



HAL
open science

Approche écologique dans la conception d'outils cognitifs dans le domaine administratif: application à l'artisanat du bâtiment

Romain Liron

► **To cite this version:**

Romain Liron. Approche écologique dans la conception d'outils cognitifs dans le domaine administratif: application à l'artisanat du bâtiment. Psychologie. Université de Bretagne Sud, 2016. Français. NNT : 2016LORIL391 . tel-01344609

HAL Id: tel-01344609

<https://theses.hal.science/tel-01344609>

Submitted on 12 Jul 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.



THESE / UNIVERSITE DE BRETAGNE-SUD

*sous le sceau de l'Université européenne de Bretagne
pour obtenir le titre de*

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE BRETAGNE-SUD

Mention :

**Psychologie cognitive
École Doctorale EDSHS**

présentée par

Romain LIRON

Préparée à l'UBS, Vannes - Laboratoire d'Etude sur la Santé, le Travail, l'Information et la Cognition - composante du Centre de Recherches en Psychologie, Cognition et Communication, EA1285

**APPROCHE ECOLOGIQUE
DANS LA CONCEPTION
D'OUTILS COGNITIFS DANS LE
DOMAINE ADMINISTRATIF :
APPLICATION A L'ARTISANAT
DU BATIMENT.**

Thèse soutenue le 4 mars 2016

devant le jury composé de :

Véronique LESPINET-NAJIB

Maître de conférences HDR, ENSC IPB / Rapporteur

Françoise DETIENNE

Directrice de Recherches, CNRS Telecom Paris Tech / Rapporteur

Sébastien MEINERI

Maître de conférences, Université Bretagne Sud / Examineur

Mariano PASUT

Secrétaire général, CAPEB du Morbihan / Invité

Thierry MORINEAU

Professeur, Université Bretagne Sud / Directeur de thèse

Résumé

Ce travail adopte le cadre de l'ingénierie cognitive en vue de la conception et de l'évaluation d'outils cognitifs dans le domaine de l'administration d'entreprises artisanales. Ce cadre relève d'une approche dite écologique des systèmes de travail. L'objectif général de ce travail est double. D'une part, il s'agit de montrer la pertinence de cette approche écologique eu égard au domaine étudié et d'autre part, de proposer une interface utilisateur pour un système d'aide à la gestion administrative sur support numérique mobile.

Plus précisément, nous proposons une modélisation du domaine de travail en considérant certaines de ses caractéristiques les plus complexes à modéliser : la récursivité et la dimension éthique. Ensuite, nous testons une méthode récente pour valider et vérifier cette modélisation (Task Machine Turing Analysis, TMTA). Nous proposons également une nouvelle méthode de validation et vérification d'un domaine de travail, dite méthode des « points de vue ». À partir d'un modèle du domaine de travail de la gestion administrative dans les entreprises artisanales, nous expérimentons plusieurs maquettes d'interfaces pour un système d'aide. Cette expérimentation nous permet de mesurer le degré d'application des principes dirigeant la conception d'interface écologique. Enfin, nous proposons et testons une maquette finale de systèmes à destination des artisans.

Mots clés : Rationalité écologique, Ingénierie cognitive, Analyse du domaine de travail, TMTA, Conception d'Interfaces écologiques

Abstract

This work adopts the cognitive engineering framework for the design and evaluation of cognitive tools interfaces in the administrative handicraft field. This framework relies on an ecological approach of work systems. The objectives of this work were twofold. First, it consisted in showing the heuristic value of the ecological approach. Second, we aimed at proposing a user interface for a mobile digital cognitive tool assisting administrative tasks. More precisely, we proposed to consolidate the work domain analysis framework by considering some of the more complex characteristics to model, that is to say recursion and the ethical dimension. Afterwards, we tested a recent method named "Turing Machine Task Analysis" to validate and verify the work domain model. We also proposed a new verification and validation method for work domain model, named "viewpoints method". Based on a modeling of the administrative handicraft domain, we tested several user interface mockups for a cognitive tool. This experiment permitted us to measure the degree of application of the Ecological Interface Design principles. Finally, we proposed and tested a final mockup for craftsmen.

Keywords: Ecological Rationality, Cognitive Engineering, Work Domain Analysis, TMTA, Ecological Interface Design

"To what degree is the Rock of Gibraltar a model of the brain?" 6/16-2 (Ashby, 1955)

*A tous ceux dont les contributions ont concouru à
l'émergence des sciences cognitives...*

A mes parents...

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord la Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment du Morbihan ainsi que l'Association Nationale de la Recherche et de la Technologie pour le financement de ce projet.

Je remercie sincèrement le Pr Thierry MORINEAU, enseignant à l'Université de Bretagne-Sud, pour avoir assuré la direction de cette thèse. Sans sa réflexion, son accompagnement et ses conseils, cette thèse n'aurait sûrement pas abouti.

Je remercie aussi le Pr Nicolas GUEGUEN, enseignant à l'Université de Bretagne-Sud, pour son accueil au sein du laboratoire du CRPCC.

J'adresse mes remerciements à Mr Mariano PASUT, secrétaire général à la CAPEB 56, qui en plus de son accueil dans sa structure et de son engagement, a été un support, un référent, un guide dans cette thèse.

Je remercie les présidents et le conseil d'administration de la CAPEB pour m'avoir fait confiance dans cette aventure, et pour avoir soutenu le projet jusqu'à sa finalisation.

Je remercie également tout le personnel de la CAPEB pour leur disponibilité et leurs contributions souvent importantes à cette thèse. Je remercie particulièrement Mr Philippe LE RAY qui a participé activement à la recherche et aux expérimentations dans cette thèse.

Je voudrais remercier la Pr Véronique LESPINET-NAJIB qui m'a suivi et conseillé depuis le second cycle et qui a accepté de participer à ce jury et expertiser ce travail. Mes remerciements vont également au Pr Françoise DETIENNE pour avoir bien voulu expertiser ce travail dans le cadre de ce jury. Je remercie le Dr Sébastien MEINERIE pour ses conseils et sa participation à ce jury. Je remercie également Mme Marielle VAN DE VELDE de la KPMG et Mr Yann DANION pour leur participation aux expérimentations.

Pour finir, je remercie infiniment mes parents qui ont été là tout le temps, qui ont cru en moi, qui m'ont soutenu dans les bons et mauvais moments.

Enfin, merci à tous les amis, les doctorants et les autres, et ceux avec qui j'ai pu « boire le coup ».

Le travail de cette thèse a été réalisé au sein du Laboratoire d'Ergonomie des Systèmes, du Traitement de l'Information et du Comportement (LESTIC), composante du Centre de Recherches en Psychologie, Cognition et Communication (CRPCC).

Cette thèse s'inscrit dans le cadre d'une thèse CIFRE en collaboration avec la Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment du Morbihan (CAPEB 56). Le projet « ACADIE », dont fait partie cette thèse, s'oriente autour de l'élaboration de solutions afin de soutenir l'activité des artisans.



**Confédération de l'Artisanat, des
Professionnels et Entrepreneurs du
Bâtiment (CAPEB)**

14 bd des Iles – CS 42087
56003 VANNES cedex



**Centre de Recherche en Psychologie,
Cognition et Communication (CRPCC) -**

EA n° 1285
Université de Bretagne-Sud
Campus de Tohannic, 56000 Vannes



**Association nationale de la recherche et
de la technologie (ANRT)**

41, boulevard des Capucines
75002 Paris

Table des matières

Résumé	1
Abstract	2
Remerciements	5
Table des matières	8
Liste des figures.....	12
Liste des tableaux.....	15
Introduction générale.....	17
Partie I : Éléments pour la conception d'interface écologique en gestion administrative pour les artisans	21
Chapitre 1. Présentation de l'artisanat	22
1.1 L'artisanat, un contexte socio-économique	22
1.2 L'artisanat, des assises historiques.....	23
1.3 Une création socio-économique	24
1.4 L'identité de l'artisan.....	24
1.5 L'artisanat du bâtiment	26
1.6 Les tâches techniques.....	28
1.6.1 L'élaboration de solutions par le besoin.....	28
1.6.2 Le travail technique sur le chantier	29
1.7 Les tâches administratives.....	31
1.8 Le travail administratif : un travail sur des abstractions	33
1.9 Le travail administratif : l'importance de la prise de décision	33
1.10 Conclusion	34
Chapitre 2. La rationalité administrative limitée chez les artisans	36
2.1 La prise de décision administrative selon Simon (1976)	36
2.2 Rationalité limitée et heuristique selon Simon	38

2.3	Une approche écologique des heuristiques	40
2.4	Les heuristiques externes	44
2.4.1	Les aides cognitives existantes comme réponse à la rationalité administrative limitée des artisans	45
2.4.2	Les solutions d'architecture cognitive comme supports d'aide	48
2.5	Les logiques de conception d'aides cognitives.....	51
2.5.1	Modèle prescriptif	51
2.5.2	Modèle descriptif.....	52
2.6	Conclusion	53
Chapitre 3. L'approche écologique en ingénierie cognitive		55
3.1	Approche écologique et ingénierie cognitive.....	55
3.2	Méthodes en ingénierie cognitive.....	57
3.2.1	L'analyse cognitive du travail - CWA.....	58
3.2.2	La conception d'interface écologique – Ecological Interface Design (EID).....	62
3.3	Conclusion	65
Chapitre 4. Objectifs, problématique et outils méthodologiques pour une démarche intégrée de conception d'interface écologique		66
4.1	Objectifs et problématique	66
4.2	Outil méthodologique 1 : L'analyse du domaine de travail avec les dimensions éthiques et récursives.....	68
4.2.1	La hiérarchie d'abstraction	69
4.2.2	La hiérarchie d'agrégation	73
4.2.3	Les hiérarchies existantes proches du domaine de la gestion administrative	75
4.2.4	La récursivité dans le domaine de travail	78
4.3	Outil méthodologique 2 : Les outils de validation et vérification d'un modèle du domaine de travail.....	81
4.3.1	Etat des recherches sur la validation d'un domaine de travail	81
4.3.2	La méthode Turing Machine Task Analysis (TMTA).....	83

4.3.3	Analyse de la tâche avec TMTA	83
4.4	Outil méthodologique 3 : le respect des trois principes de conception des interfaces écologiques.....	86
4.5	Conclusion	88
Partie II : Application d'une démarche de conception d'interface écologique à l'artisanat dans le champ administratif.....		89
Chapitre 5. L'analyse du domaine de travail de la gestion administrative chez les artisans		90
5.1	Méthodologie de modélisation du domaine de travail.....	90
5.2	La modélisation du domaine de travail de l'artisanat.....	92
5.2.1	Les composantes du domaine de travail de l'artisanat	93
5.2.2	Précision sur le domaine de travail de l'artisanat	110
5.2.3	Conclusion et perspectives	119
5.3	Validation/vérification du domaine de travail par la machine de Turing	121
5.3.1	Objectifs et méthode dans l'utilisation de TMTA pour valider le modèle du domaine	121
5.3.2	La validation du domaine.....	122
5.3.3	Un outil informatisé pour la validation par TMTA d'une modélisation d'un domaine	128
5.3.4	Conclusion et perspectives	131
5.4	Une nouvelle méthode de validation/vérification d'un modèle du domaine : la méthode des points de vue	132
5.4.1	Validation avec la méthode des points de vue lors d'entretiens individuels.....	134
5.4.2	Vérification par la méthode des points de vue avec un focus group	138
5.4.3	Validation et vérification avec la méthode des points de vue lors de séances d'audit	142
5.5	Conclusion	146
Chapitre 6. Mesure du respect des principes de l'EID par un ensemble de maquettes d'IHM		148

6.1	Méthode	148
6.1.1	Le protocole	148
6.1.2	La procédure de maquettage par les étudiants	149
6.1.3	Traitement des données	150
6.2	Résultats	151
6.2.1	Présence des affordances du domaine	151
6.2.2	La manipulation directe des affordances	153
6.2.3	Correspondance entre représentations et affordances	155
6.2.4	Calcul d'un score global de mesure de l'écologie d'une IHM.....	158
6.3	Conclusion	160
Chapitre 7. Conception et évaluation de deux maquettes d'interfaces écologiques pour la gestion administrative dans l'artisanat du bâtiment		161
7.1	Présentation des deux maquettes	162
7.2	Evaluation de la recherche d'informations avec les maquettes	167
7.2.1	Méthode	167
7.2.2	Résultats.....	169
7.3	Conclusion	177
Discussion générale : apports, limites et perspectives		179
Conclusion générale		188
Bibliographie		190
Annexes		200

Liste des figures

Figure 1 Exemple d'éléments d'information entrant dans la définition d'heuristiques utilisées par un artisan pour décider de la poursuite ou non d'un projet avec un client	40
Figure 2 L'organisation de l'information dans ACT-R 5.0. L'information dans les "Tampons" associés avec les modules répond aux et influe sur les règles de production (Anderson, 1996)	50
Figure 3 Graphe des phases du processus de conception	67
Figure 4 Les cinq niveaux de la hiérarchie d'abstraction (Burns & Hajdukiewicz, 2013).....	69
Figure 5 La hiérarchie d'abstraction (Rasmussen, 1986)	70
Figure 6 Exemple : niveau des fonctions abstraites pour un téléphone fixe.....	71
Figure 7 Exemple : niveau des fonctions généralisées pour un téléphone fixe.....	71
Figure 8 Exemple : niveau des fonctions physiques pour un téléphone fixe.....	72
Figure 9 Exemple : niveau des formes physiques pour un téléphone fixe	73
Figure 10 Exemple de hiérarchie d'agrégation d'un téléphone.....	74
Figure 11 Business Model Canvas (Osterwalder & Pigneur, 2010).....	77
Figure 12 Modélisation récursive selon Miller (2004)	80
Figure 13 Dynamique d'une tâche modélisée par TMTA (Morineau, Frénod, et al., 2009)....	85
Figure 14 Récupération des contraintes pour la préparation du devis au travers du logiciel TAMS Analyzer	92
Figure 15 Composantes du domaine de l'artisanat	93
Figure 16 Hiérarchie d'abstraction des valeurs.....	95
Figure 17 Hiérarchie d'abstraction des finances comptables	97
Figure 18 Hiérarchie d'abstraction des finances des projets	99
Figure 19 Hiérarchie d'abstraction des clients.....	101
Figure 20 Hiérarchie d'abstraction des chantiers	103
Figure 21 Hiérarchie d'abstraction des partenaires.....	104
Figure 22 Hiérarchie d'abstraction des matériels en activité	105
Figure 23 Hiérarchie d'abstraction du stockage des matériels.....	106
Figure 24 Hiérarchie d'abstraction des matériaux.....	108
Figure 25 Hiérarchie d'abstraction des ressources humaines	109

Figure 26 Hiérarchie d'abstraction des partenaires avec ses liens « fins-moyens »	111
Figure 27 Extrait des graphes d'état des tâches de gestion de chantiers.....	113
Figure 28 Hiérarchie d'abstraction de la progression	115
Figure 29 Modélisation de la récursivité de la hiérarchie processus.....	116
Figure 30 Modélisation de la récursivité du niveau des fonctions physiques	116
Figure 31 Hiérarchie d'abstraction suivant les contraintes sociales	120
Figure 32 Etats de la TMTA pour l'exemple simplifié.....	122
Figure 33 Etats de la machine TMTA suivant les niveaux d'abstraction	124
Figure 34 Diagramme UML de la base de données de l'outil TMTA : la classe « elements » rassemble les contraintes, la classe « agregation » le domaine auquel une contrainte appartient, la classe « abstraction » le niveau d'abstraction auquel une contrainte dépend, la classe « actions » rassemble les degrés de liberté, et enfin la classe « nodes » identifie un état de la TMTA avec ses contraintes et ses degrés de liberté	129
Figure 35 Capture d'écran du web-service TMTA : dans le cadre blanc, les actions ; dans celui en bleu, les hiérarchies d'abstraction ; et en jaune, la liste déroulante des états envisagés pour un scénario	130
Figure 36 Diagramme de l'architecture Web-service	131
Figure 37 Principe de l'architecture Web-service	131
Figure 38 Modélisation des résultats de la TMTA.....	131
Figure 39 Schéma de représentation de la "méthode des points de vue" des experts sur le domaine de travail	134
Figure 40 Analyse Factorielle des correspondances des composantes et des experts, illustrée par les niveaux d'abstraction abordés	137
Figure 41 Analyse Factorielle des correspondances des niveaux d'abstractions et des experts pour la confiance.....	141
Figure 42 Analyse factorielle des correspondances des composantes en fonction des acteurs	144
Figure 43 Analyse factorielle des correspondances des niveaux d'abstraction en fonction des acteurs.....	146
Figure 44 Graphique récapitulatif des scores en fonction des interfaces	160

Figure 45 Maquette 1 d'interface écologique pour la gestion administrative dans l'artisanat du bâtiment	164
Figure 46 Maquette 2 d'interface écologique pour la gestion administrative dans l'artisanat du bâtiment	165
Figure 47 Echelle de diffusion : les zones les plus touchées sont en rouge ou blanc.....	169
Figure 48 Histogramme du temps en fonction de la densité suivant la loi normale (en bleu) et la loi log-normale (en orange).....	171
Figure 49 Graphe des phases de la démarche de conception réalisée.....	180
Figure 50 Exemple 1 d'interface d'aide cognitive	183
Figure 51 Exemple 2 d'interface d'aide cognitive	183
Figure 52 Exemple 2 d'interface d'aide cognitive	185
Figure 53 Le modèle de système viable (VSM) montrant des encastrlements récursifs (Beer, 1984).....	201
Figure 54 Extrait IHM 1.....	216
Figure 55 Extrait IHM 2.....	216
Figure 56 Extrait IHM 3.....	217
Figure 57 Extrait IHM 4.....	217
Figure 58 Extrait IHM 5.....	218
Figure 59 Extrait IHM 6.....	218
Figure 60 Extrait IHM 7.....	219
Figure 61 Extrait IHM 8.....	220
Figure 62 Extrait IHM 9.....	221
Figure 63 Analyse du domaine de travail filtrée	222
Figure 64 Schéma de filtration pour le domaine de travail	223

Liste des tableaux

Tableau 1 Tableau de correspondance entre lots et corps d'état (Cusant & Widloecher, 2013)	27
Tableau 2 Matrice de la WDA.....	74
Tableau 3 Tableau des principes EID en fonction des niveaux de contrôle.....	86
Tableau 4 Tableau de séquence sur le système récursif de la progression des chantiers	123
Tableau 5 Extrait de l'étape 16 du tableau de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat.....	126
Tableau 6 Tableau simplifié de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat.....	127
Tableau 7 Tableau de fréquences des composantes des affordances étudiées en fonction des experts.....	136
Tableau 8 Tableau de fréquences des niveaux d'abstraction des affordances de la confiance en fonction des experts.....	140
Tableau 9 Tableau de fréquence des observations pour chaque composante suivant les acteurs	143
Tableau 10 Tableau de fréquence d'observations des niveaux d'abstraction pour chaque acteur	145
Tableau 11 Tableau des fréquences de présence des affordances pour chaque IHM	152
Tableau 12 Tableau de fréquence global de la présence des affordances pour chaque IHM	152
Tableau 13 Nombre de pages par interface.....	153
Tableau 14 Tableau de présence des affordances en fonction des commandes et contrôles pour chaque interface	154
Tableau 15 Tableau de coefficient de Yule entre les modalités "contrôle" et "commande" pour chaque interface.....	154
Tableau 16 Modalités de représentations observées.....	156
Tableau 17 Tableau des pourcentages de l'IHM 9 des types de représentations en fonction des affordances et illustré par l'index de Simpson pour les représentations de type "contrôle" et "commande"	156

Tableau 18 Tableau global des index de Simpson pour les représentations des affordances en fonction de chaque interface	157
Tableau 19 Tableau de score pour chaque principe en fonction des interfaces	159
Tableau 20 Tableau des questions de l'expérimentation	168
Tableau 21 Tableau des taux de perception en fonction de l'activité	170
Tableau 22 Tableau des taux de perception en fonction des questions	170
Tableau 23 Tableau statistique des temps pour chaque activité	172
Tableau 24 Tableau statistique des temps pour chaque question	172
Tableau 25 Tableau des observations des préférences des IHM 1 & 2 suivant les catégories de population et leur genre	173
Tableau 26 Tableau en fréquence des préférences des IHM 1 & 2 suivant les catégories de population et leur genre	173
Tableau 27 Nombres de zones de touchées incorrectes en fonction des questions 1 et 2, des temps de réponses moyens et des IHM utilisées.	174
Tableau 28 Nombres de zones de touchées incorrectes en fonction des questions 3 et 4, des temps de réponses moyens et des IHM utilisées.	175
Tableau 29 Nombres de zones de touchées incorrectes en fonction des questions 5 et 6, des temps de réponses moyens et des IHM utilisées.	176
Tableau 30 Extrait du tableau de questionnement issu de la TMTA	186
Tableau 31 WDA de l'artisanat filtré pour la TMTA	202
Tableau 32 Tableau de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat.....	205
Tableau 33 Tableau d'observation des affordances du domaine lors des interviews avec les experts.....	209
Tableau 34 Tableau d'observation des affordances sur la confiance lors du focus group	212
Tableau 35 Tableau de transcription des affordances observées lors de l'audit suivant les composantes et les niveaux d'abstraction en fonction des acteurs	214

INTRODUCTION GENERALE

Les activités administratives sont primordiales pour les entreprises. Ces activités sont identifiées comme celles ayant pour vocation de « faire faire les choses » (Simon, Greffe, & Dauzat, 1983). Les opérations nécessaires pour mettre en œuvre ces activités ne sont pas triviales. De ce fait, les entreprises, celles de taille intermédiaire (ETI) et les grandes entreprises (GE), usent de supports pour aider leurs décideurs. Ces supports leur permettent de percevoir les opportunités d'action et de les saisir. Par contre, les questions administratives dans les petites entreprises peuvent s'avérer plus compliquées car moins bien instrumentées.

Avec plus de 3,1 millions d'actifs, l'artisanat est l'un des secteurs d'activité le plus important en France. Pourtant, il est couramment signalé dans la profession que les tâches administratives s'avèrent problématiques dans ce secteur. En écho à ces difficultés, les entreprises artisanales ont subi ces dernières années un grand nombre de défaillances dont beaucoup seraient liées non pas à un manque d'expertise dans le champ technique, mais à un manque de maîtrise dans la gestion des exigences administratives. D'une manière concomitante, il s'avère que la révolution technologique actuelle visant à concevoir des systèmes d'information intégrés au sein des entreprises, n'a que très peu touché ce secteur d'activité. Or, la complexité des activités administratives ne cesse de progresser. Les applications logicielles utilisées actuellement par les artisans sont des progiciels classiques. Celles-ci sont peu adaptées à l'activité artisanale et souvent centrées sur le traitement d'une seule activité ou fonctionnalité (logiciel de comptabilité, de devis, de métrés, etc.). Il est également vrai que les artisans constituent une population exigeante envers tous les outils engagés dans leur activité administrative.

Cependant, les artisans ne sont pas pour autant imperméables aux nouvelles technologies de l'information et de la communication, si celles-ci se présentent à leurs yeux comme utiles et utilisables. Une étude menée en Bretagne indique que fin 2011, 95% des artisans avaient un ordinateur qu'ils utilisaient dans le cadre de leur activité (Huiban & Souquet, 2012). En 2011, 67% des artisans disposaient d'un téléphone portable, et 19% des artisans possédaient un Smartphone. De même, dans les usages qu'ils font d'internet, 65% utilisaient des services d'e-administration. Aujourd'hui, les nouvelles technologies mobiles (smartphone, tablette)

constituent des outils permettant le déploiement d'une cognition située et l'usage de modalités d'interaction intuitives et concrètes (écran tactile, graphisme). Il s'agit donc d'un contexte technologique favorable pour la conception d'applications ergonomiques à destination des artisans.

La conception de solutions en ergonomie se focalise sur l'étude scientifique de la relation entre l'individu et ses moyens, ses méthodes et son milieu de travail. Lorsqu'il s'agit de concevoir des outils comme des supports d'information, son objectif final est de proposer des interfaces. Celles-ci peuvent être considérées comme des espaces d'échanges entre deux environnements. Une interface homme-machine sert d'intermédiaire entre un individu et un outil par la transmission d'informations. L'objectif est d'offrir des supports pour favoriser la sécurité, le confort et l'efficacité des individus dans leur activité quotidienne. Pour atteindre ce résultat, les ergonomes usent de différentes approches.

Les approches traditionnelles de conception en ergonomie, issues des théories cognitivistes, sont globalement soit centrées sur la tâche, soit centrées sur l'activité de l'opérateur / utilisateur, soit centrées sur le besoin de l'opérateur. Les deux premières approches consistent à observer in-situ des utilisateurs afin d'analyser, de modéliser et de comprendre les tâches qu'ils effectuent ou doivent effectuer dans leurs contextes. L'analyse du besoin est une approche qui se concentre sur les besoins en termes de besoins en information des individus. L'un des inconvénients de ces approches est qu'elles ont tendance à être trop normatives, prenant en considération plus un modèle idéalisé du raisonnement de l'utilisateur que son raisonnement effectif en situation. Une approche alternative, appelée couramment « ingénierie cognitive » et issue des travaux menés par l'ingénieur danois Jens Rasmussen se détache des autres approches pour se concentrer sur la relation entre l'homme et l'environnement sur lequel il travaille, appelé « domaine de travail ». Cette approche constitue une réelle innovation dans la mesure où elle se centre d'abord sur la description des contraintes de l'environnement pertinentes pour l'utilisateur, plutôt que directement sur l'utilisateur. Appliquée à un outil, elle a pour vocation de fournir à un utilisateur l'ensemble des informations de son domaine de travail afin de prendre une décision vis-à-vis de ses objectifs du moment et d'éviter les erreurs de jugement.

Nous allons chercher à démontrer que l'ingénierie cognitive et son approche écologique est pertinente pour élaborer des outils cognitifs, comme des supports d'aide pour la gestion administrative à destination des artisans. On soutiendra que ces outils pourraient permettre aux artisans de prendre rapidement des décisions pertinentes en fonction des éléments à leur disposition.

L'objectif de cette thèse est donc triple. Dans un premier temps, elle vise à déterminer la pertinence de l'approche écologique dans un domaine comme l'artisanat. Dans un second temps, elle s'intéresse à la proposition d'un cadre méthodologique pour encadrer la conception de solutions ergonomiques. Enfin, elle prétend à la déclinaison de multiples solutions qui seraient appropriées à un domaine comme l'artisanat.

Pour atteindre ces objectifs, on se concentrera sur les difficultés de l'artisanat dans la réalisation de tâches administratives. On mettra en évidence les caractéristiques de cette population et leurs difficultés à cet égard. Cette analyse nous permettra de choisir une approche pour encadrer des perspectives de résolution des difficultés de l'artisanat. Pour cela, on s'intéressera aux différentes approches de l'ergonomie. On montrera particulièrement l'intérêt de l'approche écologique pour notre situation (Gibson, 1979). Celle-ci a pour avantage de décrire les contraintes nécessaires pour qu'un agent (humain ou machine) puisse satisfaire à ses besoins opérationnels du moment.

Afin d'apporter une méthodologie adaptée, on s'attachera à décrire les différents outils hérités de cette approche pour modéliser les contraintes de l'environnement (Vicente, 1999). Concrètement cela revient à décrire les éléments invariants auxquels les agents doivent faire face dans leur environnement. A ce titre, on évaluera, pour notre domaine, la proposition d'utilisation d'une nouvelle méthode dite d'analyse de la tâche par la machine de Turing (TMTA). Cette méthode a pour avantage de prendre en compte les contraintes de l'environnement et les actions possibles au travers de celui-ci. Mais, elle nécessite, comme nous le verrons, un effort de modélisation du domaine de travail, qui sera ici constitué de l'ensemble de la gestion administrative dans une entreprise artisanale.

L'intérêt de ces analyses est d'élaborer des solutions logicielles pour notre population cible. Néanmoins, la phase de transposition de ces analyses en solutions logicielles constitue encore une problématique de recherche. On tentera de faire la lumière sur cette phase.

Finalement, ces bases nous permettront de générer un ensemble de solutions pour nos artisans, notamment des interfaces. Ces interfaces feront l'objet de tests d'évaluation ergonomique auprès de leurs futurs destinataires.

Partie I : Éléments pour la conception d'interface écologique en gestion administrative pour les artisans

Cette première partie vise à présenter le contexte de cette thèse qui est celui de l'artisanat du BTP et leurs activités administratives. Puis, nous ferons un diagnostic des activités administratives des artisans à la lumière de la notion psychologique de rationalité limitée. Nous aborderons à cet égard les différentes facettes théoriques de la rationalité limitée. Cet état des connaissances nous permettra d'approfondir l'idée qu'il est possible de développer des aides cognitives externes venant soutenir la rationalité limitée d'un décideur. Une présentation des principaux outils d'aide à la gestion administrative et des méthodes de conception associées nous permettra de montrer qu'une approche des aides cognitives sous l'angle de l'ingénierie cognitive est envisageable. Nous présenterons alors les principaux concepts et méthodes de l'ingénierie cognitive qui permettent de décliner une approche écologique de la situation de travail et notamment de concevoir des interfaces dites « écologiques ». A partir de ces éléments, nous serons en mesure de poser des objectifs à notre recherche et une problématique reposant sur un ensemble d'outils méthodologiques que nous allons par la suite utiliser.

Chapitre 1. Présentation de l'artisanat

L'artisanat est un secteur de production historique de produits ou de services regroupant de petites et moyennes entreprises. Depuis plusieurs années, ces entreprises font face à des difficultés financières (Insee, 2013). Afin de comprendre ces difficultés et trouver des solutions répondant au besoin des artisans, il convient de déterminer les causes des défaillances de ces entreprises. L'objectif de ce chapitre est de faire ressortir les difficultés de ce domaine et les origines de ces difficultés. Pour atteindre cet objectif, on traitera dans un premier temps de la nature de l'entreprise artisanale et de ses activités. Puis, dans un second temps, on mettra en avant les moyens mis en œuvre dans ces activités.

En premier lieu, il convient de définir qu'elle est cette population artisanale. Qui est-elle ? Quelles sont ses activités ? Les réponses apportées nous permettront de situer l'expertise de l'artisan ; mais aussi, qu'elles sont les difficultés auxquelles il est confronté, et où se situent les éventuelles faiblesses dans son activité.

1.1 L'artisanat, un contexte socio-économique

Une entreprise est une unité institutionnelle de production de biens et de services à destination d'un ensemble de clients ou usagers. Elle jouit d'une certaine autonomie de décision, notamment pour l'affectation de ses ressources courantes, aussi bien internes (employés, matériaux, matériels) qu'externes (fournisseurs). L'entreprise est fondée (ou reprise) afin de produire de la richesse. Les petites et moyennes entreprises (PME), sources potentielles d'emplois et de croissance économique, sont souvent considérées comme l'épine dorsale de l'économie européenne. La France recense 3,2 millions de petites et moyennes entreprises (PME), soit 99,9% des entreprises (chiffres 2010). Elles représentent 52% de l'emploi salarié. Elles réalisent 38% du chiffre d'affaires, 49% de la valeur ajoutée et 43% de l'investissement.

D'après la définition de la Commission européenne, les PME sont les entreprises qui occupent moins de 250 personnes. Par ailleurs, le chiffre d'affaires de la PME ne doit pas excéder 50 millions d'euros ou le total du bilan 43 millions d'euros. Les PME regroupent les micro-

entreprises (moins de 10 personnes), les petites entreprises (10 à 49 personnes) et les entreprises moyennes (50 à 249 personnes). En Europe, 98 % des entreprises sont des entreprises à caractère artisanal ou des petites entreprises (1 à 20 salariés). L'artisanat, qui regroupe l'ensemble des PME dont les processus de fabrication de biens ou services sont réalisés hors contexte industriel, concentre 3,1 millions d'actifs. L'artisan exécute la plupart des tâches de gestion, de commercialisation et de production des produits ou services qu'il propose. Les tâches qu'il doit traiter sont caractéristiques d'un domaine à la fois technique (fabrication de produits ou de services) et administratif.

L'étude des défaillances des PME en 2013 indique que les difficultés dans la gestion administrative constituent un facteur clef dans l'explication de ces défaillances (Altares, 2013). Pour comprendre ces difficultés, il est nécessaire de revenir aux fondements historiques, sociaux et économiques de l'artisanat.

1.2 L'artisanat, des assises historiques

L'artisanat, défini par ses activités de production, existe depuis l'origine de la notion de travail chez l'homme (Boutillier, David, & Fournier, 2009)¹. L'artisanat contemporain trouve son origine dans la révolution française qui met fin aux structures corporatistes du moyen-âge. Mais, les métiers de l'artisanat conserveront la disposition de ces structures, caractérisant une aspiration au regroupement de la part de cette population. Toutefois, et sans évoquer une chronologie globale très complexe de l'artisanat, celui-ci ne se manifestera en tant que groupe qu'à partir de l'entre-deux guerres (Zarca, 1987). Ce groupement est avant tout un mouvement social né d'un désir de représentation des entreprises dans les décisions économiques des institutions de l'état. Il faudra attendre 1926 pour voir le terme artisanat apparaître dans un texte officiel.

L'artisanat dispose désormais d'une définition juridique (loi n° 96-603 du 6 juillet 1996) : une entreprise artisanale est une entreprise inscrite au Répertoire des Métiers. Ainsi, toute entreprise de moins de 10 salariés, dont l'activité relève du champ de l'artisanat (c'est-à-dire

¹ L'apparition du savoir-faire des artisans peut se fixer aux alentours du néolithique, période où l'homme commence à se sédentariser et a besoin d'objets dans son quotidien.

faisant partie des activités NAF listées dans le décret n° 98-247 du 2 avril 1998), est censée y être inscrite. Quand elle dépasse ce seuil, un droit de suite peut lui être accordé et lui permet de rester inscrite à une Chambre de Métiers. Toutefois, les artisans ne se sont pas seulement issus d'un modèle traditionnel, ils ont aussi une origine dont les facteurs peuvent être socio-économiques.

1.3 Une création socio-économique

Les caractéristiques socio-économiques de l'artisanat ont été abordés dans un grand nombre d'études (Karl, 1872; Polanyi, 1944). Les différentes études abordent la construction de l'entrepreneur et l'initiative entrepreneuriale. Les économistes, ainsi que d'autres chercheurs en lien avec le domaine de l'économie (psychologues, mathématiciens), ont proposé différentes analyses de l'entrepreneuriat. Ces analyses, notamment celles de I. Kirzner, F. Hayek, F. Knight et H. Simon (Hayek, 2014; Kirzner, 1978; Knight, 2012; Simon, 1976), soulignent que l'entrepreneuriat est fortement fondé sur des opportunités économiques perçues par un agent (Boutillier et al., 2009). Ces opportunités concernent des investissements sur des activités dont la rentabilité est assurée par la réponse à un besoin client. Toutefois, d'autres études amènent à penser que l'entrepreneuriat peut aussi avoir un fondement social qui peut être par exemple d'ordre filial.

Sur l'ensemble des études portant sur le désir entrepreneurial des artisans, certaines ont permis de mieux connaître le rôle de l'artisanat et de déterminer les profils des artisans (Picard, 2006).

1.4 L'identité de l'artisan

D'après plusieurs auteurs, les profils de l'artisan reposent sur un système identitaire (Larçon & Reitter, 1979; Mucchielli, 1986; Picard, 2006) dont les composantes principales sont le projet d'entreprendre, la représentation du métier et du savoir-faire, et la représentation de l'environnement. La prise en compte du projet d'entreprendre est importante dans l'entreprise artisanale. Celle-ci est portée par le désir d'un individu de mener un projet économique, mais aussi par l'ambition du futur artisan à devenir indépendant ou à maintenir une activité

familiale. La représentation du métier et du savoir-faire correspond aux activités « métier » de l'artisan dans son environnement, mais également à la manière dont il les réalise. La représentation de l'environnement répond à la nécessité pour l'artisan de comprendre les opportunités et les menaces de son environnement.

Les aspects du système identitaire de l'artisanat ont permis de dégager deux profils distincts de l'artisan (Picard, 2006). Le premier est celui d'un artisan traditionnel pour un effectif concernant environ 70% de la population totale. Cet artisan fait une part importante à la représentation de son métier, et fonde son image sur ses habiletés à mettre en œuvre, son savoir-faire technique. Le second est celui d'un artisan entrepreneur, pour 30% de la population. Ce second artisan se concentre sur son projet entrepreneurial, et sur les stratégies qu'il a choisies pour y arriver. Il possède une perception riche de son environnement. Ces deux profils sont importants à considérer pour la compréhension et la définition de la population artisanale, et sa conception de l'action d'entreprendre à la fois sociale et économique.

Les artisans expriment, selon la plupart des experts économiques du secteur, des difficultés dans les composantes qui ne répondent pas à leur identité. Un artisan traditionnel aura des difficultés à gérer son projet économique et à décrypter son marché, ses forces et ses faiblesses. Alors que chez l'artisan entrepreneur, c'est dans la représentation de son savoir-faire technique que les difficultés vont s'exprimer, et engendrer d'autres problématiques, comme par exemple sur la gestion des ressources humaines.

D'autres études proposent des profils suivant d'autres aspects comme par exemple l'interaction sociale dans le cadre entrepreneurial (Boutillier et al., 2009). Ces études mettent en avant trois profils : l'entrepreneur technologique axé sur les progrès récents ; l'entrepreneur traditionnel mettant en avant ses habiletés techniques ; et l'entrepreneur de proximité, développant une clientèle et des consommateurs locaux.

L'artisanat, c'est 1 028 340 entreprises au 1er janvier 2013 et un chiffre d'affaires de 300 milliards d'euros (chiffre UPA). L'artisanat couvre un grand nombre d'activités dont celles regroupant le secteur du bâtiment. Le secteur du bâtiment est le plus important, et compte pour 40% des entreprises à caractère artisanal. Ce secteur comme les autres est lui aussi soumis à des défaillances d'entreprises avec une augmentation de 2% entre 2012 et 2013 (Altares, 2013), et à une dégradation de son activité (Chiffre Insee 2014).

Ces circonstances économiques apparaissent sur un secteur traditionnel complexe fondé sur de multiples pratiques et activités. La caractérisation de ces pratiques et activités revient à définir l'artisanat du bâtiment.

1.5 L'artisanat du bâtiment

L'artisanat du bâtiment avec 98% des entreprises, 67% des effectifs et 63% du chiffre d'affaires demeure, sans nul doute, la première entreprise de France du bâtiment (chiffre CAPEB). Ces chiffres placent l'artisanat du bâtiment comme un secteur social et économique à part entière (Boutillier et al., 2009).

L'entreprise artisanale du bâtiment intervient dans le cadre d'un « acte de construction » qui s'établit entre l'intention de construire que formule un client et la réception de l'ouvrage élaboré par l'artisan. Le lieu d'établissement de cet acte est désigné comme étant le chantier. Il s'effectue le plus souvent chez le client. Le chantier est le cœur d'application de l'activité de l'artisan. Les artisans du bâtiment se répartissent dans plusieurs corps d'état liés aux exercices techniques auxquels ils se réfèrent. Les corps d'état sont classifiés selon les domaines suivants : corps d'état du clos et couvert, corps d'état secondaires ou architecturaux (CES ou CEA), et corps d'état techniques (CET). Les opérations des artisans du bâtiment ne se limitant pas à la construction neuve, on peut étendre cette liste à la démolition, l'aménagement extérieur et les prestations d'accompagnement. L'ensemble des corps d'état (« Tout corps d'état », TCE) incorpore les différents métiers des artisans (voir Tableau 1 Tableau de correspondance entre lots et corps d'état (Cusant & Widloecher, 2013)).

Tableau 1 Tableau de correspondance entre lots et corps d'état (Cusant & Widloecher, 2013)

		Corps d'état
Gros œuvre	Structure et protection du bâti	Terrassement Fondations spéciales Maçonnerie Béton armé Charpente bois et métallique Couverture Bardage Etanchéité
Second œuvre	Lots architecturaux	Menuiseries extérieures → Hors d'Air Menuiseries intérieures Doublages, cloisons, isolation Revêtements de sols et murs Peintures Serrurerie Façades
	Lots techniques et d'aménagement	Courant fort Courant faible Plomberie-sanitaire Chauffage Ventilation Ascenseurs VRD Voirie et réseaux divers

L'artisan est tributaire d'un certain nombre d'actions à effectuer pour satisfaire aux contraintes de son métier. Traditionnellement, l'opération de construction dans l'artisanat du bâtiment comporte trois phases. Une phase commerciale dont l'objectif est de repérer ou susciter la demande d'un client, élaborer une réponse, convaincre le client que la solution proposée est la meilleure sur le plan technique et financier. Une phase d'études, durant laquelle, l'entreprise va analyser les choix techniques décidés avec le client. Il va de ce fait choisir les ressources à mobiliser. Et, une phase de réalisation, où, l'entreprise va procéder à la construction en suivant l'application des choix techniques. L'artisan, suivant sa situation, effectuera ces phases seul ou avec différents collaborateurs.

Lors de ces phases, on admet l'existence de deux groupes de tâches associées à l'activité entrepreneuriale : les tâches techniques et les tâches administratives.

1.6 Les tâches techniques

La réalisation d'un chantier pose des contraintes techniques qui elles-mêmes imposent des gestes techniques. L'artisan est confronté à plusieurs contraintes techniques qu'il résout au travers d'une série de tâches. L'ensemble de ces tâches définit l'activité de construction, dont il est important d'en comprendre les subtilités qui définissent l'identité des artisans.

Dans l'activité de construction, l'une des principales tâches des artisans concerne la transposition des besoins d'un client en un produit concret. Pour ce faire, l'artisan se confronte à deux contraintes importantes : la prise en compte de l'ensemble des besoins du client et le travail technique à mener sur le chantier.

1.6.1 L'élaboration de solutions par le besoin

L'activité de l'artisan trouve son importance dans sa capacité à traiter du besoin exprimé par le client. Lors de la phase commerciale, le client soumet une demande à l'artisan concernant un besoin plus ou moins lié à son corps de métier. L'une des premières étapes est de définir ce besoin, afin de réaliser un diagnostic et d'en interpréter les moyens de faisabilité. Pour ce faire, l'artisan, lors d'un entretien commercial, va reformuler suivant son interprétation la demande du client en des données exactes d'ordre technique. Dans le cadre d'une rénovation, l'artisan se doit de réaliser un état de l'art du support de l'ouvrage. La nature des données est liée au métier de l'artisan, ainsi qu'à la demande du client : celles-ci peuvent être des mesures, mais aussi des données sur les matières premières choisies.

L'étape suivante consiste à élaborer conceptuellement une solution sur la base de ces données et de son expertise technique. Cette solution doit être cohérente en termes de faisabilité et avec les ressources humaines, matérielles, et financières de l'entreprise. Cette étape peut être à l'origine d'études importantes, via des partenaires comme des bureaux d'études ou des architectes. Elle donne lieu, la plupart du temps, à l'élaboration de plans, de listes de tâches, ou de listes de ressources matérielles à prévoir.

Lors de ces étapes, l'artisan est amené à prendre plusieurs décisions liées à sa perception des besoins exprimés par le client. Ces décisions peuvent être source d'erreurs, comme par exemple lorsque le point de vue de l'artisan diffère de celui du client. Toutefois, les tâches

techniques dans l'artisanat ne se limitent pas simplement à cette transposition des besoins. En effet, le cœur de métier de l'artisan est l'application de son savoir-faire lors de la réalisation.

1.6.2 Le travail technique sur le chantier

L'artisanat du bâtiment attache une importance particulière à la réalisation d'un ouvrage. Ce qui conduit les artisans à présenter cette étape comme la plus-value de leur travail. Étant prédisposés à y inscrire leur image, les artisans les plus « traditionnels » usent du bon déroulement de cette étape comme d'un gage de leur sérieux envers le client.

Les tâches liées à la réalisation sont multiples et appartiennent aux objets des corps de métiers d'un artisan. Pour chaque demande du client, l'artisan va devoir effectuer des gestes agissant sur des ressources matérielles ou des matériaux pour tenter de reproduire l'objectif en termes d'ouvrage. Les gestes produits par l'artisan sont ceux de son métier. Ces gestes font appel aux habiletés de l'artisan. Ils sont acquis, lors d'une transmission ou un apprentissage, la plupart du temps avec un professeur, un parent ou un maître d'apprentissage. Ils sont souvent uniques car ils correspondent à chaque matériau ou outil avec lequel ils s'effectuent. Par exemple, deux gestes différents existent pour un couvreur pour poser des tuiles et des ardoises. Toutefois, si les gestes ont une origine remontant à la création d'un matériel ou d'un matériau ; l'artisan peut aussi sur la base des anciens gestes proposer de nouveaux gestes pour de nouveaux matériaux ou outils. L'application de ces gestes doit conduire à un parfait achèvement de l'ouvrage demandé, afin de mener à une satisfaction du client.

Les compétences techniques font partie de l'identité du métier du bâtiment. Pour pratiquer son métier, l'artisan doit manipuler les connaissances efficacement. Ces connaissances et habiletés techniques servent à résoudre à la fois la prise en compte du besoin et la « réponse fabriquée » par lui-même. Elles jouent aussi un rôle important dans le choix des ressources à employer pour un projet ou chantier et déterminent sa viabilité et faisabilité. Par exemple, un artisan peintre, du fait de ses connaissances techniques, n'aura aucune difficulté à estimer le nombre de pots de peintures nécessaires pour couvrir un mur.

La complexité de ce savoir technique, ainsi que son étendue, requiert un long apprentissage de la part de l'artisan dans son corps de métier. Les origines de ces apprentissages techniques sont assez éparpillées. Cependant, on retrouve quatre origines particulièrement significatives (Schwint, 2002) :

- La formation est le principal axe de transmission dans l'artisanat du bâtiment. Ce modèle scolaire s'impose car il est en rupture avec les autres modèles scolaires classiques d'enseignement général, en raison de son ouverture et de sa rapidité d'acquisition. Elle ne garantit pas cependant une expertise fonctionnelle car l'apprenant n'expérimente que peu son habileté durant cette période d'acquisition.
- L'apprentissage désigne le mode d'acquisition traditionnel des connaissances et habiletés. C'est une transmission souvent unique d'un expert qui partage son savoir en situation avec un novice. Cet apprentissage se déroule souvent en parallèle ou consécutivement à la formation scolaire. L'avantage de ce mode de transmission parfois lent est l'acquisition d'une grande expertise. Les inconvénients concernent la reproduction des erreurs de l'expert.
- L'auto-formation est réservée la plupart du temps à une population experte. Celle-ci se sert de supports techniques, notamment les Documents Techniques Unifiés (DTU), pour acquérir son savoir. Elle a pour inconvénient, bien qu'elle soit rapide, de ne pas garantir une expertise immédiate sur le domaine étudié.
- L'expérimentation ne peut pas se qualifier comme un mode d'acquisition mais plutôt comme une création des savoirs. L'artisan use parfois de ses habiletés pour détourner ou tester des objets ou processus liés à son métier. Il fonctionne alors par essais-erreurs et acquiert de nouvelles connaissances.

Cet apprentissage long du savoir technique a pour avantage de garantir un haut degré d'expertise chez les artisans du bâtiment, bien que les erreurs restent possibles. Cette facilité à traiter les tâches techniques contraste avec leurs habiletés à user de connaissances administratives dans leur environnement quotidien.

1.7 Les tâches administratives

Le monde entrepreneurial est contraint d'effectuer un certain nombre d'activités qui ne sont pas directement liées à son savoir-faire intrinsèque, mais qui relèvent d'exigences périphériques à toute activité entrepreneuriale. Ces exigences d'ordre administratif occupent une position « méta » au regard des activités techniques directement impliquées dans la réalisation d'un chantier. Elles ont pour objet non pas le chantier en lui-même, mais ce qu'implique les activités techniques sur ce chantier, comme la gestion des documents (devis, facture, bon d'achats, fiche de paie, etc.). En accord avec la définition de Simon (1976), l'administration ne fait pas directement le travail mais a pour objet les processus impliqués dans la réalisation du travail. Beaucoup de ces processus sont définis par des codes régissant le commerce et le travail. Il existe un nombre important de processus s'appliquant aux différents aspects de gestion d'une entreprise. On peut retrouver des manuels d'aide pour ces processus ou tâches administratives (Agence Qualité Construction (France), 2005; Cusant & Widloecher, 2013; Vachal, 2002). Des outils facilitent aussi la modélisation des processus administratifs comme le Business Process Model and Notation (BPMN) (White, 2004). Le BPMN est une notation graphique standardisée pour modéliser ces processus. L'explicitation de ces processus fournit à l'entreprise des moyens de mieux les appréhender. Toutefois bien évidemment, ce genre de modèle n'est pas accessible à de petites entreprises.

Dans une entreprise, on associe deux catégories à ces processus (Cusant & Widloecher, 2013). La première catégorie concerne l'ensemble des processus internes de gestion d'une entreprise avec pour exemple la gestion financière ou la gestion des équipes. La deuxième englobe les processus externes à la structure de l'entreprise comme ceux liant l'artisan aux institutions, à ses partenaires et aux clients. Pour chaque aspect de l'activité de gestion, l'artisan va effectuer des processus qui peuvent être soit internes, soit externes.

Parmi l'ensemble des activités d'une entreprise, une grande part de ces activités est qualifiée de relationnelle. On identifie trois classes différentes de relations : les relations avec clients, celles avec les partenaires et celles avec les institutions (Cusant & Widloecher, 2013). Les relations des entrepreneurs avec leurs clients peuvent être de nature commerciale, contractuelle ou informationnelle.

En lien avec le monde de l'artisanat, on retrouve un grand nombre de partenaires qui proposent un support administratif pour les artisans. Parmi ces partenaires, on peut citer les organisations professionnelles. Ces organisations, notamment la Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment, ont des objectifs de défenses des conditions économiques des artisans. La Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment, plus connue sous son acronyme CAPEB, est un syndicat professionnel français réunissant de très nombreuses petites entreprises artisanales du bâtiment en France. Cette organisation professionnelle est représentative de 380000 entreprises artisanales du bâtiment, elle joue un rôle de défense des intérêts des petites entreprises.

Les processus relationnels peuvent être encapsulés dans des contrats comme c'est le cas pour les partenaires ou les clients avec les factures, les devis et les constats de réception. Ces relations apparaissent dans les différents aspects de la gestion. Les aspects de la gestion que l'on peut identifier sont : la finance, les ressources humaines, le marketing, la comptabilité, les systèmes d'informations, la logistique, l'entrepreneuriat, ou encore la stratégie. Il convient de rappeler leur définition.

L'artisan, dans son activité quotidienne, doit jongler avec les processus techniques et administratifs. En effet, bien que son activité se concentre sur ses tâches techniques, il ne peut assurer le suivi de son entreprise qu'en traitant les tâches liées à la gestion de celles-ci.

Les tâches liées à la gestion sont constituées d'un grand nombre de procédures en interaction. Par exemple pour déterminer le prix optimal pour un produit destiné à un client, l'artisan doit connaître l'ensemble des impacts financiers internes et externes sur son entreprise. Ces processus notamment financiers forment des systèmes complexes et empêchent l'artisan de prévoir leur variation par le calcul (Sundström & Hollnagel, 2011).

Face à cet ensemble important et complexe de processus administratifs à gérer l'artisan n'est pas forcément bien armé. Dans le système éducatif français, une distinction - tout au moins implicite existe entre d'une part, les parcours de formation généralistes orientés vers l'apprentissage des abstractions (lettres, langues, sciences humaines, sciences économiques et sociales, sciences exactes) et d'autre part, les parcours de formation orientant les élèves vers des travaux dits « manuels ». Bien souvent, les élèves s'orientent par défaut vers les formations appliquées à défaut de disposer des qualités nécessaires à l'accès au cycle

d'enseignement secondaire général. Certains de ces élèves s'orientent vers les métiers de l'artisanat, tout en rejetant les tâches impliquant des opérations cognitives sur des abstractions. On comprend alors qu'ils soient en difficulté, ou négligent les tâches administratives durant leur vie professionnelle. Les élèves ayant choisi par vocation une formation vers un métier de l'artisanat pourront de leur côté négliger les tâches administratives par manque d'intérêt. Le contexte le plus adéquat pour réaliser un travail administratif est un bureau disposant d'un matériel de bureautique, c'est-à-dire un contexte bien différent de celui du chantier, qui caractérise la réalisation des tâches techniques de l'artisanat.

D'un point de vue cognitif, ce positionnement de l'apprenant qui deviendra un professionnel de l'artisanat le conduit à faire face à deux grandes difficultés lors de la réalisation de tâches administratives : la nécessité de travailler mentalement sur des abstractions et la nécessité de se retrouver dans des situations de prise de décision.

1.8 Le travail administratif : un travail sur des abstractions

Fondamentalement, le travail administratif implique un contenu de nature abstraite. Ce contenu est composé d'éléments du langage textuel, que l'on retrouve sur chaque document papier ou numérique traité par l'artisan. Par définition, le langage permet de faire référence à des objets hors du présent, ayant existé ou en projet d'exister. Et en cela, il détient un caractère abstrait nécessitant un effort de représentation. Certains termes du langage sont des unités totalement abstraites. Il s'agit des concepts généraux employés dans le langage courant, mais aussi des concepts spécifiques au domaine de la gestion administrative, comme par exemple les notions de chiffre d'affaires ou d'amortissement. La définition de ces concepts ne peut généralement se faire que par des définitions langagières impliquant elles-mêmes la maîtrise de concepts généraux.

1.9 Le travail administratif : l'importance de la prise de décision

En plus de ces abstractions, le travail administratif se caractérise par une forte proportion à des prises de décision impliquant l'établissement de critères, la sélection d'un choix parmi de multiples alternatives, ainsi que des conséquences non directement perceptibles car concernant le futur (Simon, 1976). La notion de stratégie est typiquement représentative de cette activité cognitive. Par exemple, un simple diagramme présentant l'évolution d'une quantité ou d'une valeur implique en lui-même bien souvent une décision sous-jacente à son interprétation sémantique. La prise de décision est une composante essentielle dans la gestion administrative (voir Chapitre 2). En effet, elle intervient dans tous les choix que l'artisan doit faire pour maintenir la viabilité de son entreprise. Par exemple, le choix d'affecter ou non de nouvelles ressources humaines dans l'entreprise peut avoir un impact sur le fond de roulement d'une entreprise, et causer sa défaillance. La prise de décision intervient aussi dans la gestion du temps, la planification des tâches. En effet, l'artisan doit souvent déterminer mentalement qu'elles sont les meilleures circonstances pour définir le positionnement temporaire d'un événement. Pour ce faire, les artisans et leurs collaborateurs doivent aussi connaître l'ensemble des possibilités qui leurs sont offertes.

L'association de données abstraites et de contextes de prise de décision font des tâches administratives des tâches complexes pour des individus, dont la vocation professionnelle est surtout de transformer ici et maintenant un matériau concret pour aboutir à une réalisation physique.

1.10 Conclusion

Les tâches administratives dans le champ d'expertise des artisans amènent celles-ci à occuper une position critique. Fonctionnellement, leur positionnement en tant que tâches considérées généralement comme secondaires pour l'artisan au regard des tâches techniques, leur contenu abstrait et la nécessité qu'elles présentent de se positionner dans un contexte de prise de décisions font des tâches administratives « le talon d'Achille » de bon nombres d'artisans. En termes cognitifs, tout porte à penser que les tâches administratives positionnent ainsi l'artisan dans un contexte de rationalité limitée (Simon, 1976). Dans le chapitre suivant, on détaillera la rationalité administrative limitée chez les artisans. On s'attardera sur les aides

cognitives existantes proposées comme réponse à la rationalité administrative limitée des artisans.

Chapitre 2. La rationalité administrative limitée chez les artisans

Le contexte de rationalité limitée est au cœur des difficultés administratives des artisans. Les limites liées à cette rationalité peuvent potentiellement être atténuées par des supports, des aides cognitives. Aussi, la définition de ces supports passe par celle du fonctionnement de la rationalité limitée.

Dans ce chapitre, on cherchera dans un premier temps à exprimer les limites de la prise de décisions rationnelles. Dans un deuxième temps, on analysera quelles solutions existantes sont proposées comme supports pour palier à ces limites.

2.1 La prise de décision administrative selon Simon (1976)

Pour Herbert Simon (1976), les comportements chez un individu correspondent à des « choix », conscients ou non, d'actions réalisables. Dans son ouvrage « Administrative Behavior », Simon étudia tout particulièrement le comportement des décideurs dans les organisations et par conséquent les comportements de ces organisations elles-mêmes. Dans un contexte d'administration d'une organisation (entreprise, institution), une décision est perçue comme une série de choix relatifs à un but et à un comportement approprié, afin de poursuivre une finalité. Les choix effectués avant d'atteindre un objectif final sont désignés comme des jugements de valeur, et ceux concernant la mise en œuvre de l'objectif sont désignés comme des jugements factuels.

Les décisions sont dites intentionnelles dans la mesure où elles sont guidées par des buts et des objectifs généraux. L'individu souhaite aboutir à des décisions rationnelles, c'est-à-dire favorisant la réalisation des objectifs précédemment choisis.

Comme la chaîne complexe de prise de décisions va passer par plusieurs jugements de valeurs et jugements factuels, il existe une hiérarchie des buts et d'objectifs à atteindre. Cette hiérarchie s'organise sous une forme de fins-moyens, les objectifs primaires étant soutenus par d'autres objectifs secondaires. Par exemple dans l'artisanat, pour optimiser le choix des

matériels sur un chantier, les artisans devront par exemple successivement connaître leur disponibilité, leur coût d'utilisation avant de pouvoir agir sur eux. Les hiérarchies de fins-moyens sont nombreuses dans ce domaine.

Pour Simon, une décision peut être une proposition d'actions ou bien une conclusion logique (vrai ou faux) sur l'état du monde. Dans ces deux cas de figure, cette décision est qualifiée de factuelle. En revanche, certaines décisions possèdent également une valeur morale en fonction des conséquences futures que cette décision peut avoir. Dans ce cas, elle est dite « éthique » (ou de « valeur »). C'est-à-dire qu'elles imposent des choix sur des notions liées au devoir (social) ou à ce qui est préférable (positif) pour améliorer une situation. Les éléments éthiques ont la particularité par rapport aux éléments factuels d'être difficilement déterminables. Dans le domaine entrepreneurial, l'utilisation d'éléments éthiques revêt un intérêt particulier. En effet, la prise de décisions rationnelles est liée non seulement à des décisions justes sur le plan factuel mais aussi à des devoirs que l'entrepreneur se donne envers son entreprise ou les individus avec lesquels il interagit. Par exemple, un artisan ne cherchera pas intentionnellement la défaillance de son entreprise si cela est préjudiciable pour lui, ses proches et ses employés (Simon et al., 1983; Simon, 1976).

Si Simon pose clairement la recherche d'une décision rationnelle de la part des acteurs au sein d'une organisation, il souligne pour autant le fait que tout acteur dispose d'une rationalité limitée qui dans les faits contraint la recherche d'une décision dont les résultats seraient maximalisés.

En effet, une décision rationnelle sans limitation de rationalité exige les points suivants :

- 1) Une connaissance parfaite et une anticipation des conséquences de chacun des choix potentiels. Dans les faits, la connaissance des conséquences est très souvent fragmentaire.
- 2) Comme il s'agit de conséquences futures, l'imagination doit suppléer au manque d'expérience en affectant une valeur. Mais l'anticipation des valeurs reste toujours imparfaite.
- 3) La rationalité oblige à choisir entre diverses alternatives possibles de comportement. En pratique, on n'envisage qu'un nombre très limité de cas possibles. » (Simon et al., 1983; Simon, 1976).

Le concept de rationalité limitée (Bounded Rationality) introduit par H. Simon (1983) met en avant que lors d'une prise de décisions, la rationalité des individus est limitée par les informations qu'ils possèdent, leurs capacités cognitives et la limite de temps pour prendre cette décision.

H. Simon considère plusieurs issues pour la rationalité limitée. Dans un premier temps, celle d'organiser l'apport d'informations aux individus dans une structure entrepreneuriale. Dans un deuxième temps, il s'agit d'immerger les individus dans une boucle information/décision pour ne rien laisser passer et pour pouvoir décider. Il s'agit aussi d'organiser l'information suivant la perception et les capacités des individus.

L'une des circonstances où la rationalité limitée joue un rôle important dans l'artisanat, mais aussi dans d'autres unités de production, est celle de la gestion du temps (Gasser, Fischer, & Toni, 2011). En effet, les artisans doivent placer un nombre important d'évènements, difficiles à mémoriser, et ceci dans des délais limités. Comme c'est le cas avec la prise en compte des besoins du client en termes de délais lors d'un rendez-vous sur le chantier.

2.2 Rationalité limitée et heuristique selon Simon

En complément aux notions de prise de décision rationnelle et de rationalité limitée, Herbert Simon introduit la notion d'heuristique dans un article intitulé « A behavioural model of rational choice » (Simon, 1955). Il propose que les individus utilisent des règles approximatives pour prendre des décisions plutôt que de considérer tous les paramètres d'un problème. Les heuristiques de jugement désignent des processus mentaux automatiques et rapides exécutés pour répondre aux objectifs d'une situation. Toutefois, elles sont sources d'erreurs.

Dans le même ordre d'idées, pour Amos Tversky et Daniel Kahneman, la prise de décisions rationnelles chez les individus n'existe pas vraiment, ce qui entraînerait des biais et des erreurs (Tversky & Kahneman, 1974). Dans un cadre où leurs ressources cognitives ne leur permettraient pas de prendre des décisions rationnelles, les individus font usage d'opérations mentales « intuitives, rapides et automatiques » (Kahneman, 2003a). Tversky et Kahneman établissent en l'occurrence plusieurs heuristiques dont celles de représentativité, de

disponibilité, d'ancrage et d'ajustement. Ils avancent que les heuristiques sont le fruit de réflexions non-rationnelles.

Les modèles d'heuristiques de jugement sont utilisés pour soutenir la prise de décisions des individus. Ils permettent un gain de temps, d'éviter aussi les erreurs et de porter des jugements sur des éléments abstraits. Les heuristiques peuvent avoir un caractère probabiliste ou non-probabiliste. Et, elles sont exprimables sous la forme de règles « SI...ALORS... » (Kahneman, 2003b).

Dans l'artisanat, les utilisateurs ont tendance à avoir recours de manière récurrente aux heuristiques. Par exemple, pour deviner des événements qui vont avoir lieu. C'est notamment le cas avec les commandes de ressources courantes auxquelles l'artisan pourvoit de manière régulière afin d'alimenter son activité. Ces commandes peuvent être en écart avec la situation présente. Dans une autre mesure, les artisans les utilisent fréquemment quand ils évaluent « intuitivement » une marge financière à appliquer sur la facturation d'un projet pour un client. Cette marge est évaluée à partir des connaissances courantes de l'artisan alors que celles-ci ne sont pas forcément en adéquation avec les informations sur la situation réelle. Une autre utilisation se manifeste lors de la poursuite d'un projet en fonction de leur confiance envers un client. A ce titre, l'artisan ne peut satisfaire à ses objectifs s'il n'en a pas les moyens : il ne poursuivra pas son projet s'il n'est pas réalisable et s'il n'a pas confiance en son client, bien que la confiance soit un concept éthique abstrait. Ces raisonnements sont sources d'erreurs et de défaillances par exemple lors d'une baisse soudaine d'activité entraînant des difficultés financières. Par exemple, en cas de baisse brutale d'activité, l'artisan pourrait être tenté de prendre rapidement un chantier même si celui-ci n'est pas rentable. La figure 1 présente un exemple d'heuristique que nous avons explicitée à partir de nos observations et entretiens avec les artisans. Elle concerne la prise de décision ou non de la poursuite d'un projet avec un client. Cet exemple met en avant à quelles contraintes l'artisan doit faire face pour chacun de ses choix.

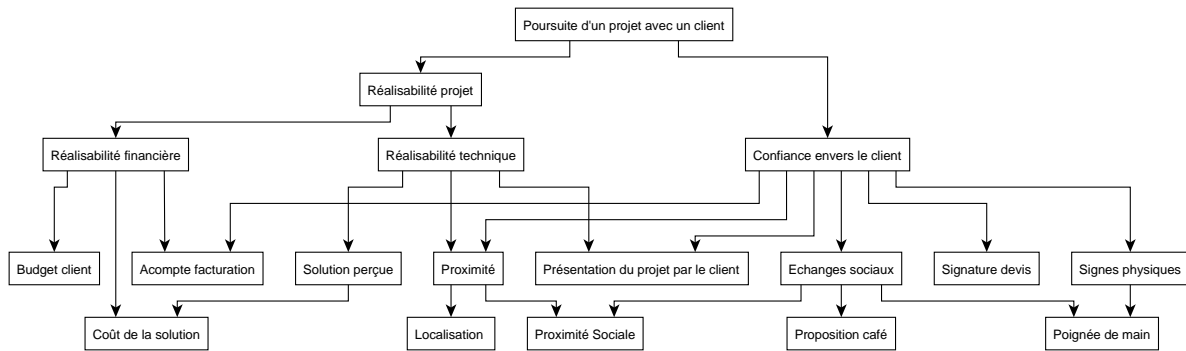


Figure 1 Exemple d'éléments d'information entrant dans la définition d'heuristiques utilisées par un artisan pour décider de la poursuite ou non d'un projet avec un client

Dans l'artisanat, les informations apportées à un artisan afin qu'il puisse prendre sa décision ne sont pas exhaustives, parfois elles sont opaques. En effet, en situation, l'artisan ne dispose pas de l'ensemble des éléments administratifs, comme par exemple ses marges, ou des éléments techniques pour prendre une décision efficace. De plus, il est limité en temps. Finalement, ses capacités cognitives sont limitées par la grande complexité des calculs à effectuer, comme dans la prise de décisions financières.

2.3 Une approche écologique des heuristiques

Pour H. Simon, le concept de rationalité limitée trouve son origine entre autres dans les connaissances d'un individu sur son environnement. Dans son article « Rational choice and the structure of environments » (Simon, 1956), il met en avant le rôle nécessaire de la perception de la structure de l'environnement dans une prise de décision rationnelle. Par la suite, Gigerenzer et Todd ont proposé d'utiliser le terme « rationalité écologique » pour décrire ce mécanisme (Gigerenzer & Todd, 1999; Goldstein & Gigerenzer, 2002; Todd, Fiddick, & Krauss, 2000).

Gerd Gigerenzer considère que lorsqu'un individu est soumis à des contraintes temporelles, cognitives, ou environnementales, celui-ci recherche la solution qui lui paraît marginalement la plus satisfaisante pour assurer sa prise de décision. Il stoppe la recherche de la solution dès qu'il a établi que sa solution est la plus satisfaisante par rapport au coût que pourrait engendrer une réflexion plus longue. Par exemple, lors d'un rendez-vous, un artisan préférera donner un prix approximatif suivant les informations qu'il a en mémoire plutôt que de laisser

passer une offre commerciale. Le principe de satisfaction est un concept évoqué par Simon dans la rationalité limitée pour caractériser un comportement qui cherchera à répondre aux contraintes d'un environnement.

Gigerenzer met en relief les propriétés de rapidité et d'économie des heuristiques. Des heuristiques « fast and frugal » sont utilisées par les individus ou les organisations, mais tout en limitant les biais cognitifs qui pourraient en résulter (Gigerenzer & Todd, 1999). En effet, des individus ignorant une partie de l'information pour prendre leur décision de manière rationnelle, utilisent des moyens adaptatifs assez performants (Gigerenzer & Gaissmaier, 2011). Par exemple, un artisan ne sait pas s'il peut faire confiance à un client car la notion de confiance est un processus abstrait. Par contre, il peut avoir basé cette heuristique de confiance sur le fait que ce client lui est offert un café ou non.

Les heuristiques « rapides et économes » telles qu'elles sont définies par Gigerenzer utilisent un temps court, peu de connaissances et permettent de calculer des choix adaptés dans un environnement donné. Ces heuristiques sont en relation directe avec les objets et les contraintes de l'environnement. D'après Gigerenzer, elles sont facilement exprimables au travers de règles de décision calculables. Il a donc été proposé un modèle informatique de décision qui recherche une solution optimale et stoppe cette recherche quand la solution lui apparaît comme satisfaisante.

Selon Gigerenzer, on peut analyser la rationalité écologique en articulant une étude sur la structure de l'environnement avec les heuristiques. La rationalité écologique est rendue possible par les solutions adaptatives apportées par les heuristiques sur des domaines spécifiques (Gigerenzer & Todd, 1999). Toutefois, l'environnement est composé de multiples contraintes et situations.

Pour Gigerenzer, l'individu use face aux contraintes environnementales de trois rationalités : la rationalité limitée, la rationalité écologique et la rationalité sociale. Pour la rationalité limitée, il s'agit de celle exprimée par Simon. Pour la rationalité écologique, les mécanismes de prise de décisions sont exploités en fonction des situations relatives à l'environnement auquel ils s'appliquent. La composition d'heuristiques écologiques se caractérise suivant la

structuration de l'information dans différents environnements (Gigerenzer & Todd, 1999).² Frédéric Laville propose une approche similaire où il lie la rationalité limitée à la cognition située (Laville, 2000). La cognition située désigne un courant de pensée où l'action humaine ne peut être interprétée que par rapport aux données de la situation. C'est à dire en rapport avec son environnement, comme pour la rationalité écologique. Mais, dans leur environnement, les individus sont confrontés à des interactions avec d'autres individus. Ils se fient à des règles sociales établies pour émettre des jugements rationnels, c'est-à-dire à une rationalité sociale. Par exemple, il peut s'agir dans l'environnement des relations de domination entre les individus ou d'affectivité. Les heuristiques qui interviennent dans la rationalité sociale sont difficilement explicables (Czerlinski, Gigerenzer, & Goldstein, 1999). La rationalité sociale fait appel à des états mentaux et des émotions comme la peur, elles sont attachées aux normes sociales présentes dans l'environnement (Hertwig & Herzog, 2009; Todd & Gigerenzer, 2007). Elle est aussi apparentée aux règles morales communes entre les individus d'un même système. Dans les décisions administratives, les règles sociales ont une finalité et un moyen commun : la confiance. La confiance doit être partagée lors des interactions entre les individus. Il s'agit d'un point clef observable dans l'activité des artisans.

Rationalité et confiance

Selon l'angle d'approche théorique, la confiance peut être appréhendée comme une valeur éthique dans la prise de décision ou bien comme une composante essentielle de la rationalité sociale. La confiance et la rationalité ont été mises en relation dans plusieurs études (Dufour, 2007; Lahno, 1995; Rompf, 2015). De plus, la confiance a aussi été étudiée au travers des différents types de rationalités, notamment celle écologique (Buechner, 2013). Il existe deux aspects de la confiance dans la rationalité : celle intervenant lors d'interaction entre des individus et celle intervenant entre un individu et un système ou automate.

La confiance joue un rôle important dans les interactions entre des partenaires. Elle encadre et influence leur prise de décisions. Afin d'identifier les questionnements sur la confiance, ainsi que ses différents marqueurs, il convient de la définir pour notre situation. Éloi Laurent

² Cette notion est à rapprocher de la notion d'affordance décrite par James Jerome Gibson (1904-1979) (voir Chapitre 3). Les affordances fusionnent les objets de l'environnement et les actions ou décisions qui peuvent leurs être affectées.

(Laurent, 2012) rejette la définition traditionnelle de sentiment personnel pour la confiance, et préfère l'interpréter comme « une espérance de fiabilité dans les conduites humaines, qui suppose un rapport à un autre être humain, dans le cadre d'une situation incertaine, dans un but et un contexte précis, cette espérance de fiabilité étant le fruit d'une volonté individuelle. La confiance peut prendre différentes formes, se construire selon diverses modalités (familiarités, habitudes, calcul, culture), et compter des degrés variables. ». La confiance est un phénomène de groupe. Ce phénomène est influencé par le domaine dans lequel il se positionne. En soi, c'est une composante écologique, dans la mesure où chez l'artisan elle est à la fois composée d'éléments fins-moyens tout en étant un élément de cet environnement. Le rapport de confiance, difficile à obtenir et à maintenir, peut être médiatisé par une institution. Cette institution est une autorité de confiance, elle se charge de réguler les échanges entre les parties, et de sécuriser leurs intérêts. Elle a aussi pour rôle d'éviter une « crise de confiance ». Et pour cause, accorder sa confiance, c'est se démunir par rapport aux autres. [(Usunier, 2000), "La confiance est intimement liée à l'idée de vulnérabilité...", « Le fait que la confiance consiste précisément à accepter cette vulnérabilité »]. Cependant, la confiance ne se joue pas sur un simple jeu d'autorité, elle doit être réciproque au sein d'un réseau social. Il convient pour cela de se méfier avant d'accorder sa confiance. Par sécurité, les échanges doivent donc être encadrés par une série d'actions (Act : Adapter / Corriger / Améliorer) et de contrôle (Check : Vérifier / Mesurer / S'évaluer). La confiance est rationnelle si elle est en accord avec les moyens de contrôle et d'action.

L'autre aspect de cette confiance est d'intervenir dans la relation entre un homme et un système automatique, notamment dans le cadre de l'allocation des tâches entre l'homme et la machine. Un principe général souvent admis dans ce champ d'étude est que pour permettre une allocation des tâches appropriée entre l'homme et la machine, l'humain doit disposer d'un certain niveau de confiance envers la machine (Lee & Moray, 1992, 1994; Moray, Inagaki, & Itoh, 2000; Muir, 1987, 1989; Zuboff, 1988). A partir des travaux de Muir (1987, 1989 – voir également (Barber, 1983; Rempel, Holmes, & Zanna, 1985)), Lee et Moray (1992) proposent quatre dimensions pour caractériser une confiance. Le niveau le plus concret est celui des fondements (« foundations ») qui correspond à l'attente à l'égard des lois naturelles. Fondamentalement, l'opérateur s'attend à ce que la machine respecte à tout moment les lois de la physique. Ceci permet à l'opérateur de s'assurer que le « ciel ne va pas lui tomber sur la

tête », pour reprendre la métaphore des auteurs. Dans le cas d'une interaction avec un partenaire humain, l'opérateur s'appuiera également sur des fondements moraux supposés stables. La seconde dimension de la confiance porte sur la performance. L'opérateur s'attend à un comportement stable de la part de la machine. La troisième dimension concerne les processus. Elle correspond à une compréhension des processus venant expliquer le comportement de l'agent, qu'il soit humain ou artificiel. Pour un humain, ces processus se formuleront en termes de traits de personnalité, de caractéristiques. Pour un système artificiel, il s'agit des règles et des algorithmes dirigeant le système. Enfin, la quatrième dimension de la confiance repose sur des buts (« purposes »). Il s'agit des intentions prêtées à l'individu ou au concepteur du système. On notera que ces quatre dimensions peuvent se hiérarchiser entre elles comme quatre niveaux plus ou moins abstraits décrivant la notion de confiance. Lee et Moray (1992) insistent également sur la dimension dynamique de cette confiance dans la relation entre les agents. La confiance est perturbée par les erreurs commises (fautes) et par une performance s'écartant des attentes.

Les notions de rationalités limitées, écologiques et sociales, bien que décrivant les formes d'heuristiques guidant l'interaction d'un individu avec son environnement, restent des notions centrées sur les processus cognitifs internes à l'individu. Dans le cadre de notre objectif de concevoir des aides techniques pour les artisans dans leurs tâches administratives, il est opportun d'aborder également la notion d'heuristique externe proposée à l'origine par Newell et Simon (1959).

2.4 Les heuristiques externes

Il a été peu souligné que les travaux de Newell et Simon n'ont pas uniquement développé une approche cognitiviste du système de traitement de l'information humain. À côté des notions de rationalité limitée et d'heuristique fondée sur des connaissances internes à l'individu, ces auteurs ont aussi proposé les notions de système symbolique externes et d'heuristiques fondées sur des systèmes externes de traitement de l'information. Dans l'environnement immédiat de l'individu, il existe bien souvent des systèmes techniques qui

constituent des supports significatifs au traitement de l'information permettant le déploiement d'heuristiques. Par exemple, l'utilisation d'un crayon et d'un papier est une forme d'heuristique pour soutenir la capacité limitée de la mémoire humaine. (Newell, Shaw, & Simon, 1959; Newell & Simon, 1961; Simon & Newell, 1959). Ces heuristiques permettent de soulager la prise de décisions en proposant d'allouer une partie des tâches à un support externe.

Les travaux en Intelligence Artificielle nés en grande partie des travaux de Newell et Simon et qui ont prédominé jusqu'aux années 80 se sont fortement fondés sur la notion d'heuristique interne en délaissant les apports potentiels de la notion d'heuristique externe. Les échecs relatifs qu'ont connus à cette époque les systèmes experts et le développement dans les années 90 des technologies de réseau informatique avec l'avènement du Web ont amené à envisager plus sérieusement les apports des systèmes informatiques en tant qu'aides cognitives externes, plutôt qu'en tant que système se substituant aux experts dans un domaine donné. Le développement plus récent des terminaux numériques mobiles conforte la perspective de considérer les systèmes informatiques comme porteurs d'heuristiques externes pour leurs utilisateurs.

Dans la section suivante, on étudiera les aides cognitives existantes comme une réponse à la rationalité administrative limitée des artisans, qu'elle soit écologique ou sociale.

2.4.1 Les aides cognitives existantes comme réponse à la rationalité administrative limitée des artisans

Pour pallier aux difficultés liées à la prise de décision, les artisans ont déjà tenté d'adopter des supports et des solutions, notamment au travers des outils d'information. Bien que possédant une grande variété de fonctionnalités et ayant des finalités différentes, ces outils n'ont pas connu une forte appropriation chez la plupart des artisans (Deltour, Farajallah, & Lethiais, 2000; Huiban & Souquet, 2012).

En ergonomie, il existe des méthodes et des solutions pour rendre ces outils plus acceptables. Toutefois, il n'a pas encore été évalué si celles-ci étaient des perspectives idéales pour notre domaine de l'artisanat et ses problématiques.

Malgré l'existence d'un nombre important d'outils de gestion, traitant du domaine administratif dans l'artisanat, l'adoption de ceux-ci n'a subi qu'une lente progression (Deltour et al., 2000; Huiban & Souquet, 2012). Les causes de ce rejet sont dues notamment à la spécialisation de ces outils, peu adaptés à la population visée, et à leur grande complexité. L'intérêt de ces outils est de répondre à deux contraintes : dans un premier temps, il s'agit d'apporter de l'information à l'artisan ; dans un second temps, il s'agit de permettre une mobilité de l'artisan.

Nous allons d'abord considérer successivement les réponses informatiques existantes sur les deux aspects précédents. Puis, on examinera les solutions de support des heuristiques externes au travers d'architectures cognitives existantes.

2.4.1.1 Les solutions de la mobilité

L'activité technique de l'artisan se localise principalement sur le chantier. Pour répondre aux contraintes de recevoir de l'information en mobilité, c'est-à-dire sur chacun des chantiers, les concepteurs ont optés récemment pour différents dispositifs techniques.

Il existe deux dispositifs qui sont largement déployés pour répondre à la mobilité : les terminaux mobiles et les systèmes en nuage (« cloud computing »).

Les terminaux mobiles comme les smartphones ou les tablettes ont l'avantage de pouvoir recevoir de l'information déportée. Ils sont largement utilisés comme outils d'information depuis l'apparition de systèmes d'exploitation robustes basés sur des applications facilement implémentables. Cependant, leur taille d'écran faible rend difficile l'apport d'informations complexes, ce qui a tendance à bloquer leur adoption pour la prise d'informations professionnelles.

Le cloud computing, ou l'informatique en nuage, utilise la puissance de calcul et de stockage de serveurs informatiques distants par l'intermédiaire d'un réseau, généralement Internet, pour fournir de l'information aux utilisateurs. Si elle permet d'apporter une information rapide, précise et synchrone à ses utilisateurs pour répondre à des problématiques de l'entreprise, elle nécessite une connexion à ses réseaux. Dans le cadre d'une structure artisanale du bâtiment, elle permet par exemple d'avoir accès aux données clients de manière déportée sur les chantiers.

Les solutions informatiques dans le domaine de l'artisanat sont différents types de logiciels ou d'applications proposés aux artisans afin de les soutenir dans leurs activités quotidiennes.

On considèrera quatre groupes principaux d'outils informatiques existants : les progiciels de gestion intégrés, les outils de gestion spécialisés, les outils orientés métier, et les outils sur tableur.

2.4.1.2 Progiciels de gestion intégrée

Les progiciels (Enterprise Resource Planning ou ERP) intègrent au moins deux des principales composantes fonctionnelles d'une entreprise : gestion de production, gestion commerciale, logistique, ressources humaines, comptabilité, contrôle de gestion. Certains des ERP combinent des outils pour gestion de la relation client (GRC) (Customer Relationship Management ou CRM). Les CRM sont des outils destinés à capitaliser puis réutiliser les informations relatives aux clients et aux prospects. Les avantages des ERP sont nombreux, cela provient du fait qu'ils apportent des solutions complètes pour envisager l'ensemble des contraintes dans la gestion d'une entreprise. Les ERP ont toutefois le désavantage d'être complexes et nécessitent un haut niveau d'expertise de la part de ses utilisateurs. Ils ont aussi l'inconvénient d'engendrer des modes opératoires et des routines contestables dans les entreprises (Deltour et al., 2000; Meissonier, s. d.). Pour finir, ils sont parfois très coûteux, et lourds à mettre en place.

2.4.1.3 Outils de gestion spécialisés

Il existe un ensemble important de logiciels ne répondant pas aux critères des ERP, mais satisfaisant au moins l'une des composantes principales de gestion :

- gestion de production : outils permettant d'optimiser la production dans une entreprise ;
- gestion commerciale : on répertorie l'ensemble des outils de création et gestion de devis et les outils de prix / coût de revient ;
- logistique : outils gérant la logistique d'une entreprise ;
- ressources humaines : il s'agit par exemple d'outils de gestion des équipes, mais aussi des outils de paye ;

- comptabilité : ensemble des outils destinés à la comptabilité dans une entreprise.

Ces outils sont performants sur une activité spécifique, mais ne répondent pas à l'ensemble des contraintes d'un artisan³. Leur spécialisation fonctionnelle présente l'inconvénient de ne pas faciliter la prise de décisions chez les artisans en occultant certaines parties de leur environnement.

2.4.1.4 Outils orientés métier

Parmi les outils conçus pour les artisans, certains sont un support spécifique pour certaines activités de leur métier, comme par exemple les logiciels établissant des devis sur la base des plans techniques. Malgré leur performance, ces logiciels sont cantonnés à la situation pour laquelle ils sont implémentés, et nécessitent souvent une forte expertise préalable.

Les tableurs sont des outils privilégiés dans les PME. En effet, qu'ils soient créés par l'utilisateur final ou non, ils bénéficient d'une forte adoption. Outre l'avantage capital qu'ils soient peu onéreux, ils ont aussi les capacités à correspondre aux attentes précises des utilisateurs, mais aussi d'être suffisamment flexibles et évolutifs. Toutefois, les outils sur tableur ont pour inconvénient de ne satisfaire qu'à la situation d'une seule entreprise. De plus, ils comprennent souvent de nombreuses erreurs d'implémentation, ce qui engendre certains risques dans leur utilisation (Panko & Halverson, 1996; Panko, 1998).

2.4.2 Les solutions d'architecture cognitive comme supports d'aide

³ On notera avec une attention particulière l'apparition récente des applications web pour la gestion de l'environnement artisan (« CAPEB 71 », s. d., « monbati », s. d., « tab2bord », s. d.), ainsi que la présence d'outils « cloud » de gestion de facturation (« gaurilla », s. d., « hiveage », s. d., « invoice2go », s. d.) et celle d'outils cloud très complets (« sage btp-batiment », s. d.).

La psychologie cognitive a proposé divers outils pour faciliter la conception d'aides notamment à l'aide de modèles cognitifs. Les modèles cognitifs sont des représentations simplifiées visant à modéliser des processus ou schèmes intellectuels.

Dans le cadre de la rationalité limitée, ils peuvent permettre de simplifier les processus de jugement mis en œuvre pour résoudre les contraintes d'une activité. Ces modèles sont cependant souvent normatifs et ne permettent de traiter qu'un seul type de contraintes.

Parmi les modèles cognitifs, certains (ACT-R, SOAR) détaillent le fonctionnement du module expert, et l'utilisation des connaissances procédurales et déclaratives dans la prise de décisions (Anderson, 1988, 1996; Anderson et al., 2004; Muller, Heuvelink, & Both, 2008; Peebles & Banks, 2010). L'intérêt de ces modèles est qu'ils (ACT-R, SOAR) se sont directement inspirés des travaux de Allen Newell (Newell, 1990). On peut les considérer comme des supports valables pour l'exploitation des heuristiques externes.

Ces modèles ont donné lieu à l'élaboration d'un outil (John & Suzuki, 2009) permettant au travers d'un cadre méthodologique normatif (GOMS) de simuler le fonctionnement cognitif d'un utilisateur sur une interface. Cet outil permet d'évaluer certains aspects de l'utilisabilité d'une interface : comme la facilité et l'efficacité d'accès aux dispositifs de commande et contrôle sur un environnement (John & Suzuki, 2009).

Dans la théorie de l'ACT-R, les mécanismes cognitifs sont le résultat d'une interaction entre les connaissances procédurales sous la forme de règles de production, et les connaissances déclaratives représentées sous la forme de chunks (groupements de faits, de buts à réaliser ou d'événements épisodiques) (Anderson, 1988, 1996). La sélection d'une règle de production à activer à un moment donné et l'activation d'un chunk sont soumises à des paramétrages subsymboliques.

L'organisation de l'information dans le modèle ACT-R est liée à l'environnement. Autour d'un cadre « production », destiné à l'exécution des règles de production, s'articulent quatre modules. Le module visuel qui permet l'identification d'objet dans le champ visuel, le module manuel qui joue un rôle dans le contrôle moteur par exemple pour les mains, le module déclaratif qui réutilise les informations mises en mémoire, et le module de but qui souligne les intentions et les buts d'un individu (voir Figure 2 L'organisation de l'information dans ACT-

R 5.0. L'information dans les "Tampons" associés avec les modules répond aux et influe sur les règles de production (Anderson, 1996).

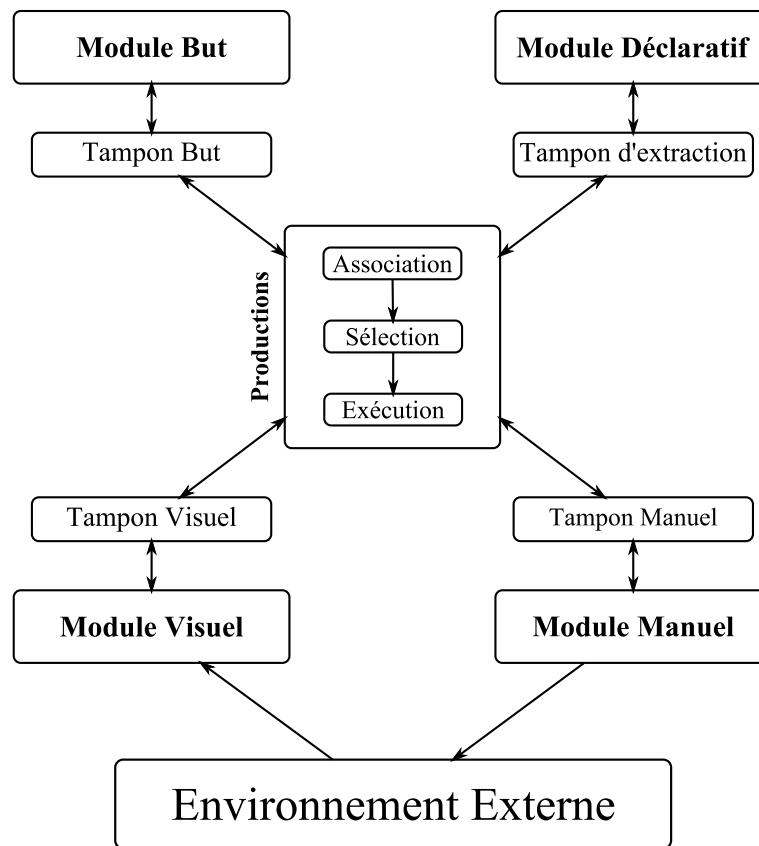


Figure 2 L'organisation de l'information dans ACT-R 5.0. L'information dans les "Tampons" associés avec les modules répond aux et influe sur les règles de production (Anderson, 1996)

Le modèle ACT-R fondé sur la base d'une analogie avec le traitement de l'information par l'ordinateur a montré sa validité pour décrire le traitement de l'information chez l'humain. Partant de cette similitude entre l'ordinateur et l'humain, ce modèle a été utilisé dans un nombre important de publications. Il a montré ses performances dans le soutien des individus notamment sur des tâches d'apprentissage (Anderson, 1988; Anderson et al., 2004; Reitter & Lebiere, 2010) ou de recherche d'informations (Pirolli & Fu, 2003; Pirolli, Fu, Reeder, & Card, 2002).

ACT-R aurait également l'avantage de permettre la modélisation de systèmes d'information ouverts et mobiles, à travers la possibilité de décrire des paramètres contextuels activant des connaissances déclaratives et sélectionnant des connaissances procédurales.

Toutefois, cette modélisation est difficile à mettre en place. En effet, elle nécessite une structuration importante des informations à transmettre aux individus en fonction du contexte. De même, celle-ci doit aussi correspondre à l'utilisateur suivant son expertise. En effet, chaque structure artisanale a sa propre vision de ses activités. De plus, la complexité de l'activité artisanale peut être difficile à structurer. Pour finir, elle ne permet pas de transcrire une architecture d'information suffisante pour que les individus puissent prendre une décision. Il s'agit au final d'une approche centrée sur l'individu plus que sur l'environnement et la structure des informations qu'il détient ; ces informations étant pertinentes ou non pour l'artisan.

2.5 Les logiques de conception d'aides cognitives

La conception de ces aides cognitives pour les artisans est liée à certaines méthodes qui sont adoptées par les concepteurs ou ergonomes. Les travaux actuels mettent en avant deux types de modèle de conception : le modèle prescriptif et le modèle descriptif (Hoc & Darses, 2004; Visser, Darses, & Détienne, 2004).

2.5.1 Modèle prescriptif

Les modèles prescriptifs (ou normatifs) de la conception servent à guider le processus de conception. Ces modèles sont dirigés par des méthodes et des normes de référence. Ces modèles orientent la conception par des étapes à effectuer dans un ordre prédéterminé, établies au sein d'une tâche prescrite.

L'un des aspects du modèle prescriptif est donc qu'il nécessite souvent une analyse de la tâche prescrite. Les méthodes d'analyse par la tâche s'attachent à modéliser un système tel qu'il devrait être. La plupart des techniques (HTA, GOMS) identifient des séquences d'actions pour compléter des tâches et sont des approches basées sur un suivi d'instructions. Ces techniques sont limitées lorsqu'elles sont confrontées à des situations non séquentielles.

L'analyse de la tâche classique est une méthode normative servant à l'identification et l'analyse des tâches nécessaires à l'interaction avec des systèmes. L'analyse de la tâche décrit l'ensemble des processus cognitifs ou d'interactions avec l'environnement nécessaire pour

que l'opérateur puisse atteindre ses objectifs. L'utilisation de cette méthode permet de définir précisément les informations nécessaires pour résoudre les problématiques d'une situation précise, notamment les connaissances procédurales et les données temporelles (Jamieson, Miller, Ho, & Vicente, 2007). Toutefois, l'analyse de la tâche (Task Analysis, TA), bien qu'appréciée dans le domaine industriel pour sa stabilité à exécuter des procédures, ne peut pas être considérée comme une approche écologique car elle échoue à représenter l'ensemble des contraintes de l'environnement perçu. Plus que l'activité réelle, les méthodes classiques d'analyse de la tâche décrivent une tâche prescrite optimale. L'une des principales critiques de ces modèles est qu'ils répondent à une seule situation définie et ne sont pas assez flexibles.

2.5.2 Modèle descriptif

Les modèles descriptifs sont moins formels. Les auteurs adoptent une approche analytique qui peut s'opérer généralement par une description de l'activité, ou du besoin des utilisateurs.

Il existe différents modèles. Le système général de l'activité d'Engeström en est un exemple (Engeström, 1987). Ce modèle, issu de la théorie de l'activité, met en avant la communauté (groupe de partageant le même but) au centre des activités de production. La théorie de l'activité, tirée des travaux de Leontiev et Vygotski, met en avant la conscience comme un ensemble discret d'actes cognitifs désincarnés (desembodied) telles que la prise de décision ou la classification. L'avantage du système général de l'activité tient dans son caractère systémique qui permet d'adopter l'ensemble du contexte des activités.

Ces modèles notamment ceux orientés autour de l'activité utilisent des méthodes d'analyses pour prendre en compte leur contexte opérationnel. On peut donner en exemple les méthodes d'analyse de l'activité réelle. Les méthodes d'analyse de l'activité réelle consistent en l'observation de l'activité des opérateurs en situation. L'objectif est de circonscrire les besoins des opérateurs au regard des exigences effectives de leur travail. A travers des enregistrements vidéo, il est possible d'analyser finement les différentes étapes de l'activité et la manière par laquelle l'outil à concevoir pourrait s'inscrire au sein de ces étapes. L'analyse des relevés d'erreurs ou des demandes d'assistance peuvent également fournir des éléments sur les besoins opérationnels des opérateurs. L'inconvénient majeur de ces méthodes réside

dans leur caractère empirique. L'occurrence d'événements dans un contexte donné ne présage en rien d'un besoin généralisable. L'observateur est dépendant des différents moments et lieux, ce qui nécessite un temps long d'observation.

2.6 Conclusion

Les notions de rationalité limitée, écologique, ou sociale, d'heuristiques permettent de bien saisir le contexte cognitif dans lequel se situe l'artisan face à ces tâches administratives. Dans ce contexte, la conception d'aides cognitives permettant de compenser les limites d'une rationalité individuelle constitue une voie prometteuse. Toutefois, les outils préexistants et les méthodes traditionnellement utilisées pour les concevoir apparaissent comme insuffisants au regard des besoins et des profils des artisans. La conception d'aides cognitives à la gestion administrative chez les artisans constitue ainsi un véritable verrou pour la recherche en ergonomie.

En réponse à ce défi, nous avons choisi l'approche écologique développée en ingénierie cognitive pour proposer une nouvelle forme d'aide cognitive.

En se fondant sur une analyse des contraintes fonctionnelles auxquelles doit faire face un travailleur, l'ingénierie cognitive propose une démarche qui permet de dépasser les contraintes méthodologiques liées à l'explicitation des besoins auprès des artisans. En effet, sur la base d'une ontologie fonctionnelle du domaine de travail, l'ingénierie cognitive peut offrir un modèle qui est le fruit d'une description de l'environnement administratif des artisans plutôt qu'un modèle tentant d'explicitier des besoins qui sont difficilement exprimables au sein de cette population.

De plus, il est fort probable que les connaissances dont les individus ont besoin pour réaliser leurs tâches administratives soient codées sous la forme de procédures difficilement accessibles par le langage. En outre, l'approche classique en ergonomie « orientée utilisateur » n'a pas pour vocation première la représentation des chaînes de fins-moyens. Or, cette représentation est attendue pour prendre une décision et peut être explicitée à travers une approche écologique du travail. Simon a montré que ces chaînes fonctionnelles ainsi que la perception de la structure de l'environnement sont déterminantes dans la prise de choix

rationnels (Simon, 1956). En effet, la connaissance complète des structures abstraites de celui-ci faciliterait la prise de décision rationnelle. Dans le chapitre suivant, on définira l'approche écologique et les outils hérités de celle-ci. Puis, on évaluera l'intérêt et le potentiel de ces outils.

Chapitre 3. L'approche écologique en ingénierie cognitive

Dans ce chapitre, on présentera l'approche écologique en ingénierie cognitive. Puis, on présentera le cadre méthodologique général, dominant dans ce champ de recherche : l'analyse cognitive du travail (Cognitive Work Analysis – CWA, Vicente, 1999). Ce cadre méthodologique s'est décliné pour la conception d'IHM à travers les notions d'interface écologique que nous présenterons également.

3.1 Approche écologique et ingénierie cognitive

L'ingénierie cognitive est née avec les travaux de Jens Rasmussen, ingénieur danois préoccupé tout particulièrement par l'ergonomie des postes de supervision en centrale nucléaire. A l'époque, Rasmussen chercha en vain à appliquer directement les modèles conceptuels issus des recherches en psychologie expérimentale. Face au manque d'opérationnalité de ces modèles, il se propose d'élaborer un ensemble de schémas théoriques (« templates ») à partir de différents savoirs en psychologie, en ingénierie, en ergonomie, et de son expérience dans l'observation du travail des opérateurs. Ce projet ambitieux, que l'on peut trouver tout particulièrement dans son ouvrage princeps intitulé « Information processing and human-machine interaction : an approach to cognitive engineering » (Rasmussen, 1986), va permettre à la fois de fournir à la communauté des ergonomes non seulement un ensemble d'outils conceptuels et méthodologiques, qui feront la spécificité de ce que l'on appelle aujourd'hui l'ingénierie cognitive, mais également d'introduire sur le plan théorique une nouvelle approche des situations de travail se détachant de l'approche cognitiviste classique. Cette nouvelle approche consiste à considérer la situation de travail sous un angle écologique. A travers un point de vue écologique, il s'agit de souligner l'importance des caractéristiques de l'environnement sur lequel l'opérateur agit pour comprendre les contraintes et les degrés de liberté dont dispose cet opérateur dans son travail. Ce qui explique de manière significative le comportement d'un opérateur, c'est l'état de l'environnement qu'il doit superviser ou

transformer. Cet environnement déterminant dans l'explication des comportements de l'opérateur est appelé le domaine de travail.

D'un point de vue théorique, Rasmussen fait référence aux travaux du psychologue J.J. Gibson pour conforter cette approche centrée sur le domaine de travail plutôt que sur l'opérateur. A travers ses travaux sur la perception, Gibson a initiée une approche écologique de l'être humain dans laquelle le concept d'information va se voir redéfini au regard de l'approche cognitiviste classique. Classiquement, l'information est considérée en psychologie cognitive comme une unité produite par une chaîne de traitement complexe, interne à l'individu, permettant l'identification puis la compréhension d'un stimulus. Pour Gibson, cette chaîne de traitement de l'information n'existe pas au niveau psychologique. La signification d'un stimulus est comprise en elle-même dans le stimulus : percevoir son environnement, c'est déjà le comprendre (Gibson, 1979). Un concept-clef proposé par Gibson pour décrire ce phénomène et repris par Rasmussen en ingénierie cognitive est celui d' « affordance ». Les affordances, dont l'étymologie provient du verbe « to afford », désignent les possibilités offertes à un individu pour interagir avec son environnement (Gibson, 1979). Les affordances désignent les propriétés d'un environnement telles qu'elles peuvent être perçues par un individu, humain ou animal. Elles définissent donc directement l'écosystème homme-environnement. Gibson considère les affordances à la fois comme des entités objectives (éléments de l'environnement réel) et subjectives (éléments propres au point de vue de l'individu percevant). Pour un individu donné, les affordances sont perçues directement lors de variations de la structure de l'environnement ou lorsque celui-ci se déplace. Il perçoit alors des formes et leurs associe différents degrés de liberté lui permettant d'agir dessus cet environnement. Un point important de l'approche de Gibson est de considérer que l'humain a la capacité de capter des propriétés de son environnement qui peuvent être abstraites, comme les lois physiques qui dirigent l'environnement ambiant. La particularité des affordances abstraites au regard de celles concrètes est qu'elles sont le plus souvent non directement accessibles. Gaver (1991) parle ainsi d'affordances cachées, ce qui rend leur perception compliquée. L'accès à ces affordances cachées nécessite alors de la part de l'observateur un apprentissage perceptif, l'accès à une expertise lui permettant de voir directement les éléments abstraits de son environnement. Dans le champ de l'artisanat, les critères de prise de décision comme la confiance constituent des affordances cachées. C'est

par le développement de son expertise que l'artisanat réussira à percevoir des signes, comme certains comportements chez ses interlocuteurs, révélateurs de la présence d'un certain niveau de confiance.

Cette approche écologique du traitement de l'information va conduire J. Rasmussen et les travaux ultérieurs en ingénierie cognitive (Bennett & Flach, 2011; Burns & Vicente, 1995; Rasmussen & Goodstein, 1985; Rasmussen, 1986; Sanderson & Naikar, 1999; Vicente & Rasmussen, 1992) à focaliser tout particulièrement l'analyse des situations de travail sur la description ontologique des propriétés de l'environnement sur lequel des opérateurs agissent. A travers une analyse du domaine de travail, il s'agit de décrire l'ensemble des affordances concrètes et abstraites pertinentes pour la réalisation par l'opérateur d'un ensemble de tâches. A partir de cette description, il sera alors possible d'envisager les moyens – notamment cognitifs, mis en œuvre par les opérateurs pour percevoir, prendre des décisions et agir sur ces affordances. Enfin, il est à souligner que le travail de conceptualisation mené par Rasmussen, puis par la suite par Vicente (1999) a articulé de manière originale l'approche écologique proposée par Gibson avec certains aspects théoriques proposés par H. Simon. Au moins deux aspects théoriques des travaux de Simon se retrouvent dans l'ingénierie cognitive proposée par ces auteurs : la notion de réseau « fins-moyens » définissant la rationalité limitée mise en œuvre par un individu et la notion d'environnement de la tâche définissant l'espace-problème dans lequel navigue mentalement l'opérateur durant son activité cognitive. Toutefois, dans les deux cas de figure, l'approche écologique a cherché à objectiver ces deux concepts en les inscrivant dans le domaine de travail. Ainsi le réseau « fins-moyens » de la rationalité va se voir objectiver dans le réseau de propriétés détenu par le domaine de travail. Il ne s'agit alors plus de relations entre des symboles internes, mais entre des affordances. L'environnement de la tâche constitué de l'environnement organisationnel, des consignes, des règles et des aides cognitives externes disponibles et qui contraint les dimensions de l'espace-problème va se voir décomposer en des ensembles de contraintes emboîtés les uns dans les autres.

3.2 Méthodes en ingénierie cognitive

Deux grands apports de l'ingénierie cognitive peuvent être retenus sur le plan méthodologique. Le premier apport réside dans la proposition d'une démarche d'analyse du travail ayant pour fondement une description des contraintes multiples qui configurent ce à quoi doit correspondre un poste de travail. Il s'agit de l'analyse cognitive du travail. Le second apport est l'application du « raisonnement écologique » à la conception d'interfaces homme-machine.

3.2.1 L'analyse cognitive du travail - CWA

L'analyse cognitive du travail (Cognitive Work Analysis, CWA) est un cadre méthodologique proposé par Vicente pour modéliser des systèmes sociotechniques complexes (Vicente, 1999). Elle tire son origine des travaux de Rasmussen (Rasmussen, 1992).

La CWA postule que la conception d'un poste de travail doit correspondre à la solution qui émerge d'un respect d'une série d'ensembles de contraintes emboîtés les uns dans les autres. Si la solution de conception finale respecte ces différents ensembles de contraintes, alors on pourra dire que cette solution est adaptée aux contraintes de la situation de travail. Le premier ensemble de contraintes est essentiel car c'est lui qui pose les prémisses qui vont guider la spécification des autres ensembles de contraintes inclus dans ce premier ensemble. Dans l'approche écologique, ce premier ensemble englobant les autres est celui constitué de l'ensemble des affordances du domaine de travail pouvant être perçu potentiellement par l'opérateur durant son activité. Le second ensemble emboîté dans le premier va être constitué des contraintes liées à la réalisation effective d'une tâche donnée par l'opérateur. Cette réalisation implique des perceptions et des actions sur le domaine de travail constituant les bases de la réalisation d'une tâche sur le domaine. Puis, d'autres ensembles liés à la mise en œuvre de stratégies spécifiques, d'une organisation du travail et de la mise en œuvre de compétences cognitives viendront spécifier plus précisément l'espace-problème dans lequel un opérateur navigue mentalement à un moment donné. Concrètement, l'étude de ces différents ensembles emboîtés les uns dans les autres implique différents outils méthodologiques pour concevoir ou reconcevoir des systèmes sociotechniques (Naikar, 2011).

La CWA se distingue ainsi des autres approches d'analyse du travail normatives et descriptives (Vicente, 1999) (voir Chapitre 2). Vicente considère la CWA comme une approche structurale (« Formative ») car étant basée sur la structure constituée d'un domaine de travail. Cette approche structurale permet à un agent d'envisager plusieurs chemins possibles pour atteindre son but. Ces avantages font de la CWA une approche intéressante pour la conception d'heuristiques externes. Nous allons à présent voir les différents outils méthodologiques utilisés par la CWA. Nous aurons l'occasion de développer par la suite une analyse de certains de ces outils dans le cadre de notre étude.

3.2.1.1 L'analyse du domaine de travail

L'analyse du domaine de travail (Work Domain Analysis, WDA) définit l'ensemble des contraintes physiques, sociales et culturelles propres à un domaine de travail, ainsi que leurs buts et les ressources physiques, pour qu'un opérateur puisse interagir avec ceux-ci. L'analyse du domaine de travail s'exprime au travers d'un espace à deux dimensions : il est formé d'une Hiérarchie d'Agrégation (ou de Raffinement, HR), dont la décomposition est sous une forme « partie-tout » et d'une Hiérarchie d'Abstraction (HA), dont la décomposition transparaît sous la forme « fins-moyens ». La WDA est la méthode que l'on utilisera pour fixer la structure de l'environnement de l'artisan. L'analyse du domaine de travail ainsi que ces fondations méthodologiques et théoriques seront exposées plus en détail dans une autre section (voir 3.2.1.1).

3.2.1.2 L'analyse de la tâche

L'analyse de la tâche succède à l'analyse du domaine de travail dans l'application de la méthode CWA. Dans le cadre de l'approche écologique, la notion de tâche diffère de celle employée classiquement. Tandis que la tâche en ergonomie désigne l'ensemble des objectifs prescrits dans le cadre d'une situation de travail, la tâche dans sa définition écologique correspond à la nécessité pour l'opérateur de mettre en œuvre des séquences d'opérations sur le domaine de travail à travers la perception d'affordances à un moment donné et l'action sur celles-ci. L'analyse écologique de la tâche peut servir à définir les procédures de travail et les tâches à prescrire. Elle part des besoins fonctionnels au regard du domaine de travail et non pas d'éléments préalablement prescrits. L'analyse de la tâche (TA) détaille les

informations fonctionnelles du domaine de travail à présenter suivant les situations opérationnelles. La TA et la WDA sont les deux méthodes complémentaires qui permettent de mener à bien l'analyse de la situation de travail. La WDA modélise la structure du domaine de travail, suivant les contraintes de l'environnement. La gestion des processus ou actions permettant de résoudre les contraintes du domaine de travail appartient à la TA. Face à des situations spécifiques présentes dans l'espace des contraintes du domaine, la TA va proposer des leviers d'informations caractéristiques pour une interaction.

Certains auteurs considèrent que des méthodes d'analyse classique de la tâche comme l'analyse hiérarchique de la tâche (HTA) peuvent servir à une analyse écologique de la tâche (Jenkins, Stanton, Walker, Salmon, & Young, 2006; C. A. Miller & Vicente, 2001). Toutefois, nous retiendrons l'idée importante qu'une méthode comme HTA a été élaborée pour décrire des tâches prescrites et non pas dans une optique écologique (Morineau, Morandi, et al., 2009). De son côté Rasmussen proposa la double échelle de prise de décision comme outil pour décrire les contraintes propres à la réalisation d'une tâche face à un domaine de travail (Rasmussen & Goodstein, 1985). Cette échelle de décisions a trouvé une application pour la prise de décisions dans le domaine administratif, dans le cadre d'activités concernant la planification et l'organisation du temps (Gasser et al., 2011).

Nous intégrerons l'analyse de la tâche dans nos travaux comme moyen de valider un modèle du domaine de travail.

3.2.1.3 L'analyse des stratégies

L'analyse des stratégies rend compte des conduites mises en œuvre par un opérateur pour satisfaire une tâche. Vicente définit les stratégies comme une catégorie cognitive de tâches qui transforment une connaissance dite initiale en une autre connaissance finale (Vicente, 1999). Cette définition tranche avec celle habituellement donnée qui définit les stratégies comme un ensemble de patterns d'activités planifiées.

L'outil utilisé pour modéliser l'analyse des stratégies est la carte de flux d'informations (Naikar, 2011). Celle-ci détaille les possibilités de variations qui peuvent être présentées comme des constructions stables respectueuses de l'ensemble des situations de travail particulières. Cet outil représente les stratégies en termes de processus cognitifs et de liens potentiels

d'informations entre ces processus. Une stratégie peut avoir différents chemins et ajustements possibles. Il existe un parallèle possible entre ces stratégies et les heuristiques de jugement, appliquées directement sur le domaine de travail.

3.2.1.4 L'analyse socio-organisationnelle

L'analyse socio-organisationnelle s'intéresse aux contraintes d'allocation, de distribution ou de coordination, relatives aux stratégies à utiliser pour un domaine. En effet, il convient d'organiser l'ensemble des ressources humaines ou matérielles avec lesquelles un opérateur peut interagir. Cela induit des choix sur l'allocation des tâches ou des contraintes à traiter dans le domaine de travail. Cette analyse induit un choix quant au partage des informations entre les différents acteurs, opérateurs et automates, d'une organisation.

3.2.1.5 L'analyse des compétences requises

L'analyse des compétences requises est la dernière étape de la CWA. Elle vise à étudier les compétences nécessaires de la part des opérateurs pour traiter les contraintes préalablement mises en évidence par les autres analyses. L'intérêt de cette analyse est de partager le travail entre les opérateurs ou composantes d'une organisation en fonction de leurs compétences. Ainsi, elle intervient aussi pour déterminer qui est le plus à même au sein d'une organisation d'effectuer une prise de décisions ; en fonction de ses connaissances, de ses habilités ou des procédures qu'il a mis en place.

La taxinomie « Skills, Rules, Knowledge » SRK (Habilités (Automatismes), Règles et Connaissances) fournit une structure liant la situation de travail et les connaissances de capacités humaines ainsi que ses limitations (Rasmussen, 1983). Il s'agit de catégoriser les comportements échus pour traiter les différentes contraintes⁴. Chaque niveau de la hiérarchie fournit une catégorie de contrôle cognitif ou le procédé par lequel les contraintes sont perçues et traitées de manière interne.

Les comportements basés sur les connaissances font références à des raisonnements de type analytique. Les comportements basés sur les règles font références à des comportements

⁴ Pour Kahneman (Kahneman, 2011), ces catégories sont sous la forme de deux systèmes correspondant aux Habilités (Automatismes) et Connaissances (Lintern, 2003).

procéduraux de type « si...alors » entre les actions perçues et le comportement approprié. Les comportements basés sur les habilités désignent les comportements réalisés en temps réel, c'est-à-dire ceux qui ont un couplage direct avec l'environnement. Le modèle SRK a tout particulièrement été utilisé dans le champ de l'ingénierie cognitive pour développer un nouveau cadre méthodologique, qui est celui de la conception d'interfaces écologiques (Ecological Interface Design, EID).

3.2.2 La conception d'interface écologique – Ecological Interface Design (EID)

La conception d'interface écologique est une méthode de conception d'interface proposée par Rasmussen et Vicente (Rasmussen & Goodstein, 1985). À ce jour, l'EID a été appliquée à de multiples systèmes complexes dont la gestion de réseau informatique, l'anesthésiologie, le système de contrôle-commande militaire, et les avions (Burns & Hajdukiewicz, 2013; Vicente, 2002).

Trois principes ergonomiques dirigent la définition de ce que doit être une interface écologique : la manipulation directe, la correspondance entre l'interface et le domaine de travail, la représentation exhaustive du domaine de travail sur l'interface (Vicente, 2002). Ces trois principes n'ont pas été identifiés d'une manière normative, arbitraire ou bien à partir d'une forme d'intuition ergonomique, mais sur la base d'une analyse écologique de l'interaction entre un opérateur et le domaine de travail sur lequel il agit. Depuis ses premiers travaux sur l'automatisation des tâches de supervision en centrale nucléaire, Rasmussen (1986) a identifié un point critique dans l'interaction homme-machine consécutif à cette automatisation. Ce point critique est la mise à distance toujours plus grande de l'opérateur au regard du domaine du travail, du fait de l'intégration d'automates toujours plus complexes et sophistiqués entre cet opérateur et le domaine. Concrètement, l'opérateur en centrale nucléaire qui auparavant manipulait directement une vanne sur le dispositif se retrouve après l'effort d'automatisation, face à un écran informatique disposant d'icônes sur lesquelles il n'a qu'à cliquer pour ouvrir/fermer la même vanne. La boucle sensori-motrice antérieure activée est brisée par l'adjonction de l'automate. L'opérateur manipule des symboles et des règles de fonctionnement arbitraire pour réaliser ses tâches, alors qu'auparavant il activait des

habiletés sensori-motrices et des règles intuitives de manipulation des dispositifs. Autrement dit, l'automatisation des postes de travail produit une artificialisation de ceux-ci éloignant l'individu d'une interaction directe avec son environnement de travail fondée sur des règles écologiques d'adaptation mutuelle entre l'individu et l'environnement.

Au passage, on notera que D. Norman a également cherché à exploiter la notion d'affordance dans la conception des objets et instruments du quotidien (Norman, 2002). Mais, il envisageait les affordances uniquement suivant l'angle des propriétés physiques qui se dégagent d'un objet lors de sa perception. Dans les interfaces d'un système d'information, Norman considère qu'il s'agit simplement d'affordances perceptibles ; et non d'affordances telles que définies par Gibson. Ces propriétés des affordances perceptibles sont des conventions dans la compréhension des affordances qu'un concepteur utilise pour créer des interfaces acceptables.

Face à cette évolution technologique des postes de travail, l'ingénierie cognitive propose de constituer une « écologie virtuelle », en retranscrivant au sein des systèmes d'information, des interfaces homme-machine, les conditions naturelles de l'interaction entre l'homme au travail et son environnement. Cet objectif implique de reprendre les contraintes propres au fonctionnement cognitif de l'individu en interaction avec son environnement, c'est-à-dire la possibilité de mettre en œuvre aisément les différentes modalités de contrôle cognitif du comportement en situation identifiées à travers le modèle SRK. D'une manière concomitante, il s'agira de fournir à travers les interfaces homme-machine un rendu des propriétés constitutives du domaine de travail, un rendu de ses affordances. Ceci se traduit par l'application de trois principes ergonomiques lors d'une interface se voulant écologique (Vicente, 2002) :

- L'appel à la manipulation directe dans l'interaction homme-machine : En permettant à l'opérateur de mettre en œuvre des habiletés sensori-motrices (Skill based behaviour) durant l'interaction avec les machines, il peut reproduire un mode d'interaction naturelle et direct avec le domaine de travail.
- Une correspondance entre les informations de l'IHM et le domaine de travail : Les informations présentées à l'écran doivent exiger le moindre effort d'interprétation de la part de l'opérateur au regard de ce qu'il sait du domaine de travail. Autrement dit,

les informations doivent représenter d'une manière intuitive et directe les affordances du domaine de travail auxquelles elles se réfèrent. L'opérateur pourra alors en toute confiance mettre en œuvre des règles d'interprétation des informations sur l'écran (Rule-based behaviour).

- Une représentation exhaustive du domaine de travail : Sur ce principe s'articulent tout particulièrement le contrôle cognitif de l'individu et la description du domaine de travail. Il s'agit d'afficher de manière (quasi-)exhaustive les affordances du domaine de travail sur l'écran afin que l'opérateur puisse disposer d'un modèle mental adapté à cet environnement à tout moment (Knowledge-based behaviour). Une telle représentation permettrait notamment de détecter des situations anormales plus aisément dans l'environnement de travail.

Ces trois principes ont été appliqués à de nombreux domaines dits « causaux » c'est-à-dire dont les événements sont principalement causés par des processus autonomes en œuvre dans le domaine de travail. Toutefois, peu de travaux ont concernés des interfaces écologiques pour des domaines de nature « intentionnel », dont les événements sont principalement provoqués par des intentions, des actions de l'opérateur sur le domaine – comme cela est le cas pour la gestion administrative dans l'artisanat.

De nombreux travaux expérimentaux notamment ceux réalisés avec le micro-monde DURESS simulant un dispositif de circulation d'eau au sein d'une centrale nucléaire ont montré les bénéfices que pouvait présenter une interface écologique pour la performance, notamment en situation de travail dégradée (Jamieson & Vicente, 2001; Vicente, Christoffersen, & Perekhita, 1995). De même, on retrouve des études démontrant l'apport spécifique de l'approche écologique au regard de l'analyse hiérarchique de la tâche dans la conception d'interfaces (Jamieson et al., 2007; C. A. Miller & Vicente, 1998b, 2001).

Mais au-delà de ces résultats prometteurs sur le plan empirique que l'on peut attribuer au schéma de conception d'interface écologique, ce schéma méthodologique présente encore des améliorations nécessaires. Tout d'abord, il a été pertinemment relevé dans la littérature que les trois principes exposés pour diriger la conception d'une interface écologique ne dit rien sur les modalités de leur mise en œuvre. Ces modalités sont laissées à la latitude du concepteur qui selon son niveau de créativité sera plus ou moins en mesure d'appliquer ces

principes à la réalisation concrète de l'interface (Beevis, Vicente, & Dinadis, 1998; Burns & Hajdukiewicz, 2013; C. A. Miller & Vicente, 1998a; Rasmussen & Vicente, 1989; Vicente & Rasmussen, 1990, 1992; Vicente, 1996, 2010). Certains auteurs ont proposé des bibliothèques d'objets en mesure d'afficher les différentes affordances présentes aux différents niveaux d'abstraction d'une hiérarchie d'abstraction dans un type de domaine particulier, comme le contrôle de fluides en circulation dans des canalisations (Liu, Nakata, & Furuta, 2002; Rechar, Morineau, et al., 2015; Reising & Sanderson, 2002). Toutefois, il s'agit de solutions « ad hoc » dont le caractère plus ou moins écologique n'a pas été évalué. Il faudrait d'abord pouvoir évaluer le degré d'application des trois principes dans différentes solutions de conception à travers une ou plusieurs métriques.

Enfin, on notera que l'EID ne se fonde que sur deux outils méthodologiques de la CWA, l'analyse du domaine et l'analyse des compétences. Comment l'EID pourrait-elle bénéficier d'autres étapes, comme l'analyse de la tâche ou des stratégies ?

3.3 Conclusion

L'ingénierie cognitive offre des concepts et des méthodes faisant lien avec une appréhension de la rationalité des artisans sous l'angle d'une rationalité écologique. En offrant un cadre pour concevoir des interfaces écologiques, l'ingénierie cognitive apporte les moyens de recherche nécessaires à la conception de systèmes d'informations pour la gestion administrative artisanale ayant les vertus d'aides cognitives externes, porteuses d'heuristiques signifiantes pour les artisans. Ainsi, à travers ce diagnostic de la situation des artisans au regard des contraintes administratives et ce tour d'horizon des concepts propres à l'approche écologique, nous disposons des éléments pour poser les objectifs et les défis propres à notre recherche.

Chapitre 4. Objectifs, problématique et outils méthodologiques pour une démarche intégrée de conception d'interface écologique

4.1 Objectifs et problématique

Nous avons vu que la réalisation de tâches administratives positionne généralement les artisans dans une situation de rationalité limitée. Cette rationalité limitée n'est pas dû à des capacités cognitives intrinsèquement faibles dans cette population. La notion de capacité limitée est toute relative et l'expertise que montrent les artisans dans la réalisation des tâches techniques le démontre. Cette rationalité limitée est liée aux caractéristiques des tâches administratives au regard du profil des artisans et de leurs champs de compétences. Ces tâches impliquent des prises de décision sur des contenus symboliques abstraits, ce qui constitue une situation à l'opposé de ce que maîtrise en priorité les artisans, c'est-à-dire des réalisations concrètes sur la base de compétences sensori-motrices. Il n'empêche que les artisans sont contraints de réaliser ces tâches administratives. Les statistiques montrent que la qualité de la gestion administrative contribue fortement à la viabilité d'une entreprise artisanale.

Puisque tout porte à penser que la rationalité limitée que montrent les artisans est liée à la nature des tâches à effectuer dans le champ administratif, il s'avère donc pertinent de partir d'une analyse du domaine administratif, afin de pouvoir concevoir un système d'information facilitant l'accès des artisans à la complexité de ce domaine. Cette optique est, comme nous l'avons vu, celle de l'approche écologique en ingénierie cognitive. Plus précisément, il s'agit de concevoir une interface écologique pour une aide cognitive portant sur le domaine de la gestion administrative et à destination des artisans.

Notre objectif est donc de concevoir une interface logicielle pour la gestion administrative dans le domaine de l'artisanat. Mais étant donné la complexité du domaine

étudié, les attentes fortes de la part des artisans, nous inscrirons notre travail d'ingénierie dans une dynamique de recherche où il s'agira d'assurer au mieux le déroulement des phases d'analyse, de conception et d'évaluation propres à la conception d'une interface écologique. En étant particulièrement exigeant sur ces différentes phases, nous faisons l'hypothèse générale de pouvoir aboutir à une ou plusieurs aides cognitives répondant au mieux aux besoins des artisans. Ceci est bien évidemment une proposition qui de fait, soulève un ensemble de défis actuels dans la mise en œuvre de la conception d'une interface écologique. La figure 3 présente ces différents défis constitutifs de chaque phase du processus de conception.

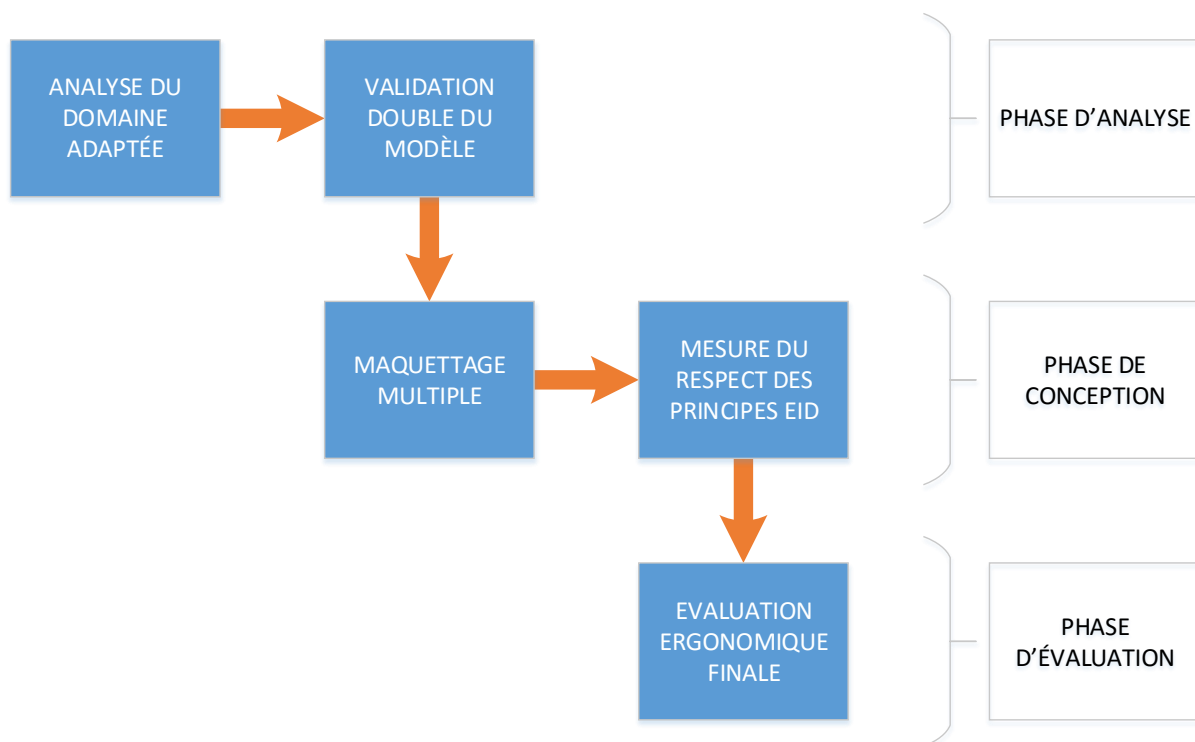


Figure 3 Graphe des phases du processus de conception

Durant la phase d'analyse, un premier défi est de pouvoir réaliser un modèle du domaine de travail qui soit le mieux adapté possible aux caractéristiques propres au domaine de l'administration dans l'artisanat. Nous verrons que cela impliquera la prise en compte de valeurs éthiques, de la confiance comme critère important dirigeant le travail, ainsi qu'un formalisme intégrant la notion de récursivité pour rendre compte de la complexité du domaine d'une manière simplifiée. Une fois ce modèle du domaine disponible, nous chercherons à le valider afin d'en assurer la fiabilité. Pour ce faire, nous chercherons à

appliquer une méthode récente de validation par l'analyse de la tâche (TMTA). Nous proposerons également une méthode inédite fondée sur la confrontation des affordances du domaine aux points de vue spécifiques de différents experts dans le monde artisanal. Ainsi, nous réaliserons une double validation de notre analyse du domaine de travail. Durant la phase de conception proprement dite, nous chercherons à mesurer le degré de respect des trois principes dirigeant la conception d'une interface écologique. Il s'agira d'évaluer l'effet du saut créatif propre à la dimension créative que chaque concepteur met dans la création d'une interface écologique. Un effort de conception de deux maquettes représentant différentes logiques de représentation du domaine de travail sera réalisé. Ces maquettes seront évaluées afin de tester la fiabilité de notre démarche de conception écologique et appréhender la question de la détection potentielle de fausses affordances sur une interface présentant de multiples affordances.

En mettant en œuvre cette démarche de conception écologique, nous engagerons des outils méthodologiques habituellement inutilisés dans une démarche intégrée de conception d'interface écologique, comme la modélisation du domaine de travail avec la notion de récursivité, l'analyse de la tâche avec la méthode TMTA, la création d'une mesure du respect des critères écologiques.

Nous allons à présent explorer plus en avant ces différents outils méthodologiques nécessaires à la mise en œuvre de notre démarche intégrée de conception.

4.2 Outil méthodologique 1 : L'analyse du domaine de travail avec les dimensions éthiques et récursives

L'analyse du domaine de travail consiste en une décomposition de l'environnement d'un individu sous la forme de deux hiérarchies, celle d'abstraction et celle d'agrégation (Rasmussen & Goodstein, 1985). La Hiérarchie d'abstraction structure l'environnement suivant différents niveaux de descriptions fonctionnels. La Hiérarchie d'agrégation est relative quant à elle à une description sous différents niveaux structurels. L'analyse du domaine de travail est traditionnellement considérée comme suffisante pour représenter la structure de l'environnement et maquetter des interfaces écologiques.

4.2.1 La hiérarchie d'abstraction

La hiérarchie d'abstraction est une décomposition fonctionnelle en cinq niveaux, utilisée pour modéliser des environnements de travail (Burns & Hajdukiewicz, 2013; Burns & Vicente, 1995). La HA décrit un système au travers différents niveaux d'abstraction en utilisant des relations fins-moyens (Rasmussen & Goodstein, 1985). La hiérarchie reprend une structure en forme d'un arbre. Les niveaux répondent à un modèle descriptif propre avec une sémantique, une modélisation et des concepts propres. Les contraintes exposées dans les niveaux supérieurs renseignent de l'état de fonctionnement des niveaux inférieurs. Le passage sur les niveaux inférieurs peut s'effectuer par la question « comment ? », ces derniers sont à l'origine du fonctionnement des niveaux supérieurs. La remontée, quant à elle, dans la hiérarchie d'abstraction est induite par la question « pourquoi ? ».

Affiliée à une technique de l'ingénierie des systèmes appelée décomposition fonctionnelle (Ulrich, Eppinger, & Blake, 2003), la HA peut être construite par un questionnement sur les fonctions de chaque niveau d'abstraction de la hiérarchie (voir Figure 4 Les cinq niveaux de la hiérarchie d'abstraction (Burns & Hajdukiewicz, 2013)).

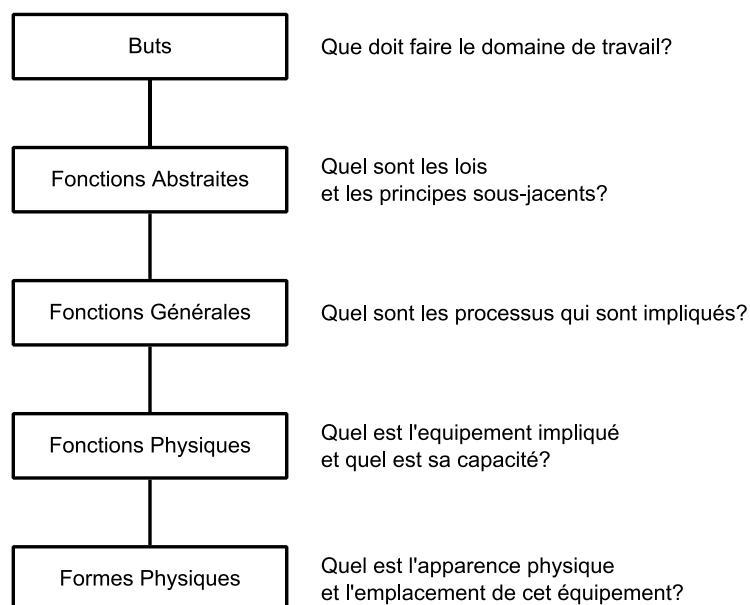


Figure 4 Les cinq niveaux de la hiérarchie d'abstraction (Burns & Hajdukiewicz, 2013)

La hiérarchie d'abstraction est fortement dépendante du positionnement des agents traitant l'environnement de travail, mais également de l'interprétation de l'expert pour déterminer les relations fins-moyens.

Les différents niveaux : but fonctionnel, fonction abstraite, fonction générale, fonction physique, et forme physique, apportent une description complète mais unique du domaine de travail (voir Figure 5 La hiérarchie d'abstraction (Rasmussen, 1986)).

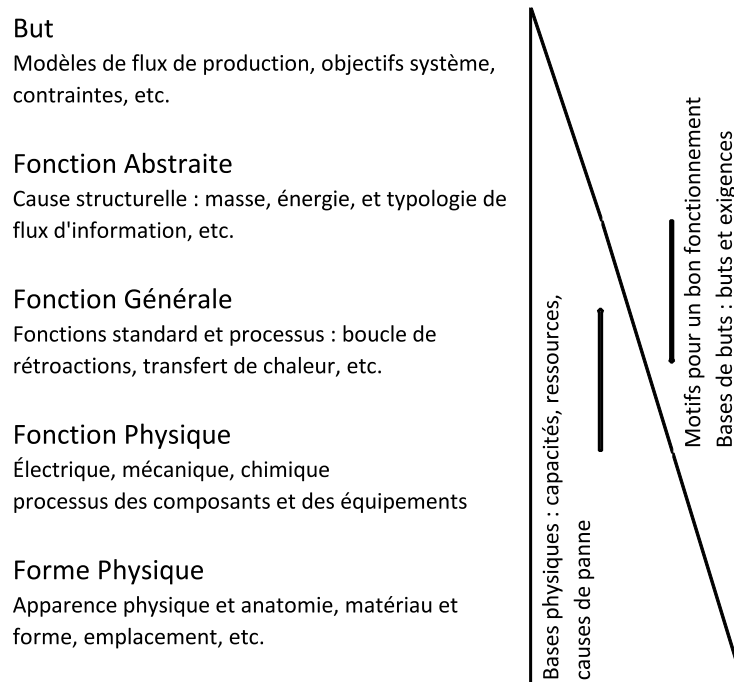


Figure 5 La hiérarchie d'abstraction (Rasmussen, 1986)

Afin d'aider à la définition des niveaux, on exploitera un exemple simple d'un objet technique : le combiné téléphonique.

But fonctionnel

Le niveau du but fonctionnel (Functional Purpose, FP) décrit les buts et les objectifs généraux du système, c'est le plus haut niveau de la hiérarchie. Il s'agit dans la plupart des cas, des objectifs ou bien des finalités recherchés par un agent interagissant avec son domaine. Dans certains domaines, ce niveau est celui des valeurs que l'agent veut défendre. Dans notre cas du téléphone, le but est de pouvoir communiquer avec un ou plusieurs autres individus tout en étant éloigné.

Fonction abstraite

Les fonctions abstraites (Abstract Function, AF) décrivent les lois et les principes qui gouvernent l'environnement (voir Figure 6 Exemple : niveau des fonctions abstraites pour un téléphone fixe). Cela peut être des lois empiriques dans un système physique (comme la première loi de la thermodynamique), des lois judiciaires dans un système social, mais des principes économiques (Dainoff, Dainoff, & McFeeters, 2004). Ces lois obéissent à des principes de conservation. Dans un dispositif technique, on caractérise ici les flux énergétiques. Dans un système intentionnel, il peut s'agir des priorités de l'agent (Hajdukiewicz, Burns, Vicente, & Eggleston, 1999; Wong, 1998).



Figure 6 Exemple : niveau des fonctions abstraites pour un téléphone fixe

Fonctions généralisées ou processus

Le niveau des fonctions généralisées, appelées également processus, définit les relations dynamiques existant entre les éléments de l'environnement. Les fonctions généralisées concernent les processus requis dans le fonctionnement d'un système comme par exemple l'alimentation de l'équipement dans le cas du téléphone (voir Figure 7 Exemple : niveau des fonctions généralisées pour un téléphone fixe).

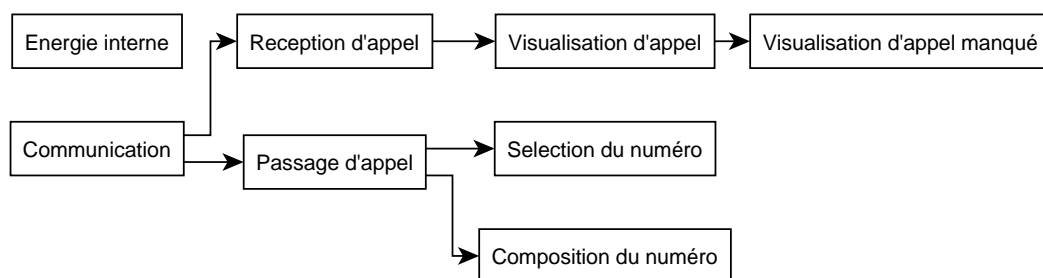


Figure 7 Exemple : niveau des fonctions généralisées pour un téléphone fixe

Fonction physique

Le niveau des fonctions physiques (Physical Function, PFn) révèle les composants physiques ou équipements associés aux processus. A ce niveau, la description des propriétés fonctionnelles est associée aux spécificités physiques des objets et de leurs variables. Par exemple, la batterie d'un téléphone permet d'avoir de l'énergie embarquée (voir Figure 8

Exemple : niveau des fonctions physiques pour un téléphone fixe). Le niveau permet de détecter une erreur concernant un objet de l'interface.

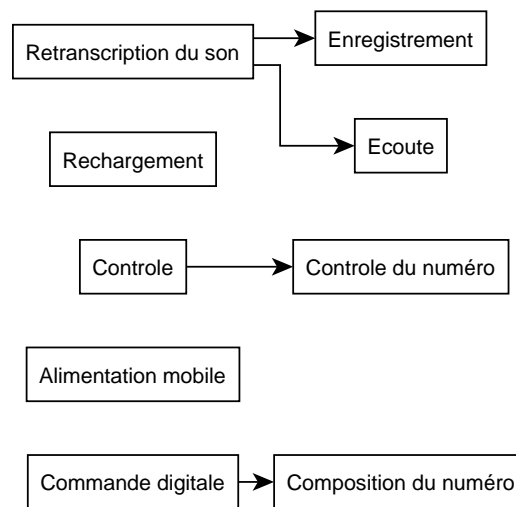


Figure 8 Exemple : niveau des fonctions physiques pour un téléphone fixe

Forme physique

Le niveau des formes physiques (Physical Form, PFo) décrit l'état, la localisation, et l'apparence physique des objets du domaine. C'est le niveau le plus bas de la hiérarchie et le plus concret. Les formes physiques ont des relations entre elles et déterminent l'existence réelle des niveaux précédents. Ce niveau peut avoir un rôle important pour la définition des éléments de contrôle sur les interfaces ; ainsi que la mise en œuvre des actions sur l'environnement (voir Figure 9 Exemple : niveau des formes physiques pour un téléphone fixe).

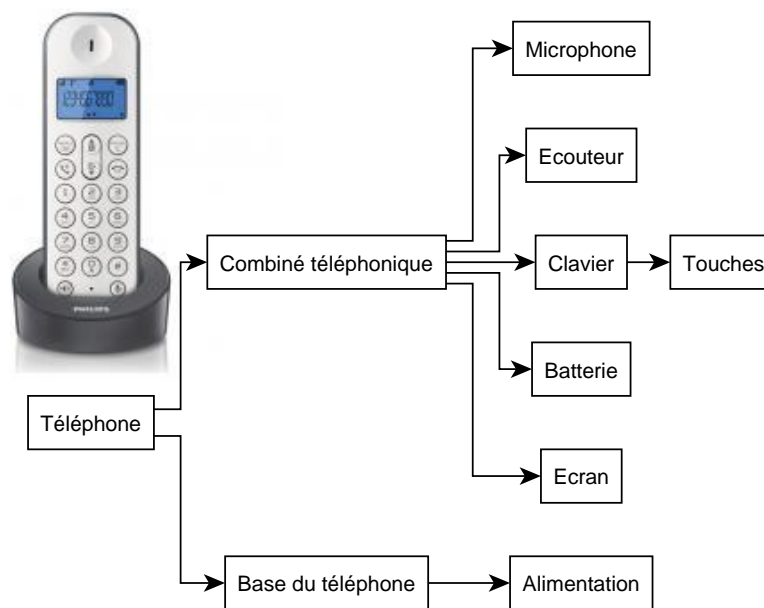


Figure 9 Exemple : niveau des formes physiques pour un téléphone fixe

L'artisanat se différencie des domaines techniques, comme par exemple un téléphone, car contraint par de nombreux aspects intentionnels et non uniquement causaux. Ces aspects intentionnels sont ceux liés aux objectifs et valeurs que portent les différents acteurs agissant sur le domaine de travail. Il existe peu d'études analysant des domaines de travail que l'on peut qualifier d'intentionnels (Hajdukiewicz et al., 1999; Read, Salmon, & Lenne, 2012). On verra par la suite comment récupérer ses aspects intentionnels et les intégrer dans notre WDA. Les documents techniques de l'artisanat peuvent servir à détailler les contraintes factuelles du domaine. Les éléments administratifs sont récupérables par une analyse experte, et convertis sous la forme de contraintes compréhensibles. Les contraintes éthiques, et notamment la confiance, font l'objet de plusieurs analyses qualitatives pour être réintégrées dans le domaine. La confiance peut être considérée comme une contrainte centrale dans les relations sociales.

4.2.2 La hiérarchie d'agrégation

La hiérarchie d'agrégation décompose le domaine comme un tout distinguable selon les parties qui le composent (voir Figure 10 Exemple de hiérarchie d'agrégation d'un téléphone). Cette hiérarchie décrit le niveau de détails d'un élément. Ainsi, les unités de la hiérarchie d'abstraction sont exposées sous la forme de boîtes noires contenant plusieurs éléments.

On considère le système comme le plus haut niveau de la hiérarchie d'agrégation. Il est composé de sous-systèmes, eux-mêmes contenant des composants. La hiérarchie d'agrégation se modélise sous la forme d'une structure en arbre dont le nombre de niveaux dépend de la complexité du système.

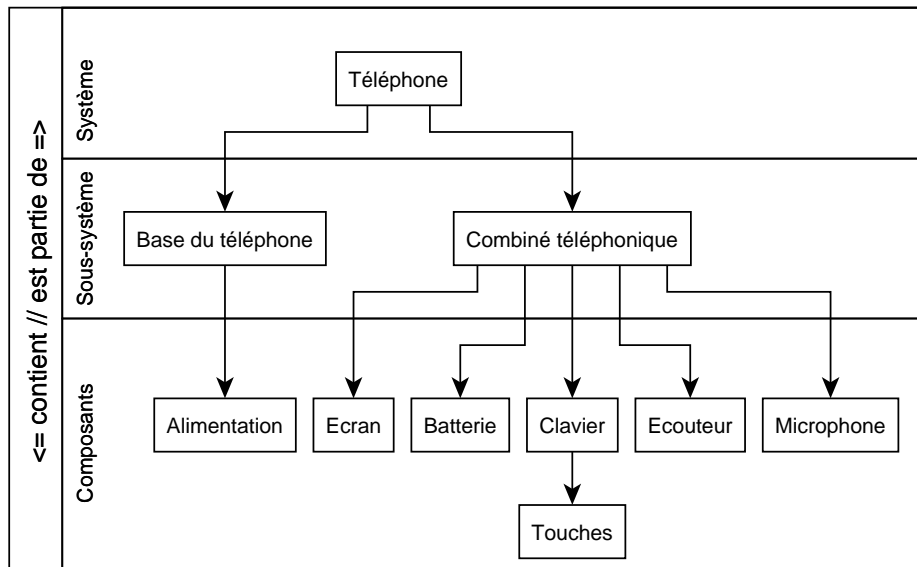


Figure 10 Exemple de hiérarchie d'agrégation d'un téléphone

La hiérarchie d'abstraction et d'agrégation forment une matrice qui sert de cadre de modélisation de la structure de l'environnement (voir Tableau 2 Matrice de la WDA).

Tableau 2 Matrice de la WDA

		Décomposition partie-tout		
		Système	Sous-systèmes	Composants
Décomposition fonctionnelle	Buts			
	Fonctions abstraites			
	Fonctions générales			
	Fonctions physiques			
	Formes physiques			

Toutefois, on peut déjà à ce stade supposer qu'une analyse du domaine aussi simple ne peut suffire dans le cadre d'un environnement comme l'artisanat comprenant plusieurs facettes au sein du domaine de travail.

4.2.3 Les hiérarchies existantes proches du domaine de la gestion administrative

Le domaine de la finance a fait l'objet de plusieurs études adoptant des hiérarchies d'abstractions (Achon & Jamieson, 2003; Billet & Morineau, 2005; Billet, 2006; Dainoff et al., 2004; M. D. Flood, Lemieux, & Varga, 2014; Li, Burns, & Hu, 2015; Moïse, 2006; Morineau & Billet, 2007). En général, celles-ci se fondent sur les quatre niveaux d'abstraction suivants :

- le premier niveau décrit les Buts du domaine ;
- le second niveau est celui des Fonctions abstraites correspondant aux règles financières ;
- le troisième niveau celui des Leviers décrit les divers moyens financiers qui permettent de mettre en œuvre le jeu des recettes et des dépenses ;
- le dernier niveau celui des Conditions décrit les variables agissant sur les leviers financiers.

Ces analyses du domaine sont en général des analyses simplifiées et orientées spécifiquement sur les flux financiers, sans prendre en considération les autres aspects de l'administration : gestion des ressources matérielles et humaines notamment. De plus, elles sont construites pour des financiers et non du point de vue d'acteurs non-experts dans le domaine.

Un autre contexte proche du nôtre est celui de la gestion de crise qui, elle, implique la gestion de ressources humaines et techniques, mais sans considérer les aspects financiers (Rasmussen, 1986, 1997a, 1997b; Stanton & McIlroy, 2010; Vicente & Christoffersen, 2006; Vicente, 2010; Woo & Vicente, 2003). Les cas étudiés vont des catastrophes écologiques (Rasmussen, 1997b) à la régulation de maladies contagieuses (Vicente & Christoffersen, 2006).

Dans tous les cas, nous obtenons des approches partielles au regard de nos objectifs. De plus, ces analyses ont produit peu ou prou de recommandations ou de spécifications pour des interfaces écologiques.

Les modélisations hiérarchiques en gestion

Les études en sciences de gestion ont rapidement été confrontées à des problématiques de modélisation de l'organisation et de l'administration des entreprises. Les chercheurs ont proposé diverses hiérarchies traitant de ces problématiques. En effet, on peut, par exemple, mettre en avant le cadre proposé par Zachman pour la gestion d'une entreprise (Z. Chen & Pooley, 2009; Fatolahi, Edward, Box, & Somé, 2007; Sowa & Zachman, 1992). Celui-ci a la particularité de reprendre l'architecture d'une entreprise. Il permet d'une manière formelle et hautement structurée de modéliser le système d'information d'une entreprise.

Il est basé sur deux dimensions :

- six interrogations de base : Quoi, Comment, Où, Qui, Quand, et Pourquoi (What, How, Where, Who, When, Why) ;
- confronté à six types de modèles distincts qui se rapportent à des groupes de parties prenantes : Visionnaire, Propriétaire, Concepteur, Réalisateur, Sous-traitant et Exécutant (visionary, owner, designer, builder, implementer, worker) pour présenter une vue holistique de l'entreprise qui est modélisée.

Si ces dimensions détaillent les systèmes d'une entreprise, on observe qu'elles peuvent s'apparenter à une hiérarchie d'abstractions et une d'agrégation.

On peut également citer les business model dans le champ de la création d'entreprise. Lors de sa création, l'entreprise se fixe des objectifs et des décisions stratégiques pour l'ensemble des contraintes auxquelles elle va devoir se confronter, notamment, son positionnement face à la concurrence et l'innovation qu'elle apporte. L'entreprise formalise les objectifs qu'elle s'est imposée par un modèle économique (business model). Au cours de son activité, l'artisan tendra à satisfaire voire dépasser les objectifs qu'il s'est fixé. Les recherches en sciences de gestion (Gordijn & Akkermans, 2001; Pigneur, 2003) ont proposé des cadres formels au business model (voir Figure 11 Business Model Canvas (Osterwalder & Pigneur, 2010)). Ces cadres de formalisation explicitent les principaux leviers d'une entreprise sur ses contraintes. Ainsi, par exemple, Osterwalder (2010) définit les différents leviers comme : les activités clés, les ressources clés, les partenaires, la valeur, le segment consommateur, les canaux, les relations consommateur, les coûts et les revenus (Osterwalder & Pigneur, 2010).

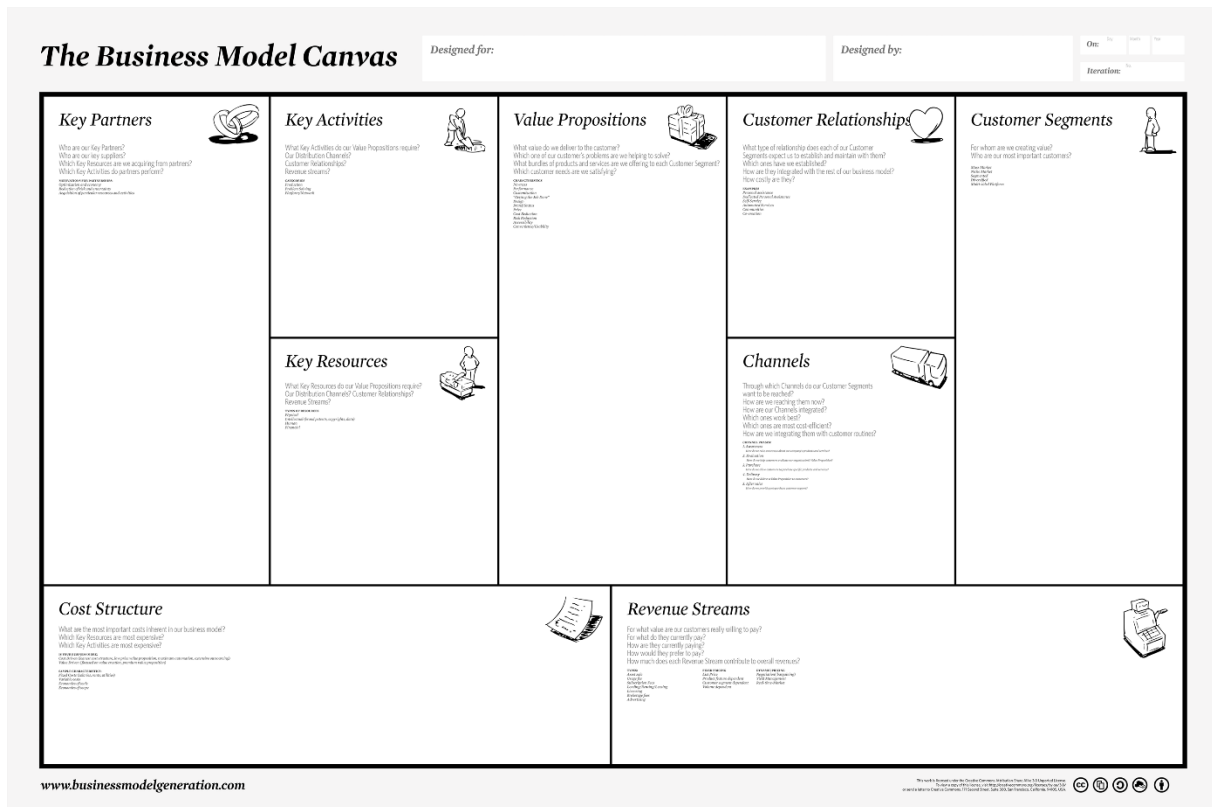


Figure 11 Business Model Canvas (Osterwalder & Pigneur, 2010)

Le segment client ou consommateur désigne la ou les populations ciblées par le produit proposé par l'entreprise. Dans l'artisanat du bâtiment, la distinction principale, corps d'état exceptés, est celle entre marché public et privé (particuliers ou autres entreprises). La proposition de valeur unique est une solution proposée par l'entreprise pour répondre de manière adéquate à un besoin exprimé par un client. Cette proposition est importante car c'est sur elle que se fonde l'identité de l'entreprise artisanale. Les canaux de distribution sont les circuits logistiques à prévoir pour fournir le produit ou apporter le service au client. La relation client désigne le type de relation entretenue avec chaque segment de clientèle. L'artisan choisit la manière dont il va répondre aux attentes du client. Les sources de revenus désignent la logique financière de l'entreprise. L'artisan choisit les revenus qui découlent de la proposition à la vente d'une solution au client. Dans l'artisanat du bâtiment, les revenus attendus sont la plupart du temps directs, et découlent d'un échange avec le client d'un bien ou service. Les ressources clés rassemblent les ressources financières, matérielles, humaines que l'artisan devra déployer pour mettre sa solution à disposition du client. Les activités clés sont les activités récurrentes nécessaires au sein de l'entreprise pour mettre en œuvre les produits. Il s'agit des processus techniques ou administratifs. Les partenaires clés concernent

les ressources externes avec lequel l'artisan va interagir dans son activité : sous-traitants, fournisseurs, partenaires, sponsors. La structure des coûts est l'ensemble des coûts générés par la mise en place du modèle décrit.

Pour conclure, si les modèles en gestion ne sont pas conçus directement sous la forme d'analyses du domaine, ils nous fournissent des éléments pour construire une analyse du domaine de travail.

4.2.4 La récursivité dans le domaine de travail

L'environnement complexe des artisans peut se décomposer en plusieurs systèmes et contraintes. Ces systèmes sont dépendants les uns des autres. De même, on y retrouve des systèmes qui constituent des motifs qui se répètent au cours du temps. On qualifie alors ces systèmes de récursif. La récursivité caractérise donc une procédure qui se répète dans le temps. En automatique, on considèrera une fonction récursive, une fonction dont les attributs qui la composent font appel à cette même fonction.

Les aspects récursifs des contraintes d'une entreprise se retrouvent dans une approche du management cybernétique, le modèle du système viable. Le modèle du système viable (Viable System Model, VSM) est un modèle de structure organisationnelle d'un système viable ou autonome développé par le cybernéticien Stafford Beer (Beer, 1984, 1994). Stafford Beer s'appuie sur les travaux entre autres de Maturana and Varela (1970) pour développer un système adaptatif répondant aux contraintes d'un environnement dynamique, assurant ainsi sa survie. Ce système s'apparente au fonctionnement d'un organisme viable et autonome. Il a été utilisé afin de modéliser le fonctionnement des systèmes d'entreprises (Beer, 1994; Espinosa, Harnden, & Walker, 2008) (voir Annexe 1).

Bien que Beer applique le VSM au management (Beer, 1981; Espinosa et al., 2008; R. Flood & Carson, 1993; Reddy, 1990), celui-ci trouve son origine dans la neurophysiologie et dans l'étude des systèmes vivants. Le VSM suit un certain nombre de principes caractéristiques des systèmes vivants. Le contrôle est une caractéristique des systèmes viables. Pour Beer, "In any natural system whether we speak of animal populations or the inner workings of some living organism the control function is spread through the architecture of the system" (Quel que soit le système naturel dont nous parlons que ce soit des populations animales ou des mécanismes

internes de certains organismes vivants, la fonction de contrôle est répartie à travers l'architecture du système) (Beer, 1981). Les travaux de Beer sont dans la continuité des travaux de William Ross Ashby en cybernétique, sur le concept de régulation (Ashby, 1952, 1955). La loi de variété requise d'Ashby considère que pour une régulation appropriée, la variété du régulateur doit être égale ou supérieure à la variété composant l'environnement régulé. La variété qualifie le nombre total d'états distincts pour un système. De tels systèmes cybernétiques peuvent aussi être indépendants et autonomes. Les systèmes viables suivent une récursivité dans leur structure. Les systèmes viables sont composés d'autres systèmes viables plus petits interagissant entre eux.

Les systèmes récursifs ont été utilisés dans la WDA afin de permettre un filtrage des affordances sur un même niveau d'abstraction (A. Miller & Sanderson, 2000, 2003; A. Miller, 2004a). Miller a proposé d'utiliser le VSM dans le cadre de la WDA (A. Miller & Sanderson, 2000). Lors de ses travaux, le domaine de travail considéré était celui du corps humain. Ce domaine est envisagé comme une structure dissipative, c'est-à-dire évoluant dans un environnement avec lequel la structure échange continuellement soit de l'énergie, de la matière ou de l'information, afin de préserver son organisation interne. Les structures dissipatives ont été introduites par Ilya Prigogine (1917-2003). Miller propose de considérer le formalisme de Beer portant sur les structures dissipatives (A. Miller, 2004a, 2004b). Ces recherches proposent de clarifier le VSM afin que celui-ci puisse correspondre à l'ingénierie cognitive.

Miller présente un modèle dans lequel chaque niveau de récursion représente un niveau de décomposition fonctionnelle (A. Miller, 2004a, 2004b). Le domaine est ici décomposé en systèmes hiérarchisés, chaque système correspond à une récursion. Les systèmes de plus haut niveau agrègent et sont influencés par les systèmes de plus bas niveau qui fonctionnent indépendamment dans le même domaine. La modélisation proposée par Miller met en avant les affordances pour chacun de ces systèmes (voir Figure 12 Modélisation récursive selon Miller (2004)). Beer a déjà considéré l'environnement administratif (Beer, 1984). Cette adaptation du VSM à la WDA est donc intéressante.

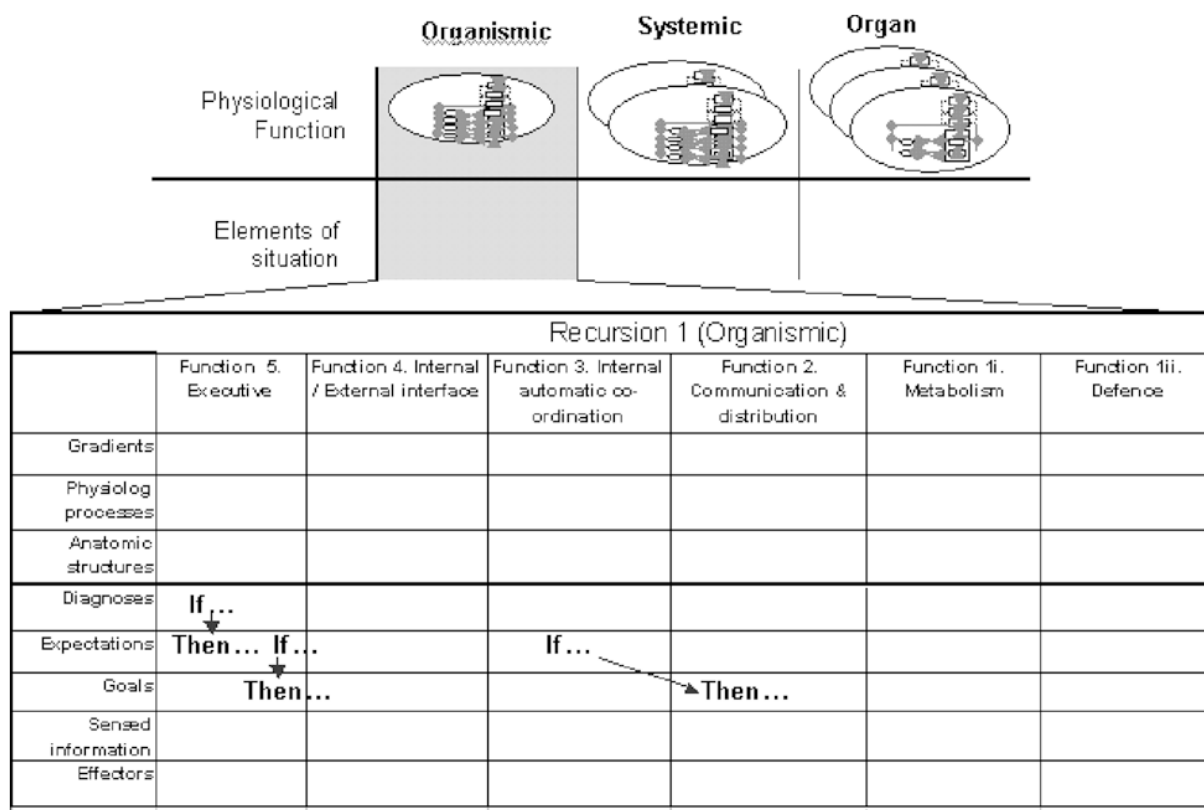


Figure 12 Modélisation récursive selon Miller (2004)

On admet dans l'analyse du domaine de travail au moins trois situations où la récursivité est présente sur les contraintes :

- lorsqu'une contrainte ou une composante définit à la fois des objets (ou des propriétés) et l'ensemble de ces objets ;
- lorsqu'une composante possède pour attribut elle-même ;
- si une composante fait référence à une autre composante qui fait appel à la première.

La solution des systèmes récursifs semble pertinente dans notre environnement, où l'artisan doit percevoir l'ensemble des contraintes de son environnement réparties sur plusieurs composantes. Ces composantes sont elles-mêmes des systèmes indépendants qui font appel à d'autres systèmes. Par exemple, un chantier ou un projet de l'entreprise est un système indépendant qui évolue au cours du temps et qui se répète à chaque nouvelle demande. Ce système a une influence sur les autres systèmes de l'entreprise et sur le système global de l'entreprise. Ainsi, celui-ci peut faire appel à d'autres systèmes qui feront eux-mêmes appel au chantier. Dans cette optique, on peut qualifier le système « chantier » comme celui de

l'ensemble des chantiers et celui de chaque chantier de manières indépendantes. On retrouve ainsi du contenu sémantique presque identique se rapportant à la même affordance, par exemple [Chantier] \equiv \forall [Chantier] \equiv [Chantiers] ou encore [Client] \equiv \forall [Client] \equiv [Clients] (voir Chapitre 5). De même, la sémantique peut être parfois différente mais rapporter à la même chose, c'est le cas des [Outils] \equiv [Matériels]. On choisira alors de modéliser un seul système et non l'ensemble de ces récursions. On cherchera à simplifier tous ces aspects qui complexifient nos systèmes.

4.3 Outil méthodologique 2 : Les outils de validation et vérification d'un modèle du domaine de travail

Un modèle du domaine de travail obtenu à travers les hiérarchies d'abstraction et d'agrégation peut faire l'objet comme tout modèle d'un processus de validation et de vérification (Rykiel, 1996). Rappelons à ce propos que la validation est le fait de pouvoir le qualifier comme correct au regard de l'objet qu'il représente. Dans le cas d'une analyse du domaine, il s'agit de noter si les affordances identifiées sont les bonnes. La vérification pour sa part consiste à identifier si la modélisation est correctement réalisée. Dans le cas d'une analyse du domaine, il s'agit de voir si les affordances sont bien situées dans les différents niveaux d'abstraction. Si les processus de validation et vérification sont courants en ingénierie informatique notamment, ces questions sont assez récentes dans le champ de l'ingénierie cognitive. Nous allons voir les différentes démarches mises en œuvre actuellement.

4.3.1 Etat des recherches sur la validation d'un domaine de travail

La méthode « scenario mapping »

Cette méthode proposée par (Burns, Bryant, & Chalmers, 2001) consiste à demander à des experts de décrire les différentes étapes du déroulement d'un scénario et de voir comment

ces étapes s'apparient avec les éléments présents dans un modèle du domaine de travail concerné par ce scénario. À la fin de chaque étape, les discussions et comparaisons des propositions étaient guidées par les analystes. Les experts disaient être en mesure de manipuler facilement le modèle du domaine à travers cette méthode. Toutefois, on notera que le « scenario mapping » est basé sur une prescription assez vague donnée aux experts. Le risque est que les experts tendent à interpréter les affordances décrites dans le modèle du domaine comme faisant référence d'une manière vague aux étapes de la tâche. Des affordances du domaine de travail peuvent concerner un scénario sans pour autant constituer des conditions nécessaires et suffisantes pour déclencher la séquence des événements du scénario. La seconde limite de cette méthode tient dans le besoin persistant d'experts dans la phase de validation, qui doivent être entraînés à la méthode WDA, ce qui est coûteux. On notera toutefois que (C. A. Miller & Vicente, 1998b) ont réussi à éviter de faire appel à des experts pour un scénario de situation dégradée dans le champ de pétrochimie. Cependant, leur scénario consistait simplement en un texte confronté à l'analyse du domaine. Une démarche plus formalisée serait nécessaire. Enfin, cette méthode ne permet que la validation d'un modèle du domaine et non sa vérification.

L'analyse par des experts

Une autre démarche plus simple consiste à présenter le modèle à des experts après les avoir formés au schématisme de la WDA. (Naikar, Hopcroft, & Moylan, 2005) conseillent alors de faire appel à des experts dans des secteurs variés, après la conception du modèle pour valider chaque niveau d'abstraction contenu dans le modèle. Les ingénieurs peuvent juger les aspects physiques du domaine. Les opérateurs peuvent juger les niveaux intermédiaires de la hiérarchie d'abstraction. Les décideurs peuvent étudier les objectifs fonctionnels et les lois définissant les fonctions abstraites. Mais, une telle approche est très lourde à implémenter. Une autre forme de validation est la comparaison de différents modèles par des experts. Cette technique de validation a été explorée par (Burns, Bisantz, & Roth, 2004) à travers une comparaison de domaines de travail distincts, mais semblables. Ces domaines portaient respectivement sur la refonte d'un système de contrôle de processus à bord d'une frégate canadienne et la conception d'une nouvelle classe de navire militaire de l'US Navy. Les auteurs concluent que pour vraiment être en mesure de faire une bonne comparaison, deux équipes d'experts seraient nécessaires. Une telle technique serait très coûteuse en temps et en effort.

Et ici encore, il s'agit de démarche de validation d'un modèle du domaine et non de vérification. Une méthode proposée récemment cherchant à valider et à vérifier un modèle en ingénierie cognitive est la méthode TMTA.

4.3.2 La méthode Turing Machine Task Analysis (TMTA)

Récemment une méthode, l'analyse de la tâche par la machine de Turing (Task Turing Machine Analysis, TMTA), a été proposée pour envisager l'analyse écologique de la tâche dans le cadre de la CVA (Morineau, 2010). Cette méthode d'analyse écologique de la tâche par la machine de Turing considère les tâches comme l'ensemble des contraintes du domaine qui confrontées aux affordances du domaine de travail définit un comportement sous la forme d'une séquence (Morineau, Frénod, Blanche, & Tobin, 2009). La méthode TMTA permet de décrire les opérations qu'un agent réalise et les états « mentaux » par lesquels il transite pour contrôler les affordances du domaine de travail et atteindre le but d'une tâche. D'autres méthodes utilisent des approches similaires à la TMTA (PROCOPE, Graphes Contextuels, TAFEI (Task Analysis For Error Identification), Interaction Unit model (IU)) (Baber & Stanton, 1996; Brézillon, 2007; Poitrenaud, 1995; Ryu & Monk, 2004), mais aucune d'entre elles n'intègre réellement la notion d'affordance et les processus mentaux sur ces affordances dans le cadre de la réalisation d'une tâche sur un domaine de travail (Morineau, 2010).

4.3.3 Analyse de la tâche avec TMTA

La TMTA suggère de partir de l'analyse du domaine de travail. Les affordances décrivent le lien entre les individus et leur environnement. L'objectif de la méthode est de proposer un ensemble de contraintes d'actions, de tâches génériques définissant les degrés de liberté d'un individu, suffisamment générales pour traiter l'ensemble des situations de travail. Dans le cadre d'une analyse, il peut en résulter un écart entre les informations perçues et les moyens d'agir sur le domaine.

La TMTA considère l'approche écologique du traitement de l'information tel qu'il est abordé par Gibson comme une modification d'informations dans un ensemble. La méthode utilise la

proposition de Wells pour traiter les affordances suivant le formalisme des machines de Turing (Wells, 2002). La méthode analyse les patterns d'informations et applique les transformations suivant la présence d'affordances.

La TMTA consiste dans un premier temps à réaliser une analyse classique de l'ingénierie cognitive des affordances présentes dans le domaine de travail et d'en déduire l'espace de la hiérarchie d'agrégation et celui de l'abstraction. Ensuite, on décrit les différentes situations auxquelles un agent doit se confronter et l'espace des opérations qui lui est possible de réaliser (Morineau, 2010).

Selon la thèse de Turing-Church, tout problème algorithmique peut être résolu par une machine de Turing (Turing, 1936). Turing, l'un des pères de l'informatique, formalise le fait que tout algorithme peut être résolu par une bandelette de papier recouverte d'un nombre infini de cases. Un agent peut agir sur cette bande de papier, en la déplaçant, en écrivant ou changeant des symboles dans les cases. L'agent peut donc : lire un symbole sur la case observée (lecture), remplacer ce symbole par un autre symbole (transformation), déplacer la bande de papier (mouvement), changer d'état (état mental).

La TMTA interprète la machine du Turing en remplaçant le domaine de travail par la bande de papier (voir Figure 13 Dynamique d'une tâche modélisée par TMTA (Morineau, Frénod, et al., 2009)). Les opérations effectuées par l'agent sont :

- La lecture de symbole concerne une suite d'informations. Chaque unité d'information peut prendre soit la valeur 0, soit 1 ou #. La valeur # correspond à l'absence d'information pertinente pour une tâche. Cette valeur est attribuée lorsque l'affordance ne présente aucun intérêt pour la situation. La valeur 0 signifie que le composant est dans un état non satisfaisant pour répondre à la situation, mais nécessaire. La valeur 1 est attribuée lorsque l'état du composant est en train de satisfaire le but de la tâche.
- La transformation désigne un changement d'état du modèle.
- le mouvement si l'on se réfère à la psychologie gibsonienne peut être celui d'un changement de point de vue ou de perspective dû à un mouvement de l'agent.
- l'état est celui de l'agent qui perçoit un ensemble d'informations et réalise des actions. L'agent navigue mentalement au travers des états dans le domaine de travail.

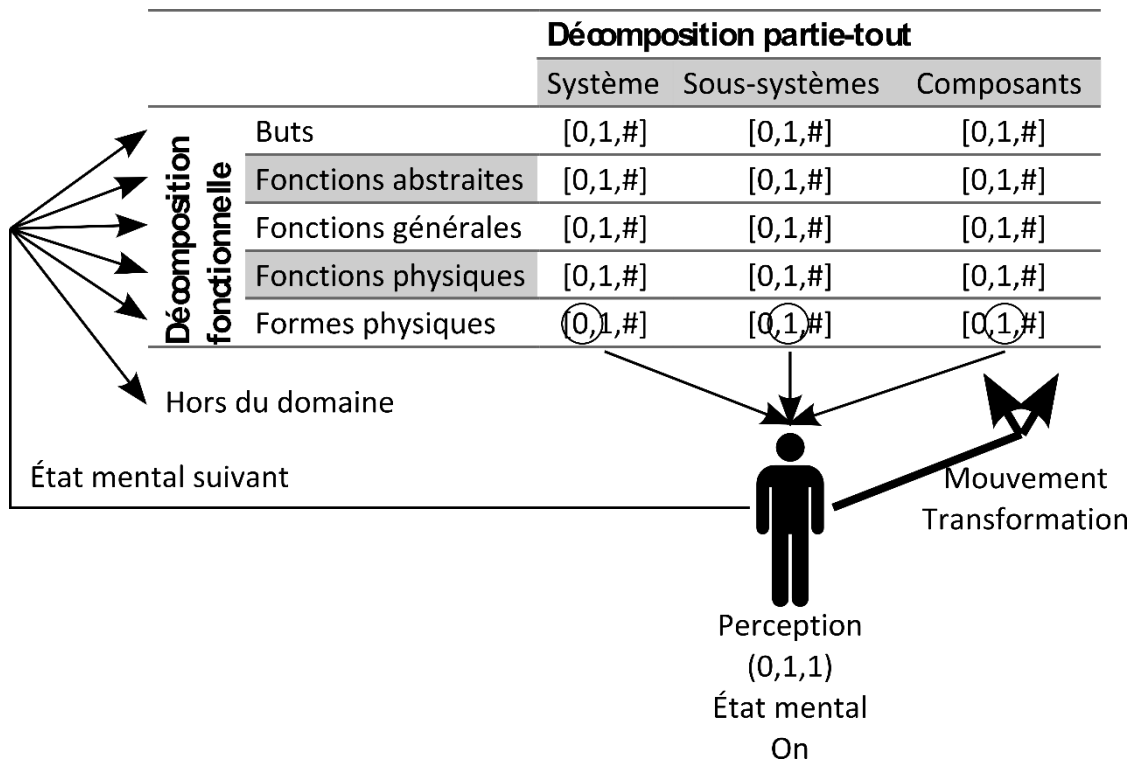


Figure 13 Dynamique d'une tâche modélisée par TMTA (Morineau, Frénod, et al., 2009)

La TMTA permet de considérer la tâche non plus suivant une méthode normative, mais comme un espace d'actions possibles issu de la confrontation entre le domaine de travail et la situation de travail. L'une des limites de la TMTA est qu'elle ne propose qu'une stratégie dans sa version originale, l'une des pistes possibles est de considérer l'espace des propositions de contraintes de tâche non plus sous la forme d'une liste mais d'une hiérarchie. Elle offre cependant des perspectives intéressantes pour renforcer l'application de l'approche écologique à l'ingénierie cognitive. Très récemment, la méthode TMTA a été proposée comme moyen pour valider et vérifier des modèles du domaine de travail (Rechard, Bignon, Berruet, & Morineau, 2015; Rechard, Morineau, et al., 2015). La méthode a été appliquée à deux scénarios de situations de travail dégradées en conduite automobile et dans la supervision d'un dispositif de canalisation à bord d'un navire. Au-delà de ces deux scénarios simples, il serait intéressant d'appliquer cette méthode au domaine de l'artisanat. Toutefois, on voit bien que la méthode TMTA nécessiterait d'être automatisée pour analyser un domaine complexe tel que va pouvoir l'être le domaine de la gestion administrative dans l'artisanat, ou bien alors il serait nécessaire de se tourner avec une nouvelle méthode de validation/vérification.

4.4 Outil méthodologique 3 : le respect des trois principes de conception des interfaces écologiques

Au regard des trois principes dirigeant la conception d'une interface écologique que nous rappelons dans le tableau 3, il existe un ensemble de recommandations ergonomiques qui ont cherché directement à améliorer leur mise en œuvre ou qui indirectement pourrait y souscrire (Bennett & Flach, 2011; Burns & Hajdukiewicz, 2013).

Tableau 3 Tableau des principes EID en fonction des niveaux de contrôle

Niveau de contrôle cognitif des agents	Principe EID
Skill	Manipulation directe
Rule	Correspondance des représentations avec le domaine
Knowledge	Accès à l'ensemble du domaine (WDA)

La manipulation directe

Les interfaces tactiles sur terminaux numériques mobiles constituent aujourd'hui une opportunité évidente pour mettre en œuvre le principe de la manipulation directe dans la conception d'une interface écologique. Des interfaces écologiques récentes pour assister des patients dans leurs soins au quotidien via un smartphone ou une tablette ont pu être proposées (Bennett & Flach, 2011; Burns & Hajdukiewicz, 2013). Les terminaux mobiles constituent un vecteur essentiel de transmission de l'information pour les artisans en déplacement chez les clients ou sur les chantiers, qui est essentiel de prendre en considération. La manipulation directe a fait l'objet de nombreuses études montrant ses apports (Hutchins, Hollan, & Norman, 1985; Shneiderman, 1994).

La correspondance de la représentation avec le domaine

Pour attester d'une correspondance de la représentation des informations sur l'interface avec ce à quoi cette représentation se réfère, on peut utiliser des guides existants. Burns propose aussi de se référer à des principes du design d'interfaces utilisateurs (Burns & Hajdukiewicz, 2013), la plupart étant inspirés de Galitz (Galitz, 2007) :

- cohérence : l'interface doit être cohérente avec le domaine ;
- point de départ en haut à gauche : la lecture des systèmes d'une interface commence en haut à gauche ;
- navigation : la navigation de l'utilisateur dans l'interface doit être cohérente ;
- composition visuelle plaisante ;
- groupement : les principes, issus de la Gestalt, donnent six formes de groupement dont le principe de proximité, de similarité, de régions communes, de connexion, de bonne continuation et de fermeture ;
- nombre d'informations : il doit être suffisant pour accéder à l'information ;
- ordre significatif : l'ordre des éléments de l'interface doit être cohérent avec leur organisation ;
- distinctif : les objets de l'interface sont distinctifs les uns des autres ;
- mise au point et accentuation : l'importance des objets de l'interface est relative avec leur importance dans le domaine de travail.

La conception peut aussi s'aider d'autres recommandations qui sont fréquemment employées en ergonomie pour la conception d'interface, comme les principes de la Gestalt ou encore des critères (Scapin & Bastien, 1997) et des normes ISO. Enfin, l'EID peut aussi faire appel à des principes issus du design des affichages (Bennett, Nagy, & Flach, 1997; Liu et al., 2002), notamment, pour la transposition des variables liées aux affordances du domaine en formes graphiques.

La représentation du domaine

Afin de représenter au mieux, le domaine de travail, les interfaces peuvent se baser sur la hiérarchie d'abstraction. Les auteurs (Bennett & Flach, 2011, 2012, 2013; Bennett et al., 1997; Burns & Hajdukiewicz, 2013; Flach, Tanabe, Monta, Rasmussen, & Vicente, 1998; Jamieson et al., 2007; Tufte & Graves-Morris, 1983) proposent de s'inspirer directement du cadre de la hiérarchie d'abstraction (voir aussi Liu et al., 2002). Il existe également des travaux portant

sur la représentation de la hiérarchie d'agrégation (Elmqvist & Fekete, 2010). Les auteurs proposent des lignes directrices pour représenter les agrégats dans des matrices ou des graphes : Budget de l'entité, il s'agit de maintenir une cohérence de l'entité ; Résumé visuel, les agrégats devraient transmettre des informations sur les données sous-jacentes ; Simplicité visuelle, les agrégats doivent être propres et simples ; Discriminabilité, les agrégats doivent se distinguer des éléments de données ; Fidélité ; et Interprétabilité, l'agrégation est toujours correctement interprétable dans la cartographie visuelle. Pour finir, la conception d'une IE est parfois confrontée à une certaine forme de complexité dans la transposition des affordances. Il est parfois difficile d'évaluer la pertinence de ces transpositions.

En final, on peut dire que la définition de critères plus précis pour concevoir des interfaces écologiques est une préoccupation très actuelle (Jamieson, 2003; Jansson, Olsson, & Erlandsson, 2005; Naikar & Sanderson, 2001; Thomas & Kellogg, 1989; Upton & Doherty, 2008). Toutefois, nous pensons que c'est en étant capable de mesurer le degré d'écologie d'une interface, le niveau auquel elle respecte les trois principes des interfaces écologiques que nous pourrions véritablement progresser de manière itérative vers la définition de critères plus précis.

4.5 Conclusion

Au terme de cette première partie du travail de recherche, nous disposons du contexte, des objectifs et des outils conceptuels et méthodologiques pour aborder la gestion administrative dans l'artisanat et la conception d'aides cognitives dans ce domaine. Il n'en reste pas moins que les outils méthodologiques que nous allons utiliser ont fait l'objet soit de premières tentatives de mise en pratique (la récursivité dans l'analyse de domaine, la méthode TMTA), soit sont encore à défricher (la mesure du respect des principes de l'EID, la confiance modéliser dans le domaine de travail), ce qui laisse bien ouvert les retombées effectives de leur mise en œuvre dans le champ de l'artisanat.

Partie II : Application d'une démarche de conception d'interface écologique à l'artisanat dans le champ administratif

Cette seconde partie présente les travaux empiriques menés sur la base des objectifs, de la problématique et des concepts présentés dans la première partie. Nous allons dans un premier temps réaliser une analyse du domaine de travail de l'administration dans le monde artisanal, puis nous validerons cette analyse à travers deux méthodes. Cette étape de validation de notre modèle sera l'occasion de proposer un outil informatique pour automatiser l'usage de la méthode TMTA pour valider un domaine et de proposer une nouvelle méthode, appelée la « méthode des points de vue ». A partir de notre modèle du domaine validé, nous présenterons un banc de conception d'IHM écologiques qui sera évalué au regard des principes de conception posés par l'EID. Nous construirons un ensemble d'indicateurs de respect de ces principes et un indicateur global. Enfin sur la base de ces apports, nous concevrons deux maquettes d'interfaces dont nous évaluerons l'utilisation auprès de différents profils d'utilisateurs.

Chapitre 5. L'analyse du domaine de travail de la gestion administrative chez les artisans

Dans cette partie, nous présentons l'analyse du domaine de travail que nous avons menée concernant la gestion administrative dans l'artisanat. Mais auparavant, nous allons présenter la manière dont on a procédé pour réaliser cette analyse.

5.1 Méthodologie de modélisation du domaine de travail

Le recueil d'informations pour concevoir un modèle du domaine de la gestion administrative dans l'artisanat s'est fondé sur l'étude de documents en gestion des entreprises, de documents techniques et en la passation d'entretiens semi-directifs. Ces entretiens ont été menés avec des artisans (3), des experts de la CAPEB (20) et un consultant en gestion d'entreprise artisanale. Ils ont été complétés par l'analyse de documents techniques (Agence Qualité Construction (France), 2005; Cusant & Widloecher, 2013; Dubrulle & Jourdain, 2013) destinés à aider les étudiants dans la gestion de leur entreprise.

La perception de l'environnement administratif semble traditionnellement rattachée aux documents administratifs que les artisans ou que leurs clients doivent compléter. L'analyse de ces sources est donc une étape nécessaire pour capitaliser les hiérarchies de contraintes qui composent l'environnement d'étude. Pourtant, cette étape n'est pas triviale et nécessite de structurer le grand nombre de sources documentaires administratives que les artisans manient dans leur activité. A ce titre, on retrouve deux types de sources documentaires techniques évoquant les contraintes administratives : les guides et les documents contractuels. Les guides sont utilisés pour aider l'artisan à traiter ses processus administratifs. Ils sont parfois récupérables auprès des organisations professionnelles. Les documents contractuels existent pour garantir l'activité de l'artisan au travers des institutions. On citera à ce titre par exemple les devis, les factures et les bons de commandes. Les documents techniques des aspects administratifs constituent un cadre robuste pour concevoir une modélisation du domaine de travail. La modélisation doit respecter les normes et les lois financières. Or, ces documents sont issus d'experts de ces secteurs. Pour obtenir nos

hiérarchies, nous avons choisi de retenir l'ensemble de ces documents. Les documents administratifs utilisés ici sont des fiches concernant : bilan de chantier ; chargement matériels outillages ; contenu facture ; contenu du devis ; cotraitance ; croquis ; demande de prix ; fiche contact client ; fiche contrôle ; fiche évaluation ; fiche satisfaction client ; liste récapitulative des points techniques ; liste des besoins du client ; liste des entreprises intervenantes ; observations ; procès-verbal de réception des travaux ; plan de charge ; planning ; préparation de chantier ; préparation du devis ; présentation facture ; présentation du devis ; relevé heures matériaux ; réception des supports ; réserves ; saisie des anomalies ; sous-traitance ; suivi après chantier ; transmission des informations ; travaux supplémentaires. C'est au travers de ce corpus documentaire que l'on va élaborer notre modèle du domaine. Pour celle-ci, on commencera dans un premier temps par faire émerger les contraintes et faire une première simplification de cet environnement complexe. Par la suite, on classera nos contraintes suivant leur niveau d'abstraction. Enfin, on déterminera une solution pour retenir l'ensemble total de l'environnement administratif en arrangeant les contraintes suivant des sous-domaines distincts.

Pour faciliter l'analyse de ces documents et de ces entretiens, nous avons utilisé d'une manière inédite un logiciel d'analyse de données qualitatives, appelé TAMS Analyzer (Weinstein, 2006). Cet outil nous a permis d'agréger les entretiens et les documents (voir Figure 14 Récupération des contraintes pour la préparation du devis au travers du logiciel TAMS Analyzer). Chaque information recueillie a pu être rattachée à une propriété du domaine de travail par annotation des sources d'informations. Cet outil est tout particulièrement pertinent pour concevoir une hiérarchie d'abstraction puisqu'il permet de hiérarchiser les annotations. Par exemple pour un document technique, comme le devis, une section de ce document désignant les matériaux employés sur le chantier peut être sélectionnée et annotée pour être associée à une ou plusieurs propriétés du domaine de travail hiérarchisables.

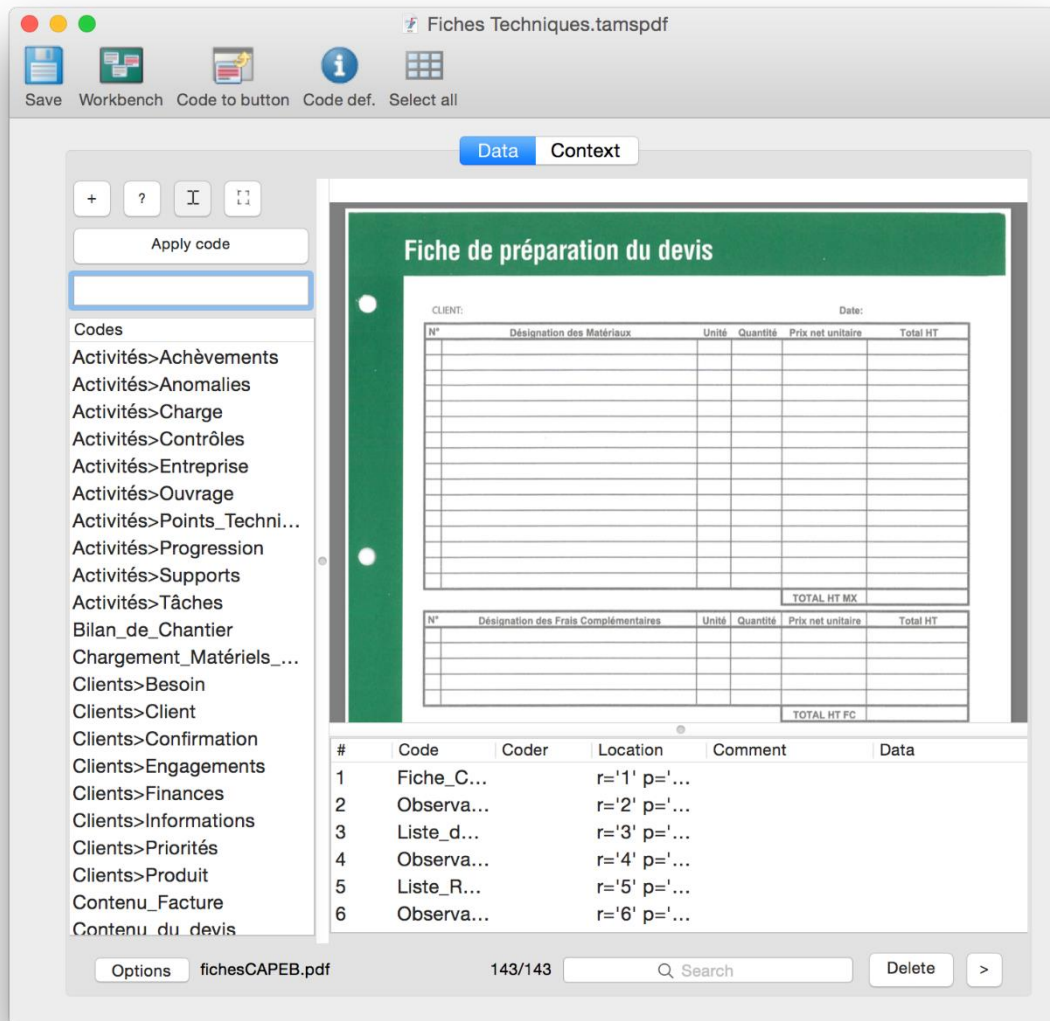


Figure 14 Récupération des contraintes pour la préparation du devis au travers du logiciel TAMS Analyzer

5.2 La modélisation du domaine de travail de l'artisanat

L'objectif de cette section est de présenter tous les aspects du domaine de travail modélisé.

Dans cette optique, on détaillera particulièrement trois apports principaux afin que l'analyse du domaine puisse coller aux aspects administratifs. D'une part, la prise en compte des aspects récursifs et de la dynamique du domaine administratif. D'autre part, la mise en avant du cycle économique spécifique de l'activité artisanale. Enfin, la mise en avant des éléments éthiques comme faisant partie intégrante du domaine administratif.

Pour les sections suivantes, on détaillera dans un premier temps les composantes nécessaires à la modélisation de l'ensemble de l'environnement administratif des artisans. Dans un deuxième temps, on précisera certains aspects de cette modélisation du domaine de travail. Tout d'abord, on clarifiera les relations « fins-moyens » dans les hiérarchies. Ensuite, on traitera des aspects dynamiques de l'artisanat. Enfin, on justifiera la présence des éléments éthiques dans notre modèle sur l'artisanat notamment ceux liés à la confiance.

5.2.1 Les composantes du domaine de travail de l'artisanat

En premier lieu, nous nous sommes appuyés sur une hiérarchie d'agrégation définissant les composantes du domaine de travail. Cette hiérarchie est celle posée par un modèle économique en gestion qui s'appelle le « business model canevas » (Osterwalder & Pigneur, 2004, 2010). Ce modèle correspond à la gestion propre à toute entreprise. Le choix de ce modèle se justifie par le fait que rien ne permet de distinguer en première analyse la gestion d'une entreprise artisanale, de la gestion d'une entreprise à tout autre secteur (voir Figure 15 Composantes du domaine de l'artisanat).

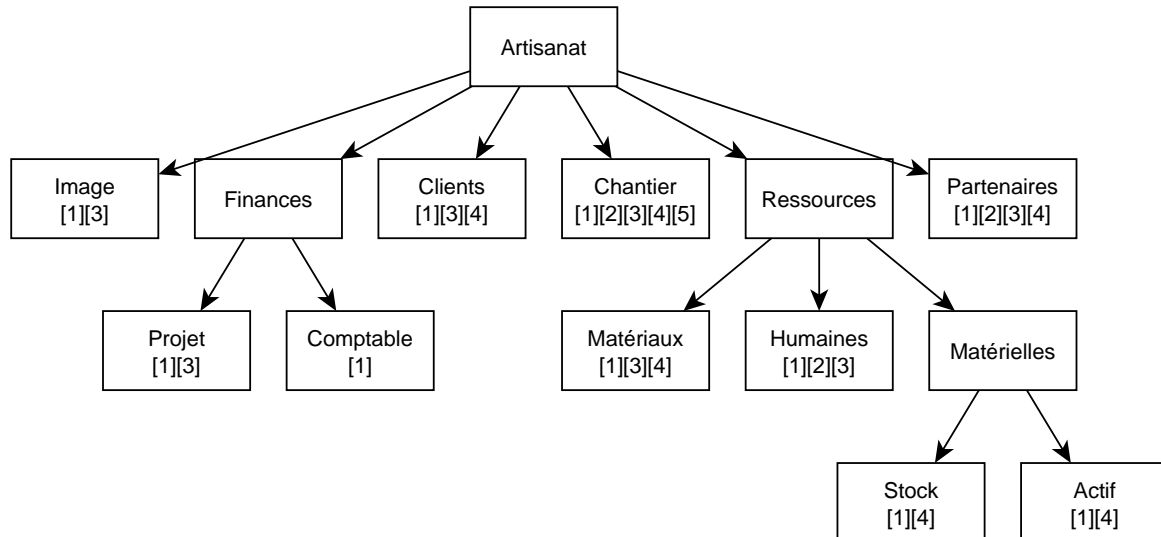


Figure 15 Composantes du domaine de l'artisanat

Six composantes constituent ce domaine :

- L'image de l'entreprise relève des contraintes liées au positionnement de l'entreprise sur le marché et donc correspondent à des contraintes propres au marketing ;

- les finances traitent des activités financières ;
- les clients représentent les contraintes que posent les demandes des clients envers l'artisan ;
- le chantier représente les contraintes techniques et celles relatives à la mise en œuvre d'actions dans une séquence temporelle lors de la mise en œuvre du projet ;
- Les partenaires sont ceux en relations avec l'artisan (fournisseurs, banques, ...) ;
- les ressources sont celles employées par l'artisan pour réaliser les tâches techniques.

Ces composantes sont classées des plus abstraites au plus concrètes.

La hiérarchie présente comprend plusieurs caractéristiques. D'une part, elle s'éloigne de celle proposée par le « business model canevas » afin de mieux coller au contexte de l'artisan. En effet, par exemple, l'image remplace la notion de valeur. Concernant la valeur, celle-ci est diffusée dans les différentes hiérarchies d'abstraction notamment au niveau des fonctions abstraites car cela correspond aux limites que c'est fixée l'entreprise artisanale. D'autre part, on peut considérer cette hiérarchie comme synthétique. Elle permet de visualiser un regroupement des différentes hiérarchies d'abstraction nécessaires pour l'artisanat du bâtiment. Toutefois, toutes les composantes n'ont pas été développées sur leurs hiérarchies. Seules les plus basses ont été modélisées. Ces composantes sont symbolisées par un « [1] » dans le schéma synthétique (voir Figure 15 Composantes du domaine de l'artisanat). Par la suite, on détaillera ces différentes composantes suivant leurs abstractions et leurs agrégations. De plus, on a vu que dans l'artisanat les éléments éthiques étaient nécessaires pour une bonne prise de décision. Les composantes présentant des affordances faisant références à des aspects éthiques sont annotées par un « [2] ». Plus spécifiquement au niveau éthique, les composantes comprenant des éléments de confiance se sont vu assigner l'étiquette « [3] ». Enfin, on n'a évoqué que certaines affordances de nos hiérarchies sont qualifiées de réursive dans le sens où elle pointe la composante dont elles sont issues ou une autre composante du domaine. L'étiquette « [4] » désigne les composantes de ces affordances. Pour finir, l'étiquette « [5] » désigne une composante dont une des affordances peut être décrite sous la forme d'une hiérarchie d'abstraction. Si plusieurs affordances ont cette caractéristique, on a choisi de traiter uniquement celle-ci car elle met en avant les aspects dynamiques de progression d'un chantier. On détaillera plus en profondeur ces quatre dernières étiquettes dans les sections suivantes (voir 5.2.2.2 & 5.2.2.3).

Dans les hiérarchies d'abstraction qui suivront les affordances annotées « [2] », « [3] », « [4] » et « [5] » font respectivement référence à l'éthique en général la confiance en particulier, la récursivité et la composante développée.

5.2.1.1 La composante « Image »

La composante « image » rassemble les contraintes liées à l'image de l'artisan et de son entreprise (voir Figure 16 Hiérarchie d'abstraction des valeurs). Elle met en avant les éléments relatifs au marché et à la notoriété de l'artisan comme par exemple les produits ou services qu'il propose. Cette dimension « marketing » est souvent ignorée par les artisans. Les entretiens nous ont montré qu'ils se sentent faiblement concernés par l'image qu'ils émettent sur le marché.

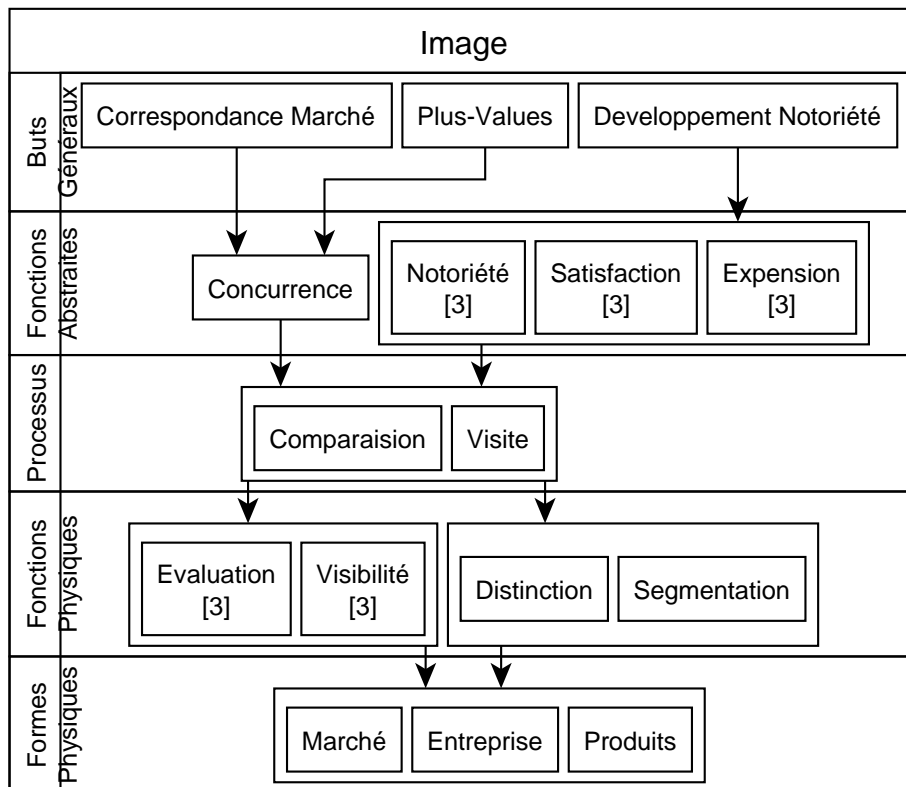


Figure 16 Hiérarchie d'abstraction des valeurs

Les buts de ces fonctions font références à la conduite de l'entreprise et à son positionnement sur le marché. Les fonctions abstraites sont les résultantes des contraintes de ce positionnement. Enfin, les formes physiques regroupent les moyens d'agir sur ces buts c'est-

à-dire : les entreprises qu'elle côtoie, les produits qu'elle propose, et le marché. Ces éléments sont suggérés par les experts. Les affordances notées « [3] » font références à la confiance.

5.2.1.2 La composante « Finances »

Pour la composante financière, le modèle est organisé sur deux hiérarchies présentant deux situations différentes. Les activités financières sont centrales dans l'entreprise artisanale car elles assurent sa survie.

La première hiérarchie fait référence à la gestion financière générale et à la gestion comptable de l'entreprise (voir Figure 17 Hiérarchie d'abstraction des finances comptables). On modélise ici toutes les contraintes auxquelles l'artisanat ou les décideurs doivent se confronter pour rendre leur entreprise viable.

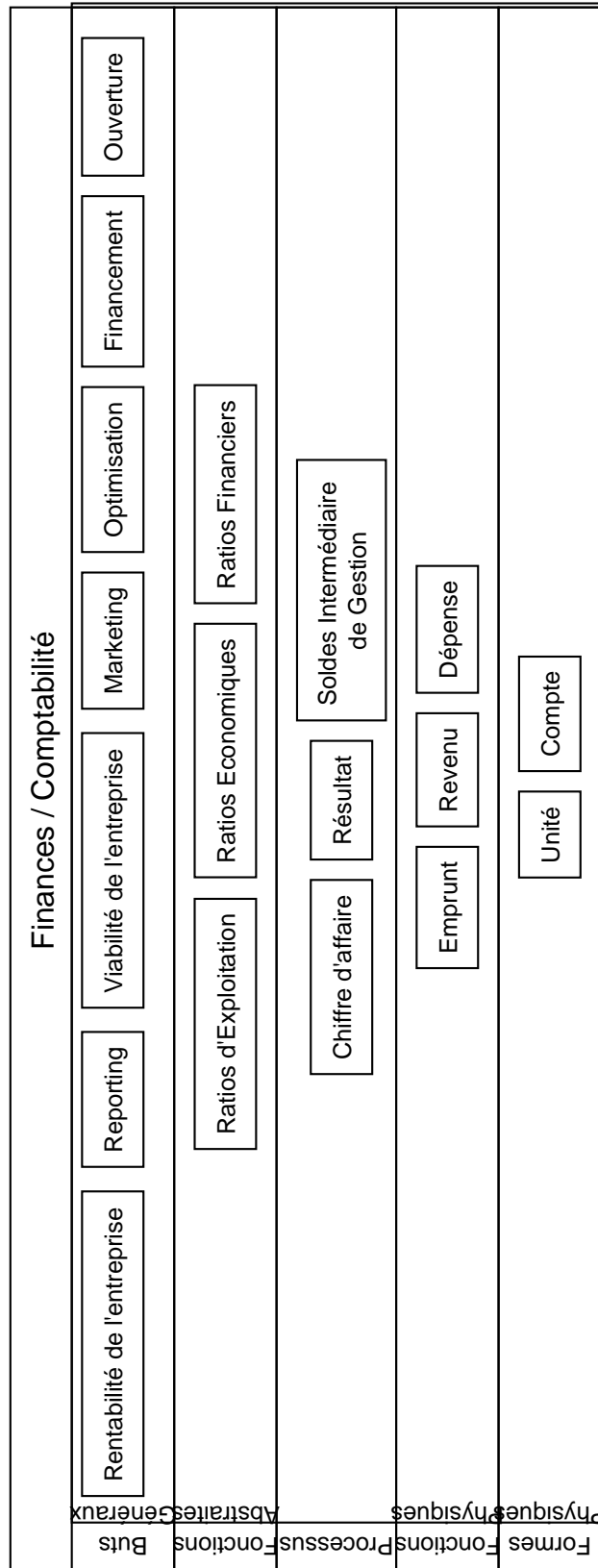


Figure 17 Hiérarchie d'abstraction des finances comptables

Le but est ici simple, il concerne le but économique de l'entreprise. Les fonctions abstraites sont les différents ratios car ce sont des rapports de mesure. Les processus ou fonctions générales sont les opérations quantifiant les flux d'argent. Les fonctions physiques montrent les flux d'argent. Les formes physiques relèvent simplement de toutes les transactions monétaires qui peuvent être établies dans le domaine. Ces contraintes se retrouvent dans tous les manuels destinés à l'apprentissage de la gestion (Cusant & Widloecher, 2013; Dubrulle & Jourdain, 2013).

La deuxième modélise la gestion financière pour un projet et développe les aspects contractuels qui en découlent (voir Figure 18 Hiérarchie d'abstraction des finances des projets). Elle valide la viabilité d'un projet. Ces aspects tirent leurs contraintes de notions liées à la confiance et la sécurité.

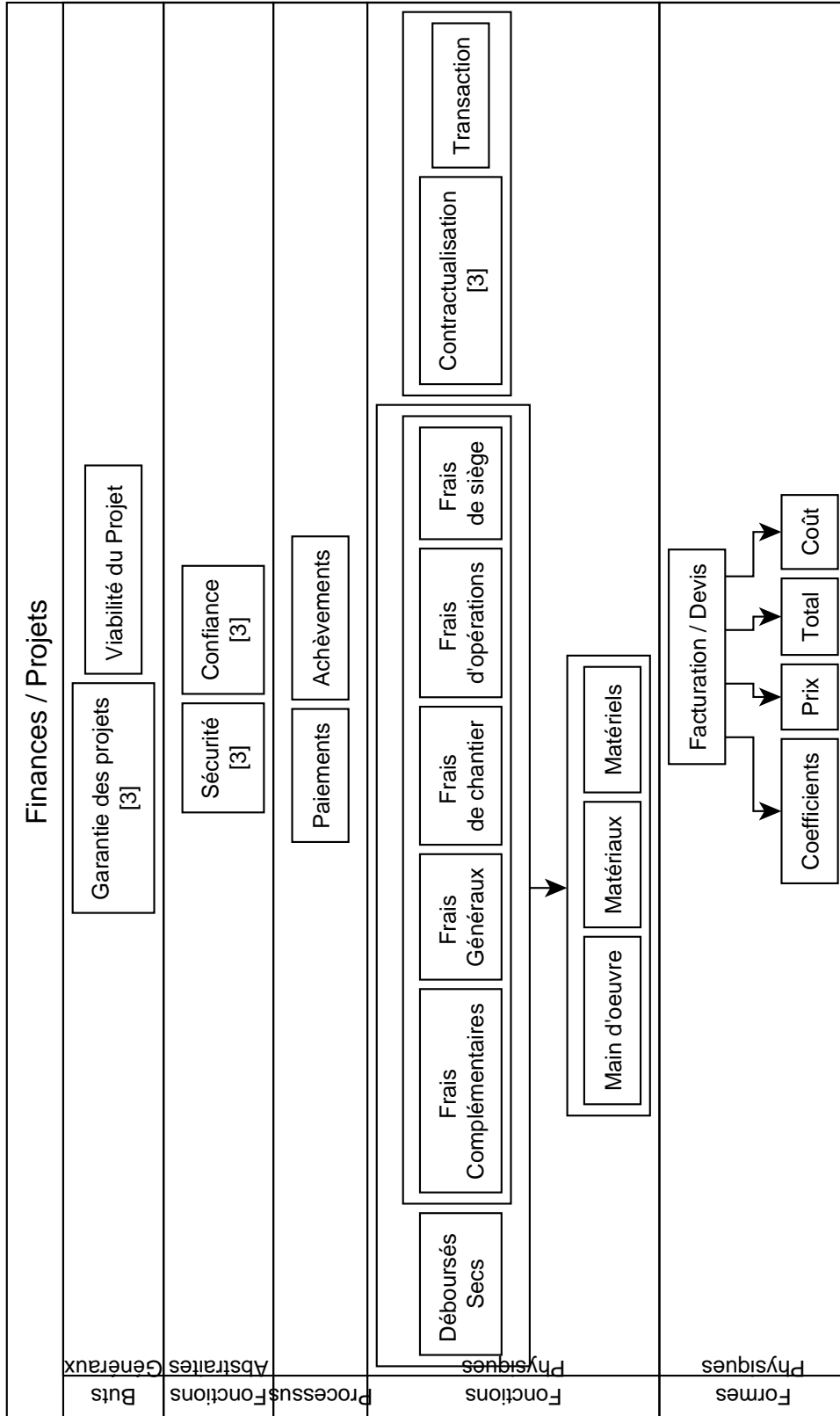


Figure 18 Hiérarchie d'abstraction des finances des projets

Les contraintes suivent ici le même schéma. Toutefois, l'unité principale est ici la facturation ou le devis. De plus, certains éléments éthiques sont présents dans la hiérarchie car ils participent à l'acceptation de la transaction. Ces contraintes proviennent de l'analyse de différents devis ainsi que des recommandations juridiques sur le sujet (Agence Qualité Construction (France), 2005).

5.2.1.3 La composante « Clients »

Comme pour toute entreprise, les clients constituent un élément essentiel. Le besoin exprimé par le client représente en effet l'objet immatériel sur lequel l'artisan va devoir travailler. En exprimant les éléments caractérisant cette réponse au besoin : gain en argent, renouvellement du marché, alignement concurrentiel, satisfaction du besoin, etc., il s'agit d'offrir à l'artisan les éléments pour spécifier au mieux une réponse adaptée (voir Figure 19 Hiérarchie d'abstraction des clients). De manière concrète, il s'agit pour l'artisan de respecter des éléments-clefs comme la confirmation du client avec signature, les engagements, le suivi du travail.

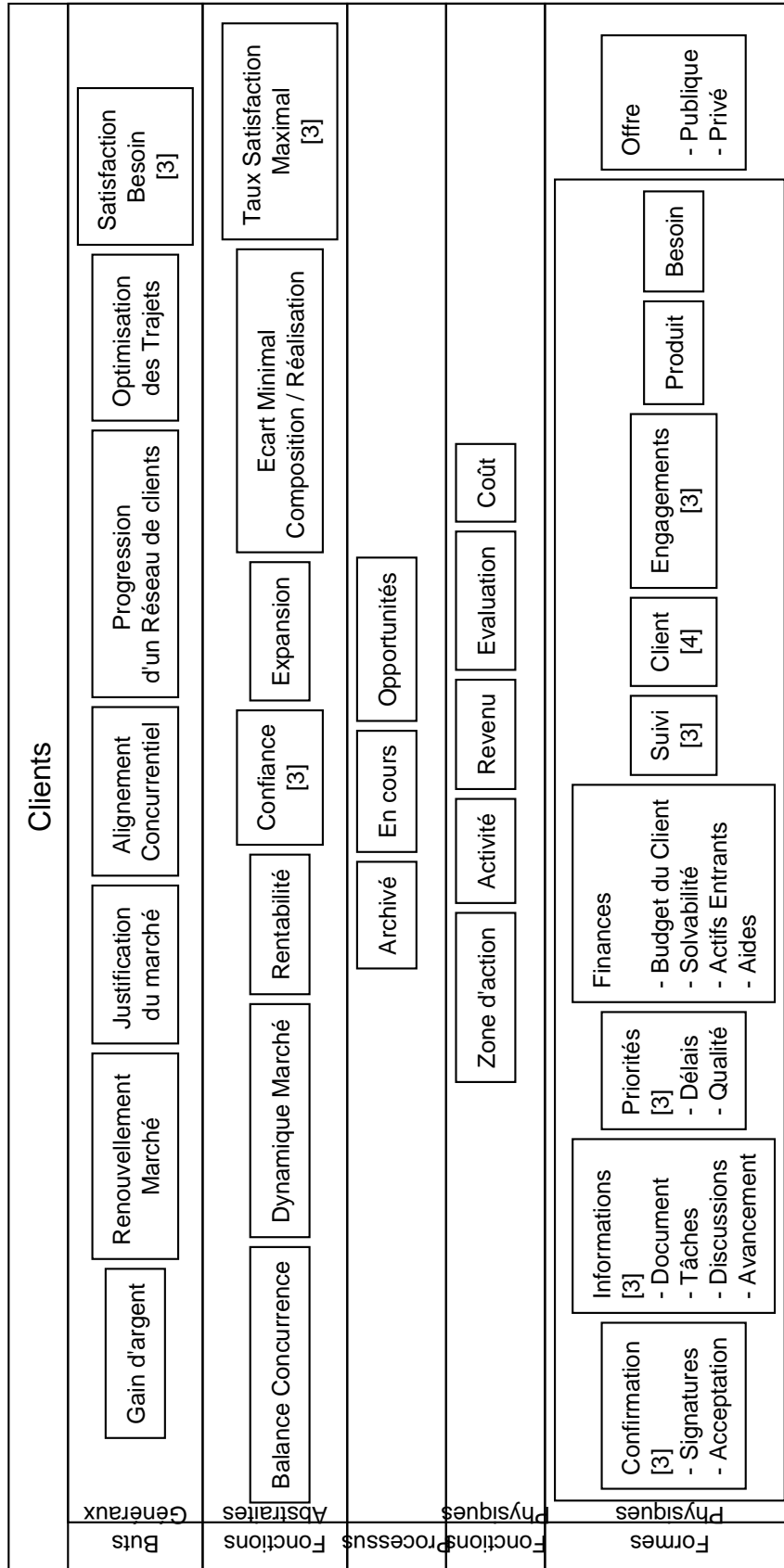


Figure 19 Hiérarchie d'abstraction des clients

Les buts concernent la satisfaction du client. Les formes physiques désignent quelles contraintes techniques et quels éléments lui transmettre pour le satisfaire. Ces contraintes ont été pour la plupart tirées des fiches techniques de recommandations pour les artisans (voir Agence Qualité Construction (France), 2005).

5.2.1.4 La composante « Chantiers »

Le domaine des chantiers agrège toutes les contraintes liées aux tâches techniques ou de service que l'artisan doit remplir. Le chantier regroupe donc l'élément de l'environnement et les contraintes applicables à celui-ci. La plupart des contraintes sont liées aux activités directement associées à la production et l'exécution de tâches techniques pour un ouvrage.

Ce cadre est central pour les artisans. En effet, ceux-ci ont tendance à percevoir ce module comme le seul à prendre en considération. Nos entretiens avec les artisans et les experts nous ont conduits à prendre en compte l'importance de celui-ci pour gérer leurs activités. Toutefois, ils ont tendance à considérer ces activités au dépend des autres contraintes. Les objectifs fonctionnels comme le respect du « Prévisionnel » et des délais ou encore l'optimisation du planning sont envisagés habituellement par les artisans comme des éléments secondaires dans leur activité, alors qu'il s'agit d'éléments-clefs dans leur réussite au travail.

Au niveau des processus propres à l'activité, la figure (voir Figure 20 Hiérarchie d'abstraction des chantiers) indique une contrainte fonctionnelle qui est celle de la progression de l'activité dans le temps (« [5] »). Ce processus temporel est particulièrement important dans la gestion de l'activité, car il relève de la création de nouveaux chantiers, la gestion des chantiers en cours, mais aussi des chantiers archivés qui servent de base de données et de capital de savoir-faire pour l'artisan. Nous développerons par la suite ces éléments plus en détails (voir 5.2.2.2 & 5.2.2.3).

Les affordances marquées des étiquettes « [2] », « [3] » sont à relier respectivement à l'éthique, la confiance et la récursivité.

On met aussi en exergue une affordance récursive dans cette composante du chantier (« [4] »).

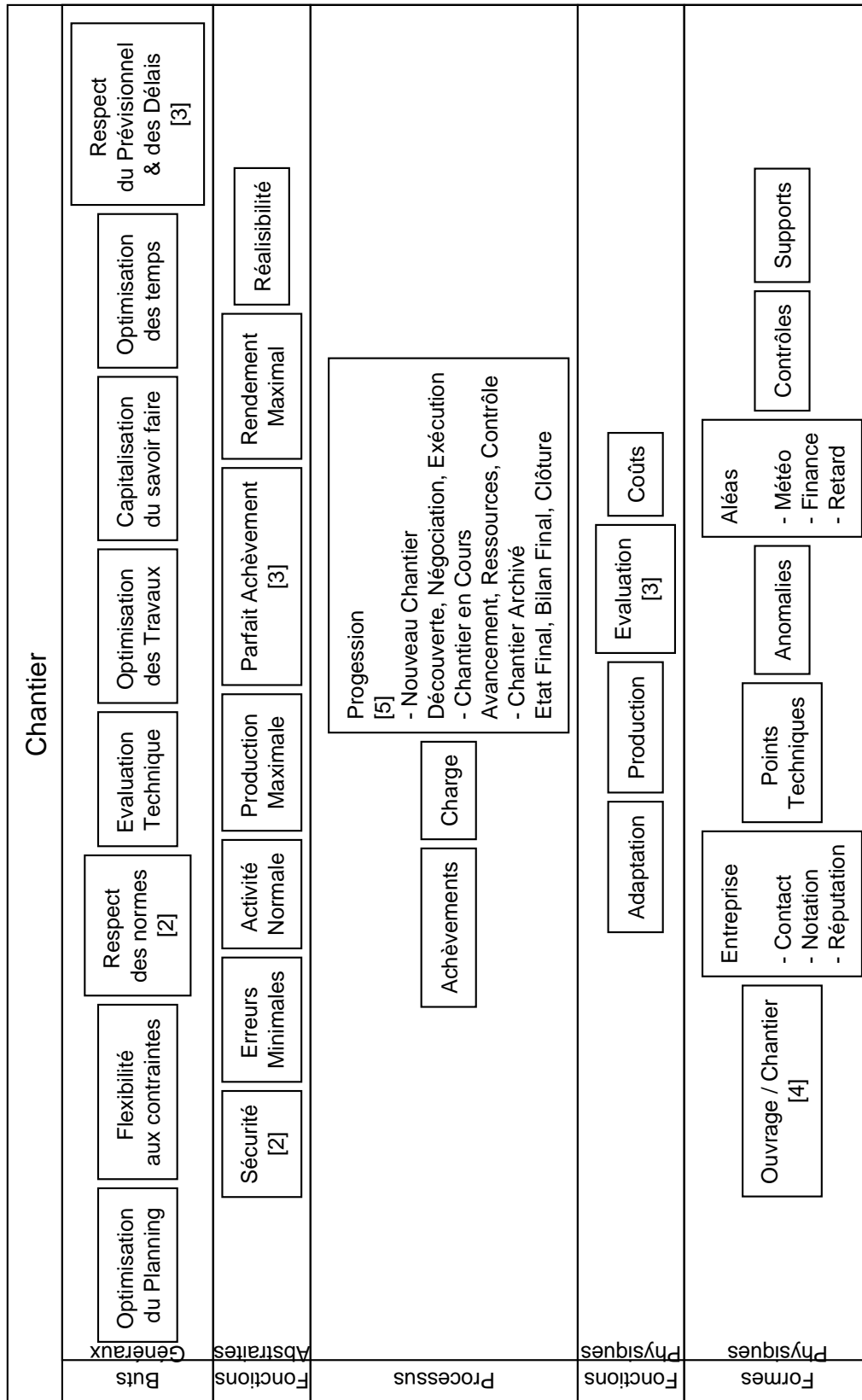


Figure 20 Hiérarchie d'abstraction des chantiers

Pour ces contraintes, on mettra en avant la présence de la contrainte « sécurité » nécessaire à la protection des salariés et des partenaires.

5.2.1.5 La composante « Partenaires »

Les partenaires représentent des acteurs importants pour l'artisan. Ils sont un support d'aide dans l'activité. Ces partenaires sont variés : organisations professionnelles, banques, comptables, architectes, autres artisans ; tout comme les activités qu'ils proposent : transmission d'information, proposition de marché, aides financières. On propose une hiérarchie simple pour organiser toutes ces catégories (voir Figure 21 Hiérarchie d'abstraction des partenaires). Des éléments clefs liés à la confiance entre partenaires comme la sécurité, la ponctualité ou la poursuite de bonne relation sociale sont essentiels (« [3] »). Certaines de ces affordances peuvent être liées aux aspects éthiques (« [2] »). Enfin, cette composante possède une récursion (« [4] »).

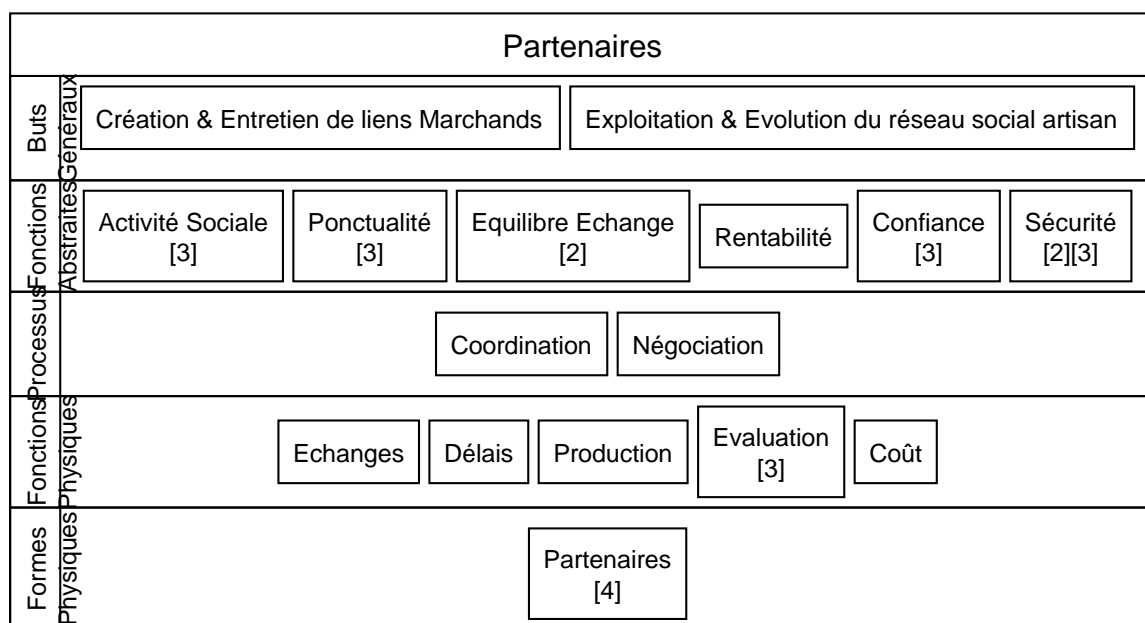


Figure 21 Hiérarchie d'abstraction des partenaires

5.2.1.6 La composante « Ressources »

Parmi les activités administratives, une des composantes essentielles est celle de la gestion des ressources. Cette activité consiste à fournir des supports pour la réalisation des activités techniques, notamment celles relatives aux chantiers. On distingue trois types de sous-

composantes liées aux ressources : la composante « Ressources en Matériels », la composante « Ressources en Matériaux », la composante « Ressources Humaines ».

a. La composante « Ressources en Matériels »

Dans cette composante, on a pu mettre en exergue deux dimensions : celle dynamique de gestion des ressources pour satisfaire aux activités, et l'autre qualifiée de stockage.

Dans la première, les ressources sont gérées en fonction de leur efficacité pour la production, c'est à dire suivant leur disponibilité et leur rentabilité (voir Figure 22 Hiérarchie d'abstraction des matériels en activité).

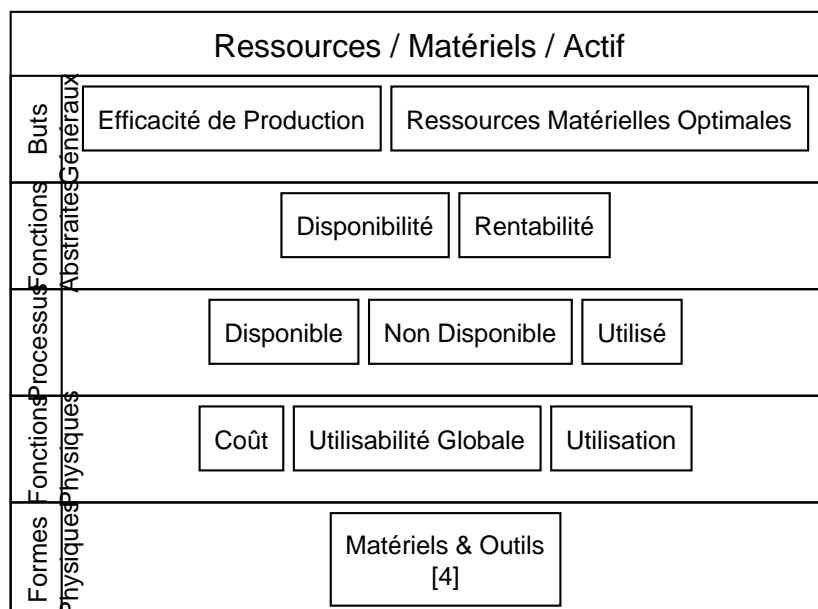


Figure 22 Hiérarchie d'abstraction des matériels en activité

La deuxième situation est composée d'une hiérarchie qui vise à l'amélioration de l'espace de travail, notamment par la méthode ORDRE ou 5S (Osada, 1991) (voir Figure 23 Hiérarchie d'abstraction du stockage des matériels). Cette méthode est une technique de management visant à l'amélioration continue des tâches effectuées dans les entreprises. Provenant du Japon (Toyota), elle tire son appellation de la première lettre de chacune de cinq opérations constituant entre autres des pratiques simples dans la gestion des ressources : Seiri (整理, ranger) : supprimer l'inutile ; Seiton (整頓, ordre) : situer les choses ; Seiso (清掃, nettoyage)

: (faire) scintiller ; Seiketsu (清潔, propre?) : standardiser les règles ; Shitsuke (躰, éducation?)

: suivre et progresser.

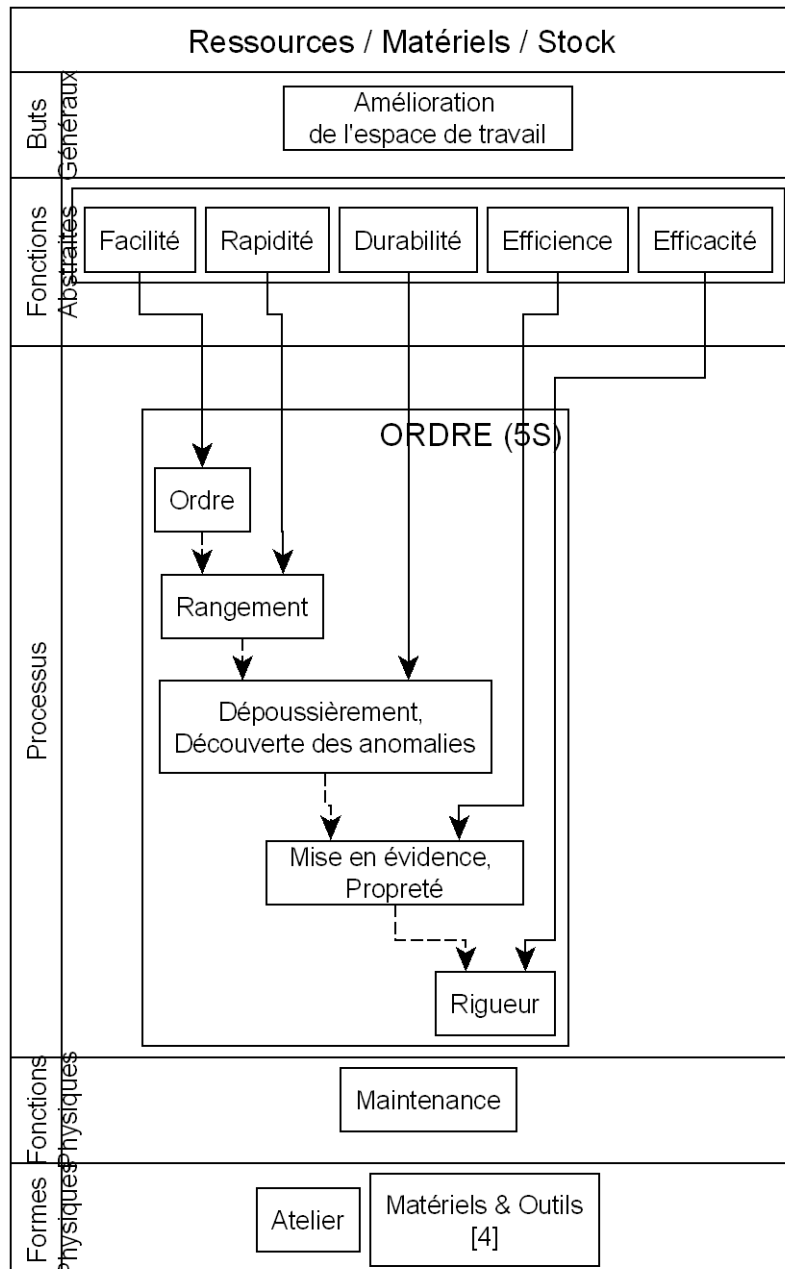


Figure 23 Hiérarchie d'abstraction du stockage des matériels

Pour ces deux composants, on note la présence d'une récursion pour les matériels (« [4] »).

b. La composante « Ressources en Matériaux »

La gestion des matériaux intervient dans l'acte de construction. Cette hiérarchie reprend les buts liés aux activités de production sur un chantier avec des notions de rentabilité et de perte minimale (voir Figure 24 Hiérarchie d'abstraction des matériaux). La gestion des matériaux place ces derniers suivant trois états : soit commandés, soit en stocks, soit suivant le débit qu'ils génèrent. Finalement, de manière générale ou par projet, les matériaux créent des flux, comme des coûts ou des pertes. On note la présence de la notion de satisfaction et d'évaluation des matériaux par le client ou l'artisan, ceci afin de garantir une démarche qualité pour le produit proposé. Ces éléments garantissent une confiance dans le produit (« [3] »). La composante est réursive (« [4] »).

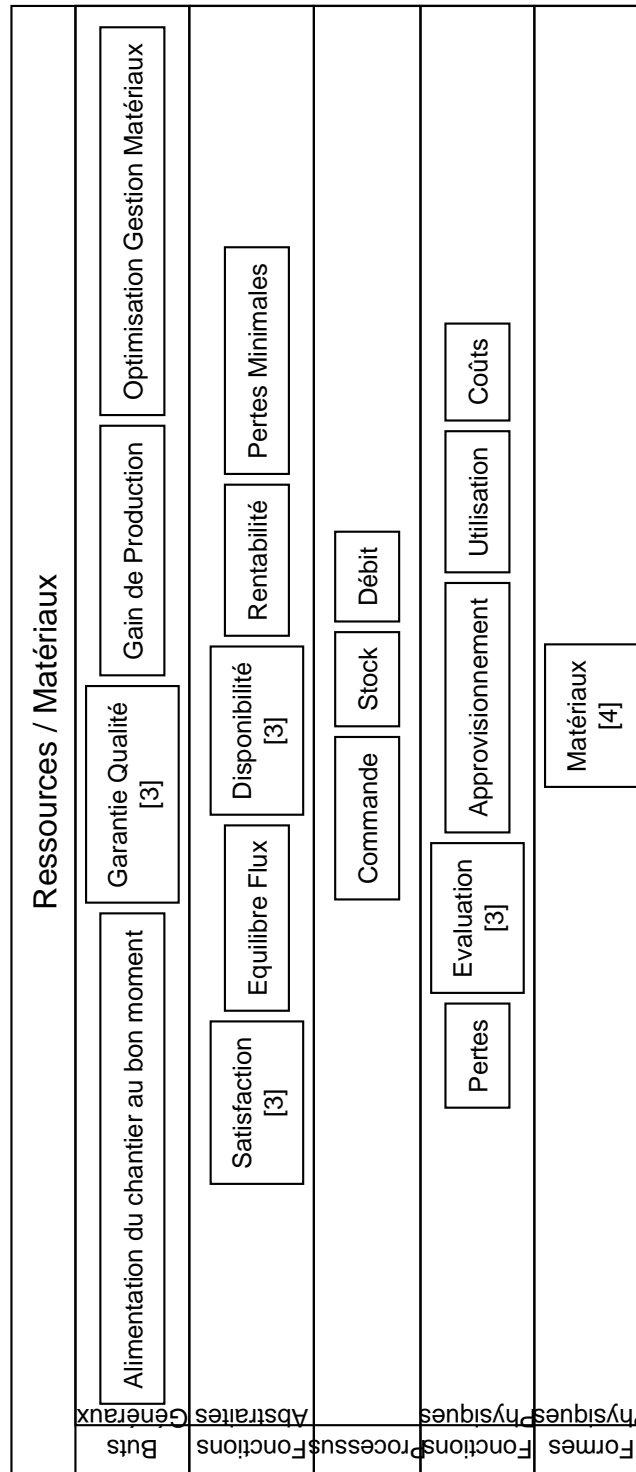


Figure 24 Hiérarchie d'abstraction des matériaux

c. La composante « Ressources Humaines »

La composante des ressources humaines rassemble les contraintes relatives à la prise de décisions et la gestion des agents et des équipes dans une entreprise (voir Figure 25 Hiérarchie

d'abstraction des ressources humaines). Si la plupart des contraintes sont liées à des objectifs de production et de rentabilité, on dénote que certaines sont définies comme éthiques (« [2] ») ou liées à la confiance (« [3] »). Ainsi la satisfaction à la santé et au bien-être des salariés par l'artisan fait partie de ses responsabilités sociales.

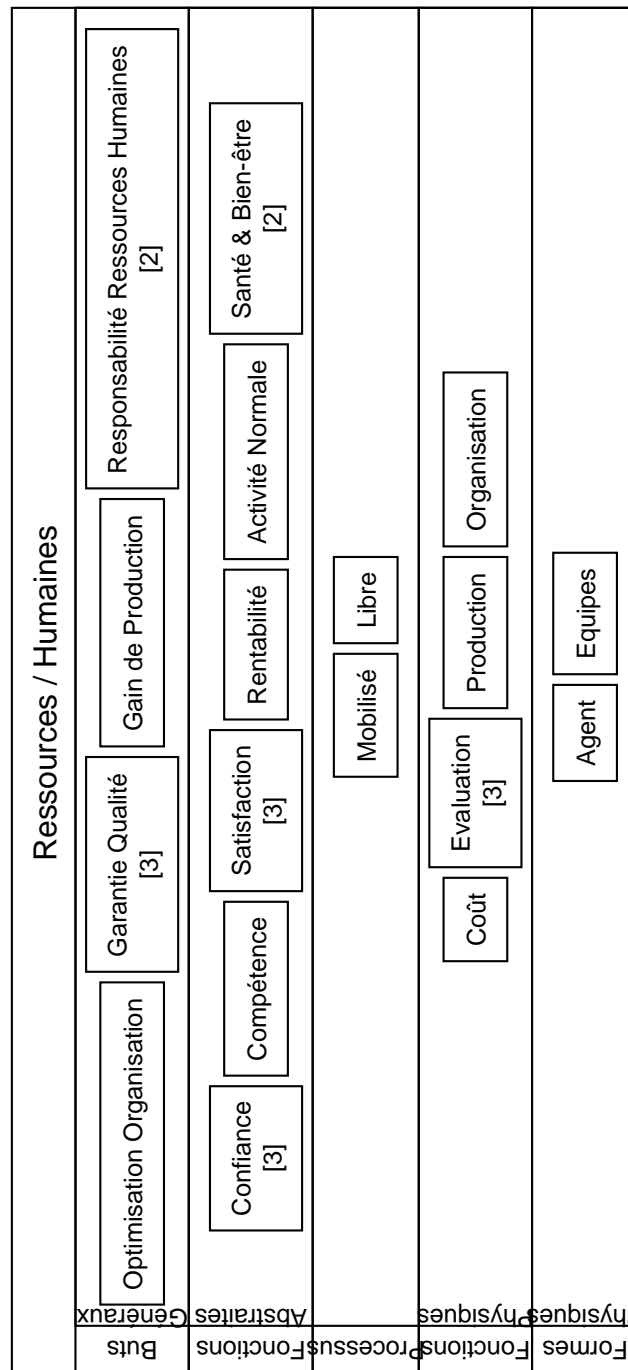


Figure 25 Hiérarchie d'abstraction des ressources humaines

A la suite de cette modélisation du domaine de travail en 6 composantes, trois résultats particulièrement saillants peuvent être mis en relief. Le premier résultat concerne la perception parfois difficile des liens « fins-moyens dans nos hiérarchies d'abstraction. Le second résultat émergeant de ce modèle du domaine de travail est la présence d'un élément particulièrement critique au niveau des activités de l'artisan. Cet élément est celui de la progression dans la création et la gestion de chantiers. Le dernier résultat est la présence assez fréquente d'éléments relevant de valeurs éthiques et non factuelles, qui conditionnent l'activité de l'artisan, notamment au niveau de ses relations avec les clients et les partenaires. Nous allons appréhender à présent ces trois dimensions.

5.2.2 Précision sur le domaine de travail de l'artisanat

5.2.2.1 Les liens « moyens-fins »

Du fait de la complexité du domaine de travail, nous n'avons pas été en mesure de représenter les relations « moyens-fins » qui se tissent entre les différentes affordances à différents niveaux d'abstraction. Une telle représentation aurait de toute façon perturbée la lisibilité des figures. Par exemple, la figure suivante détaille les liens « fins-moyens » de la composante « partenaire » (voir Figure 26 Hiérarchie d'abstraction des partenaires avec ses liens « fins-moyens »). La présence de nombreuses « flèches » rend difficile la lecture et n'apporte pas d'informations directement utiles pour notre objectif.

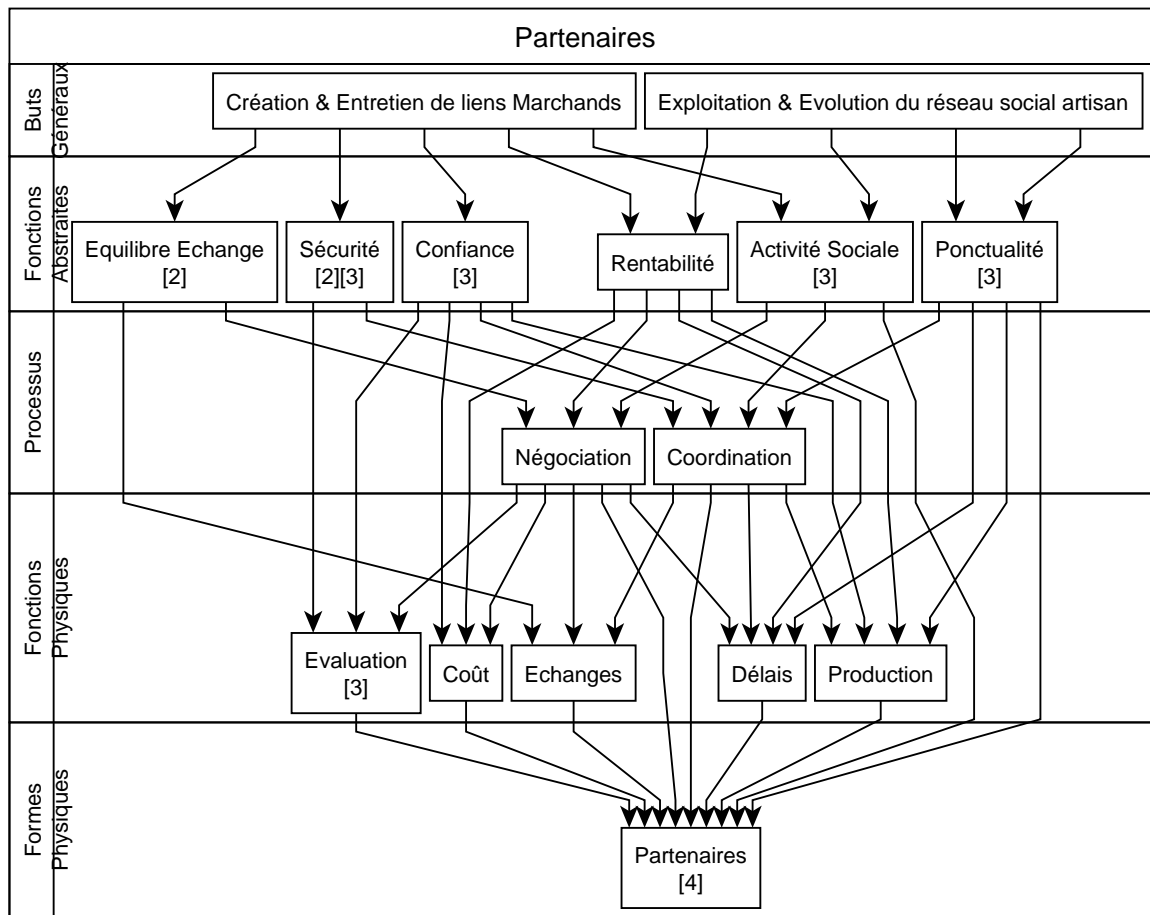


Figure 26 Hiérarchie d'abstraction des partenaires avec ses liens « fins-moyens »

D'autre part, nous avons été obligés d'utiliser un lexique assez généraliste pour synthétiser au mieux les affordances présentes à chaque niveau d'abstraction. Par exemple, dans la figure 26, les affordances « négociation » et « coordination » au niveau des processus sont formulées d'une manière suffisamment générique pour intégrer les fonctions abstraites et les fonctions physiques qui leur sont associées.

5.2.2.2 Aspects dynamiques et récursifs de la progression de l'activité

Les entretiens avec les artisans et les experts nous ont montré que la progression harmonieuse de l'activité sur chaque chantier constituait un point clef dans le bon fonctionnement d'une entreprise artisanale. A ce titre, les artisans possèdent un cycle économique spécifique. En effet, celui-ci dans sa situation administrative doit se confronter à la résolution de la même

série de contraintes à chaque apparition d'un nouveau projet. Toutefois, ce cycle est en lui-même une contrainte.

a. Méthodologie de prise en compte des aspects dynamiques et récursifs de la progression de l'activité artisanale

Pour rendre compte de la dynamique du cycle de gestion d'un chantier, de son début à son archivage, nous nous sommes tout d'abord fondés sur une analyse des tâches associées aux documents techniques de gestion de chantiers, et tout particulièrement sur la base d'un guide d'aide à la gestion administrative. Ce guide était composé d'outils et d'exemples de fiches administratives pour la gestion des entreprises artisanales du bâtiment (Agence Qualité Construction (France), 2002, 2005). Après une représentation de ces tâches sous la forme de graphes, nous avons réalisé une catégorisation de ces tâches sous l'angle de nouveaux chantiers, chantiers en cours et chantiers archivés. Cette catégorisation ayant émergé à la suite d'entretiens avec des artisans. Puis, nous avons généralisé l'application de ces trois états d'un chantier aux différentes contraintes qu'implique la gestion de chantier à différents niveaux d'abstraction.

b. Modèle dynamique et récursif

Les résultats de cette section mettent en avant dans un premier temps les graphes des tâches sur la gestion de l'entreprise artisanale. Par exemple, la figure suivante présente un extrait des graphes d'états relatifs à la réalisation de tâches de gestion de chantiers (voir Figure 27 Extrait des graphes d'état des tâches de gestion de chantiers).

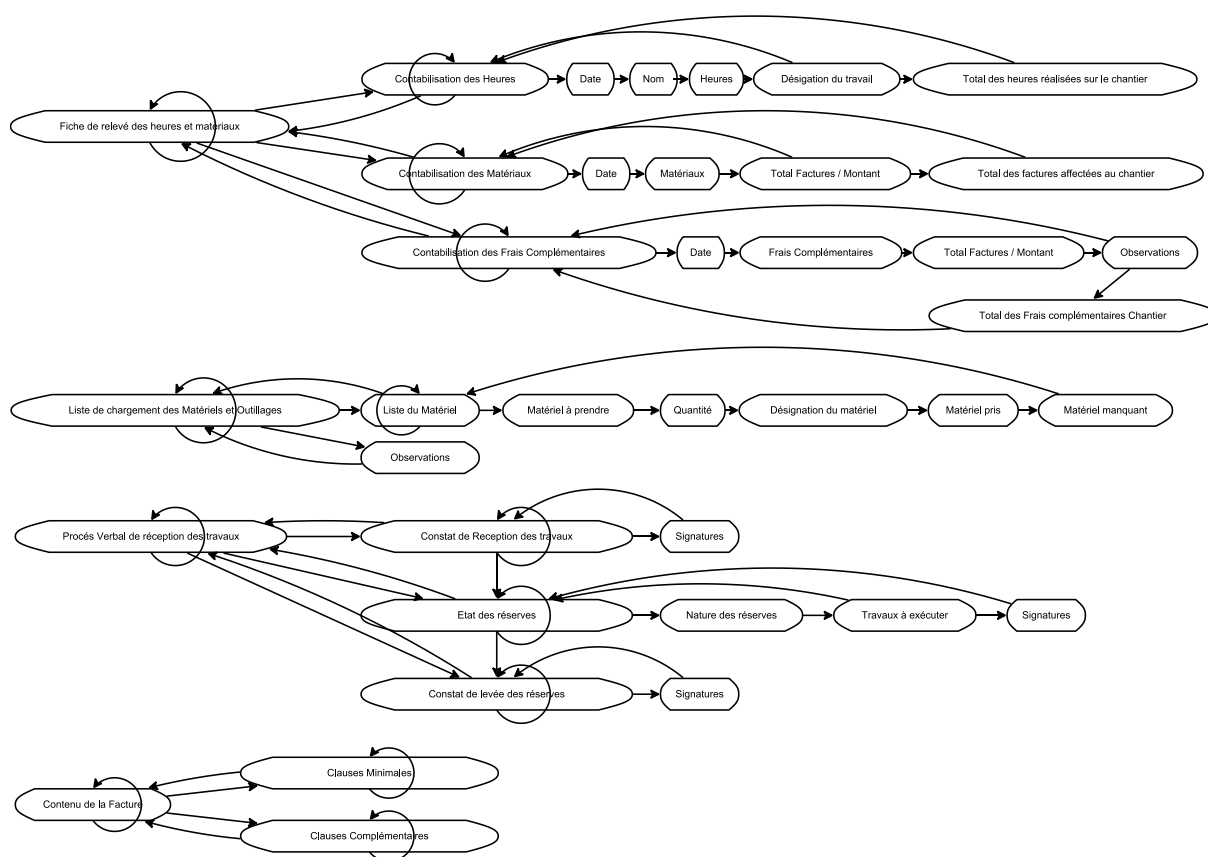


Figure 27 Extrait des graphes d'état des tâches de gestion de chantiers

Au travers d'analyses, on détermine que l'ensemble des documents renvoie à plusieurs étapes liées à des outils utilisables par l'artisan pour gérer leur activité. Ces étapes sont :

- le premier contact avec le client symbolisé par une fiche contact client ;
- la définition des besoins du client avec la liste des besoins du client ;
- l'étude technique et réglementaire avec une liste récapitulative des points techniques ;
- l'organisation des travaux avec des fiches d'organisation des travaux comme la liste des entreprises intervenantes, celle de cotraitance et enfin celle de sous-traitance ;
- l'étude du devis avec sa fiche de préparation, un exemple et la fiche de travaux supplémentaires ;
- la planification avec le plan de charge et le planning des travaux ;
- l'approvisionnement avec la demande de prix et son bon de commande ;
- la réception des supports et sa fiche ;
- la transmission des informations avec sa fiche ;
- une fiche étape pour l'étape de préparation de chantier ;
- la fabrication en atelier et la fiche de débit ;

- la mise en œuvre sur le chantier avec une fiche de relevé des heures et des matériaux et la liste de chargement des matériels et outillages ;
- le contrôle des travaux et sa fiche ;
- le traitement des anomalies et sa fiche de saisie ;
- la réception des travaux et le procès-verbal de réception qui fait suite ;
- la facturation avec le contenu de la facture ;
- le bilan financier du chantier et une fiche de bilan du chantier ;
- le service après-vente avec une fiche de suivi après chantier ;
- la mesure de satisfaction du client avec sa fiche ;
- L'amélioration des performances de l'entreprise avec sa fiche.

c. Classification des activités à partir des documents techniques

Sur la base de ces graphes, nous avons réalisé une hiérarchie d'abstraction dont les objectifs relèvent de la gestion d'un nouveau chantier, d'un chantier en cours et d'un chantier archivé (voir Figure 28 Hiérarchie d'abstraction de la progression). Lorsque l'on observe les processus de cette arborescence, on constate un même enchaînement de trois états et donc une forme de récursivité. Pour l'objectif « nouveau chantier », nous avons les processus « découverte », « négociation », « exécution ». Pour l'objectif « chantier en cours, nous avons les processus « avancement », « ressources », « contrôle ». Et enfin, pour l'objectif « chantier archivé », nous avons les processus « Etat final », « Bilan final », « clôture ». Grosso modo, cette structure récursive se fonde sur trois moments de la temporalité : le futur, le présent, le passé. Ces trois moments forme une réification de la dynamique temporelle. On la qualifie de récursive dans les sens où elle fait appel à la composante « chantier » dont elle est issue.

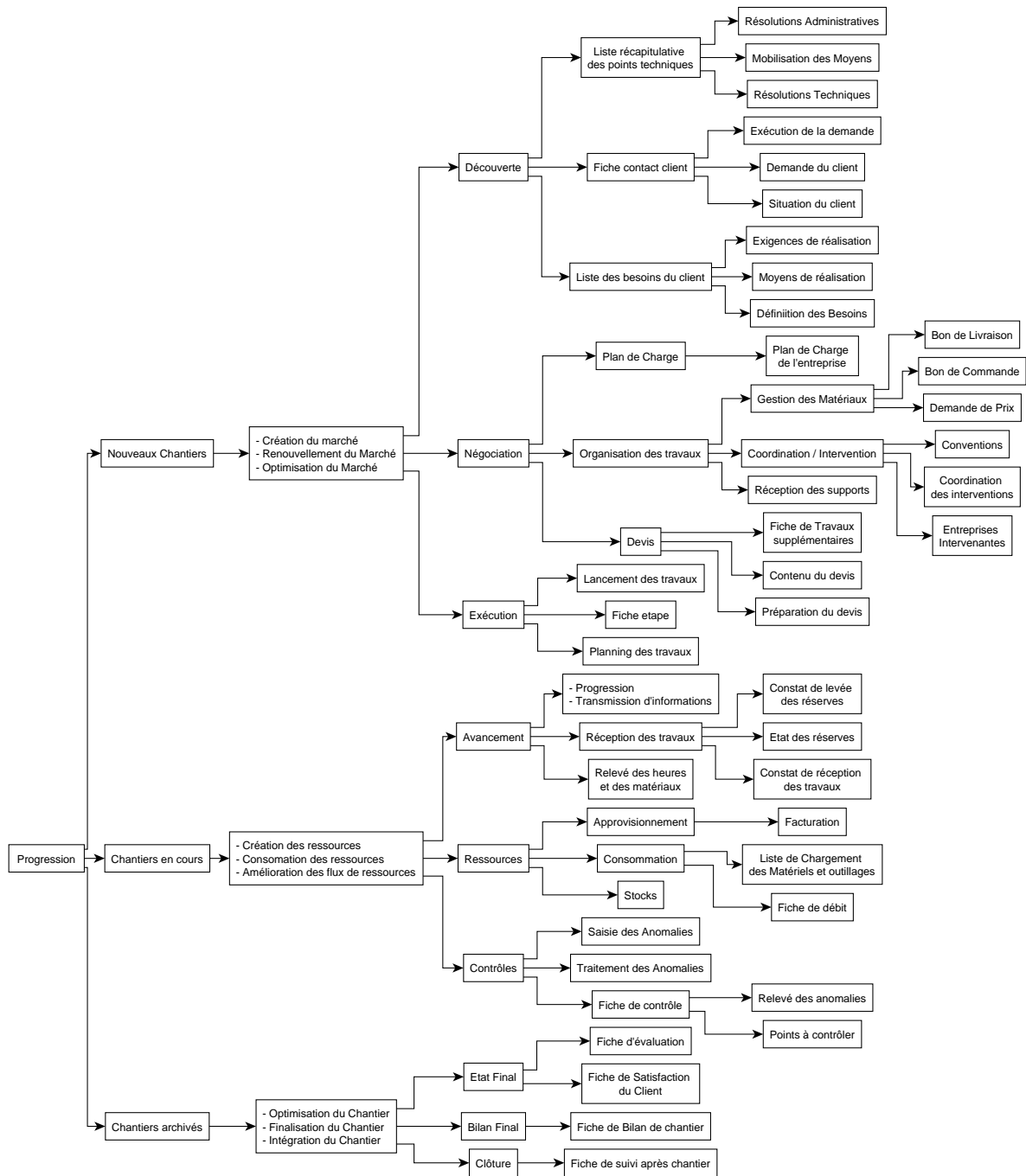


Figure 28 Hiérarchie d'abstraction de la progression

La figure 29 représente cette récursivité au niveau des processus (voir Figure 29 Modélisation de la récursivité de la hiérarchie processus). La figure 30 représente des éléments propres à l'étape chantier en cours, qui amènent à penser que la récursivité s'applique également aux fonctions physiques (voir Figure 30 Modélisation de la récursivité du niveau des fonctions physiques). Par exemple, à l'intérieur du processus « avancement », nous avons la structure tripartite « relevé des heures », « transmission d'information », « réception des travaux ».

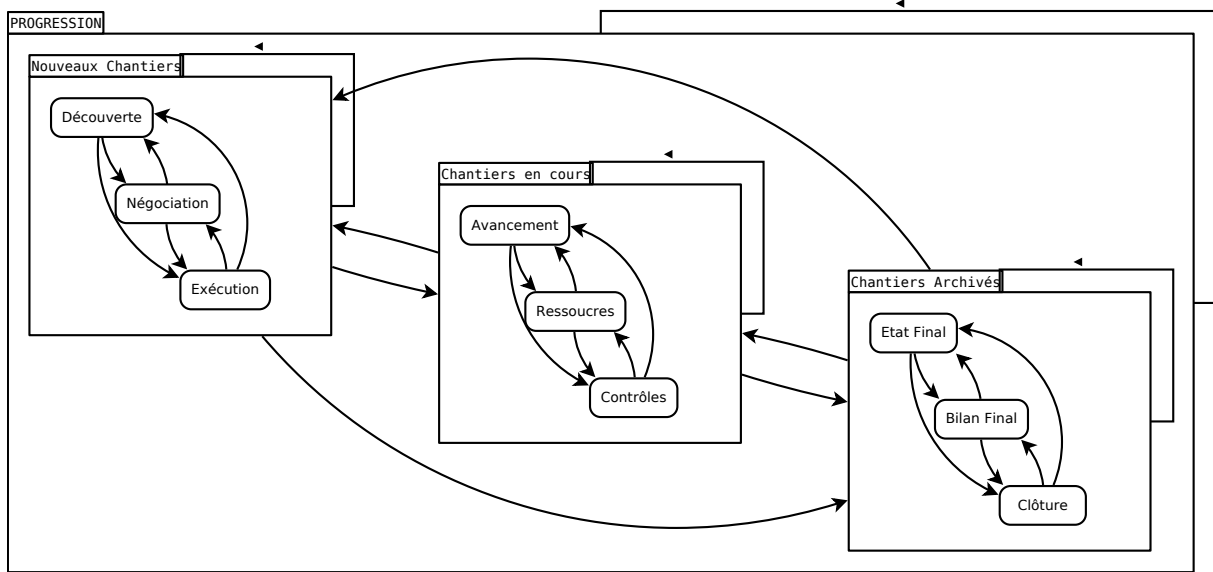


Figure 29 Modélisation de la récursivité de la hiérarchie processus

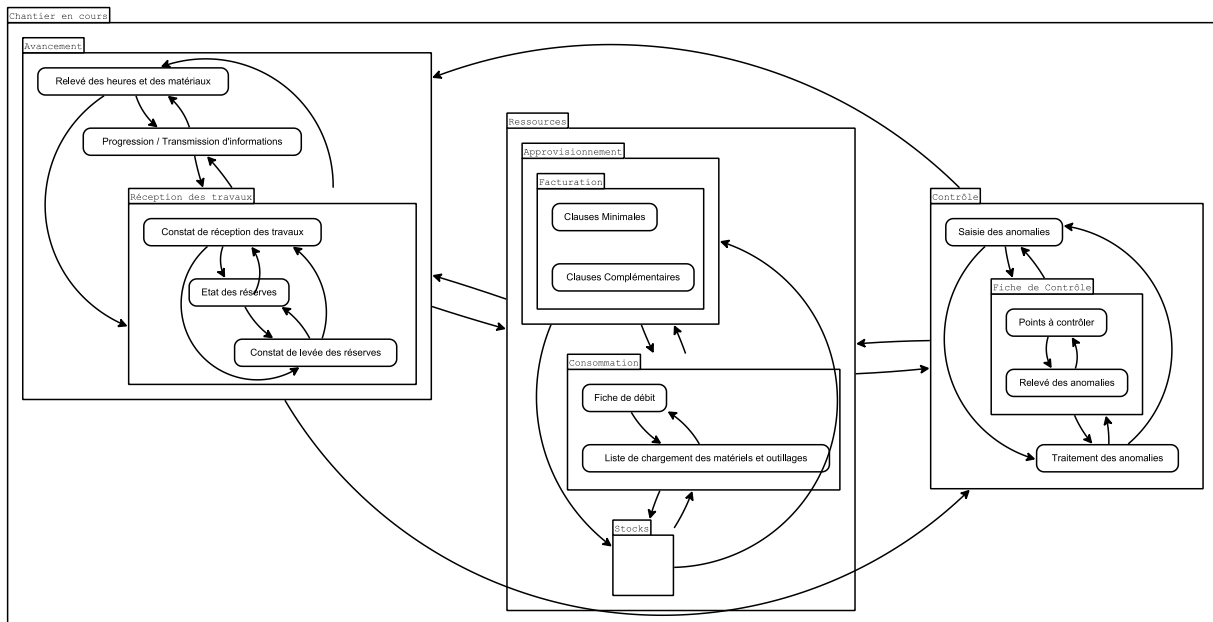


Figure 30 Modélisation de la récursivité du niveau des fonctions physiques

En conclusion de cette analyse du domaine, nous sommes parvenus à décrire à travers une ontologie d'objets plus ou moins abstraits les contraintes déterminant l'espace-problème de l'activité de gestion administrative chez les artisans. Cet exercice d'explicitation nous a même conduit à réifier les activités de l'artisan comme objets sur lesquels il doit réfléchir et réaliser des traitements de l'information pour optimiser son travail. Cette analyse a également mis en relief les éléments du domaine relevant de la confiance, comme valeur éthique essentielle

dans l'activité des artisans. Cette valeur devra pouvoir être considérée d'une manière ou d'une autre lors de la conception d'un système d'information à destination des artisans.

5.2.2.3 Les notions d'éthique et de confiance dans l'artisanat

Les éléments éthiques représentent des valeurs qui ont été déjà identifiées comme relevant de fonctions abstraites pour un domaine intentionnel (Rasmussen, 1986). Mais, l'importance que ces éléments revêtent pour l'artisan nous oblige à dérouler leurs caractéristiques à différents niveaux d'abstraction. Il s'agit clairement de les représenter dans le domaine de travail, afin que les artisans puissent les intégrer explicitement dans leurs pratiques. A ce titre, il existe plusieurs études portant sur les liens entre les domaines administratifs et la prise de décision éthique (Husser, Gautier, André, & Lespinet-Najib, 2014; Trevino, 1986). Ces études nous ont aidées à l'explicitation des éléments caractéristiques de la prise de décisions éthiques dans l'artisanat. Ces éléments éthiques disposent d'un symbole « [2] » pour les identifier dans les différentes figures.

Rappelons que dans son ouvrage princeps « Administrative Behavior » (Simon, 1976), Herbert Simon avait déjà tout particulièrement souligné l'importance de la dimension éthique comme élément fondateur d'une organisation. Dans les processus administratifs, les interactions entre les différents acteurs d'un même environnement sont décisives pour la prise de décisions rationnelles (Falcone & Castelfranchi, 2001; Lahno, 1995; Nielsen, 2004). Les échanges sont le fruit de ces interactions. Pour qu'ils se concrétisent, comme dans le cas d'un échange marchand entre client et artisan : il convient d'entrer dans ce qu'on désigne comme un état de confiance. Cet état de confiance s'obtient lors d'un échange commun d'intérêts (Hardin, 2004) : « je te fais confiance parce que je crois qu'il est dans ton intérêt sur une question donnée de prendre en compte mes intérêts dans ton action ». Cependant, la confiance est « encadrée » (Polyani, 1944), c'est à dire qu'en tant qu'entité sociale, elle ne peut pas se séparer des activités économiques. Une activité purement économique n'existe pas sans un minimum de confiance, Pour Sen, « L'homme purement économique n'est pas loin d'être un crétin social » (Sen, 1977). Granovetter [1992] a identifié deux aspects de cet « encastrement » social de la confiance (Granovetter, 1992) : l'« encastrement relationnel » et l'« encastrement structurel ». L'« encastrement relationnel », lié à l'histoire des relations interpersonnelles, détermine les parties de l'échange. On retrouve cet aspect par exemple

dans les normes sociales qui régissent un échange. Ainsi, à Anvers, par exemple, une norme sociale entre les négociants de diamants est la poignée de main pour contractualiser un acte de vente. La prise de décisions sur ces éléments est soumise à la rationalité sociale et à l'éthique des individus. L' « encastrement structurel », quant à lui, enserme la relation de confiance par des normes de diffusion de valeur. Les contraintes pouvant se retrouver dans cet « encastrement » sont, par exemple : les clauses d'un devis ou les autres normes qui déterminent les actes de contractualisation. En conclusion, on admet que « La confiance se présente donc comme une expérience interindividuelle reposant en partie sur un calcul fondé sur l'intérêt, calcul immergé dans un bain social. » (Laurent, 2012). En ce qui concerne les systèmes économiques, il est nécessaire de noter l'importance des relations de confiance « indispensables pour permettre aux systèmes social-écologiques de s'adapter aux nouvelles conditions environnementales » (Laurent, 2012; Ostrom, 2012; Rayner, 2010).

La confiance peut prendre des formes diverses et admet différentes causes (Levi, 1998). Dans le cadre de notre domaine de travail, il s'agit bien des « vraies » confiances qui sont recherchées, celles entre les parties d'un échange ou envers une institution. Elles sont à dé-corréler des « fausses » confiances (en soi, en l'avenir) ou des « vraies-fausse » confiances (confiance généralisée). En ce qui concerne les « fausses » confiances, il ne tient pas lieu de croire en l'avenir car il s'agit d'un pronostic, d'un pari sur des événements liés à des externalités qui échappent à la logique. Quant à la « confiance en soi » mis à part dans le cas d'un dédoublement de personnalité, car la confiance exige au moins deux parties, il vaut mieux la considérer comme une forme d'optimisme sur ses capacités (Laurent, 2012). La confiance généralisée (« vraie-fausse » confiance), décrite comme impersonnelle, est en fait une confiance entre les personnes ou envers une institution. La « vraie » confiance est une confiance dans les institutions. Les enquêtes et l'expérimentation sont les deux méthodes principalement utilisées pour mesurer les notions de confiance, qu'elles soient généralisées ou particulières. Les enquêtes de confiance sont à relativiser, car elles se concentrent la plupart du temps sur le sentiment de confiance ou utilisent des indicateurs externes en relation avec la confiance.

On recherche des moyens de faire émerger la confiance dans notre environnement de l'artisanat. On sait que l'expérimentation a permis de faire avancer les meilleures stratégies pour faire émerger de la confiance. Ainsi, lors d'une expérimentation sous forme d'un tournoi

sur le « dilemme du prisonnier » (Axelrod & Hamilton, 1981), Robert Axelrod a pu observer que c'est une stratégie de type « tit for tat » (donnant-donnant) qui peut obtenir les meilleurs résultats dans un jeu de coopération. D'autres expérimentations sur les jeux de confiance, dans des logiques marchandes électroniques, ont mis en avant l'importance de la mise en jeu de la réputation. De même, des expériences ont été menées pour exprimer de la confiance au travers de plateformes e-commerce sur internet (Beatty, Reay, Dick, & Miller, 2011; Corbitt, Thanasankit, & Yi, 2003; Shneiderman, 2000). Cependant, il n'existe pas de cas précis d'expérimentations ou de sondages permettant de capitaliser les modalités de confiance d'un domaine de travail comme l'artisanat. L'enrichissement de notre domaine de travail selon des principes éthiques notamment ceux reliés à la confiance peut s'avérer complexe. Les contraintes qui interviennent sur ces aspects sont souvent cachées, c'est à dire difficilement explicites ou perceptibles.

5.2.3 Conclusion et perspectives

Grâce à cette analyse, on a pu établir un ensemble de hiérarchies d'abstraction reprenant les contraintes sur les différentes composantes relatives à l'environnement administratif de l'artisanat. Par la suite, ces analyses de domaines de travail serviront de référence pour les autres étapes. Toutefois, ces modélisations posent des difficultés dans leur appropriation et leur manipulation du fait de nombreuses contraintes qu'elles possèdent. A ce titre, on peut proposer l'utilisation d'une hiérarchie simplifiée obtenue au travers d'un filtre. Bien que complète, notre analyse du domaine de travail n'en reste pas moins ouverte et d'autres perspectives sont envisageables.

5.2.3.1 Une composante supplémentaire sur la vie sociale de l'artisan

L'entreprise artisanale n'a pas pour vocation de traiter des aspects sociaux. Toutefois, le décideur ou l'artisan rapproche souvent vie professionnelle et sociale. En effet, lors d'entretiens auprès des artisans, ceux-ci ont fait remonter ces aspects.

Ainsi, on a mis en place une composante supplémentaire pour ces aspects (voir Figure 31 Hiérarchie d'abstraction suivant les contraintes sociales). Les contraintes de cette composante sont relatives aux notions d'éthique.

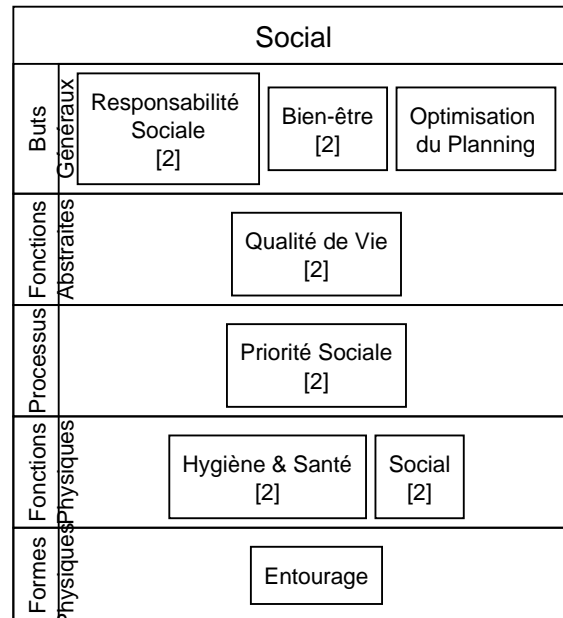


Figure 31 Hiérarchie d'abstraction suivant les contraintes sociales

Cette hiérarchie n'a pas vocation d'être utilisée par la suite car bien qu'elle fasse partie de l'artisanat, elle ne fait pas partie des composantes administratives.

Dans la même perspective, on observe que la WDA est liée à l'expertise du créateur, et sa manière de modéliser la perception de l'artisan. Les hiérarchies construites nécessitent donc une validation. Pour réaliser cette étape de validation, nous utiliserons deux méthodes. La première est une méthode formelle, l'analyse de la tâche par machine de Turing, qui sera appliquée à une représentation très simplifiée du domaine. En effet, il n'est pas possible en l'état d'appliquer « à la main » cette méthode sur un domaine complexe. La seconde méthode sera plus exhaustive et nouvelle, il s'agira de voir si les affordances du modèle recoupent bien les centres d'intérêts que présentent différents experts du domaine (experts en technique, en finance, en vente, etc...).

5.3 Validation/vérification du domaine de travail par la machine de Turing

5.3.1 Objectifs et méthode dans l'utilisation de TMTA pour valider le modèle du domaine

Comme nous l'avons signalé plus haut, appliquer le modèle formel TMTA à notre modèle du domaine de travail de la gestion administrative est hors de portée. Aussi, nous allons dans un premier temps appliquer ce formalisme à un modèle simplifié du domaine, puis dans un second temps, nous présenterons les bases d'une application logicielle qui pourra à terme servir à réaliser des validations automatisées de modèles de domaine de travail.

Dans les analyses précédentes, la WDA était composée de l'ensemble des composantes de l'artisanat. Pour simplifier, le traitement on a limité ses composantes aux contraintes les plus utilisées dans le cadre d'une situation classique de l'activité artisanale (voir Annexe 2) : Finances Comptables, Finances Projets, Clients, Chantiers, Partenaires, Ressources Humaines, Ressources Matérielles Actif, Ressources Matériaux. D'autre part, on a mis en évidence que le domaine de l'artisanat faisait appel à plusieurs systèmes récurrents. A ce titre, on peut citer la progression des chantiers. Celle-ci fait appel aux composantes : nouveau chantier, chantier en cours, chantier archivé. Ces trois composantes constitueront les colonnes de notre modèle du domaine sur lesquelles un traitement par machine de Turing sera appliqué. Le scénario ayant servi à réaliser la validation du domaine a été le suivant : L'une des phases a donc été de fixer un scénario pour appliquer la TMTA. Des experts du monde artisanal nous ont permis d'élaborer un scénario classique d'une activité artisanale :

« L'artisan se rend compte que son entreprise ne va bientôt plus être rentable. Il cherche donc des opportunités pour gagner de l'argent. Un nouveau client lui fait une demande sur son activité de charpente. Il prend ses coordonnées, définit le besoin du client, et élabore une solution sur la base des points techniques problématiques et des ressources de son stock. Celles-ci sont insuffisantes. Il établit un devis pour rentabiliser son entreprise. Il le soumet au client. Celui-ci le confirme. Il contacte ses partenaires pour avoir de nouvelles ressources

matérielles en fonction de la solution qu'il a élaborée pour son client. Il fait un prêt pour commander ses ressources. Il met en place les tâches à réaliser. Il les réalise et informe de sa progression au client. Il demande au client de signer le PV de fin de chantier. Il facture le client. Il encaisse le paiement. Il demande la satisfaction du client. »

Ce premier essai de validation effectué « à la main » va nous servir à proposer une application logicielle de validation de modèles du domaine.

5.3.2 La validation du domaine

La progression du chantier se formalise comme une récursion du domaine de l'artisanat. Elle est constituée seulement de trois composantes : nouveau chantier, chantier en cours, chantier archivé. Pour appliquer la TMTA dessus, on a décidé de simplifier les états de la machine à trois (voir Figure 32 Etats de la TMTA pour l'exemple simplifié) : un état initial, un état d'exécution, et un état final.

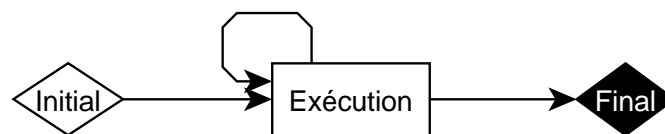


Figure 32 Etats de la TMTA pour l'exemple simplifié

L'application de la TMTA sur notre scénario a abouti à un tableau de séquence (voir Tableau 4 Tableau de séquence sur le système récursif de la progression des chantiers).

Lors de cette séquence, on observe que l'étape 1 est une étape de contrôle du chantier. Des états 2 à 6, l'agent va successivement percevoir la contrainte, y appliquer une action et la résoudre. La perception des contraintes se fera du nouveau chantier jusqu'au chantier archivé dans l'état dit d'exécution. L'étape 7 est une finalisation des activités de l'agent avant de retourner à l'état final.

On reproduit le même formalisme mais sur le domaine global de l'artisanat. L'application de la TMTA fait ici appel à tous les niveaux d'abstraction. Elle est donc constituée de sept états (voir Figure 33 Etats de la machine TMTA suivant les niveaux d'abstraction) : un initial, les cinq niveaux d'abstraction, et un état final.

Tableau 4 Tableau de séquence sur le système récursif de la progression des chantiers

Etape	Nouveau Chantier	Chantier en cours	Chantier Archivé	Etat Courant	Prochain Etat	Actions
S1	#	#	#	Initial	Exécution	Création d'un nouveau chantier ;
S2	0	#	#	Exécution	Exécution	Compléter les données du nouveau chantier ; Faire signer le devis ;
S3	1	#	#	Exécution	Exécution	Finalisation nouveau chantier ; Création de chantier en cours ;
S4	1	0	#	Exécution	Exécution	Compléter les données du nouveau chantier ; Faire signer le PV ; Avoir le paiement du chantier ;
S5	1	1	#	Exécution	Exécution	Finalisation du chantier en cours ; Création d'un chantier archivé ;
S6	1	1	0	Exécution	Exécution	Compléter les étapes de fin de chantier ;
S7	1	1	1	Exécution	Final	Finalisation chantier archivé ; Recherche nouveau chantier ;

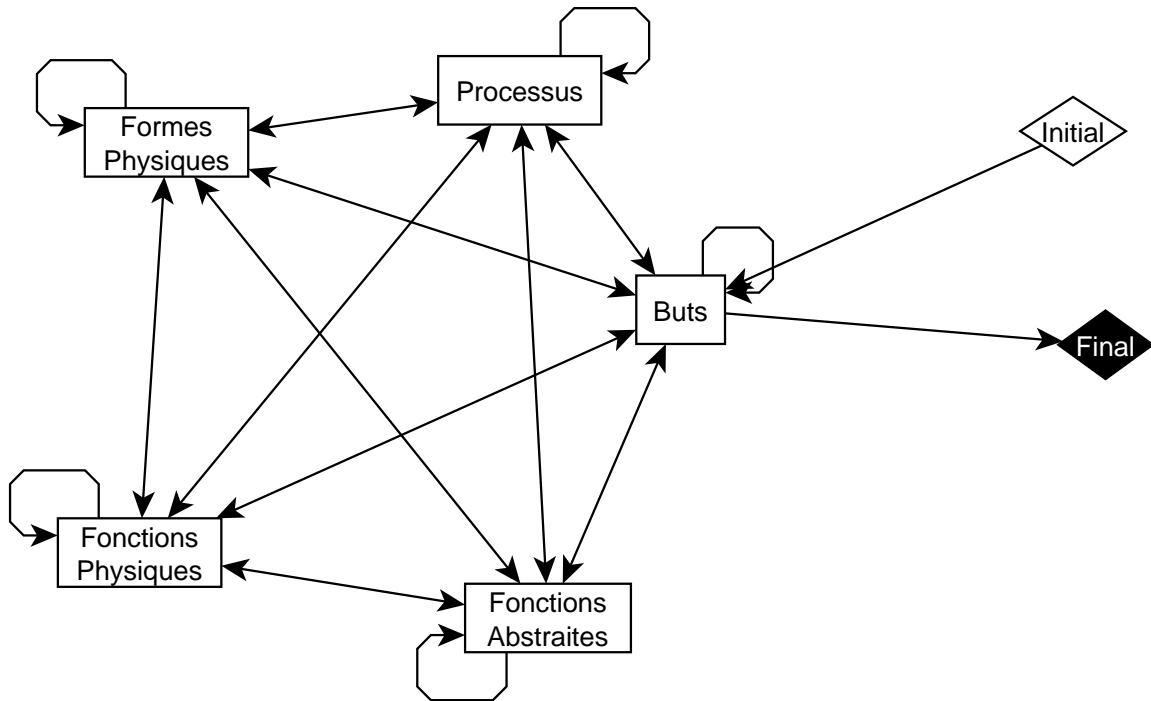


Figure 33 Etats de la machine TMTA suivant les niveaux d'abstraction

On aboutit à un tableau de séquence de la TMTA sur notre WDA de l'artisanat (voir Annexe 3 & Tableau 5 Extrait de l'étape 16 du tableau de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat).

Le tableau de séquence d'étapes montre les contraintes perçues en fonctions des composantes et les actions appliquées dessus.

Pour les étapes de 1 à 5, les agents contrôlent le domaine de travail et descendent dans les niveaux d'abstraction pour percevoir les moyens d'actions pour rentabiliser leur entreprise. La perception de certaines composantes et de leurs contraintes n'est pas avancée dans un premier temps car celle-ci n'est pas pertinente dans la situation. On symbolise ces absences par des « # ». En fonction des actions de perception et de raisonnement sur le domaine de travail, celles-ci apparaissent (« 0 ») puis sont résolues (« 1 »).

Dans les étapes 6 et 7, les agents agissent sur les objets. Ils créent un nouveau chantier et un nouveau client.

Les étapes 8 et 9 remontent le client à la progression du chantier. Il doit descendre dans la hiérarchie pour exécuter les tâches techniques nécessaires à la résolution du besoin de son client.

Lors des étapes 10 et 11, l'agent exécute ses tâches pour le chantier sur le même état jusqu'à ce que celles-ci soient complétées.

Les 12 à 15 sont des étapes de contrôle et d'archivage du chantier pour savoir si celui-ci c'est bien passé. L'agent descend dans la hiérarchie d'abstraction pour voir si toutes les contraintes ont bien été prises en compte et validées.

L'étape 16 est une étape de finalisation du domaine avant de recommencer pour une nouvelle séquence. On note l'absence d'action par un signe « \emptyset » (voir Tableau 5 Extrait de l'étape 16 du tableau de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat).

Du fait du nombre important de contraintes et d'actions, le tableau de séquence est très étendu. On propose de générer un tableau simplifié à partir de celui-ci. On regroupe les contraintes non perçues dans les étapes par un #, celles non satisfaites par un 0 et celles satisfaites par un 1. De même, on regroupe les actions suivant s'il s'agit d'une simple observation des contraintes « lire » ou si l'agent agit sur le domaine « écrire » (voir Tableau 6 Tableau simplifié de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat).

On remarque que certaines composantes ont des contraintes non perçues $\{[\#]\}$ ou non satisfaites $\{[0]\}$ tout en ayant satisfait à d'autres $\{[1]\}$, par exemple lorsque une composante possède la séquence $\{[1][0][\#]\}$. De plus, ces contraintes non perçues se retrouvent jusqu'à l'étape 13 (S13).

La différence entre le domaine simple et le domaine complet n'est pas perceptible au premier abord. Tous les deux permettent d'exécuter le scénario. Néanmoins, avec le domaine complet, l'exécution des étapes est facilitée. En effet, dans le domaine complet, les actions sont simplifiées. De plus, il est plus facile d'anticiper et de percevoir les contraintes. Pour finir, on peut considérer que le domaine simplifié est inclus dans le domaine complet car la progression est une affordance de la composante « chantier ».

En désignant chacune des contraintes éthiques ou factuelles de la WDA et les actions intervenant pour traiter le scénario, la TMTA valide ici notre domaine de travail.

Sur la base de ces séquences, on peut envisager des situations encore plus dégradées où l'utilisateur devra plusieurs fois revenir sur un même niveau. Dans la même perspective, on peut inclure dans cette analyse les systèmes récurrents du domaine de l'artisanat.

L'application de la TMTA montre ici la recherche d'informations par un agent et les opérations mentales ou physiques qu'il doit effectuer pour satisfaire les besoins du moment et du milieu.

Tableau 5 Extrait de l'étape 16 du tableau de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat

<u>Etape</u>	<u>S16</u>
Finances Comptable	Rentabilité de l'entreprise = 1 ; Reporting = 1 ; Viabilité de l'entreprise = 1 ; Marketing = 1 ; Optimisation = 1 ; Financement = 1 ; Ouverture = 1 ;
Finances Projet	Garantie des projets = 1 ; Viabilité du projet = 1 ;
Clients	Gain d'argent = 1 ; Renouvellement Marché = 1 ; Justification du marché = 1 ; Alignement concurrentiel = 1 ; Progression d'un réseau de clients = 1 ; Optimisation des Trajets = 1 ; Satisfaction Besoin = 1 ;
Chantiers	Evaluation Technique = 1 ; Optimisation des Travaux = 1 ; Capitalisation du savoir-faire = 1 ; Optimisation des temps = 1 ; Respect du prévisionnel & des délais = 1 ; Flexibilité aux contraintes = 1 ; Respect des normes = 1 ; Optimisation du Planning = 1 ;
Partenaires	Création & Entretien de liens Marchands = 1 ; Exploitation & Evolution du réseau social artisan = 1 ;
Ressources Humaines	Optimisation Organisation = 1 ; Garantie Qualité = 1 ; Gain de Production = 1 ; Responsabilité Ressources Humaines = 1 ;
Ressources Matérielles Actif	Ressources Matérielles Optimales = 1 ; Efficacité de production = 1 ;
Ressources Matériaux	Alimentation du chantier au bon moment = 1 ; Garantie Qualité = 1 ; Gain de production = 1 ; Optimisation Gestion Matériaux = 1 ;
<u>Etat Courant</u>	Buts
<u>Prochain Etat</u>	∅
<u>Actions</u>	Contrôles ;

Tableau 6 Tableau simplifié de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat

<u>Étape</u>	<u>Finances Comptable</u>	<u>Finances Projet</u>	<u>Clients</u>	<u>Chantiers</u>	<u>Partenaires</u>	<u>Ressources Humaines</u>	<u>Ressources Matérielles Actif</u>	<u>Ressources Matériaux</u>	<u>Etat Courant</u>	<u>Prochain Etat</u>	<u>Actions</u>
S1	[0][#]	#	#	#	#	#	#	#	Buts	Buts	Lire
S2	[0][#]	#	[0][#]	#	#	#	#	#	Buts	Fonctions Abstraites	Lire
S3	[0][#]	#	[0][#]	#	#	#	#	#	Fonctions Abstraites	Processus	Lire
S4	[0][#]	#	[0][#]	[0][#]	#	#	#	#	Processus	Fonctions Physiques	Lire
S5	[0][#]	#	[0][#]	[0][#]	#	#	#	#	Fonctions Physiques	Formes Physiques	Lire
S6	[0][#]	#	[0][#]	[0][#]	#	#	#	#	Formes Physiques	Formes Physiques	Ecrire
S7	[1][#]	#	[1][#]	[1][#]	#	#	#	#	Formes Physiques	Processus	Ecrire
S8	[0][#]	[0][#]	[1][0][#]	[1][0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	Processus	Fonctions Physiques	Lire
S9	[0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	Fonctions Physiques	Formes Physiques	Lire
S10	[0][#]	[0][#]	[1][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	[0][#]	Formes Physiques	Formes Physiques	Ecrire
S11	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	Formes Physiques	Processus	Ecrire
S12	[1][#]	[1][#]	[1][0][#]	[1][0][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	Processus	Fonctions Physiques	Lire
S13	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	[1][#]	Fonctions Physiques	Formes Physiques	Lire
S14	1	1	[1][0]	1	1	1	1	1	Formes Physiques	Formes Physiques	Lire
S15	1	1	1	1	1	1	1	1	Formes Physiques	Buts	Lire
S16	1	1	1	1	1	1	1	1	Buts	∅	Lire

5.3.3 Un outil informatisé pour la validation par TMTA d'une modélisation d'un domaine

Pour simplifier les analyses, on a cherché à doter la TMTA d'outils permettant de l'envisager sur ces domaines composés. Conformément à la TMTA, on a présumé que ces outils nécessitaient l'observation de trois objectifs principaux. Le premier objectif est de pouvoir renseigner les actions possibles sur l'environnement. Le deuxième objectif est de transcrire les contraintes de la WDA selon leur niveau d'abstraction. L'objectif final est, suivant un scénario fourni, de simuler pour un état donné de l'environnement les contraintes perçues et les degrés de libertés envisagés en les sélectionnant dans la WDA et la liste d'actions. Les outils finaux possèdent donc plusieurs services : un pour manipuler les hiérarchies d'abstractions, un pour les actions, un pour visualiser et conduire la bande des états perçus.

Les spécifications fournies ont mené aux choix d'implémentation d'un outil. Pour être utile et utilisable, celui-ci a pris en compte les paramètres suivants :

- une base de données, afin de pouvoir stocker les données suivant leur définition pour la TMTA (voir Figure 34 Diagramme UML de la base de données de l'outil TMTA : la classe « elements » rassemble les contraintes, la classe « agregation » le domaine auquel une contrainte appartient, la classe « abstraction » le niveau d'abstraction auquel une contrainte dépend, la classe « actions » rassemble les degrés de liberté, et enfin la classe « nodes » identifie un état de la TMTA avec ses contraintes et ses degrés de liberté) ;

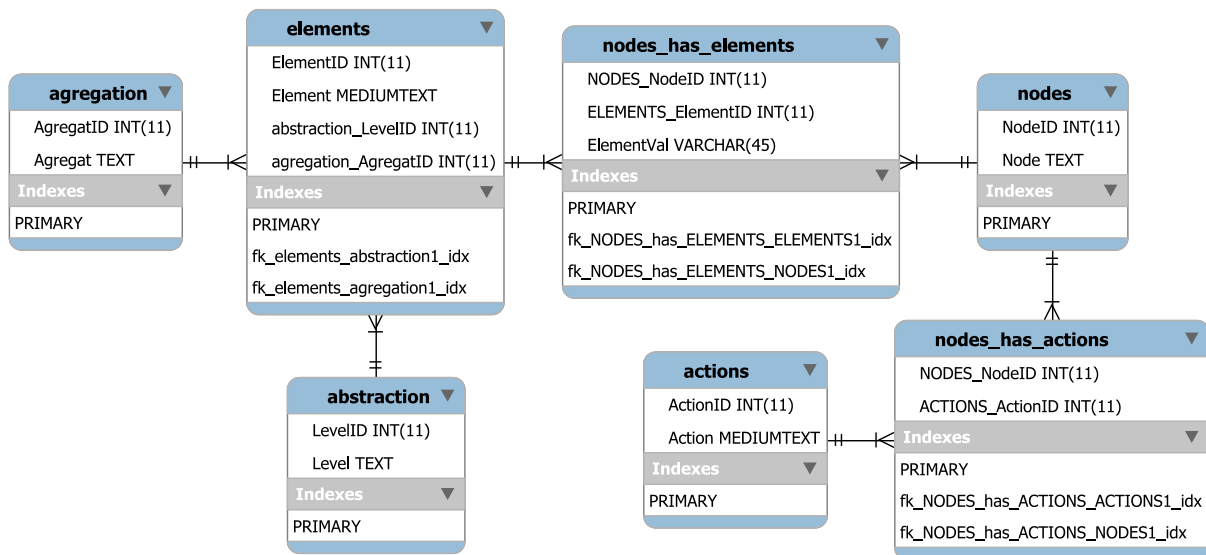


Figure 34 Diagramme UML de la base de données de l'outil TMTA : la classe « elements » rassemble les contraintes, la classe « agregation » le domaine auquel une contrainte appartient, la classe « abstraction » le niveau d'abstraction auquel une contrainte dépend, la classe « actions » rassemble les degrés de liberté, et enfin la classe « nodes » identifie un état de la TMTA avec ses contraintes et ses degrés de liberté

- une interface commune pour les services afin de pouvoir les manipuler et visualiser la bande d'état (voir Figure 35 Capture d'écran du web-service TMTA : dans le cadre blanc, les actions ; dans celui en bleu, les hiérarchies d'abstraction ; et en jaune, la liste déroulante des états envisagés pour un scénario) ;

TMTA VALIDATION TABLE

The screenshot displays the TMTA web-service interface, organized into three main sections: VALUES, ACTIONS, and STATES.

VALUES: This section is divided into two columns of hierarchical abstraction. The left column is titled "Situation Générale" and the right column is "Situation Générale / Ressources / Matérielles". Each column contains five levels of abstraction: Functional Purpose, Abstract Function, Generalised Function, Physical Function, and Physical Form. Each level includes a list of items with radio buttons and a search field.

ACTIONS: This section is located on the right side of the interface. It contains a list of actions: "Sorting", "Prospect", "Consider weather constraints", "Watch documentation", "Maintain Equipment", and "Find documentation". Below the list are buttons for "Add Action" and "Delete Selected Action". A note states: "*Using selected Action in the last State : Add Action to state".

STATES: This section is located at the bottom of the interface. It features buttons for "Add New State" and "Delete Last State". Below these buttons is a scrollable list of states. The first state, "State 1", is expanded and shows a list of actions with their associated values: "+1+Simulating the behavior of the company:=0", "+1+Storing Information:=0", "+1+Improving Capacity:=1", and "+1+Improving Hardware Gestion:=0".

Figure 35 Capture d'écran du web-service TMTA : dans le cadre blanc, les actions ; dans celui en bleu, les hiérarchies d'abstraction ; et en jaune, la liste déroulante des états envisagés pour un scénario

- une application au fonctionnement asynchrone pour percevoir ces manipulations lorsqu'elles ont lieu. Cet outil a été conçu sur une architecture web service afin qu'il soit utilisable et diffusable librement (voir Figure 36 Diagramme de l'architecture Web-service & Figure 37 Principe de l'architecture Web-service). De plus, une telle architecture permet une réutilisation des contraintes par des utilisateurs potentiels.

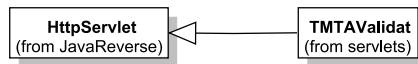


Figure 36 Diagramme de l'architecture Web-service

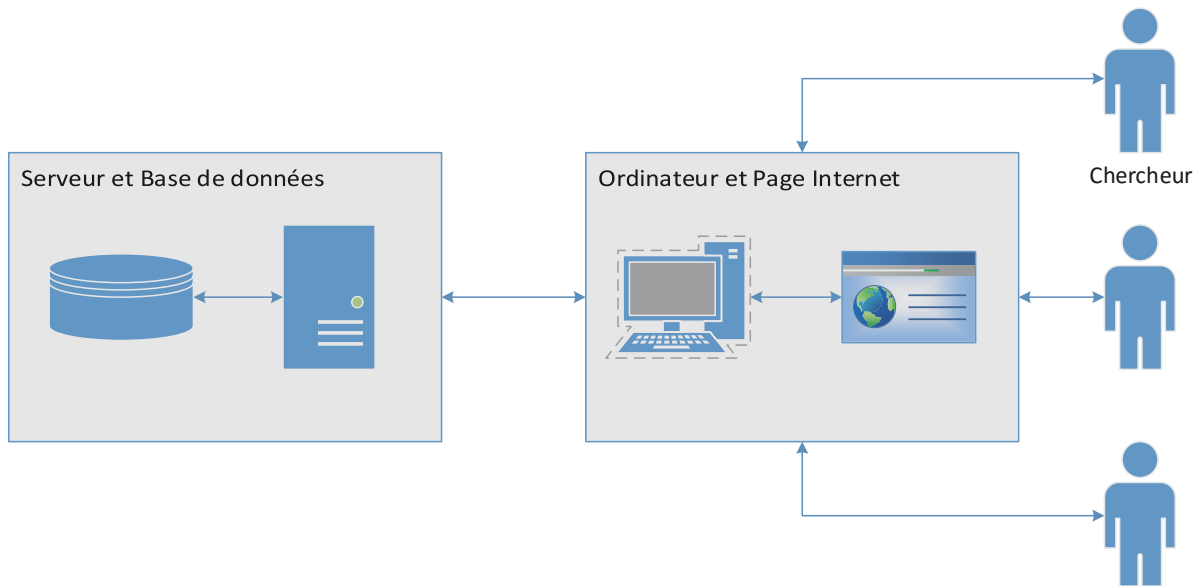


Figure 37 Principe de l'architecture Web-service

Les résultats obtenus par cet outil peuvent se modéliser sous la forme d'état regroupant les actions et les contraintes avec des transitions entre eux (voir Figure 38 Modélisation des résultats de la TMTA). Bien que cette forme soit plus simple à appréhender, on a choisi le formalisme traditionnel des autres études : c'est-à-dire un tableau.

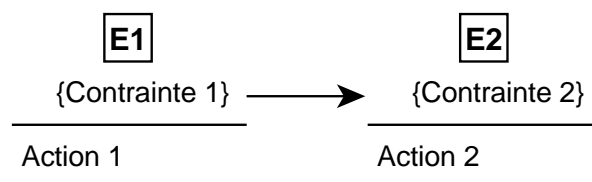


Figure 38 Modélisation des résultats de la TMTA

5.3.4 Conclusion et perspectives

L'analyse réalisée a validé l'analyse du domaine de travail. Toutefois, cette méthode telle qu'elle est envisagée ici ne permet de valider qu'un seul chemin possible à la fois, dans le traitement des contraintes pour un seul scénario. Une autre analyse envisagée serait d'essayer d'autres chemins possibles pour traiter ce cas, voire de chercher le chemin le plus efficace.

Concernant l'outil, on observe que celui-ci souffre de plusieurs limitations notamment dans l'application de la TMTA en elle-même. Si, l'outil propose un simple support pour transcrire les étapes de la méthode TMTA ; il ne présente pas de procédés pour faire correspondre les contraintes avec leurs degrés de libertés. De même, l'application n'effectue pas de traitement automatique des scénarios et sollicite l'intervention d'un expert.

La TMTA est une méthode intéressante dans la modélisation des affordances et la simulation de scénarios potentiels pour l'approche écologique. Toutefois, celle-ci peut apparaître comme difficile à mettre en place. On cherchera à simplifier l'approche méthodologique de la TMTA.

De plus, lors de l'analyse, il peut être compliqué de discerner les actions qui parmi une liste peuvent s'appliquer à une contrainte.

Plusieurs pistes sont envisageables :

- lier directement les contraintes ou groupes de contraintes aux actions. Cette proposition va nous permettre d'indiquer seulement les actions nécessaires pour les contraintes et de faciliter la définition des affordances.
- hiérarchiser les actions. Cette proposition permettrait à la fois de faciliter la perception des actions, mais aussi de définir une chaîne héritable pour ces actions. Par exemple, l'action « écrire » est héritée de l'action « contrôle » et peut y faire appel sur une contrainte. Cette hiérarchie des actions peut être fondée sur la théorie d'identification de l'action en psychologie sociale (Meineri & Morineau, 2014).

Face à ces limites de la méthode TMTA pour valider un modèle du domaine, nous nous sommes tournés vers une nouvelle méthode moins rigoureuse d'un point de vue formel, mais en mesure de traiter un grand ensemble d'affordances hiérarchisées entre elles.

5.4 Une nouvelle méthode de validation/vérification d'un modèle du domaine : la méthode des points de vue

Nous proposons une nouvelle méthode de validation et de vérification d'un domaine de travail. Cette méthode se veut plus souple que la méthode TMTA. Appelée « méthode des

points de vue », elle consiste à mettre en correspondance les affordances identifiées dans l'analyse du domaine avec leurs fréquences respectives d'apparition chez un ensemble d'experts du domaine, spécialisés dans des sous-composantes du domaine (voir Figure 39 Schéma de représentation de la "méthode des points de vue" des experts sur le domaine de travail).

La dimension « validation » repose sur le postulat qu'un expert spécialisé dans une composante du domaine aura tendance à faire référence principalement aux affordances appartenant à la composante dont l'expert relève. Autrement dit, les affordances du domaine seraient suffisamment discriminantes pour identifier le positionnement d'un spécialiste dans le domaine, compte tenu de ses verbalisations. Si aucune association ressort entre un sous-ensemble donné d'affordances du domaine et le discours d'un spécialiste en situation professionnelle, alors on ne peut pas conclure sur le fait que notre modèle rende compte des composantes du domaine et donc du domaine en lui-même.

La dimension « vérification » repose sur le postulat que selon le niveau d'expertise et les préoccupations centrales d'un spécialiste, celui-ci fera référence à des niveaux plus ou moins abstraits d'une hiérarchie d'abstraction. Par exemple, un artisan praticien s'intéressera dans le champ administratif aux formes et fonctions. Un expert en stratégie d'entreprise visera surtout les niveaux élevés de la hiérarchie d'abstraction.

L'outil méthodologique utilisé pour mettre en évidence ces correspondances sera l'analyse factorielle des correspondances (AFC). Cette technique statistique permet de représenter très visuellement les proximités entre spécialistes et affordances du domaine.

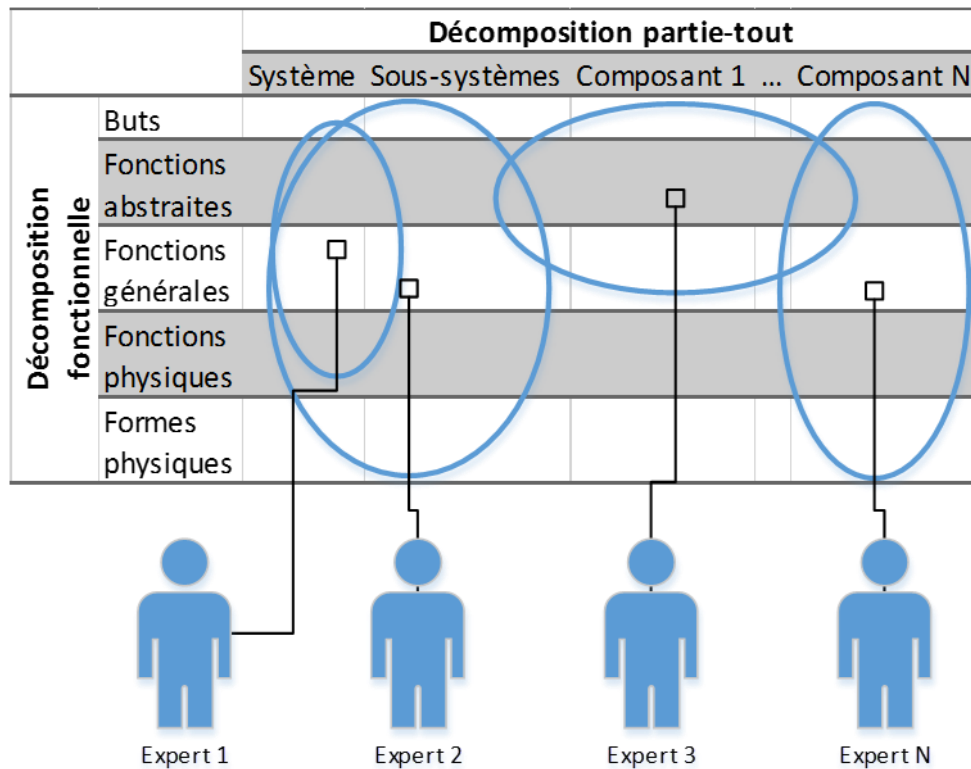


Figure 39 Schéma de représentation de la "méthode des points de vue" des experts sur le domaine de travail

Comme il s'agit de la première fois que cette méthode de validation/vérification est mise en œuvre, nous avons testé son utilisation dans plusieurs contextes : un contexte d'entretiens individuels, un contexte de focus group et une situation réelle d'audit financier d'un artisan.

5.4.1 Validation avec la méthode des points de vue lors d'entretiens individuels

La première application de cette méthode a été réalisée dans un contexte d'entretiens individuels.

5.4.1.1 Méthode

Les entretiens ont été conduits avec six experts d'une organisation professionnelle de l'artisanat (CAPEB). Les entretiens étaient des entretiens libres. Les experts ont été interrogés, dans un premier temps, sur les activités variées (gestion de la paye, relation sociale, aides

comptable...) qu'ils mènent au sein de l'organisation professionnelle. Dans un deuxième temps, il leur a été demandé de verbaliser librement selon eux les bonnes pratiques administratives et de gestion auxquelles les artisans doivent se conformer dans leur situation quotidienne pour garantir le bon fonctionnement de leur entreprise. Ces entretiens ont été enregistrés. Sur la base de ces enregistrements, nous avons effectué un traitement qui consiste à comptabiliser en fréquence les informations relatives aux affordances évoquées par les experts lors de ces entretiens (voir Annexe 4).

Parmi ces experts, on compte :

- un expert domaine technique : il s'agit d'un spécialiste pouvant aider les artisans et les conseiller sur les points techniques ;
- un expert paie et salaire : gérant la paye des salariés d'entreprise ;
- un expert formation : s'occupant de la formation des artisans ;
- un expert juridique : s'occupant des aspects juridiques des entreprises ;
- un expert développement commercial connaissant l'artisan pour leur vendre des services ;
- un expert comptabilité gestion connaissant la comptabilité des entreprises artisanales pour les aider.

Les analyses ont porté à titre illustratif sur le modèle simplifié du domaine de travail. Toutefois, il est important de souligner qu'elles auraient pu porter sur toutes les affordances du domaine. L'analyse factorielle permet en effet le traitement de grands ensembles de données.

5.4.1.2 Résultats

Le tableau 7 présente les fréquences d'occurrence des composants principaux du domaine dans les entretiens menés auprès de chaque expert. A première vue, les experts semblent aborder les composantes qui correspondent à leur domaine d'expertise.

Tableau 7 Tableau de fréquences des composantes des affordances étudiées en fonction des experts

Composantes	Expert domaine technique	Expert Paye Salaire	Expert Formation	Expert juridique	Expert Développement Commercial	Expert comptabilité gestion	Total
Image	4	1	8	2	16	3	34
Chantier	12	9	3	4	8	3	39
Clients	4	4	8	9	11	3	39
Finances Comptable	0	6	1	0	1	1	9
Finances Projets	0	4	6	3	7	1	21
Partenaires	1	6	6	3	6	3	25
Ressources Humaines	3	46	5	7	17	11	89
Ressources Matériaux	0	1	1	1	0	0	3
Ressources Matérielles Utilisation	2	0	0	0	2	0	4
Ressources Matérielles Stockage	1	0	0	0	0	0	1
Total	27	77	38	29	68	25	

La figure 40 représente le plan combinant les deux facteurs les plus explicatifs d'une Analyse Factorielle des Correspondances réalisées sur ces données. Cette figure permet de faire émerger une bonne correspondance entre les affordances du domaine et les spécialisations propres à chaque expert. Cela est un élément de validation de notre modèle.

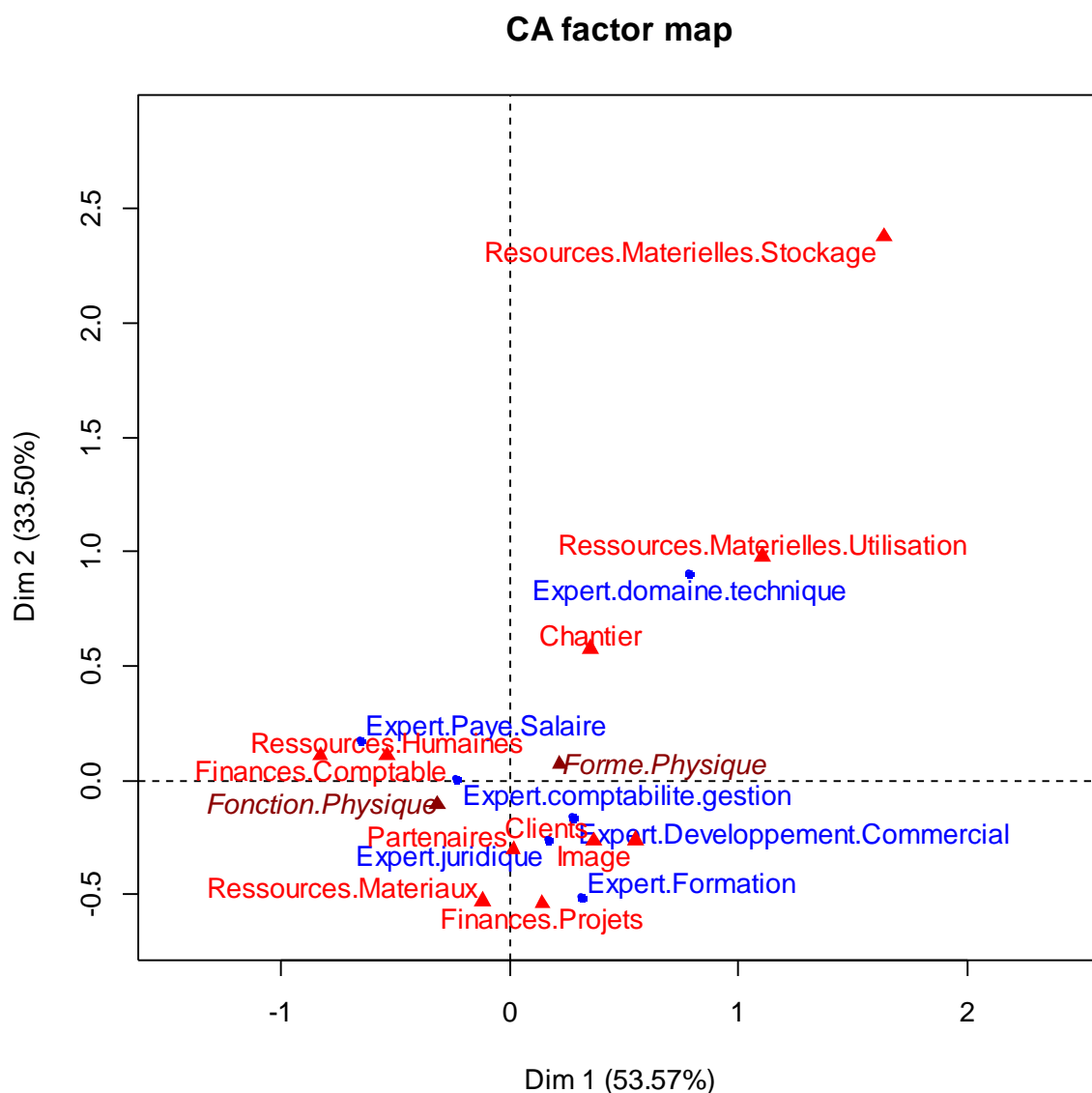


Figure 40 Analyse Factorielle des correspondances des composantes et des experts, illustrée par les niveaux d'abstraction abordés

Les experts des domaines « juridique », « formation » et « développement commercial » traitent plus particulièrement des composantes « clients », « partenaires », « image », « ressources matériaux » et « finance projet » ce qui correspond avec leur domaine d'expertise. Les experts « paye » et « comptabilité gestion » traitent plus facilement de leur domaine, c'est-à-dire les « finances comptables » et les « ressources humaines ». Enfin, l'expert « domaine technique » aborde les composantes relatives à son domaine, c'est-à-dire le « chantier » et l'« utilisation des ressources matérielles ».

5.4.2 Vérification par la méthode des points de vue avec un focus group

Cette analyse des verbalisations a consisté à valider une dimension particulière du modèle du domaine de travail qui est la classification des affordances selon les cinq niveaux de la hiérarchie d'abstraction. L'hypothèse sous-jacente est que selon la position professionnelle des experts du domaine, certains doivent se focaliser sur certains niveaux d'abstraction plutôt que sur d'autres. Si cette hypothèse est validée, alors on supposera que les affordances ont été bien classées dans les niveaux de la hiérarchie d'abstraction.

A titre illustratif, nous avons testé ici les affordances relatives à la confiance en fonction de leurs niveaux d'abstraction. En effet, la confiance est un élément difficile à positionner dans une hiérarchie d'abstraction du fait de son caractère abstrait. Il était donc nécessaire de tester son bon classement.

5.4.2.1 Méthode

L'échantillon était composé de huit personnes, experts dans le champ de l'artisanat. Leur profil était varié : banquiers, assureurs, formateurs, comptables, secrétaire général d'une organisation professionnelle des artisans, artisans. On suppose que dans leur situation quotidienne ces acteurs ont rencontré des situations où la confiance était présente. Aussi, ils ont pu caractériser et mesurer cette confiance. De plus, ils ont pu raisonner sur l'origine de cette confiance. On se retrouve donc avec huit profils de participants différents : Artisan, Architecte, Assureur, Comptable, Dirigeant de Coopérative, Secrétaire Organisation Professionnelle, Spécialiste Formation, Technicien Organisation Professionnelle. Nous avons ajouté dans l'analyse des données les verbalisations de l'interviewer pour le situer dans les débats à titre comparatif.

Les participants étaient confrontés à des situations relationnelles où on leur proposait par niveau d'abstraction de décrire des exemples concrets de moyens permettant d'obtenir de la confiance dans une relation. On s'appuie sur un PowerPoint pour échelonner le temps. Chaque diapositive comporte une question en relation avec la confiance et un niveau d'abstraction. Par exemple, concernant le niveau des formes physiques, la question est :

« Quels sont les signes concrets indiquant une relation de confiance entre un artisan et vous ? » ; ou encore, la question du niveau des buts est : « Quel est l'intérêt d'instaurer une relation de confiance entre l'artisan et vous ? ». Lors des passations, les diapositives sont présentées en fonction des niveaux du plus concret au plus abstrait. De plus, on a choisi deux points de vue différents sur la confiance pour établir la perception des experts sur les affordances : celui de la confiance avec des partenaires et celui de la confiance avec de clients.

A ce titre, on avait donc 11 diapositives dont une concernant une phase de préparation sur le mot confiance et ses significations.

A l'issue des passations, les deux premiers entretiens ont pu être retranscrits. Le dernier présentant un signal fortement bruité a été traité simplement sur sa bande sonore. Ainsi, ces entretiens sont analysés à l'aide d'un outil d'analyse qualitative pour en extraire les moyens et les contraintes des différents niveaux d'abstraction sur les textes ou les pistes audio (voir Annexe 5).

5.4.2.2 Résultats

Le tableau 8 présente les fréquences d'occurrence des affordances sur la confiance en fonction de leurs niveaux d'abstraction chez les spécialistes.

On observe qu'il n'y a pas eu d'affordances sur la confiance verbalisées pour le niveau d'abstraction des fonctions généralisées. On remarque aussi que les experts ont tendance à évoquer plus facilement les affordances qui participent à la confiance mais n'ont pas été étiquetées comme telle dans notre modèle. Cela correspond à la ligne « non-défini ». Enfin, on remarque des différences de représentation des niveaux d'abstraction entre les experts. On réalise donc une analyse factorielle des correspondances entre les niveaux d'abstraction et les experts (voir Figure 41 Analyse Factorielle des correspondances des niveaux d'abstractions et des experts pour la confiance).

Tableau 8 Tableau de fréquences des niveaux d'abstraction des affordances de la confiance en fonction des experts

Hiérarchie d'abstraction	Architecte	Artisan	Assureur	Comptable	Dirigeant Coopérative	Interviewer	Secrétaire Organisation Professionnelle	Spécialiste Formation	Technicien Organisation Professionnelle	Total
Buts	4	24	7	10	6	13	2	12	1	79
Fonction Abstraite	5	21	28	14	15	32	12	23	3	153
Fonction Physique	1	6	10	8	8	9	2	2	4	50
Forme Physique	5	50	31	9	23	28	5	14	0	165
Non défini	15	41	61	23	31	48	13	31	6	269
Total	30	142	137	64	83	130	34	82	14	

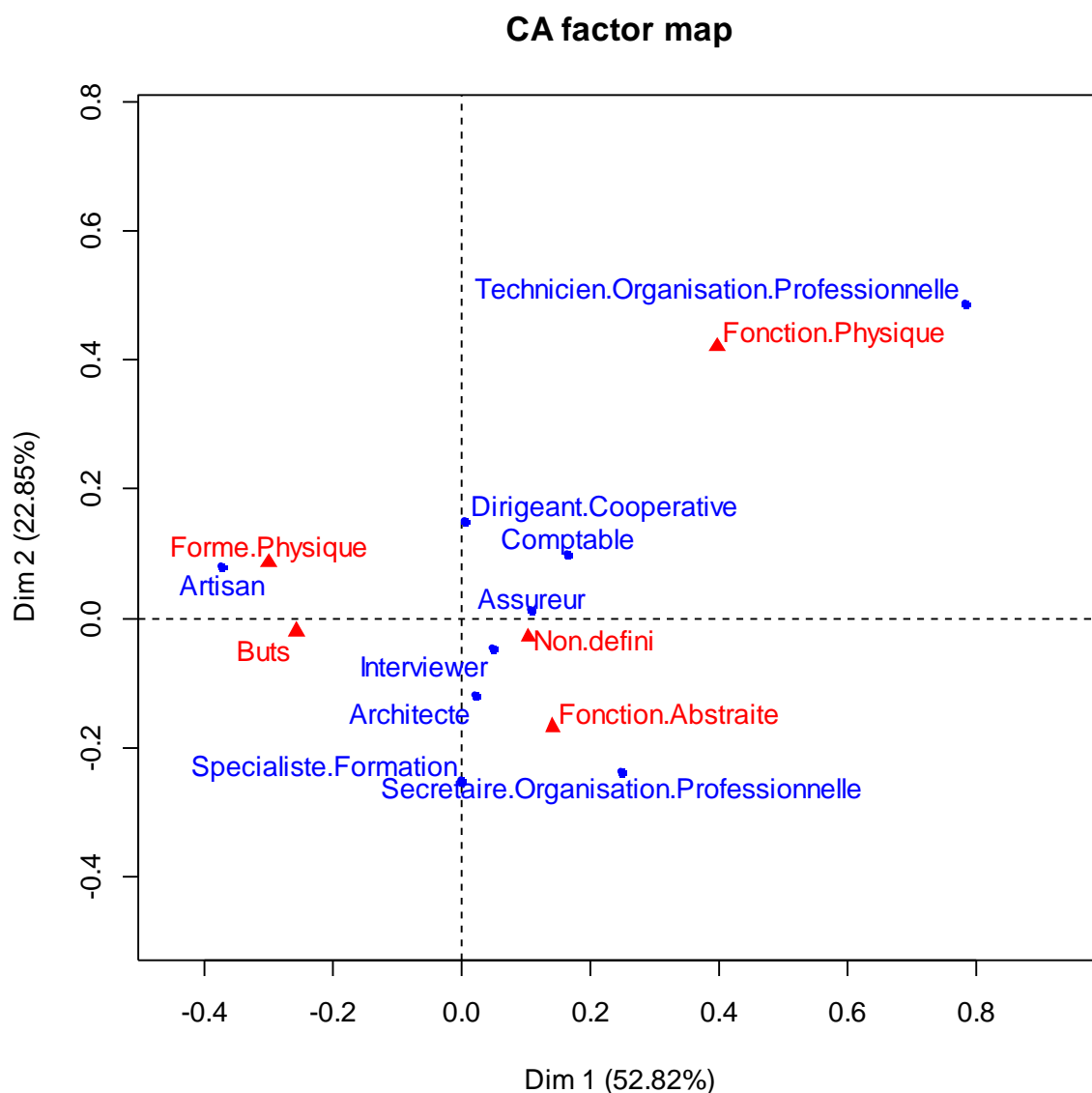


Figure 41 Analyse Factorielle des correspondances des niveaux d'abstractions et des experts pour la confiance

Plusieurs observations sont à mettre en avant dans ce graphe. On constate que les artisans abordent la confiance selon les « buts » et les « formes physiques ». Ces observations semblent cohérentes avec leur activité car elles sont à même de caractériser les objets de la confiance et l'intérêt de celle-ci. Comme nous l'avions supposé, l'artisan est sensible aux formes concrètes et aux objectifs qu'il se donne, moins aux processus et lois sous-jacentes au domaine administratif. Les techniciens d'organisation professionnelle, habitués dans la définition de l'utilité des affordances d'un domaine, mettent en avant de manière cohérente les affordances de la confiance liées aux « fonctions physiques ». Enfin, des spécialistes connus

pour travailler sur des données abstraites et des prises de décision d'ordre administratif montrent une identification de la confiance sous la forme d'affordances abstraites (fonctions abstraites), comme l'architecte ou le secrétaire de l'association professionnelle.

En final, ces résultats obtenus dans le focus group montrent qu'il y a bien une correspondance entre les niveaux d'abstraction attribués aux affordances de la confiance dans notre modèle et les spécialisations des experts interrogés. Toutefois, on note un nombre important d'affordances autour de la confiance exprimées qui n'étaient pas présentes dans notre modèle. Cela remet en cause son exhaustivité.

5.4.3 Validation et vérification avec la méthode des points de vue lors de séances d'audit

Après ces deux essais distincts de validation et de vérification de notre modèle du domaine, nous avons cherché à confirmer ces premiers résultats dans un nouveau contexte plus naturel. En effet, les entretiens individuels et les focus groups sont des situations artificielles où l'interviewer provoque l'explicitation chez les participants. Aussi, nous avons choisi d'analyser les échanges fonctionnels et naturels lors d'une situation réelle d'audit d'un artisan mené par deux experts : un expert en finance et un expert dans la gestion globale d'une entreprise artisanale. De plus, nous avons ici utilisé l'AFC pour valider et vérifier notre modèle des affordances du domaine de la gestion administrative.

5.4.3.1 Méthode

Nous avons suivi l'audit mené auprès d'un artisan par deux experts : un expert en finance venant d'un cabinet de consultants (expert 2), un expert en gestion venant de la CAPEB (expert 1).

L'audit a été mené en trois étapes. La première correspond à une étude de la situation comptable de l'artisan pour analyser son potentiel financier. La deuxième concerne un entretien pour déterminer les forces et les faiblesses de son entreprise, mais aussi ses objectifs, et pour conseiller l'artisan sur ses pratiques. La troisième s'effectue trois mois plus tard pour constater du suivi ou non des objectifs et des conseils fixés lors de la seconde étape. Pour des raisons pratiques, seule deuxième étape a pu être enregistrée. Les affordances

verbalisées par les différents acteurs de cet audit ont été comptabilisées sur la base des enregistrements effectués (voir Annexe 6).

5.4.3.2 Résultats

Le tableau de fréquence des affordances du domaine est exposé ci-dessous. Sur la base de ce tableau, nous avons réalisé premièrement une AFC portant sur les composantes.

Tableau 9 Tableau de fréquence des observations pour chaque composante suivant les acteurs

Composantes	Artisan	Expert 1	Expert 2	Total
Image	13	7	22	42
Finance Projet	5	1	5	11
Finance Comptable	18	4	65	87
Partenaire	2	1	3	6
Ressource Humaine	20	1	22	43
Ressource Matériaux	10	0	19	29
Ressource Matériel Actif	1	0	1	2
Ressource Matériel Stock	0	0	0	0
Chantier	18	2	16	36
Client	1	2	5	8
Total	88	18	158	

CA factor map

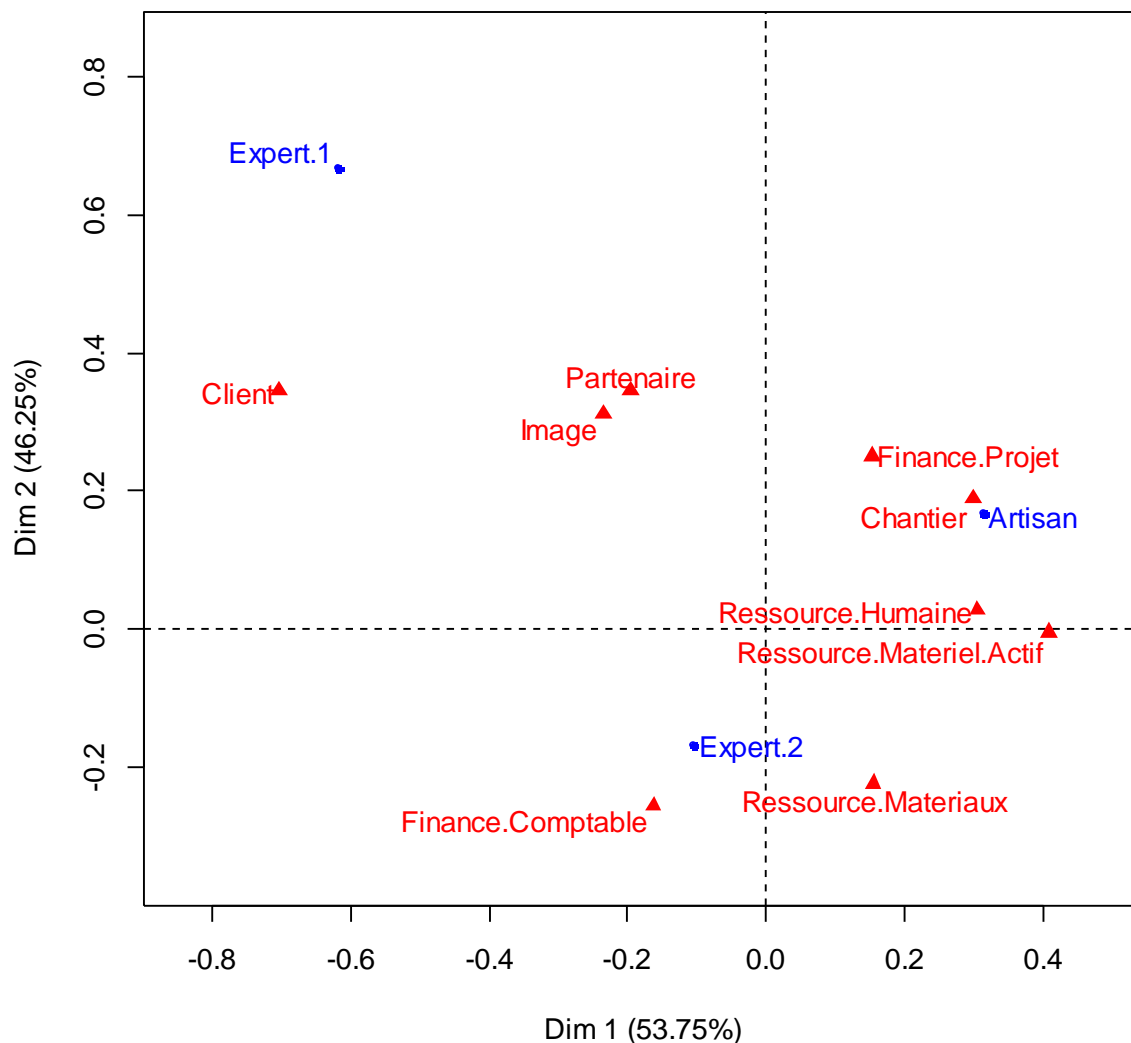


Figure 42 Analyse factorielle des correspondances des composantes en fonction des acteurs

Dans la figure précédente, on constate que l'expert financier évoque plus les finances comptables, mais aussi les matériaux qui posent des problèmes financiers spécifiques dans cette entreprise. Ceci est en accord avec son expertise. De même, l'artisan est centré sur le chantier, la finance projet, et les ressources car ces composantes sont centrales selon son point de vue. L'expert 1 de la CAPEB habitué à traiter des stratégies globales mises en œuvre par les entreprises s'est intéressé aux échanges de l'entreprise avec les clients et ses partenaires et à son image. Ceci est également cohérent avec la position « stratégique » que peuvent occuper les conseillers CAPEB. Cette position vient compléter la position centrale de

l'expert en finance qui se focalise sur la thématique principale des rencontres avec l'artisan et qui concerne l'audit financier.

Dans un second temps, nous avons vérifié le fait que les affordances selon leur niveau dans la hiérarchie d'abstraction étaient positionnées de manière cohérente avec les points de vue des intervenants dans cet audit. Le tableau 10 rend compte des fréquences observées.

Tableau 10 Tableau de fréquence d'observations des niveaux d'abstraction pour chaque acteur

Hiérarchie d'abstraction	Artisan	Expert 1	Expert 2	Total
But	10	4	33	47
Fonction Abstraite	3	4	19	26
Fonction Générale	13	1	31	45
Fonction Physique	11	3	17	31
Forme Physique	51	6	58	115
Total	88	18	158	

L'Analyse Factorielle présentée en figure 43 montre qu'une fois encore, une cohérence émerge entre les points de vue des acteurs et les types d'affordances explicitées par ceux-ci. L'artisan est centré sur le bas de la hiérarchie d'abstraction, c'est-à-dire les formes physiques et les fonctions physiques. L'expert 1 CAPEB en position de donner un avis stratégique fait pour sa part référence aux fonctions abstraites, aux lois dirigeant le fonctionnement de l'entreprise. L'expert 2 en finance formule plutôt des buts que l'entreprise doit atteindre – dans le domaine financier et des processus à mettre en œuvre ou à contrôler (fonctions généralisées). Toutefois, on aurait pu s'attendre à ce que l'expert CAPEB se focalise également sur les buts.

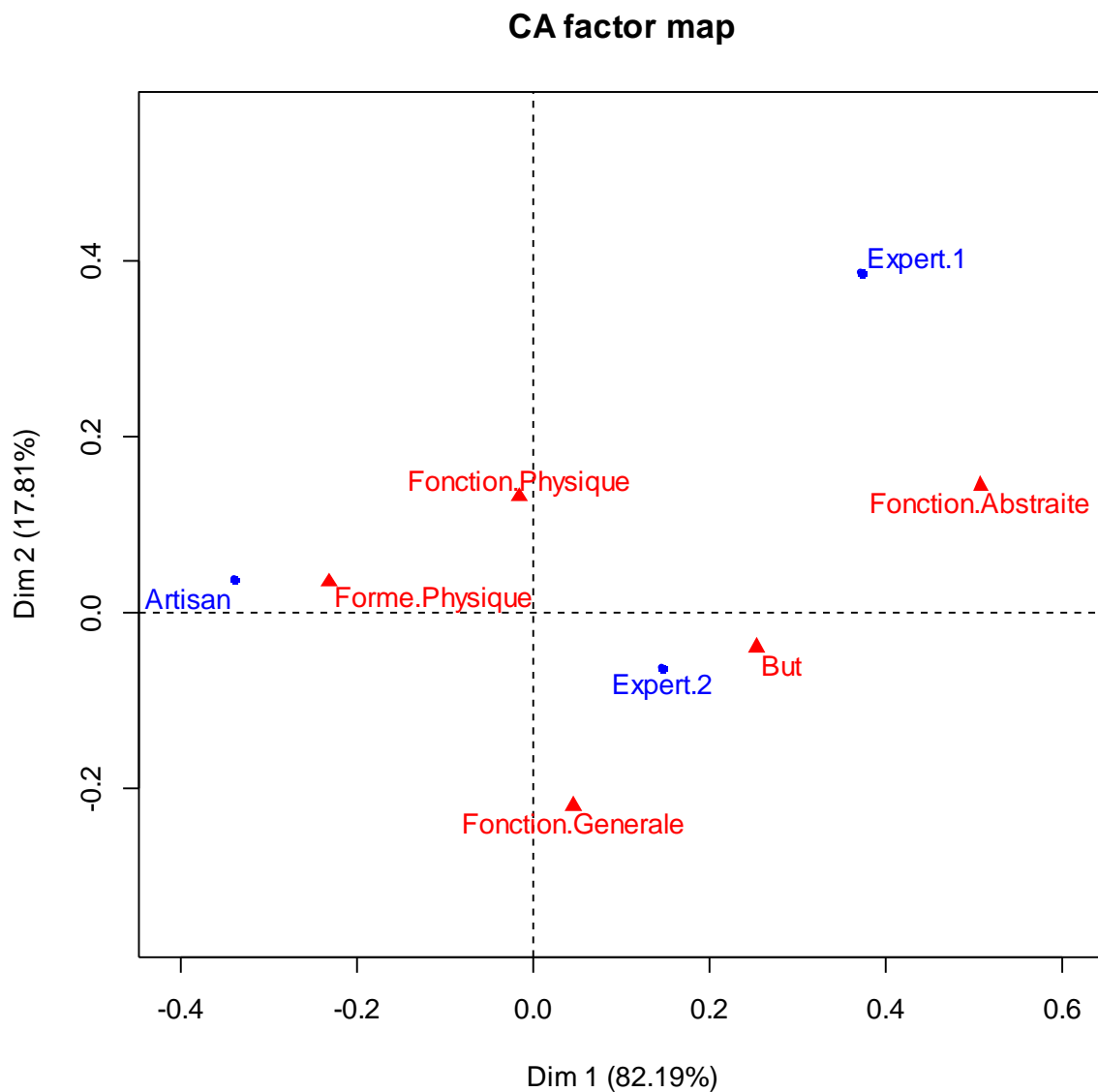


Figure 43 Analyse factorielle des correspondances des niveaux d'abstraction en fonction des acteurs

5.5 Conclusion

L'analyse des positionnements des spécialistes au regard des affordances apparaît comme une méthode simple et fiable pour mesurer la validité des affordances représentées dans le modèle du domaine et pour vérifier leur bon positionnement dans les différents niveaux d'abstraction.

Une fois que l'on dispose d'un modèle du domaine ainsi validé et vérifié, il est possible de s'orienter vers la conception d'une maquette d'interface écologique respectant les principes de l'EID, pour peu qu'il soit possible de mesurer ce degré de respect de ces principes.

Chapitre 6. Mesure du respect des principes de l'EID par un ensemble de maquettes d'IHM

L'objectif de cette étude est d'obtenir des mesures statistiques sur l'application des principes de l'EID lors de la conception d'une interface. En se référant à ces mesures, on cherchera à évaluer le degré « écologique » d'une interface, compte tenu du fait que chaque concepteur produit un saut créatif qui lui est propre, lié aux choix de réalisation qui sont les siens. Dans ce chapitre, le protocole basé sur la réalisation d'un maquettage par un échantillon de concepteurs sera présenté. Puis, les critères utilisés pour déterminer les « degrés écologiques » de ces interfaces seront calculés.

6.1 Méthode

6.1.1 Le protocole

L'étude a porté sur neuf interfaces dont les objectifs et la provenance sont variés. Ces interfaces sont toutes centrées sur la gestion administrative dans l'artisanat du bâtiment (voir les captures des interfaces : Annexe 7). Les deux premières interfaces sont des applications déjà existantes proposées en ligne aux artisans. Ce ne sont donc pas des maquettes mais des solutions fonctionnelles. Les mesures effectuées sur ces applications serviront de repère au regard de celles réalisées sur les maquettes. La première Interface Homme-Machine (IHM), dite IHM 1, est un outil de gestion de chantier en ligne pour les artisans. Cet outil prend en considération trois aspects : la planification des tâches et des points techniques à réaliser, la gestion des ressources utilisées sur le chantier, la gestion des chantiers. La deuxième interface (IHM 2) est un tableau de bord en ligne pour les artisans. Il s'agit d'un outil d'évaluation pour l'administration d'une entreprise artisanale et les aspects financiers. Il est constitué de plusieurs indicateurs sur la performance à des moments donnés ou sur des périodes données. L'IHM 1 a une conception plus récente que l'IHM 2, et aussi le même commanditaire (une organisation professionnelle). Les IHM 3 à 7 ont été obtenues lors d'un exercice de prototypage des interfaces réalisé avec des étudiants en Master 2. Le cadre de conception de ces maquettes est celui du domaine de travail simplifié de l'artisanat que nous avons utilisé

précédemment. Les deux dernières interfaces ont été conçues par un expert selon les principes de l'EID. Cet expert a des connaissances sur le domaine de travail de l'artisanat. Ces interfaces ont été construites selon la même WDA simplifiée. La première IHM de l'expert (IHM 8) a été construite sans connaissance des interfaces des étudiants et des applications logicielles déjà existantes. La deuxième (IHM 9) par contre s'est inspirée à la fois des logiciels existants et des interfaces produites par les étudiants. On peut donc faire l'hypothèse que l'IHM 9 est celle qui obtiendra un score « écologique » le plus élevé.

Cette expérimentation s'est inspirée de la démarche de conception dite collaborative ou partagée (Détienne, Baker, & Burkhardt, 2012; Détienne, 2006), ainsi que de la conception concurrente de systèmes (Y. Chen & Liang, 2000; Loria & Jacques, s. d.; Yassine & Braha, 2003) et de la méthode des points de vue (voir 5.4).

Pour mesurer le degré d'écologie de nos interfaces, on s'en réfère aux trois principes écologiques qui sont :

- La manipulation directe des affordances sur les interfaces se référant au niveau de contrôle cognitif « Skill based ». Dans notre expérience, ce critère sera mesuré au travers du nombre de pages nécessaires pour accéder à l'affordance et au travers de la présence d'éléments de contrôle (symboles, icônes, graphe, tableau,) et de commande (boutons, menu,...) pour chaque affordance du domaine de travail.
- La correspondance des moyens de représentation des affordances avec ces dernières qui se réfère au niveau de contrôle cognitif « Rule based ». Notre indicateur sera ici la variabilité existante en termes d'objets de contrôles et de commandes pour décrire une même affordance. Nous supposerons que plus la variabilité dans les modalités de représentation d'une affordance sera élevée et plus le risque d'une perte de correspondance univoque entre une affordance et la représentation de celle-ci sera également élevé.
- La présence d'affordances de la hiérarchie d'abstraction dans les interfaces qui correspond au niveau « Knowledge based ». On calculera les fréquences relatives de présence des affordances dans les interfaces.

6.1.2 La procédure de maquettage par les étudiants

Dix étudiants de Master 2 en documentation numérique, qui avaient reçu une formation à l'EID de 6 heures et une formation sur un logiciel de prototypage rapide d'IHM (« Pencil Project », s. d.), ont été sollicités pour créer une interface en binôme à partir d'une WDA filtrée de l'artisanat. Après une présentation théorique de 6h de l'ingénierie cognitive et de la CWA, des séances de travaux dirigés de 4h ont permis de présenter une version simplifiée du domaine de travail (voir Annexe 8) de l'artisanat ainsi que le projet de conception d'une maquette d'interface écologique pour les artisans. Les étudiants ayant eu un temps limité de quatre heures pour réaliser leur prototype, il leur a été accordé sur leur demande un temps libre supplémentaire d'une semaine.

Avant de commencer le prototypage, une présentation d'éléments graphiques pouvant exister pour chaque niveau de la hiérarchie d'abstraction de cette WDA leur a été dispensée. Cet exercice a été encadré par plusieurs consignes :

- respecter les principes de l'EID, à ce titre il leur a été rappelé de construire une seule interface ;
- transcrire l'ensemble des affordances de la WDA sur leur interface ;
- répondre aux contraintes techniques de mobilité de l'artisan en concevant un prototype d'applications suivant le cadre de conception d'une tablette mobile de 10 pouces ;
- justifier les choix pris par les concepteurs sous la forme de commentaires sur les interfaces pour faciliter le traitement des résultats ;
- exposer les choix de créations non représentables par le logiciel de prototypage ;
- réaliser les interfaces durant le délai de quatre heures de TD ;
- fournir un rendu sous la forme d'un document PDF.

6.1.3 Traitement des données

L'échantillon d'interfaces a été traité par le logiciel d'analyse qualitative que nous avons utilisé précédemment. Ce dernier permet de repérer des unités d'interfaces et de leur assigner une annotation. On qualifie d'« unités d'interface », une surface dans les interfaces qui contient un (ou un regroupement) élément graphique de représentation d'informations.

Ces annotations sont subjectives car elles sont liées à la capacité d'un expert de les repérer. On peut atténuer cette subjectivité en faisant annoter les interfaces par différents juges et en vérifiant les cohérences dans les annotations.

Une annotation peut désigner :

- une affordance issue de notre WDA simplifiée ;
- un élément de représentation (contrôle) ou d'interaction (commande) ;
- une page d'une interface.

6.2 Résultats

Nous allons présenter les résultats obtenus sur chacun des trois principes de conception d'une interface écologique.

6.2.1 Présence des affordances du domaine

Le tableau 11 présente les pourcentages globaux d'affordances du domaine représentées sur les différentes interfaces (existantes, produites par les étudiants, produites par l'expert), selon les niveaux d'abstraction.

Comme nous avons fait l'hypothèse, on observe que l'IHM9 est celle présentant les plus grandes proportions d'affordances du domaine. En seconde position, nous trouvons logiquement une application logicielle qui n'est plus une maquette, mais un produit finalisé : l'application logicielle IHM2. Le point faible de ce logiciel se situe au niveau des buts fonctionnels moins fréquemment présents que l'IHM9. Par ailleurs, on remarque que la seconde application logicielle IHM1 présente des pourcentages de présentation des affordances nuls pour les fonctions physiques et les fonctions abstraites, ce qui constitue des manques particulièrement significatifs. Les deux applications existantes ont représentés tous les processus à chaque fois. Ce résultat est cohérent avec l'idée que les processus occupent une position souvent centrale dans la représentation individuelle d'un domaine de travail (Meineri & Morineau, 2014; Morineau & Parenthoën, 2003). La troisième interface la plus écologique est celle élaborée par l'expert. Étonnement, plusieurs maquettes des étudiants ont globalement bien représentés les affordances des fonctions abstraites (IHM 5,

6, 7), alors qu'il s'agit des affordances les plus complexes. On peut expliquer ce phénomène par un effet didactique. L'enseignement avait en effet souligné l'importance de ces fonctions abstraites dans la compréhension du domaine administratif par les artisans.

Tableau 11 Tableau des fréquences de présence des affordances pour chaque IHM

		Existant		Groupe Etudiant					Expert		Moyenne Groupes Etudiants
		IHM 1	IHM 2	IHM 3	IHM 4	IHM 5	IHM 6	IHM 7	IHM 8	IHM 9	
Niveaux d'abstraction	Buts	67%	33%	0%	0%	33%	33%	33%	33%	67%	20%
	Fonctions Abstraites	0%	100%	67%	33%	100%	100%	100%	100%	100%	80%
	Processus	100%	100%	33%	100%	67%	67%	33%	100%	100%	60%
	Fonctions Physiques	0%	100%	50%	75%	50%	0%	25%	100%	100%	40%
	Formes Physiques	100%	100%	75%	75%	25%	75%	50%	25%	100%	60%

Enfin, on notera que le niveau des buts a globalement été mal transcrit par les différents concepteurs car faisant appel aux valeurs de l'artisanat, ils sont très abstraits. Les processus sont globalement bien représentés par les concepteurs. Les fonctions physiques n'ont pas été abordées par tous les concepteurs. Les formes physiques sont facilement abordées car elles font références à des objets physiques du domaine.

De manière synthétique, on en déduit globalement pour chaque interface le pourcentage des affordances de notre WDA simplifiée (voir Tableau 12 Tableau de fréquence global de la présence des affordances pour chaque IHM).

Tableau 12 Tableau de fréquence global de la présence des affordances pour chaque IHM

	Existant		Groupe Etudiant					Expert	
	IHM 1	IHM 2	IHM 3	IHM 4	IHM 5	IHM 6	IHM 7	IHM 8	IHM 9
Global	50%	83%	44%	56%	50%	50%	44%	67%	89%

Ce tableau permet un premier classement global des neuf IHM au regard du premier principe des EID.

6.2.2 La manipulation directe des affordances

Rappelons que ce principe de conception d'une interface écologique a été mesuré sur la base du nombre de pages entre les interfaces et de la présence d'éléments de contrôle et commande pour chaque affordance du domaine de travail.

Le nombre de pages

Nous avons décompté le nombre de pages globalement par interface (voir Tableau 13 Nombre de pages par interface) en observant les passages entre celles-ci au travers des boutons de commande pour y accéder.

Tableau 13 Nombre de pages par interface

	Existant		Groupe Etudiant					Expert	
	IHM 1	IHM 2	IHM 3	IHM 4	IHM 5	IHM 6	IHM 7	IHM 8	IHM 9
Nombre de Pages	11	5	8	9	9	8	6	6	2

Ces résultats montrent que l'accès aux affordances ne sont pas directs pour l'ensemble des interfaces, puisque chacune à plusieurs pages. L'IHM 9 avec ses deux pages est celle se rapprochant le plus de l'idée que l'utilisateur doit accéder directement à toutes les affordances du domaine. Les autres interfaces existantes ou maquettées respectent beaucoup moins cette exigence, avec des nombres de pages variant entre 5 et 11. A cet égard, on notera que l'IHM2 est encore l'interface la plus respectueuse de la dimension écologique après l'IHM9 et que l'IHM1 présente encore un score particulièrement faible, avec 11 pages. Les étudiants ont majoritairement eu des difficultés à réduire au maximum le nombre de pages (entre 6 et 9 pages).

Présence d'éléments de contrôle et commande pour chaque affordance

Le tableau 14 présente le fait qu'un type d'affordance puisse disposer ou non d'un objet de contrôle et d'un objet de commande sur l'interface.

Tableau 14 Tableau de présence des affordances en fonction des commandes et contrôles pour chaque interface

Hiérarchie d'abstraction	Affordances	Existant				Groupe Etudiant								Expert					
		IHM 1		IHM 2		IHM 3		IHM 4		IHM 5		IHM 6		IHM 7		IHM 8		IHM 9	
		Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle
Buts	Marché	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
	Notoriété	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Plus-value	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fonctions Abstraites	Ratios Economique	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
	Ratios d'Exploitation	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
	Ratios Financiers	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
Fonctions Générales	Archivé	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
	En cours	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
	Opportunités	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Fonctions Physiques	Coût	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	Evaluation	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	Gain	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
	Production	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Formes Physiques	Ressources Humaines	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
	Ressources Matériaux	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
	Ressources Matérielles	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Points Techniques	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Sous-Total		9	9	15	14	3	6	7	8	8	7	9	9	4	7	12	12	12	16
Total		18		29		9		15		15		18		11		24		28	

Pour mesurer quantitativement le degré de respect de la règle de disposer de modalités de contrôle et de commande pour représenter une interface, nous avons effectué le test Q de Yule. Une valeur égale à 1 correspond à la présence systématique des deux modalités.

Tableau 15 Tableau de coefficient de Yule entre les modalités "contrôle" et "commande" pour chaque interface

	Existant		Groupe Etudiant							Expert	
	IHM 1	IHM 2	IHM 3	IHM 4	IHM 5	IHM 6	IHM 7	IHM 8	IHM 9		

	Commande & Contrôle	Commande & Contrôle	Commande & Contrôle	Commande & Contrôle	Commande & Contrôle	Commande & Contrôle	Commande & Contrôle	Commande & Contrôle	Commande & Contrôle
Q de Yule	1	0,882	0,176	0,412	0,882	1	0,412	1	0,529

Le tableau 15 montre que les IHM1, IHM6 et IHM8 sont celles disposant systématiquement des deux modalités permettant la perception d'affordance (contrôle) et l'action sur ces affordances (commande) par l'utilisateur, lorsque les affordances sont représentées sur l'interface. Viennent ensuite par ordre décroissant, les IHM9 (expert), IHM2 (logiciel existant) et IHM5 (étudiant). L'IHM3 obtient un score très faible comme sur les autres dimensions mesurées. Pour conclure, on note que ce critère n'ordonne pas les IHM de la même manière que les critères précédents, puisque l'on ne retrouve pas en première position les IHM2 et IHM9.

6.2.3 Correspondance entre représentations et affordances

Pour évaluer la correspondance entre une affordance et sa représentation sur les IHM, nous avons pris en considération un indicateur indirect, celui considérant à penser que la présence de multiples représentations variées d'une même affordance à un niveau donné d'abstraction est une source d'ambiguïté dans la mise en correspondance entre la représentation et son affordance. Pour calculer ces variabilités informationnelles, nous avons appliqué l'index de

Simpson noté :

$$\lambda = \sum_{i=1}^R p_i^2$$

Cet index de variabilité, d'entropie, a pour avantages de ne pas être soumis à la taille de l'échantillon comme l'index de Shannon et de calculer un résultat compris entre 0 et 1. On considère un résultat proche de 1 comme très concentré et 0 comme très dispersé.

Dans les interfaces, nous avons identifié différentes modalités de représentation de type contrôles et commandes (voir Tableau 16 Modalités de représentations observées).

Tableau 16 Modalités de représentations observées

Type	Modalité	Correspondance
Commande	Agenda	Agenda avec représentation des tâches journalières
	Bouton	
	Boite à cocher	Liste de choix multiples cochables
	Description	Texte descriptif d'une information à remplir
	Fiche	Liste de champ à remplir
	Diagramme de Gantt	Représentation de tâches ordonnancées
	Liste	Liste de variables ou choix sélectionnables
	Boite à Liste	Liste encapsulé de variables ou choix sélectionnables
	Carte	Représentation géographique
	Barre de recherche	Boite de texte pour rechercher des informations
	Curseur	Permet de faire varier la valeur d'une information
	Onglet	Bouton de sélection pour accéder à une page
	Tableau	Tableau de données à remplir
	Texte	Champ d'information à remplir
Contrôle	Agenda	Agenda avec représentation des tâches journalières
	Description	Texte descriptif d'une information
	Diagramme à barre	Histogramme
	Diagramme de Gantt	Représentation de tâches ordonnancées
	Jauge Circulaire	Graphique de données
	Jauge Horizontale	Graphique de données
	Jauge Verticale	Graphique de données
	Graphe	Graphique de données
	Icône	
	Liste	Liste d'informations
	Carte	Représentation géographique
	Tableau	Tableau de données
	Texte	Champ d'information

Par exemple, le tableau 17 présente en pourcentages, les différentes modalités de contrôle et de commande utilisées par l'expert pour décrire les différents types d'affordances dans l'IHM 9.

Tableau 17 Tableau des pourcentages de l'IHM 9 des types de représentations en fonction des affordances et illustré par l'index de Simpson pour les représentations de type "contrôle" et "commande"

IHM 9		Commande							Contrôle								
Hiérarchie	Affordances	Bouton	Description	Diagramme de Gantt	Liste	Carte	Total	Indice de Simpson	Description	Diagramme de Gantt	Jauge Circulaire	Jauge Horizontale	Jauge Verticale	Graphe	Carte	Total	Indice de Simpson
		Buts	Marché	0%	0%	0%	0%	100%	100%	1	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
Notoriété	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0	50%	0%	0%	0%	0%	50%	0%	100%	0,5
Plus-Value	0%		0%	0%	0%	0%	0%	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0

Fonctions Abstraites	Ratios Economiques	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	25%	0%	25%	25%	25%	0%	0%	100%	0,25
	Ratios Exploitation	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	25%	0%	25%	25%	25%	0%	0%	100%	0,25
	Ratios Financiers	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0	25%	0%	25%	25%	25%	0%	0%	100%	0,25
Fonctions	Archive	0%	0%	0%	0%	100%	100%	1	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0,5
	En cours	0%	0%	0%	0%	100%	100%	1	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0,5
	Opportunités	0%	0%	0%	0%	100%	100%	1	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0,5
Fonctions Physiques	Cout	0%	0%	0%	100%	100%	1	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0,5	
	Evaluation	0%	0%	0%	100%	100%	1	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0,5	
	Gain	0%	0%	0%	100%	100%	1	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0,5	
	Production	0%	0%	0%	100%	100%	1	50%	0%	0%	0%	0%	0%	50%	100%	0,5	
Formes Physiques	Ressources Humaine	60%	20%	0%	20%	0%	100%	0,44	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	1
	Ressources Matériaux	50%	25%	0%	25%	0%	100%	0,37	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	1
	Ressources Matérielles	50%	25%	0%	25%	0%	100%	0,37	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	1
	Points Techniques	33%	17%	17%	17%	17%	100%	0,22	33%	33%	0%	0%	0%	0%	33%	100%	0,33

Le tableau 18 présente les valeurs de l'index de Simpson mesurant le degré de variabilité dans le choix de ces représentations en termes de contrôle et de commande.

Dans un premier temps, on remarque la présence de 0, il ne concerne pas des variabilités dans les représentations mais une absence de ces représentations. De plus, on note que les interfaces « expert » sont moins porteuses de variabilité que celles des autres groupes. Les interfaces existantes sont celles qui ont le plus de disparité dans leur représentation. On rassemble les résultats afin de conclure sur le degré écologique des interfaces.

Tableau 18 Tableau global des index de Simpson pour les représentations des affordances en fonction de chaque interface

Hiérarchie d'abstraction	Affordances	Existant				Groupe Etudiant							Expert						
		IHM 1		IHM2		IHM3		IHM4		IHM5		IHM 6		IHM7		IHM8		IHM9	
		Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle	Commande	Contrôle
Buts	Marché	0,236	0,551	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1

	Notoriété	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5
	Plus-Value	0,5 56	0,5 2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fonctions	Ratios Economiques	0	0	0,4 2	0,1 89	0	1	0	0	1	0,4 54	1	1	0	0,5 56	1	1	0	0,2 5
	Ratios Exploitation	0	0	0,5 1	0,3 6	0	0	0	1	1	0,5 25	1	1	0	0,5 56	1	1	0	0,2 5
	Ratios Financiers	0	0	0,5	0,3 33	0	1	0	0	1	0,5 04	1	1	0	0,5 56	1	1	0	0,2 5
Fonctions	Archivé	0,2 64	0,5 92	0,4 4	0,5	0	0	0,68 1	0,3 33	0,5 56	1	1	0	0	0,3 6	1	1	1	0,5
	En cours	0,1 6	0,2 65	0,4 4	0,5	1	0	0,68 5	0,1 95	0,2 84	0,5	0,5 56	0,6 25	0	0,3 6	1	1	1	0,5
	Opportunités	0,1 53	0,4 29	0,3 89	0,3 6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,3 6	1	1	1	0,5
Fonctions Physiques	Coût	0	0	0,5	0,3 33	0	1	1	1	1	0	0	0	0,5 2	1	1	1	1	0,5
	Evaluation	0	0	0,5 56	0,5	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0,5
	Gain	0	0	0,5	0,3 33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0,5
	Production	0	0	0,5	0,3 33	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0,5
Formes Physiques	Ressources Humaines	0,3 06	0,5 2	0,5 56	0,5	0	1	0	1	0	0	1	1	0,5 2	1	0	0	0,4 4	1
	Ressources Matériaux	1	1	0,5 56	0,5	0,6 25	0	0	1	0	0	1	1	0,5	1	0	0	0,3 75	1
	Ressources Matérielles	0,3 75	0,6 54	0,5 56	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3 75	1
	Points Techniques	0,2 74	0,3 89	0,4 55	0,2 35	1	1	5	0	0,3 75	0,5 2	0,5 56	0,5 56	0	0	0,5 56	0,5 5	0,2 22	0,3 33
Sous-Total (/ 17)		3,3 22	4,9 2	7,8 76	5,4 77	2,6 25	6	5, 86	7, 5	5,9 04	3,8 42	8,0 56	8,1 11	2,1 65	5,6 67	9,6 36	11 ,5	9,4 12	9,0 83
Total (/ 34)		8,242		13,353		8,625		13,36		9,746		16,167		7,832		21,136		18,496	

6.2.4 Calcul d'un score global de mesure de l'écologie d'une IHM

Dans les expérimentations précédentes, plusieurs analyses ont été réalisées, on propose de les résumer sous la forme d'un score témoignant du degré d'écologie d'une interface. Pour chaque principe, nous avons ramené les résultats à un score ayant un dénominateur commun égal à 10, ce qui permet d'additionner les différents scores. Le score le plus élevé attestant d'un bon degré écologique. On obtient un tableau de score pour chaque principe sur chaque interface (voir Tableau 19 Tableau de score pour chaque principe en fonction des interfaces).

Pour le premier principe (P1) de présence des affordances de la hiérarchie d'abstraction, on possède un total des affordances (A1). On sait que le résultat possible est compris sur un intervalle allant de 0 à 17 affordances. Or, on cherche à obtenir un score compris entre 0 et 10. On effectue une opération permettant d'y parvenir (score P1 = 10 * résultat A1 / résultat

maximal A1). Pour le principe de manipulation directe (P2), on possède deux analyses que l'on veut reporter sur un score sur 5. La première analyse (A2) concerne le nombre de pages dans une interface. On sait que le résultat optimal est d'une seule page. Pour créer des scores sur la base de cette expérimentation, on divise ce résultat optimal aux résultats obtenus et on le reporte sur 5. La deuxième analyse met en avant un résultat sur la présence sur le domaine de travail d'éléments de représentations de contrôle et commande pour chaque affordance, il s'agit du coefficient de Yule (A3). Le résultat de cette analyse étant compris entre 0 et 1 que l'on rend comparable au précédent. On peut alors additionner ces deux données (score P2 = $(5 / \text{résultat A2}) + (5 * \text{résultat A3})$). Le dernier principe (P3) mesure le degré de correspondance dans les interfaces (la somme des index de Simpson) (A4). Le résultat est compris entre 0 et 34. On ramène tous ces indicateurs à un même dénominateur pour pouvoir les additionner (score P3 = $10 * \text{résultat A4} / \text{résultat maximal A4}$).

La figure 44 permet d'avoir une vue d'ensemble sur le degré d'écologie de chaque IHM mesuré à partir des trois principes. La valeur de ces résultats est confortée par le fait que l'IHM 9 apparaît comme la mieux placée. Rappelons que cette IHM est celle ayant bénéficiée d'apports en termes de conception, puisqu'elle a été réalisée par un expert dans le champ des interfaces écologiques et sur la base d'une observation de la qualité des autres interfaces. On notera par ailleurs qu'un binôme d'étudiants (IHM6) a réussi en quelques heures de travail et après une formation à l'EID à concevoir une IHM plus écologique qu'un produit commercialisé à destination des artisans (IHM1).

Tableau 19 Tableau de score pour chaque principe en fonction des interfaces

Principe	Existant		Groupe Etudiant					Expert		Moyenne
	IHM 1	IHM 2	IHM 3	IHM 4	IHM 5	IHM 6	IHM 7	IHM 8	IHM 9	
Présence des affordances / 10	5,29	8,82	4,7	5,9	5,29	5,29	4,7	7,06	9,41	6,27
Manipulation / 10	5,45	5,41	1,5	2,6	4,97	5,63	2,9	5,83	5,15	4,38
Correspondance des représentations / 10	2,42	3,93	2,5	3,9	2,87	4,75	2,3	6,22	5,44	3,82
Total / 30	13,2	18,2	8,8	12	13,1	15,7	9,9	19,1	20	14

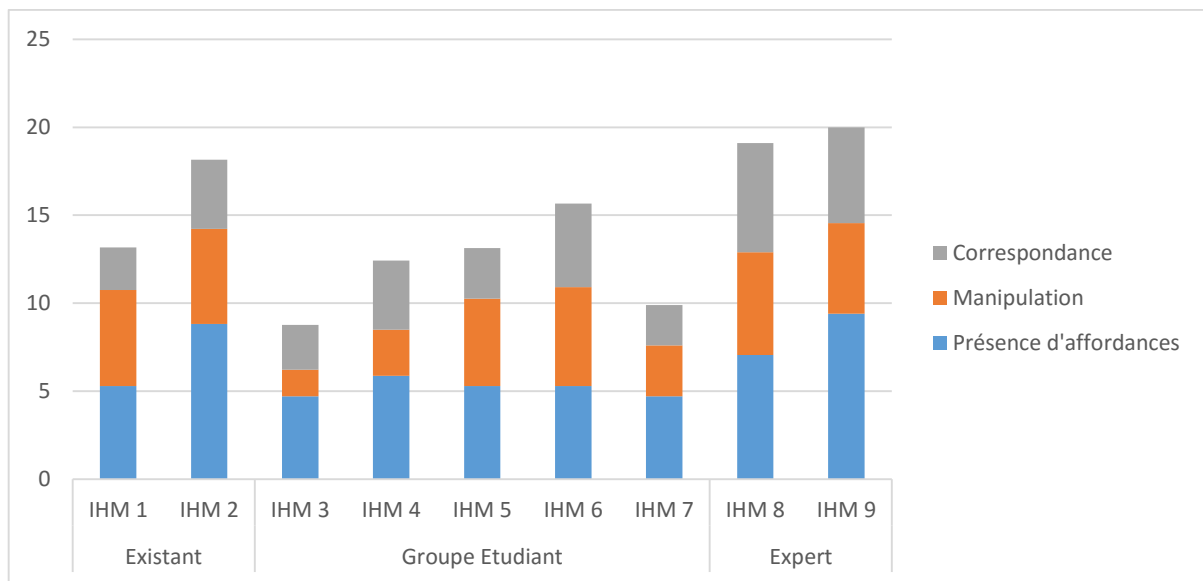


Figure 44 Graphique récapitulatif des scores en fonction des interfaces

6.3 Conclusion

A partir de cette application de différents indicateurs de mesure reflétant l'écologie d'une interface sur des IHM de différentes natures, nous mettons en évidence la possibilité de mesurer un score de degré d'écologie d'une interface qui apparaît cohérent au regard des interfaces évaluées. Nous disposons alors d'un moyen technique pour évaluer les résultats d'un processus de conception écologique.

Chapitre 7. Conception et évaluation de deux maquettes d'interfaces écologiques pour la gestion administrative dans l'artisanat du bâtiment

A partir de notre modélisation du domaine de la gestion administrative validée à travers la mise en œuvre de deux méthodes, la réalisation d'un banc de conception de maquettes avec l'aide d'étudiants et la définition de critères d'évaluation du respect des principes de l'EID, nous avons conçu deux maquettes différentes sur tablette à destination des artisans.

A priori, puisque ces deux maquettes ont bénéficié des apports théoriques et méthodologiques propres à l'EID que nous avons développés, elles devraient toutes les deux permettre une interaction efficiente avec des utilisateurs potentiels. Il n'en reste pas moins que faciliter l'affichage des affordances d'un domaine de travail comme le veut l'approche écologique n'assure pas pour autant qu'un utilisateur ayant à réaliser une tâche de recherche d'information dans un contexte donné puisse systématiquement détecter l'affordance pourtant affichée. Prenons un exemple simple pour illustrer ce problème. Un concepteur de signalétique souhaite concevoir un panneau affichant la présence d'un médecin dans la rue d'une ville. Pour résoudre cette question de conception, il va s'orienter vers l'utilisation du caducée comme symbole décrivant de manière la plus signifiante ce que représente l'activité du médecin. A ce stade, on peut dire que l'idée est bonne. Toutefois, une fois positionnée le symbole dans la rue, un piéton cherchant une pharmacie ou une infirmière pourra envisager cette signalétique comme répondant à ses besoins. Il sera alors victime de ce que Gaver (1991) a appelé une « fausse affordance ». Aussi, dans le contexte des interfaces écologiques, l'effort de mise à disposition de l'ensemble des affordances d'un domaine de travail à travers un ensemble d'informations spécifiant ces affordances (Gaver, 1991) réduira le risque d'affordances cachées du fait du respect de la manipulation directe des affordances, mais augmentera celui relatif à des fausses affordances – du fait du caractère exhaustif de la présentation des affordances. En termes liés à la détection du signal, une interface écologique

permet une forte sensibilité en offrant une détection rapide d'un événement dans le domaine, mais une faible spécificité, c'est-à-dire impliquant la détection d'informations ou d'affordances qui sont des fausses alarmes, des fausses affordances. Cette dimension de l'ergonomie des interfaces écologiques peut être évaluée à travers une expérimentation dans laquelle on demande aux utilisateurs de l'interface de rechercher des informations relatives à des affordances. Nous allons présenter une expérience de ce type après avoir présenté les deux maquettes qui ont servi à cette évaluation.

7.1 Présentation des deux maquettes

La première maquette présentée en figure 43 privilégie une présentation figurative des affordances à travers un cercle concentrique qui structure les informations principales. La seconde maquette présentée en figure 44 privilégie pour sa part une logique de tableau pour présenter les affordances. Il s'agit dans ce dernier cas d'une certaine manière de reproduire le schéma basique de représentation des affordances lors d'une analyse du domaine de travail.

Les informations présentées sur la première interface à « structure circulaire » sont :

1. L'image de l'entreprise représente les clients satisfaits, les demandes de clients et les visites de clients du profil de l'entreprise sur le réseau ;
2. Le réseau est représenté par une messagerie permettant d'interagir avec les autres acteurs de l'environnement artisan ;
3. L'échelle de temps récapitule les différents événements ayant eu lieu au cours du temps ;
4. Les diagrammes récapitulent le type de tâches effectuées ;
5. L'horloge indique les heures restantes à effectuer pour l'artisan ;
6. La carte indique la localisation des différents événements apparaissant sur les domaines ;
7. Les cercles sont les domaines de l'artisanat du bâtiment. La forme complète reprend l'idée du « ring chart » ou de la grille polaire segmentée en lui ajoutant des séries temporelles. Le « ring chart » (graphique en anneau) ou « sunburst chart » (graphique éruption solaire) est un camembert à plusieurs niveaux qui visualise les données

hiérarchiques avec des cercles concentriques. Les parts du cercle sont mobiles pour que les utilisateurs puissent se déplacer dans le temps. Celui-ci s'écoule dans le sens des aiguilles d'une montre : les données les plus récentes apparaissent donc dans le sens inverse. On peut y planifier les données du domaine.

- a. Le champ des activités englobe 3 domaines :
 - i. Le client : on a utilisé un diagramme de Gantt permettant de voir les clients en cours, ceux archivés et les nouvelles opportunités ;
 - ii. Le chantier qui appartient à un client a été construit de manière identique. On a ici mis en avant un rappel pour les différents types de chantiers ;
 - iii. Les tâches appartenant aux chantiers, on a employé des diagrammes de Gantt ;
 - b. Le champ des ressources regroupe plusieurs domaines pour lesquels on a employé des diagrammes de Gantt avec des diagrammes circulaires récapitulatifs :
 - i. Les matériaux ;
 - ii. Les matériels ;
 - iii. Les équipes ;
 - iv. Les partenaires ;
 - c. Le dernier champ est celui des aspects financiers :
 - i. L'évaluation regroupe les différents ratios. On a utilisé des jauges comme c'est le cas pour d'autres interfaces ;
 - ii. Pour le contrôle, on a employé des courbes. Ces courbes sont utilisées traditionnellement dans la représentation de ces contraintes (Chiffre d'affaire et Résultat) sur d'autres interfaces de gestion ;
 - iii. Pour le global, on a fourni une liste graphique des dépenses et des revenus perçus au cours du temps ;
 - iv. Ici, on a représenté les finances des projets dans le temps ;
8. La galerie permet de visualiser les photos prises des différents chantiers ;
 9. Les paramètres sont des outils pour zoomer, régler des constantes dans les domaines ou définir des alertes suivant des limites.

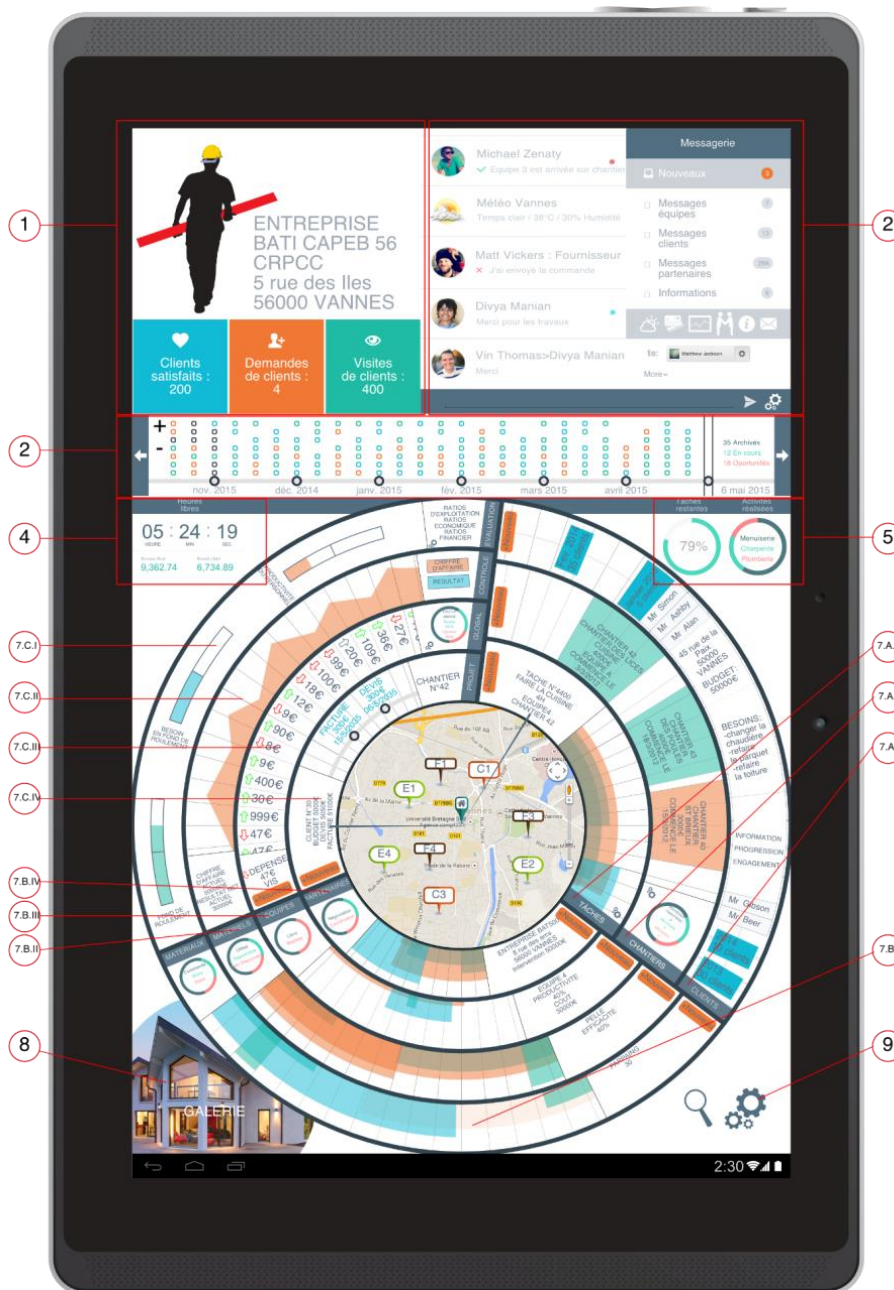


Figure 45 Maquette 1 d'interface écologique pour la gestion administrative dans l'artisanat du bâtiment

La seconde interface à « logique de tableau » inclus une présentation temporelle des évènements. Ces représentations correspondent à celles qui ont été le plus souvent utilisées par les étudiants.

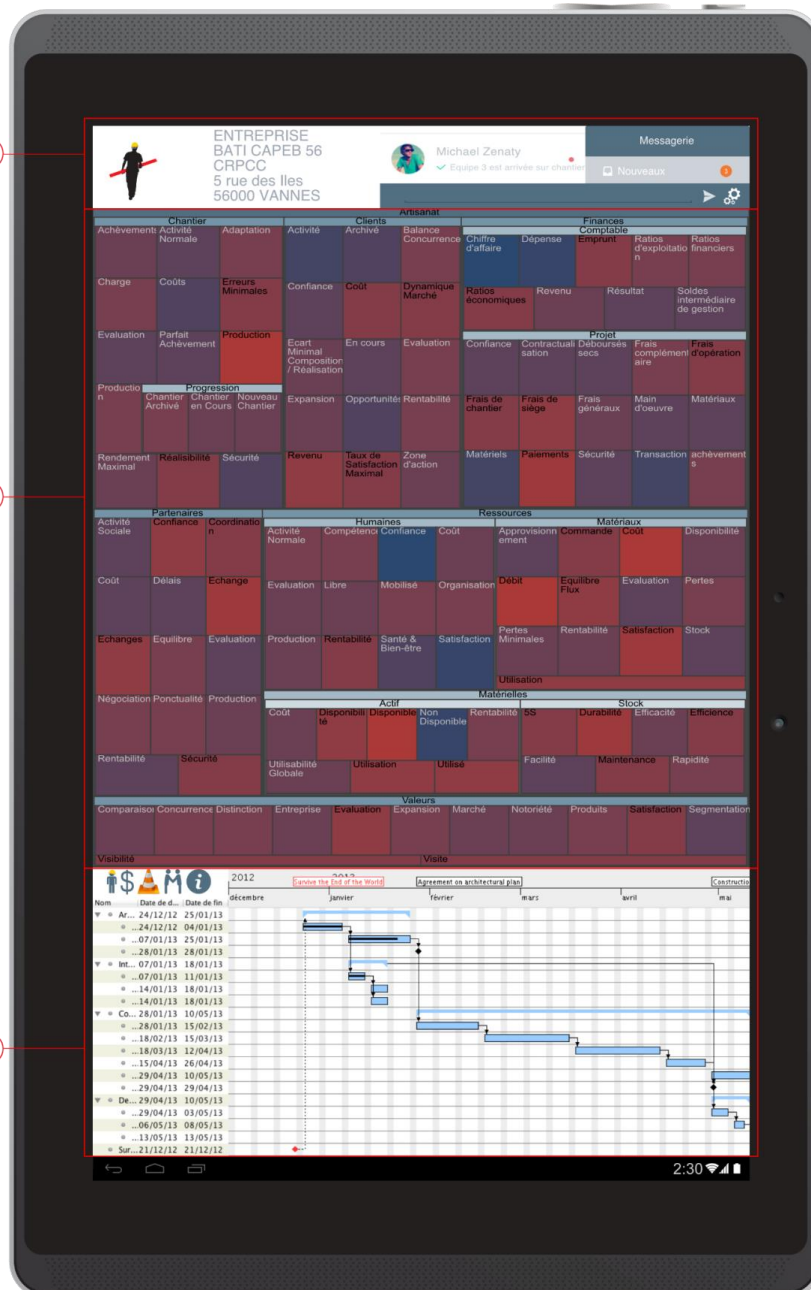


Figure 46 Maquette 2 d'interface écologique pour la gestion administrative dans l'artisanat du bâtiment

La maquette à logique « tableau » a les fonctionnalités suivantes :

1. Ce cadre représente le niveau des buts. Dans notre WDA simplifiée, celui-ci correspond au domaine des valeurs. Ces affordances sont les plus difficiles à représenter. On a, dans ce cadre, opté pour une représentation des informations transmises par le réseau des clients et partenaires de l'entreprise.
2. Ce cadre agrège trois niveaux : les fonctions abstraites, les fonctions générales et les fonctions physiques. Il s'agit d'un grand nombre d'informations que l'on représente

traditionnellement par des jauges ou des courbes dans le domaine de la gestion. Afin de limiter les informations à l'espace disponible, on a opté pour une représentation en treemap de ce niveau.

Une treemap est une représentation de données hiérarchiques dans un espace limité proposé par Ben Shneiderman (Shneiderman, 1992). Elle est aussi utilisée pour visualiser le budget d'un État.

L'idée consiste à répartir l'espace de représentation (ici l'écran de la tablette) entre les différentes entités ou contraintes de nos domaines et d'associer à chacune d'entre elles un rectangle dont la taille et la couleur reflète des attributs de l'entité correspondante⁵. Cette technique de visualisation d'informations permet à l'utilisateur final de reconnaître facilement des motifs graphiques pouvant traduire des relations complexes au sein des données, relations difficiles à déceler autrement.

La hiérarchie retenue pour cette treemap est celle de notre domaine. Les cadres principaux correspondants aux différentes composantes de l'artisanat.

3. Le dernier cadre met en avant le niveau des formes physiques. Ce niveau, dans le domaine de l'artisanat, a un lien important avec les données temporelles. On a choisi de le représenter par un diagramme de Gantt, facilement observable et contrôlable. Il permet de planifier les données du domaine.

Il est important de souligner que notre travail de maquettage d'interfaces s'est focalisé sur la retranscription des affordances du domaine de travail uniquement sur une première page écran permettant de naviguer mentalement d'une affordance à une autre, d'un niveau d'abstraction à un autre. Si les modalités graphiques générales de présentation des informations ont été étudiées, les détails graphiques de représentation des affordances n'ont pas été spécifiés.

A partir de ces maquettes affichées sur une tablette, nous avons réalisé une expérience visant à tester la facilité d'accès à l'information.

⁵ Dans la même perspective, on peut remplacer les couleurs par des courbes temporelles pour offrir une meilleure perception des attributs des entités (Shneiderman, 1998).

7.2 Evaluation de la recherche d'informations avec les maquettes

7.2.1 Méthode

Participants

60 participants ont pris part à cette expérience : 20 artisans (18 hommes et 2 femmes, âgés entre 30 et 66 ans de différents corps de métiers) ; 20 acteurs du domaine de l'artisanat qui ne sont pas artisans (4 hommes et 16 femmes, entre 30 et 57 ans). Dans cet échantillon, on retrouve : des formateurs, des experts économiques, des spécialistes de la paye, des experts d'une organisation professionnelle. Et enfin, 20 étudiants (14 hommes et 6 femmes, âgés entre 18 et 32 ans, de différents cursus : droit, économie, gestion, biologie, mathématiques, médecine).

Procédure

Pour ne pas gêner la perception dans ces interfaces, on les a simplifiées et on les a colorisées en noir et blanc. Chaque participant réalisait les tâches avec les deux maquettes. L'ordre de passation a été contrebalancé et l'ordre de présentation des questions était aléatoire. L'expérience se déroulait en trois étapes. La première étape consistait en une appropriation de l'outil et de la tâche. Chacune des deux interfaces était exposée aux participants à l'aide d'un diaporama qui permettait de définir les zones cliquables sur l'interface. De plus, on a insisté sur les zones permettant le contrôle et la commande dans l'interface. Dans un deuxième temps, les participants étaient invités à rechercher deux affordances dans les interfaces. Les participants étaient guidés au bout de 30 secondes s'ils échouaient dans la perception des affordances. Pour contrôler leur perception des affordances, on leur demandait de pointer l'affordance sur l'interface d'une tablette une fois celle-ci repérée.

Suite à cette phase d'appropriation, la phase de test débutait. Les participants devaient répondre manuellement à huit questions en pointant du doigt sur l'interface l'objet sur lequel portait la question. Après les deux questions de la phase d'appropriation, six questions test étaient posées (voir Tableau 20 Tableau des questions de l'expérimentation).

Tableau 20 Tableau des questions de l'expérimentation

Phase	Modalité	Composante	Niveau d'abstraction	Affordance	Question	
A	Appropriation	Contrôle	Image	Buts	Développement Notoriété	Pouvez-vous désigner la partie permettant de contrôler le développement de la notoriété de l'entreprise ?
B	Appropriation	Commande	Ressources Matérielles	Formes Physiques	Matériels & Outils	Pouvez-vous désigner la partie permettant de renseigner l'état d'un outil ou matériels ?
1	Test	Contrôle	Finance Comptable	Buts	Viabilité de l'entreprise	Pouvez-vous désigner la partie permettant de contrôler la viabilité de l'entreprise ?
2	Test	Contrôle	Finance Comptable	Fonctions Abstraites	Ratio financier / Fond de Roulement	Pouvez-vous désigner la partie permettant de contrôler le fond de roulement ?
3	Test	Commande	Client	Fonctions Générales	En cours	Pouvez-vous désigner la partie permettant de renseigner un client en cours ?
4	Test	Contrôle	Chantier	Fonctions Générales	Progression / Nouveau Chantier / Découverte	Pouvez-vous désigner la partie permettant de contrôler la découverte d'un nouveau chantier ?
5	Test	Contrôle	Partenaires	Fonctions Physiques	Délais	Pouvez-vous désigner la partie permettant de contrôler les délais des partenaires ?
6	Test	Commande	Ressources Humaines	Formes Physiques	Equipes	Pouvez-vous désigner la partie permettant de renseigner la création d'une nouvelle équipe ?

Après la réalisation de la tâche, on demandait à chaque participant de sélectionner l'interface qu'il préférerait parmi les deux utilisées.

Acquisition des données

Pour évaluer le temps que les testeurs mettaient pour effectuer l'action, on a utilisé une application spécifique calculant le temps en ms entre l'apparition de l'interface et le signal de touché de celle-ci par l'utilisateur (OpenSesame) (Mathôt, Schreij, & Theeuwes, 2012). L'application fournissait la zone du signal de touché permettant de savoir si celle-ci avait été perçue. Un traitement qualitatif ultérieur a permis de faire émerger les zones touchées par les participants. Pour ce faire, les coordonnées géométriques des touchés ont été utilisées. On applique ces coordonnées à un algorithme de remplissage par diffusion des densités sur Python (« heatmap.py: create heatmaps in python », 2013). Cet algorithme a pour avantage de représenter les densités de pixel sollicitées dans une même surface. Ainsi, plus il y a de pixel proche, plus la zone est colorisée. Pour chaque pixel touché sur l'interface on utilise une

diffusion qui s'additionne aux autres. La taille de cette diffusion choisie est ici de 100 pixels correspondant à un zone approximative du touché d'un individu sur une tablette.

On obtient des représentations en Heat Map (Carte de chaleur) représentant les endroits les plus fréquemment touchés pour chaque interface et chaque question. On marquera les zones attendues à chaque question par un cadre de couleur bleu. On met en place une échelle de diffusion (voir Figure 47 Echelle de diffusion : les zones les plus touchées sont en rouge ou blanc), où plus les zones ont été touchées, plus elles sont colorées en rouge voir blanc.

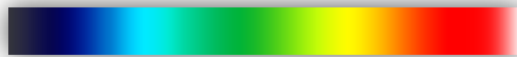


Figure 47 Echelle de diffusion : les zones les plus touchées sont en rouge ou blanc

7.2.2 Résultats

Résultats quantitatifs

Taux d'identification correcte des affordances sur les interfaces

Le taux global de bonne réponse dans l'identification des affordances est de 84% avec un écart-type de 37%. Il s'agit d'un taux assez élevé, mais avec une variabilité importante. Le pourcentage moyen pour l'IHM1 est de 82% et de 86% pour l'IHM 2. Le test du Chi-deux ne montre de différence significative entre ces deux proportions ($\chi^2=2,67$; ddl = 1 ; $p = 0,10$). Le tableau 21 présente le nombre d'affordances perçues et non perçues, ainsi que leurs pourcentages en fonction de type de participant (acteur du domaine de l'artisanat, artisan, étudiant).

On constate que les artisans perçoivent un peu plus d'affordances que les acteurs et les étudiants, mais la différence n'est pas significative au niveau statistique ($\chi^2= 1,94$; ddl= 2 ; $p = 0,38$). A présent, si l'on observe le nombre d'affordances identifiées correctement en fonction des questions posées, on note une variabilité assez importante. Notamment, les questions 4 et 5 présentent des pourcentages d'identification variant autour de 75% seulement, tandis que l'on obtient 87,5% pour la question 1 et 85,8% pour la question 6 et surtout respectivement 90,8% et 90% pour les questions 2 et 3 (voir Tableau 22 Tableau des

taux de perception en fonction des questions). La répartition globale est significative d'un point de vue statistique (Chi-2= 22,14, ddl= 5, p<0.05).

Tableau 21 Tableau des taux de perception en fonction de l'activité

	Réponse Correcte		
Activité	Non perçu	Perçu	Total
Acteur	44	196	240
	18,33%	81,67%	100,00%
Artisan	33	207	240
	13,75%	86,25%	100,00%
Etudiant	37	203	240
	15,42%	84,58%	100,00%
Total	114	606	720
	15,83%	84,17%	100,00%

Tableau 22 Tableau des taux de perception en fonction des questions

	Réponse Correcte		
Question	Non perçu	Perçu	Total
1	15	105	120
	12,50%	87,50%	100,00%
2	11	109	120
	9,17%	90,83%	100,00%
3	12	108	120
	10,00%	90,00%	100,00%
4	29	91	120
	24,17%	75,83%	100,00%
5	30	90	120
	25,00%	75,00%	100,00%
6	17	103	120
	14,17%	85,83%	100,00%
Total	114	606	720
	15,83%	84,17%	100,00%

Répartition globale des temps de réponse

Avant de traiter statistiquement les temps de réponse, nous avons cherché à constater si les données suivaient une loi Normale. Or, on observe que les données de temps, avec une asymétrie de 2,43 et un aplatissement de 9,04, ne suivent pas une loi Normale. Toutefois, on remarque que ces données de temps suivent une loi log-normale (noté $X \sim \text{logN}(\mu, \sigma)$; Z Kolmogorov-Supernova= 0,7 ; p=0.71) (voir Figure 48 Histogramme du temps en fonction de la densité suivant la loi normale (en bleu) et la loi log-normale (en orange)).

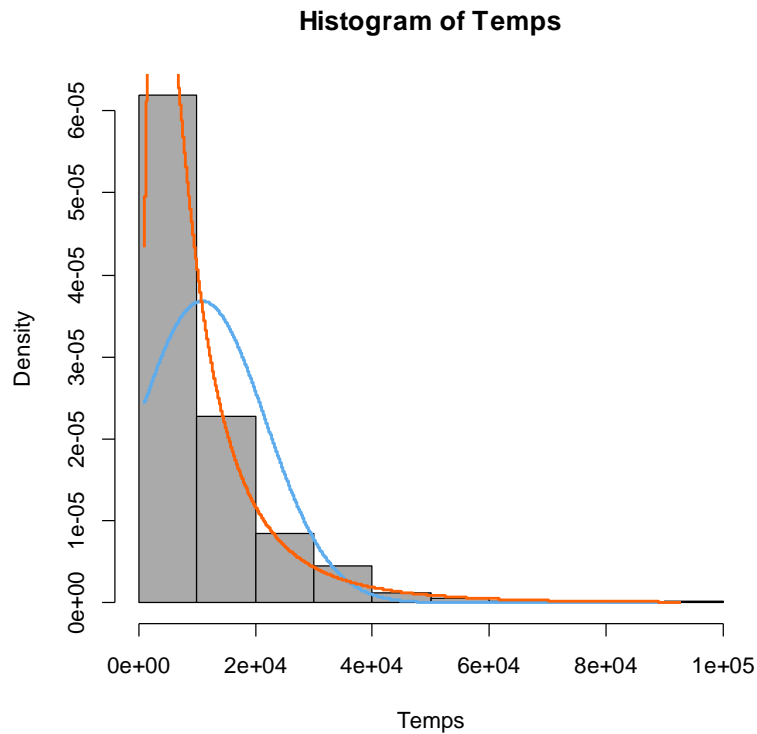


Figure 48 Histogramme du temps en fonction de la densité suivant la loi normale (en bleu) et la loi log-normale (en orange)

Ce résultat met en avant un aspect intéressant. Le temps de perception semble tendre vers un seuil pour les individus. Cette tendance montre en effet que bien qu'ils essayent de faire un temps minimal, nos expérimentateurs se heurtent à une limite. Cette limite de temps peut correspondre à un temps inévitable associé à la boucle « perception-action » lors de la réalisation des tâches. Dans la suite de nos expérimentations, on appliquera le correctif du « log » au temps de perception pour réaliser des tests statistiques.

Temps de réponse en fonction de l'IHM

Les temps de réponse en fonction de l'IHM sont fortement homogènes avec des écart-types assez élevés (IHM1 : moyenne=10,12 sec ; écart-type=8,94 sec ; IHM2 : moyenne=11,61 sec ; écart-type=8,94 sec). Aucune différence statistique n'est donc observable.

Temps de réponse en fonction des caractéristiques des utilisateurs

Lorsque que l'on observe les temps de réponse selon les types de participants (voir Tableau 23 Tableau statistique des temps pour chaque activité), aucune différence également n'apparaît (ANOVA : $F(2,589)=1,64$; $p=0.20$).

Tableau 23 Tableau statistique des temps pour chaque activité

	N	Moyenne	Écart-type
Acteur	194	11,79	11,70
Artisan	200	11,05	11,51
Etudiant	198	9,81	9,11
Total	592	10,88	10,85

Effet de l'âge

Nous avons réalisé une analyse de régression linéaire avec comme variable explicative du temps de réponse (en logarithme), l'âge des participants. La régression est très significative d'un point de vue statistique ($F(1,590)=11,53$; $p<0.002$). Plus les participants sont âgés et plus leurs temps de réaction sont longs.

Temps de réponse en fonction de la question posée

Tableau 24 Tableau statistique des temps pour chaque question

Question	N	Moyenne	Écart-type
1	104	13,52	11,12
2	104	9,86	11,13
3	108	11,76	12,44
4	91	9,56	8,06
5	90	9,89	11,05
6	95	10,30	10,08
Total	592	10,88	10,85

On observe des différences dans les temps de réponse en fonction des questions posées. Globalement, ces temps se distinguent significativement ($F(5, 586)=4,15$; $p<0.002$). Notamment, les questions 2, 4 et 5 présentent des temps de réponse autour de 9,5-10 secondes, tandis que la question 1 exige en moyenne un temps de 13,5 secondes, la question 3, un temps de 11,8 secondes et la question 6, un temps de 10,3 secondes. Nous allons dans la section suivante approfondir l'analyse de ces données à travers une description qualitative des zones de touché des participants sur les interfaces, pour chaque question.

Résultats qualitatifs

Préférence envers les interfaces

Les tableaux 25 et 26 indiquent les choix subjectifs des participants au regard de chaque interface. On observe quelle que soit le type de participant, une répartition assez homogène des choix s'effectue. En moyenne, dans 58% des cas, l'IHM 1 est préférée à l'IHM2 qui comptabilise 42 % des choix. Un test statistique montre que cette différence n'est pas significative ($\chi^2 = 0.14$; ddl = 2 ; $p = 0.93$).

Tableau 25 Tableau des observations des préférences des IHM 1 & 2 suivant les catégories de population et leur genre

		IHM1	IHM2	Total
Catégorie	Artisan	11	9	20
	Acteur	12	8	20
	Etudiant	12	8	20
Global		35	25	60

Tableau 26 Tableau en fréquence des préférences des IHM 1 & 2 suivant les catégories de population et leur genre

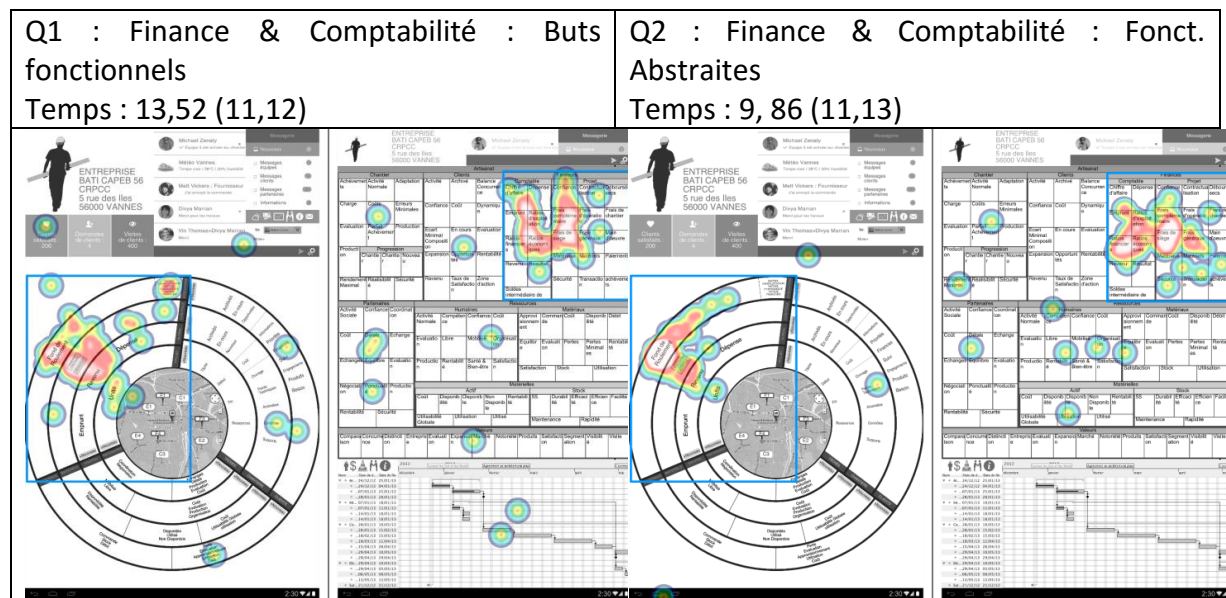
		IHM 1	IHM 2	Total
Catégorie	Artisan	55%	45%	100%
	Acteur	60%	40%	100%
	Etudiant	60%	40%	100%
Global		58%	42%	100%

Pistes explicatives des différences de temps de réponse selon les questions

Pour chercher à comprendre les raisons pour lesquels des différences dans les temps de réponse apparaissent en fonction des questions, nous avons réalisé un comparatif deux à deux des zones de touchés sur chaque interface pour des couples de questions comparables. Rappelons que les zones de chaleur rouges et blanches sont les zones les plus fréquemment touchées pour répondre à chaque question. Les zones bleues sont les moins fréquemment touchées par les participants. La comptabilisation des zones de chaleur a été parfois approximative du fait de la continuité existante entre différentes zones adjacentes. Nous avons considéré que deux zones fortement adjacentes constituaient de fait une seule zone.

Comparaison entre question 1 et question 2 :

Les questions 1 et 2 peuvent être comparées d'un point de vue du domaine de travail, puisqu'elles se réfèrent toutes les deux aux composantes « finance & comptabilité » et font appel aux hauts niveaux de la hiérarchie d'abstraction, soit respectivement les buts fonctionnels et les fonctions abstraites. De plus, on constate une différence assez nette dans les temps de réponse à ces deux questions. Qu'est-ce qui explique cette différence ?



En observant les zones de chaleur pour chaque question, sur chaque interface, selon qu'elles sont situées dans ou à l'extérieur du cadre posé comme correspondant à une zone de réponse correcte, on peut décompter le nombre de zones incorrectes touchées par les participants (voir Tableau 27 Nombres de zones de touchées incorrectes en fonction des questions 1 et 2, des temps de réponses moyens et des IHM utilisées.).

Tableau 27 Nombres de zones de touchées incorrectes en fonction des questions 1 et 2, des temps de réponses moyens et des IHM utilisées.

	IHM 1	IHM 2
Question 1 : T. R. : 13,52 (11,12)	6	8
Question 2 : T.R. : 9,86 (11,13)	2	8

Ces résultats indiquent que le temps de réponse est plus court à la question 2 qu'à la question 1 est associé à un nombre réduit de zones de touchés incorrectes avec l'IHM 1 pour la question 2.

Comparaison entre question 3 et question 4 :

Les questions 3 et 4 sont également comparables entre elles, puisqu'elles font appel toutes les deux aux fonctions généralisées, l'une traitant des chantiers et l'autre des clients, deux composantes proches. Les temps de réponse moyens pour chaque question varient comparativement.

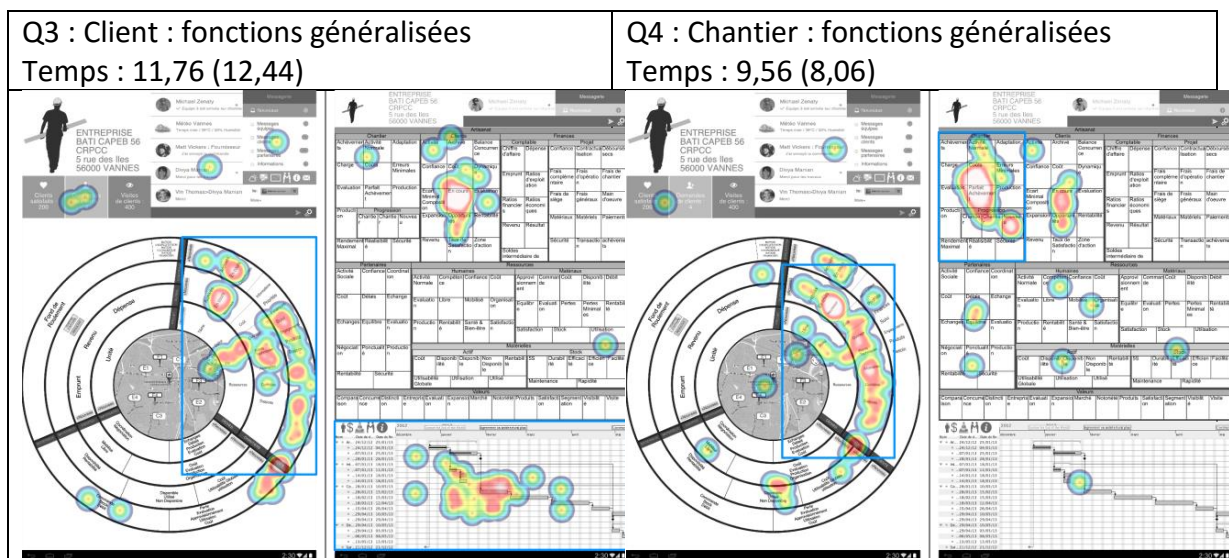


Tableau 28 Nombres de zones de touchées incorrectes en fonction des questions 3 et 4, des temps de réponses moyens et des IHM utilisées.

	IHM 1	IHM 2
Question 3 : T. R. : 11,76 (12,44)	6	9
Question 4 : T.R. : 9,56 (8,06)	6	9

Pour les questions 3 et 4, on n'observe pas de différences entre les deux questions et les deux IHM dans le nombre de zones de touchés incorrectes. La variation dans les temps de réponse n'est donc pas due à un problème d'ambiguïté dans la discrimination des affordances aux regards de ce qui relèverait de fausses affordances. Pour la première question (Q3) traitée avec l'IHM2, on note que les utilisateurs se sont longtemps arrêtés parfois sur la zone

« Clients », alors qu'il s'agissait d'aller dans la partie « tableau » pour répondre à la question. Ils ont été victimes d'une fausse affordance. On retrouve ce même phénomène, toujours pour l'IHM2, en ce qui concerne la question 4. Les utilisateurs s'arrêtent parfois longtemps sur la zone « client » pour chercher une réponse à cette question qui porte sur les chantiers. La proximité conceptuelle entre « client » et « chantier » facilitant l'ambiguïté dans la détection des affordances.

Comparaison entre question 5 et question 6 :

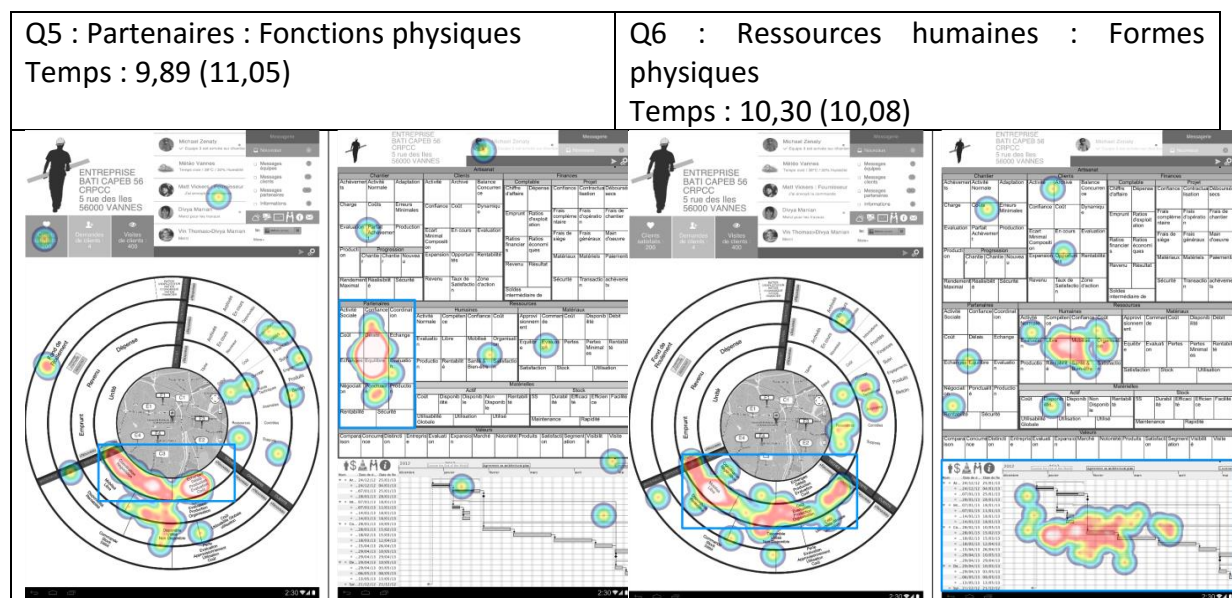


Tableau 29 Nombres de zones de touchées incorrectes en fonction des questions 5 et 6, des temps de réponses moyens et des IHM utilisées.

	IHM 1	IHM 2
Question 3 : T. R. : 9,89 (11,05)	13	7
Question 4 : T.R. : 10,30 (10,08)	9	9

On observe ici que les temps de réponse pour la question 3 sont plus courts que pour la question 4, pour autant le nombre de zones de fausse détection à la question 3 lors de l'utilisation de l'IHM 1 est particulièrement élevé (13). Toutefois, on notera que pour la question 2 portant sur les ressources humaines, les participants sont fortement concentrés sur la zone « ressources humaines », alors qu'il s'agissait d'aller dans la partie « tableau » pour

répondre à la question. Au regard de la question posée, la « partie ressources humaines » de l'IHM2 a constitué une fausse affordance pour les utilisateurs.

De manière synthétique, on note que l'observation qualitative des zones de chaleur permet d'apporter des informations complémentaires sur l'ergonomie des deux interfaces. Si globalement le nombre de zones faussement détectées comme pertinentes pour répondre aux questions ne varie pas d'une interface à l'autre pour des questions comparables (hormis peut-être pour les questions 1 et 2 où l'on observe un nombre de zones incorrectes plus faibles pour l'IHM1), on note que l'IHM2 produit des zones secondaires à forte fréquence de touché sur des affordances sémantiquement proches des zones cibles correctes. Autrement dit, l'IHM2 produit plus de fausses affordances que l'IHM1, ce qui constitue une interférence significative dans l'interaction avec l'utilisateur dans le processus d'accès aux informations du domaine de travail.

7.3 Conclusion

Les résultats quantitatifs obtenus dans cette expérience nous indiquent que globalement les deux interfaces réalisées ne diffèrent pas significativement quant à leurs capacités à permettre une bonne détection des affordances pertinentes. Il doit être souligné que l'on ne trouve pas de différences significatives dans cette tâche de recherche d'information entre les artisans, les acteurs du monde artisanal et des étudiants. Il est toujours difficile de conclure sur une absence de différence statistique, toutefois ces données montrent que les interfaces écologiques maquettées permettent à des artisans habitués à traiter avant tout des objets concrets et techniques, de manipuler aisément un système d'information dont le contenu porte sur le domaine administratif. Rappelons que nous avons mis en évidence la rationalité limitée que les artisans portaient au regard de cette partie de leur domaine de travail. Par effet de miroir, cette absence de différence peut être considérée comme un résultat, comparativement au fait que l'on trouve un effet de l'âge comme explicatif des temps de recherche d'information. Il s'agit d'un résultat fiable lié à la baisse des temps de réaction avec l'âge. Cette différence statistique montre que les temps de réponse utilisés mesurent bien quelque chose dans l'interaction homme-machine.

D'autre part, on peut supposer que l'absence quantitative de différences de performance entre les deux IHM indique que ces deux interfaces sont le résultat d'un processus de conception d'interface écologique fiabilisé, car ayant respecté au plus près les principes de l'EID. En cela, le saut créatif associé à chacune de ces deux interfaces – l'une étant basée sur l'idée du graphe circulaire, l'autre sur l'idée d'un tableau, n'apparaît pas comme ayant significativement produit un écart particulier dans la performance des utilisateurs. Qualitativement, l'absence de préférence marquée pour l'une ou l'autre des interfaces par les participants confirme cette proximité entre les deux interfaces.

Toutefois, l'analyse qualitative des zones de touchés en fonction du type de question posée montre que l'IHM2 souffre de la détection de fausses affordances plus que l'IHM1. On peut penser qu'en présentant les affordances telles qu'elles peuvent apparaître dans une matrice d'analyse du domaine, avec une restructuration de la catégorisation des informations qui soit particulière, le risque de la détection de fausses affordances s'accroît. En effet, d'une certaine manière, dans chaque cellule de la matrice les différentes affordances décrivent en fait une même réalité dont les composantes peuvent être considérées aisément comme identiques. C'est par exemple le cas entre les composantes « chantier » et « client » qui peuvent faire référence à une même réalité fonctionnelle. Ces considérations nous amène à privilégier une interface fournissant une organisation de la présentation des affordances qui soit originale et aidant à la recherche d'informations sur les affordances. A ce titre, l'IHM 1 apparaît comme meilleure que l'IHM2.

DISCUSSION GENERALE : APPORTS, LIMITES ET PERSPECTIVES

Dans cette partie finale de discussion de notre travail, nous allons aborder respectivement ses principaux apports, puis ses limites et enfin, des perspectives que nous souhaiterions donner à ce travail.

Apports de l'étude

Ce travail de thèse par son caractère applicatif poursuivait deux objectifs. Le premier objectif était de l'ordre de la recherche. Il s'agissait de contribuer à la fiabilisation de la démarche de conception d'interface écologique, de la rendre plus robuste en y apportant des briques complémentaires. Le second objectif était d'ordre opérationnel et posait le contexte de la recherche. Il s'agissait de concevoir une maquette d'interface pour tablette qui pose les bases de la spécification d'une aide cognitive à destination des artisans dans le champ de leur activité de gestion administrative. Au regard de ces deux objectifs, nous avons développé une démarche d'ingénierie cognitive pour la conception d'une maquette d'interface. Cette démarche s'est déroulée en cinq grandes étapes que la figure 49 retranscrit. Pour chacune de ces étapes, nous avons tenté d'apporter des concepts, des méthodes, et un outil informatique complémentaires permettant à la fois de renforcer la démarche de conception d'interface écologique et d'aboutir à un projet d'interface qui respecte l'ergonomie de l'interaction homme-machine. Nous allons reprendre ces cinq étapes et décrire les apports de ce travail qui y sont liés.

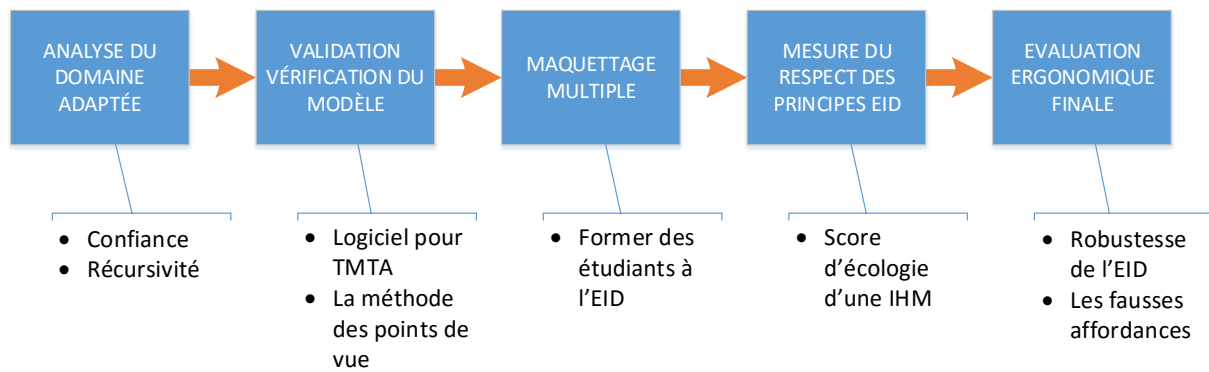


Figure 49 Graphe des phases de la démarche de conception réalisée

La première étape consistait à élaborer une analyse du domaine de travail de la gestion administrative dans l'artisanat du BTP qui soit bien adaptée à la complexité et aux contraintes auxquelles doit faire face un artisan. Rappelons que le contexte de cette thèse est celui indiquant que les artisans dans les PME et TPE subissent majoritairement une rationalité limitée à l'égard de ce champ non-technique de leur travail. Intéressés principalement par la dimension du savoir-faire artisanal de transformation des matériaux en vue de la construction, ils subissent la nécessité de prendre des décisions sur des données langagières abstraites, qui pourtant sont critiques dans le développement et la survie de leur entreprise. Notre rôle a donc été de décrire la complexité du domaine de la gestion administrative artisanale en y intégrant le formalisme de la récursivité et en prenant en considération la dimension éthique de la confiance, comme élément central du travail des artisans. Autrement dit, avant d'aboutir à une offre d'interface ergonomique, facilement compréhensible et facile d'utilisation, il fallait modéliser la complexité du domaine. Ici se situe le postulat de la démarche écologique en ingénierie cognitive. Dans notre cas, cette contrainte de recherche a joué pleinement, puisque nous nous sommes retrouvés devant un modèle du domaine à composantes multiples avec des boucles récursives.

La seconde étape de notre démarche a été de valider et de vérifier le modèle du domaine de travail dans l'optique de rendre robustes les prémisses sur lesquelles devait se construire l'interface écologique en projet. Cette étape a été l'opportunité de se confronter à l'une des méthodes existantes de validation et de vérification d'un modèle du domaine : la méthode TMTA. Son exigence en termes formels nous a conduit à proposer un outil informatique pour

rendre semi-automatique la réalisation de la validation /vérification d'un domaine. De plus, nous avons proposé une nouvelle méthode plus souple, moins exigeante formellement qui permet elle aussi de disposer d'éléments de validation et de vérification : il s'agit de la méthode des points de vue. L'application de cette méthode à trois situations différentes d'élicitation des connaissances d'experts, dont une situation naturelle d'audit financier nous conduit à penser que cette méthode peut trouver son intérêt dans le champ de l'ingénierie cognitive.

La troisième étape nous a amené à expérimenter, d'une manière inédite à notre connaissance, le processus même de conception d'interfaces écologiques. Plusieurs binômes d'étudiants ont été formés à la conception d'interface et on pu produire leur propre interface pour la gestion administrative artisanale. Un comparatif avec des logiciels existants a permis de montrer la qualité de certaines propositions. Cette expérimentation a permis également et surtout de mettre en place une échelle de mesure de l'écologie de toute interface homme-machine, à travers trois scores propres à des indicateurs reflétant les trois principes de conception en EID, ainsi qu'un score global d'écologie d'une interface. Les premiers résultats montrant que l'interface élaborée par l'expert en EID et qui a bénéficié des apports des autres interfaces dispose logiquement du score le plus élevé d'écologie.

Ce nouveau score de mesure de l'écologie d'une interface permet d'aboutir à une nouvelle métrique pour la recherche, mais également concrètement pour notre projet spécifique à l'élaboration de deux maquettes d'interfaces écologiques. L'évaluation de tâches de recherche d'informations sur ces deux interfaces par des artisans, des acteurs du monde artisanal et des étudiants montrent que nous obtenons globalement deux interfaces peu distinctes sur le plan de leurs qualités ergonomiques. Dans les détails, le suivi de la détection de fausses affordances sur les interfaces permet d'indiquer que c'est l'interface bénéficiant d'une structuration originale de l'information qui présente le moins de risques de fausses détections d'affordance. Ici encore, nous obtenons sur le versant de la recherche académique, une méthode nouvelle fondée sur la détection des informations spécifiant les affordances pour évaluer l'interaction avec une interface écologique et sur le versant opérationnel, cette méthode nous permet de sélectionner l'interface finale la mieux adaptée.

Limites

Notre travail ayant été construit fondamentalement sur la base d'un processus dynamique de conception, nous avons dû aborder différents champs conceptuels et méthodologiques pour avancer dans les différentes étapes et aboutir à une proposition d'IHM. Le revers de cette structuration dynamique est que nous n'avons pas toujours pu approfondir autant qu'il aurait été parfois nécessaire certains aspects académiques de l'ingénierie cognitive. En premier lieu, la démarche écologique est une démarche de conception parmi d'autres et un comparatif avec d'autres cadres méthodologiques aurait été très certainement pertinent. De même, les échanges avec les artisans, futurs utilisateurs de ce type de dispositif, auraient pu être plus nombreux. Nous regrettons ainsi n'avoir pas pu réaliser des suivis de l'activité au quotidien des artisans, mais la démarche proposée par l'ingénierie cognitive ne considère pas l'analyse de l'activité réelle comme une priorité.

Par ailleurs, les résultats que nous avons obtenus à chaque étape de notre processus de conception présentent bien évidemment leurs propres limites. Nous aurions pu approfondir l'étude du recours à la fois à la récursivité et à la confiance dans notre modélisation. Toutefois, ces deux notions une fois approfondies auraient pu faire l'objet d'un travail de thèse en soi, ce qui allait à l'encontre de notre objectif opérationnel de proposer une maquette d'interfaces. Par ailleurs, la vérification et la validation de notre modèle du domaine se sont faites sur la version simplifiée du domaine. Potentiellement, l'Analyse Factorielle des Correspondances peut permettre d'élargir le spectre des affordances vérifiées et validées. Pour notre part, il s'agissait surtout de valider l'usage des méthodes en elles-mêmes. Nos scores pour la mesure de l'écologie d'une interface pourraient aussi être enrichis. Notamment, il serait nécessaire de disposer de nouveaux indicateurs pour le principe de correspondance entre la représentation et le domaine représenté sur l'interface. Enfin, si nos interfaces présentent en final de bonnes performances d'usage tant par les artisans que par d'autres utilisateurs, le maquettage ne concerne que les premières étapes de l'interaction avec l'application. Un travail de conception finalisé reste à être réalisé, aussi bien dans la représentation des affordances que dans l'implémentation des interfaces, pour aboutir à une application fonctionnelle. A ce propos, notre travail nous a permis d'aboutir à d'autres idées d'aides cognitives à destination des artisans. Nous allons les présenter comme autant de perspectives.

Perspectives

Les figures 50 à 52 présentent ci-dessous trois exemples d'aides cognitives que nous avons maquettés à partir de notre processus de conception écologique. Ces aides font appel à différents supports afin de permettre une meilleure transparence et un meilleur accès à l'information (Claverie, Lespinet-Najib, & Fouillat, 2009).



Figure 50 Exemple 1 d'interface d'aide cognitive



Figure 51 Exemple 2 d'interface d'aide cognitive

La figure 50 présente un « mètre ruban intelligent » qui disposerait d'une application logicielle permettant la gestion administrative des chantiers. Grâce à ce mètre ruban intelligent, l'artisan pourrait mesurer les angles et distances, archiver ses données de manière numérique suivant le chantier concerné et transférer ces données sur son ordinateur. D'autres fonctions comme le coût des matériaux suivant le mètre carré mesuré pourraient être intégrées. Ce type d'objet intelligent aurait l'avantage de s'intégrer facilement dans le travail de l'artisan et de faire un lien intuitif entre informations d'ordre technique sur un chantier et les contraintes provenant de la gestion administrative d'un chantier.

La figure 51 présente une version sur smartphone d'un logiciel écologique de gestion administrative pour artisan. Les fonctionnalités de cette application sont :

1. La zone 1 montre le nombre de message. En cliquant dessus, on accède à la messagerie
2. La zone 2 est celle du client et du chantier. Les graphiques montrent la progression des chantiers et des clients dans le temps. En cliquant dessus, on ouvre une interface avec les fiches correspondant à ces affordances. A l'intérieur, on peut épingler un client ou un chantier pour évaluer son influence sur les autres composantes.
3. La zone 3 est celle des finances. Les indicateurs sont ici des ratios. En cliquant, dessus, on ouvre les fiches des finances comptables ou des projets.
4. Cette zone (4) est celle des différentes ressources. En cliquant, on ouvre les fiches des différentes ressources.
5. Cette zone (5) est celle de l'image et du marketing.
6. Cette zone (6) montre l'intersection d'un indicateur temporel des activités de l'entreprise et d'un indicateur financier, ici le cash-flow. La tuile mène à un gestionnaire de projet, type diagramme de Gantt, et une carte pour organiser les différentes ressources et les différents projets dans le temps et suivant leur localisation.

Cette application contient donc plusieurs pages au travers desquelles on peut naviguer. On a choisi de s'inspirer des concepts de notre IHM 2 (voir Chapitre 7) et de fonctionner par couche d'abstraction et d'agrégation. Ce concept permet de simplifier l'environnement surchargé. On diminue par-là la charge de travail lors des premières perceptions.

Toutefois, cette interface n'est pas totalement écologique car tous les éléments de l'environnement ne sont pas accessibles à travers une perception directe.

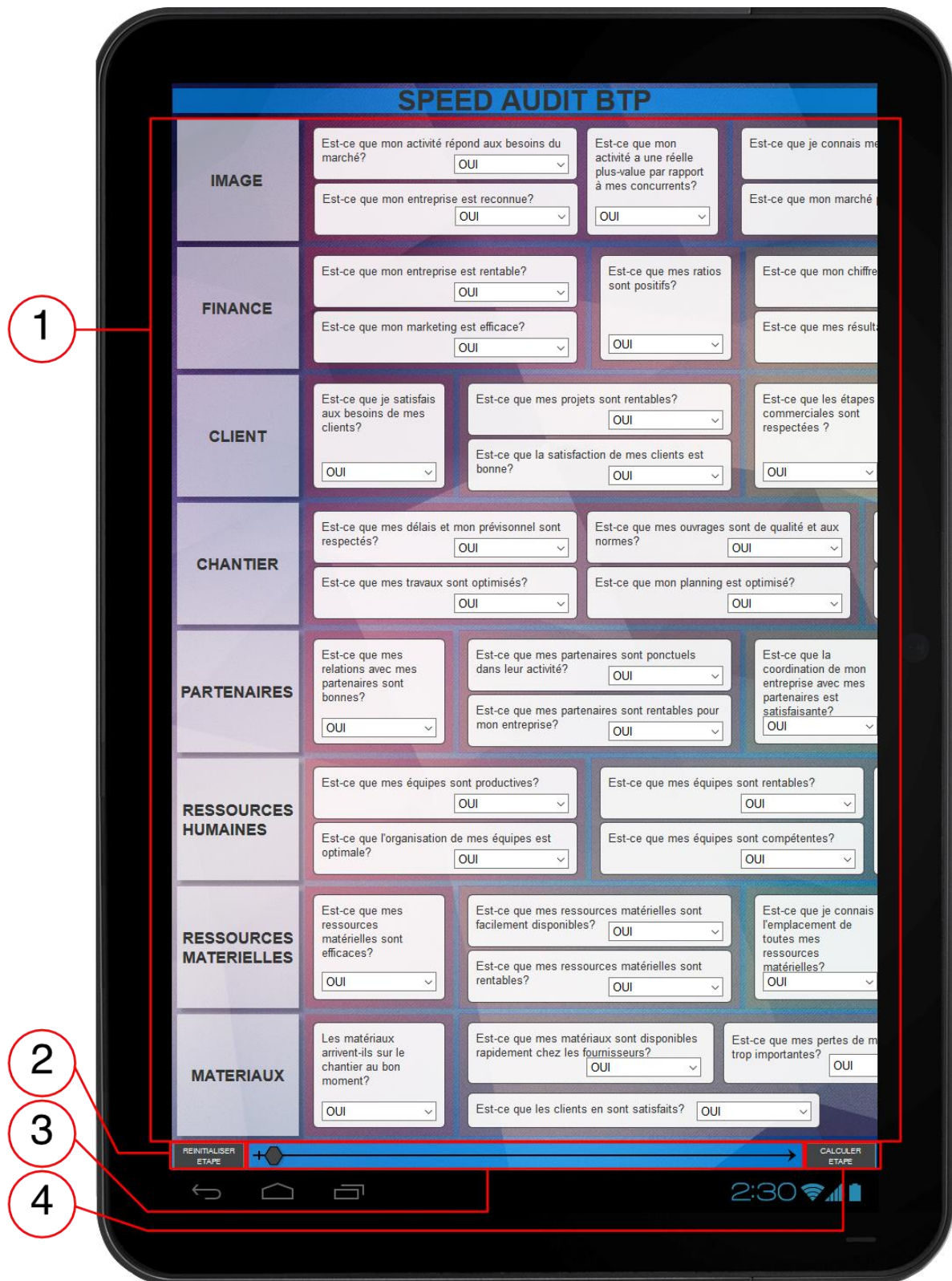


Figure 52 Exemple 2 d'interface d'aide cognitive

Enfin, la troisième interface (Figure 59) est une interface d'aide à l'audit élaborée à partir d'une analyse des verbalisations collectées durant les observations menées sur l'audit

financier et qui s'inspire également de la méthode TMTA pour décrire écologiquement une tâche.

Ainsi, un utilisateur pourra naviguer entre les niveaux d'abstraction en donnant les réponses aux questions qui lui sont posées. En fonction de ses réponses, des solutions d'intervention lui sont proposées. Cette interface a été construite à partir d'un tableau de questionnements relevant de l'audit (voir Tableau 30 Extrait du tableau de questionnement issu de la TMTA). Ce tableau préfigure l'architecture de notre interface. Par exemple, sur la composante des finances, les premières questions concernent la rentabilité générale de l'entreprise et les dernières plus précises concernent les comptes de celle-ci.

Tableau 30 Extrait du tableau de questionnement issu de la TMTA

Finances	
Buts	Est-ce que mon entreprise est rentable ? / Est-ce que mon marketing est efficace ?
Fonctions Abstraites	Est-ce que mes ratios sont positifs ?
Processus	Est-ce que mon chiffre d'affaire est croissant ? / Est-ce que mes résultats sont croissants ?
Fonctions Physiques	Est-ce que mon entreprise dégagne des revenus ? / Est-ce que mes dépenses sont limitées ? / Est-ce que mes emprunts sont acceptables ?
Formes Physiques	Est-ce que mon solde de compte est positif ?

On remarque que dans le tableau, les questions font référence à une action et une affordance. Par exemple, la question : « Est-ce que mon chiffre d'affaire est croissant ? » porte sur l'affordance concernant le chiffre d'affaire et sur l'action de contrôle de celui-ci. L'artisan, pour résoudre une problématique liée à la stratégie administrative de son entreprise, va devoir évaluer des contraintes de son environnement. Ces contraintes lui sont présentées successivement par niveau d'abstraction. Ainsi, cela lui permet de réfléchir sur les axes stratégiques à développer et connaître les leviers pour agir dessus.

Les fonctions de cette interface sont :

1. Le premier cadre (1) présente les questions suivant chaque composante du domaine de la gestion administrative de l'artisanat du bâtiment. On peut passer aux questions

suivantes en soumettant les réponses (bouton 4). Cette soumission entraîne un choix dans les questions suivantes ;

2. Le bouton de soumission (4) permet de soumettre les questions. Il y a cinq niveaux de questions correspondant aux cinq niveaux d'abstraction. Ceux-ci permettent à l'utilisateur de percevoir les stratégies que l'artisan doit adopter ;
3. Le bouton de réinitialisation (2) permet de revenir en arrière si on a résolu des problématiques ;
4. Le curseur (3) permet de se déplacer pour visualiser les questions.

En final, ces trois propositions en formes de perspectives montrent que l'approche écologique en ingénierie cognitive permet d'ouvrir le processus de conception vers un ensemble d'applications possibles auxquels le concepteur n'avait pas forcément pensé en début de processus.

CONCLUSION GENERALE

Le monde de l'artisanat est apparu très tôt dans les préoccupations de l'ergonomie naissante. En 1701, le médecin italien Ramazzini rédigeait déjà un traité sur les maladies des artisans qui sera traduit en Français par Fourcroy en 1777. Aujourd'hui, si l'artisanat du bâtiment constitue une préoccupation importante dans le champ de l'ergonomie physique, préoccupation que l'on peut observer à travers les brochures et recommandations proposées par l'INRS par exemple, la question de l'ergonomie des systèmes d'information utilisés par les artisans n'a quasiment pas été abordée jusqu'ici. Pourtant, comme nous avons pu le voir, le traitement d'informations d'ordre administratif par les artisans constitue un facteur critique dans la viabilité des entreprises du bâtiment. Autrement dit, si l'artisan se confronte aux quotidiens à de fortes contraintes physiques sur ses postes de travail, il doit également faire face à des contraintes d'ordre cognitif dans la gestion de son entreprise pour lesquelles il a été très peu formé.

Sur un plan méthodologique, cette situation des artisans au regard des activités cognitives associées aux tâches administratives ne facilite pas le travail de l'ergonome dans son ambition d'explicitier les besoins que présentent les artisans en termes de contenus informationnels à leur communiquer. A titre d'illustration, au quotidien, les conseillers CAPEB font l'expérience de cette difficulté d'explicitation lors de l'intervention auprès des artisans.

Pour faire face à cette difficulté méthodologique, nous avons déployé une approche relevant de l'ingénierie cognitive. Plutôt que de partir d'une analyse de l'activité et d'entretiens dirigés vers l'explicitation des besoins en informations pour concevoir un système d'aide à la gestion administrative, nous avons décrit à travers une ontologie fonctionnelle l'environnement administratif auquel doit faire face une entreprise artisanale. Cet environnement est envisagé à travers une perspective écologique, c'est-à-dire comme composé d'affordances de différents niveaux d'abstraction. Ces affordances seraient autant d'opportunités ou de contraintes que l'artisan doit prendre en considération pour administrer son entreprise.

En décrivant cet environnement, l'ingénierie cognitive permet de décrire les informations susceptibles d'intéresser l'artisan, comme autant de moyens sur lesquels il va pouvoir réaliser des calculs, des devis, ou comme autant de finalités à atteindre (chiffre d'affaires, équilibres

financiers,...). Si toutes ces affordances sont le plus souvent des données abstraites, la démarche de conception d'interfaces écologiques vise à les concrétiser au maximum à travers l'usage de la manipulation directe et une mise en forme à travers des représentations graphiques permettant d'identifier concrètement ces affordances. Ainsi, l'ingénierie cognitive permet de transformer les abstractions auxquelles se confronte l'artisan en des entités concrètes. Ce processus est évidemment facilité par les technologies du numérique actuelles qui « matérialisent » les concepts en objets graphiques et tactiles, « transportables » sur une tablette ou un smartphone.

Cette démarche centrée sur l'environnement ne doit pas pour autant cacher le fait que les entretiens avec les artisans, les observations en situation réelle que nous avons réalisés sont nécessaires pour appréhender l'environnement de l'artisan. Toutefois, ces méthodes de recueil de l'information deviennent dans le cadre de l'ingénierie cognitive des techniques dirigées par l'élaboration de modèles décrivant le domaine de travail et la réalisation de tâches. Ces modèles une fois implémentés dans la réalisation d'une maquette d'interface peuvent être testés à travers l'expérimentation auprès d'utilisateurs potentiels, ce qui au final ramène l'ergonome une nouvelle fois vers les utilisateurs potentiels. Ce cycle de conception est celui que nous avons mené tout au long de ce travail de thèse, en l'éclairant dès que cela était possible par des apports méthodologiques et conceptuels qui ont pour vocation d'enrichir la démarche originale que propose l'ingénierie cognitive.

BIBLIOGRAPHIE

- Achonou, J., & Jamieson, G. A. (2003). Work domain analysis of a financial system: An abstraction hierarchy for portfolio management. *Proc. of the 22nd European Annual Conference on Human Decision Making and Control*, (1997), 103- 109.
- Agence Qualité Construction (France). (2002). Les étapes incontournables - Les outils indispensables.
- Agence Qualité Construction (France). (2005). *20 [vingt] outils pour organiser votre vie dans l'entreprise: artisans, chefs d'entreprise, conjoints, compagnons du bâtiment*.
- Altares. (2013). *BILAN 2013 défaillances et sauvegardes d'entreprises en France*.
- Anderson, J. R. (1988). The expert module. *Foundations of intelligent tutoring systems*.
- Anderson, J. R. (1996). ACT: A simple theory of complex cognition. *American Psychologist*.
- Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). An integrated theory of the mind. *Psychological review*, 111(4), 1036- 60.
- Ashby, W. (1952). Design for a brain.
- Ashby, W. (1955). An introduction to cybernetics.
- Axelrod, R., & Hamilton, W. (1981). The evolution of cooperation. *Science*.
- Baber, C., & Stanton, N. a. (1996). Human error identification techniques applied to public technology: predictions compared with observed use. *Applied Ergonomics*, 27(2), 119- 131.
- Barber, B. (1983). *The Logic and Limit of Trust*.
- Beatty, P., Reay, I., Dick, S., & Miller, J. (2011). Consumer trust in e-commerce web sites. *ACM Computing Surveys*, 43(3), 1- 46.
- Beer, S. (1981). Brain of the Firm. 2^a de, Chichester Wiley, London.
- Beer, S. (1984). The viable system model: its provenance, development, methodology and pathology. *Journal of the operational research society*, 35(1), 7- 25.
- Beer, S. (1994). Decision and Control: The Meaning of Operational. The Meaning of Operational Research and Management Cybernetics.
- Beevis, D., Vicente, K. J., & Dinadis, N. (1998). An Exploratory Application of Ecological Interface Design to Aircraft Systems. *Proc. RTO HFM Symp. Collaborative Perform. Complex Oper. Syst.*, 2- 1.
- Bennett, K. B., & Flach, J. M. (2011). *Display and interface design: Subtle science, exact art*.
- Bennett, K. B., & Flach, J. M. (2012). Visual momentum redux. *International Journal of Human Computer Studies*, 70(6), 399- 414.
- Bennett, K. B., & Flach, J. M. (2013). Configural and pictorial displays. In *The Oxford Handbook of Cognitive Engineering* (p. 517- 533).
- Bennett, K. B., Nagy, A. L., & Flach, J. M. (1997). Visual displays. *Handbook of human factors and ergonomics*, 659- 696.
- Billet, H. (2006). Modélisation de la Planification Pluriannuelle d'Investissement au moyen d'une Hiérarchie d'Abstraction en vue de concevoir une Interface Ecologique, 1- 10.
- Billet, H., & Morineau, T. (2005). Application du cadre des interfaces écologiques au domaine de la

- stratégie financière. *MajecSTIC 2005: Manifestation des Jeunes Chercheurs francophones dans les domaines des STIC*, 308- 315.
- Boutillier, S., David, M., & Fournier, C. (2009). *Traité de l'artisanat et de la petite entreprise*.
- Brézillon, P. (2007). Context modeling: Task model and practice model. In *Modeling and Using Context* (p. 122- 135). Springer.
- Buechner, J. (2013). Trust and Ecological Rationality in a Computing Context. *SIGCAS Comput.Soc.*, 43(1), 47- 68.
- Burns, C. M., Bisantz, A. M., & Roth, E. M. (2004). Lessons from a comparison of work domain models: Representational choices and their implications. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 46(4), 711–727.
- Burns, C. M., Bryant, D. J., & Chalmers, B. A. (2001). Scenario mapping with work domain analysis. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 45, p. 424- 428). SAGE Publications.
- Burns, C. M., & Hajdukiewicz, J. R. (2013). *Ecological interface design*.
- Burns, C. M., & Vicente, K. J. (1995). Physical and functional displays in process supervision and control (CEL 95-11). *Toronto, Canada: Cognitive Engineering Laboratory, University of Toronto for ABB Corporate Research, Heidelberg*, 7.
- CAPEB 71. (s. d.). Consulté à l'adresse <http://www.capeb71.fr/lappli-capeb-71/>
- Chen, Y., & Liang, M. (2000). Design and implementation of a collaborative engineering information system for allied concurrent engineering. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 13(1), 11- 30.
- Chen, Z., & Pooley, R. (2009). Rediscovering Zachman Framework Using Ontology from a Requirement Engineering Perspective. *2009 33rd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference*, 3- 8.
- Claverie, B., Lespinet-Najib, V., & Fouillat, P. (2009). Pervasion, transparence et cognition augmentée. *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, 10.
- Corbitt, B., Thanasankit, T., & Yi, H. (2003). Trust and e-commerce: a study of consumer perceptions. *Electronic commerce research and applications*, 2, 203- 215.
- Cusant, D., & Widloecher, Y. (2013). *Manuel de l'étude de prix: Entreprises du BTP*.
- Czerlinski, J., Gigerenzer, G., & Goldstein, D. (1999). How Good Are Simple Heuristics.
- Dainoff, M. J., Dainoff, C. a., & McFeeters, L. (2004). On the Application of Cognitive Work Analysis to the Development of a Commercial Investment Software Tool. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 48(3), 595- 599.
- Deltour, F., Farajallah, M., & Lethiais, V. (2000). L'adoption des ERP par les PME: l'influence des priorités stratégiques de l'entreprise. *jma2013.fr*, 33(0), 1- 21.
- Détienne, F. (2006). Collaborative Design - Managing Task Interdependencies and Multiple Perspectives. *Interacting with Computers*, 18(1), 1- 20.
- Détienne, F., Baker, M., & Burkhardt, J.-M. (2012). Perspectives on quality of collaboration in design. *CoDesign*, 8(4), 197- 199.
- Dubrulle, L., & Jourdain, D. (2013). *Comptabilité analytique de gestion-6ème édition*.
- Dufour, D. (2007). Incertitude, rationalité et confiance dans les choix d'investissement: une analyse de

- la relation entre marchés financiers et capital-risque Eric Nasica (GREDEG-. *gredeg.cnrs.fr*, 120, 103- 124.
- Elmqvist, N., & Fekete, J. (2010). Hierarchical aggregation for information visualization: Overview, techniques, and design guidelines. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions*, 16(3), 439- 54.
- Engeström, Y. (1987). Learning by Expanding. *Helsinki: Orienta-Konsultit Oy*, 368.
- Espinosa, a., Harnden, R., & Walker, J. (2008). A complexity approach to sustainability – Stafford Beer revisited. *European Journal of Operational Research*, 187(2), 636- 651.
- Falcone, R., & Castelfranchi, C. (2001). Social trust: A cognitive approach. *Trust and deception in virtual societies*.
- Fatolahi, A., Edward, K., Box, P. O., & Somé, S. S. (2007). Enterprise Architecture Using the Zachman Framework : A Model Driven Approach, 65- 70.
- Flach, J. M., Tanabe, F., Monta, K., Rasmussen, J., & Vicente, K. J. (1998). An ecological approach to interface design. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 42, p. 295- 299). SAGE Publications.
- Flood, M. D., Lemieux, V. L., & Varga, M. (2014). The Application of Visual Analytics to Financial Stability Monitoring The Application of Visual Analytics to Financial Stability Monitoring.
- Flood, R., & Carson, E. (1993). Dealing with Complexity: An Introduction to the Theory and Application of Systems Science.
- Gasser, R., Fischer, K., & Toni, W. (2011). Behavioral Operations in Planning and Scheduling.
- gaurilla. (s. d.). Consulté à l'adresse gaurilla.com
- Gaver, W. (1991). Technology affordances. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems* (p. 79- 84). ACM.
- Gibson, J. J. (1979). The ecological approach to visual perception.
- Gigerenzer, G., & Gaissmaier, W. (2011). Heuristic decision making. *Annual review of psychology*, 62, 451- 82.
- Gigerenzer, G., & Todd, P. M. (1999). Simple heuristics that make us smart, 1- 28.
- Goldstein, D. G., & Gigerenzer, G. (2002). Models of ecological rationality: The recognition heuristic. *Psychological Review*, 109(1), 75- 90.
- Gordijn, J., & Akkermans, H. (2001). Designing and evaluating e-business models. *IEEE intelligent Systems*.
- Granovetter, M. (1992). Problems of explanation in economic sociology. *Networks and organizations: Structure, form, and action*, 25, 56.
- Hajdukiewicz, J. R., Burns, C. M., Vicente, K. J., & Eggleston, R. G. (1999). Work Domain Analysis for Intentional Systems. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 43, 333- 337.
- Hardin, R. (2004). Trust and trustworthiness.
- Hayek, F. A. (2014). *The Road to Serfdom: Text and Documents: The Definitive Edition*. Routledge.
- heatmap.py: create heatmaps in python. (2013). Consulté à l'adresse <http://jguy.com/heatmap/>
- Hertwig, R., & Herzog, S. M. (2009). Fast and Frugal Heuristics: Tools of Social Rationality. *Social*

Cognition.

- hiveage. (s. d.). Consulté à l'adresse <http://www.hiveage.com/>
- Hoc, J.-M., & Darses, F. (2004). Psychologie ergonomique : tendances actuelles. *Le travail humain*.
- Huiban, É., & Souquet, A. (2012). L'intégration des technologies de l'information et de la communication dans l'artisanat breton.
- Husser, J., Gautier, L., André, J. M., & Lespinet-Najib, V. (2014). Linking Purchasing to Ethical Decision-Making: An Empirical Investigation. *Journal of Business Ethics*, 123(2), 327- 338.
- Hutchins, E., Hollan, J., & Norman, D. A. (1985). Direct Manipulation Interfaces. *Human-Computer Interaction*, 1(4), 311- 338.
- Insee. (2013). Artisanat, 152- 153.
- invoice2go. (s. d.). Consulté à l'adresse <http://www.invoice2go.fr/>
- Jamieson, G. A. (2003). Bridging the gap between cognitive work analysis and ecological interface design. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 47, p. 273- 277). SAGE Publications.
- Jamieson, G. A., Miller, C. A., Ho, W. H., & Vicente, K. J. (2007). Integrating task-and work domain-based work analyses in ecological interface design: A process control case study. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, IEEE Transactions*, 37(6), 887- 905.
- Jamieson, G. A., & Vicente, K. J. (2001). Ecological interface design for petrochemical applications: supporting operator adaptation, continuous learning, and distributed, collaborative work. *Computers & Chemical Engineering*, 25(7-8), 1055- 1074.
- Jansson, A., Olsson, E., & Erlandsson, M. (2005). Bridging the gap between analysis and design: improving existing driver interfaces with tools from the framework of cognitive work analysis. *Cognition, Technology & Work*, 8(1), 41- 49.
- Jenkins, D., Stanton, N. A., Walker, G., Salmon, P., & Young, M. (2006). Creating interoperability between the Hierarchical Task Analysis and the Cognitive Work Analysis Tools, (March).
- John, B. E., & Suzuki, S. (2009). Toward cognitive modeling for predicting usability. *Human-Computer Interaction. New Trends*.
- Kahneman, D. (2003a). A perspective on judgment and choice: mapping bounded rationality. *The American psychologist*, 58(9), 697- 720.
- Kahneman, D. (2003b). Maps of bounded rationality: Psychology for behavioral economics. *American economic review*, 93(5), 1449- 1475.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, fast and slow*. Macmillan.
- Karl, M. (1872). Le capital.
- Kirzner, I. M. (1978). *Competition and entrepreneurship*. University of Chicago press.
- Knight, F. H. (2012). *Risk, uncertainty and profit*. Courier Corporation.
- Lahno, B. (1995). Trust and strategic rationality. *Rationality and society*.
- Larçon, J., & Reitter, R. (1979). Structures de pouvoir et identité de l'entreprise.
- Laurent, E. (2012). *Économie de la confiance*.
- Laville, F. (2000). La cognition située: une nouvelle approche de la rationalité limitée. *Revue*

- économique*, 51(2), 1301- 1331.
- Lee, J. D., & Moray, N. (1992). Trust, control strategies and allocation of function in human-machine systems. *Ergonomics*.
- Lee, J. D., & Moray, N. (1994). Trust, self-confidence, and operators' adaptation to automation. *International Journal of Human-Computer Studies*.
- Levi, M. (1998). A state of trust. *Trust and governance*.
- Li, Y., Burns, C. M., & Hu, R. (2015). Understanding Automated Financial Trading Using Work Domain Analysis, (October).
- Lintern, G. (2003). Dissensions in Work Domain Analysis Dissent - a form of creative self expression Thank.
- Liu, Q., Nakata, K., & Furuta, K. (2002). Display Design of Process Systems Based on Functional Modelling. *Cognition, Technology & Work*, 4(1), 48- 63.
- Loria, J. L., & Jacques, F. (s. d.). A Generic Computer Support for Concurrent Design.
- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior research methods*, 44(2), 314- 324.
- Meineri, S., & Morineau, T. (2014). How the psychological theory of action identification can offer new advances for research in cognitive engineering. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 00(00), 1- 13.
- Meissonier, R. (s. d.). Environnement organisationnel des ERP: Gestion du changement.
- Miller, A. (2004a). A work domain analysis framework for modelling intensive care unit patients. *Cognition, Technology & Work*, 6(4), 207- 222.
- Miller, A. (2004b). Developing an integrated information representation for medical intensive care unit patients: Generalising work domain analysis, (June).
- Miller, A., & Sanderson, P. M. (2000). Modeling « deranged » physiological systems for ICU information system design. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 44, p. 245- 248). SAGE Publications.
- Miller, A., & Sanderson, P. M. (2003). An alternative ADS for the analysis, design and evaluation of information representations in the ICU. *Proceedings of EAM 2003, the 22nd European Conference on Human Decision Making and Manual Control*, 95- 101.
- Miller, C. A., & Vicente, K. J. (1998a). *Abstraction decomposition space analysis for NOVA's E1 acetylene hydrogenation reactor*. *Cogn. Eng. Lab.: Univ. Toronto, Toronto, ON, Canada, CEL-98-09* (Vol. 1).
- Miller, C. A., & Vicente, K. J. (1998b). *Comparative analysis of display requirements generated via task-based and work domain-based analyses: A test case using DURESS II*. Technical Report CEL-98-08. Cognitive Engineering Laboratory, University of Toronto.
- Miller, C. A., & Vicente, K. J. (2001). Comparison of display requirements generated via hierarchical task and abstraction-decomposition space analysis techniques. *International Journal of Cognitive Ergonomics*, 5(3), 335- 355.
- Moïse, A. (2006). Analyse des logiciels d'application spécialisée pour le courtage en épargne collective. *Proceedings of the 18th international conference on Association Francophone d'Interaction Homme-Machine - IHM '06*, (1), 141- 144.
- monbati. (s. d.). Consulté à l'adresse appli.monbati.com

- Moray, N., Inagaki, T., & Itoh, M. (2000). Adaptive automation, trust, and self-confidence in fault management of time-critical tasks. *Journal of experimental psychology. Applied*, 6(1), 44- 58.
- Morineau, T. (2010). La méthode TMTA d'analyse écologique de la tâche et son application à une tâche pratique. *Le travail humain*, 97- 122.
- Morineau, T., & Billet, H. (2007). L'analyse du domaine de travail et les cartes cognitives pour évaluer une IHM-Application à un Logiciel de Finances. *Revue d'Interaction Homme-Machine*, 8(2), 99- 116.
- Morineau, T., Frénod, E., Blanche, C., & Tobin, L. (2009). Turing machine as an ecological model for task analysis. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 10(6), 511- 529.
- Morineau, T., Morandi, X., Le Moëllic, N., Diabira, S., Riffaud, L., Haegelen, C., ... Jannin, P. (2009). Decision making during preoperative surgical planning. *Human factors*, 51(1), 67- 77.
- Morineau, T., & Parenthoën, M. (2003). Une présentation de l'approche écologique en psychologie ergonomique. *Psychologie française*, 77- 88.
- Mucchielli, A. (1986). *L'identité*.
- Muir, B. M. (1987). Trust between humans and machines, and the design of decision aids. *International Journal of Man-Machine Studies*, 27(5-6), 527- 539.
- Muir, B. M. (1989). *Operators' Trust in and Percentage of Time Spent Using the Automatic Controllers in a Supervisory Control Task*.
- Muller, T., Heuvelink, A., & Both, F. (2008). Implementing a cognitive model in soar and act-r: A comparison. In *Proceedings of Sixth International Workshop: From Agent Theory to Agent Implementation*.
- Naikar, N. (2011). *Cognitive Work Analysis: Foundations, Extensions, and Challenges*, (1986).
- Naikar, N., Hopcroft, R., & Moylan, A. (2005). Work domain analysis: Theoretical concepts and methodology.
- Naikar, N., & Sanderson, P. M. (2001). Evaluating design proposals for complex systems with work domain analysis. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 43(4), 529- 542.
- Newell, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University.
- Newell, A., Shaw, J. C., & Simon, H. A. (1959). Report on a general problem-solving program. *IFIP Congress*, 224(5222), 256- 264.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1961). Computer simulation of human thinking. *Science (New York, N.Y.)*.
- Nielsen, B. (2004). The role of trust in collaborative relationships: A multi-dimensional approach. *M@n@gement*, 7.
- Norman, D. A. (2002). *The design of everyday things*. Basic books.
- Osada, T. (1991). The 5s's: Five keys to a total quality environment.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2004). An ontology for e-business models. *Value creation from e-business models*, 1- 26.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*.
- Ostrom, E. (2012). Par-delà les marchés et les États. *Revue de l'OFCE*, (1), 13- 72.

- Panko, R. R. (1998). What we know about spreadsheet errors. *Journal of Organizational and End User Computing, 10*(2), 15- 21.
- Panko, R. R., & Halverson, R. P. (1996). Spreadsheets on trial: a survey of research on spreadsheet risks. *Proceedings of HICSS-29: 29th Hawaii International Conference on System Sciences*, 326- 335 vol.2.
- Peebles, D., & Banks, A. (2010). Modelling Dynamic Decision Making with the ACT-R Cognitive Architecture. *Journal of Artificial General Intelligence, 2*(2), 52- 68.
- Pencil Project. (s. d.). Consulté à l'adresse <http://pencil.evolus.vn/>
- Picard, C. (2006). La représentation identitaire de la TPE artisanale. *Revue internationale P.M.E.: Économie et gestion de la petite et moyenne entreprise, 19*(3-4), 13.
- Pigneur, Y. (2003). An ontology for m-business models. *Conceptual Modeling—ER 2002*, 3- 6.
- Pirolli, P., & Fu, W. (2003). SNIF-ACT: A model of information foraging on the World Wide Web. *User Modeling 2003*.
- Pirolli, P., Fu, W.-T., Reeder, R., & Card, S. K. (2002). A user-tracing architecture for modeling interaction with the world wide web. *Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '02*, 75.
- Poitrenaud, S. (1995). The Procope Semantic Network: an alternative to action grammars. *International Journal of Human-Computer Studies, 42*(1), 31- 69.
- Polyani, K. (1944). The great transformation. *New York: Rinehart*.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on, (3)*, 257- 266.
- Rasmussen, J. (1986). Information Processing and Human-Machine Interaction. An Approach to Cognitive Engineering.
- Rasmussen, J. (1992). A taxonomy for analysis of cognitive work. *Human Factors and Power Plants*.
- Rasmussen, J. (1997a). Merging paradigms- Decision making, management, and cognitive control. *Decision making under stress- Emerging themes and applications(A 99-12526 01-53)*, Aldershot, United Kingdom, Ashgate, 1997, 67- 81.
- Rasmussen, J. (1997b). Risk management in a dynamic society: a modelling problem. *Safety science*.
- Rasmussen, J., & Goodstein, L. P. (1985). RISØ-M-2525 DECISION SUPPORT IN SUPERVISORY CONTROL. *Risø National Laboratory*.
- Rasmussen, J., & Vicente, K. J. (1989). Coping with human errors through system design: implications for ecological interface design. *International Journal of Man-Machine Studies, 31*(5), 517- 534.
- Rayner, S. (2010). Trust and the transformation of energy systems. *Energy Policy*.
- Read, G. J. M., Salmon, P. M., & Lenne, M. G. (2012). From work analysis to work design: A review of cognitive work analysis design applications. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 56*(1), 368- 372.
- Rechard, J., Bignon, A., Berruet, P., & Morineau, T. (2015). Verification and validation of a Work Domain Analysis with turing machine task analysis. *Applied Ergonomics, 47*, 265- 273.
- Rechard, J., Morineau, T., Léger, F., Bignon, A., Kesraouib, D., Bouillond, J.-F., ... Sud, B. (2015). Experimental verification of ecological interface prototype issued by an automated generation

tool (Vol. 00).

- Reddy, S. K. (1990). The Viable System Model: Interpretations and Applications of Stafford Beer's VSM. *Journal of the Operational Research Society*, 41(9), 893- 894.
- Reising, D., & Sanderson, P. M. (2002). Work domain analysis and sensors II: Pasteurizer II case study. *International Journal of Human-Computer Studies*, 56(6), 597- 637.
- Reitter, D., & Lebiere, C. (2010). Accountable Modeling in ACT-UP, a Scalable, Rapid-Prototyping ACT-R Implementation. In *Proceedings of the 10th International Conference on Cognitive Modeling (ICCM)* (p. 199- 204). Philadelphia, PA.
- Rempel, J. K., Holmes, J. G., & Zanna, M. P. (1985). Trust in close relationships. *Journal of Personality and Social Psychology*, 49(1), 95- 112.
- Rompf, S. A. (2015). *Trust and rationality: An integrative framework for trust research. Trust and rationality: An integrative framework for trust research.*
- Rykiel, E. J. (1996). Testing ecological models: the meaning of validation. *Ecological modelling*, 90(3), 229–244.
- Ryu, H., & Monk, A. (2004). An interaction model: from a user model to an environment model. In *ozchi Conference*.
- sage btp-batiment. (s. d.). Consulté à l'adresse <http://www.sage.fr/fr/btp-batiment>
- Sanderson, P. M., & Naikar, N. (1999). Use of cognitive work analysis across the system life cycle: From requirements to decommissioning. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 43, p. 318- 322). SAGE Publications.
- Scapin, D. L., & Bastien, J. M. C. (1997). Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour & Information Technology*, 16(4-5), 220- 231.
- Schwint, D. (2002). Savoir artisan de fabrication et détournement du temps. *Sociétés*, 76(2), 33.
- Shneiderman, B. (1992). Tree visualization with tree-maps: 2-d space-filling approach. *ACM Transactions on graphics (TOG)*, 1- 10.
- Shneiderman, B. (1994). Dynamic queries for visual information seeking. *IEEE Software*, 11(6), 70- 77.
- Shneiderman, B. (1998). Treemaps for space-constrained visualization of hierarchies. *ACM Transactions on Graphics (TOG) Volume*, 11, 92–99.
- Shneiderman, B. (2000). Designing trust into online experiences. *Communications of the ACM*, 43(12), 57- 59.
- Simon, H. A. (1955). A behavioral model of rational choice. *The quarterly journal of economics*, 69(1), 99- 118.
- Simon, H. A. (1956). Rational choice and the structure of the environment. *Psychological review*, 63(2), 129- 138.
- Simon, H. A. (1976). *Administrative behavior*.
- Simon, H. A., Greffe, X., & Dauzat, P. (1983). Administration et processus de décision.
- Simon, H. A., & Newell, A. (1959). *What have computers to do with management?*
- Sowa, J., & Zachman, J. (1992). Extending and formalizing the framework for information systems architecture. *IBM systems journal*, 31(3).
- Stanton, N. A., & McIlroy, R. C. (2010). Designing mission communication planning: the role of rich

pictures and cognitive work analysis.

- Sundström, G., & Hollnagel, E. (2011). *Governance and control of financial systems: A resilience engineering perspective*. Ashgate Publishing, Ltd.
- tab2bord. (s. d.). Consulté à l'adresse <http://tab2bord.ctai.fr>
- Thomas, J., & Kellogg, W. (1989). Minimizing ecological gaps in interface design. *Software, IEEE*, 78- 86.
- Todd, P. M., Fiddick, L., & Krauss, S. (2000). Ecological rationality and its contents. *Thinking & Reasoning*, 6(4), 375- 384.
- Todd, P. M., & Gigerenzer, G. (2007). Environments That Make Us Smart Ecological Rationality. *Current Directions in Psychological Science*, 16(3), 167- 171.
- Trevino, L. (1986). Ethical decision making in organizations: A person-situation interactionist model. *Academy of management Review*, 11(3), 601- 617.
- Tufte, E. R., & Graves-Morris, P. R. (1983). *The visual display of quantitative information* (Vol. 2). Graphics press Cheshire, CT.
- Turing, A. M. (1936). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London mathematical society*, 38(1931), 173- 198.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *science*, 185(4157), 1124- 31.
- Ulrich, K., Eppinger, S., & Blake, O. (2003). *Product Design and Development* (2nd Edn), 2000. New York: McGraw-Hill.
- Upton, C., & Doherty, G. (2008). Extending Ecological Interface Design principles: A manufacturing case study. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(4), 271- 286.
- Usunier, J. C. (2000). Un examen du concept de confiance à travers la littérature. *Confiance et performance—Un essai de management comparé France/Allemagne*, 9- 30.
- Vachal, J. (2002). *Manuel de gestion des chantiers de travaux publics: la méthode, des outils*.
- Vicente, K. J. (1996). Improving dynamic decision making in complex systems through ecological interface design: A research overview. *System Dynamics Review*, 12(4), 251- 279.
- Vicente, K. J. (1999). *Cognitive work analysis: Toward safe, productive, and healthy computer-based work*.
- Vicente, K. J. (2002). Ecological Interface design : progress and challenges. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 44(1), 62- 78.
- Vicente, K. J. (2010). *Human-tech: Ethical and Scientific Foundations*.
- Vicente, K. J., & Christoffersen, K. (2006). The Walkerton E. coli outbreak: a test of Rasmussen's framework for risk management in a dynamic society. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7(2), 93- 112.
- Vicente, K. J., Christoffersen, K., & Perekhita, A. (1995). Supporting operator problem solving through ecological interface design. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 25(4), 529- 545.
- Vicente, K. J., & Rasmussen, J. (1990). The ecology of human-machine systems II: Mediating 'direct perception' in complex work domains. *Ecological Psychology*, 2(3), 207- 249.
- Vicente, K. J., & Rasmussen, J. (1992). Ecological interface design: Theoretical foundations. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, 22(4), 589- 606.

- Visser, W., Darses, F., & Détienne, F. (2004). Chapitre 5. Approches th{é}oriques pour une ergonomie cognitive de la conception. *Le Travail humain*, 97- 118.
- Weinstein, M. (2006). TAMS Analyzer Anthropology as Cultural Critique in a Digital Age. *Social Science Computer Review*.
- Wells, A. (2002). Gibson's affordances and Turing's theory of computation. *Ecological psychology*, (February 2013), 37- 41.
- White, S. (2004). Introduction to BPMN. *IBM Cooperation*.
- Wong, W. (1998). *The Ecological Approach to Interface Design in Intentional Domains*.
- Woo, D. M., & Vicente, K. J. (2003). Sociotechnical systems, risk management, and public health: comparing the North Battleford and Walkerton outbreaks. *Reliability Engineering & System Safety*, 80(3), 253- 269.
- Yassine, A., & Braha, D. (2003). Complex Concurrent Engineering and the Design Structure Matrix Method. *Concurrent Engineering*, 11(3), 165- 176.
- Zarca, B. (1987). L'artisanat français. Du métier traditionnel au groupe social. *Revue française de science politique*, 37(3), 382- 384.
- Zuboff, S. (1988). *In the age of the smart machine: The future of work and power*. Basic Books.

ANNEXES

1. Le modèle de système viable (VSM)

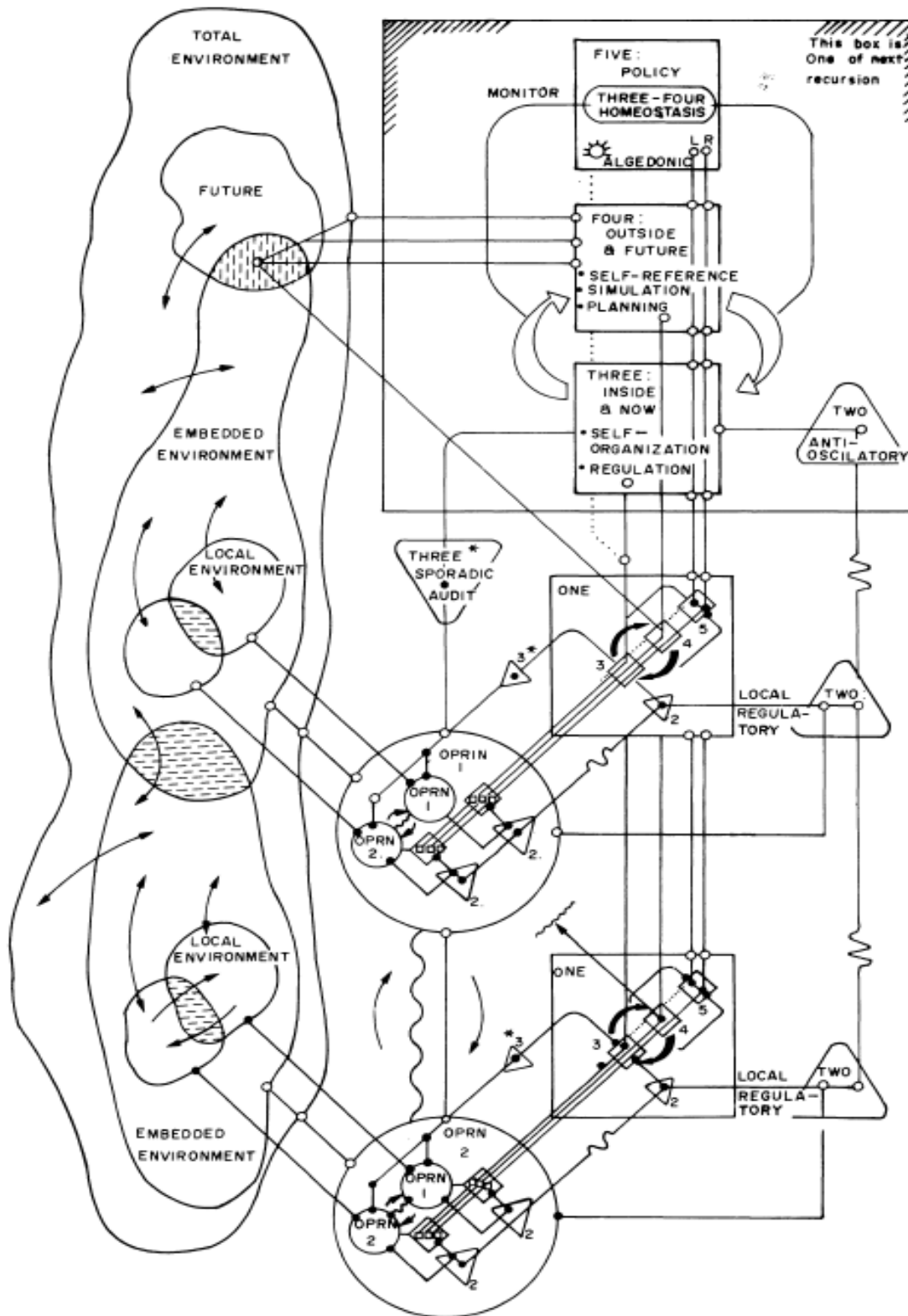


Figure 53 Le modèle de système viable (VSM) montrant des encastremets récursifs (Beer, 1984)

2. La WDA & la TMTA

Tableau 31 WDA de l'artisanat filtré pour la TMTA

	Buts	Fonctions Abstraites	Processus	Fonctions Physiques	Formes Physiques
Finances Comptables	Rentabilité de l'entreprise ; Reporting ; Viabilité de l'entreprise ; Marketing ; Optimisation ; Financement ; Ouverture ;	Ratios d'exploitation ; Ratios économiques ; Ratios financiers ;	Chiffre d'affaire ; Résultat ; Soldes intermédiaires de gestion ;	Emprunt ; Revenu ; Dépense ;	Unité ; Compte ;
Finances Projets	Garantie des projets ; Viabilité du projet ;	Sécurité ; Confiance ;	Paiements ; achèvements ;	Contractualisation ; Transaction ; Déboursés secs ; Frais généraux ; Frais de chantier ; Frais d'opération ; Frais de siège ; Frais complémentaire ; Matériaux ; Main d'œuvre ; Matériels ;	Facturation / Devis ; Coefficients ; Prix ; Total ; Coût ;

Clients	Gain d'argent ; Renouvellement Marché ; Justification du marché ; Alignement concurrentiel ; Progression d'un réseau de clients ; Optimisation des Trajets ; Satisfaction Besoin ;	Balance Concurrence ; Dynamique Marché ; Rentabilité ; Confiance ; Expansion ; Ecart Minimal Composition / Réalisation ; Taux de Satisfaction Maximal ;	Archivé ; En cours ; Opportunités ;	Zone d'action ; Activité ; Revenu ; Evaluation ; Coût ;	Confirmation ; Informations ; Priorités ; Finances ; Suivi ; Client ; Engagements ; Produit ; Besoin ; Offre ;
----------------	--	--	---	---	---

Chantiers	Evaluation Technique ; Optimisation des Travaux ; Capitalisation du savoir-faire ; Optimisation des temps ; Respect du prévisionnel & des délais ; Flexibilité aux contraintes ; Respect des normes ; Optimisation du Planning ;	Sécurité ; Erreurs Minimales ; Activité Normale ; Production Maximale ; Parfait Achèvement ; Rendement Maximal ; Réalisation ;	Achèvements ; Charge ; Progression ; Nouveau Chantier ; Chantier en Cours ; Chantier Archivé ;	Adaptation ; Production ; Evaluation ; Coûts ;	Ouvrage / Chantier ; Entreprise ; Points Techniques ; Anomalies ; Aléas ; Contrôles ; Supports ;
------------------	---	--	---	---	---

Partenaires	Création & Entretien de liens Marchands ; Exploitation & Evolution du réseau social artisan ;	Activité Sociale ; Ponctualité ; Equilibre ; Echange ; Rentabilité ; Confiance ; Sécurité ;	Coordination ; Négociation ;	Echanges ; Délais ; Production ; Evaluation ; Coût ;	Partenaires ;
--------------------	---	---	------------------------------	--	---------------

Ressources Humaines	Optimisation Organisation ; Garantie Qualité ; Gain de Production ; Responsabilité Ressources Humaines ;	Rentabilité ; Satisfaction ; Confiance ; Compétence ; Activité Normale ; Santé & Bien-être ;	Mobilisé ; Libre ;	Evaluation ; Coût ; Production ; Organisation ;	Agent ; Equipes ;
----------------------------	--	--	--------------------	---	-------------------

Ressources Matérielles Actives	Ressources Matérielles Optimales ; Efficacité de production ;	Disponibilité ; Rentabilité ;	Disponible ; Non Disponible ; Utilisé ;	Utilisation ; Coût ; Utilisabilité ; Globale ;	Matériels & Outils ;
---------------------------------------	---	-------------------------------	---	--	----------------------

Ressources Matériaux	Alimentation du chantier au bon moment ; Garantie Qualité ; Gain de production ; Optimisation Gestion Matériaux ;	Disponibilité ; Rentabilité ; Satisfaction ; Equilibre Flux ; Pertes Minimales ;	Commande ; Stock ; Débit ;	Utilisation ; Pertes ; Evaluation ; Approvisionnement ; Coût ;	Matériaux ;
-----------------------------	---	--	----------------------------	--	-------------

3. Liste des séquences sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat

Tableau 32 Tableau de séquence sur la TMTA sur le domaine de l'artisanat

	Contrôles ;	Contrôles ;	Contrôles ;	Contrôles ;
Actions				
Prochain Etat	Buts	Fonctions Abstraites	Processus	Fonctions Physiques
Etat Courant	Buts	Buts	Fonctions Abstraites	Processus
Ressources Matériaux	#	#	#	#
Ressources Matérielles	#	#	#	#
Ressources Humaines	#	#	#	#
Partenaires	#	#	#	#
Chantiers	#	#	#	Achèvements = 0 ; Charge = 0 ;
Clients	#	Gain d'argent = 0 ; Renouvellement Marché = 0 ; Justification du marché = 0 ;	Balance Concurrence = 0 ; Dynamique Marché = 0 ;	Opportunités = 0 ;
Finances Projet	#	#	#	#
Finances Comptable	Rentabilité de l'entreprise = 0	Rentabilité de l'entreprise = 0 ; Reporting = 0 ; Viabilité de l'entreprise = 0 ;	Ratios d'exploitation = 0 ; Ratios économiques = 0 ; Ratios financiers = 0 ;	Chiffre d'affaire = 0 ; Résultat =
Etape	S1	S2	S3	S4

Contrôles ;	Recherche d'un nouveau client ; Récupération les informations sur	Lancement du chantier en cours ;	Contrôles ;	Contrôles ;
Formes Physiques	Formes Physiques	Processus	Fonctions Physiques	Formes Physiques
Fonctions Physiques	Formes Physiques	Formes Physiques	Processus	Fonctions Physiques
#	#	#	Commande = 0 ; Stock = 0 ; Débit =	Utilisation = 0 ; Pertes = 0 ; Evaluation = 0 ; Approvisionnement = 0 ; Coût = 0 ;
#	#	#	Disponible = 0 ; Non Disponible = 0	Utilisation = 0 ; Coût = 0 ; Utilisabilité Globale = 0 ;
#	#	#	Mobilisé = 0 ; Libre = 0 ;	Evaluation = 0 ; Coût = 0 ; Production = 0 ; Organisation = 0 ;
#	#	#	Coordination = 0 ; Négociation = 0 ;	Echanges = 0 ; Délais = 0 ; Production = 0 ; Evaluation = 0 ; Coût = 0 ;
Adaptation = 0 ; Production = 0 ;	Ouvrage / Chantier = 0 ; Entreprise = 0 ; Points Techniques = 0 ;	Ouvrage / Chantier = 1 ; Entreprise = 1 ; Points	Achèvements = 0 ; Charge = 0 ;	Adaptation = 0 ; Production = 0 ; Evaluation = 0 ; Coûts = 0 ;
Zone d'action = 0 ; Activité =	Confirmation = 0 ; Informations = 0 = 0 ;	Confirmation = 1 ; Informations = 1 ;	En cours = 0 ; Opportunités = 1 ;	Zone d'action = 0 ; Activité = 0 ; Revenu = 0 ; Evaluation = 0 ; Coût = 0 ;
#	#	#	Paielements = 0 ; achèvements = 0 ;	Contractualisation = 0 ; Transaction = 0 ; Déboursés secs = 0 ; Frais généraux = 0 ;
Emprunt = 0 ; Revenu = 0 ;	Unité = 0 ; Compte = 0 ;	Unité = 1 ; Compte = 1 ;	Chiffre d'affaire = 0 ; Résultat = 0 ;	Emprunt = 0 ; Revenu = 0 ; Dépense = 0 ;
S5	S6	S7	S8	S9

	Réalisation des tâches ; Gestion des Ressources ; Formes Physiques Formes Physiques	Lancement de l'archivage du chantier ; Processus Formes Physiques	Contrôles ; Fonctions Physiques Processus	Contrôles ; Formes Physiques Fonctions Physiques
	Matériaux = 0 ; Matériels & Outils = 0 ; Agent = 0 ; Equipes = 0 ; Partenaires = 0 ; Ouvrage / Chantier = 0 ; Entreprise = 0 ; Points Confirmation = 1 ; Informations = 1 ; Priorités = 1 ; Finances = 1 Facturation / Devis = 0 ; Coefficients = 0 ; Prix = 0 ; Total Unité = 0 ; Compte = 0 ;	Matériaux = 1 ; Matériels & Outils = 1 ; Agent = 1 ; Equipes = 1 ; Partenaires = 1 ; Ouvrage / Chantier = 1 ; Entreprise = 1 ; Points Confirmation = 1 ; Informations = 1 ; Priorités Facturation / Devis = 1 ; Coefficients = 1 ; Prix = 1 ; Unité = 1 ; Compte = 1 ;	Commande = 1 ; Stock = 1 ; Débit = 1 ; Disponible = 1 ; Non Disponible = 1 ; Utilisé Mobilisé = 1 ; Libre = 1 ; Coordination = 1 ; Négociation = 1 ; Achèvements = 1 ; Charge = 1 ; Archivé = 0 ; En cours = 1 ; Opportunités = 1 ; Paievements= 1 ; achèvements = 1 ; Chiffre d'affaire = 1 ; Résultat = 1 ; Soldes	Utilisation = 1 ; Pertes = 1 ; Evaluation = 1 ; Approvisionnement = 1 ; Coût = 1 ; Utilisation = 1 ; Coût = 1 ; Utilisabilité Globale = 1 ; Evaluation = 1 ; Coût = 1 ; Production = 1 ; Organisation = 1 ; Echanges = 1 ; Délais = 1 ; Production = 1 ; Evaluation = 1 ; Coût = 1 ; Adaptation = 1 ; Production = 1 ; Evaluation = 1 ; Coûts = 1 ; Zone d'action = 1 ; Activité = 1 ; Revenu = 1 ; Evaluation = 1 ; Coût = 1 ; Contractualisation = 1 ; Transaction = 1 ; Déboursés secs = 1 ; Frais généraux = 1 ; Emprunt = 1 ; Revenu = 1 ; Dépense = 1 ;
S10		S11	S12	S13

	Contrôles ; Evaluations ;	Finalisation ;	Contrôles ;
	Formes Physiques	Buts	∅
	Formes Physiques	Formes Physiques	Buts
	Matériaux = 1 ;	Matériaux = 1 ;	Alimentation du chantier au bon moment = 1 ; Garantie Qualité = 1 ; Gain de production = Ressources Matérielles Optimales = 1 ; Efficacité de production = 1 ;
	Matériels & Outils = 1 ;	Matériels & Outils = 1 ;	Optimisation Organisation = 1 ; Garantie Qualité = 1 ; Gain de Production = 1 ;
	Agent = 1 ; Equipes = 1 ;	Agent = 1 ; Equipes = 1 ;	Création & Entretien de liens Marchands = 1 ; Exploitation & Evolution du réseau social
	Partenaires = 1 ;	Partenaires = 1 ;	Evaluation Technique = 1 ; Optimisation des Travaux = 1 ; Capitalisation du savoir-faire =
	Ouvrage / Chantier = 1 ;	Ouvrage / Chantier = 1 ;	Gain d'argent = 1 ; Renouvellement Marché = 1 ; Justification du marché = 1 ; Alignement
	Entreprise = 1 ; Points	Entreprise = 1 ; Points	Garantie des projets = 1 ; Viabilité du projet = 1 ;
	Confirmation = 1 ;	Confirmation = 1 ;	Rentabilité de l'entreprise = 1 ; Reporting = 1 ; Viabilité de l'entreprise = 1 ; Marketing = 1 ;
	Informations = 1 ; Priorités	Informations = 1 ; Priorités	
	Facturation / Devis = 1 ;	Facturation / Devis = 1 ;	
	Coefficients = 1 ; Prix = 1 ;	Coefficients = 1 ; Prix = 1 ;	
	Unité = 1 ; Compte = 1 ;	Unité = 1 ; Compte = 1 ;	
S14		S15	S16

4. Observation des affordances du domaine lors des interviews avec les experts

Tableau 33 Tableau d'observation des affordances du domaine lors des interviews avec les experts

Composantes	Hiérarchie d'abstraction	Affordances	Expert domaine technique	Expert Paye Salaire	Expert Formation	Expert juridique	Expert Développement Commercial	Expert comptabilité gestion	Total
Image	Fonction Physique	Evaluation	0	0	2	0	3	1	6
		Visibilité	0	0	4	1	6	1	12
		Distinction	0	0	0	0	3	1	4
		Segmentation	0	0	0	0	0	0	0
	Forme Physique	Marché	4	0	0	1	1	0	6
		Entreprise	0	0	2	0	1	0	3
		Produit	0	1	0	0	2	0	3
Chantier	Fonction Physique	Adaptation	0	0	0	0	0	0	0
		Production	0	0	0	0	2	0	2
		Evaluation	0	0	0	0	0	0	0
		Coûts	0	0	0	0	0	0	0
	Forme Physique	Ouvrage Chantier	1	0	0	0	1	0	2
		Entreprise	0	0	0	0	1	0	1
		Points Techniques	11	7	2	1	2	2	25
		Anomalies	0	1	0	1	1	0	3
		Aléas	0	1	0	0	0	0	1
		Contrôles	0	0	1	1	1	1	4
		Supports	0	0	0	1	0	0	1
Clients	Fonction Physique	Zone d'action	0	0	0	0	0	0	0
		Activité	0	0	0	0	0	0	0
		Revenu	0	0	0	0	0	0	0
		Evaluation	0	0	0	0	0	0	0
		Coûts	0	0	0	0	0	0	0
	Forme Physique	Confirmation	0	0	0	2	1	0	3
		Information	0	0	1	2	3	0	6
		Priorités	0	0	0	0	0	0	0
		Finances	0	0	1	1	0	0	2
		Suivi	0	1	2	0	3	3	9

		Client	2	2	2	2	1	0	9
		Engagements	0	0	0	1	0	0	1
		Produit	0	0	0	1	0	0	1
		Besoin	0	1	0	0	2	0	3
		Offre	2	0	2	0	1	0	5
Finances Comptable	Fonction Physique	Emprunt	0	0	1	0	0	0	1
		Revenu	0	0	0	0	0	0	0
		Dépense	0	2	0	0	0	0	2
	Forme Physique	Unité	0	1	0	0	1	1	3
		Compte	0	3	0	0	0	0	3
Finances Projets	Fonction Physique	Débouchés secs	0	0	0	0	0	0	0
		Frais Complémentaire	0	0	0	0	0	0	0
		Frais Généraux	0	0	0	0	0	0	0
		Frais de Chantier	0	0	0	0	0	0	0
		Frais d'opérations	0	0	0	0	0	0	0
		Frais de siège	0	0	0	0	0	0	0
		Contractualisation	0	1	0	0	0	0	1
		Transaction	0	0	0	0	0	0	0
		Main d'œuvre	0	0	0	0	0	0	0
		Matériaux	0	0	0	0	0	0	0
	Forme Physique	Matériels	0	0	0	0	0	0	0
		Facturation Devis	0	3	6	3	7	0	19
		Coefficients	0	0	0	0	0	0	0
		Prix	0	0	0	0	0	0	0
		Total	0	0	0	0	0	1	1
Partenaires	Fonction Physique	Echanges	1	3	3	1	3	1	12
		Délais	0	0	0	0	0	0	0
		Production	0	0	0	0	0	0	0
		Evaluation	0	0	0	1	0	0	1
	Forme Physique	Coût	0	0	0	0	0	0	0
Ressources Humaines	Fonction Physique	Partenaires	0	3	3	1	3	2	12
		Coût	0	11	0	0	0	1	12
		Evaluation	0	2	0	0	1	0	3
		Production	0	3	0	1	2	1	7
	Forme Physique	Organisation	0	21	2	5	5	6	39
Ressources Matériaux	Forme Physique	Agent	2	8	3	1	9	2	25
		Equipes	1	1	0	0	0	1	3
Ressources Matériaux	Fonction Physique	Pertes	0	0	0	0	0	0	0
		Evaluation	0	0	0	0	0	0	0
		Approvisionnement	0	0	1	1	0	0	2
		Utilisation	0	0	0	0	0	0	0
	Forme Physique	Coûts	0	0	0	0	0	0	0
		Matériaux	0	1	0	0	0	0	1

Ressources Matérielles Utilisation	Fonction Physique	Coût	0	0	0	0	0	0	0
		Utilisation Globale	0	0	0	0	2	0	2
	Forme Physique	Utilisation	0	0	0	0	0	0	0
Ressources Matérielles Stockage	Fonction Physique	Matériels & Outils	2	0	0	0	0	0	2
		Maintenance	1	0	0	0	0	0	1
	Forme Physique	Atelier	0	0	0	0	0	0	0
		Matériels & Outils	0	0	0	0	0	0	0
Total			27	77	38	29	68	25	

5. Observation des affordances sur la confiance lors du focus group

Tableau 34 Tableau d'observation des affordances sur la confiance lors du focus group

Composantes	Hiérarchie d'abstraction	Affordances	Architecte	Artisan	Assureur	Comptable	Dirigeant Coopérative	Interviewer	Secrétaire Organisation Professionnelle	Spécialiste Formation	Technicien Organisation Professionnelle	Total
Image	Fonction Abstraite	Notoriété	0	1	0	0	0	1	0	2	1	5
		Satisfaction	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Expansion	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Forme Physique	Evaluation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Visibilité	1	14	1	0	1	2	0	0	0	19
Non Défini			1	5	22	2	10	15	3	6	4	68
Ressources Matériaux	Buts	Garantie Qualité	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Fonction Abstraite	Satisfaction	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Disponibilité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Fonction Physique	Evaluation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Non Défini			0	3	0	1	0	0	0	0	0	4
Ressources Humaines	Buts	Garantie Qualité	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
		Responsabilité Ressources Humaines	2	0	1	3	4	4	0	3	1	18
	Fonction Abstraite	Confiance	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Satisfaction	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Santé Bien être	0	1	3	0	0	1	0	0	0	5
	Fonction Physique	Evaluation	0	2	1	0	0	0	0	1	0	4
	Non Défini			0	0	5	3	2	2	2	7	0
Partenaires	Fonction Abstraite	Activité Sociale	1	12	2	0	0	3	1	0	0	19
		Ponctualité	1	0	5	6	12	4	1	2	0	31
		Equilibre Echange	1	0	4	1	1	6	3	3	1	20
		Confiance	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
		Sécurité	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3
	Fonction Physique	Evaluation	0	4	6	4	3	6	0	1	3	27

		Non Défini	4	8	3	5	7	9	3	4	0	43
Chantier	Buts	Respect des normes	0	1	2	1	0	2	1	2	0	9
		Respect du prévisionnel et des délais	1	12	3	5	0	4	0	4	0	29
	Fonction Abstraite	Sécurité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Parfait achèvement	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
	Fonction Physique	Evaluation	1	0	1	4	5	3	2	0	1	17
			Non Défini	5	10	11	2	3	7	4	4	0
Clients	Buts	Satisfaction Besoin	0	9	1	1	2	1	1	3	0	18
	Fonction Abstraite	Confiance	0	0	2	0	2	2	1	4	0	11
		Taux de satisfaction Maximal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Forme Physique	Confirmation	0	0	2	1	0	0	0	0	0	3
		Informations	2	18	11	5	15	17	4	4	0	76
		Priorité	0	5	0	0	0	1	0	0	0	6
		Suivi	1	3	10	0	1	4	0	3	0	22
			Engagements	1	10	7	3	6	4	1	7	0
		Non Défini	0	5	5	0	3	5	0	2	0	20
Finances Projet	Buts	Garantie des projets	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
	Fonction Abstraite	Sécurité	1	3	10	6	0	13	4	11	1	49
		Confiance	1	1	2	0	0	0	0	1	0	5
	Fonction Physique	Contractualisation	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
			Non Défini	5	10	15	10	6	10	1	8	2
Total			30	14	13	64	83	0	34	82	14	

6. Transcription des affordances observées lors de l'audit

Tableau 35 Tableau de transcription des affordances observées lors de l'audit suivant les composantes et les niveaux d'abstraction en fonction des acteurs

Composantes	Hiérarchie d'abstraction	Artisan	Expert 1	Expert 2	Total
Image	But	1	2	3	6
	Fonction Abstraite	0	1	3	4
	Fonction Générale	0	0	0	0
	Fonction Physique	1	0	0	1
	Forme Physique	11	4	16	31
Finance Projet	But	0	0	0	0
	Fonction Abstraite	0	0	0	0
	Fonction Générale	0	1	0	1
	Fonction Physique	1	0	0	1
	Forme Physique	4	0	5	9
Finance Comptable	But	9	2	24	35
	Fonction Abstraite	0	1	9	10
	Fonction Générale	8	0	25	33
	Fonction Physique	1	1	6	8
	Forme Physique	0	0	1	1
Partenaire	But	0	0	1	1
	Fonction Abstraite	0	1	0	1
	Fonction Générale	1	0	2	3
	Fonction Physique	0	0	0	0
	Forme Physique	1	0	0	1
Ressource Humaine	But	0	0	1	1
	Fonction Abstraite	0	0	1	1
	Fonction Générale	0	0	0	0
	Fonction Physique	4	1	7	12
	Forme Physique	16	0	13	29
Ressource Matériaux	But	0	0	0	0
	Fonction Abstraite	1	0	2	3
	Fonction Générale	0	0	0	0
	Fonction Physique	1	0	3	4
	Forme Physique	8	0	14	22
Ressource Matériel Actif	But	0	0	0	0
	Fonction Abstraite	0	0	0	0
	Fonction Générale	0	0	0	0
	Fonction Physique	1	0	1	2
	Forme Physique	0	0	0	0
	But	0	0	0	0
	Fonction Abstraite	0	0	0	0

Ressource Matériel Stock	Fonction Générale	0	0	0	0
	Fonction Physique	0	0	0	0
	Forme Physique	0	0	0	0
Chantier	But	0	0	4	4
	Fonction Abstraite	2	0	3	5
	Fonction Générale	4	0	4	8
	Fonction Physique	1	0	0	1
	Forme Physique	11	2	5	18
Client	But	0	0	0	0
	Fonction Abstraite	0	1	1	2
	Fonction Générale	0	0	0	0
	Fonction Physique	1	1	0	2
	Forme Physique	0	0	4	4
Total		88	18	158	

7. Interfaces d'études pour la mesure du saut créatif

The screenshot shows the MonBati web interface. At the top, there is a navigation bar with the user's email (evittidarr-0385@yopmail.com), a search bar, and the MonBati logo. Below the navigation bar, there are tabs for 'Mon entreprise' and 'Mes chantiers'. The main content area is titled 'Synthèse de l'activité de l'entreprise' and features a calendar for the month of June, an address book (ANNUAIRE) showing 'Aucune donnée à afficher', and two task lists: 'TÂCHES QUI ME SONT ASSIGNÉES' and 'TÂCHES QUE J'AI CRÉÉES', both also showing 'Aucune donnée à afficher'. A 'Menu principal' is visible on the right side with icons for 'Accueil Entreprise', 'Espace documentaire', 'Ressources matérielles', 'Calendrier', 'Planning', 'Tâches', 'Carnet d'adresses', and 'Messagerie'.

MonBati © CTAI | A propos | contact@monbati.com | Aide

Figure 54 Extrait IHM 1

The screenshot shows the CAPEB web interface for 'SUIVI DE L'ACTIVITE DE L'ENTREPRISE'. The user is logged in as 'comclomclom' and is viewing the '2eme trimestre 2013'. The interface includes a navigation menu with options like 'Accueil', 'Identification', 'Suivre ses clients', 'Suivre sa trésorerie', 'Suivre son CA', 'Graphiques trimestriels', and 'Analyse annuelle'. The main content area is titled 'Suivre son chiffre d'affaires' and 'Analyse annuelle'. It features a table with columns for months from July 2012 to July 2013 and rows for various financial metrics. All values in the table are 0. The CAPEB logo and contact information are visible at the bottom.

	Jul 2012	Aou 2012	Sep 2012	Oct 2012	Nov 2012	Déc 2012	Jan 2013	Fév 2013	Mar 2013	Avr 2013	Mai 2013	Jul 2013
Chiffre d'affaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
achat matériaux et fournitures de chantier	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Salaires et charges	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frais généraux et autres charges	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taux de marge brute	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marge nette	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 55 Extrait IHM 2



Figure 56 Extrait IHM 3

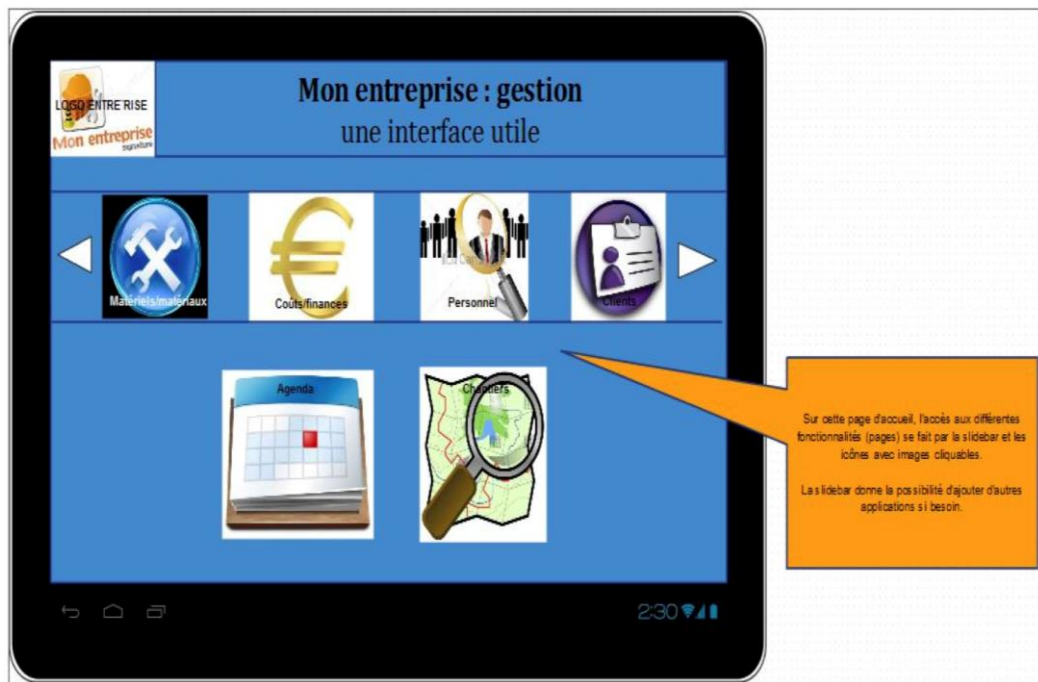


Figure 57 Extrait IHM 4

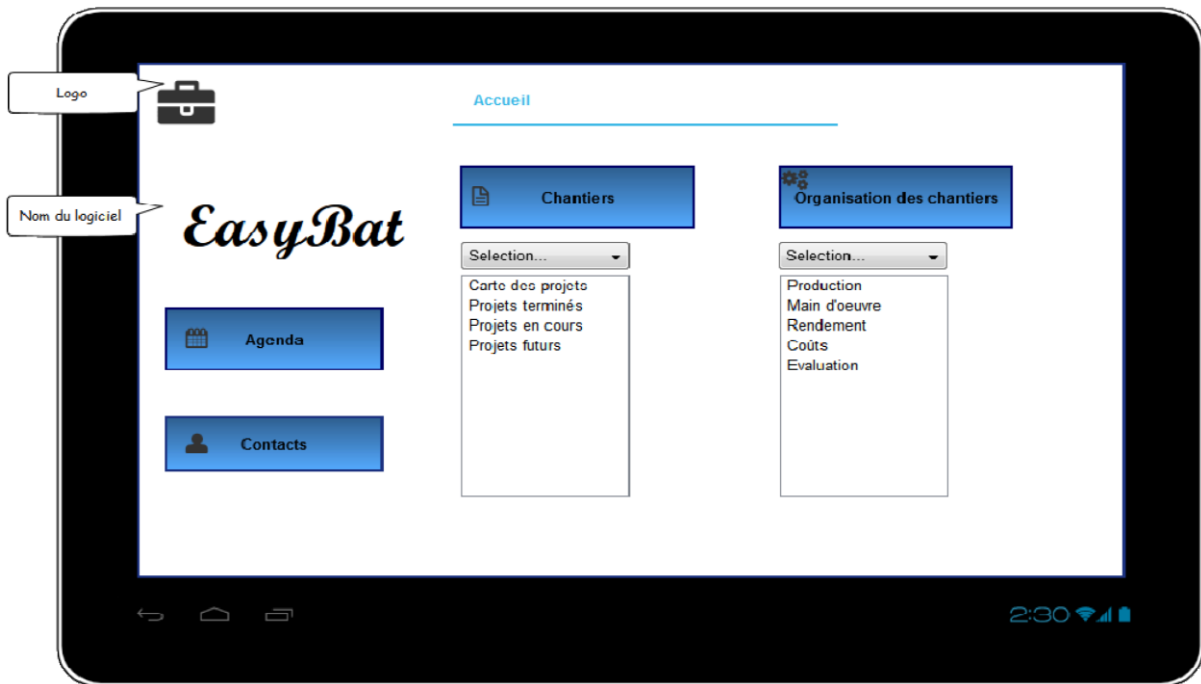


Figure 58 Extrait IHM 5



Figure 59 Extrait IHM 6

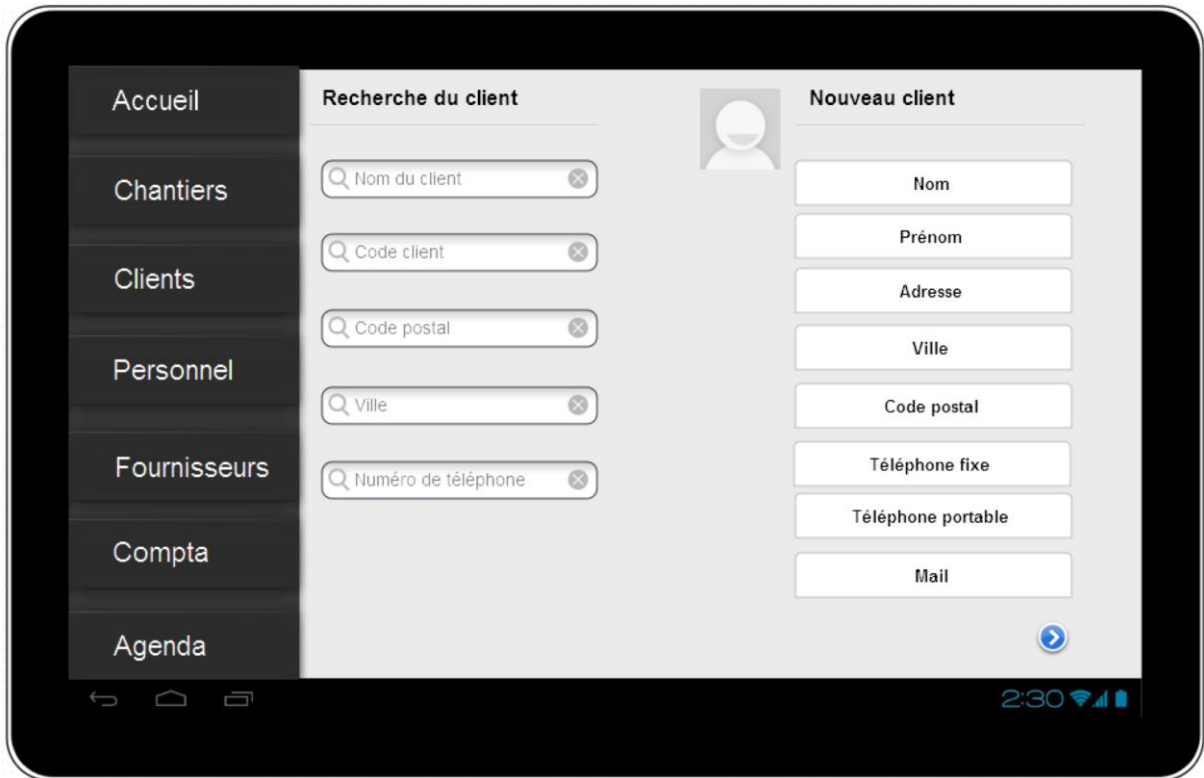


Figure 60 Extrait IHM 7

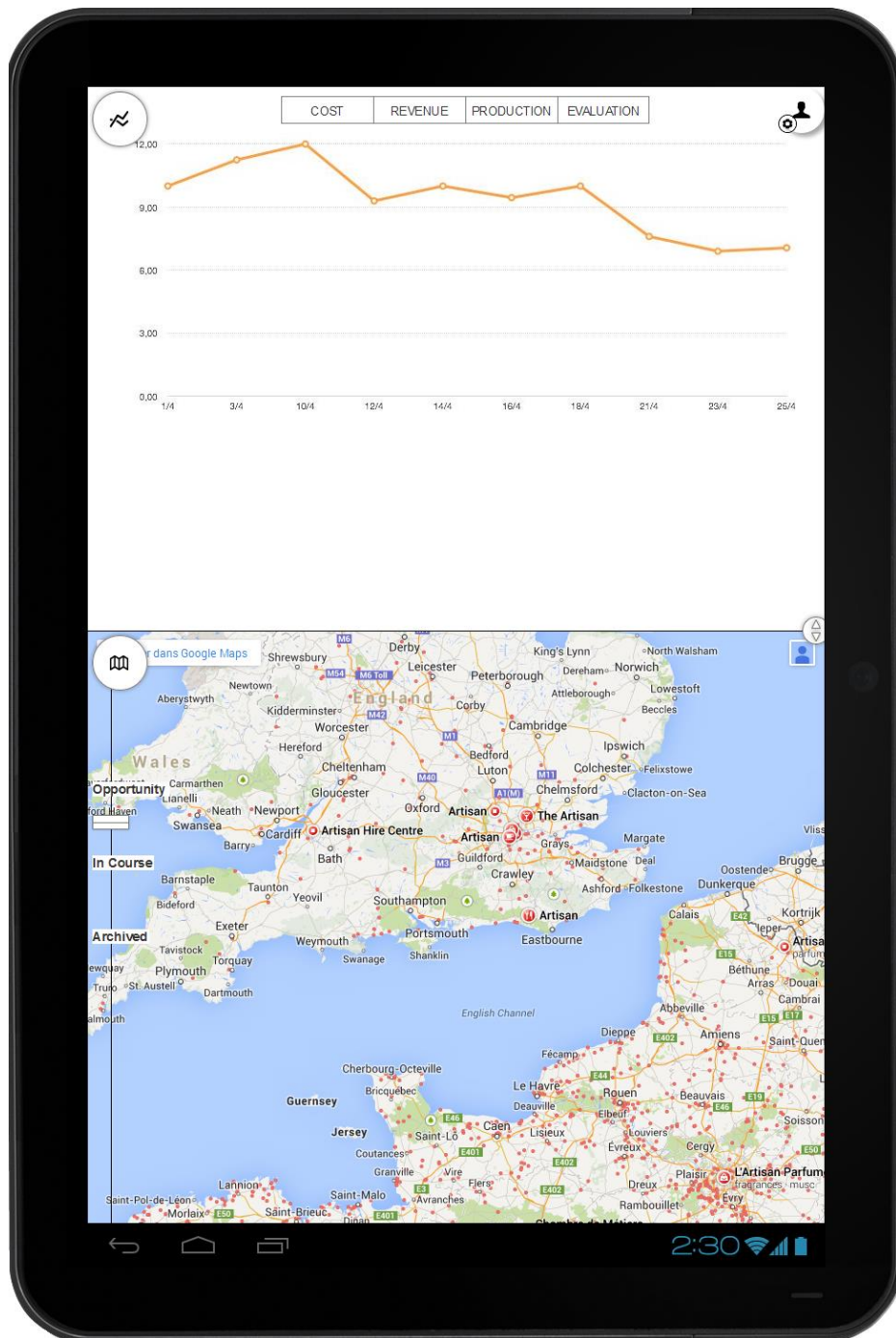


Figure 61 Extrait IHM 8



Figure 62 Extrait IHM 9

8. Analyse du domaine de travail filtrée

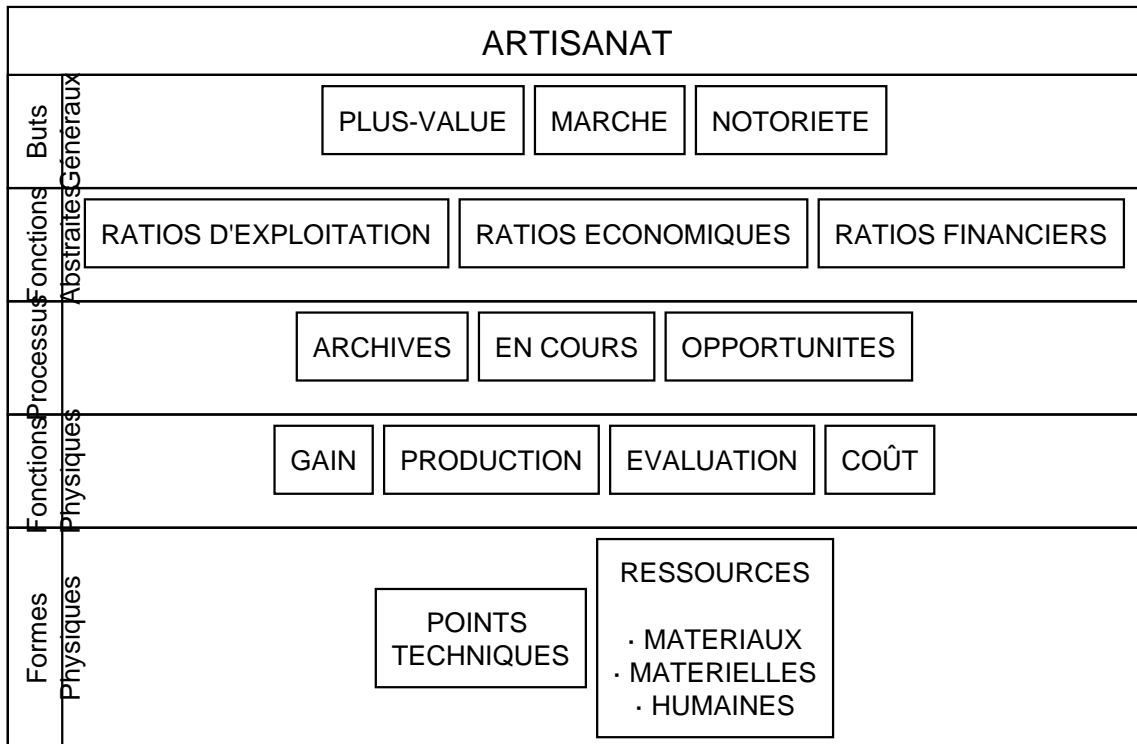


Figure 63 Analyse du domaine de travail filtrée

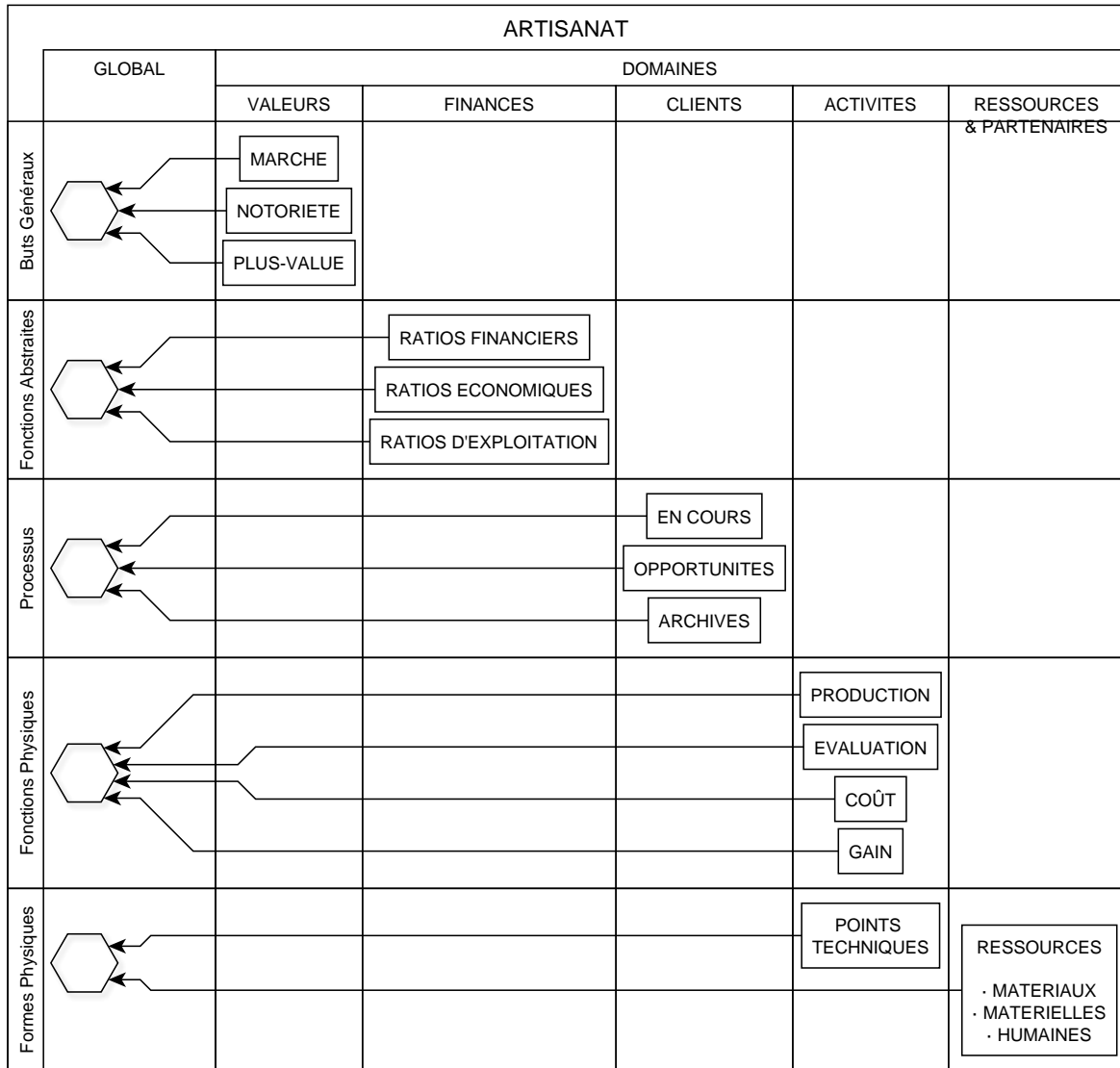


Figure 64 Schéma de filtration pour le domaine de travail