniques informatiques et de télécommunications pour réaliser des affaires. Le e-business existait bien avant l'apparition d'internet, mais cette dernière a permis une meilleure visibilité de ce domaine par le grand public (Amor, 2002).

Le terme e-business est parfois remplacé par le mot e-commerce. Il est important de savoir que ces deux concepts sont différents, bien qu'ils soient tous les deux des applications de la collaboration électronique visant le changement et l'augmentation de l'efficacité du monde des affaires.

En effet, l'e-commerce se restreint aux processus externes des affaires qui touchent les clients, les fournisseurs et les partenaires, tandis que l'e-business est un concept plus général qui inclut l'e-commerce aussi bien que tous les processus internes comme la production, la gestion des stocks, le développement de produits, la gestion des risques, la finance, la gestion des connaissances et les ressources humaines.

En plus des avantages déjà cités et assurés par toute application de l'eCollaboration, l'e-business permet d'améliorer l'image de l'entreprise dont la présence sur le Web est toujours considérée par le client comme une preuve de dynamisme et de modernité. Ce concept permet aussi d'améliorer la relation avec le client grâce aux outils de profiling qui permettent à l'entreprise de mieux cibler les besoins et les attentes des consommateurs. Bien évidemment, derrière ces avantages, se cachent plusieurs limites telles que : l'augmentation des risques de fraudes occasionnés par le paiement sur internet ainsi que les problèmes liés aux contraintes de transport des produits à livrer, induisant des risques de lenteur de leur livraison ou de changement de leur état.

L'émergence actuelle du e-business prouve que les limites citées précédemment n'ont pas freiné la diffusion de ce concept qui s'avère moins capricieux que l'e-learning. En effet, les moyens technologiques, psychologiques et commerciaux mis en œuvre dans l'e-business ont donné des résultats intéressants qui mènent le concept vers une utilisation de plus en plus large.

1.4.3 E-science

Le terme e-Science (enhanced Science) est relativement récent par rapport à l'e-learning et au e-business ; il a été introduit en 2000 par *John Taylor*, le directeur général de l'**Office of Science and Technology** qui le définit comme étant "une collaboration mondiale entre des domaines clés de la science et une nouvelle génération d'infrastructures permettant sa mise en œuvre³".

L'e-science représente donc une nouvelle manière de travailler dans le cadre de la recherche scientifique, adaptée à la décentralisation actuelle des données et des compétences ainsi que la complémentarité des disciplines et exploitant le progrès continu des technologies qui oblige les chercheurs à passer par les NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication) pour pouvoir collaborer.

Cette nouvelle façon de travailler a permis de garantir les multiples avantages de l'eCollaboration ; mais elle a mis en évidence plusieurs problèmes tels que l'incompatibilité des applications ou des formats de données, la lenteur de la communication et l'insuffisance des services disponibles de partage de données créant ainsi des besoins croissants et urgents en matière de technologies (Hey et Trefethen, 2003).

Face à ce problème, le mouvement *open access* apparu depuis deux décennies, a permis le partage et l'accès à de nombreuses ressources ; mais il n'a pas comblé tous les besoins des chercheurs qui vont au delà des simples consultations et accès aux données. L'e-science vise la mise à disposition de vastes répertoires munis des capacités managériales traditionnelles des bibliothèques, en plus d'autres outils spécifiques d'exploitation de données adaptés à tous les besoins. Des liens entre les différentes applications et services sont tout de même requis, créant ainsi un seul ordinateur virtuel exploitable par tous les chercheurs.

Cette nouvelle orientation du travail scientifique intitulée e-Science, alimentée par la force technologique disponible et favorisant l'efficacité des résultats à un moindre coût est actuellement encouragée par toute la communauté scientifique et est en perpétuelle progression.

3. Cette définition est extraite du site du Centre National d'eScience accessible à l'url <http://www.nesc.ac.uk/nesc/define.html> (dernière consultation : Mars 2014)

1.5 Conclusion

Dans ce chapitre, le tour d'horizon effectué sur la collaboration électronique nous a permis de remarquer que le recours aux dispositifs informatiques pour collaborer devient tellement fréquent et inévitable que la distinction entre collaboration classique et collaboration électronique est de plus en plus négligée. Il devient par conséquent courant que certains travaux (Pinelle *et al.*, 2003) utilisent le mot-clé collaboration pour désigner la collaboration médiatisée ou électronique. Avant de clôturer ce chapitre, il serait intéressant de rappeler que ce domaine multidisciplinaire admet plusieurs axes de recherche tels que le développement des collecticiels, la sécurité et la confiance dans les groupes de collaboration électronique ainsi que l'évaluation du succès de la collaboration électronique. Puisque nous nous focalisons dans ce travail sur le thème de l'évaluation ; nous orientons le discours, dans le chapitre suivant, vers une étude bibliographique et une critique des travaux de la littérature existants dans ce cadre.

Chapitre 2

EVALUATION DE L'ECOLLABORATION

Comme le montre le chapitre précédent, la collaboration électronique devient inévitable dans plusieurs domaines. Mais malgré la richesse technologique disponible actuellement, ce concept ne donne pas toujours des résultats satisfaisants. En effet, les problèmes qui apparaissent dans les eCollaborations ainsi que leurs origines ne peuvent être détectés que par une évaluation. Compte tenu de l'objectif de cette thèse et de l'importance de l'étape d'évaluation dans l'évolution de tout concept, nous réservons ce chapitre à un état de l'art sur l'évaluation de l'eCollaboration. Pour ceci, nous commençons par rappeler la définition du concept de l'évaluation ainsi que les particularités des scénarios d'eCollaboration en précisant leurs impacts sur l'évaluation ; puis, nous présentons un ensemble représentatif de travaux de la littérature tournant autour de ce sujet. Ensuite, nous développons une critique des travaux d'évaluation existants en insistant sur leur négligence de l'impact important de l'intervention humaine sur le déroulement et les résultats de l'eCollaboration. Comme nous comptons combler cette faille dans notre travail de thèse, nous présentons dans la dernière partie de ce chapitre un survol des méthodes d'analyse de la fiabilité humaine.

2.1 Présentation générale du concept de l'évaluation

L'évaluation est un processus complexe dont la définition ne fait pas actuellement l'objet d'un consensus et dont la mise en œuvre dépend étroitement du système étudié

et des objectifs visés.

Plusieurs définitions ont été proposées pour l'évaluation. Dans ce qui suit, nous présentons deux définitions que nous jugeons proches de notre perception de l'évaluation :

- (Goodwin, 1987) affirme qu'évaluer signifie "mesurer, tester, valider, détecter les anomalies, tester l'utilisabilité et tester la fonctionnalité d'un système".
- (Senach, 1990) confirme que l'évaluation consiste à "comparer un modèle de l'objet évalué à un modèle de référence permettant d'établir des conclusions".

Le terme "évaluation" est souvent associé au terme "performance" dont la signification est encore plus vague que celle de l'évaluation et est exprimée par un ensemble de critères pouvant être estimés de façon qualitative ou quantitative afin de refléter le succès du système en question. Ainsi, les performances peuvent porter par exemple sur la rapidité de calcul d'un système ou la précision des résultats qu'il permet de produire ainsi que plusieurs autres aspects qui dépendent du système et des objectifs de l'évaluation en question.

En effet, l'évaluation peut être motivée par des objectifs différents tels que l'étude de faisabilité de la mise en place d'un système ou la comparaison de plusieurs systèmes ayant des caractéristiques communes ou encore l'amélioration du fonctionnement et des résultats d'un système.

Dans ce travail, l'évaluation à laquelle nous nous intéressons cible le dernier objectif précédemment cité qui concerne l'amélioration. Dans ce qui suit, nous nous focalisons sur les caractéristiques de l'environnement concerné par l'évaluation, avant d'entamer l'étude bibliographique sur l'évaluation de l'eCollaboration.

2.2 Propriétés des scénarios d'eCollaboration et leurs impacts sur l'évaluation

En effet, deux propriétés principales caractérisent les environnements d'eCollaboration et engendrent la difficulté de leur évaluation.

- Hétérogénéités caractérisant les environnements d'eCollaboration : la collaboration électronique fait intervenir deux composantes très différentes à savoir les machines et les humains. La diversité des machines et des technologies qu'elles

mettent en œuvre introduisent une hétérogénéité technologique ; tandis que la multitude des participants humains ayant des caractéristiques psychologiques et sociales différentes introduisent une hétérogénéité humaine. Cette mise en confrontation des deux composantes technologiques et humaines introduit elle-même une hétérogénéité technologique humaine non négligeable qui fait l'objet de plusieurs travaux appartenant notamment à la discipline d'Interaction Homme-Machine. Cette diversité que nous venons de présenter sous forme de trois volets : une hétérogénéité technologique, une hétérogénéité humaine et une hétérogénéité technologique humaine, impacte de différentes manières le succès de l'eCollaboration et mérite d'être prise en compte dans son évaluation.

- Unicité des scénarios d'eCollaboration : tout scénario d'eCollaboration est déterminé par ses objectifs, le comportement des participants ainsi que les conditions de son déroulement. Ces éléments fortement variables qui constituent le contexte d'un scénario d'eCollaboration le rendent unique et peu prévisible. Toute étude effectuée sur ce genre de scénarios est donc difficilement généralisable.

Les deux propriétés décrites précédemment introduisent des difficultés majeures de l'évaluation des environnements d'eCollaboration situées aussi bien au niveau de l'identification, la quantification et la généralisation des facteurs de succès d'une eCollaboration (Post *et al.*, 2008; Post et A. H. M. Cremers, 2004; Antunes et Costa, 2003) qu'au niveau de l'explication des anomalies observées dans les scénarios d'eCollaboration (Thomas *et al.*, 2012; Yessad *et al.*, 2010).

En effet, compte tenu de l'hétérogénéité des scénarios d'eCollaboration, leurs critères de succès doivent prendre en considération aussi bien l'aspect technologique que l'aspect humain intervenant dans de tels scénarios. Par conséquent, le succès ne peut pas être exprimé de façon convenable par les indicateurs habituels tels que la rapidité de calcul, la précision des résultats et la vitesse de transmission qui ne prennent en compte que l'aspect technologique. La recherche de critères adaptés à la coexistence des deux contextes et exprimant aussi bien l'adéquation des technologies utilisées que l'efficacité de l'intervention humaine, est donc nécessaire. Une fois les critères de succès identifiés, leur quantification n'est pas évidente, elle doit être bien étudiée afin de les exprimer de la meilleure manière. Enfin, compte tenu de l'unicité des cas d'eCollaboration et de leur forte dépendance par rapport au contexte de déroulement, nous remarquons que

plusieurs critères de succès sont très significatifs pour certains scénarios et non significatifs pour d'autres. Cette constatation confirme la difficulté de proposer des critères génériques de succès des scénarios d'eCollaboration. Dans ce qui suit, nous décrivons comment et à quel point les travaux de la littérature font face à ces difficultés.

2.3 Etude bibliographique de l'évaluation de l'eCollaboration

Les travaux d'évaluation présents dans le domaine de l'eCollaboration sont très variés. Ils se distinguent principalement par l'aspect évalué, l'approche suivie dans l'évaluation ainsi que les conditions de son application.

Dans la majorité des travaux (Baker *et al.*, 2002b; Antunes *et al.*, 2006; Pinelle *et al.*, 2003), l'aspect visé par l'évaluation constitue le support de l'eCollaboration souvent désigné par collectif. Dans d'autres travaux moins nombreux (Thomas *et al.*, 2012; Yessad *et al.*, 2010), l'aspect évalué consiste en le résultat de l'eCollaboration.

Les approches entreprises sont aussi très différentes : plusieurs d'entre elles sont inspirées des approches d'évaluation de l'utilisabilité dans le domaine des Interactions Homme-Machine (Baker *et al.*, 2002b; Antunes *et al.*, 2006; Ardito *et al.*, 2006), d'autres sont basées sur la quantification d'un ensemble d'indicateurs de performances reflétant le succès de l'eCollaboration (Post *et al.*, 2008; Westphal *et al.*, 2007). Enfin, une minorité des travaux, s'intégrant dans le contexte de l'e-learning, se focalise sur la modélisation des actions des apprenants et leur comparaison par rapport aux actions attendues. Les erreurs détectées sont ensuite expliquées en se basant sur une méthode d'analyse de la fiabilité et de l'erreur humaines (Thomas *et al.*, 2012; Yessad *et al.*, 2010).

Ces travaux d'évaluation ne sont pas tous applicables à n'importe quel contexte d'eCollaboration ; certains d'entre eux sont plutôt liés à des applications particulières comme l'e-learning (Thomas *et al.*, 2012; Yessad *et al.*, 2010) et les réunions virtuelles (Post *et al.*, 2008).

Dans ce qui suit, nous présentons des exemples représentatifs de travaux d'évaluation de l'eCollaboration divisés en deux catégories selon que l'évaluation proposée est générique ou spécifique à un domaine particulier.

2.3.1 Travaux d'évaluation génériques

Dans cette partie, nous nous intéressons aux travaux (méthodes ou approches) d'évaluation qualifiés de génériques dont l'application n'est pas liée à un domaine ou à un contexte d'eCollaboration particuliers :

Groupware Heuristic Evaluation (Baker *et al.*, 2002a,b) est une méthode d'évaluation des collecticiels basée sur les heuristiques. Elle est inspirée de la méthode d'évaluation par heuristiques proposée par Nielsen et Mack en 1994 dans le cadre du diagnostic des problèmes d'utilisabilité des interfaces¹(Nielsen et Mack, 1994). Le travail de Baker et al. dans ce contexte a donc commencé par la suggestion d'un ensemble d'heuristiques d'évaluation adaptées aux mécanismes de collaboration et permettant de vérifier si le collecticiel dispose d'un certain nombre de caractéristiques. Ces heuristiques constituent la base de la méthode d'évaluation proposée et permettent de détecter les problèmes rencontrés, d'identifier leur degré de gravité et éventuellement de proposer des solutions. Les problèmes détectés sont ensuite filtrés et classés dans une liste qui sera exploitée pour améliorer l'application en question.

Collaboration Usability Analysis (Pinelle *et al.*, 2003) est une méthode d'évaluation des collecticiels qui s'inspire aussi des travaux d'évaluation de l'utilisabilité des interfaces. Cette méthode suggère aux évaluateurs une description du contexte d'utilisation du collecticiel à travers la modélisation des tâches demandées. Comme les modèles d'analyse de tâches existants dans la littérature ne sont pas adaptés à la représentation des tâches collaboratives, cette contribution a commencé par le développement d'une nouvelle technique de modélisation des tâches collaboratives intitulée " Collaboration Usability Analysis ". Afin de créer un lien étroit entre la représentation des tâches et les interfaces du collecticiel, la modélisation proposée permet de décomposer chaque action collaborative en un ensemble de primitives de travail collaboratif appelées " mécanismes de collaboration ". Ces primitives sont ensuite simulées à travers l'utilisation du collecticiel afin de détecter les problèmes liés aux interfaces.

Scenario Based Evaluation (Haynes *et al.*, 2004) est une méthode d'évaluation des systèmes collaboratifs basée sur les scénarios. Cette méthode commence par l'identification d'un ensemble de scénarios représentatifs des utilisations principales du sys-

1. L'utilisabilité d'une interface homme-machine est définie comme étant sa capacité de permettre à l'utilisateur d'atteindre facilement ses objectifs.

tème. Ces scénarios sont mis en œuvre par des utilisateurs du système qui participent à l'évaluation en transmettant leurs appréciations aux évaluateurs à travers des interviews. La fréquence des appréciations positives permet de quantifier le succès du système. Tandis que les appréciations négatives sont prises en compte dans la procédure de re-conception.

Human Performance Models (Antunes *et al.*, 2006) est une méthode basée sur les modèles de performance humaine qui ont été exploités depuis longtemps dans les évaluations des Interfaces Homme-Machine. Elle est utilisée pour prédire et comparer l'utilisabilité des collecticiels, sans faire intervenir les utilisateurs. Cette méthode commence par une décomposition de l'interface physique du collecticiel en cours de conception en plusieurs espaces de travail partagés. Ensuite, les scénarios critiques de collaboration à travers les espaces de travail partagés identifiés précédemment sont dégagés. Enfin, le modèle « Keystroke-Level Model (KLM) » est utilisé dans la prédiction du temps d'exécution des scénarios critiques pour chaque alternative de conception. La comparaison des résultats obtenus aide les concepteurs à effectuer des choix judicieux de conception.

2.3.2 Travaux d'évaluation spécifiques

Dans cette partie, nous nous focalisons sur les travaux d'évaluation qui se placent dans des contextes particuliers d'eCollaboration :

Perceived Value (Antunes et Costa, 2003) est une approche d'évaluation centrée sur les mesures qui s'intéresse aux systèmes collaboratifs destinés à supporter les réunions virtuelles (designés par meetingware en anglais). Celle-ci commence par l'identification des composants du système à prendre en compte dans l'évaluation. Ensuite, les utilisateurs et les développeurs du système négocient les critères (ou attributs) devant être jugés par les utilisateurs du système. Après une période de travail avec le système collaboratif, ses utilisateurs sont appelés à remplir une carte d'évaluation en notant si les composants identifiés au départ supportent les attributs fixés ou non. En se basant sur les réponses obtenues, une métrique désignée par "valeur perçue" est calculée.

e-Learning Systematic Evaluation (Ardito *et al.*, 2006) est une méthodologie d'évaluation des systèmes d'e-learning qui combine deux techniques connues et largement utilisées dans l'évaluation des Interactions Homme-Machine : la technique d'inspec-

tion et les tests d'évaluation. Cette méthodologie commence par une phase d'inspection de l'application d'e-learning effectuée par les évaluateurs et permettant de détecter les problèmes d'utilisation. Cette étape est suivie par des tests d'utilisation servant à valider et à enrichir les résultats déjà obtenus par des utilisateurs réels de l'application. Afin de guider les évaluateurs dans l'inspection, les auteurs de ce travail ont proposé des patrons d'évaluation appelés « Abstract Tasks » décrivant de façon détaillée les activités à exécuter pendant cette phase. Enfin, les auteurs ont démontré que l'application de la méthodologie eLSE est plus efficace que l'application des techniques de tests d'utilisation ou d'inspection ; puisqu'elle permet de détecter plus de problèmes pour une même durée d'exécution.

(Post *et al.*, 2008; Post et A. H. M. Cremers, 2004) proposent un travail dont l'objectif consiste à développer un instrument d'évaluation des outils supportant les réunions. Pour arriver à cette fin, les auteurs ont commencé par identifier et valider les critères de succès des réunions virtuelles en prenant en compte aussi bien les facteurs technologiques que les facteurs humains qui y interviennent. L'instrument d'évaluation proposé met en œuvre la quantification de ces critères par l'intermédiaire de différents moyens tels que l'analyse des flux d'informations, les questionnaires et les échelles de notation.

(Thomas *et al.*, 2012) proposent un outil d'évaluation automatique de l'apprentissage basé sur les jeux. Cet outil est supposé aider les formateurs à évaluer les compétences récemment acquises de leurs apprenants. Il est donc question, dans ce cas, d'évaluer une application particulière d'eCollaboration consistant en l'apprentissage en ligne basé sur les jeux. Pour ceci, un problème est proposé aux apprenants et les actions devant être exécutées pour le résoudre sont modélisées par un réseau de Pétri intitulé "Réseau de Pétri Expert" (Yessad *et al.*, 2010). L'évaluation de la résolution de l'apprenant est effectuée en se référant au "Réseau de Pétri Expert". Les erreurs dégagées sont ensuite analysées et expliquées en utilisant une méthode s'intégrant dans le thème de l'analyse de la fiabilité humaine intitulée CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) et proposée par Hollnagel (Hollnagel, 1998). Cette approche d'évaluation permet aux formateurs de détecter les éventuelles failles de l'apprentissage mis en œuvre.

2.3.3 Récapitulation

Pour une meilleure vision, les caractéristiques principales des travaux décrits ci-dessus sont récapitulées dans le tableau 2.1. Dans ce qui suit, nous parlerons d'évaluation **sommative** et d'évaluation **formative** ; pour plus de clarté, nous indiquons la différence entre les deux termes. En effet, l'évaluation formative des logiciels se fait dès l'étape de conception de ceux-ci et permet de dégager des retours sur la pertinence des différentes alternatives de conception ainsi que les éventuels problèmes d'utilisabilité et de satisfaction. Tandis que l'évaluation sommative ne peut se dérouler qu'après la phase de développement pour produire des informations définitives et complètes sur le logiciel obtenu ainsi que son impact sur les utilisateurs, le groupe et l'organisation (Antunes *et al.*, 2012).

Les travaux décrits dans le tableau 2.1 constituent une liste représentative mais non exhaustive des différents travaux d'évaluation de l'eCollaboration. Ce survol de la littérature, nous a permis de voir différentes perceptions du succès de l'eCollaboration, de les critiquer et de déterminer notre propre vision comme le montre la section suivante.

2.4 Critique de l'existant

L'étude bibliographique effectuée dans le cadre de cette thèse, et résumée dans la section précédente, montre que les travaux existants peuvent être divisés en deux groupes qui diffèrent selon l'aspect évalué qu'on peut désigner aussi par critère de succès de l'eCollaboration. Le premier groupe est constitué d'un grand nombre de travaux qui se focalise sur l'évaluation de l'adéquation du support de l'eCollaboration (connu sous le nom de collecticiel) aux tâches en question (Antunes et Costa, 2003; Baker *et al.*, 2002a; Pinelle *et al.*, 2003). La majorité de ces travaux exprime le succès de l'eCollaboration par l'adéquation du collecticiel aux besoins de l'eCollaboration en question. Le deuxième groupe de taille nettement plus petite que le premier, évalue des critères plus globaux et plus significatifs (à notre sens) qui ne concernent pas seulement l'adéquation du support technologique aux besoins en question mais plutôt l'adéquation du déroulement et des résultats de l'eCollaboration par rapport à ce qui est prévu.

Nom et/ou référence du travail	Aspect évalué	Principe	Caractéristiques	Applications prises en compte
Groupware Heuristic Evaluation (GHE) [Baker et al., 2002a,b]	Le collecticiel	Cette évaluation est basée sur des heuristiques permettant de vérifier si le collecticiel dispose d'un certain nombre de caractéristiques fixées à l'avance.	Travail inspiré de l'évaluation par heuristiques des IHM. Evaluation Sommative	Toutes
Collaboration Usability Analysis (CUA) [Pinelle et al., 2003]	Le collecticiel	Cette évaluation consiste en une modélisation et une simulation des tâches demandées dans l'e-collaboration en question, dans le but de dégager les problèmes d'utilisation du collecticiel.	Travail inspiré de l'évaluation des IHM. Evaluation Formative	Toutes
Scenario based Evaluation (SBE) [Haynes et al., 2004]	Le collecticiel	Cette évaluation se base sur la mise en œuvre et l'évaluation d'un ensemble de scénarios représentant les utilisations principales du collecticiel.	Evaluation formative basée sur les scénarios.	Toutes
Human Performance Models (HPM) [Antunes et al., 2006]	Le collecticiel	Cette évaluation a pour objectif de prédire et de comparer l'utilisabilité des collecticiels, sans faire intervenir les utilisateurs. Elle se base sur le modèle KLM (Keystroke-Level Model) qui permet de prédire le temps d'exécution des scénarios critiques pour différentes alternatives de conception.	Travail inspiré des méthodes d'évaluation des IHM. Evaluation Formative	Toutes
Perceived Value (PVA) [Antunes and Costa, 2003]	Les outils de réunions virtuelles	Cette évaluation se base sur le remplissage d'une "carte d'évaluation" qui reflète les appréciations des utilisateurs et permet de calculer une métrique d'évaluation intitulée "perceived value".	Approche centrée sur les mesures. Evaluation Formative	Les réunions virtuelles
eLSE [Ardito et al., 2006]	Les supports d'e-learning	Cette méthodologie commence par une phase d'inspection permettant de détecter les problèmes de l'application suivie par des tests d'utilisation servant à confirmer ou non les problèmes déjà détectés.	Travail inspiré des méthodes d'évaluation des IHM. Evaluation Sommative	Apprentissage en ligne
[Post et al., 2008, Post and A. H. M. Cremers, 2004]	Les réunions virtuelles	L'évaluation proposée se base sur l'identification et la quantification d'un ensemble de critères de succès des réunions virtuelles.	Approche centrée sur les mesures. Evaluation Sommative	Réunions virtuelles
[Thomas et al., 2012, Yessad et al., 2010]	Les actions de l'apprenant	Les compétences acquises par l'apprenant sont évaluées en se référant à un Réseau de Pétri qui modélise les actions devant être exécutées. Les erreurs commises sont analysées et expliquées en utilisant la méthode CREAM.	Travail basé sur l'analyse des actions de l'apprenant.	Apprentissage en ligne basé sur les jeux

TABLE 2.1 – Tableau récapitulatif d'une liste représentative de travaux d'évaluation de l'eCollaboration

Ce groupe englobe des travaux d'évaluation spécifiques à des domaines d'application particuliers de l'eCollaboration comme l'e-learning (Thomas *et al.*, 2012) et les réunions virtuelles (Post *et al.*, 2008).

Compte tenu des caractéristiques particulières des environnements d'eCollaboration et des contraintes que cela implique au niveau de l'évaluation, nous estimons que chacun de ces deux groupes présente des failles qui méritent d'être évitées dans les travaux futurs. En effet, le premier groupe a l'avantage d'être générique mais présente une insuffisance évidente de l'évaluation proposée qui réside dans la prise en compte partielle des éléments influant sur le succès de l'eCollaboration. En effet, il est vrai que l'adéquation du collecticiel supportant l'eCollaboration est importante ; mais elle ne garantit pas toujours le succès de l'eCollaboration. Elle demeure donc une condition nécessaire mais non suffisante. Le deuxième groupe quant à lui, a l'avantage de considérer un critère de succès plus significatif (à notre sens) qui concerne le déroulement et les résultats de l'eCollaboration, mais présente une limite flagrante qui découle de la spécificité des travaux qu'il comporte et qui ne peuvent être appliqués que dans des cas particuliers de l'eCollaboration.

Outre le critère de succès et la généralité, une caractéristique très importante des travaux en question porte sur les aspects pris en compte dans l'évaluation du succès de l'eCollaboration. En effet, malgré la grande influence de l'intervention humaine sur le succès de l'eCollaboration, la majorité des travaux de la littérature s'intégrant dans ce cadre, se focalise sur l'évaluation de l'adéquation technologique au dépend de l'adéquation de la participation humaine. Pourtant pas mal de travaux de recherche (Campbell, 1990; Wong *et al.*, 2004) ont confirmé depuis plusieurs années que la performance d'une tâche est affectée par différentes caractéristiques liées aux individus intervenant dans sa réalisation et portant sur leurs connaissances, leurs compétences et leurs motivations. Si cette propriété a été confirmée dans la collaboration "face à face", nous estimons qu'il n'y a aucune raison de l'ignorer dans la collaboration électronique ; bien au contraire, il faut l'étudier et voir comment elle peut évoluer lorsque chaque individu intervient à travers sa machine et se trouve donc à l'abri du contact direct.

Les constatations effectuées concernant les travaux d'évaluation de l'eCollaboration et portant principalement sur le critère de succès de l'eCollaboration, les aspects pris en compte dans l'évaluation ainsi que la généralité sont illustrées dans le tableau 2.2.

Nom et/ou référence du travail d'évaluation	Critère de succès	Prise en compte de la composante technologique	Prise en compte de l'intervention humaine	Généricité
Groupware Heuristic Evaluation (GHE) (Baker <i>et al.</i> , 2002a,b)	Adéquation du collectif	oui	non	oui
Collaboration Usability Analysis (CUA) (Pinelle <i>et al.</i> , 2003)	Adéquation du collectif	oui	non	oui
Scenario based Evaluation (Haynes <i>et al.</i>, 2004)	Adéquation du collectif	oui	non	oui
Human Performance Model (Antunes <i>et al.</i> , 2006)	Adéquation du collectif	oui	non	oui
Perceived Value (Antunes et Costa, 2003)	Adéquation du collectif	oui	non	oui
e-LSE (Ardito <i>et al.</i> , 2006)	Adéquation du collectif	oui	non	non
(Post <i>et al.</i> , 2008; Post et A. H. M. Cremers, 2004)	Adéquation du déroulement et des résultats	oui	non	non
(Thomas <i>et al.</i> , 2012; Yessad <i>et al.</i> , 2010)	Adéquation du déroulement et des résultats	oui	oui	non

TABLE 2.2 – Tableau comparatif des travaux d'évaluation de l'eCollaboration

Le tableau 2.2 montre que, d'une manière générale, les travaux de la littérature réduisent le succès de l'eCollaboration à l'adéquation technologique. Il montre aussi que ces travaux ne sont pas tous génériques, et que la qualité de l'intervention humaine

dans l'eCollaboration est ignorée par la majorité d'entre eux. Le travail référencé par (Thomas *et al.*, 2012; Yessad *et al.*, 2010) fait partie d'une minorité de travaux qui prend en compte la qualité de l'intervention humaine dans l'évaluation. Il serait utile de rappeler que celui-ci s'intègre dans un cadre spécifique de l'eCollaboration consistant en l'e-learning et qu'il évalue les compétences acquises par les apprenants en détectant et en expliquant les actions erronées de ceux-ci dans un scénario particulier. L'explication des actions erronées de l'apprenant est basée sur une méthode d'analyse de la fiabilité humaine intitulée CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) qui considère que toute erreur (ou action erronée) identifiée dans ce cadre est causée par des conditions technologiques ou humaines inadéquates. Malgré la spécificité du contexte de ce travail, nous estimons qu'une telle vision des problèmes reste valable dans le contexte général de l'eCollaboration et est conforme à l'objectif d'évaluation que nous avons fixé au début de ce travail consistant en la prise en compte des deux composantes technologique et humaine de l'eCollaboration dans l'évaluation. C'est pour cela que nous accordons un intérêt particulier aux méthodes d'analyse de la fiabilité humaine dans la suite de ce chapitre.

Les observations déjà citées nous permettent de confirmer que ce sujet suscite encore beaucoup plus d'efforts pour contourner les difficultés déjà décrites et combler les failles des travaux présentés. En effet, l'émergence du concept de la collaboration électronique dont l'exploitation devient inévitable dans tous les domaines nous oblige à pousser les recherches qui s'intéressent à son évaluation. Les travaux proposés doivent permettre de mettre le doigt sur les problèmes qui pourraient bloquer l'évolution du concept de l'eCollaboration ou diminuer sa fiabilité. Compte tenu des idées déjà proposées ainsi que des faiblesses identifiées dans ce domaine, et face à la diversité des scénarios d'eCollaboration, nous estimons primordial de proposer, dans le cadre de cette thèse, un travail d'évaluation générique qui puisse s'appliquer à n'importe quel scénario d'eCollaboration.

En plus de cette suggestion, et compte tenu du progrès et de la propagation actuels des technologies qui sont à l'origine de l'existence d'une large panoplie de collecticiels adaptés à tous les besoins et offrant une grande facilité d'utilisation, nous défendons l'idée que la performance technologique pose de moins en moins de problèmes dans les collaborations électroniques. Par contre l'intervention humaine reste toujours

une composante assez délicate affectant le déroulement ainsi que le succès de l'eCollaboration. Nous estimons donc que sa prise en compte dans l'évaluation permet de donner des jugements intéressants et fiables. Conformément à cette vision, nous nous penchons, dans le travail d'évaluation proposé, sur la prise en compte de l'aspect humain dans l'évaluation, sans pour autant ignorer l'aspect technologique dont les performances constituent une condition nécessaire mais non suffisante du succès de l'eCollaboration.

Comme il a été signalé dans ce qui précède, les méthodes d'analyse de la fiabilité humaine ont suscité un intérêt particulier de notre part vu qu'elles permettent d'expliquer les problèmes détectés dans un système en se référant aux causes aussi bien technologiques que humaines. Pour cette raison, nous réservons la section suivante à une étude de ces méthodes.

2.5 Analyse de la fiabilité humaine

Dans les systèmes socio-techniques tels que ceux mis en œuvre par l'eCollaboration, l'intervention humaine est une composante particulièrement importante du fait de son impact sur l'évolution du scénario en question. Cette composante est elle-même affectée par les conditions technologiques, individuelles et organisationnelles de l'environnement dans lequel elle évolue et qui rendent son évaluation assez délicate. C'est dans ce cadre que les travaux d'analyse de la fiabilité humaine ont été proposées (Yessad *et al.*, 2010; Thomas *et al.*, 2012). Dans la littérature, plusieurs méthodes d'analyse de la fiabilité humaine existent et sont classées en deux générations (Guarnieri *et al.*, 2008).

2.5.1 Méthodes d'analyse de la fiabilité humaine de première génération

Les méthodes d'analyse de la fiabilité humaine de première génération ont pour objectif d'aider les évaluateurs dans la prédiction de l'erreur humaine et la quantification de sa probabilité. Elles peuvent être divisées en deux groupes bâtis sur deux logiques différentes (Desmorat *et al.*, 2013). Le premier groupe met la défaillance humaine au premier plan en considérant qu'elle est la cause principale des événements insatisfaisants dans un système ; il place les conditions de déroulement des tâches en ques-

tion (appelées conditions de performances) au second plan. La méthode de l'arbre des causes ainsi que l'Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC) en sont des exemples. Le deuxième groupe est basé sur le principe que la défaillance humaine est le résultat de conditions de performance défavorables. Les méthodes d'analyse de la fiabilité humaine appliquant ce principe telles que THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) (Swain et Guttmann, 1983) commencent par analyser le contexte dans un premier temps et ce n'est qu'ensuite que les modalités de défaillance humaine y sont rattachées. En effet, l'erreur humaine est un facteur déterminant, mais elle ne produit ses effets sur le système que lorsqu'elle s'ajoute à des conditions de déroulement particulières. Les approches implémentant cette deuxième logique commencent donc par la description du système en indiquant son mode de fonctionnement normal et les conséquences d'un mauvais fonctionnement sur chacun de ses services, ensuite l'ensemble des interventions humaines sur le système est détaillé. En croisant des tables de probabilités de défaillance humaine avec la description de fonctionnement, il est possible de déterminer l'impact de chacune de ces erreurs sur le système.

2.5.2 Méthodes d'analyse de la fiabilité humaine de deuxième génération

Le problème majeur des méthodes de première génération consiste en la quantification de la probabilité de défaillance humaine. Afin de contourner ce problème, une nouvelle génération de méthodes d'analyse de la fiabilité humaine est apparue. Elle considère la défaillance de l'action comme une conséquence directe du contexte plutôt qu'une probabilité de base modulée par le contexte. Cette ligne de pensées a été particulièrement développée par Erik Hollnagel qui a défini les "Conditions Communes de Performance" ou CPC (Hollnagel, 1993) consistant en un ensemble de descripteurs significatifs permettant de refléter le contexte de déroulement des actions en question et s'est basé sur cette contribution pour développer la méthode d'analyse de la fiabilité humaine CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) (Hollnagel, 1998). Grâce à sa généricité, la méthode CREAM a été utilisée dans l'analyse et l'explication d'anomalies détectées dans des applications particulières de la collaboration électronique (El-Kechaï et Després, 2007; Thomas *et al.*, 2012) et a donné des résultats

satisfaisants. Pour cette raison, nous nous approfondissons dans sa description dans le paragraphe suivant.

Présentation de la méthode d'analyse de la fiabilité humaine CREAM

CREAM est basée sur la technique d'analyse de la fiabilité humaine et est qualifiée de "bidirectionnelle" car elle peut être utilisée comme une méthode prédictive (prédiction des erreurs possibles) ou rétrospective (analyse des événements, a posteriori, pour comprendre les causes des actions erronées). Elle représente une méthode de seconde génération de l'analyse de la fiabilité humaine car elle met en œuvre une stratégie d'analyse des erreurs plus efficace que les méthodes d'évaluation probabilistes des risques appartenant à la première génération. Comme nous nous intéressons à l'évaluation a posteriori des actions plutôt qu'à leur prédiction, nous nous penchons plus, dans ce qui suit, vers la facette rétrospective de la méthode CREAM qui décrit la manière d'effectuer l'analyse des actions erronées en vue d'inférer leurs causes probables et de les expliquer.

En effet, la méthode CREAM est constituée de trois étapes principales (Hollnagel, 1998) que nous décrivons dans ce qui suit.

La première étape consiste à décrire les conditions de déroulement de l'eCollaboration à travers les "Conditions Communes de Performances" ou "Common Performance Conditions" ou encore CPC. Les CPC sont proposées pour capturer les aspects essentiels de la situation et les conditions qui ont/peuvent avoir une incidence sur le travail. Afin de garantir l'utilisabilité de la méthode, les CPC proposées par les concepteurs de cette méthode sont en nombre limité. Comme le montre le tableau 2.3, à chaque condition commune de performance, est associé un ensemble d'appréciations permettant de l'évaluer et ayant des effets différents sur la performance. Dans un contexte particulier, chaque condition de performance est décrite en choisissant une des appréciations proposées ; la performance correspondante peut alors être déduite à partir du tableau 2.3.

CPC	Evaluation de la condition	Effet sur la performance
Structure organisationnelle	Très efficace	Positif
	Efficace	Neutre
	Inefficace	Négatif
	Déficient	Négatif
Conditions de travail	Avantageuses	Positif
	Adéquates	Neutre
	Non adéquates	Négatif
Qualité de l'IHM	Très bonne	Positif
	Adéquate	Neutre
	Tolérable	Neutre
	Inappropriée	Négatif
Disponibilité des procédures et des plans	Appropriée	Amélioré
	Acceptable	Insignifiant
	Inappropriée	Réduit
Nombre d'objectifs simultanés	Facilement gérable	Neutre
	Gérable	Neutre
	Ingérable	Négatif
Temps disponible	Approprié	Amélioré
	Temporairement inapproprié	Neutre
	Continuellement inapproprié	Négatif
Période de la journée	Jour	Neutre
	Nuit	Négatif
Efficacité de la formation et de l'expérience	Approprié, grande expérience	Positif
	Approprié, expérience limitée	Neutre
	Inapproprié	Négatif
Qualité de la collaboration de l'équipe	Très efficace	Positif
	Efficace	Neutre
	Inefficace	Neutre
	Déficient	Négatif

TABLE 2.3 – Liste des Conditions Communes de Performances

La deuxième étape consiste à déterminer les différentes actions erronées ou phénotypes. Comme le montre la figure 2.5.1, les phénotypes décrivent les observations du comportement. Ils peuvent être partagés en quatre groupes : action au mauvais moment (temps, durée) ; action de mauvais type (distance, vitesse, direction, force) ; action sur le mauvais objet (voisin, similaire ou sans relation) et action au mauvais endroit (problème de séquence).

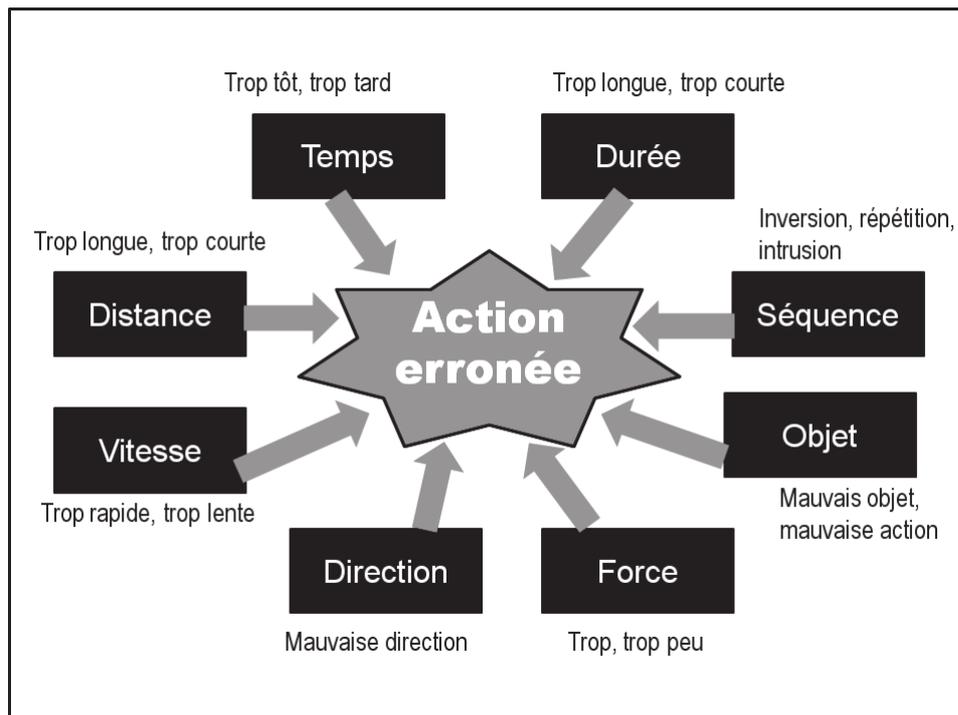


FIGURE 2.5.1 – Classification des phénotypes (Hollnagel, 1998)

La troisième étape consiste à chercher les génotypes définis comme étant les causes de l'apparition des phénotypes. Cette étape est basée sur les CPC déterminés à l'étape 1 et est composée de plusieurs itérations fournissant les liens causaux expliquant l'occurrence du phénotype. Un effet et une cause sont identifiés à chaque itération. Dans l'itération suivante, la dernière cause devient effet.

Dans le cadre de la méthode CREAM, plusieurs termes de significations proches sont évoqués. Dans ce qui suit, nous clarifions leurs utilisations pour éviter toute confusion. Les termes "effet" ou "phénotype" et "cause" ou "génotype" sont toujours utilisés au début et à la fin de cette étape itérative. Tandis que les effets intermédiaires apparaissant au cours des itérations sont appelés des "conséquences" et les causes intermédiaires sont appelées des "antécédents".

Hollnagel propose trois catégories de génotypes schématisées par la figure 2.5.2 (Hollnagel, 1998) : les génotypes associés à la **personne**, à la **technologie** et à l'**organisation**.

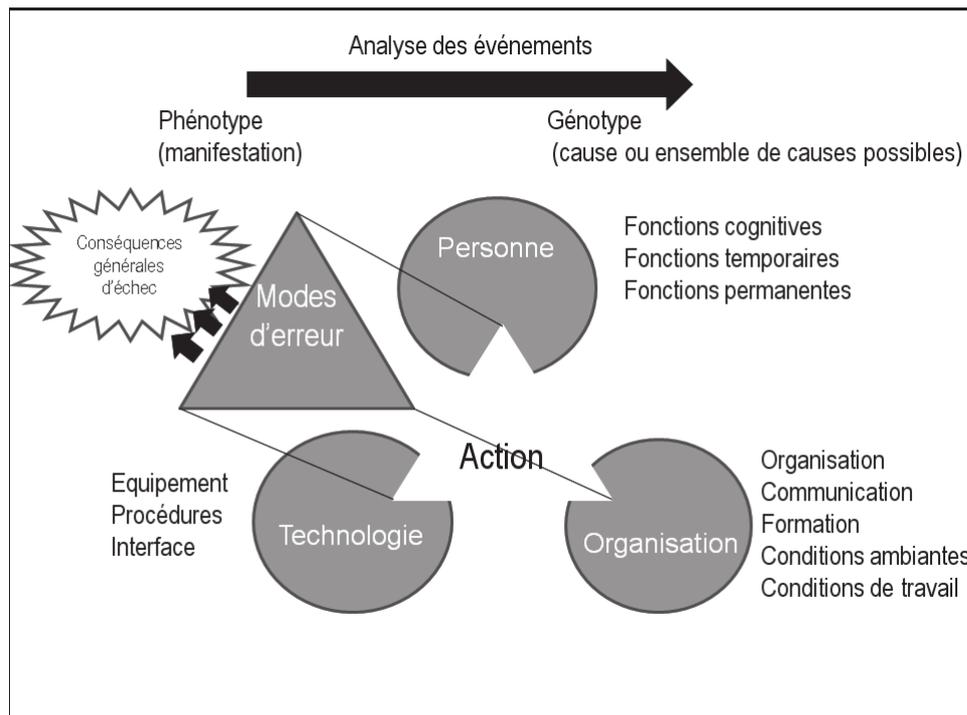


FIGURE 2.5.2 – Les catégories du schéma de classification des actions (Hollnagel, 1998)

La première catégorie associée à la **personne** admet trois groupes d'antécédents :

- **Les fonctions cognitives** : celles-ci permettent d'expliquer l'action observée en se référant à la pensée et la prise de décision. Hollnagel divise l'ensemble de ces fonctions en deux parties concernant l'analyse et la synthèse. La première partie est constituée de deux sous-groupes portant sur : l'observation (observations manquées, fausses observations et erreurs d'identification) et l'interprétation (erreurs de diagnostic, erreurs de raisonnement, erreurs de décision, interprétation tardive, prédiction incorrecte). La deuxième partie de synthèse est aussi composée de deux sous-groupes : la planification (plans inadéquats et erreurs de priorité) et l'exécution (exécution trop lente ou trop rapide, trop tard ou trop tôt...).
- **Les fonctions temporaires** : celles-ci décrivent les états psychologiques, physiques et émotionnels de la personne qui peuvent avoir une durée limitée (problèmes de mémoire, peur, distraction, fatigue, inattention, stress et variabilité de la performance).
- **Les fonctions permanentes** : elles décrivent les caractéristiques constantes de l'individu (handicap, style et biais cognitifs).

La seconde catégorie de génotypes associés à la **technologie** couvre les dysfonctionnements, les défauts techniques, l'inadéquation de procédures et les problèmes d'inter-

face. Cette catégorie est composée de quatre groupes d'antécédents :

- **L'équipement** : défaillance matérielle et logicielle ;
- **Les procédures** : procédures inadéquates ;
- **Les problèmes temporaires d'interface** : limitation d'accès, information ambiguë et/ou incomplète ;
- **Les problèmes permanents d'interface** : problèmes d'accès, problème d'étiquetage/nommage.

La troisième et dernière catégorie de génotypes associés à l'**organisation**, couvre les génotypes liés à l'environnement et est composée de cinq groupes d'antécédents :

- **La communication** : les problèmes de communication et le manque d'informations ;
- **L'organisation** : les problèmes de maintenance, de contrôle qualité, de management ou de pression sociale ;
- **La formation** : habiletés et/ou connaissances insuffisantes ;
- **Les conditions ambiantes** : température, bruit etc ;
- **Les conditions de travail** : demande excessive, horaires irréguliers etc.

Le phénotype représente le point de départ de l'analyse rétrospective à partir duquel un travail récursif est effectué. A partir du phénotype, les antécédents généraux sont déterminés en se référant aux différents groupes du schéma de classification. Pour chaque antécédent général, les conséquences générales correspondantes sont recherchées en utilisant également le schéma de classification des actions. S'il en existe, le processus est répété pour chaque conséquence générale. L'analyse arrive à terme quand : un(des) antécédent(s) spécifique(s) a(ont) été trouvé(s) ; aucun antécédent général n'a été trouvé pour une conséquence générale donnée ; ou aucun antécédent « raisonnable » relativement au contexte n'a été trouvé.

2.6 Conclusion

L'évaluation est une étape importante voire vitale pour la diffusion et l'évolution du concept en question. C'est d'ailleurs pour cela que cet axe ne cesse de se développer dans tous les domaines et fait l'objet du travail de plusieurs équipes de recherche partout dans le monde. L'étude bibliographique réalisée dans ce contexte et décrite dans

ce chapitre, nous a permis de prendre connaissance des différentes idées d'évaluation proposées dans ce cadre et de mettre le doigt sur les faiblesses des travaux existants. Toutes les constatations effectuées et décrites dans la section précédente ont motivé la contribution que nous décrivons dans les chapitres suivants.

Deuxième partie

CONTRIBUTIONS

Chapitre 3

ANALYSE BASEE SUR LES SCENARIOS

Depuis plusieurs années, et comme le montre le chapitre précédent, l'évaluation de la collaboration électronique a fait l'objet de plusieurs travaux qui diffèrent selon les caractéristiques des scénarios étudiés et les critères de succès visés. Compte tenu de la délicatesse de la tâche d'évaluation d'une façon générale et de la particularité des environnements en question, nous avons commencé par étudier la démarche à suivre pour proposer une approche d'évaluation des scénarios d'eCollaboration conforme aux objectifs déjà fixés. Comme la genericité constitue une des caractéristiques principales de notre travail, nous avons décidé de passer par une analyse basée sur les scénarios, avant d'entamer le travail sur l'approche d'évaluation. Suite à l'élaboration d'un certain nombre d'abstractions, cette étape d'analyse nous permet de proposer une vue globale sur les scénarios d'eCollaboration constituée des éléments qui leur sont communs et des relations entre eux et servant de base pour identifier les critères génériques de leurs succès.

3.1 Démarche suivie

Face aux faiblesses des travaux d'évaluation notées précédemment, nos objectifs dans le cadre de cette thèse, consistent à proposer une approche d'évaluation des scénarios d'eCollaboration qui ne se limite pas à un contexte particulier de l'eCollaboration; qui exprime de façon adéquate les critères de succès de l'eCollaboration et qui

permet d'expliquer ses éventuels échecs tout en prenant en compte les facteurs technologiques et humains qui y interviennent. Comme nous comptons dégager des critères génériques de succès (de l'eCollaboration) valables quel que soit le scénario en question et, face aux différents contextes (objectifs, conditions de déroulement, ...) des scénarios d'eCollaboration ; le processus à suivre pour proposer un travail d'évaluation dans ces conditions n'est pas évident et doit être bien étudié. C'est d'ailleurs ce qui explique les efforts consacrés, dans le cadre de ce travail, au choix de la démarche à suivre. En effet, un scénario d'eCollaboration peut être vu de plusieurs façons qui déterminent de manières différentes ses facteurs de succès. Dans ce qui suit, nous résumons la réflexion effectuée dans ce cadre.

1. La première idée repose sur le raisonnement suivant : comme la collaboration électronique est basée sur la communication entre plusieurs personnes à travers un support technologique ; son succès peut être lié à " la qualité de la communication ". Mais comment quantifier ce critère ? En effet, les métriques déjà connues et fréquemment utilisées dans ce domaine, comme le nombre de messages échangés, le temps moyen de réponse ainsi que le nombre de problèmes de communication ayant eu lieu (Westphal *et al.*, 2007), ne permettent pas, dans tous les cas, de refléter de façon significative le déroulement de l'eCollaboration en question et d'exprimer efficacement son succès. Par exemple, le nombre de messages échangés peut exprimer une dynamicité assez élevée et un haut degré de participation au travail collaboratif, mais ne reflète pas dans tous les cas, le succès de l'eCollaboration qui requiert parfois peu de communications efficaces entre les participants. La qualité de la communication, telle qu'elle a été définie dans cette partie, n'est donc pas adéquate pour constituer un critère générique de succès de l'eCollaboration.
2. La deuxième idée consiste à se focaliser sur trois aspects jugés importants dans le contexte de l'eCollaboration et qui sont : le support technologique de la communication, l'interface permettant l'interaction entre l'utilisateur et le système collaboratif et le comportement des intervenants au cours du scénario de collaboration électronique. Dans ce cas, l'évaluation de la collaboration électronique consistera en trois évaluations séparées de chacun des aspects cités précédemment (Chebil *et al.*, 2011). Il serait donc nécessaire de recourir à trois approches différentes

permettant d'évaluer chacun des trois aspects : ce qui risque d'alourdir l'évaluation globale. De plus, la superposition des évaluations de ces trois critères, qui ne sont pas complètement indépendants, risque de donner des résultats qui ne correspondent pas à la réalité. En effet, il est très courant dans les collaborations électroniques que le support de la communication, l'interface du système ainsi que le comportement des intervenants soient tous satisfaisants ; mais que les participants n'arrivent pas à atteindre les objectifs fixés pour plusieurs raisons telles que les contraintes de temps ou d'autres contraintes défavorables. Cette idée de faire " la somme " de trois évaluations différentes, risque donc de fausser les résultats de l'évaluation globale car le tout ici, est plus que la somme des parties.

3. La troisième idée met l'accent sur le fait que les scénarios en question sont caractérisés par leur forte dépendance par rapport au contexte de l'eCollaboration qui inclut les objectifs fixés, les conditions de déroulement et surtout le comportement généralement imprévisible des intervenants. Face à cette propriété, la démarche à suivre pour proposer une approche d'évaluation consiste à commencer par analyser des scénarios d'eCollaboration et effectuer progressivement des abstractions en cherchant les aspects qui leur sont communs. Une fois qu'une représentation générique des scénarios d'eCollaboration est produite, elle sera exploitée pour proposer un simulateur qui permet de générer des instances différentes de scénarios d'eCollaboration, de les observer et d'en dégager des critères génériques de succès valables quel que soit le scénario en question. L'estimation du succès de l'eCollaboration en se basant sur le travail précédemment décrit et l'explication des éventuelles anomalies constituera l'étape finale de cette démarche. Cette idée de passer par une modélisation préalable de l'eCollaboration plaide en la faveur de la généricité de l'évaluation à proposer puisqu'elle permet de dégager les aspects les plus importants constituant tout scénario et de se baser là dessus pour trouver des critères génériques de succès de l'eCollaboration. C'est pour cela que cette démarche que nous désignerons par les trois mots-clés "Analyse-Simulation-Evaluation" est estimée la plus adaptée aux environnements en question et est supposée produire des résultats fiables. Dans ce qui suit, nous présentons la première étape de la démarche retenue consistant en une analyse basée sur les scénarios.

3.2 Analyse basée sur les scénarios

Il est vrai que les scénarios de collaboration électronique sont très nombreux et que leurs caractéristiques sont différentes. Malgré ceci, nous estimons qu'il existe des éléments qui leur sont communs et que ceux-ci peuvent être dégagés grâce à une observation et une analyse de plusieurs cas de collaboration électronique. Conformément à cette thèse, et une fois que l'approche à suivre a été étudiée et choisie ; nous avons entamé une étape d'analyse basée sur les scénarios dans laquelle nous avons observé, analysé et formalisé plusieurs cas de collaboration électronique. Comme les scénarios auxquels nous nous intéressons dans cette partie, s'intègrent dans le contexte de la collaboration, la formalisation proposée dans ce qui suit est élaborée à l'aide de la version étendue d'UML intitulée UML-G, introduite dans (Rubart et Dawabi, 2004) et permettant de modéliser les applications "groupware". Cette version d'UML offre la possibilité d'exprimer la notion de données et de rôles partagés à l'aide du stéréotype "Shared" qui peut être appliqué à n'importe quel élément des modèles UML. Une instance stéréotypée " Shared " est potentiellement partagée et accessible par tous les utilisateurs. Ce stéréotype donne naissance à trois sous-stéréotypes comme suit :

- " SharedActor " pour modéliser les acteurs d'une session collaborative ;
- " SharedRole " pour modéliser les rôles au cours d'une session collaborative ;
- " SharedActivity " pour modéliser les activités collaboratives.

Dans ce qui suit, nous décrivons quelques scénarios d'eCollaboration qui ont été analysés. Pour chacun d'entre eux, nous appuyons notre description par un diagramme d'activité montrant les différentes étapes de déroulement ainsi qu'un diagramme de séquence montrant les différentes interactions entre les intervenants dans le scénario.

3.2.1 Scénario d'e-learning

Ce scénario d'apprentissage électronique s'intègre dans le cadre du projet ELeGI (European Learning Grid Infrastructure) et a pour objectif principal l'apprentissage de la langue Espagnole (Eisenstadt *et al.*, 2005). Dans cet objectif, il est question de concevoir et de développer de façon collaborative un magazine qui présente et discute des sujets qui intéressent la communauté Espagnole. Ce scénario implique des étudiants qui suivent le même niveau de cours de langue espagnole dans des universités différentes

du Royaume Uni ainsi que leurs enseignants qu'on désignera dans ce qui suit par tuteurs. Il fait aussi intervenir les administrateurs de l'environnement supportant l'e-learning. La tâche demandée dans ce scénario doit être réalisée par groupes de quatre étudiants et consiste à concevoir et éditer un magazine en langue espagnole qui discute des sujets d'actualité pour la communauté espagnole. Les interactions dans ce scénario sont supportées par l'environnement de messagerie instantanée BuddySpace¹. Cet environnement ne se limite pas à mettre en œuvre les services de base de la messagerie instantanée, il les étend par la notion de « présence renforcée » (ou enhanced presence) dans le but de favoriser la collaboration. Pour ceci, les personnes désirant utiliser BuddySpace sont tenues d'indiquer des informations sur leurs compétences, leurs intérêts et quelques informations personnelles comme l'emplacement géographique permettant ainsi aux autres utilisateurs de l'environnement d'avoir une idée sur leur profil. Afin d'imiter le plus possible la présence physique, BuddySpace exprime la présence de toute personne par sa photo ainsi que sa situation sur une carte géographique. Il offre aussi plusieurs services susceptibles de faciliter la collaboration comme le service de « jumelage sémantique » qui permet à un utilisateur de trouver et éventuellement de contacter des individus qui ont des intérêts communs avec lui.

Le scénario en question se compose de plusieurs étapes que nous illustrons par le diagramme d'activité de la figure 3.2.1.

Comme ce diagramme ne donne qu'une vue globale sur l'évolution du scénario en question, nous l'appuyons par une explication textuelle et nous détaillons les activités collaboratives les plus importantes par des diagrammes de séquences montrant les interactions entre les acteurs principaux et le système.

La première étape consiste en une découverte mutuelle des tuteurs grâce au service de « jumelage sémantique » et une préparation du travail à proposer à travers une courte session de "chat".

Dans la deuxième étape, chaque tuteur informe ses étudiants à l'université de la tâche proposée et les invite à y participer. Les étudiants intéressés par cette suggestion confirment leur participation à leur tuteur en spécifiant les informations qu'ils souhaitent faire apparaître dans leurs profils.

1. <http://buddyspace.sourceforge.net/> (dernière consultation : Septembre 2013)

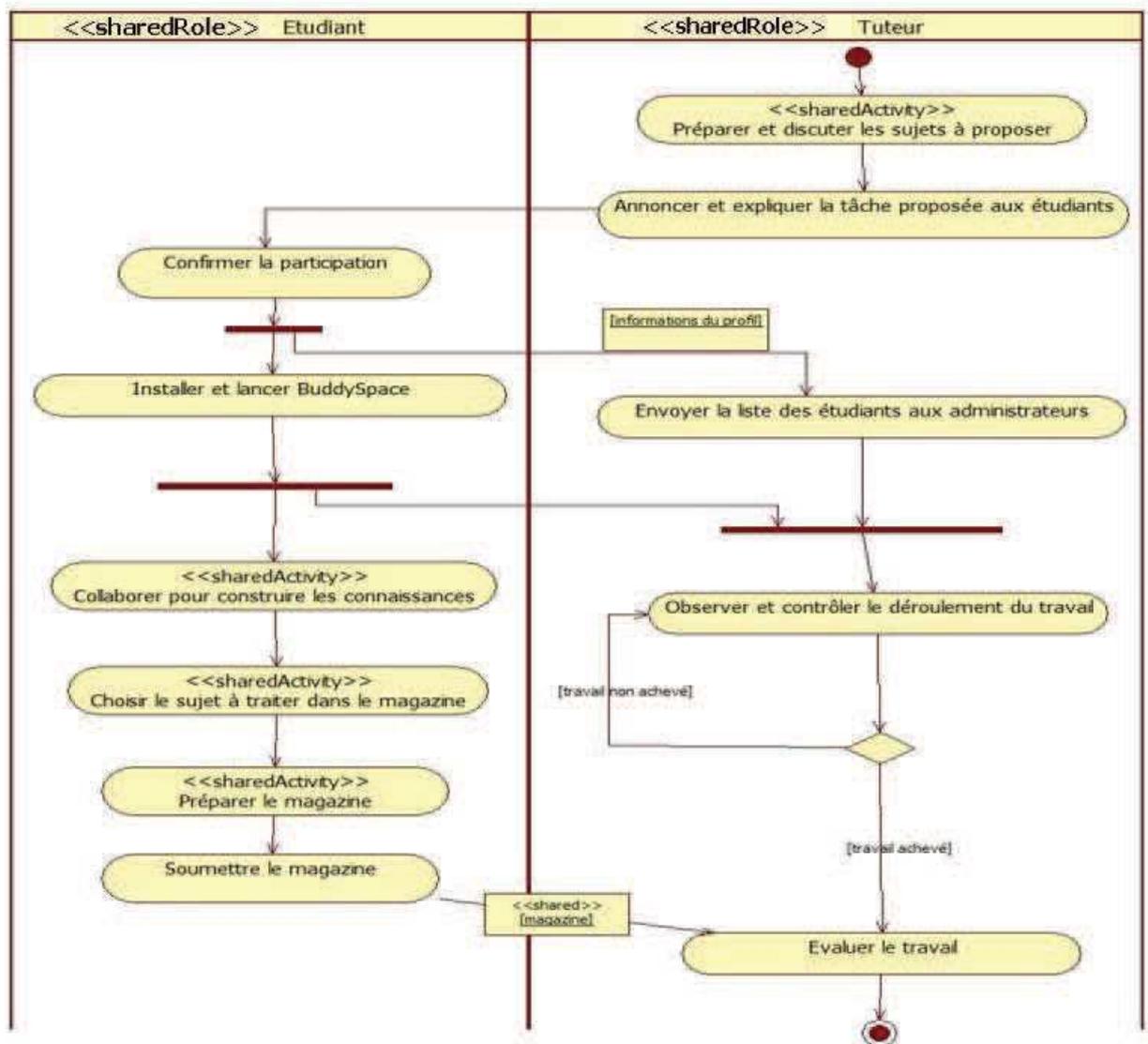


FIGURE 3.2.1 – Diagramme d’activité d’un scénario d’e-learning

Dans la troisième étape, le tuteur transmet ces informations aux administrateurs pour qu’ils puissent mettre en place la liste des étudiants sur BuddySpace et leur permettre de se voir et de se contacter.

Dans la quatrième étape, les étudiants installent et lancent BuddySpace. Ils se rassemblent en groupes de quatre personnes pour travailler ensemble.

Dans la cinquième étape schématisée par la figure 3.2.2, tout étudiant ayant une difficulté de compréhension d’une partie donnée du support de cours, essaie de trouver des explications en diffusant la question aux membres de son groupe ou en lançant une session de chat avec d’autres étudiants ayant eu le même support de cours. Dans le cadre de l’explication, les interactions peuvent prendre l’une des deux formes sui-

vantes :

- Un étudiant joue le rôle de tuteur et explique le principe, tandis que les autres proposent des commentaires ;
- Tous les étudiants participent de la même façon afin d'expliquer le principe à leur camarade.

Cette étape consiste donc en une construction collaborative des connaissances.

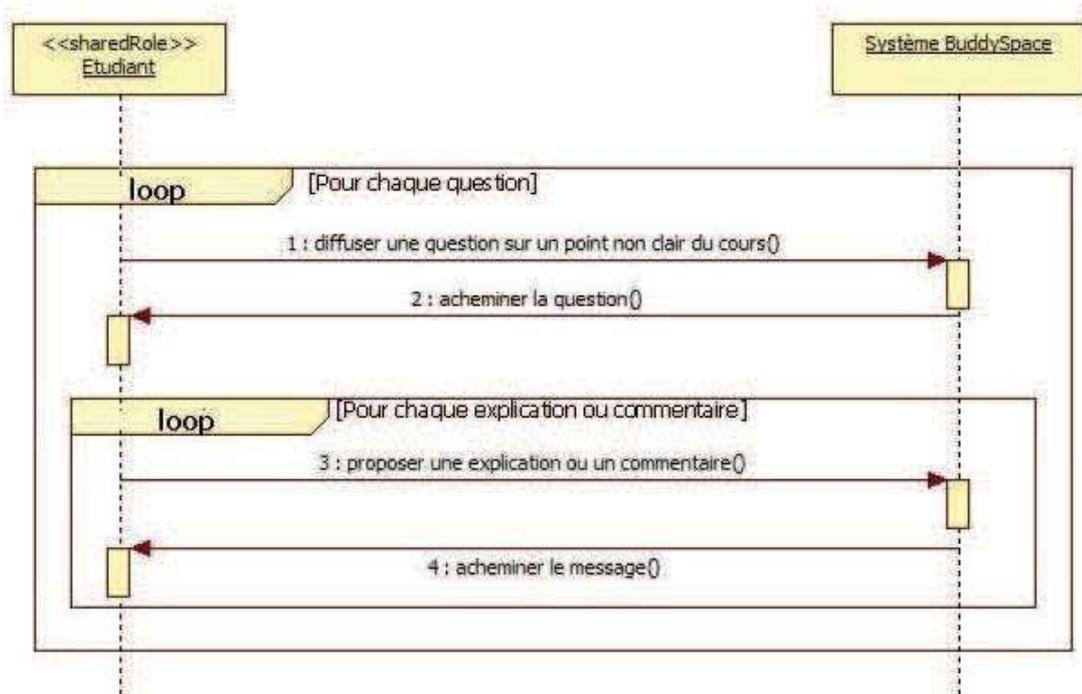


FIGURE 3.2.2 – Diagramme de séquence de la phase de construction collaborative des connaissances

La sixième étape schématisée par la figure 3.2.3 consiste en un « remue-méninge » concernant le sujet à traiter dans le magazine. Plusieurs idées sont donc proposées et commentées.

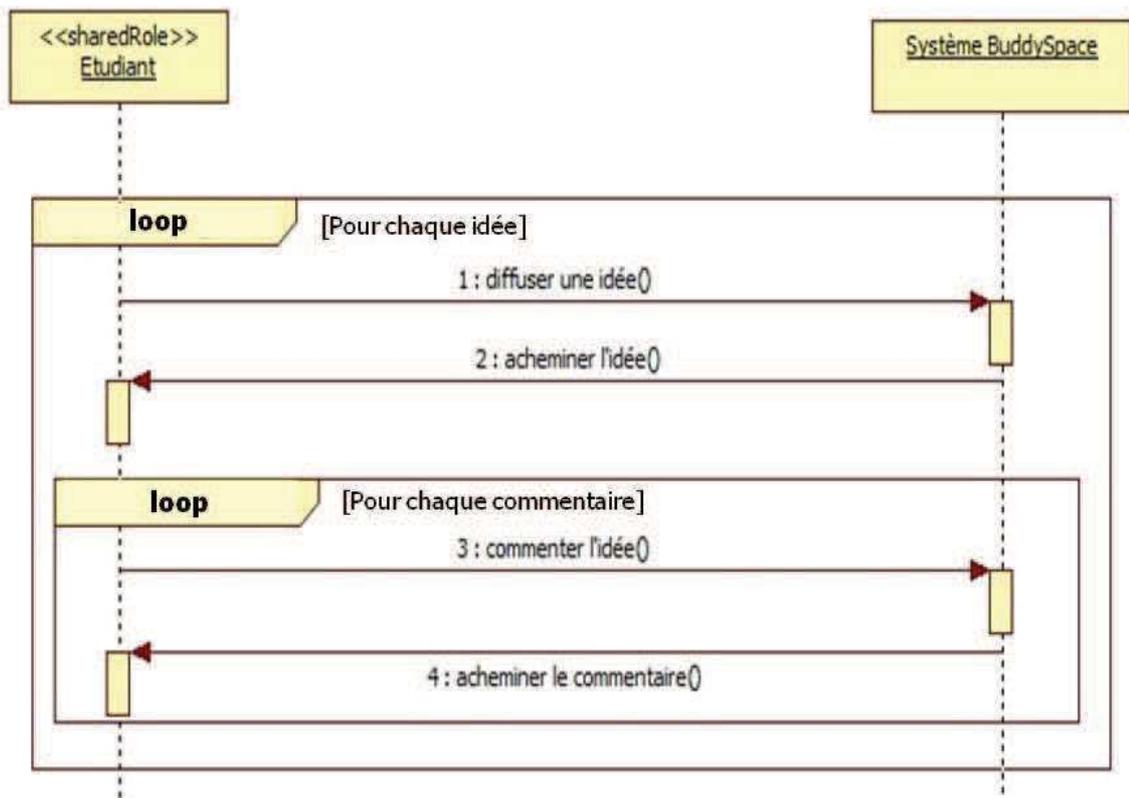


FIGURE 3.2.3 – Diagramme de séquence de la phase de choix du sujet à développer

Dans la septième étape et comme le montre la figure 3.2.4, après avoir déterminé le sujet à traiter, les étudiants essaient d’exploiter les services disponibles dans BuddySpace pour rassembler le maximum d’informations intéressantes tournant autour du thème en question. Par exemple, un groupe d’étudiants a choisi de traiter le sujet des prochaines élections présidentielles en Espagne. Dans ce contexte, certains acronymes fréquemment utilisés ne sont pas clairs ; les étudiants lancent alors le service intitulé « foreign language acronym service » dans BuddySpace afin d’obtenir les noms complets correspondants. Les étudiants peuvent aussi lancer un service de détection d’événements qui signale l’occurrence des événements importants ayant une relation avec le sujet en question. Tout le long de chaque session de travail, un des tuteurs suit l’évolution des étudiants et intervient lorsqu’il le faut en leur transmettant des commentaires et/ou des conseils. Une fois terminé, le magazine est soumis à travers BuddySpace qui envoie une alerte de dépôt au tuteur.

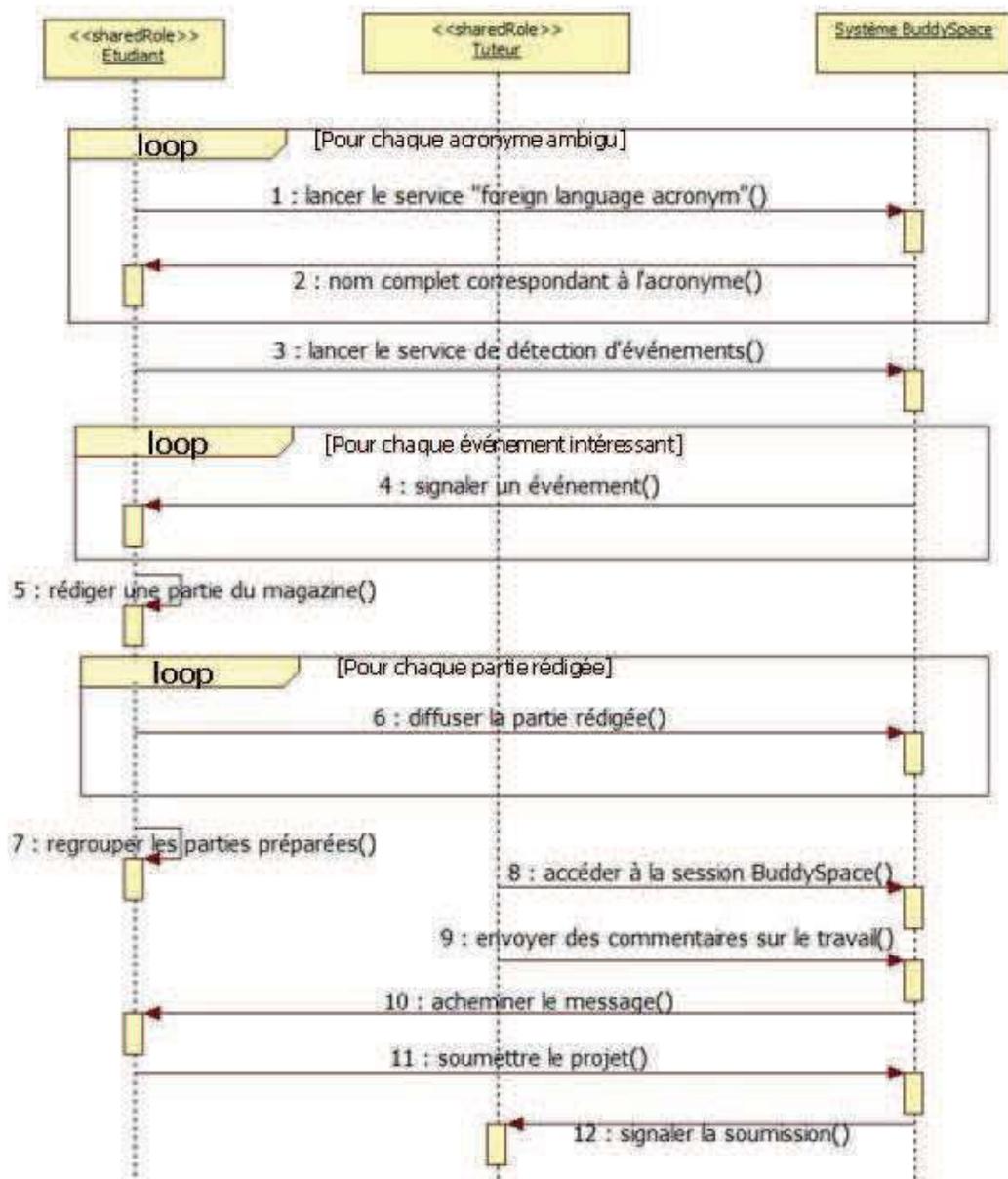


FIGURE 3.2.4 – Diagramme de séquence de la phase de préparation et de soumission du magazine

3.2.2 Scénario de vote

Ce scénario consiste en un travail collaboratif basé sur le vote par e-mail pour la prise de décision. Il a pour objectif principal, le développement de la notation du langage de modélisation de processus intitulé BPMN (Business Process Modeling Notation). Lors de la détection d'un problème dans la notation BPMN courante, un acteur qu'on désignera par "responsable" contacte les personnes qui travaillent sur l'amélioration de la notation BPMN et qui forment le "groupe BPMN" et il leur demande de lui proposer,

dans un délai d'une semaine, des solutions à ce problème. Au délai fixé, et comme le montre la figure 3.2.5, le responsable collecte les propositions de solutions et déclenche une phase de vote constituée de deux cycles et permettant de décider de la solution à retenir (OMG, 2008).

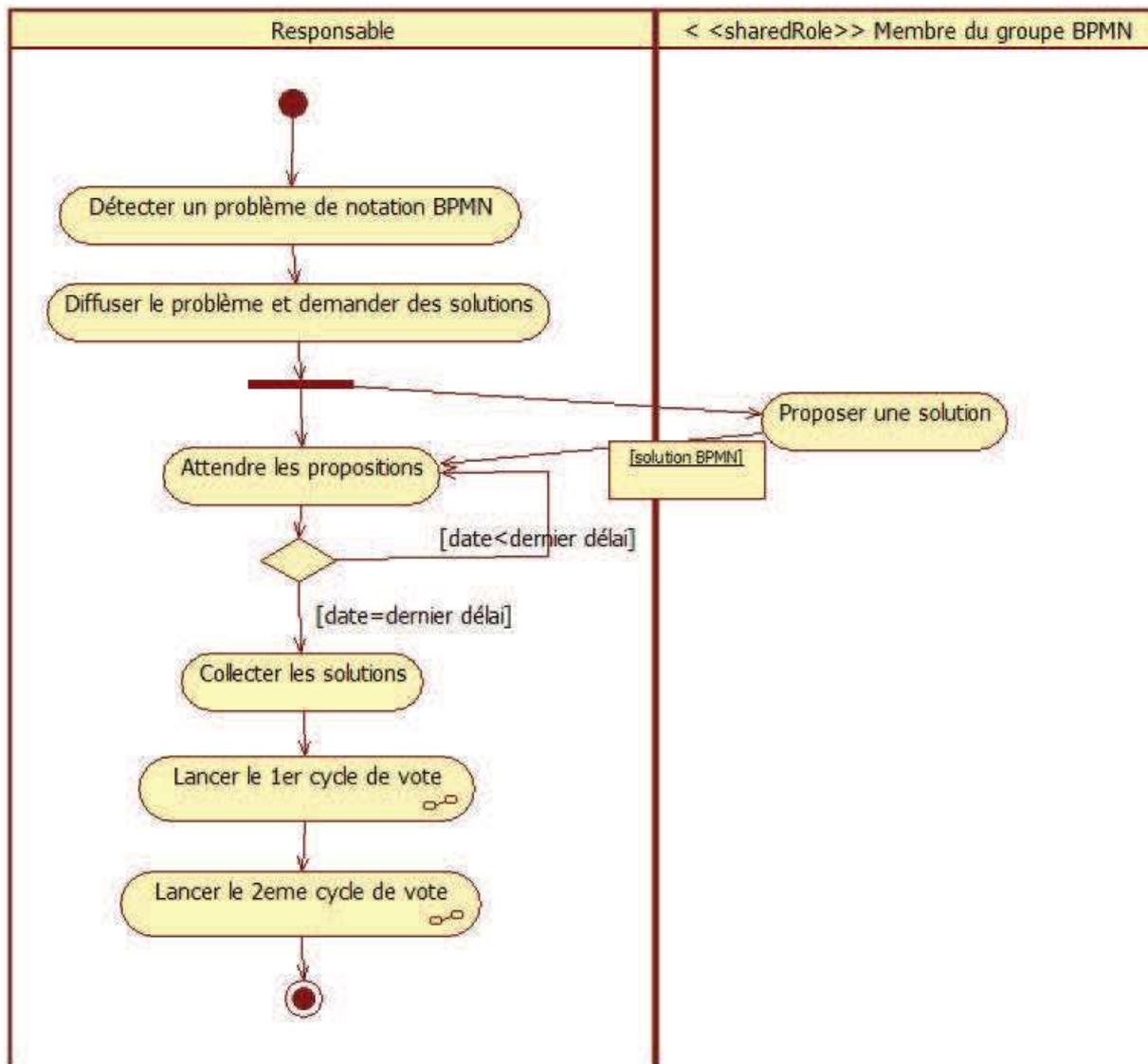


FIGURE 3.2.5 – Diagramme d'activité du scénario de vote par e-mail

Dans le premier cycle, dont le diagramme d'activité est illustré par la figure 3.2.6, le responsable diffuse aux membres de vote toutes les solutions proposées par les membres du "groupe BPMN" en vue de résoudre le problème de notation détecté.

Après une semaine, le responsable regroupe les votes effectués pour les solutions envoyées et identifie les deux solutions les plus populaires.

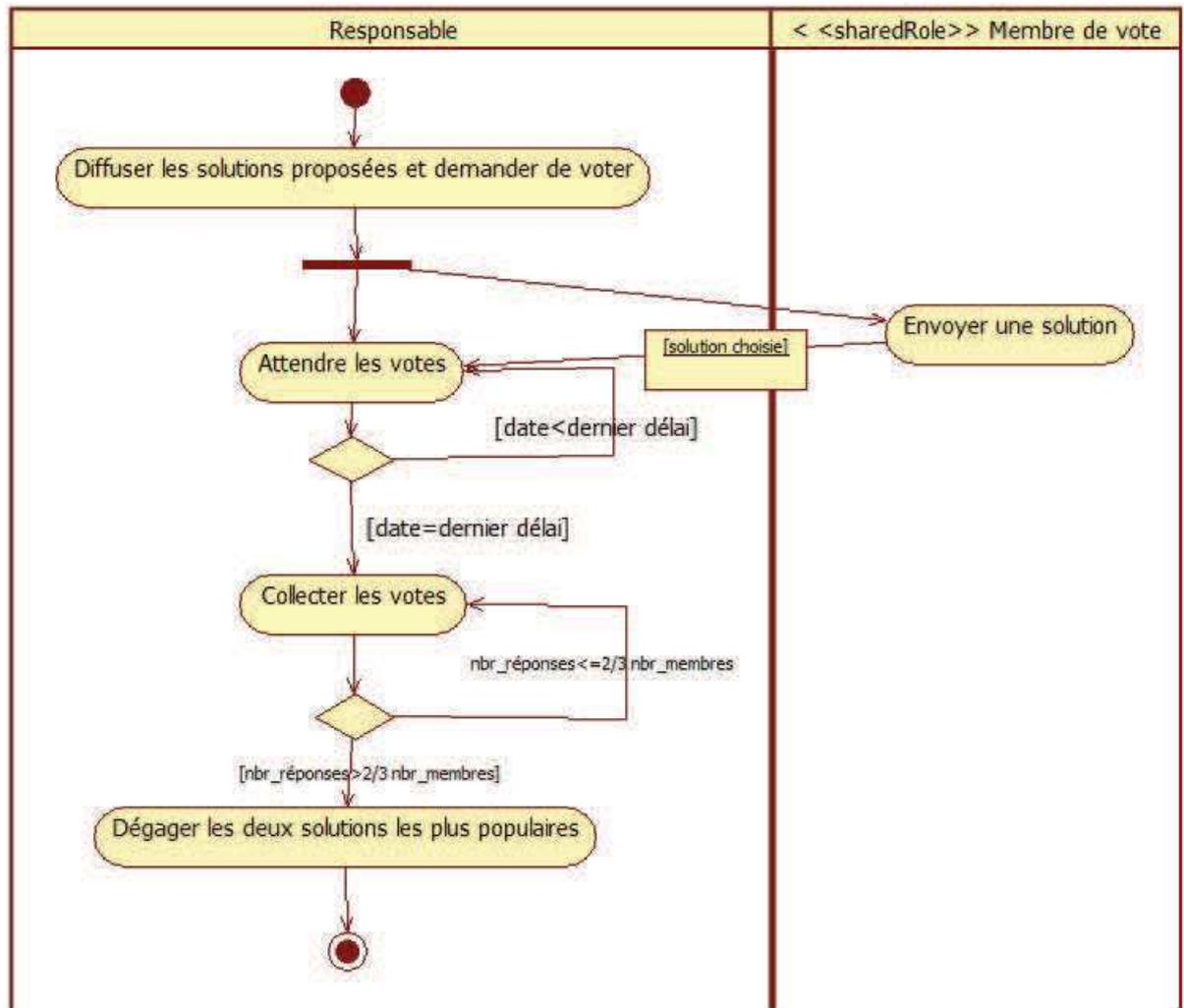


FIGURE 3.2.6 – Diagramme d’activité du premier cycle de vote

Dans le deuxième cycle, dont le diagramme d’activité est illustré par la figure 3.2.7, le responsable diffuse les deux solutions les plus populaires obtenues au terme du cycle précédent et demande aux membres de vote d’en choisir une. Après une semaine, le responsable collecte les votes et diffuse la solution retenue.

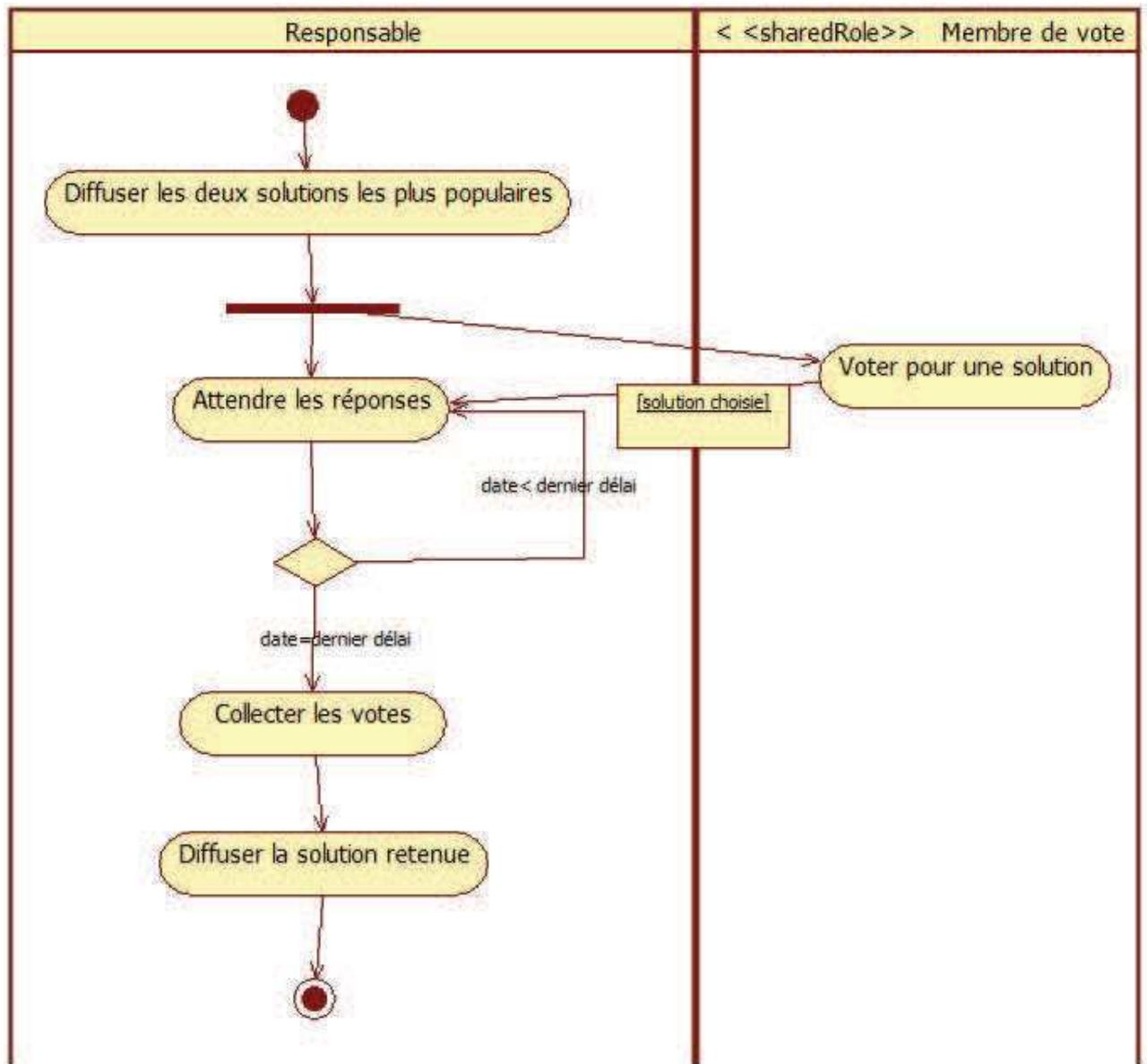


FIGURE 3.2.7 – Diagramme d’activité du deuxième cycle de vote

Afin de clarifier plus les interactions entre les acteurs et le système, nous présentons dans ce qui suit le diagramme de séquence du scénario nominal de vote par e-mail.

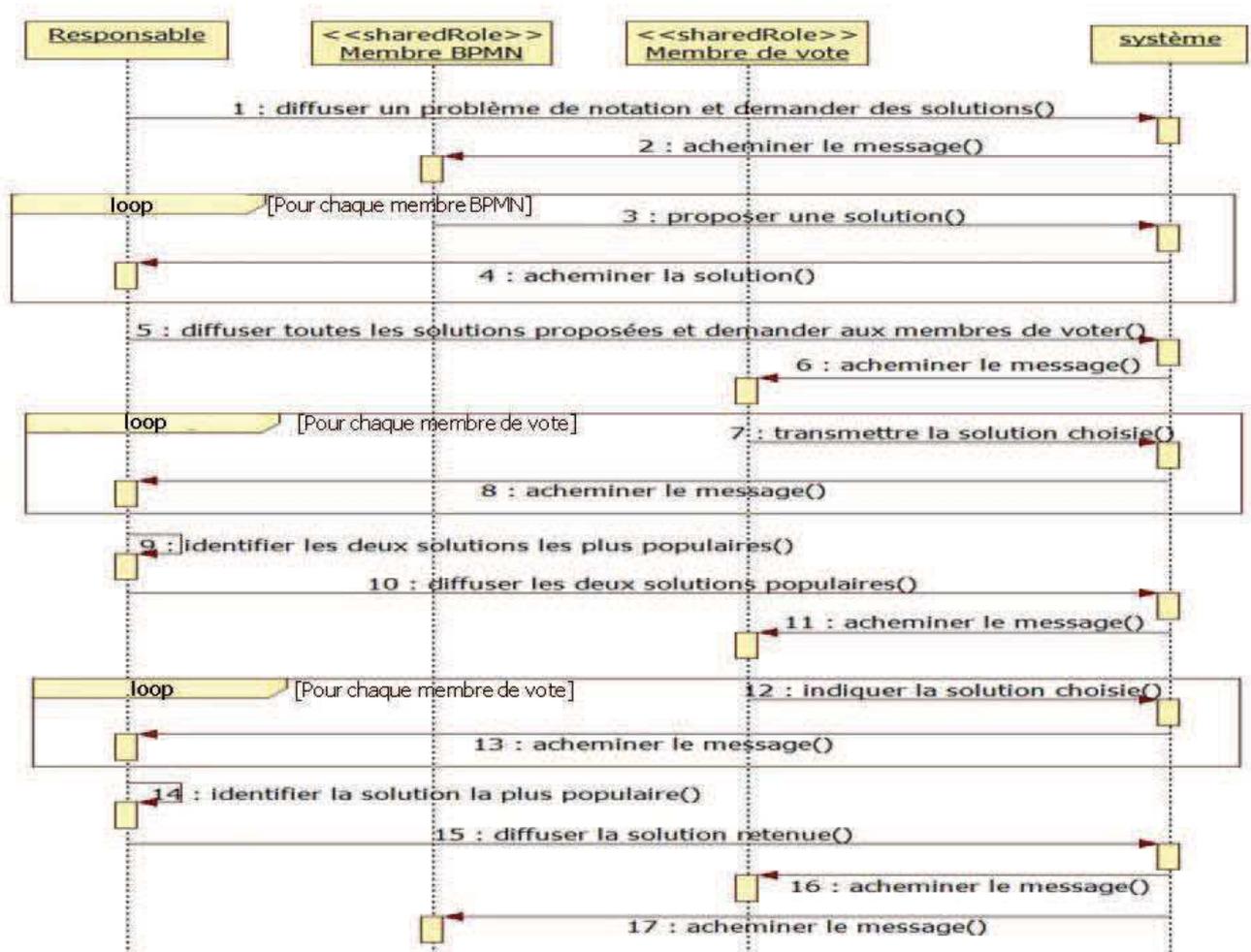


FIGURE 3.2.8 – Diagramme de séquence du scénario de vote par e-mail

3.2.3 Réunion virtuelle

Ce scénario est assez fréquent pour les équipes de travail dispersées géographiquement et qui ont besoin d'exécuter certaines tâches en la présence de plusieurs personnes, quelles que soient les distances qui les séparent. Le cas observé est une réunion régulière d'une équipe de recherche présidée par son chef dans laquelle un membre, choisi au préalable, présente l'avancement de ses travaux de recherche ainsi que les problèmes rencontrés. Ensuite, une discussion est déclenchée pour poser des questions sur la présentation ou proposer des solutions aux problèmes cités ou encore critiquer les solutions présentées. L'outil de communication utilisé dans ce cas est Flashmeeting, qui permet aux différents participants à la discussion de prendre la parole à tour de rôle. Le déroulement de ce scénario est détaillé dans le diagramme d'activité schématisé par la figure 3.2.9.

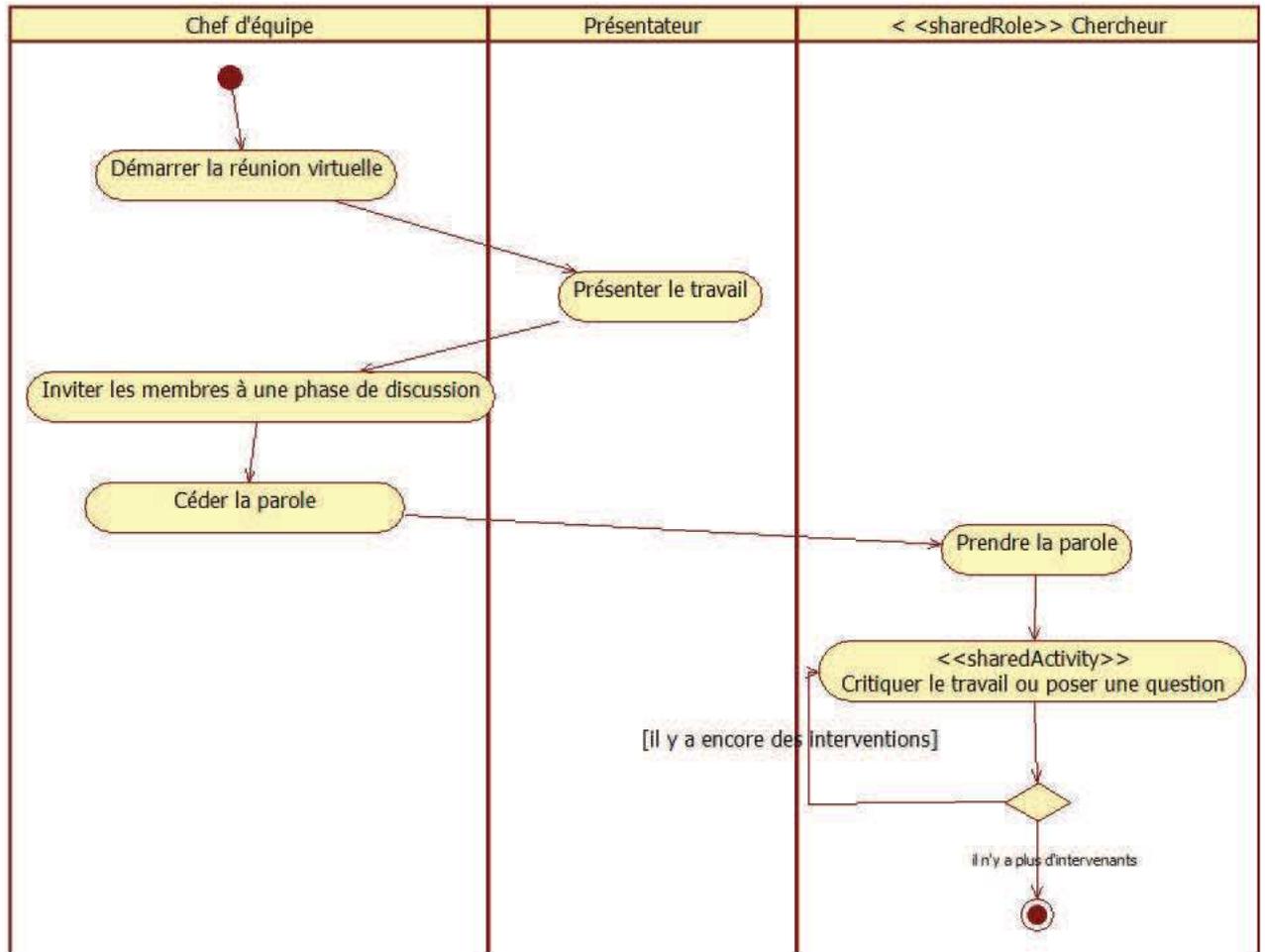


FIGURE 3.2.9 – Diagramme d’activité du scénario de réunion virtuelle

Le diagramme précédent présente les différentes activités effectuées dans le cadre du scénario de réunion virtuelle, mais il ne montre pas les interactions entre les différents acteurs et le système. Afin de combler ce manque d’informations, nous présentons dans la figure 3.2.10, le diagramme de séquence du scénario de réunion virtuelle. Par souci de clarté, et comme l’acheminement des données se répète plusieurs fois dans le diagramme de séquence suivant, il est représenté par un fragment référencé intitulé “acheminer les données” et schématisé par la figure 3.2.11.

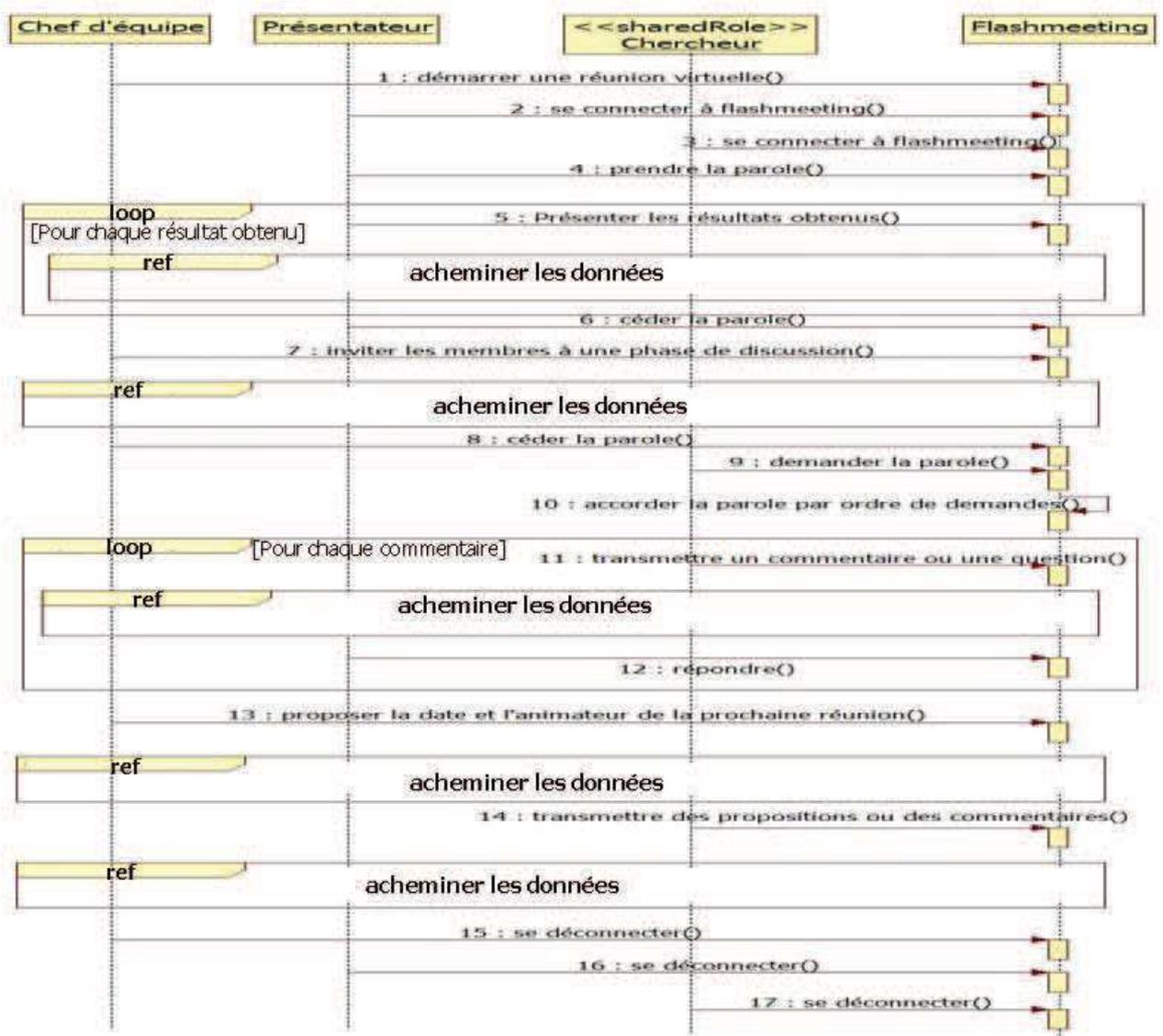


FIGURE 3.2.10 – Diagramme de séquence du scénario de réunion virtuelle

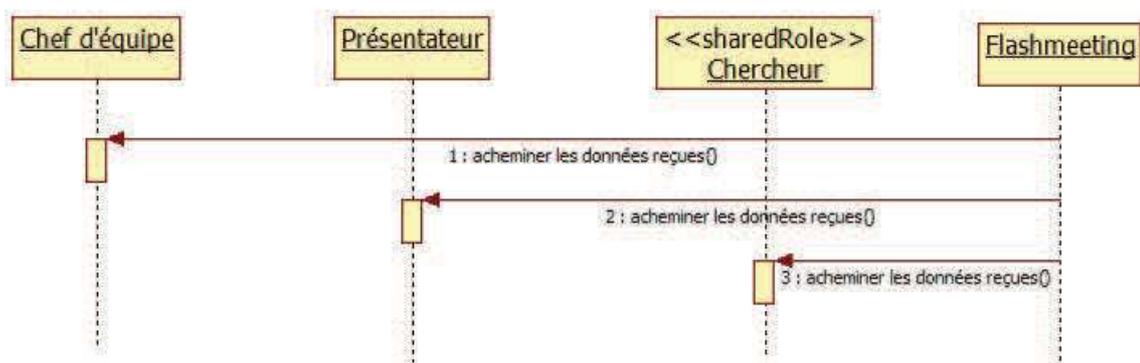


FIGURE 3.2.11 – Diagramme de séquence du fragment d'acheminement des données

L'observation de ces scénarios ainsi que de plusieurs autres nous a permis de dégager

ger, comme prévu, plusieurs éléments communs à tous les scénarios d'eCollaboration que nous présentons dans ce qui suit.

3.3 Résultats obtenus

Dans cette partie, nous détaillons les résultats qu'il a été possible de tirer à partir de l'analyse basée sur les scénarios décrite précédemment consistant en un modèle conceptuel de la collaboration électronique, un schéma des interactions et une classification des scénarios d'eCollaboration.

3.3.1 Modèle conceptuel de la collaboration électronique

L'analyse basée sur les scénarios détaillée précédemment et qui a consisté en une observation, une analyse ainsi qu'une modélisation de différents cas d'eCollaboration, montre que quel que soit le scénario d'eCollaboration (désigné dans ce qui suit par Sc) et quelles que soient ses spécificités, il peut être décrit par l'équation suivante : $Sc = \{E, St, Sb, Bg\}$.

Où :

- E exprime l'ensemble des membres de l'eCollaboration qu'on désignera par eCollaborateurs ou EC_i et peut être noté comme suit : $E = \bigcup_{i \in 1..N} EC_i$;
- St représente le support technologique de toutes les interactions mises en œuvre pendant l'eCollaboration ;
- Sb représente l'ensemble des sous-buts de l'eCollaboration notés Sb_j et peut être exprimé par : $Sb = \bigcup_{j \in 1..M} Sb_j$;
- Bg désigne le but global.

La formalisation précédente montre que tout scénario d'eCollaboration est basé sur quatre éléments principaux qui permettent de le décrire et consistant en les eCollaborateurs, le support technologique d'eCollaboration, les sous-buts et le but global. Ces éléments sont fortement liés entre eux car dans tout scénario d'eCollaboration, il y a forcément des intervenants appelés "eCollaborateur" ou EC_i qui interagissent à travers un support technologique St . Les échanges effectués entre les eCollaborateurs se font en vue d'accomplir un but global Bg généralement décomposé en un nombre de sous-buts Sb_j . Dans la figure 3.3.1 (Chebil *et al.*, 2012), nous présentons les liens entre

les éléments cités précédemment et constituant les piliers de tout scénario d'eCollaboration.

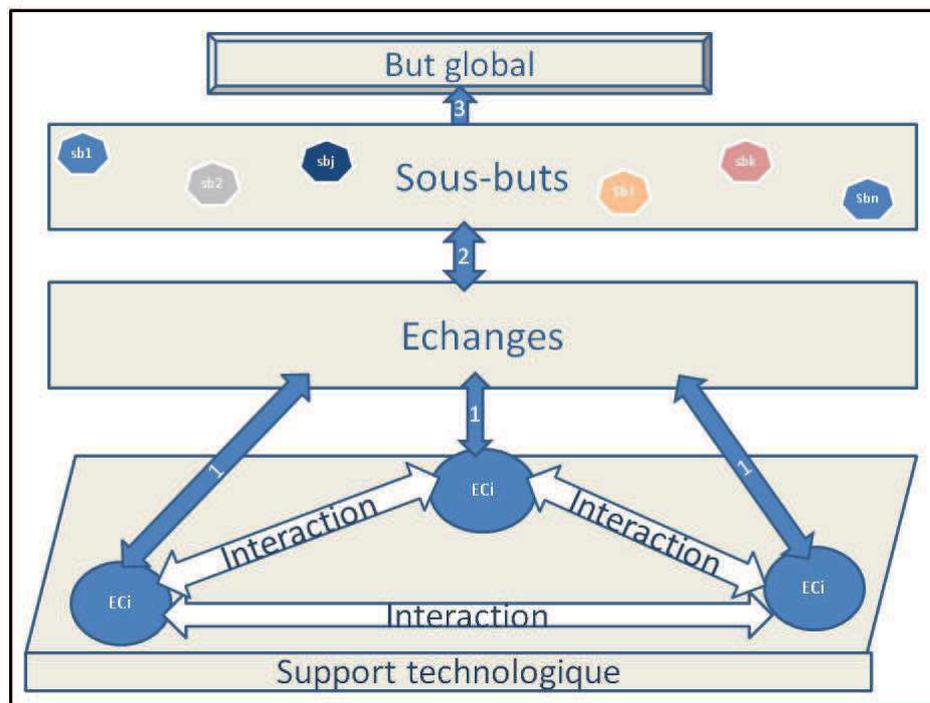


FIGURE 3.3.1 – Modèle conceptuel de la collaboration électronique

Dans le tableau 3.1, nous identifions les éléments communs dégagés pour chacun des scénarios décrits précédemment.

L'analyse effectuée a montré que l'évolution des scénarios d'eCollaboration repose sur les interactions et les échanges effectués entre eCollaborateurs. Dans ce cadre, nous avons constaté que le processus de communication entre eCollaborateurs se déroule de la même façon quel que soit le scénario étudié. Dans le paragraphe suivant, nous détaillons le schéma des interactions des eCollaborateurs.

	Scénario d’e-learning	Scénario de vote	Réunion virtuelle
eCollaborateurs	Les tuteurs et les étudiants	Le responsable, les membres du groupe BPMN et les membres de vote	Le chef d’équipe, les chercheurs de l’équipe et le présentateur
Support technologique de l’eCollaboration	BuddySpace	E-mail	Flashmeeting
Sous-buts	Comprendre les parties non claires du cours via une construction collaborative des connaissances (effectué par les étudiants).	Proposer des solutions à un problème de notation BPMN donné (effectué par les membres du groupe BPMN).	Gérer la discussion (effectué par le chef d’équipe).
	Choisir de manière collaborative le sujet à traiter dans le magazine (effectué par les étudiants).	Gérer les deux cycles de vote (effectué par le responsable).	Analyser et critiquer le travail présenté (effectué par les chercheurs et le chef de l’équipe).
	Préparer de façon collaborative le magazine et le soumettre au tuteur (effectué par les étudiants).	Choisir une solution parmi celles proposées (effectué par les membres de vote).	Récolter des commentaires sur le travail présenté (effectué par le présentateur).
	Superviser les étudiants et évaluer leurs travaux (effectués par les tuteurs).		
But global	Apprendre la langue Espagnole	Enrichir la notation BPMN	Suivre et améliorer les contributions de l’équipe

TABLE 3.1 – Eléments communs aux scénarios d’eCollaboration

3.3.2 Schéma des interactions

Dans tout scénario d’eCollaboration, les participants communiquent selon le schéma suivant : lorsqu’un collaborateur A désire envoyer une information à un collaborateur B, il a besoin d’interagir avant tout avec sa machine, puis l’information à échanger est envoyée de sa machine vers celle du collaborateur B destinataire qui doit, à son tour, interagir avec sa machine pour accéder à l’information reçue. A partir de cette description et comme le montre la figure 3.3.2, on peut dégager 3 types d’interactions

mis en jeu lors d'une collaboration électronique :

- Interaction Machine - Machine (IMM) ;
- Interaction Collaborateur - Machine (ICM) ;
- Interaction Collaborateur - Collaborateur (ICC).

Ces trois types d'interactions supportant la collaboration électronique ne sont pas indépendants. En effet, l'interaction Collaborateur-Collaborateur est le résultat d'une composition des deux autres types d'interactions à savoir la "ICM" et la "IMM".

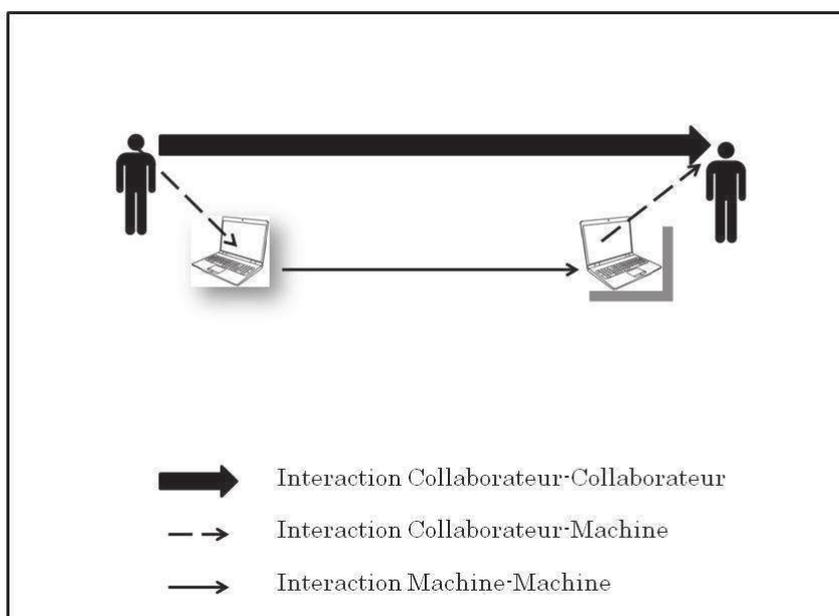


FIGURE 3.3.2 – Schéma des interactions dans un scénario d'eCollaboration

L'analyse basée sur les scénarios décrite au début de ce chapitre nous a permis de dégager les aspects communs à tous les cas d'eCollaboration et de les regrouper dans un modèle ainsi qu'un schéma des interactions permettant de représenter n'importe quel scénario. Cette contribution a l'avantage d'être générique, mais elle néglige beaucoup de détails spécifiques aux scénarios d'eCollaboration qui méritent d'être pris en compte. Pour cette raison, nous nous intéressons dans ce qui suit, à des propriétés moins génériques des scénarios d'eCollaboration.

3.3.3 Classification des scénarios d'eCollaboration

D'une façon générale, un scénario de collaboration électronique passe par plusieurs phases qui peuvent avoir des caractéristiques différentes. Chaque phase est liée à une ou plusieurs sous-tâches et surtout à l'accomplissement d'un ou de plusieurs sous-but. On distingue deux types de phases :

- Phase de travail collaboratif qui implique des communications entre plusieurs collaborateurs.
- Phase de travail individuel qui implique un travail d'une seule personne sans aucune communication avec les autres membres de la collaboration.

Dans les scénarios de collaboration, il est assez courant de trouver une alternance entre des phases de travail collaboratif et des phases de travail individuel. Dans ce qui suit, nous reviendrons aux scénarios décrits au début de ce chapitre et nous présentons quelques exemples de découpage de scénarios d'eCollaboration en plusieurs phases.

Le scénario d'e-learning comprend les phases suivantes :

- La préparation et la discussion des sujets à proposer ;
- L'explication des tâches proposées aux étudiants ;
- La confirmation de la participation ;
- L'installation de l'outil BuddySpace ;
- La construction collaborative des connaissances ;
- La discussion concernant le sujet à traiter dans le magazine ;
- La préparation du magazine ;
- La remise des travaux préparés aux tuteurs.

Selon la définition proposée, la confirmation de la participation ainsi que l'installation de BuddySpace sont des phases individuelles et les autres sont collaboratives.

Le scénario de vote par e-mail comporte aussi plusieurs phases collaboratives comme :

- La diffusion du problème de notation à traiter ;
- La collecte des solutions proposées ;
- L'exécution du premier cycle de vote ;
- L'exécution du deuxième cycle de vote.

Et le scénario de réunion virtuelle comporte principalement deux phases collaboratives : la présentation et la discussion.

Suite à l'analyse effectuée, nous avons constaté l'existence de deux aspects particuliers qui font la différence entre les phases collaboratives et consistant en l'exploitation des ressources et l'organisation des collaborateurs.

On distingue deux grandes catégories de phases de collaboration selon l'exploitation des ressources mises en œuvre :

- La première consiste en **une collaboration sur une ressource commune**, dans laquelle il existe une ressource qui fait l'objet de la collaboration comme le magazine dans le scénario d'e-learning.
- La deuxième consiste en **une collaboration basée sur l'échange de ressources**, dans laquelle le but est atteint grâce aux échanges effectués entre les eCollaborateurs. Les différentes phases de la réunion virtuelle décrite au début de ce chapitre ainsi que le vote par e-mail sont des exemples de cette catégorie.

Il faut noter que dans ce contexte, le mot ressource englobe en plus des ressources logicielles et matérielles, les connaissances, les données, les informations et les compétences.

Dans les scénarios de ces deux catégories, l'échange entre les différents participants obéit à deux organisations différentes :

- **L'organisation hiérarchique** : dans cette organisation, le transfert des contributions se fait selon un schéma hiérarchique dans lequel un ou plusieurs collaborateurs sont responsables de la centralisation des différentes contributions en vue de leur appliquer un ou plusieurs traitements pouvant consister en une modification, en une validation ou en un filtrage. Le mot hiérarchique reflète donc la manière avec laquelle les contributions sont exploitées et non les grades des participants à la collaboration. Par exemple, dans la phase de vote par e-mail du deuxième scénario, les membres de vote envoient leurs réponses au responsable qui se charge de faire la collecte et de dégager la solution retenue. Cette phase appartient donc à la catégorie de **collaboration basée sur les échanges** et à l'organisation **hiérarchique**.
- **L'organisation Pair à Pair** : dans cette organisation, tous les collaborateurs participent de la même manière au travail. C'est-à-dire que les différentes contributions sont exploitées dans le scénario de collaboration telles qu'elles sont, sans être soumises à des traitements comme la modification, le filtrage ou la validation. Par exemple, dans la phase de discussion du scénario de réunion virtuelle, tous les

membres peuvent demander la parole et intervenir sans qu'il y ait un traitement de validation ou de modification de l'information quelque part. Donc ce scénario appartient à la catégorie de **collaboration basée sur les échanges** et à l'organisation **Pair à Pair**.

Nous distinguons donc deux catégories différentes des phases collaboratives et deux organisations différentes indépendantes des catégories dégagées. La combinaison de ces deux catégories avec les deux organisations possibles nous donne quatre classes différentes des phases de collaboration comme le montre la figure 3.3.3. Cette classification est valable pour les scénarios de collaboration réelle et électronique.

Organisation	<i>Hierarchique</i>	Collaboration sur une ressource commune avec organisation hiérarchique	Collaboration basée sur les échanges avec organisation hiérarchique
	<i>Pair à pair</i>	Collaboration sur une ressource commune avec organisation pair à pair	Collaboration basée sur les échanges avec organisation pair à pair
		<i>Ressource commune</i>	<i>Pas de ressource commune</i>
		Exploitation des ressources	

FIGURE 3.3.3 – Classification des scénarios d'eCollaboration

Dans la majorité des scénarios d'eCollaboration, les phases collaboratives les plus importantes suivent le même schéma de collaboration ; elles appartiennent donc à la même classe. Dans de tels cas, et dans un souci de simplification, nous nous dispenserons de détailler les différentes phases collaboratives constituant le scénario en question et nous nous limiterons à annoncer l'appartenance de tout le scénario à la classe à laquelle appartiennent les phases collaboratives les plus importantes. Par exemple, nous pouvons placer le scénario de vote présenté précédemment, dans la classe de col-

laboration basée sur les échanges avec une organisation hiérarchique puisque les différentes phases qui le constituent appartiennent à cette classe. Le scénario d'e-learning à son tour, comporte une phase importante consistant en la rédaction collaborative d'un magazine, il peut être classé dans les scénarios d'eCollaboration sur une ressource commune avec organisation hiérarchique.

3.4 Conclusion

L'analyse basée sur les scénarios décrite dans ce chapitre nous a permis de proposer une représentation générique des différents scénarios d'eCollaboration. Cette contribution est intéressante mais elle reste insuffisante pour nous permettre d'identifier des critères génériques de succès des scénarios d'eCollaboration. Compte tenu des caractéristiques particulières des scénarios d'eCollaboration (décrites dans la section 2 du chapitre 2), nous avons besoin à ce niveau, d'observer des déroulements différents d'eCollaboration et d'en dégager des critères de succès valables quel que soit le scénario en question. Vu la difficulté d'observer des scénarios réels d'eCollaboration et d'avoir accès à tous les détails de leur déroulement, nous avons eu recours à la simulation que nous décrivons dans le chapitre suivant.

Chapitre 4

SIMULATION

Comme expliqué dans le chapitre précédent, notre contribution a commencé par une analyse basée sur les scénarios d'eCollaboration. Cette étape s'est marquée par la difficulté de la recherche des scénarios et de la récupération des détails de leurs déroulements constituant généralement des informations confidentielles. Il est vrai que, suite à l'analyse basée sur les scénarios effectuée, nous avons obtenu une représentation qui résume les caractéristiques de tous les scénarios d'eCollaboration malgré leurs différences ; mais l'identification de critères génériques de succès de l'eCollaboration impose de se référer à des instances concrètes de celle-ci en plus de la représentation obtenue. Pour cette raison et avant de franchir l'étape de l'évaluation, nous avons été amenés à développer un simulateur de scénarios d'eCollaboration permettant de générer des instances différentes (déroulements différents) de ceux-ci sans se soucier des contraintes habituelles de recherche et de confidentialité rencontrées dans ce cadre. Ce chapitre est consacré à la description de cette étape intermédiaire consistant en la simulation.

4.1 Présentation et définition

La "simulation informatique" désignée aussi par "simulation numérique" consiste en l'exécution d'un programme informatique sur un ordinateur ou un réseau afin d'imiter de manière simplifiée un phénomène physique réel et souvent complexe. Elle a vu le jour pendant la seconde guerre mondiale dans le cadre du projet *Manhattan* qui avait pour objectif de modéliser le processus de détonation nucléaire (Kadanoff,

2004). La simulation sert à étudier le fonctionnement et les propriétés des systèmes modélisés et de prédire leur évolution. Avec l'avènement des Technologies de l'Information et de la Communication, cette pratique a été largement favorisée et est devenue inévitable non seulement pour les systèmes naturels en physique, chimie et biologie mais également pour les systèmes humains agissant dans des domaines variés comme l'économie et les sciences humaines. La force de la simulation et la raison pour laquelle plusieurs travaux y recourent, résident dans le fait de permettre de contourner les différentes contraintes (comme le risque et le coût) imposées par des épreuves réelles. Cette technique de reproduction de l'évolution des systèmes pas à pas s'est avérée très intéressante pour l'identification des aspects de performance les plus importants des systèmes en cours de construction, inaccessibles ou trop complexes pour être manipulés. Elle est aussi utilisée dans la validation de protocoles, l'évaluation d'architectures et la prédiction du fonctionnement de certains systèmes soumis à des hypothèses et des contraintes différentes. En dépit de tous ces avantages, la simulation reste une représentation partielle de la réalité bâtie sur un modèle théorique informatisé qui ne couvre pas nécessairement tous les aspects du système en question et donc ne permet pas de prévoir de façon fidèle tous les détails de son évolution. Elle requiert parfois des durées d'exécution importantes pour couvrir la réalisation d'un nombre suffisant d'évènements permettant d'atteindre la précision adéquate des résultats produits. Pour toutes ces raisons, cette technique avantageuse, rapide et indispensable dans plusieurs contextes doit être utilisée avec beaucoup de précaution (Hmida, 2008).

4.2 Simulateur proposé

4.2.1 Pourquoi simuler ?

L'analyse basée sur les scénarios décrite dans le chapitre 3, nous a permis de dégager un modèle représentatif de tous les scénarios d'eCollaboration. Mais l'exploitation de ce modèle et des différents éléments qui le composent pour effectuer une évaluation efficace reste une tâche assez délicate qui doit être étudiée de façon judicieuse (on ne sait pas comment quantifier le succès de l'eCollaboration). Afin d'atteindre l'objectif principal fixé au début de cette thèse consistant en la proposition d'une approche d'évaluation générique et, face à la diversité des contextes d'eCollaboration, nous estimons

nécessaire de se référer à des scénarios d'eCollaboration, en plus de l'utilisation de la modélisation élaborée. Cette démarche nous permet de combiner les avantages des résultats abstraits décrits précédemment et valables quel que soit le scénario d'eCollaboration, avec les résultats concrets des observations de scénarios. Pour ceci, nous avons besoin de chercher des scénarios d'eCollaboration de classes et d'organisations différentes présentant divers déroulements et diverses anomalies. Mais la recherche de scénarios réels obéissant à ces critères est assez pénible. De plus, il ne suffit pas de trouver le scénario adéquat, il faut que les participants acceptent de nous communiquer des détails souvent confidentiels concernant le déroulement de leurs travaux. Pour toutes ces raisons, et afin d'éviter toutes ces difficultés, nous avons eu recours à la simulation qui nous donne la possibilité de générer plusieurs instances de scénarios d'eCollaboration de notre choix et de garder une trace des détails de déroulement dont nous avons besoin.

4.2.2 Modèle de simulation

L'équation d'eCollaboration présentée dans le chapitre 3 à la section 3.3, définit un scénario d'eCollaboration par un ensemble d'éléments de base composé par : les eCollaborateurs, le support technologique d'eCollaboration qui prend en charge les interactions, l'ensemble de sous-buts à accomplir et le but global à atteindre. Le simulateur proposé est basé sur cette vision ; il modélise les différents éléments de base en mettant en œuvre un certain nombre de moyens de programmation que nous détaillons dans ce qui suit :

eCollaborateurs

En effet, les eCollaborateurs peuvent être considérés comme étant des entités qui disposent d'un ensemble d'informations leur permettant d'assurer le travail en question et qui encapsulent un mécanisme de raisonnement leur permettant de répondre aux sollicitations externes. Au niveau de la simulation, les eCollaborateurs sont représentés par des processus concurrents qui s'exécutent en parallèle et extraient les informations dont ils disposent à partir de fichiers connus. Pour chaque eCollaborateur, ces informations sont soumises au mécanisme de raisonnement représenté par un ensemble de fonctions dont l'exécution produit un résultat permettant de prendre des décisions ou

de préparer une contribution.

Interactions

Les interactions ne sont autres qu'un ensemble de messages échangés par les eCollaborateurs. Au niveau de la simulation, les interactions peuvent facilement être implémentées par différents moyens permettant l'échange de données entre processus concurrents comme les notions de flots et de synchronisations.

Sous-buts et but global

Bien évidemment, tout scénario d'eCollaboration comporte un certain nombre de sous-buts ainsi qu'un but global qui sont à l'origine de toute la dynamique d'eCollaboration. Dans la simulation, tout comme dans le monde réel, les sous-buts ainsi que le but global dépendent du scénario en question ; ils sont fixés à l'avance et font l'objet de toutes les activités et les échanges effectués.

Pour plus de clarté, la modélisation des éléments des scénarios réels d'eCollaboration par des moyens de programmation est résumée par le tableau 4.1 :

Elément du scénario réel		Composant analogue dans le scénario simulé	
eCollaborateurs	Les informations acquises par l'eCollaborateur	Processus concurrents	Des informations stockées dans des fichiers connus
	Le mécanisme de raisonnement		Un ensemble de fonctions
Interactions		Messages	

TABLE 4.1 – Analogies effectuées pour simuler les scénarios d'eCollaboration

Comme il a déjà été expliqué, les scénarios d'eCollaboration peuvent être divisés en deux catégories selon l'exploitation des ressources. Ils peuvent aussi être organisés de deux manières différentes. Ce qui donne quatre classes de scénarios d'eCollaboration. Afin de s'approcher le plus possible de la réalité, le simulateur proposé permet de générer des scénarios représentatifs de chacune des quatre classes que nous détaillons dans ce qui suit.

4.2.3 Scénarios simulés

Dans le paragraphe précédent, nous avons déjà annoncé que le simulateur proposé est censé représenter les quatre classes de scénarios d'eCollaboration décrites dans le chapitre 3 et nous avons discuté brièvement les détails de modélisation spécifiques à chaque classe. Face à la diversité des scénarios d'eCollaboration, nous avons choisi d'implémenter, pour chaque classe, un scénario assez fréquent s'exécutant sous des conditions variables dont une partie est fixée par l'utilisateur du simulateur et une autre partie est générée aléatoirement par son noyau. Ainsi, le simulateur donne, pour chaque scénario représentatif d'une classe, des instances différentes caractérisées par des conditions de déroulement variées. L'étude des différents problèmes pouvant apparaître au niveau des instances obtenues par la simulation ainsi que des critères permettant d'affirmer leur succès est exactement l'objectif que nous visons en passant par cette étape de simulation. Dans ce qui suit, nous présentons les quatre scénarios simulés et désignés par "patrons de simulation" dans lesquels les eCollaborateurs sont identifiés par des numéros allant de 0 jusqu'à $n-1$, avec n le nombre total d'eCollaborateurs indiqué par l'utilisateur (du simulateur). Ces n eCollaborateurs supposés participer à un scénario bien déterminé ne sont pas nécessairement tous présents. Pour ceci, au lancement d'une simulation de n'importe quel patron parmi les quatre, une variable booléenne intitulée *var_{pr}* est calculée pour chaque eCollaborateur et reflète sa présence. Les acteurs désignés alors dans toute la suite de cette section par le rôle "eCollaborateur" ou "chef d'eCollaboration" n'exécutent les activités et les interactions schématisées dans les diagrammes que si la variable *var_{pr_k}* (k représentant le numéro de l'eCollaborateur et allant de 0 à $n-1$) est à vrai sinon la (ou les) tâche(s) qui leur est (sont) demandée(s) n'est (sont) pas accomplie(s).

Patron de simulation 1 : Scénario représentant la collaboration sur une ressource commune avec organisation pair-à-pair

Afin de représenter cette classe, nous simulons un scénario d'édition collaborative d'un document dans lequel les n eCollaborateurs sont divisés en deux groupes :

- Les eCollaborateurs pairs : tout eCollaborateur de ce groupe est identifié par un numéro pair (de la forme $2*i$) et prépare sa contribution en se référant uniquement à des fichiers particuliers contenant les informations dont il a besoin.

- Les eCollaborateurs impair : tout eCollaborateur de ce groupe est identifié par un numéro impair ; il se base dans la préparation de sa contribution sur le travail de l'eCollaborateur pair dont le numéro précède exactement le sien, ainsi que des informations extraites d'un ou de plusieurs fichiers.

Comme le montre le diagramme d'activité de la figure 4.2.1, tout eCollaborateur impair, de numéro $2i+1$ attend la réception du travail de l'eCollaborateur pair, de numéro $2i$ pour préparer sa contribution.

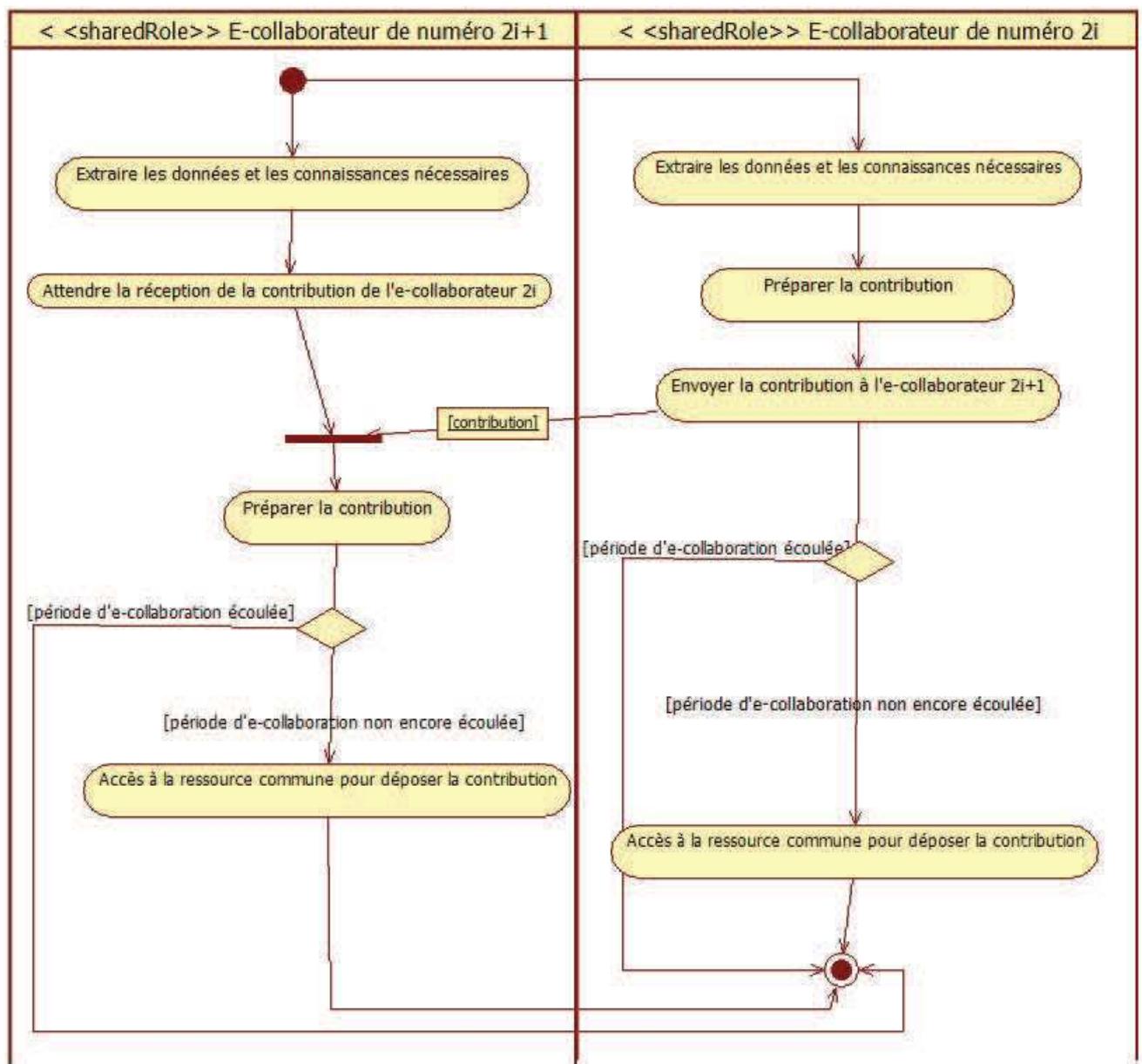


FIGURE 4.2.1 – Patron de simulation d'un scénario de collaboration sur une ressource commune avec organisation pair-à-pair

Dans le cas de l'organisation pair-à-pair, tout eCollaborateur ayant terminé la préparation de son travail, accède à la ressource résultat et y place sa contribution tant que le temps réservé au scénario en question et fixé par l'utilisateur ne s'est pas écoulé. L'accès à la ressource résultat se fait par l'intermédiaire d'un système de gestion des accès concurrents qui, à un instant donné, ne permet qu'à un seul eCollaborateur de modifier la ressource commune et qui attribue les accès dans l'ordre des demandes.

Patron de simulation 2 : Scénario représentant la collaboration sur une ressource commune avec organisation hiérarchique

Dans la collaboration sur une ressource commune avec organisation hiérarchique, le schéma des interactions entre les eCollaborateurs pairs et impairs expliqué précédemment est maintenu ; mais le protocole de placement des contributions dans le fichier résultat change. En effet, dans ce cas les eCollaborateurs n'accèdent plus directement à la ressource résultat mais envoient leurs contributions à un eCollaborateur particulier que nous désignerons par "chef de l'eCollaboration" ou tout simplement "chef" qui prend en charge la collecte des différents travaux. Celui-ci se met en état d'attente pendant une période calculée en fonction de la durée totale du scénario fixée au lancement de la simulation et durant laquelle il reçoit les contributions déjà prêtes des eCollaborateurs. Une fois cette période écoulée, le "chef" s'occupe de la validation des travaux reçus sur lesquels il se base pour construire le document résultat comme le montre le digramme d'activité schématisé par la figure 4.2.2. Comme le schéma des interactions entre les eCollaborateurs ne change pas par rapport au scénario précédent, et pour plus de lisibilité du diagramme proposé, nous nous focalisons sur les activités des eCollaborateurs et celles du chef de l'eCollaboration ainsi que les relations entre elles, sans revenir aux détails qui distinguent les eCollaborateurs pairs des eCollaborateurs impairs.

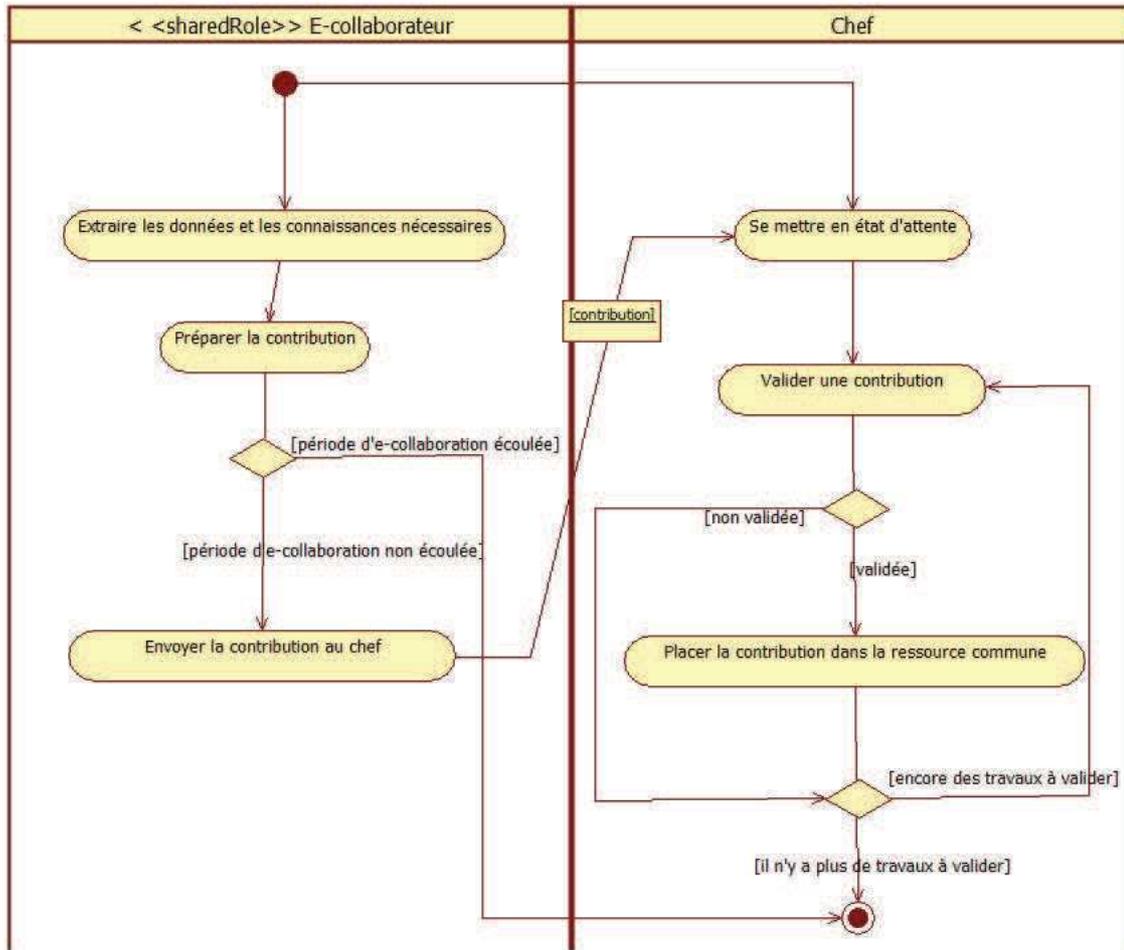


FIGURE 4.2.2 – Patron de simulation d’un scénario de collaboration sur une ressource commune avec organisation hiérarchique

Patron de simulation 3 : Scénario représentant la collaboration basée sur les échanges avec organisation pair-à-pair

Pour la classe de collaboration basée sur les échanges avec organisation pair-à-pair, nous simulons un scénario assez fréquent dans les équipes de recherche aussi bien que dans les entreprises et consistant en une réunion virtuelle. Dans ce scénario, chaque membre de l’équipe de travail en question présente l’état d’avancement de ses travaux et en discute avec les autres membres en répondant à leurs questions. Comme dans cette catégorie la collaboration est basée sur les échanges, ce patron de simulation sera modélisé par le diagramme de séquence de la figure 4.2.3 qui met plus en évidence les interactions qu’un diagramme d’activité.

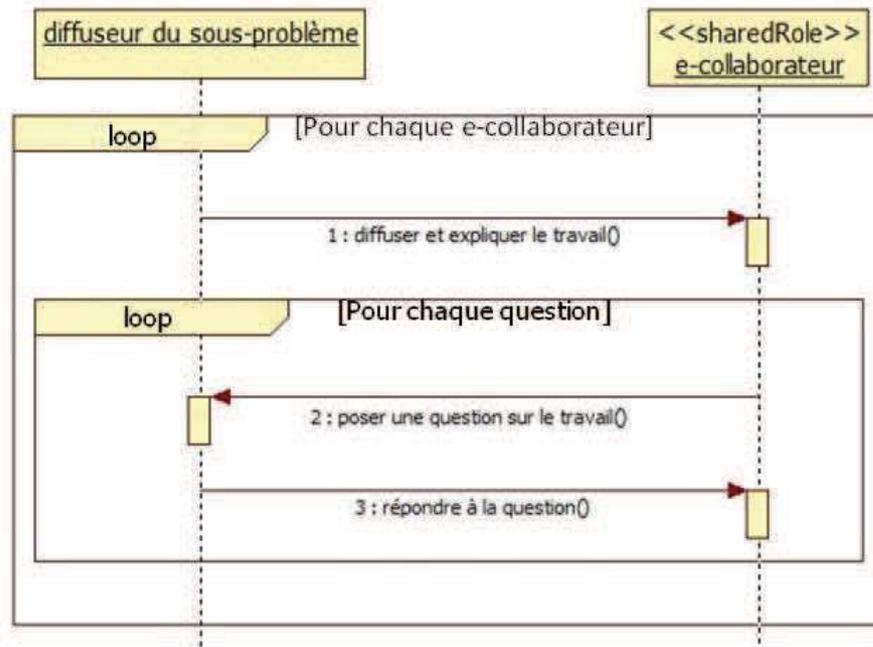


FIGURE 4.2.3 – Patron de simulation d’un scénario de collaboration basée sur les échanges avec organisation pair-à-pair

Patron de simulation 4 : scénario représentant la collaboration basée sur les échanges avec organisation hiérarchique

Pour la classe de collaboration basée sur les échanges avec organisation hiérarchique nous simulons un scénario de prise de décision collaborative dans lequel le “chef de l’eCollaboration” diffuse le problème en question ; il demande aux eCollaborateurs de se répartir en groupes d’au maximum trois eCollaborateurs et de lui envoyer les solutions proposées au problème en question après un délai τ . Chaque groupe d’eCollaborateurs négocie la solution à suggérer et essaie de l’envoyer au “chef de l’eCollaboration” dans les délais fixés. Après l’écoulement de la durée τ , le chef collecte les propositions reçues des différents groupes, les analyse et diffuse la décision finale. Comme dans le cas du patron de simulation précédent et afin de montrer plus clairement les interactions entre les eCollaborateurs, nous optons dans cette partie pour les diagrammes de séquence afin de modéliser le scénario décrit ci-dessus. Pour ceci, nous commençons par montrer les échanges entre le “chef de l’eCollaboration” et les groupes d’eCollaborateurs par la figure 4.2.4 ensuite, nous schématisons les échanges à l’intérieur du groupe dans la figure 4.2.5.

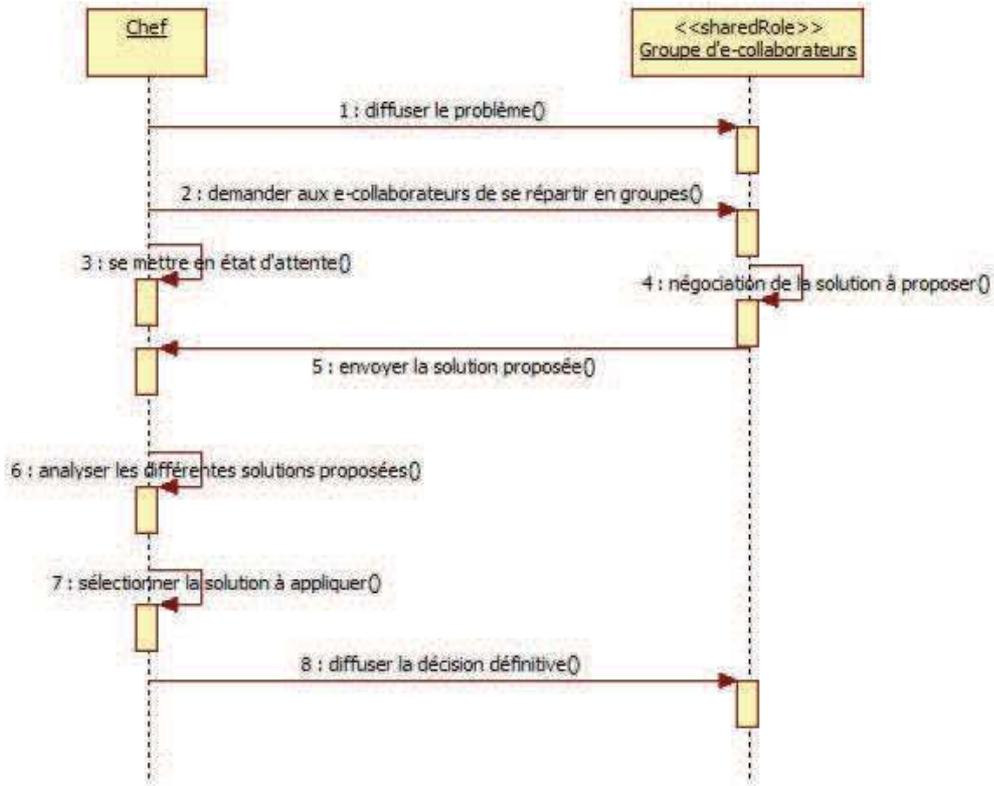


FIGURE 4.2.4 – Diagramme de séquence des échanges entre chef et groupes d’eCollaborateurs dans le patron de simulation 4

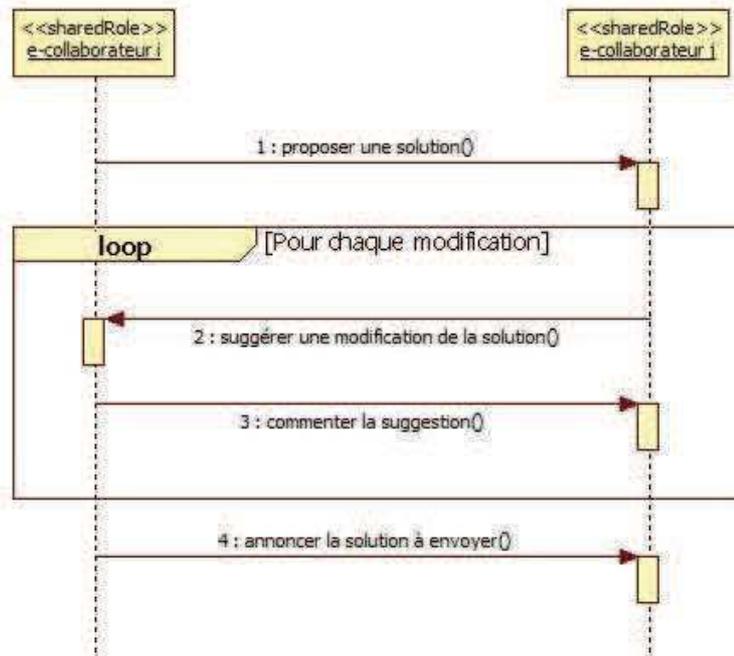


FIGURE 4.2.5 – Diagramme de séquence de la négociation de solution par les groupes d’eCollaborateurs dans le patron de simulation 4

Chacun des quatre scénarios intitulés "patrons de simulation" décrits ci-dessus représente une classe particulière d'eCollaboration et admet plusieurs instances qui diffèrent selon l'état des éléments $\{E, St, Sb, Bg\}$ décrits dans la section 3.3.1 aussi bien que d'autres contraintes caractérisant le déroulement du scénario telles que la contrainte de temps et la probabilité d'absence.

Au terme de cette partie, il serait intéressant de faire le lien entre les scénarios décrits au début du chapitre 3 et les patrons expliqués ci-dessus qui représentent les différentes classes de collaboration. En effet, chaque scénario présente des spécificités; par exemple le scénario d'e-learning consiste principalement en l'édition collaborative d'un magazine, mais comporte plusieurs phases collaboratives appartenant à des classes distinctes telles que la collaboration pour construire les connaissances (schématisée par le diagramme 3.2.2) qui n'est autre qu'un scénario de collaboration basée sur les échanges avec organisation hiérarchique et l'édition du magazine qui est une collaboration sur une ressource commune avec organisation pair-à-pair. Donc nous ne pouvons pas affirmer que ces scénarios sont des instances des patrons déjà décrits; par contre nous pouvons très bien confirmer que pour une même classe de scénarios, il y a une similarité évidente dans la manière de collaborer et d'évoluer vers les buts. En d'autres termes, les caractéristiques globales des scénarios d'eCollaboration qui ont un impact assez important sur leur déroulement telles que la possibilité d'absence de certains eCollaborateurs, l'existence de certaines dépendances entre eux ainsi que leur manière d'exploiter les ressources et de s'organiser sont reprises par les différents patrons de simulation; mais les détails tels que le schéma exact des dépendances et les différentes étapes du travail demandé restent très variables et spécifiques à chaque scénario.

La mise en œuvre des quatre patrons de simulation, permet de générer des instances variées avec des caractéristiques différentes et de mettre en évidence plusieurs anomalies qui puissent les affecter. Dans le paragraphe suivant, nous récapitulons le fonctionnement global du simulateur proposé en décrivant son architecture.

4.2.4 Architecture du simulateur

La mise en œuvre des scénarios décrits précédemment conformément à la modélisation présentée dans le paragraphe 4.2.2 a donné lieu au simulateur dont l'architecture

est représentée par la figure 4.2.6.

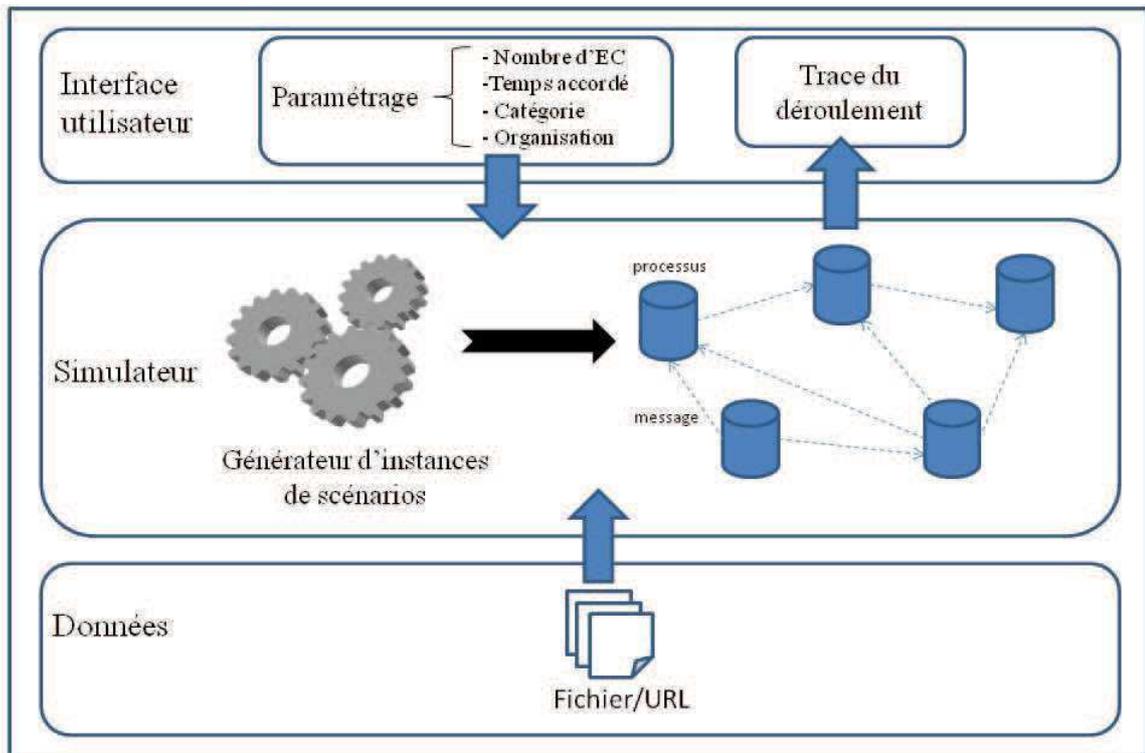


FIGURE 4.2.6 – Architecture du simulateur proposé

Afin de générer des instances différentes de chaque scénario, le simulateur nous permet de spécifier certains paramètres qui représentent les conditions de déroulement du scénario et qui affectent son évolution comme le nombre prévu d'eCollaborateurs, la durée maximale du scénario, la catégorie de l'eCollaboration (sur une ressource commune ou basée sur les échanges) ainsi que son organisation. Les données et les informations utilisées par les processus et représentant les connaissances nécessaires aux eCollaborateurs pour effectuer le travail qui leur est demandé sont extraites à partir d'un ou de plusieurs fichiers. De plus, et dans le but d'imiter les imprévus qui peuvent affecter les scénarios d'eCollaboration, le simulateur proposé dispose d'un générateur d'instances permettant d'injecter au scénario en cours, un ensemble de variables additionnelles pouvant être noté comme suit : $\{var_pr_k, k \in 0..n - 1\}$ et constitué des variables de présence de chaque eCollaborateur. Comme il a été déjà expliqué dans la section précédente, toute variable var_pr_k peut prendre deux valeurs différentes : *vrai* ou *faux* qui déterminent de deux manières distinctes l'exécution des activités de l'eCollaborateur k . Ainsi, toute configuration des valeurs affectées aux variables de présence var_pr_k avec $\{k \in 0..n - 1\}$ permet de générer une instance particulière du patron de

simulation en question. Pour récapituler, nous pouvons affirmer que les différentes instances de scénarios produites par le simulateur sont déterminées par un ensemble de variables introduites par l'utilisateur ainsi que des variables émises par le générateur de scénarios comme le montre le tableau 4.2 :

Variables de l'utilisateur	Variables du générateur
Nombre d'eCollaborateurs	$\{var_{pr_k}, k \in 0..n - 1\}$
Temps maximal accordé au scénario	
Catégorie du scénario	
Organisation du scénario	

TABLE 4.2 – Variables déterminant les différentes instances de scénarios

4.2.5 Implémentation

Le développement du simulateur proposé a été réalisé par le biais du langage “oz” à travers la plateforme “Mozart”. En effet, oz est un langage conçu pour le développement d'applications concurrentes, distribuées, temps réel et réactives. Il permet de mettre en œuvre et de combiner les trois principaux paradigmes de programmation à savoir la programmation déclarative fonctionnelle, la programmation concurrente basée sur les flots et la programmation orientée objet (Roy et Haridi, 2007). Les détails de l'environnement technique de ce travail sont présentés dans l'**Annexe A**.

L'implémentation du simulateur conformément à la modélisation déjà expliquée nous permet de générer des exécutions non déterministes qui reproduisent la caractéristique de l'unicité des scénarios d'eCollaboration. Donc deux instances d'un même scénario exécutées sous les mêmes paramètres spécifiés par l'utilisateur ne sont pas nécessairement identiques. Cette propriété favorise l'objectif qui était à l'origine de cette simulation et qui consiste à observer plusieurs déroulements de scénarios de différentes classes d'eCollaboration afin de définir des critères génériques de succès de ceux-ci.

Afin de concrétiser les descriptions effectuées tout le long de cette section, nous présentons dans ce qui suit, une simulation de deux scénarios réels de classes et d'organisations différentes.

4.3 Observations et retours sur l'évaluation

En effet, les scénarios d'eCollaboration sont fréquents, mais ils présentent souvent des boîtes noires pour les personnes qui, malgré le fait qu'ils n'y participent pas, désirent les décortiquer afin d'apprendre à les évaluer et produire des informations précieuses sur la manière de les réussir. C'est exactement à ce niveau que se situe l'intérêt de la simulation proposée qui permet de reproduire les problèmes rencontrés dans les scénarios réels tout en offrant la possibilité d'accéder aux détails de leur occurrence.

Une telle étude de contextes différents de collaboration est d'une grande utilité, puisqu'elle nous aide à nous rapprocher le plus possible d'une prise en compte exhaustive des scénarios d'eCollaboration et surtout des problèmes qui peuvent s'y présenter. Tout ceci est bien évidemment effectué dans le but de proposer une évaluation générale permettant de capturer les failles ayant lieu dans une eCollaboration et de favoriser leur résolution.

Dans ce qui suit, nous décrivons les deux étapes principales qui découlent de la simulation de scénarios consistant en l'observation et l'évaluation.

4.3.1 Observations

Dans la section précédente, nous avons présenté l'architecture du simulateur et nous avons insisté sur le fait que le générateur d'instances permet d'observer des instances différentes d'un même patron de simulation. Face à une telle propriété et compte tenu de notre objectif, il est naturel de se poser la question sur le nombre d'instances distinctes pouvant être générées par le simulateur. Afin de répondre à cette question, rappelons que chaque instance est déterminée par la configuration des valeurs de l'ensemble $\{var_pr_k, k \in 0..n - 1\}$ sachant que toute variable var_pr_k peut prendre deux valeurs : *vrai* ou *faux*. Par conséquent, un simple calcul nous permet d'affirmer que pour un même patron de simulation et pour le même nombre n d'eCollaborateurs, il y a 2^n instances différentes.

Vu ce nombre, nous avons commencé par générer des scénarios avec un nombre n réduit d'eCollaborateurs égal à 5. Pour chaque patron, nous avons généré 40 instances pour augmenter la probabilité d'observer tous les cas possibles et surtout le maximum d'anomalies pouvant avoir lieu. Après avoir eu une idée sur les anomalies

qui peuvent avoir lieu, nous avons remarqué que plusieurs instances, même si elles sont différentes, présentent le même type d'anomalie. En effet, ceci est dû à l'existence de la notion de "rôles partagés" ; par exemple, dans le scénario d'édition collaborative de document, tous les eCollaborateurs du premier ou du deuxième groupe jouent le même rôle, suivent le même processus d'évolution et obéissent au même schéma de dépendances avec les autres eCollaborateurs. Par conséquent, l'absence de l'eCollaborateur k a globalement le même effet que l'absence de l'eCollaborateur $k+2$; dans le sens où ces deux faits donnent le même type d'anomalie.

La génération d'instances avec un nombre assez faible d'eCollaborateurs $n=5$ n'est qu'un premier pas de l'étape d'observation ; il est aussi intéressant de générer et d'observer des instances faisant intervenir plus d'eCollaborateurs car plus le nombre de participants augmente, plus l'évolution du scénario se complique. Compte tenu de la remarque précédente concernant l'existence de plusieurs instances représentant la même anomalie, nous ne nous trouvons donc pas obligés de générer 2^n instances pour chaque n choisi. Dans le tableau 4.3, nous donnons une idée sur le nombre d'instances observées pour chaque patron de simulation en spécifiant le nombre n d'eCollaborateurs.

$n \backslash$ Patron de simulation	1	2	3	4
5	30	30	30	30
10	10	10	10	10
20	5	5	5	10
30	0	0	0	10

TABLE 4.3 – Tableau récapitulatif du nombre d'instances observées

Comme le montre le tableau 4.3, lorsque le nombre n a été augmenté à 20 ou 30, nous n'avons pas généré le même nombre d'instances pour tous les patrons de simulation. Ceci est dû au fait que les patrons P1, P2 et P3 tels qu'ils ont été décrits, admettent très rarement plusieurs intervenants. Par exemple l'édition collaborative d'un document (quelle que soit l'organisation) impose en général l'existence d'au plus 10 participants et très rarement 20 participants et encore moins 30 participants ; et de même pour une réunion virtuelle. Par contre pour le scénario de prise de décision dans lequel les intervenants travaillent par groupes de 3, la participation de 10 groupes (c'est-à-dire 30 eCollaborateurs) est tout à fait faisable et fréquente.

L'étape d'observation décrite ci-dessus nous a permis de noter l'occurrence de plu-

sieurs anomalies ayant des impacts différents sur le résultat obtenu et dont les explications sont plus ou moins évidentes.

Accomplissement partiel des buts

A part les cas idéals de collaboration dans lesquels tous les participants sont présents et tous les sous-buts sont accomplis, nous observons de façon très fréquente des cas où la participation et l'accomplissement des sous-buts sont partiels, comme le montre la figure 4.3.1. Nous verrons dans d'autres cas, que l'absence de certains participants peut avoir des conséquences plus importantes qu'un accomplissement partiel des sous-buts.

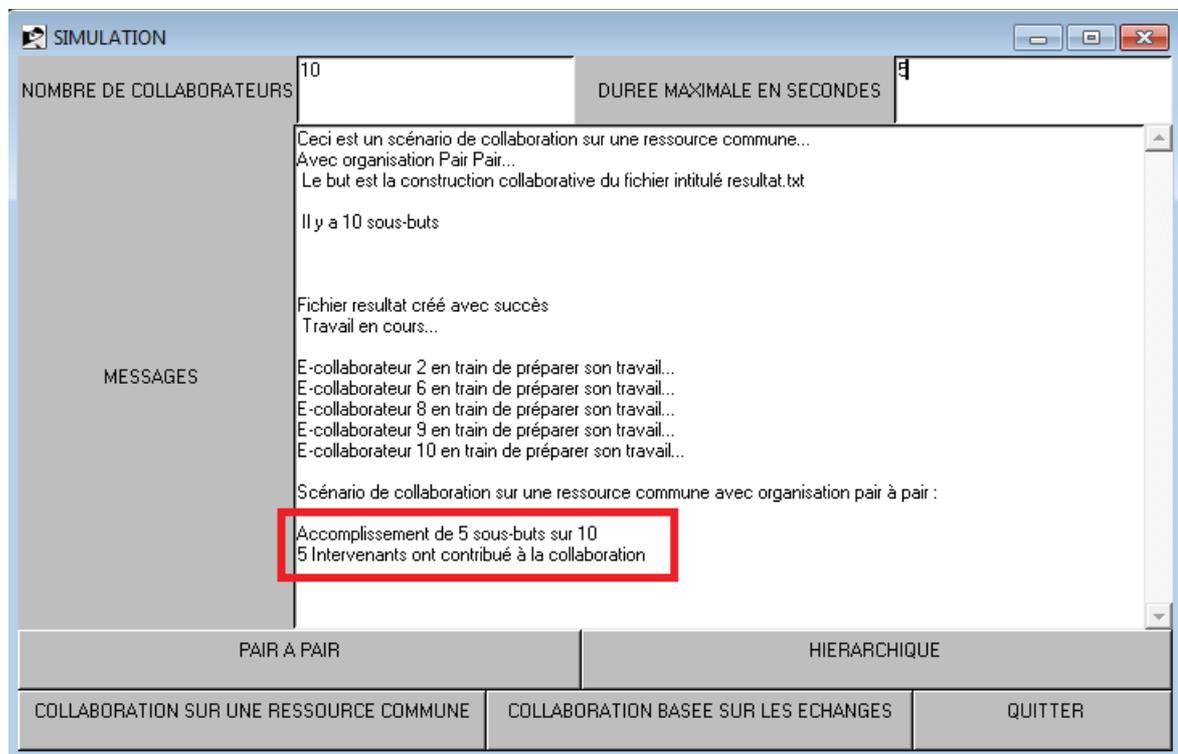


FIGURE 4.3.1 – Accomplissement partiel de sous-buts

Blocage de la collaboration

Dans certains cas, moins fréquents que ceux décrits précédemment, nous avons observé un blocage du travail. Une analyse du déroulement montre que ceci peut être dû à plusieurs raisons.

Par exemple, dans le scénario de prise de décision décrit dans la section 4.2 et dont l'organisation est hiérarchique, l'absence du chef de l'eCollaboration provoque l'arrêt

de la collaboration comme le montre la figure 4.3.2.

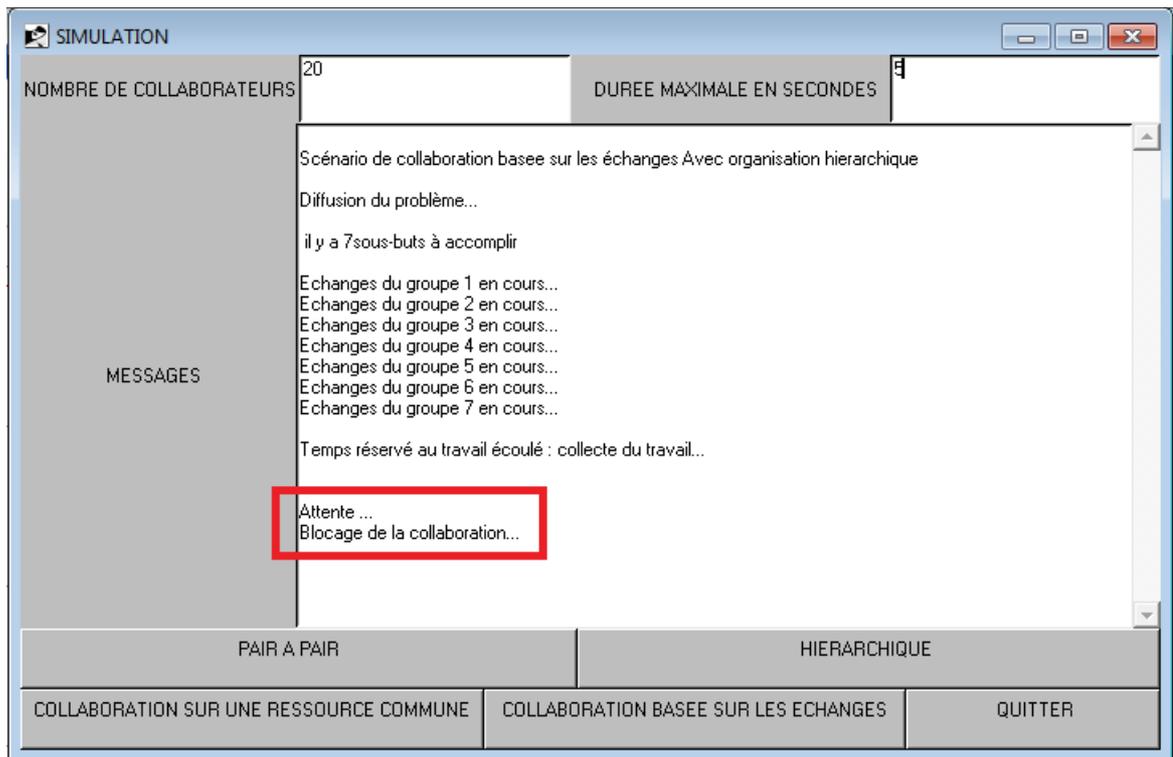


FIGURE 4.3.2 – Blocage du scénario

Dans la même organisation, l'absence des participants ayant un rôle moins important que le responsable du traitement de l'information a des effets moins remarquables. En partant du même raisonnement et des observations effectuées, nous pouvons affirmer que dans une organisation pair à pair, l'absence d'un collaborateur a des conséquences moins importantes du fait que les rôles des participants sont équivalents. Ce blocage est donc souvent observé dans les collaborations organisées de façon hiérarchique.

Le blocage peut aussi être observé dans des cas où le temps prévu pour le travail est trop court. Par exemple, le scénario de réunion virtuelle s'est terminé dans la simulation montrée par la figure 4.3.3 sans l'accomplissement des sous-butts fixés. Ce cas de figure est assez courant en réalité et souvent vécu dans les contextes de collaboration. D'une façon générale, l'insuffisance du temps accordé à l'eCollaboration, provoque le non accomplissement de tous ou d'une partie des sous-butts prévus.

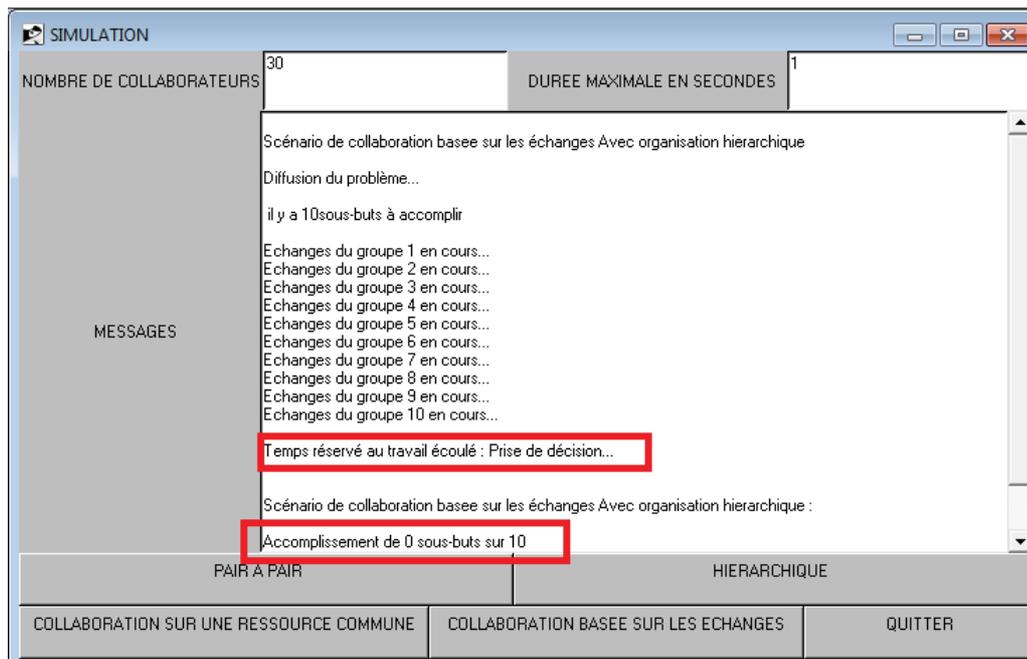


FIGURE 4.3.3 – Insuffisance du temps de l’eCollaboration

4.3.2 Retours sur l’évaluation

Dans ce qui précède, nous avons décrit quelques cas de déroulement de l’eCollaboration et nous avons mis l’accent sur les problèmes les plus courants. Face à cette description, les questions qui se posent portent sur la manière d’évaluer des scénarios si différents, ainsi que les critères qui nous permettraient de le faire.

En effet, plusieurs aspects peuvent être analysés et jugés dans un travail d’eCollaboration tels que le temps, la communication, la participation des intervenants et la qualité du travail. Mais l’importance de ces aspects dépend du scénario en question, c’est-à-dire qu’un jugement positif du temps passé dans l’eCollaboration ou du nombre de messages échangés ou du degré de participation ne garantit pas la performance des résultats produits. Donc même si nous cherchons à quantifier ces critères, ils ne pourront pas refléter dans tous les cas le succès de l’eCollaboration.

Une petite réflexion à ce sujet, nous permet d’affirmer que tous les efforts investis dans la recherche et la quantification des différents aspects de performances visent une et une seule cible, à savoir, la production des résultats attendus dans les conditions prévues. C’est pour cela que nous estimons que l’aspect le plus complet et le plus important sur lequel nous devons mettre le doigt dans l’évaluation de tels contextes n’est autre que le résultat produit par la collaboration. Pour ceci, nous parlerons, dans

tout ce qui suit d'évaluation des résultats de l'eCollaboration.

Conformément à cette idée, l'évaluation de tout scénario d'eCollaboration pourra commencer par la comparaison de l'état actuel et de l'état prévu des éléments qui impactent les résultats de l'eCollaboration. Mais la détection de problèmes dans le déroulement d'un scénario d'eCollaboration n'est pas suffisante pour pouvoir le juger. Bien au contraire, elle constitue le point de démarrage de l'évaluation qui est supposée expliquer les causes des insatisfactions, afin de les éviter dans l'avenir. Pour ce faire, plusieurs détails du scénario en question doivent être pris en compte. Au niveau de la simulation, l'explication est relativement simple car le scénario n'est autre qu'un programme qui s'exécute et qui peut être soumis à un débogage afin de comprendre et de visualiser tous les détails de son déroulement. Ce travail est beaucoup plus difficile à réaliser dans les cas réels, dont l'évolution est moins prévisible et compréhensible.

4.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de contourner les difficultés liées à la recherche et l'étude de scénarios réels d'eCollaboration en développant un simulateur. Celui-ci nous a permis, en observant le déroulement de différents scénarios de collaboration de classes et d'organisations distinctes et en identifiant les problèmes de collaboration les plus fréquents, de déterminer les critères les plus importants à évaluer dans ce cadre.

Ce travail intermédiaire nous a été d'une grande utilité, mais nous restons lucides sur l'existence de pas mal d'aspects qui n'ont pas été pris en compte dans la simulation malgré leur grande influence sur la collaboration. En effet, les collaborateurs, qui encapsulent un mécanisme de raisonnement assez complexe ainsi qu'un comportement peu prévisible, ont été représentés de façon très simplifiée par des processus qui tournent sur la base de certaines fonctions. Les interactions via le support technologique de l'eCollaboration ont aussi été représentées par un mécanisme d'échange de messages.

Malgré le fait que ce travail soit bien loin de nous permettre une prise en compte exhaustive des aspects qui influent le déroulement de la collaboration, nous estimons qu'il nous a facilité l'étude du problème de l'évaluation en nous offrant une image partielle de la réalité. Dans le chapitre suivant, nous essayons d'approfondir le travail

présenté ci-dessus en prenant en compte les aspects négligés, dans le but de proposer une approche générique d'évaluation des résultats des scénarios d'eCollaboration.

Chapitre 5

APPROCHE D'ÉVALUATION

Dans le chapitre précédent, nous avons montré l'intérêt de la simulation dans notre contexte et nous avons décrit le simulateur proposé en se basant sur la représentation des scénarios d'eCollaboration détaillée dans la section 3.3. Ce travail nous a permis de raisonner sur des cas concrets, à un moindre coût, en générant des simulations de divers scénarios et en identifiant les problèmes qui peuvent avoir lieu et surtout les aspects qu'il serait important d'évaluer dans de tels environnements. Malgré ses avantages, nous n'avons pas manqué de souligner les limites de la simulation surtout au niveau de la fidélité de représentation de la réalité et d'insister sur la nécessité de prendre en compte ce point dans l'étape d'évaluation. Dans ce chapitre, nous nous appuyons sur le travail déjà effectué pour présenter une approche générique d'évaluation des scénarios d'eCollaboration. Nous essayerons aussi de tester cette approche sur des cas réels afin de la critiquer et éventuellement de l'améliorer.

5.1 Approche d'évaluation générique par détection et explication d'anomalies

En effet, dans toute collaboration, la totalité des efforts sont investis dans l'objectif de satisfaire, dans les meilleures conditions, les buts fixés au départ. C'est d'ailleurs pour cette raison que nous nous focalisons sur l'évaluation de la qualité du résultat dans ce travail. En partant de ce raisonnement, l'évaluation proposée commence par une analyse du résultat obtenu exprimé en termes d'accomplissement de but et de sous-buts et surtout sa comparaison avec le résultat attendu : ce qui permet d'identifier les

résultats inattendus que nous désignons par "anomalies". Ce jugement assez intuitif et bien évidemment insuffisant sera suivi par un travail plus profond consistant en l'explication des anomalies qui ont eu lieu. C'est pour cela que nous proposons une évaluation à deux niveaux que nous décrivons dans ce qui suit (Chebil *et al.*, 2013).

5.2 Premier niveau : détection des anomalies

Comme il a déjà été signalé, le premier pas à faire dans le cadre de l'évaluation consiste en la comparaison du résultat obtenu par rapport au résultat prévu. Nous entendons par résultat ici et dans tout ce qui suit, l'accomplissement du but global et des sous-buts. Les anomalies détectées suite à cette comparaison sont dans certains cas une conséquence directe de la non participation d'un ou de plusieurs eCollaborateurs ou d'une inadéquation du support de l'eCollaboration. Pour ceci, ces deux éléments très importants et ayant une grande influence sur le succès de l'eCollaboration sont analysés dans le cadre du premier niveau de l'évaluation tout comme les buts. Cette constatation nous mène à comparer les états "effectif" et "prévu" de chacun des quatre éléments de base de l'eCollaboration $\{E, St, S_b, B_g\}$ représentant respectivement les eCollaborateurs, le support technologique de l'eCollaboration, les sous-buts ainsi que le but global et présentés dans le chapitre 3 comme étant les éléments principaux de toute eCollaboration. L'état prévu de ces éléments est supposé favoriser l'atteinte des objectifs fixés. Nous désignerons dans la suite l'état des éléments cités précédemment par "contexte" de l'eCollaboration.

En effet, dans tout scénario d'eCollaboration, le contexte prévu avant son démarrage n'est pas nécessairement identique au contexte de son déroulement (désigné aussi par contexte effectif). La non correspondance des deux peut être négligeable et sans effet sur la qualité de l'eCollaboration ; comme elle peut affecter remarquablement les résultats obtenus.

Afin de saisir les détails de déroulement du scénario en question et surtout de détecter les différences entre le contexte prévu et le contexte effectif, l'évaluateur est censé récupérer, à travers un questionnaire, les informations suivantes :

1. Le but global de l'eCollaboration en signalant s'il a été atteint ou non.
2. La plateforme qu'il a été prévu d'utiliser pour la collaboration électronique, la

satisfaction de cette plateforme, les éventuels problèmes et les éventuels changements ;

3. La liste des eCollaborateurs supposés participer à la session en question en indiquant leurs rôles dans l'organisation (directeur, simple employé, étudiant...) et en signalant les éventuelles absences remarquées
4. La liste détaillée des sous-buts ainsi que le ou les eCollaborateur(s) responsable(s) sur chacun d'entre eux en signalant, s'il y a lieu, leur non accomplissement ;

Pour garantir l'adéquation et surtout la complétude des informations collectées, le questionnaire décrit précédemment doit être envoyé à plusieurs participants de l'eCollaboration ayant des visions différentes du travail et donc des rôles différents.

Ce questionnaire est disponible à l'URL suivante :

https://docs.google.com/forms/d/1SzrPGy3mH_4e19zzmwlQgyb0iBHcfi-N60fc9btwnUI/viewform

Il peut être diffusé de plusieurs manières (par e-mail, sur facebook ou sur twitter...) et les réponses peuvent être récupérées sous deux formes différentes : brute ou analysée. L'interprétation de ces réponses est expliquée dans ce qui suit.

A partir des réponses récupérées, l'évaluateur peut facilement détecter les anomalies au niveau des résultats obtenus. Il peut aussi, détecter les imprévus du déroulement de la session d'eCollaboration en question qui sont parfois à l'origine des anomalies. Par exemple, à partir des réponses aux questions concernant l'accomplissement du but global (question 1) et des sous-buts prévus (question 4), l'évaluateur peut détecter les éventuelles anomalies ou insuffisances au niveau des résultats et consistant principalement en un accomplissement partiel des sous-buts prévus et/ou le non accomplissement du but global fixé.

A partir des réponses aux questions concernant la plateforme utilisée (question 2) et concernant les personnes ayant effectivement participé à l'eCollaboration (question 3), l'évaluateur peut détecter les différences entre le contexte prévu et le contexte effectif. Par exemple, le changement de la plateforme supportant l'eCollaboration ainsi que l'absence de certains eCollaborateurs sont des imprévus liés au déroulement de la session d'eCollaboration qui peuvent impacter négativement l'accomplissement des sous-buts ou du but global.

Comme il a été déjà annoncé précédemment, une anomalie détectée au niveau des résultats de l'eCollaboration peut être une conséquence directe d'un état imprévu de

l'un de ses éléments lors du déroulement. Par exemple, le non accomplissement d'un sous-but peut résulter de la non participation de l'eCollaborateur responsable de sa réalisation. L'identification de ces dépendances a été prise en compte lors de la conception du questionnaire. C'est ce qui explique le fait de demander, dans la question 3 par exemple, d'indiquer pour chaque sous-but, le ou les responsables de son accomplissement.

Afin de faciliter la mise en œuvre de la démarche décrite dans ce paragraphe et consistant en la vérification de la correspondance entre les éléments prévus et les éléments effectifs d'une eCollaboration, l'évaluateur peut dresser un tableau dans lequel il renseigne l'état prévu et l'état effectif pour chaque élément de base de l'eCollaboration.

Dans un souci de clarté, nous présentons dans ce qui suit, un exemple d'exécution du premier niveau d'évaluation sur le scénario d'eCollaboration connu et déjà présenté dans le chapitre précédent, consistant en la rédaction collaborative d'un article scientifique. Pour ceci, nous nous basons sur les réponses aux questions schématisées par la figure 5.2.1, pour expliquer la manière de détecter les problèmes.

Questionnaire d'évaluation de la collaboration

Merci de prendre le temps de répondre à ce questionnaire qui permet de reconstituer le déroulement de votre collaboration à distance afin de l'évaluer et d'améliorer vos collaborations futures.

1. Quel est le but global de ce travail?

A-il été atteint?

Oui
 Partiellement
 Non

2. Avec quelle plateforme avez-vous prévu de travailler à distance?

Etait-elle satisfaisante?

Oui
 Non

Si non décrire brièvement les problèmes rencontrés

Avez-vous travaillé avec la plateforme prévue?

Oui
 Non

Si vous avez changé de plateforme au cours du travail, donner son nom et dire pourquoi.

3. Donner la liste des personnes devant participer à ce travail ainsi que le grade de chacun d'entre eux. Dans le cas d'absence de certains participants; le signaler dans votre réponse.
 Par exp : Mr Mohamed Ben Salah : directeur général : Absent

4. Donner la liste des sous-buts fixés au début de ce travail ainsi que le ou les responsable(s) de l'accomplissement de chacun d'eux? Indiquer les sous-buts n'ayant pas été atteints.
 Par exp : Ecrire l'introduction : Mme Chebil

FIGURE 5.2.1 – Réponses aux questions concernant le premier niveau d'évaluation

Les réponses au questionnaire montré par la figure 5.2.1 peuvent être récapitulées dans le tableau suivant.

	Contexte prévu	Contexte effectif
eCollaborateurs	5 auteurs chargés de la rédaction : A1, A2, A3, A4 et A5	4 auteurs seulement ont participé : A1, A3, A4 et A5
Support de l’eCollaboration	Flashmeeting	Skype
Sous-buts	1- Rédaction du paragraphe 1 par A1 2- Rédaction du paragraphe 2 par A2 3- Rédaction du paragraphe 3 par A3 4- Rédaction du paragraphe 4 par A4 5- Rédaction du paragraphe 5 par A5	Les paragraphes 1, 3 et 5 ont été rédigés. Les paragraphes 2 et 4 n’ont pas été rédigés
But global	Rédiger un article scientifique	Article rédigé partiellement

TABLE 5.1 – Tableau de comparaison entre le contexte prévu et le contexte réel de la rédaction collaborative d’un article scientifique

La mise en correspondance des éléments prévus et des éléments effectifs du scénario en question, résumée dans le tableau 5.1 montre que le but global fixé, et consistant en la rédaction de l’article a été atteint de façon partielle. Ceci est totalement prévisible car les sous-buts n’ont pas été tous accomplis. En se référant au tableau précédent, nous pouvons facilement dégager les informations suivantes :

- Le responsable de l’accomplissement du sous-but 2 est l’auteur 2 qui n’a pas participé au travail. Il est donc tout à fait normal que le sous-but 2 ne soit pas accompli. Le problème devant être expliqué à ce niveau est l’absence de l’auteur A2 plutôt que le non accomplissement du sous-but 2.
- Par contre, le responsable de l’accomplissement du sous-but 4 est l’auteur 4 qui a participé au travail. Le problème à ce niveau n’a donc pas de cause directe comme précédemment, il pourra être expliqué en se basant sur d’autres détails du déroulement du scénario que nous analyserons dans le deuxième niveau d’évaluation.

Dans ce paragraphe, nous avons décrit ce que nous désignons par “premier niveau d’évaluation” en nous basant sur les constatations effectuées lors de la simulation,

concernant la correspondance entre les éléments prévus de la collaboration et les éléments effectifs. Pour ceci, nous avons décrit la procédure permettant d'identifier les anomalies de l'eCollaboration étudiée. Ce travail est considéré comme une évaluation préliminaire et intuitive qui doit être approfondie par des explications rigoureuses permettant de trouver les sources des anomalies et d'améliorer ainsi les eCollaborations futures. Dans la section suivante, nous détaillons le deuxième niveau d'évaluation proposé ; ensuite, nous décrivons l'application de toute l'approche d'évaluation proposée sur un scénario d'eCollaboration.

5.3 Deuxième niveau : explication des anomalies

Une fois les anomalies de l'eCollaboration détectées, nous traitons, dans ce niveau, l'explication de celles-ci. En effet, dans le cadre de l'eCollaboration les anomalies peuvent très bien être dûes à des causes technologiques ou humaines. Rappelons-nous que, malgré son importance, la composante humaine a été partiellement prise en compte dans la simulation et nous avons bien souligné que ce ne sera pas le cas dans l'évaluation. Face à un tel contexte, nous estimons que l'utilisation de la méthode d'analyse de la fiabilité humaine CREAM (Hollnagel, 1998; XuHong, 2005) présentée dans la section 2.5 de ce rapport est bien adéquate puisqu'elle permet d'inférer, après plusieurs itérations, les causes possibles de l'occurrence d'une action erronée et peut montrer les différents liens causaux permettant de remonter de l'action erronée à son antécédent.

Comme il a été déjà expliqué, la méthode CREAM est constituée de trois étapes principales :

- La première permet de reconstituer le contexte de déroulement de l'eCollaboration à travers les "Conditions Communes de Performance" ou CPC.
- La deuxième consiste à identifier les actions erronées ou phénotypes.
- La troisième est une étape itérative consistant à déterminer les différentes causes possibles de l'occurrence de chaque action erronée en se basant sur les CPC et en fournissant les liens causaux entre elles.

L'application de cette méthode doit bien évidemment être adaptée à notre contexte.

5.3.1 Application et adaptation de la méthode CREAM

En effet, et comme le montre le tableau 2.3 du chapitre 2, les CPC proposées par Hollnagel recouvrent certains aspects qui, dans notre cas, ont déjà fait l'objet du questionnaire décrit précédemment au premier niveau d'évaluation. Nous citons par exemple, les aspects concernant la plateforme (3ème CPC) et les sous-buts (5ème CPC). Afin d'éviter la duplication des informations, et d'alléger le travail demandé aux eCollaborateurs; les questions déjà posées ne seront pas reprises dans le cadre du recueil des CPC. De plus, et afin de simplifier le travail demandé aux eCollaborateurs, les questions relatives aux deux niveaux d'évaluation seront posées dans un même questionnaire qui sera rempli par l'eCollaborateur à la fin de l'eCollaboration. Ensuite, ce sera le rôle de l'évaluateur de reconnaître si l'information récupérée doit être prise en compte dans le premier niveau ou dans le deuxième.

Le questionnaire proposé illustré à l'**Annexe B**, comporte les interrogations suivantes :

1. Quel est le but global de ce travail ? A-t-il été atteint ?
2. Avec quelle plateforme avez-vous prévu de travailler à distance ? Était-elle satisfaisante ? Décrire les éventuels problèmes rencontrés. Avez-vous travaillé avec la plateforme prévue ? Si vous avez changé de plateforme au cours du travail, donnez son nom et dire pourquoi.
3. Donnez la liste des personnes devant participer à ce travail ainsi que le grade de chacun d'entre eux. Dans le cas d'absence de certains participants ; le signaler dans votre réponse.
4. Donnez la liste des sous-buts fixés au début de ce travail ainsi que le ou les responsable(s) de l'accomplissement de chacun d'eux ? Indiquer les sous-buts n'ayant pas été atteints.
5. Décrivez l'organisation de ce travail : Très efficace - Efficace - Non efficace - Déficente.
6. Comment trouvez-vous les conditions de travail ? Avantageuses - Adéquates - Non adéquates.
7. Le travail demandé est-il bien spécifié en termes de tâches et d'étapes ? Spécification appropriée - Spécification acceptable - Spécification inappropriée

8. Le temps accordé au travail en question est-il : adéquat, temporairement inapproprié ou continuellement inapproprié ?
9. A quel moment de la journée le travail se fait-il ? Dans la journée, le soir ou à n'importe quel moment de la journée ?
10. Le travail qui vous est accordé est-il adapté à votre formation et à vos compétences ? Formation et expérience adaptées - Formation adaptée et expérience limitée - Formation et expérience non adaptées.
11. Comment qualifiez-vous la collaboration au sein de ce travail ? Très efficace - Efficace - Non efficace - Déficiente ?

La deuxième étape de la méthode CREAM consistant à détecter les modes d'erreurs ou phénotypes, a déjà été exécutée dans le cadre du premier niveau d'évaluation. Nous nous permettons donc de passer à l'étape suivante qui est la plus importante et qui consiste à chercher les causes possibles des problèmes détectés ainsi qu'à tracer les liens causaux.

5.3.2 Graphe causal

Le schéma de classification, déjà présenté dans la section 2.5.2 et constitué par l'ensemble des faits et des antécédents ainsi que les liens entre eux identifiés à l'issue de cette méthode, peut très bien être présenté de façon claire par un graphe causal (El-Kechai et Després, 2007) comme le montre la figure 5.3.1.

Dans cet exemple, le phénotype "P1" a trois antécédents : A, B et C appartenant respectivement aux catégories Personne (P), Technologie (T) et Organisation (O). Ces antécédents, ont eux-mêmes des antécédents de différentes catégories : D, E, F. A est la conséquence des deux antécédents D et E. Les flèches représentent les liens de causalité. Dans cet exemple simplifié, les génotypes G et H n'ont pas d'antécédents : ils représentent les causes permettant d'expliquer l'occurrence du phénotype P1. Les inférences permettant d'expliquer l'occurrence de P1 sont donc : (G -> E -> A -> P1), (G -> E -> C -> P1), (H -> D -> A -> P1) et (H -> F -> B -> P1).

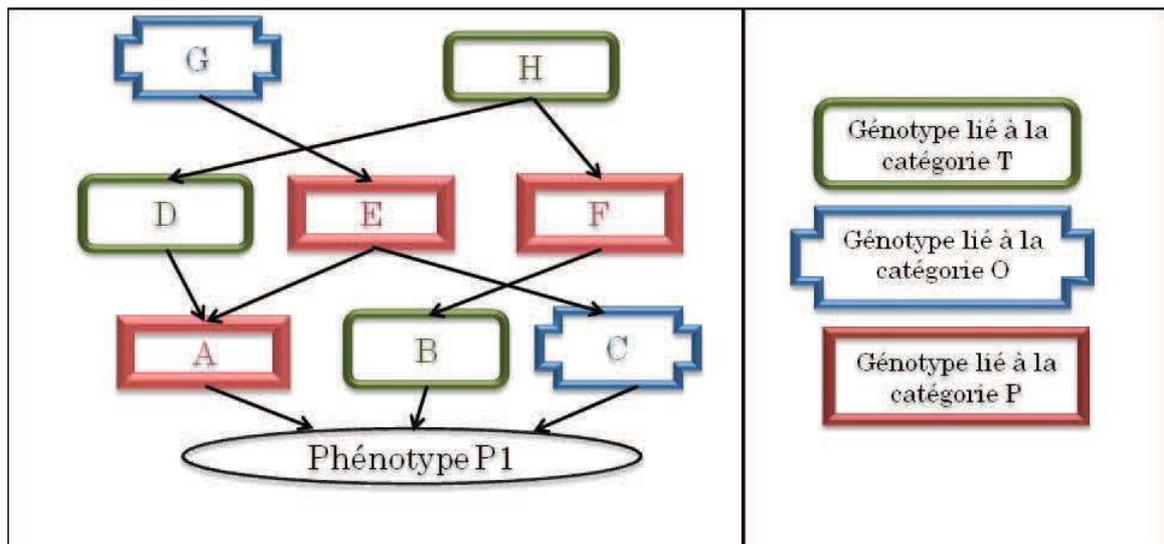


FIGURE 5.3.1 – Exemple simplifié de graphe causal du phénotype P1

Le graphe représenté ci-dessus a l'avantage de schématiser plusieurs inférences possibles de l'apparition d'un phénotype donné ; mais il ne permet pas d'identifier la plus plausible d'entre elles. Le maximum qu'on puisse faire à ce niveau, c'est d'initialiser les poids de chacune des catégories P, O et T auxquelles appartiennent les différentes explications en se basant sur les CPC ou sur un questionnaire distribué aux eCollaborateurs. Cette pondération ne permet pas de calculer la plausibilité des différentes conséquences/antécédants du graphe, elle doit être accompagnée par l'application d'une approche probabiliste adaptée aux caractéristiques du graphe en question. Une telle approche doit permettre d'affecter un degré de plausibilité ou de croyance à chacune des inférences régies par le graphe causal.

En effet, dans notre cas nous ne disposons que des informations suivantes : l'action erronée, le graphe causal et éventuellement les poids des différentes catégories d'explications P, O et T. Ces informations sont insuffisantes pour l'application de la majorité des approches probabilistes existantes dans la littérature et permettant d'assigner une probabilité à chaque explication séparément. La théorie de l'évidence par contre, a le grand avantage de permettre d'attribuer une masse à tout un ensemble d'hypothèses. Celle-ci est donc la plus adaptée à notre travail et peut facilement être superposée au schéma de classification de Hollnagel. Dans ce qui suit, nous présentons cette théorie qui a été proposée par Dempster et Shafer (Dempster, 1967).

5.3.3 Théorie de l'évidence

Généralités

La théorie de l'évidence a été introduite par Dempster (Dempster, 1967) et valorisée par Shafer (Shafer, 1976) qui a montré l'intérêt des fonctions de croyance pour la modélisation des connaissances incertaines. La théorie de l'évidence est basée sur l'idée qu'une observation attribue un certain degré de confiance à un ensemble d'hypothèses. Soit Ω l'ensemble des hypothèses possibles $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$ désigné par *cadre de discernement*. L'ensemble $2^\Omega = \{A / A \subseteq \Omega\} = \{\emptyset, \{H_1\}, \dots, \{H_n\}, \{H_1, H_2\}, \dots, \Omega\}$ définit l'ensemble des 2^n parties de Ω comprenant toutes les disjonctions possibles des hypothèses de l'ensemble Ω , en plus des hypothèses singletons. La théorie de l'évidence distribue des *degrés de confiance* appelés aussi *masses de croyance* (ou *masse* tout simplement) sur les éléments de 2^Ω en utilisant la fonction m_Ω définie par l'équation 5.3.1, vérifiant les propriétés régies par les équations 5.3.2 et 5.3.3.

$$m_\Omega : 2^\Omega \rightarrow [0, 1] \quad (5.3.1)$$

$$m_\Omega(\emptyset) = 0 \quad (5.3.2)$$

$$\sum_{A \subseteq \Omega} m_\Omega(A) = 1 \quad (5.3.3)$$

La masse $m_\Omega(A)$ d'un élément donné A de l'ensemble des parties 2^Ω caractérise la véracité d'une proposition A en exprimant la proportion de toutes les preuves disponibles affirmant que l'état actuel est exactement A et non un autre état ou un sous-état de A .

La fonction m_Ω présentée ci-dessus se différencie d'une probabilité par le fait que la totalité de la masse est répartie non seulement sur les hypothèses singletons, mais aussi sur les hypothèses combinées. L'adéquation de ce principe par rapport au contexte en question justifie bien le choix de la théorie de l'évidence pour calculer la plausibilité des différentes inférences permettant d'expliquer une action erronée. Dans ce qui suit, nous nous intéressons au calcul des masses des inférences schématisées par le graphe causal.

Application au graphe causal

Nous avons déjà affirmé, un peu avant, qu'il est possible d'affecter un poids aux trois catégories de génotypes P, O et T en diffusant quelques questions aux eCollaborateurs. Mais vu que les participants à l'eCollaboration sont censés répondre au questionnaire décrit au début de cette section et permettant de reconstituer le déroulement de l'eCollaboration ; l'ajout d'un autre questionnaire pour le calcul de la pondération des différentes catégories risque de surcharger les eCollaborateurs. Pour cette raison, l'approche proposée n'imposera pas cette étape de pondération et les trois catégories P, O et T auront le même poids de valeur 0.33 (=1/3). Le cadre de discernement Ω correspond ici à tous les noeuds du graphe causal c'est-à-dire tous les antécédants/conséquences du schéma de classification qui peuvent expliquer une action erronée. D'après l'explication générale présentée dans le paragraphe précédent, l'ensemble 2^Ω serait constitué de toutes les disjonctions de ces antécédants/conséquences. Mais dans le contexte en question, nous ne nous intéressons qu'aux disjonctions significatives présentant des liens causaux entre elles et constituant une inférence possible de l'action erronée. Chaque inférence donne une cause possible de l'action erronée représentée par une feuille du graphe et désignée par génotype : conformément à ce qui a été annoncé dans l'équation 5.3.3, la somme des masses des génotypes vaut 1.

A ce niveau, le problème réside dans la prise en compte du lien de causalité dans le calcul des *masses de croyances* m des différents noeuds. Ce travail a été effectué en appliquant le principe présenté dans le travail d'El-Kechai sur les *environnements informatiques pour l'apprentissage humain* (El-Kechai et Després, 2007) et définissant la propagation des masses dans un graphe causal.

En effet, pour calculer la masse d'une cause possible (au niveau des feuilles du graphe), il faut commencer par le calcul des masses de ses conséquences conformément à la formule 5.3.4 :

$$m(a) = p(C(a)) \times \sum_{\forall b \in \text{Cons}(a)} \frac{m(b)}{\sum_{\forall i \in P, T, O} (p(i) \times n_{ib})} \quad (5.3.4)$$

Où :

- $m(a)$ est la masse de l'antécédent a (l'antécédent étant une cause intermédiaire),
- $C(a)$ est la catégorie de a ,

- $Cons(a)$ est l'ensemble des conséquences de a ,
- $p(i)$ est le poids de la catégorie i ,
- n_{ib} est le nombre d'antécédents de b appartenant à la catégorie i .

Initialement, la masse de l'action erronée est égale à 1 et dans notre cas : $\forall a, C(a) = 0.33$.

Donc le processus de calcul des masses des causes possibles (feuilles du graphe) d'une action erronée commence par l'affectation d'une masse à l'action erronée (égale à 1) et se poursuit par une propagation itérative de cette masse vers les antécédants en appliquant la formule 5.3.4 selon laquelle toute conséquence donne une partie de sa masse à chacun de ses antécédents selon la catégorie à laquelle celui-ci appartient (P, T ou O). La masse d'un antécédent est obtenue en additionnant les masses données par ses conséquences. Cette propagation des masses est parfaitement applicable car un antécédent d'un groupe ne peut pas se retrouver comme conséquence du même groupe. Notre graphe d'explication est acyclique, c'est ce qui permet à la propagation de prendre fin à un moment donné.

Dans cette section, la contribution proposée consiste en une approche d'évaluation basée sur deux niveaux. Le premier assure un jugement intuitif du déroulement de la collaboration électronique et se limite à la détection des problèmes. Tandis que le deuxième se focalise sur l'explication des anomalies détectées, en combinant des travaux déjà existants dans la littérature et estimés être adéquats à l'élaboration de ce niveau d'évaluation. Ces travaux sont la méthode d'analyse de la fiabilité humaine CREAM pour la génération des différentes explications d'une anomalie donnée (Hollnagel, 1993, 1998), les graphes causaux pour schématiser les liens de causalité entre les différentes explications proposées (El-Kechaï et Després, 2007; Thomas *et al.*, 2012) et enfin la théorie de l'évidence pour extraire les explications les plus plausibles (Demps-ter, 1967; El-Kechaï et Després, 2007).

5.4 Application et test de l'approche proposée

Après avoir proposé une approche d'évaluation des scénarios de collaboration électronique, nous avons été amenés à effectuer une validation de celle-ci. Cette tâche est loin d'être facile car, d'une part, les équipes de collaboration électronique acceptent rarement d'accorder du temps à la réponse aux questionnaires et encore moins à la

discussion avec les évaluateurs. D'autre part, il y a en général, des contraintes assez rigides de confidentialité imposées par les organisations qui empêchent les membres de nous faire part des détails de leurs travaux, même s'ils en ont la volonté. Pour ceci, nous nous sommes éloignés du contexte professionnel pour nous pencher sur un autre contexte moins contraignant que nous vivons au quotidien et qui n'est autre que le contexte politique. Compte tenu de la dynamique des scènes politiques dans plusieurs pays arabes et notamment en Tunisie et de la multiplicité des partis qui y interviennent, nous nous sommes intéressés à un scénario d'eCollaboration qui s'exécute dans le cadre d'un groupe sur facebook et qui a pour objectif principal d'attirer le plus possible de membres actifs pour un parti bien déterminé (dont on ne citera pas le nom) afin d'augmenter sa popularité et sa dynamique. Pour ceci, un membre actif du parti en question a créé un groupe secret sur facebook intitulé "Evènements-Tunisie-2013" et y a ajouté certains de ses amis et des membres de sa famille dans le but de les impliquer dans le contexte politique et de les motiver à rejoindre le parti auquel il appartient. L'objectif de la création du groupe aussi bien que les suggestions et les recommandations ont été inscrits sur la page du groupe comme suit :

" Notre objectif consiste à suivre et à réagir aux événements politiques en Tunisie. Merci de partager des informations intéressantes de sources fiables. Merci d'inviter des personnes susceptibles de bénéficier de notre page et d'avoir des réactions intéressantes et efficaces qui plaident en la faveur du pays."

Après une période de deux semaines, nous avons remarqué que l'évolution du groupe créé est très faible. L'écart entre le contexte prévu et le contexte effectif est donc assez grand et mérite d'être expliqué. Compte tenu de l'objectif de validation qui se trouve derrière la création de tout ce scénario, nous nous sommes proposés d'appliquer l'approche d'évaluation détaillée précédemment afin d'expliquer l'observation effectuée.

5.4.1 Premier niveau

Avant d'entamer l'évaluation, il serait utile de rappeler que ce scénario appartient à la classe de "collaboration sur une ressource commune" avec une organisation "Pair à Pair". Conformément à ce qui est indiqué précédemment, le premier niveau de l'évaluation proposée consiste à détecter ce que l'on appelle "anomalies" de l'eCollaboration. Pour ceci, nous avons distribué le questionnaire d'évaluation (décrit dans la sous-

section 5.3.1 et figurant à l’Annexe B) à tous les membres du groupe et nous avons insisté sur un renvoi rapide (au bout de trois jours au maximum) des réponses pour pouvoir entamer l’explication.

Les réponses collectées sont résumées automatiquement comme le montre l’Annexe C, leur analyse nous a permis de dresser le tableau 5.2 qui met en évidence les anomalies de la collaboration électronique en question.

	Contexte prévu	Contexte effectif
eCollaborateurs	Au moins 50 membres	15 membres seulement
Support technologique de l’eCollaboration	Facebook	Facebook
Sous-buts	1- Inviter des personnes pour étendre le groupe. 2- Partager des informations récentes et intéressantes. 3-Créer des événements pour exprimer des idées bien précises. 4-Lancer des discussions sur des sujets d’actualité entre les membres.	1- Le groupe n’a pas été étendu. 2- Très peu d’informations ont été partagées. 3- Aucun événement n’a été créé. 4- Une seule discussion a été créée.
But global	Attirer le plus possible de membres actifs pour le parti	But non accompli

TABLE 5.2 – Comparaison entre le contexte prévu et le contexte effectif

Etant donné que tous les sous-buts fixés n’ont pas été accomplis, comme le montre le tableau ci-dessus, le but global n’a pas été atteint. Mais toutes les anomalies détectées peuvent être regroupées en un même problème consistant en la faiblesse de l’activité des eCollaborateurs dans le groupe en question. Le deuxième niveau de l’approche d’évaluation que nous proposons a pour rôle d’expliquer les raisons de ce blocage.

5.4.2 Deuxième niveau

Le questionnaire distribué aux eCollaborateurs intervient dans les deux niveaux de l’évaluation. Pour ceci, nous nous y sommes appuyés pour expliquer le phénotype mis en évidence. En effet, l’analyse des réponses collectées (voir l’Annexe C) montre

que la description des buts de cette eCollaboration diffère d'un eCollaborateur à un autre : il y a donc une ambiguïté dans la compréhension de l'intérêt du groupe créé et des résultats qu'il est supposé produire. De plus, la majorité des réponses (surtout aux questions 5 et 6), englobe une appréciation négative par rapport à l'organisation et aux conditions.

Cette étape d'analyse, nous a permis d'identifier plusieurs causes à l'origine de **“la faible activité du groupe”** comme suit :

1. Une mauvaise compréhension du déroulement prévu du scénario d'eCollaboration en question (peut être détectée surtout à partir de la question 7) ;
2. Une motivation faible des membres du groupe (peut être détectée surtout à partir des réponses aux questions 6 et 11) ;
3. Un problème de disponibilité (peut être détectée surtout à partir des réponses aux questions 8 et 9) ;
4. Une difficulté d'accès aux fonctionnalités offertes par Facebook (peut être détectée surtout à partir de la question 2).

Ces problèmes ont eux-mêmes plusieurs causes. C'est ce qui justifie le déroulement du travail s'intégrant dans ce deuxième niveau d'évaluation en plusieurs itérations.

1. Le premier problème peut être dû à une mauvaise gestion du groupe c'est-à-dire une explication insuffisante de l'intérêt du groupe en question, de ses objectifs, des activités qu'il est possible d'accomplir et des résultats qu'il est possible d'obtenir (peut être inféré surtout à partir des réponses aux questions 4, 7).
2. Le deuxième problème peut être dû aussi à une mauvaise gestion du groupe c'est-à-dire une explication faible et non motivante des objectifs du groupe et de l'importance des résultats qu'il est en mesure d'atteindre ou à une indifférence par rapport aux événements politiques (peut être inféré surtout à partir des réponses aux questions 4, 7 et 10).
3. Le troisième problème peut être dû à un mauvais choix de la période de création du groupe qui correspond soit à une période de surcharge de travail qui empêche le(s) membre(s) de faire des échanges sur Facebook, soit au contraire, à une période de vacances (peut être inféré surtout à partir des réponses aux questions 8 et 9) ;

4. Le quatrième problème d'accès aux fonctionnalités peut être dû à une inadéquation de l'interface de la plateforme en question, à une connectivité limitée à internet ou à des compétences limitées en informatique.

Il est important de souligner ici que, conformément au schéma de classification de Hollnagel (Hollnagel, 1998), toutes ces explications peuvent être liées à trois catégories différentes : la technologie (catégorie T), les personnes (catégorie P) ou l'organisation (catégorie O). Le graphe causal permettant d'organiser ces explications et surtout de montrer les liens causaux entre elles est schématisé par la figure 5.4.1.

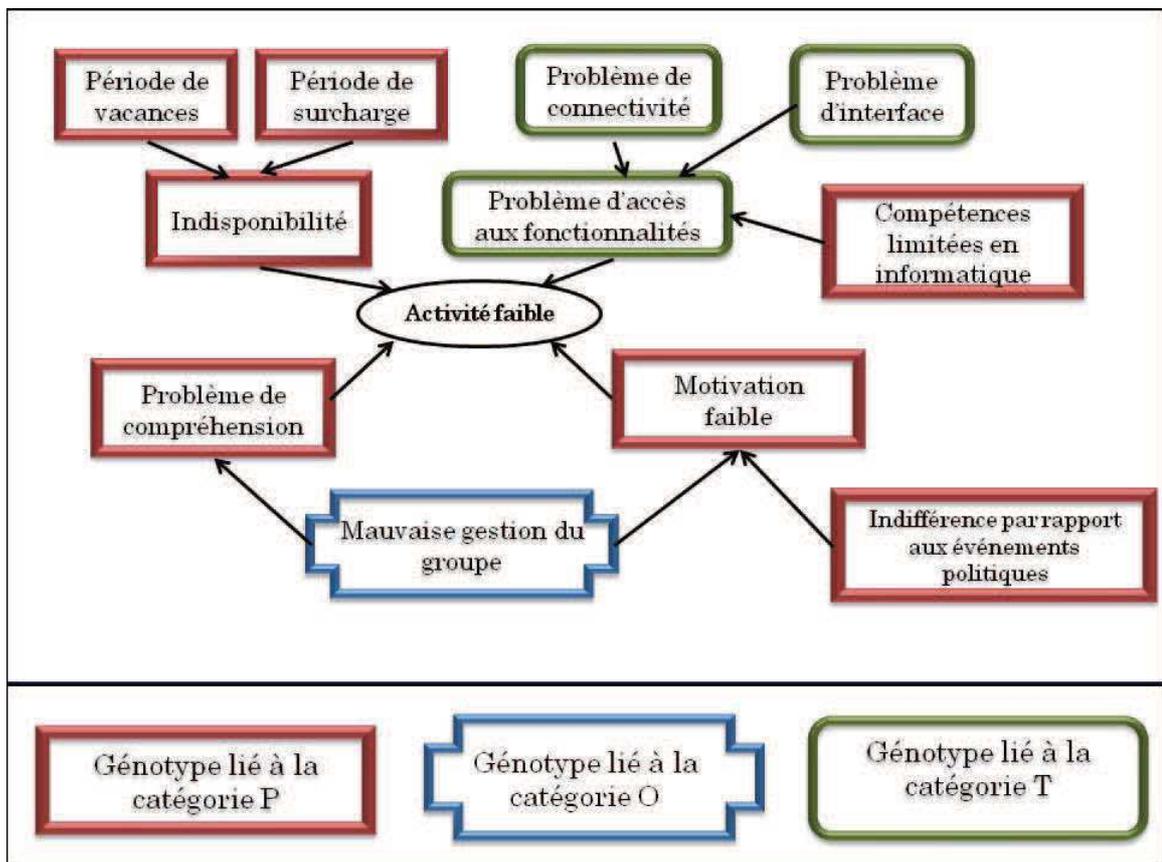


FIGURE 5.4.1 – Graphe causal d'explication du phénotype « Activité faible »

Les masses de croyances des différentes explications du phénotype « Activité faible » reflétant leurs véracités sont calculées conformément à l'équation 5.3.4 présentée précédemment comme le montre la figure 5.4.2.

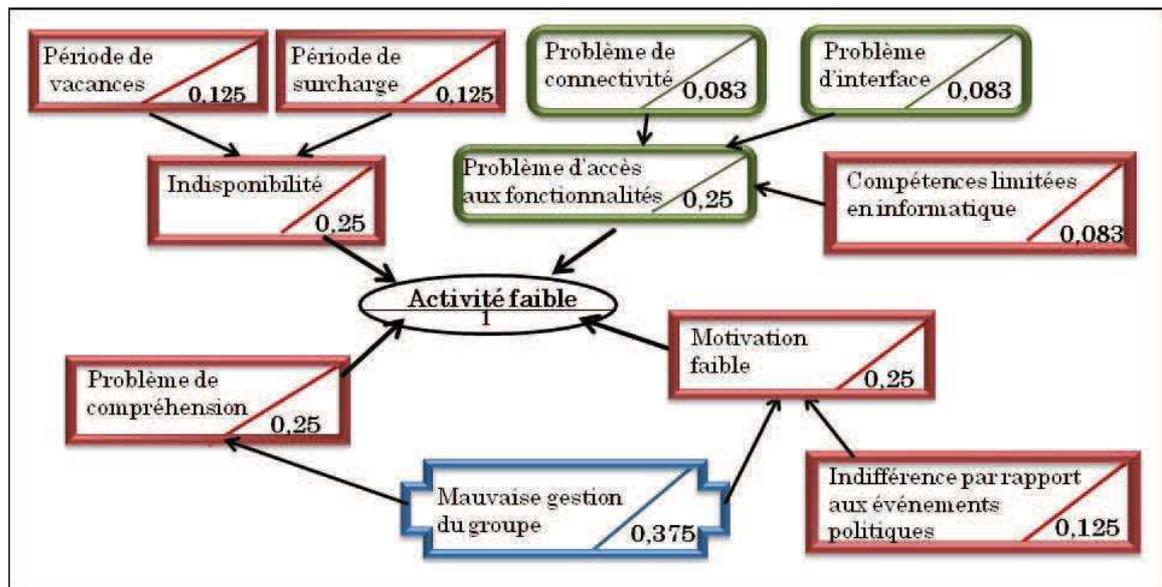


FIGURE 5.4.2 – Propagation des masses dans le graph causal d'explication du phénotype "Activité faible"

La figure 5.4.2 montre plusieurs explications du blocage de l'activité du groupe ayant des masses de croyance différentes. Dans ce qui suit, nous détaillons les deux explications les plus plausibles et ayant la même masse de croyance de valeur 0.375 :

- **(Mauvaise gestion du groupe -> Problèmes de compréhension -> Activité faible) :** cette inférence explique le problème détecté par le fait que le fondateur du groupe n'assure pas une gestion adéquate de celui-ci qui mène la majorité des membres à suivre la manière attendue de réagir et d'interagir au sein de cette communauté. Une gestion adéquate du groupe signifie, dans ce contexte, une présentation claire des intérêts et des objectifs de celui-ci, une intervention régulière qui incite les membres à discuter des événements politiques et à y réagir.
- **(Mauvaise gestion du groupe -> Motivation faible -> Activité faible) :** cette inférence explique la faible activité du groupe par le fait que son fondateur a présenté les intérêts et les objectifs visés ainsi que la dynamique prévue d'une manière inadéquate qui n'a pas motivé les participations des membres et a provoqué leur abandon du groupe.

Les autres explications montrées par la figure 5.4.2 sont aussi valables mais moins plausibles que celles que nous venons de présenter.

Comme l'objectif de cette étape est de valider le travail d'évaluation proposé, il est

donc impératif de vérifier la correspondance entre les explications obtenues par application de l'approche récemment décrite et les faits réels. Pour arriver à cette fin, nous avons décidé de programmer une réunion virtuelle sur Skype dans laquelle nous avons discuté avec les membres du groupe la raison de leur faible activité au sein du groupe en question afin de confirmer ou infirmer les résultats obtenus par l'application de l'approche d'évaluation par niveaux. Cette réunion nous a permis de confirmer la plausibilité des deux inférences décrites précédemment qui peuvent se résumer en le fait que le créateur du groupe n'a pas réussi à bien présenter les objectifs de la création de ce groupe, ni à motiver les membres à s'impliquer dans le contexte politique et encore moins à rejoindre le parti politique en question.

En effet, nous pouvons facilement remarquer que la présentation du groupe reportée au début de cette section est assez courte, ambiguë et ne fait aucune allusion au parti en question ni à ses objectifs. D'après les réponses aux questionnaires résumées dans l'annexe C, il est clair que la spécification du travail prévu n'est pas appréciée par les membres du groupe et que l'objectif principal du scénario (désigné par but global dans la question 1 du questionnaire) n'a pas été saisi de manière adéquate.

L'application de l'approche d'évaluation de l'eCollaboration proposée au scénario décrit au début de cette section, nous a permis de générer plusieurs causes qui peuvent être à l'origine de l'anomalie détectée et de sélectionner les plus plausibles d'entre elles. Suite à la réunion virtuelle effectuée, nous avons pu confirmer que les résultats obtenus correspondent bien à la réalité. Puisqu'elle est basée sur l'analyse d'erreurs et sur la théorie de l'évidence, la nature même de l'approche proposée fait qu'elle ne garantit pas de produire une explication unique et sûre pour toutes les anomalies détectées ; elle permet juste de guider l'évaluateur à extraire d'un tas d'explications, les plus plausibles d'entre elles.

5.5 Récapitulation

Dans les sections précédentes, nous avons décrit toutes les étapes qui constituent l'approche d'évaluation proposée ainsi qu'un exemple concret de son application. Avant de clôturer ce chapitre, nous estimons intéressant de résumer ce travail en mettant l'accent sur ses caractéristiques essentielles. Pour commencer, il serait utile de rappeler

que l'approche d'évaluation suggérée dans le cadre de cette thèse est indépendante de toute application, elle est donc générique. Afin de favoriser cette caractéristique, le critère de succès fixé est volontairement abstrait, et consiste en la conformité du résultat obtenu par la collaboration électronique par rapport au résultat prévu. Le résultat de l'eCollaboration est exprimé, dans notre cas, par l'accomplissement des sous-buts et du but global fixés. L'évaluation de ce critère étant basée sur la détection et l'explication des anomalies, elle est constituée de deux niveaux.

Le premier niveau est exécuté en deux temps : tout d'abord, le résultat obtenu est comparé par rapport au résultat prévu : ce qui consiste concrètement et tout simplement en la vérification de l'accomplissement des sous-buts et du but global fixés à l'avance. Comme le non accomplissement des buts peut être une conséquence directe d'un état particulier des deux autres éléments du modèle proposé dans la figure 3.3.1, et consistant en le support technologique et les eCollaborateurs ; ceux-ci sont analysés dans un deuxième temps. Donc l'évaluation de premier niveau peut se résumer en la comparaison des états "prévu" et "effectif" des éléments principaux de l'eCollaboration $\{E, St, S_b, B_g\}$ dans le but de détecter les anomalies.

Le deuxième niveau, s'intéresse à l'explication des anomalies précédemment détectées en partant du principe suivant : comme la collaboration électronique est basée sur la participation humaine, donc toute anomalie détectée peut être considérée comme une défaillance humaine due à un contexte inadéquat. Conformément à cette logique, le deuxième niveau d'évaluation utilise la méthode d'analyse de la fiabilité humaine CREAM et l'adapte à notre contexte. En effet, CREAM met en œuvre plusieurs étapes d'analyse du contexte d'apparition des erreurs (ou anomalies) pour dégager les différentes explications possibles de chacune des anomalies détectées. Dans le cadre de l'application de cette méthode, nous avons eu recours aux techniques et théories suivantes :

- Les questionnaires pour le recueil d'informations ;
- Les graphes causaux pour une représentation adéquate des liens "cause-effet" dégagés ;
- La théorie de l'évidence pour le calcul de la plausibilité des différentes explications dégagées.

Tout le principe précédemment décrit est schématisé par la figure 5.5.2 élaborée en

s'inspirant du travail référencé par (Senach, 1990), représenté par la figure 5.5.1 et extrait de (Bellamine, 1996).

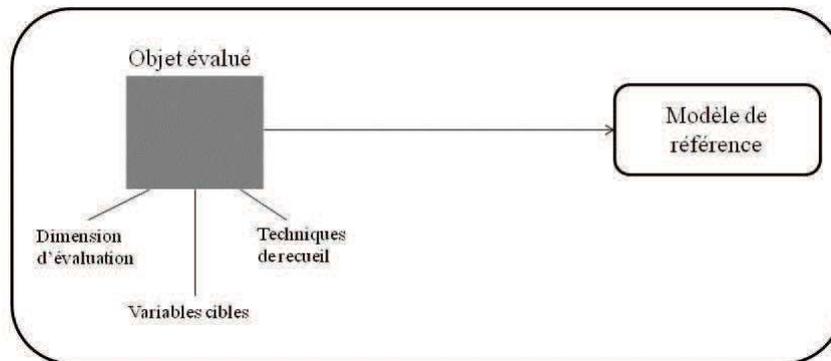


FIGURE 5.5.1 – Schéma de principe d'une évaluation (Senach, 1990)

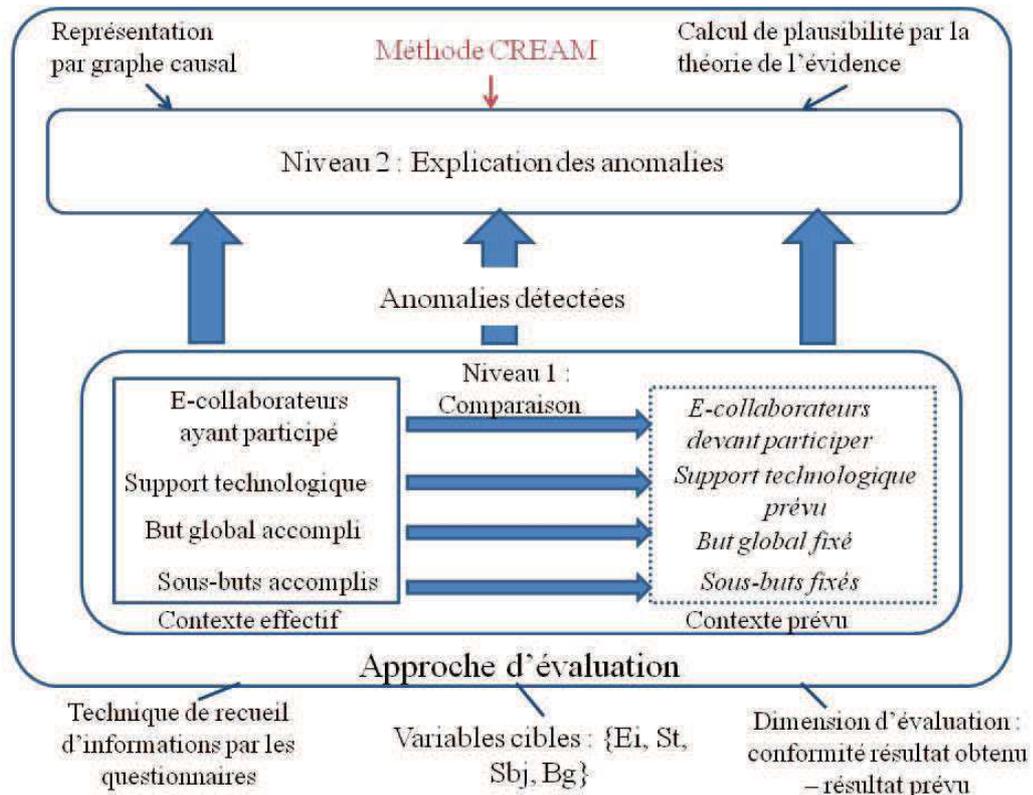


FIGURE 5.5.2 – Schéma de principe de l'approche d'évaluation proposée

5.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une nouvelle manière d'évaluer les scénarios d'eCollaboration qui deviennent de plus en plus fréquents actuellement. L'approche

proposée peut être classée dans les évaluations itératives focalisées sur l'amélioration. Elle est basée sur l'idée de s'approfondir progressivement dans le jugement du déroulement de la session d'eCollaboration en question. Cette approche diffère de celles que nous trouvons dans la littérature par la prise en compte des composantes technologiques et humaines qui ont une influence importante sur le déroulement de l'eCollaboration et par sa généralité puisqu'elle a été bâtie sur une indépendance par rapport au scénario d'eCollaboration évalué. L'évaluation constitue l'objectif final de toutes les étapes résumées dans ce manuscrit. Mais comme tout travail de recherche, l'atteinte de l'objectif fixé au départ ne représente pas la fin du chemin, mais plutôt la naissance de plusieurs idées d'améliorations, interrogations et problématiques souvent désignées par "perspectives" et conduisant au développement et à l'évolution du travail proposé.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

A la fin de ce manuscrit, nous nous proposons de faire le bilan des contributions produites dans le cadre de ce travail et de discuter ses différentes perspectives.

Bilan des contributions

L'étude bibliographique effectuée nous a permis de dégager une faille très importante au niveau de la majorité des travaux d'évaluation qui s'intègrent dans le cadre de l'eCollaboration et consistant en une focalisation remarquable sur l'évaluation de la composante technologique au dépend de la composante humaine malgré son grand impact sur le déroulement ainsi que les résultats de l'eCollaboration. Face à cette majorité, une minorité de travaux prend en compte quelques caractéristiques de l'intervention humaine dans l'évaluation proposée. Ces quelques travaux qui prennent en compte les deux composantes technologique et humaine se placent dans des contextes très particuliers de l'eCollaboration ; leur application est donc limitée à quelques scénarios seulement.

En effet, plusieurs travaux tels que celui de Campbell (Campbell, 1990) qui étudient la psychologie dans le travail collectif, ont confirmé que la performance de la tâche réalisée est affectée par la qualité de l'intervention humaine qui peut être exprimée par plusieurs caractéristiques telles que les motivations, les connaissances et les compétences. Lorsque nous passons de la collaboration à la collaboration électronique, nous ne voyons aucune raison logique pour que l'influence de l'intervention humaine sur le résultat soit négligée et que tous les efforts d'évaluation soient concentrés sur l'adéquation du support technologique (Antunes *et al.*, 2012). Face à ces constatations, l'objectif principal fixé au début de ce travail de thèse a été de proposer une approche générique d'évaluation des scénarios d'eCollaboration en prenant en compte aussi bien la composante technologique que la composante humaine.

La proposition d'une approche d'évaluation répondant aux critères annoncés ci-dessus a suscité l'étude et le choix d'une démarche adéquate. Suite à une phase de réflexion et de discussion au sein de notre équipe de recherche, la démarche entreprise comporte trois étapes consistant en une analyse basée sur les scénarios, une simulation et une évaluation.

Ces étapes nous ont permis de produire un certain nombre de contributions étroitement liées que nous décrivons dans ce qui suit :

Représentation et classification des scénarios d'eCollaboration. L'analyse basée sur les scénarios effectuée dans le cadre de ce travail nous a permis de produire : un modèle conceptuel de la collaboration électronique, un schéma des interactions et une classification des scénarios d'eCollaboration. Le modèle conceptuel montre les éléments principaux constituant tous les scénarios d'eCollaboration ainsi que les relations entre eux. Le schéma des interactions présente les différents types d'interactions mises en œuvre dans une eCollaboration et les relations entre eux. Et la classification divise les scénarios d'eCollaboration en différents groupes selon l'exploitation des ressources et l'organisation des participants.

Proposition d'un simulateur de scénarios d'eCollaboration. Il est vrai que la représentation décrite précédemment est valable quel que soit le scénario d'eCollaboration ; mais vues les abstractions effectuées, elle néglige plusieurs aspects spécifiques au contexte en question. Pour ceci, la suggestion d'une approche d'évaluation des scénarios d'eCollaboration ne peut pas être bâtie seulement sur ces abstractions ; bien au contraire, elle doit toujours se référer à des cas concrets afin de garantir la fiabilité des résultats produits. Compte tenu de la difficulté de chercher et de travailler sur des cas réels d'eCollaboration, nous avons exploité la contribution précédente pour développer un simulateur permettant de générer des instances différentes de scénarios d'eCollaboration. L'observation du déroulement de plusieurs instances de scénarios de classes et d'organisations différentes, exécutés sous diverses conditions et donnant des résultats variés, nous a permis de dégager l'aspect le plus important à évaluer dans de tels contextes et consistant en la conformité du résultat obtenu par rapport au résultat attendu.

Proposition d'une approche d'évaluation générique par détection et explication des anomalies. Dans l'étape d'évaluation, les résultats de la simulation ont été exploités et enrichis par la prise en compte d'un aspect d'une grande influence sur le déroulement du scénario d'eCollaboration et par conséquent sur ses résultats. Cet aspect consiste en la fiabilité de l'intervention humaine dans l'eCollaboration. Nous avons donc pensé à une évaluation par niveaux comme suit :

- Le premier niveau est assez intuitif et consiste en une comparaison entre le contexte prévu et le contexte effectif du scénario en question afin de détecter les anomalies qui ont eu lieu au cours de l'eCollaboration.
- Le deuxième niveau consiste en l'explication des anomalies déjà détectées dans le niveau précédent en appliquant et en adaptant la méthode d'analyse de la fiabilité humaine CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) (Hollnagel, 1998) qui a été estimée adéquate à nos objectifs et au contexte en question. Cette méthode permet de dégager, pour chaque anomalie, plusieurs inférences permettant de l'expliquer. Chaque inférence est constituée par un ensemble d'explications présentant un lien cause-effet entre elles. Pour une meilleure visibilité de ce lien de causalité, nous avons proposé de représenter les différentes explications de chaque problème, par un graphe causal. Etant donné que ce travail ne donne aucune information sur la plausibilité des explications dégagées, nous avons eu recours à la théorie de l'évidence proposée par *Dempster* et *Shafer* (Dempster, 1967) pour affecter un degré de croyance à chaque inférence.

A la clôture de ce manuscrit et compte tenu des objectifs fixés au préalable, il serait utile de rappeler que l'approche d'évaluation proposée est générique puisqu'elle peut être appliquée sur n'importe quel scénario d'eCollaboration indépendamment de son contexte et qu'elle impose juste que les éléments principaux constituant le scénario d'eCollaboration en question soient identifiés clairement. De plus et comme il a été prévu, cette approche prend en compte les composantes technologique et humaine de l'eCollaboration puisque son deuxième niveau consistant en l'explication des anomalies détectées est basé sur la méthode CREAM qui considère que toute anomalie est provoquée par une inadéquation des conditions de déroulement qui englobent des causes aussi bien technologiques que humaines.

Bien que les contributions décrites précédemment ont été produites pour un objectif bien déterminé ; leur exploitation et leur amélioration ne restent pas limitées au cadre de cette thèse bien au contraire elle peuvent s'avérer très utiles pour l'accomplissement d'autres travaux de recherche.

Discussion et perspectives

En effet, le test de l'approche d'évaluation suggérée sur quelques scénarios, n'est pas suffisant pour affirmer sa validité. Pour ceci, la réalisation d'autres tests de l'approche sur des scénarios issus de différents domaines et appartenant à des classes différentes est envisagée à très court terme et doit être accompagnée par une vérification de la correspondance des résultats obtenus avec la réalité.

Il serait aussi extrêmement intéressant de développer une plateforme qui implémente l'approche d'évaluation proposée et qui guide l'évaluateur dans la reconstruction du scénario en question en prenant en charge la distribution du questionnaire et la récolte des résultats. Une telle plateforme peut dispenser les eCollaborateurs de répondre à certaines questions, en extractant automatiquement des informations à partir des fichiers log comportant une trace des événements survenus au cours de l'eCollaboration.

Le simulateur proposé peut aussi être sujet à des améliorations en approfondissant la modélisation de l'aspect comportemental des eCollaborateurs. Dans ce cadre, nous estimons que l'exploitation de l'analogie qui existe entre les systèmes multi-agent et les groupes de travail collectif au niveau de plusieurs caractéristiques telles que l'autonomie et l'organisation serait très intéressante.

A moyen terme, nous proposons d'appliquer d'autres méthodes pour l'explication des anomalies détectées (deuxième niveau d'évaluation) et de comparer leur efficacité par rapport au travail présenté dans cette thèse.

La prise en compte de l'aspect psychologique et émotionnel dans les environnements informatiques est de plus en plus encouragée du fait de l'importance de son impact sur les résultats obtenus. Le travail réalisé dans cette thèse s'intègre dans ce cadre et peut être placé à l'intersection de deux disciplines à savoir l'informatique et les sciences humaines et sociales. Du fait de notre spécialité, nous avons tout le long de ce travail, traité les choses avec l'oeil d'un informaticien ayant recours à d'autres domaines

lorsque le besoin l'impose. Cette constatation est considérée comme un avantage et une preuve de la complémentarité des différentes disciplines et de l'ouverture de l'informatique qui a toujours été au service des autres domaines.

Bibliographie

- ALLISON, D. S., CAPRETZ, M. A. M. et TAZI, S. (2013). A privacy manager for collaborative working environments. *In IEEE 22nd International Workshop on Enabling Technologies : Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)*, pages 110–116, Tunisie.
- AMOR, D. (2002). *The E-Business REvolution*. Prentice Hall, New York.
- ANTUNES, P. et COSTA, C. J. (2003). Perceived value : A low-cost approach to evaluate meetingware. *In 9th International Workshop CRIWG*, volume 2806 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 109–125, France. Springer Berlin Heidelberg.
- ANTUNES, P., FERREIRA, A. et PINO, J. A. (2006). Analyzing shared workspaces design with human-performance models. *In 12th International Workshop of CRIWG'06*, volume 4154 de *Lecture Notes in Computer Science*, pages 62–77, Espagne. Springer Berlin Heidelberg.
- ANTUNES, P., HERSKOVIC, V., OCHOA, S. F. et PINO, J. A. (2012). Structuring dimensions for collaborative systems evaluation. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 44(8):1–28.
- ARDITO, C., COSTABILE, M. F., ANGELI, A. D. et LANZILOTTI, R. (2006). Systematic evaluation of e-learning systems : An experimental validation. *In Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction : changing roles (NordiCHI'06)*, pages 195 – 202, Norvège.
- BAKER, K., GREENBERG, S. et GUTWIN, C. (2002a). Empirical development of a heuristic evaluation methodology for shared workspace groupware. *In Proceedings of the ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW '02)*, pages 96–105, USA.

- BAKER, K., GREENBERG, S. et GUTWIN, C. (2002b). *Heuristic evaluation of groupware based on the mechanics of collaboration*. Thèse de doctorat, University of Calgary, Canada.
- BANNON, L. J. et SCHMIDT, K. (1989). Cscw : Four characters in search of a context. In *Proceedings of the European Conference on CSCW (EC-CSCW)*, pages 358–372, London.
- BELLAMINE, N. (1996). *Contributions méthodologiques à la conception de collecticiels*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse 1.
- BUSH, V. (1945). As we may think. *The Atlantic*, 176:101–108.
- CAMPBELL, J. P. (1990). *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*, chapitre Modeling the performance prediction problem in industrial and organizational psychology, pages 687–732. Consulting Psychologists Press Inc.
- CHEBIL, R., CHAARI, W. L. et CERRI, S. A. (2011). An e-collaboration new vision and its effects on performance evaluation. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 3:560–567.
- CHEBIL, R., CHAARI, W. L. et CERRI, S. A. (2012). A scenario based analysis of e-collaboration environments. In *Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS)*, pages 609–6011, Grèce.
- CHEBIL, R., CHAARI, W. L., CERRI, S. A. et GHEDIRA, K. (2013). A causal graph based method to evaluate e-collaboration scenarios. In *Proceedings of the 22th IEEE International Conference on Enabling Technologies : Infrastructures for Collaborative Enterprises (WETICE)*, pages 225–230, Tunisie.
- COURBON, J.-C. et TAJAN, S. (1999). *Groupware et intranet : vers le partage des connaissances*. Dunod.
- DEMPSTER, A. (1967). Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping. *The Annals of Mathematical Statistics*, 38:325–339.
- DESMORAT, G., GUARNIERI, F., BESNARD, D., DESIDERI, P. et LOTH, F. (2013). De l'utilisation du modèle cream et des conditions communes de la performance pour la conduite de retour d'expérience. Rapport technique, Centre de recherche

- sur les risques et les crises Mines Paris Tech, <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00797678/>.
- DUGÉNIE, P. (2007). *Espaces collaboratifs ubiquitaires sur une infrastructure à ressources distribuées*. Thèse de doctorat, Laboratoire d'Informatique de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (Université de Montpellier II), <http://www2.lirmm.fr/dugenie/these/TheseDugenie.pdf>.
- EISENSTADT, M., KOMZAC, J. et CERRI, S. A. (2005). Peer conversations for e-learning in the grid. *In Proceedings of the first International ELeGI Conference on Advanced Technology for Enhanced Learning*.
- EL-KECHAÏ, N. et DESPRÉS, C. (2007). Rechercher les causes des actions erronées du formé pour les proposer au formateur. *In Actes de la conférence Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain EIAH*, Lausanne.
- ELLIS, C. A., GIBBS, S. J. et REIN, G. (1991). Groupware : some issues and experiences. *Communications of the ACM*, 34:39–54.
- GOODWIN, N. C. (1987). functionality and usability. *Communications of*, 30:229–233.
- GRAY, B. (1989). *Collaborating : Finding Common Ground for Multiparty Problems*. Jossey-Bass Publishers.
- GUARNIERI, F., CAMBON, J. et BOISSIERES, I. (2008). De l'erreur humaine à la défaillance organisationnelle : essai de mise en perspective historique. *Revue de l'électricité et de l'électronique*, 8:67–76.
- HAYNES, S. R., PURAO, S. et SKATTEBO, A. L. (2004). Situating evaluation in scenarios of use. *In Proceedings of the ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW '04)*, pages 92–101, Chicago-USA.
- HENRI, F. et CAYROL, K. L. (2001). *Apprentissage Collaboratif à Distance : Pour Comprendre et Concevoir les Environnements D'Apprentissage Virtuels*. Presses de l'Université du Québec.
- HEY, T. et TREFETHEN, A. (2003). *Grid Computing : Making the Global Infrastructure a Reality*. John Wiley & Sons.

- HMIDA, F. B. (2008). Observation des systèmes multi-agents pour l'évaluation des performances. Mémoire de D.E.A., Ecole Nationale des Sciences de l'Informatique.
- HOLLNAGEL, E. (1993). *Human reliability analysis : Context and control*. Academic Press.
- HOLLNAGEL, E. (1998). *Cognitive Reliability and Error Analysis Method*. Elsevier Science.
- JOHANSEN, R. (1988). *GroupWare : Computer Support for Business Teams*. The Free Press New York.
- JONQUET, C. et CERRI, S. A. (2005). The strobe model : Dynamic service generation on the grid. *Applied Artificial Intelligence, Special issue on Learning Grid Services*, 19:967–1013.
- KADANOFF, L. P. (2004). Excellence in computer simulation. *Computing in Science and Engineering*, 6:57–67.
- KOCK, N. (2005). What is e-collaboration. *International Journal of E-collaboration*, 1:1–7.
- KOCK, N., DAVISON, R., OCKER, R. et WAZLAWICK, R. (2001). E-collaboration : A look at past research and future challenges. *Journal of Systems and Information Technology*, 5:1–9.
- KOCK, N. et NOSEK, J. (2005). Expanding the boundaries of e-collaboration. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 48:1–9.
- KVAN, T. (2000). Collaborative design : what is it? *Automation in construction*, 9:409–415.
- LEVAN, S. (1999). *Le projet Workflow concepts et outils au service des organisations*. Eyrolles.
- LONCHAMP, J. (2003). *Le travail coopératif et ses technologies*. Hermes Science Publications.
- NIELSEN, J. et MACK, R. L. (1994). *Usability Inspection Methods*. John Wiley and Sons, New York.
- OLSON, G. M., MALONE, T. W. et SMITH, J. B. (2001). *Coordination Theory and Collaboration Technology*. Psychology Press.

- OMG. *Business Process Modeling Notation, V1.1*.
<http://www.omg.org/spec/BPMN/1.1/PDF>.
- PINELLE, D., GUTWIN, C. et GREENBERG, S. (2003). Task analysis for groupware usability evaluation : Modeling shared-workspace tasks with the mechanics of collaboration. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 10:281–311.
- PIQUET, A. *Guide pratique du travail collaboratif : Théories, méthodes et outils au service de la collaboration*. Telecom Bretagne.
- POST, W. M. et A. H. M. CREMERS, O. B. H. (2004). A research environment for meeting behavior. *In Proceedings of the 3rd workshop on social intelligence design*, pages p159–165, Pays-Bas.
- POST, W. M., in't VELD, M. A. A. H. et van den BOOGAARD, S. A. A. (2008). Evaluating meeting support tools. *Personal and Ubiquitous Computing - Special Issue : User-centred design and evaluation of ubiquitous groupware*, 12:223–235.
- ROY, P. V. et HARIDI, S. (2004). *Concepts, Techniques, and Models of Computer Programming*. Massachusetts Institute of Technology.
- ROY, P. V. et HARIDI, S. (2007). *Programmation concepts, techniques et modèles*. Dunod.
- RUBART, J. et DAWABI, P. (2004). Shared data modeling with uml-g. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 19(3):231–243.
- SAADOUN, M. (1996). *Le projet groupware : Des techniques de management au choix du logiciel groupware*. Eyrolles.
- SALBER, D., COUTAZ, J., DECOUCHANT, D. et RIVEILL, M. (1995). De l'observabilité et de l'honnêteté : le cas du contrôle d'accès dans la communication homme-homme médiatisée. *In Proceedings of IHM*, pages 27–33.
- SENACH, B. (1990). Evaluation ergonomique des interfaces homme-machine : une revue de la littérature. Rapport technique, Unité de recherche INRIA-Sophia Antipolis.
- SHAFER, G. (1976). *A Mathematical Theory of Evidence*. Princeton University Press.

- SMITH, A. (1776). *Inquiry into the nature and causes of the Wealth of Nations*. Electronic Classics Series Publication, <http://www2.hn.psu.edu/faculty/jmanis/adam-smith/wealth-nations.pdf>.
- SWAIN, A. et GUTTMANN, H. (1983). *Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications*. Rapport technique, Sandia National Labs., Albuquerque, NM (USA).
- TATON, C. (2010). *Vers l'auto-optimisation dans les systèmes autonomes*. Thèse de doctorat, Institut Polytechnique de Grenoble, <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00540554>.
- THOMAS, P., LABAT, J. M., MURATET, M. et YESSAD, A. (2012). How to evaluate competencies in game-based learning systems automatically? *In Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Tutoring Systems (ITS)*, pages 168–173, Grèce.
- TSCHANZ, A., SCHEIDEGGER, N., RÜEGSEGG, P. et SIEBER, P. (2003). *ecollaboration : Guide internet pour pme*. Rapport technique, Secrétariat d'état à l'économie (seco), Task Force PME, <http://www.kmu.admin.ch/publikationen/00613/index.html?lang=fr>.
- WESTPHAL, I., THOBEN, K.-D. et SEIFERT, M. (2007). *Establishing The Foundation Of Collaborative Networks*, chapitre Measuring Collaboration Performance In Virtual Organizations, pages 33–42. Springer Boston.
- WONG, Y. K., SHI, Y. et WILSON, D. (2004). Experience, gender composition, social presence, decision process satisfaction and group performance. *In Proceedings of the winter international symposium on Information and communication technologies (WISICT '04)*, pages 1–10.
- XUHONG, H. (2005). A simplified cream prospective quantification process and its application. *Reliability Engineering & Safety System*, 93:298–306.
- YESSAD, A., THOMAS, P., CAPDEVILA, B. et LABAT, J.-M. (2010). Using the petri nets for the learner assessment in serious games. *In Proceedings of the 9th International Conference on Web-based Learning (ICWL 2010)*, pages 339–348, Shanghai - China.

Annexe A

Dans cet annexe, nous détaillons l'environnement technique de travail ; pour ceci, nous commençons par présenter les caractéristiques jugées les plus intéressantes du langage Oz et qui nous ont été d'une grande utilité pour la mise en œuvre de la simulation ; nous enchaînons ensuite, avec un petit aperçu sur le système Mozart utilisé.

Concepts de base du langage oz

Variables et valeurs

En oz, une variable est un raccourci pour une valeur et ne peut être affectée qu'une seule fois par le biais d'une l'instruction telle que : *declare Var1=100*.

Cette instruction crée une nouvelle variable en mémoire désignée par l'identificateur *Var1* et la lie à la valeur 100. Bien évidemment, cette variable est prête pour une utilisation ultérieure. La déclaration d'une autre variable avec le même nom qu'une variable précédente est possible mais rend cette dernière inaccessible. Les calculs déjà effectués avec l'ancienne variable restent inchangés. En effet, derrière la notion de "variable" se cachent deux concepts (Roy et Haridi, 2007) :

- **L'identificateur** : représenté par une séquence de caractères commençant toujours par une majuscule suivie d'un nombre quelconque de lettres ou de chiffres.
- **La variable en mémoire** : utilisée par le système pour faire des calculs.

Dans oz, le comportement par défaut sur les variables non liées est la synchronisation : c'est-à-dire que toute opération tentant d'utiliser une variable non liée provoque la suspension du thread concerné et synchronise son redémarrage sur la liaison de cette variable. Dès que la variable en question sera liée, le thread bloqué reprendra son exécution. Ce comportement est analogue à "NullPointerException" en Java ou encore à "Segment-Fault" en C ou C++ (Taton, 2010). L'ensemble de telles variables constitue "la mémoire à affectation unique" (Roy et Haridi, 2007).

Les valeurs que peuvent prendre ces variables peuvent être de type entier, un nombre à virgule flottante, une chaîne de caractères ou un atome (représenté par un identificateur commençant par une lettre minuscule ou bien délimité par des guillemets). Une va-

leur peut aussi être composée, elle est représentée par un enregistrement noté *label(f1 :V1 f2 :V2 ...fn :Vn)* dans lequel tout champ *fi* est associé à la valeur *Vi*. L'opérateur de sélection "." permet de consulter un champ particulier d'un enregistrement comme dans $Y = X.f1$. Les enregistrements peuvent aussi faire l'objet de filtrage au moyen de la structure *case X of p1 then S1 elseif p2 then S2 ... end*, qui teste l'égalité de l'enregistrement *X* successivement avec les patrons *pi*, et exécute la déclaration *Si* correspondant au patron pour lequel le test est positif.

Procédures et fonctions

Dans le langage oz, une procédure est déclarée comme suit : *proc {MyProc X1 X2 ...} S end*. Cette instruction définit la procédure *MyProc* avec les paramètres *X1, X2 ...*, et le corps *S*. Les paramètres *Xi* peuvent être utilisés en entrée ou en sortie grâce au principe des variables non liées vu précédemment : un paramètre de sortie est donc un paramètre auquel on associe une variable initialement non liée et qui le sera pendant l'exécution de la procédure. Une invocation de procédure prend la forme : *{MyProc V1 V2 ...}*. Une fonction se déclare de manière similaire aux procédures grâce à l'instruction suivante : *fun {MyFun X1 X2 ...} E end*, elle correspond à une procédure dotée d'un paramètre de sortie implicite (Taton, 2010).

Listes

Nous avons déjà vu les variables en oz, mais dans certains cas nous avons besoin de manipuler des ensembles d'éléments : nous avons alors recours aux listes. Une liste est une séquence d'éléments, avec une syntaxe délimitée à gauche et à droite par des crochets comme suit : [1 2 3 4]. Cette notation n'est qu'un raccourci, car en réalité une liste est une chaîne de liens où chaque lien contient deux informations : l'élément de la liste et une référence vers le reste de la chaîne. Les listes sont toujours créées élément par élément en commençant par la liste vide représentée par *nil* et en ajoutant les liens un par un (Roy et Haridi, 2007).

Fils ou threads

La concurrence consiste en l'exécution de plusieurs activités simultanées à des vitesses différentes. Selon les besoins, ces activités peuvent avoir des interférences entre elles. Ce principe est grandement facilité par les fils (ou threads en anglais) vu le faible coût de leur utilisation. Un fil est tout simplement un programme en exécution comme les fonctions vues dans le paragraphe précédent, la seule différence est qu'un programme peut avoir plusieurs fils qui s'exécutent en même temps. Oz offre une mise en œuvre très simple des threads (Roy et Haridi, 2007).

Un thread est créé par l'instruction *thread S end* qui indique que le fragment *S* doit être exécuté dans un nouveau thread. Par exemple, l'instruction $Y = \{F X\}$ qui calcule $f(x)$ et l'affecte à *Y*, peut être effectuée dans un thread en parallèle avec d'autres exécutions de la manière suivante : $Y = \text{thread}\{F X\} \text{end}$ (Taton, 2010).

Flux de données

Lorsqu'une opération utilise une variable qui n'est pas encore liée, elle est suspendue jusqu'à ce qu'un autre fil affecte une valeur à cette variable. Ce comportement civilisé est appelé *Flux de données* ou *Dataflow* en anglais ; il fonctionne très bien avec la programmation concurrente (Roy et Haridi, 2007).

Flots ou streams

Le principe des variables non liées, décrit précédemment, est à la base de plusieurs mécanismes et constructions notamment les constructions infinies dont font partie les flots. Un flot (ou stream en anglais) est une liste dont la queue est une variable non liée, pouvant être assimilé à une liste potentiellement illimitée de messages. L'ajout d'un élément au flot ou l'envoi d'un message consiste en la liaison de la queue de la liste à un couple *Head | Tail* dont la nouvelle queue (Tail) n'est pas définie. La réception d'un message revient à lire un élément du flot. Un fil qui communique avec des flots est considéré comme un "objet actif" appelé *objet à flots* (Roy et Haridi, 2007; Taton, 2010; Jonquet et Cerri, 2005).

Synchronisation

Oz offre plusieurs mécanismes de synchronisation (Taton, 2010) :

1. La synchronisation basée sur la liaison des variables

Par exemple :

X

thread

...

{**Wait X**} % suspend le thread jusqu'à la définition de X

...

end

thread

...

X=ok % envoie un signal de synchronisation avec la définition de X

...

end

2. Les verrous traditionnels (*Lock*)

Un verrou est créé par l'instruction : *L = {NewLock}*, et est ensuite exploité au moyen de la construction *lock L then S end* qui acquiert le verrou L pour exécuter la séquence d'instructions S.

3. La synchronisation par exécution paresseuse (*Lazy*)

La déclaration paresseuse suivante : *X = {ByNeed fun {\$} E end}* permet de ne déclencher l'évaluation de l'expression E que lorsque cela sera nécessaire à la poursuite de l'exécution. Il est aussi possible d'établir une synchronisation sur la nécessité d'évaluer une variable paresseuse avec la primitive : *{WaitNeeded X}*, qui bloque le thread courant jusqu'à ce que la variable X soit effectivement rendue nécessaire pour la poursuite des opérations.

Etat explicite

Dans le paragraphe concernant les variables, nous avons déjà signalé que celles-ci ne peuvent être affectées qu'une seule fois dans un programme. Face à cette condition, un programmeur oz se demanderait sûrement comment il pourrait définir une fonction disposant de variables dont la valeur change au cours de l'exécution ; c'est-à-dire une fonction ayant une sorte de mémoire interne qui lui sert pour réaliser son travail. Ce genre de mémoire s'appelle **état explicite** et modélise un aspect essentiel du fonctionnement du monde réel tout comme la concurrence. En effet, il existe plusieurs manières de définir un état explicite, la plus simple est de définir une cellule de mémoire analogue à une boîte dans laquelle il est possible d'insérer un contenu arbitraire. Dans plusieurs langages de programmation, celle-ci est appelée variable ; dans oz elle est désignée par "cellule" pour être distinguée des variables présentées auparavant. Trois opérateurs sur les cellules sont possibles (Roy et Haridi, 2007) :

- *NewCell* permettant la création d'une nouvelle cellule ;
- *:=* permettant de mettre une nouvelle valeur dans la cellule ;
- *@* donnant accès à la valeur actuelle de la cellule.

L'accès et l'affectation sont aussi appelés lecture et écriture.

Classes et objets

Comme annoncé au début de cette section, oz intègre la programmation orientée objet, il permet de manipuler les classes et les objets grâce à la syntaxe suivante (Taton, 2010) :

- Une classe est définie ainsi :

```
class MyClass
% données immutables
feat feat1 feat2..
% attributs
attr attr1 attr2...
% méthode
meth myMethod(Param1 Param2...)
```

....

end

...

end

- L'instanciation d'un objet de la classe précédente se fait ainsi :

Object = {New *MyClass* initMethod(Param1...)}

- L'appel d'une méthode de la classe précédente se fait ainsi :

{**Object** myMethod(Param1 Param2...)}

Modèles de programmation

Dans cette partie, nous avons présenté quelques concepts de base de la programmation à l'aide du langage oz, dont un simple parcours rappelle bien sa caractéristique multi-paradigme. En effet, nous avons commencé par les concepts les plus simples mis en œuvre par la programmation déclarative (comme les variables, les fonctions et les procédures...) pour passer ensuite à des techniques de programmation concurrente (comme les fils et les flots) et enfin nous avons terminé par les outils de programmation par objets. Ces différents concepts sont combinés dans le but de combler plusieurs besoins donnant naissance à divers modèles de programmation.

En effet, dans le **modèle déclaratif**, les programmes sont compositionnels, c'est-à-dire faits de composants écrits, testés et dont la correction peut être prouvée indépendamment des autres composants et de leurs propres histoires (les appels précédents). De plus, le raisonnement est facile puisqu'il est basé sur des valeurs et des techniques simples de raisonnement algébrique et logique. Mais cette vue purement fonctionnelle est insuffisante pour représenter le monde réel dans lequel les entités disposent de mémoire et évoluent de façon indépendante, d'où l'intérêt de la notion de concurrence.

Le **modèle concurrent dataflow** permet la mise en œuvre de la concurrence tout en gardant les avantages du déclaratif grâce à la propriété d'affectation unique relative aux variables dataflow. Le résultat d'un tel programme restera le même qu'il soit concurrent ou pas ; mais si les entrées sont données de façon incrémentale, les sorties seront aussi

calculées incrémentalement. La simplicité de cette forme de concurrence est due au fait qu'elle utilise des variables dataflow qui font qu'elle n'induit pas de non-déterminisme observable. Mais que se passe-t-il si l'on met en œuvre, dans le même programme, la concurrence et l'état explicite ? La réponse est tout simplement que la programmation devient dans ce cas très délicate et elle est susceptible de donner des résultats différents pour les mêmes paramètres d'exécution. C'est ce que l'on appelle "non déterminisme" dû au fait que l'ordre d'exécution des fils change d'une exécution à une autre. Il faut donc utiliser cette technique avec beaucoup de précaution et tenir compte de sa différence avec la programmation concurrente dataflow où plusieurs de ces propriétés sont exclues. Bien évidemment, ces remarques ne dénie pas l'intérêt de la programmation avec état. En effet, un état est défini dans (Roy et Haridi, 2007) comme étant : "une séquence de valeurs dans le temps qui contient les résultats intermédiaires d'un calcul souhaité". Cette notion peut être prise en charge par la programmation déclarative de façon implicite. Mais si nous désirions implémenter une fonction avec un état qui survit au delà de ses appels et qui est en même temps caché à ses appelants, nous aurons nécessairement recours à la notion d'état explicite. Pour pouvoir mettre en œuvre la notion d'état explicite, le modèle déclaratif a été étendu avec les "cellules" qui représentent une sorte de conteneur ayant un nom et une durée de vie illimitée et dont le contenu peut être changé. Le modèle déclaratif étendu avec des cellules s'appelle le **modèle avec état**. L'utilisation de ce modèle est très importante, elle introduit de nouvelles notions extrêmement intéressantes comme l'abstraction de données et l'encapsulation qui sont au coeur de la programmation orientée objets (POO). Le **modèle de calcul de la POO** met de l'ordre dans le modèle avec état en considérant les programmes comme étant des collections d'abstractions de données qui interagissent.

Cette section ne constitue qu'une toute petite introduction à oz, il reste beaucoup à dire sur ce langage surtout si l'on désire se mettre à l'apprentissage. Pour plus d'approfondissement, le lecteur peut consulter les références suivantes dans lesquelles beaucoup plus de détails sont disponibles (Roy et Haridi, 2004, 2007).

Plateforme Mozart

Le système Mozart est un environnement de développement interactif (IDE en anglais pour Interactive Development Environment) adapté au développement d'applications intelligentes et distribuées. Ce système est le fruit d'une dizaine d'années de collaboration entre des chercheurs de plusieurs domaines comme : la conception et le développement de langages de programmation, la programmation par contraintes, l'informatique distribuée et les Interfaces Homme-Machine. Cette plateforme est basée sur le langage oz, elle intègre un environnement distribué permettant d'exécuter et de faire interagir des programmes sur différentes machines de façon quasiment transparente (Taton, 2010).

Le système Mozart a une interface interactive désignée par OPI (Oz Programming Interface) et basée sur l'éditeur de texte Emacs. Cette interface a plusieurs mémoires tampon (buffers) : le blocnotes (scratch pad), l'émulateur Oz (qui affiche les messages d'exécution), le compilateur Oz (qui affiche les messages de compilation) et un tampon pour chaque fichier ouvert. Comme le montre la figure 5.6.1, l'OPI donne accès à plusieurs outils (Roy et Haridi, 2007) :

- Le **compilateur incrémental** permettant de compiler tout fragment de programme légal ;
- Le **Browser** permettant de visualiser la mémoire à affectation unique ;
- Le **Panel** permettant de voir l'utilisation des ressources en temps et en espace ;
- Le **Compiler Panel** permettant de paramétrer l'environnement du compilateur ;
- L'**Explorer** permettant la résolution interactive graphique des problèmes à contraintes ;
- Le **Distribution Panel** permettant la programmation répartie.

Comme le montre la figure 5.6.1, les commandes importantes et fréquemment utilisées sont accessibles à travers le menu de l'OPI et la plupart d'entre elles a un équivalent clavier aussi.

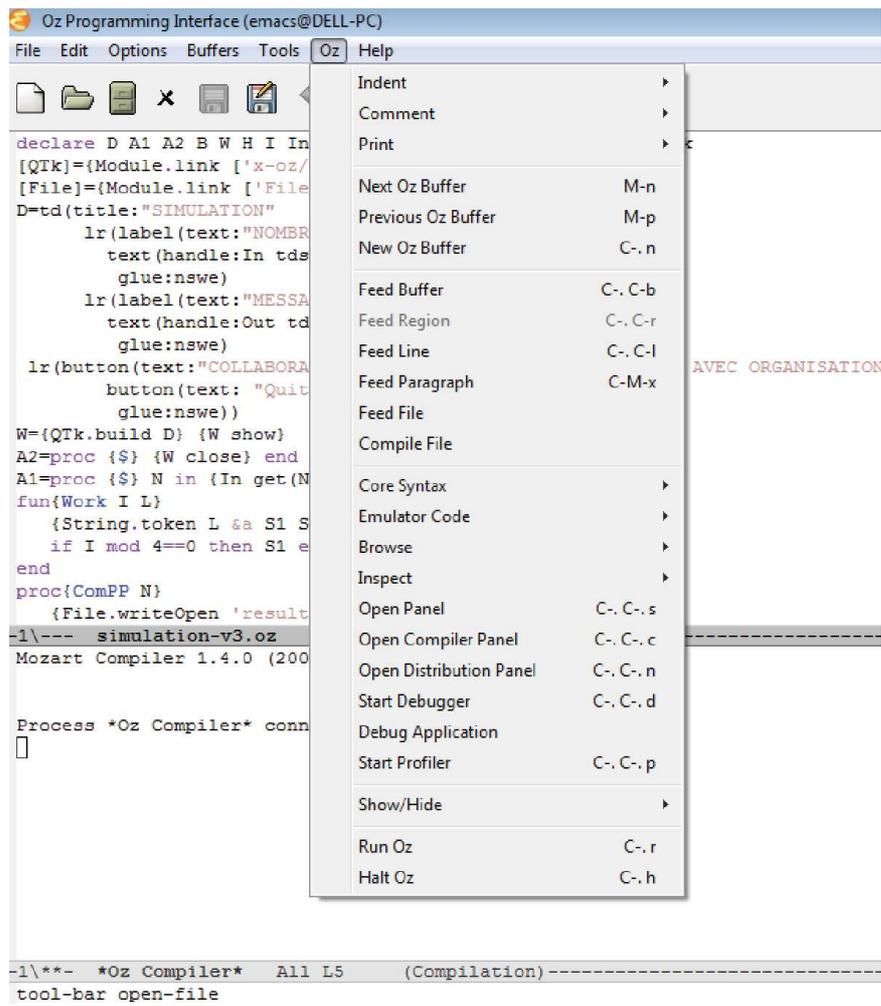


FIGURE 5.6.1 - Oz Programming Interface

Annexe B

Questionnaire d'évaluation de la collaboration

Edit this form

Merci de prendre le temps de répondre à ce questionnaire qui permet de reconstituer le déroulement de votre collaboration à distance afin de l'évaluer et d'améliorer vos collaborations futures.

1- Quel est le but global de ce travail?

A-il été atteint?

- Oui
 Partiellement
 Non

2- Avec quelle plateforme avez-vous prévu de travailler à distance?

Etait-elle satisfaisante?

- Oui
 Non

Si non décrire brièvement les problèmes rencontrés

Avez-vous travaillé avec la plateforme prévue?

- Oui
 Non

Si vous avez changé de plateforme au cours du travail, donner son nom et dire pourquoi.

3- Donner la liste des personnes devant participer à ce travail ainsi que le grade de chacun d'entre eux. Dans le cas d'absence de certains participants; le signaler dans votre réponse.

Par exp : Mr Mohamed Ben Salah : directeur général : Absent

4- Donner la liste des sous-buts fixés au début de ce travail ainsi que le ou les responsable(s)

de l'accomplissement de chacun d'eux? Indiquer les sous-buts n'ayant pas été atteints.

Par exp : Ecrire l'introduction : Mme Chebil



5- Décrivez l'organisation de ce travail :

- Très efficace
- Efficace
- Non efficace
- Déficiente

6- Comment trouvez-vous les conditions de travail?

- Avantageuses
- Adéquates
- Non adéquates

7- Le travail demandé est-il bien spécifié en termes de tâches et d'étapes ?

- Spécification appropriée
- Spécification acceptable
- Spécification inappropriée

8- Le temps accordé au travail en question est-il :

- Adéquat
- Temporairement inapproprié
- Continuellement inapproprié

9- A quel moment de la journée se fait le travail?

- Dans la journée
- Le soir
- A n'importe quel moment de la journée

10- Le travail qui vous est accordé est-il adapté à votre formation et à votre expérience?

- Formation et expérience adaptées
- Formation adaptée et expérience limitée
- Formation et expérience non adaptées

11- Comment qualifiez-vous la collaboration au sein de ce travail?

- Très efficace
- Efficace
- Non efficace
- Déficiente

Remarques supplémentaires concernant la collaboration

Submit

Never submit passwords through Google Forms.



100%: You made it.

Powered by

This content is neither created nor endorsed by Google.

[Report Abuse](#) - [Terms of Service](#) - [Additional Terms](#)

Annexe C

15 responses

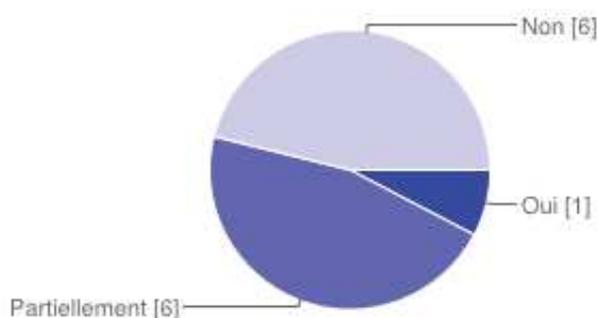
[View all responses](#)

Summary

1- Quel est le but global de ce travail?

diffuser des informations politiques suivre la scène politique en tunisie suivre les événements politiques en Tunisie suivre les événements politiques en Tunisie et y réagir
 Suivre les actualités politiques

A-il été atteint?

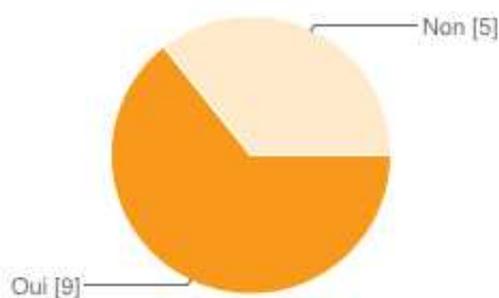


Oui	1	8%
Partiellement	6	46%
Non	6	46%

2- Avec quelle plateforme avez-vous prévu de travailler à distance?

facebook facebook

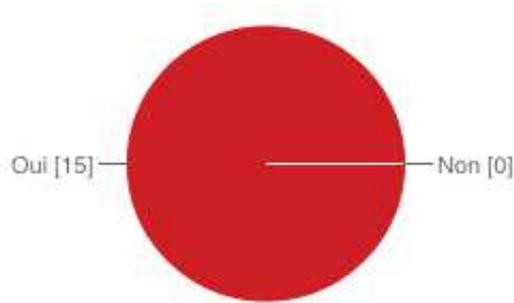
Etait-elle satisfaisante?



Oui	9	64%
Non	5	36%

Si non décrire brièvement les problèmes rencontrés

Avez-vous travaillé avec la plateforme prévue?



Oui 15 100%

Non 0 0%

Si vous avez changé de plateforme au cours du travail, donner son nom et dire pourquoi.

3- Donner la liste des personnes devant participer à ce travail ainsi que le grade de chacun d'entre eux. Dans le cas d'absence de certains participants; le signaler dans votre réponse.

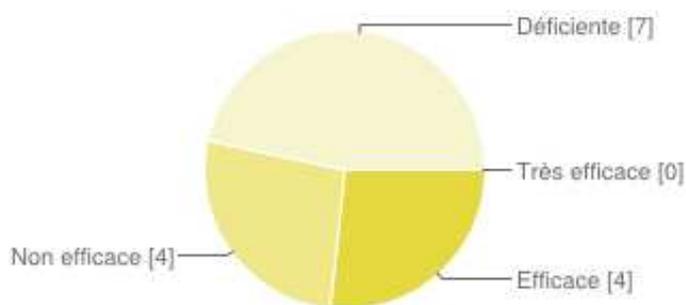
Monia Chebil : fonctionnaire Raoudha Chebil : assistante Mahdi Bahi : lycéen : absent
Mustapha Ben Mohamed : professeur : absent Sinda Boussen : assistante Salma Hajjem :
professeur Mariem Ouelbani : femme au foyer Mustapha Ben Mohamed : professeur :
absent Monia Chebil : assistante : a participé Mahdi Bahi : lycéen : absent Mariem Ouelbani
: femme au foyer : a participé Sinda Boussen : assistante Miaad Ouelbani : médecin :
absente Salma Hajjem : assistante : a participé Raoudha Chebil : assistante Sélima Ben
abdallah : fonctionnaire Fatma Souissi : pharmacienne : absente Mustapha Ben Mohamed
: professeur : Monia Chebil : assistante Mahdi Bahi : lycéen : Mariem Ouelbani : femme au
foyer Mustapha Ben Mohamed : professeur : absent Monia Chebil : assistante : a
participé Mahdi Bahi : lycéen : absent Mariem Ouelbani : femme au foyer : a participé Sinda
Boussen : assistante Miaad Ouelbani : médecin : absente Salma Hajjem : assistante : a
participé Raoudha Chebil : assistante : a participé Mustapha Ben Mohamed : professeur :
absent Monia Chebil : assistante : a participé Mahdi Bahi : lycéen : absent Mariem Ouelbani
: femme au foyer : a participé Sinda Boussen : assistante Miaad Ouelbani : médecin :
absente Salma Hajjem : assistante : a participé Fatma Souissi Selima Ben Abdallah :
pharmacienne Mustapha Ben Mohamed : professeur : absent Monia Chebil : assistante
Raoudha Chebil : assistante Mahdi Bahi : lycéen : absente Salma Hajjem : assistante
Mariem Ouelbani : femme au foyer Miaad Ouelbani : médecin : absente Monia Chebil :
fonctionnaire : a participé Raoudha Chebil : assistante : a participé Mahdi Bahi : lycéen :
absent Mustapha Ben Mohamed : professeur : absent Miaad Ouelbani : médecin : absente
Salma Hajjem : assistante : a participé Raoudha Chebil : assistante Salma Hajjem :
assistante Monia Chebil : fonctionnaire Mustapha Chebil : professeur Mahdi Bahi : lycéen
Monia Chebil : fonctionnaire Raoudha Chebil : assistante Mahdi Bahi : lycéen Mustapha
Ben Mohamed : professeur Mustapha Ben Mohamed : professeur : absent Monia Chebil :
assistante : a participé Mahdi Bahi : lycéen : absent Mariem Ouelbani : femme au foyer : a
participé Sinda Boussen : assistante Miaad Ouelbani : médecin : absente Salma Hajjem :
assistante : a participé Monia Chebil : fonctionnaire Raoudha Chebil : assistante Mahdi
Bahi : lycéen Mustapha Ben Mohamed : professeur Sinda Boussen : assistante Miaad

Ouelbani : médecin : absente Monia Chebil : fonctionnaire : a participé Raoudha Chebil :
 assistante : a participé Mahdi Bahi : lycéen : absent Mustapha Ben Mohamed : professeur :
 absent Mariem Ouelbani : femme au foyer : a participé Sinda Boussen : assistante Salma
 Hajjem : assistante : absente Mustapha Ben Mohamed : professeur : absent Monia Chebil
 : assistante Mahdi Bahi : lycéen : absent Mariem Ouelbani : femme au foyer Sinda Boussen
 : assistante Raoudha Chebil : assistante Miaad Ouelbani : médecin : absente Salma Hajjem
 : assistante

4- Donner la liste des sous-butts fixés au début de ce travail ainsi que le ou les responsable(s) de l'accomplissement de chacun d'eux? Indiquer les sous-butts n'ayant pas été atteints.

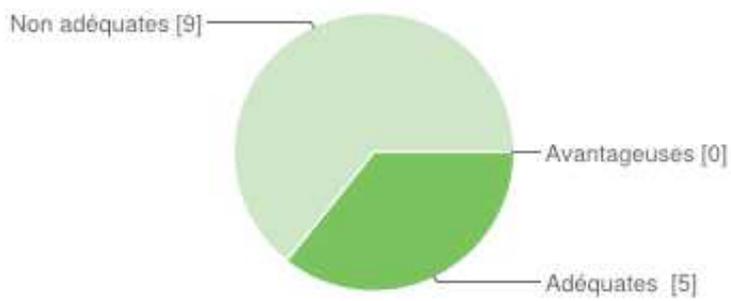
partager les actualités politiques : non effectué inviter des personnes au groupe : effectué
 lancer des discussions : non effectué partager les actualités politiques inviter des
 personnes au groupe lancer des discussions suivre les événements politiques inviter
 d'autres personnes partager les actualités politiques : faiblement effectué inviter des
 personnes au groupe : effectué lancer des discussions : non effectué partager les
 actualités politiques : faiblement effectué inviter des personnes au groupe : effectué lancer
 des discussions : non effectué partager les actualités politiques élargir le groupe :
 partager des informations : effectué inviter d'autres personnes au groupe : effectué
 programmer des événements : non effectué engager des discussions politiques : non
 effectué partager les actualités politiques : effectué inviter des personnes au groupe :
 effectué lancer des discussions : non effectué partager des informations : effectué inviter
 d'autres personnes au groupe : effectué programmer des événements : non effectué
 diffuser des informations politiques : partiellement effectué programmer des manifestations :
 non effectué inviter d'autres membres au groupe : effectué partager des informations :
 effectué inviter d'autres personnes au groupe : effectué programmer des événements : non
 effectué partager les actualités politiques : non effectué élargir le groupe : effectué lancer
 des discussions : non effectué programmer des événements politiques : non effectué
 partager les actualités politiques

5- Décrivez l'organisation de ce travail :



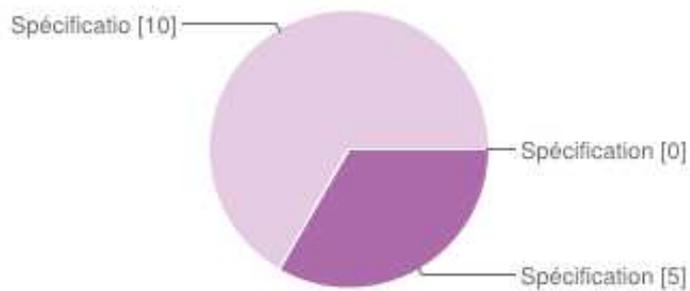
Très efficace	0	0%
Efficace	4	27%
Non efficace	4	27%
Déficiente	7	47%

6- Comment trouvez-vous les conditions de travail?



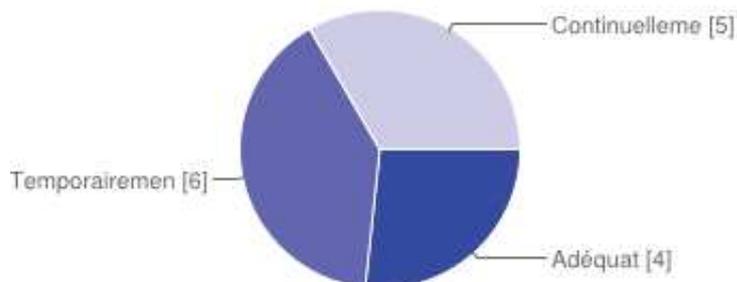
Avantageuses	0	0%
Adéquates	5	36%
Non adéquates	9	64%

7- Le travail demandé est-il bien spécifié en termes de tâches et d'étapes ?



Spécification appropriée	0	0%
Spécification acceptable	5	33%
Spécification inappropriée	10	67%

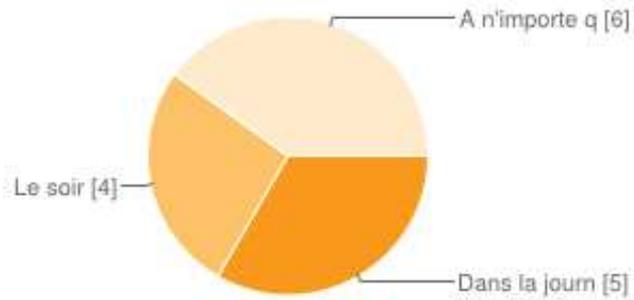
8- Le temps accordé au travail en question est-il :



Adéquat	4	27%
Temporairement inapproprié	6	40%

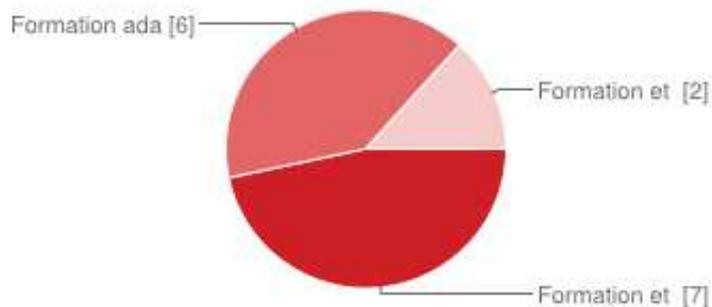
Continuellement inapproprié 5 33%

9- A quel moment de la journée se fait le travail?



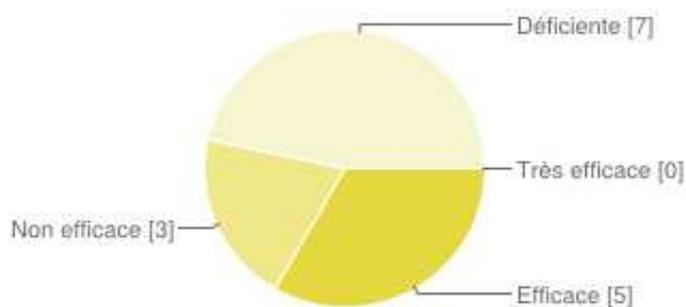
Dans la journée	5	33%
Le soir	4	27%
A n'importe quel moment de la journée	6	40%

10- Le travail qui vous est accordé est-il adapté à votre formation et à votre expérience?



Formation et expérience adaptées	7	47%
Formation adaptée et expérience limitée	6	40%
Formation et expérience non adaptées	2	13%

11- Comment qualifiez-vous la collaboration au sein de ce travail?



Très efficace 0 0%

Efficace	5	33%
Non efficace	3	20%
Déficiente	7	47%

Remarques supplémentaires concernant la collaboration

Résumé

A l'ère actuelle de la décentralisation des ressources et des compétences, le recours aux technologies est devenu de plus en plus fréquent donnant naissance à la collaboration électronique désignée aussi par eCollaboration. Malgré tous les avantages qu'elle apporte, l'implication des technologies dans le processus de la collaboration est loin de résoudre tous ses problèmes. Les travaux de recherche tournant autour de l'évaluation de l'eCollaboration se focalisent sur la détection, l'explication et la résolution de ces problèmes.

Dans la littérature, nous avons noté que les travaux d'évaluation accordent un intérêt particulier et non justifié à la composante technologique de l'eCollaboration au dépend de sa composante humaine. Cette constatation a motivé notre travail de thèse qui a pour objectif de proposer une approche générique d'évaluation des scénarios d'eCollaboration qui prend en compte leurs composantes technologiques et humaines.

Face à la délicatesse du contexte de l'eCollaboration et afin d'atteindre l'objectif fixé, notre contribution a suivi une démarche constituée de trois étapes. La première étape a consisté en une analyse basée sur les scénarios qui, suite à l'élaboration de plusieurs abstractions, nous a permis de proposer un modèle conceptuel de l'eCollaboration, un schéma des interactions mises en œuvre et une classification des scénarios d'eCollaboration. La deuxième étape s'est intéressée au développement d'un simulateur de scénarios d'eCollaboration en se basant sur les résultats produits par l'étape précédente. Ce travail nous a permis d'identifier un critère générique de succès de l'eCollaboration à travers la génération de différentes instances de scénarios d'eCollaboration se déroulant dans des conditions variées et l'observation de différents types d'anomalies qui y apparaissent. La troisième étape a porté sur la proposition d'une approche générique d'évaluation basée sur le critère de succès dégagé précédemment et composée de deux niveaux : le premier consiste en une détection des anomalies et le deuxième se focalise sur l'explication de celles-ci en se basant sur une méthode d'analyse de la fiabilité humaine qui considère que toute anomalie détectée est provoquée par une inadéquation des conditions de déroulement qui englobent des causes aussi bien technologiques que humaines.

Mots-clés : Collaboration électronique, Analyse basée sur les scénarios, Simulation, Evaluation, Analyse de la fiabilité humaine.

Abstract

In the actual area of resource and skills decentralization, the use of technologies has become increasingly common under the name of electronic collaboration or eCollaboration. In spite of its interest, the involvement of technologies in the collaboration process has not solved all its problems. The research works on eCollaboration evaluation are focused on the detection, explanation and resolution of these problems.

In the literature, we noted that evaluation works accord a special and unjustified attention to technological component of eCollaboration scenarios at the expense of their human component. This finding has motivated our thesis, aiming to propose a generic evaluation approach of eCollaboration scenarios that considers technological and human eCollaboration components.

Given the delicacy of eCollaboration environments and to attain the objective of this work, our contribution follows a three step based process. The first step consists in a scenario based analysis that allowed, after carrying out several abstractions, to suggest a conceptual eCollaboration model, a scheme of the implemented interactions and a classification of eCollaboration scenarios. The second step is focused on the development of an eCollaboration simulator based on results of the previous step. This work allowed us to identify a generic criterion for eCollaboration success by generating different instances of eCollaboration scenarios progressing in varied conditions and observing different types of anomalies occurring on them. The third step was interested in the proposition of a generic evaluation approach based on the success criterion previously detected and composed by two levels : the first is interested in anomaly detection and the second is focused on the explanation of it, using a human reliability analysis method which considers that any detected anomaly is due to inappropriate progress conditions including both technological and human causes.

Keywords : Electronic collaboration, Scenario based analysis, Simulation, Evaluation, Human reliability analysis.