

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

CONTRIBUTIONS DES PATRONS DE CONCEPTION ET D'ARCHITECTURE  
AUX NOUVELLES CAPACITES DE LA PLATEFORME TI, EN PARTICULIER  
DE LA COMPOSANTE *SMART GRID*, D'UNE ENTREPRISE NORD-  
AMERICAINE D'ENERGIE, EN SOUTIEN À UNE STRATEGIE DIGITALE

MÉMOIRE PRÉSENTÉ COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE  
EN INFORMATIQUE DE GESTION

PAR

EDILBERTO RIOS

14 JUILLET 2015

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont tout d'abord à mon directeur de recherche Monsieur Albert Lejeune Ph. D., professeur au département de Management et Technologie de l'École des Sciences de la Gestion, à l'Université du Québec à Montréal, pour son soutien, ses conseils précieux et son mentorat tout au long de notre recherche.

Je tiens également à remercier tout le personnel de l'Université, plus particulièrement, de la Maîtrise Informatique de Gestion pour leur excellent travail, leur soutien et leur assistance dont M. Martin Cloutier en qualité de directeur de la maîtrise en Informatique de gestion, Mme Marie-Claude Côté, pour son soutien ainsi que Mme Chantal Gamache, du service d'accueil aux étudiants, pour la révision linguistique de ce mémoire.

Je tiens à exprimer ma gratitude à mes amis proches qui ont su me soutenir durant ces années où la disponibilité n'était pas ma plus grande qualité. Le développement de mon éducation et de ma carrière n'aurait pas été possible sans leur compréhension au fil des années.

Finalement, ces remerciements ne seraient pas complets sans souligner le soutien de l'entreprise nord-américaine d'énergie et leurs experts pour leur collaboration, leur disponibilité et leur générosité dans les échanges effectués. Ils m'ont permis de recueillir des informations indispensables à la réalisation de notre mémoire.

## TABLE DE MATIERES

|   |     |
|---|-----|
| REMERCIEMENTS.....  | ii  |
| TABLE DE MATIERES .....   | iii |
| LISTE DE FIGURES.....   | vii |
| LISTE DE TABLEAUX.....  | ix  |
| LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES .....                             | x   |
| LEXIQUE .....   | xii |
| RESUME .....  | xv  |
| INTRODUCTION .....  | 1   |
| CHAPITRE I.....   | 5   |
| PROBLÉMATIQUE, QUESTIONS ET OBJECTIFS DE RECHERCHE.....                       | 5   |
| 1.1 Introduction.....   | 5   |
| 1.2 Mise en contexte et positionnement.....                                   | 6   |
| 1.3 Objectifs de la recherche.....  | 10  |
| 1.3.1 Objectif général de recherche.....                                      | 10  |
| 1.3.2 Objectifs spécifiques de recherche.....                                 | 11  |
| 1.4 Identification de l'étendue et des limites de notre recherche.....        | 12  |
| 1.5 Question générale de recherche .....                                      | 12  |
| 1.6 Questions secondaires de recherche .....                                  | 13  |
| 1.7 Hypothèses.....   | 14  |
| 1.8 Cadre conceptuel de notre recherche .....                                 | 16  |
| 1.9 Conclusion de la problématique, questions et objectifs de recherche ..... | 18  |
| CHAPITRE II .....   | 19  |
| REVUE DE LA LITTÉRATURE .....   | 19  |
| 2.1 Objectifs de notre revue de littérature.....                              | 19  |
| 2.2 Avant-propos .....  | 19  |
| 2.2.1 Positionnement – Description rapide .....                               | 22  |
| 2.3 Présentation des concepts .....   | 23  |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2.3.1 | Les patrons ( <i>Patterns</i> ) de conception .....                  | 23 |
| 2.3.2 | Plateformes TI.....  | 32 |
| 2.3.3 | Stratégies digitales ou numériques (SD):.....                        | 34 |
| 2.3.4 | Les réseaux d'énergie intelligents ou « Smart Grid ».....            | 40 |
| 2.4   | Les définitions générales .....                                      | 47 |
| 2.5   | Bref Historique du Domaine .....                                     | 51 |
| 2.6   | Sens de notre recherche.....   | 53 |
| 2.7   | Les <i>patterns</i> de conception et d'architecture (PC et PCA)..... | 54 |
| 2.7.1 | Éléments constitutifs d'un PC .....                                  | 56 |
| 2.7.2 | Les PCA aujourd'hui .....  | 59 |
| 2.8   | La stratégie digitale (SD) .....                                     | 60 |
| 2.9   | Les Smart Grid (SG).....   | 65 |
| 2.9.1 | La définition.....   | 65 |
| 2.9.2 | Le fonctionnement des SG.....  | 66 |
| 2.9.3 | Les concepts clés .....  | 67 |
| 2.9.4 | Les acteurs.....   | 70 |
| 2.9.5 | Infrastructure des communications des SG.....                        | 71 |
| 2.9.6 | L'intégration en entreprise touchant les SG.....                     | 73 |
| 2.10  | La synthèse et les conclusions de la revue de littérature .....      | 77 |
| 2.11  | Tableau de synthèse de la revue de littérature.....                  | 78 |
|       | CHAPITRE III .....   | 81 |
|       | CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE .....                           | 81 |
| 3.1   | La recherche exploratoire.....                                       | 81 |
| 3.2   | L'approche qualitative.....  | 84 |
| 3.3   | L'étude de cas holistique comme stratégie de recherche : .....       | 85 |
| 3.4   | L'unité d'analyse.....   | 87 |
| 3.4.1 | La taille de l'échantillon.....                                      | 87 |
| 3.5   | La collecte de données .....   | 89 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 3.5.1 | L'analyse documentaire.....   | 90  |
| 3.5.2 | Les entretiens.....   | 90  |
| 3.5.3 | Rôles des répondants.....   | 94  |
| 3.5.4 | Le guide d'entrevue.....  | 95  |
| 3.5.6 | L'éthique.....  | 99  |
| 3.6   | La méthode d'analyse des données.....                               | 99  |
| 3.6.1 | Les stratégies d'évaluation .....                                   | 100 |
| 3.7   | Les résultats .....   | 100 |
| 3.8   | La synthèse .....   | 100 |
|       | CHAPITRE IV .....   | 103 |
|       | CUEILLETTE DES DONNEES .....  | 103 |
| 4.1   | Préliminaires .....   | 103 |
| 4.2   | L'étude de cas – Description de notre entreprise : l'ENAE.....      | 105 |
| 4.3   | Les enjeux technologiques du SG.....                                | 110 |
| 4.4   | L'évolution technologique.....                                      | 111 |
| 4.5   | Vers une contribution des PCA à l'économie d'ENAE.....              | 115 |
| 4.6   | Le résumé des entretiens.....                                       | 121 |
| 4.7   | Mesures générales des entretiens.....                               | 126 |
| 4.8   | Le catalogue des PCA.....   | 129 |
|       | CHAPITRE V .....  | 147 |
|       | ANALYSE DES DONNÉES ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS .....           | 147 |
| 5.1   | Introduction.....   | 147 |
| 5.2   | Codification des données .....                                      | 149 |
| 5.2.2 | La SD.....  | 155 |
| 5.2.3 | La technologie SG .....   | 163 |
| 5.3   | Interprétation des données (Discussion).....                        | 167 |
| 5.4   | Tableau des PCA et leurs contributions à l'économie de l'ENAE. .... | 169 |
| 5.5   | Réponse à la question de recherche primaire.....                    | 172 |
| 5.6   | Réponses aux questions secondaires de recherche .....               | 172 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.7   | Réponses aux hypothèses de recherche générées.....    | 174 |
| 5.8   | Considération finale .....                            | 175 |
|       | CHAPITRE VI .....                                     | 177 |
|       | CONCLUSION .....                                      | 177 |
| 6.1   | Introduction .....                                    | 177 |
| 6.2   | Sommaire de la recherche .....                        | 177 |
| 6.3   | Contributions de la recherche.....                    | 178 |
| 6.4   | Forces et faiblesses de la recherche.....             | 179 |
| 6.4.1 | Forces.....   | 179 |
| 6.4.2 | Faiblesses.....                                       | 179 |
| 6.5   | Recommandations pour des recherches ultérieures.....  | 179 |
|       | ANNEXE A.....   | 181 |
|       | OUTILS DE COLLECTE DE DONNÉES .....                   | 181 |
| A 1   | GUIDE D'ENTREVUE - QUESTIONS POSÉES : OUTSIDERS ..... | 182 |
| A 2   | GUIDE D'ENTREVUE - QUESTIONS POSÉES : INSIDERS .....  | 183 |
| A 3   | PROTOCOLE D'ENTREVUE.....                             | 185 |
| A 4   | TEXTE D'INVITATION À PARTICIPER À LA RECHERCHE .....  | 186 |
| A 5   | LETTRE D'ENTENTE RELATIVE À LA CONFIDENTIALITÉ .....  | 187 |
| A 6   | CERTIFICAT D'ÉTHIQUE .....                            | 189 |
|       | BIBLIOGRAPHIE .....                                   | 190 |

## LISTE DE FIGURES

|   |     |
|---|-----|
| Figure 1.1 : Cadre conceptuel de notre recherche. ....  | 16  |
| Figure 2.1 : Exemple de l'application d'un pattern de localisation des services. ....                         | 25  |
| Figure 2.2 : Pattern assembleur et de l'objet transfert des données (Fowler). ....                            | 27  |
| Figure 2.3 : Pattern localisateur des services.....   | 30  |
| Figure 2.4 : Pattern d'intégration entre entités et processus.....  | 32  |
| Figure 2.5 : Exemple de plate-forme TI. ....  | 33  |
| Figure 2.6 : Capacités de la plateforme TI reliées au domaine de l'énergie .....                              | 34  |
| Figure 2.7 : Entreprise Service Bus Architecture ( <i>pattern</i> ).....                                      | 39  |
| Figure 2.8 : Grands défis de réalisation du réseau intelligent. ....  | 46  |
| Figure 2.9 : Exemple d'application pratique des ESB.....  | 48  |
| Figure 2.10 : PC MVC.....   | 50  |
| Figure 2.11 : Diagramme applicatif général de notre recherche. ....   | 54  |
| Figure 2.12 : Pilotes (Drivers) des quatre thématiques clé touchant la Stratégie<br>Digitale d'affaires. .... | 63  |
| Figure 2.13 : Modèle conceptuel du réseau intelligent.....  | 69  |
| Figure 2.14 : Survol de haut niveau des technologies appliquées sur les SG.....                               | 73  |
| Figure 2.15 : Architecture fonctionnelle du SG .....  | 74  |
| Figure 2.16 : Diagramme de déploiement et d'application des technologies SG.....                              | 76  |
| Figure 4.1 : Fonctionnement des <i>Smart Grid</i> .....   | 108 |
| Figure 4.2 : ENAÉ - Vision schématisée de la technologie <i>Smart Grid</i> .....                              | 109 |
| Figure 4.3 : Retour des investissements de la technologie SG.....   | 113 |
| Figure 4.4 : Cadre de référence pour le SG. ....  | 115 |
| Figure 4.5 : Diagramme des capacités de profit d'affaires du réseau SG à l'ENAÉ. ....                         | 117 |
| Figure 4.6 : Éléments de base dans la constitution de la technologie SG. ....                                 | 118 |
| Figure 4.7 : Niveau d'application des PCA inspirés de l'industrie logicielle .....                            | 119 |
| Figure 4.8 : Diagramme de réalisation de bénéfices d'affaires du SG à l'ENAÉ. ....                            | 120 |
| Figure 4.9 : Graphique des réponses des interviewers <i>outsiders</i> .....                                   | 126 |
| Figure 4.10 : Graphique des réponses des interviewers <i>insiders</i> .....                                   | 127 |
| Figure 4.11 : Matrice Interviewers VS. Données partagées par catégorie mesurée..                              | 128 |
| Figure 4.12 : Matrice des histogrammes des Interviewers VS. Données partagées..                               | 129 |
| Figure 4.13 : PCA : Stabilisation des affectations fonctionnelles adaptées.....                               | 131 |
| Figure 4.14 : PCA : Regroupement des usages fonctionnels et versionnage. ....                                 | 132 |

|   |     |
|---|-----|
| Figure 4.15 : PCA : Agrégation des données de gestion.....                                | 133 |
| Figure 4.16 : PCA : Intégration des données pour applications BI et services .....        | 134 |
| Figure 4.17 : PCA : Intégration des instrumentations.....                                 | 136 |
| Figure 4.18 : PCA : Intégration en mode associatif (Démonstration).....                   | 137 |
| Figure 4.19 : PCA : <i>Pattern</i> composé d'incorporation et d'adaptation fonctions..... | 138 |
| Figure 4.20 : PCA composé : Intégration par portails d'accès personnalisés.. .....        | 140 |
| Figure 4.21 : PCA composé : Plateforme d'intégration transactions commerciales.           | 141 |
| Figure 4.22 : PCA : Dissociation de la fonction d'auto-service.....                       | 142 |
| Figure 4.23 : PCA : Étalement des fonctions reliées aux affaires.. .....                  | 143 |
| Figure 4.24 : PCA d'exécution ( <i>Runtime</i> ).....                                     | 144 |
| Figure 5.1 : Diagramme de codification pour les PCA.....                                  | 151 |
| Figure 5.2 : Codification générale INVIVO pour les PCA.....                               | 152 |
| Figure 5.3 : Codification détaillée INVIVO pour les PCA (1/2) .....                       | 152 |
| Figure 5.4 : Codification détaillée INVIVO pour les PCA (2/2). .....                      | 153 |
| Figure 5.5 : Diagramme de codification pour la SD. ....                                   | 157 |
| Figure 5.6 : Codification générale INVIVO pour la SD. ....                                | 158 |
| Figure 5.7 : Codification détaillée INVIVO pour la SD (1/2) : Portée et Source. ....      | 159 |
| Figure 5.8 : Codification détaillée INVIVO pour la SD (2/2) : Vitesse et Échelle...       | 160 |
| Figure 5.9 : Diagramme de codification pour la technologie SG. ....                       | 164 |
| Figure 5.10 : Codification générale INVIVO pour le SG .....                               | 165 |
| Figure A.1 : Certificat d'Éthique .....   | 189 |

## LISTE DE TABLEAUX

|  |     |
|--|-----|
| Tableau 2.1: Comparatif entre le <i>grid</i> à l'heure actuelle et les SG. ....            | 42  |
| Tableau 2.2 : Résumé de revue de littérature .....   | 79  |
| Tableau 3.1 : Questions du guide d'entrevues pour les participants <i>outsiders</i> . .... | 96  |
| Tableau 3.2: Questions du guide d'entrevues pour les participants <i>insiders</i> .....    | 97  |
| Tableau 3.3: Synthèse de la recherche. Source : E. RIOS Octobre 2014.....                  | 100 |
| Tableau 4.1 : Domaines et acteurs dans le modèle conceptuel du SG. ....                    | 106 |
| Tableau 5.1 : Mesures produit de la codification des PCA. ....                             | 153 |
| Tableau 5.2: Mesures produit de la codification de la SD.....                              | 160 |
| Tableau 5.3 : Mesures produit de la codification de la SG.....                             | 165 |
| Tableau 5.4: Contributions des PCA à l'industrie de l'énergie.....                         | 169 |
| Tableau A.1 : Questions du guide d'entrevues pour les participants <i>outsiders</i> .....  | 182 |
| Tableau A.2: Questions du guide d'entrevues pour les participants <i>insiders</i> .....    | 183 |

## LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

|       |   |
|-------|---|
| AMI   | <i>Automatisated Metering Infrastructure</i> (Infrastructure avancée de mesure) |
| AMR   | <i>Automated Meter System</i> (Système automatisé de mesures)                   |
| APA   | American Psychological Association  |
| B2G   | <i>Business to government</i>   |
| BI    | <i>Business Intelligence</i>  |
| CI    | Compteur Intelligent  |
| ENAÉ  | Entreprise nord-américaine d'énergie  |
| ESB   | <i>Enterprise Service Bus</i> (Bus des services d'entreprise)                   |
| HAN   | <i>Home Area Network</i> (Réseaux domestiques)                                  |
| LAN   | <i>Local Area Network</i> (Réseau d'area locale)                                |
| MVC   | Patron Modèle Vue Contrôleur  |
| PA    | Patron (ou <i>pattern</i> ) d'architecture                                      |
| PC    | Patron (ou <i>pattern</i> ) de conception                                       |
| PCA   | Patron (ou <i>pattern</i> ) de conception et d'architecture                     |
| RD    | Réseau de Distribution  |
| RI    | Réseau Intelligent  |
| ROI   | Retour sur l'investissement ( <i>Retourn of Investment</i> )                    |
| RTD   | Réseau de transport et de distribution électrique                               |
| SCADA | <i>Supervisory Control and Data Adquisition</i>                                 |

|       |  |
|-------|--|
| SD    | Stratégie Digitale   |
| SG    | <i>Smart Grid</i>  |
| SI    | Systèmes d'information   |
| SGAM  | <i>Smart Grid Architecture Model</i> (Modèle d'architecture SG)      |
| SOA   | <i>Service Oriented Architecture</i> (Architecture Orientée Service) |
| TD    | Technologies Digitales   |
| TI    | Technologies de l'Information  |
| TIC   | Technologies de l'information et de la communication                 |
| TOGAF | <i>The Open Group of Architecture Framework</i>                      |
| WAN   | <i>Wide Area Network</i> (Réseau étendu)                             |

## LEXIQUE

Architecture TI : Modèle logique des principes de technologie, des normes et des *patterns* appliqués qui sont définis pour soutenir les architectures de l'organisation (Perroud et Inversini, 2013).

Big Data : Ensemble des technologies permettant de traiter, analyser et visualiser de très grandes quantités des données, en provenance de sources hétéroclites (Chambard, 2014).

Cadriciel (*Framework* en anglais) : Est un ensemble d'outils et de composants logiciels organisés conformément à un plan d'architecture et des *patterns*, l'ensemble formant ou promouvant un « squelette » de programme (Chazotte, 2004).

Clouding (*Nuage informatique* en français) : C'est le stockage et l'accès aux données et programmes sur l'Internet au lieu du disque dur de votre ordinateur (Griffith, 2013).

Design : Discipline visant à une harmonisation de l'environnement humain, depuis la conception des objets usuels jusqu'à l'urbanisme, ainsi que l'ensemble des objets créés selon l'optique de cette discipline (Dictionnaire Le Petit Larousse, 2016).

EAI (Intégration d'application d'entreprise) : C'est le partage sans restriction des données et des processus d'affaires entre des applications connectées et les sources de données de l'entreprise. C'est le prédécesseur de l'ESB (Chappell, 2004).

ESB (*Enterprise Service Bus* en anglais) : Nouvelle architecture qui exploite les services web, les systèmes orientés messages, le routage intelligent et la transformation. Il agit comme une colonne vertébrale légère et omniprésente de l'intégration à travers laquelle les services logiciels et les composants applicatifs circulent (Chappell, 2004).

Intergiciels (*middleware* en anglais) : Est un logiciel tiers qui crée un réseau d'échange d'informations entre différentes applications informatiques (Footen et Faust, 2008).

Patron (*pattern* en anglais) : Modèle, structure, patron, schéma, motif, type. Codifient solutions prouvées aux problèmes récurrentes de design (El Boussaïdi et Mili, 2012).

Patron de conception (*pattern* de conception) : Règle tripartite (contexte, problème et solution) exprimant une relation entre un certain problème qui apparaît répétitivement dans ce contexte et une certaine configuration logicielle qui permet la résolution de ce problème (Appleton, 1998).

Patron d'architecture (*pattern* d'architecture) : Modèle architectural, est un concept qui permet de résoudre et définit certains éléments de cohésion essentiels d'une architecture logicielle (Chih-Hung et al., 2008).

Patron de conception et d'architecture : (*pattern* de conception et d'architecture) : Est un concept qui permet de résoudre et définit certains éléments de cohésion essentiels d'une architecture logicielle. Architectures différentes innombrables peuvent mettre en œuvre le même modèle et de partager les caractéristiques liées (Chang, 2008).

Plateforme TI : Ensemble de composants techniques et technologiques permettant de construire des solutions performantes comme résultat d'un processus de constante transformation adapté aux réalités et contextes uniques (Hilaire, 2004).

*Smart Grid* : Réseau de distribution d'électricité dit « intelligent » qui utilise des technologies informatiques de manière à optimiser la production, la distribution, la consommation et qui a pour objectif d'optimiser l'ensemble des mailles du réseau d'électricité (Farhangi, 2010).

Stratégie digitale : C'est le processus de préciser les objectifs, la vision, les possibilités et les initiatives de l'organisation, afin de maximiser les avantages commerciales des initiatives numériques dans les entreprises (Bharadwaj et al., 2013).

Technologies de l'information et de la communication : Convergence de l'informatique, les réseaux et de l'audiovisuel. C'est un ensemble des technologies issues de la convergence de l'informatique et des techniques évoluées du multimédia et des télécommunications, qui ont permis l'émergence des moyens de communication plus efficaces, en améliorant le traitement, la mise en mémoire, la diffusion et l'échange de l'information (Chapron, 2006).

## RESUME

La constante évolution des processus d'affaires d'aujourd'hui, en combinaison avec les technologies de l'information et de la communication de plus en plus performantes, poussent les gestionnaires à se tourner en faveur d'une automatisation globale des systèmes impliqués dans l'industrie, plus particulièrement, dans le secteur de l'énergie. Dans ce sens, les technologies de l'information et de la communication supportent les réseaux avec une grande intégration des données qui contrôlent les opérations qui leur sont assignées. Plus particulièrement, les systèmes informatiques concernant les compteurs électriques sont basés sur des architectures inspirées du modèle de *bus de services d'entreprise* (ESB en anglais) placées dans des plateformes TI contenant également une stratégie digitale servant de médiateur entre les fournisseurs des services et les clients. Ces systèmes d'architecture fonctionnelle sont composés de deux séries de patrons de conception et d'architecture travaillant ensemble. Ces séries fonctionnelles donnent une performance accrue aux processus dans les plateformes TI soutenant une stratégie digitale tout en générant de grandes contributions aux entreprises qui l'utilisent. Explorer et identifier ces contributions va nous faire découvrir leur force dans le domaine de l'énergie avec tous les aboutissements, les gains techniques et d'affaires.

Le Smart Grid désigne un type de réseau de distribution électrique, dit « intelligent », car il est supporté par les technologies de l'information et de la communication permettant la production, la collecte, la distribution et la consommation d'énergie. Le Smart Grid en étant une instance de la SD, l'élément essentiel de base des Smart Grid consiste tout simplement à mesurer en permanence le besoin réel des consommateurs pour produire la quantité d'énergie dont ils ont besoin. En Amérique du Nord, les besoins spécifiques d'énergie relevant des pics de consommation tant hivernaux qu'estivaux, font en sorte que de grosses et complexes infrastructures technologiques ont vu le jour et ont été mises en place afin d'améliorer la qualité et la performance du service aux consommateurs. Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés à investiguer la description des contributions des patrons de conception et d'architecture supportant les systèmes contenus dans les plateformes TI d'une entreprise d'énergie impliquant la stratégie digitale et profitant amplement de ces contributions sur les plans techniques, financier et organisationnel.

Tags (Mots clés) : Patrons de conception et d'architecture, stratégie digitale, plateforme TI, Smart Grid.

## INTRODUCTION

Les systèmes de technologie actuels contiennent des solutions basées sur l'intégration des composants performants, tels que les dispositifs de mémoire et de stockage des données, les interfaces *clouding*, les réseaux ou encore la virtualisation pour n'en citer que quelques-uns. Ces solutions impliquent des changements dans les diverses couches de l'entreprise. C'est pourquoi une grande quantité d'intergiciels (*middleware*, en anglais) et des systèmes experts ont vu le jour afin de faciliter le quotidien des entrepreneurs et favoriser la productivité.

Essentiellement, toutes ces technologies performantes deviennent de superbes applications qui se regroupent dans des systèmes dessinés et basés sur des architectures en échelle grandissante et qui intègrent de plus en plus les hiérarchies des entreprises qui touchent les différentes couches de l'organisation (côté affaires, côté organisationnel et côté technologique).

La conséquence directe de cette évolution est l'amélioration des processus d'affaires et de l'application de l'expertise informatique qui crée des Patrons de conception (PC) de plus en plus spécialisés en vue de la création de modèles innovants et performants. « Ces derniers sont dorénavant inévitables, surtout dès que nous nous intéressons à la technologie orientée-objet » (Traduction libre) (Shalloway et Trott, 2002 p.17).

Cette progression accompagne les procédés d'entreprise et les avancements de la technologie dans un processus continu d'avancement, tout en adoptant des styles très variables dans la forme comme dans le fond.

Aujourd'hui dans les organisations, ces transformations amènent des *patterns* (patrons) tant observables que mesurables, toujours en prenant en considération les facteurs qui influencent ces changements majeurs. L'évolutivité réclame beaucoup plus que de bonnes idées.

Ce mémoire est organisé en six chapitres : le premier chapitre explique la problématique, c'est-à-dire la question de recherche principale, suivie des questions secondaires, des objectifs de recherche et finalement avec les hypothèses de notre projet.

Le deuxième chapitre est constitué d'une revue de littérature sur notre sujet. Il fait un survol des ouvrages littéraires, tels que : des articles scientifiques, des monographies, de la documentation technique d'entreprise incluant celle offerte par l'entreprise Nord-Américaine d'énergie (ENAE), qui a collaboré avec nous, touchant directement notre sujet et qu'elle nous a gentiment fournie. Il comprend également des explications détaillées de nos variables de travail : les PC, les *patterns* d'architecture (PA), et leur association comme *patterns* de conception et d'architecture (PCA), la Stratégie Digitale (SD) et les technologies Smart Grid (SG).

Il est à noter que pour des raisons de confidentialité et d'éthique, nous ne pouvons pas divulguer le véritable nom de l'ENAE. Merci de votre compréhension à ce sujet.

Le troisième chapitre présente le cadre méthodologique, c'est-à-dire la procédure adoptée, afin d'arriver à nos fins de recherche, et d'obtenir les résultats qui nous permettront de répondre aux questions de recherche.

Le quatrième chapitre est le recueil des données, c'est-à-dire, les résultats des entretiens, le travail de transcription et l'approche significative des réponses partagées.

Le cinquième chapitre analyse et interprète toute l'information contenue dans le chapitre précédent le recueil des données.

Il contient les justifications et les explications afin de donner des réponses aux questions de recherche. Finalement, le chapitre six, conclut.



## CHAPITRE I

### PROBLÉMATIQUE, QUESTIONS ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

#### 1.1 Introduction

Dans les dernières années, nous avons assisté à une augmentation significative de la réutilisabilité des logiciels et, par conséquent, leur qualité et les concepts de programmation ont été améliorés par la même occasion (Pree, 1998). Les patrons de conception et d'architecture (PCA) sont des schémas de conception réutilisables, organisés et hiérarchisés (Bailet, 2012) et, « une fois appliqués, ils représentent une bonne pratique à employer dans les grandes organisations de service, tant privées que publiques, étant donné les économies qu'ils génèrent » (Traduction libre) (Malinen, 2013 p.14). Approfondir les concepts liés à leurs contributions relève d'une grande importance et nous éclairera sur leur étendue tout en renforçant leurs pratiques et en donnant de la valeur aux organisations qui les utilisent. Dans notre étude, nous nous limiterons à analyser un cas simple, inspiré de l'approche de Yin (2009) touchant la technologie Smart Grid (SG), qui est appliquée à l'heure actuelle dans le secteur de l'énergie, par l'entreprise nord-américaine d'énergie (ENAE) qui a ouvert ses portes à notre recherche. Nous allons explorer un peu l'évolution de la stratégie digitale ou numérique (SD) par rapport à la plateforme TI et l'application de la technologie SG, et ce, en prenant en considération la culture, la politique et les implications techniques visant le succès de cette technologie localement.

## 1.2 Mise en contexte et positionnement

Actuellement, il existe un constant souci de perfectionnement des connaissances informatiques afin d'identifier les éléments constitutifs d'application qui ajoutent de la valeur à l'organisation tout en améliorant la performance et en diminuant les coûts opérationnels (Malinen, 2013). Dans notre société, le terme *pattern* est largement employé dans divers secteurs, comme la couture et la confection des vêtements ainsi que dans l'industrie en général, dans les organisations modernes et le secteur de l'éducation etc. « Un *pattern* est une solution apportée à un problème dans un contexte donné » (Traduction libre) (Shalloway et Trott, 2002 p.83).

Un problème récurrent se pose dans une situation connue comme un contexte, et ce, avec une solution éprouvée. Un *pattern* décrit à la fois un problème qui se produit très fréquemment dans l'environnement et l'architecture de la solution à ce problème, de telle façon que l'on puisse utiliser cette solution des milliers de fois sans jamais l'adapter deux fois de la même manière (Alexander et al., 1977, page xxxv). Bien qu'ils soient inspirés des méthodes de conception en architecture, « les *patterns*, constituent une idée utile dans un contexte pratique et elle sera utile à d'autres » (Traduction libre) (Alexander et al., 1979 p.xxxv) et le même concept s'applique dans l'ingénierie du logiciel (Ebbers et al., 2008). Les *patterns* sont composés de quatre éléments majeurs et indissociables : nom, problème, solution et contexte (Op. cit.).

« Un *pattern* constitue donc une solution générique à un type de problème fréquemment rencontré, en décrivant et en formalisant les concepts sous-jacents à cette solution » (Traduction libre) (Ebbers et al., 2008 p. 48). Dans les entreprises, un *pattern* décrit les relations entre les utilisateurs, les organisations d'affaires, les applications et les données auxquelles on aura accès (Ibid). Les patrons de conception (PC) améliorent la communication et l'apprentissage dans les équipes de développeurs et ils apportent des solutions plus facilement modifiables, ce qui

augmente la souplesse du logiciel (Shalloway et Trott, 2002). Alors, nous sommes concernés plus spécifiquement par les *patterns* dans les systèmes architecturaux des entreprises reliées à l'énergie. Il faut, dans ce cas, garder en vue la réutilisation des modèles et des méthodes utilisées par les architectes TI dans l'entreprise, avec les ressources sur place, telles que les logiciels, les réseaux et le capital humain, en opposition aux systèmes de logiciels comme tels (Endreit et al., 2004).

Les PC forment des solutions ayant fait leur preuve dans le temps et constituent donc une bonne pratique et décrivent une structure récurrente de composants reliés entre eux qui réussissent à résoudre un problème général de design dans un contexte particulier (Bailet, 2012).

« Les PC sont constitués d'un ensemble de règles signalant le mode d'utilisation de certaines tâches dans le domaine du développement logiciel » (Pree, 1998 p.22). L'application des PC demeure un défi dans la pratique contemporaine des informaticiens, surtout dans un contexte où les entreprises de service doivent répondre aux attentes de leurs clients de plus en plus orientés vers des demandes de services en ligne (Endreit et al., 2004). Ces PC ne sont pas arrivés par hasard. Ce sont des formes que l'on a identifiées à plusieurs occasions et qui répondent à des problématiques devenues classiques (Bailet, 2012). Pour mieux comprendre les enjeux touchant les PC appliqués dans les architectures techniques des entreprises d'énergie, nous devons commencer à considérer les infrastructures d'architecture tant organisationnelle que technique utilisées dans les entreprises dédiées à l'exploitation d'énergie. Ces dernières font, d'ailleurs, l'objet d'investissements considérables tant de la part des responsables et des décideurs des milieux professionnels que des chercheurs, et ce, afin d'examiner leur progression et de constater la création de valeur. En effet, les PC constituent une partie intégrante très importante de ces composants des infrastructures dans les entreprises de service. Et dans ce sens, les PC décrivent effectivement la relation existante entre les utilisateurs, les organisations

d'affaires, les applications, dont la SD et SG, et les données reliées (Endreit et al., 2004).

C'est pourquoi il est important d'expliquer les relations entre les mécanismes d'application des PC, leurs rôles et leurs fonctions, ainsi que les évolutions des plateformes TI avec la SG.

Dans ce sens, l'application des PC constitue une partie vitale des processus constitutifs de l'architecture des organisations, d'autant plus que la virtualisation et la SD peuvent s'appuyer sur un corpus de pratiques issues des dernières années marquées, notamment, par la virtualisation. L'évolution de cette dernière à travers les étapes du projet détermine également des changements majeurs d'infrastructures reliées à la technologie SG.

« L'application des principes de conception aux modèles d'architecture techniques se traduit par des économies en temps et en argent » (Traduction libre) (Malinen, 2013 p.14). Toutefois, cet ensemble de bonnes pratiques traduit en PC est encore éparpillé (Pree, 1998). C'est pourquoi il importe de pouvoir identifier, décrire leurs portées, détailler leurs éléments constitutifs afin d'expliquer les relations entre les mécanismes d'application des PC, leurs rôles, leurs fonctions et leurs contributions à la création de valeur.

La SD ouvre des opportunités importantes aux entreprises qui souhaitent renforcer significativement leur compétitivité (Grover et Kohli, 2013). Elle est la traduction concrète des objectifs d'affaires de l'entreprise et représente l'ensemble des éléments nécessaires pour atteindre les objectifs tout en améliorant la compétitivité. La SD a remodelé la stratégie traditionnelle d'affaires modulaire, distribuée, interfonctionnelle et les processus globaux d'affaires pour laisser la place à un travail déployé sans frontières de temps, de distance et de fonction (Keen et Williams, 2013). Les clés du développement d'une SD se situent dans l'unité d'analyse, c'est-à-dire, l'écosystème informationnel, qui est le prolongement naturel des SI en intégrant les

opérations « réelles » sur les chaînes de valeur, les processus d'affaires, et les procédures reliées à la virtualisation (de Rosnay, 2000).

Ces développements sont appliqués à la SD dans la communauté d'affaires en deux dimensions clés : les processus d'affaires digitaux partagés avec la communauté d'affaires -dans le sens d'une standardisation ou d'une banalisation adaptée aux clients potentiels-, et les plateformes d'affaires digitales faites sur mesure pour leur utilisation par la communauté d'affaires (Markus et Loebbecke, 2013; Markus et Bui, 2012; Steinfield et al., 2011).

Dans une perspective globale d'architecture d'intégration, nous sommes en mesure d'identifier la virtualisation comme une des six catégories communes de modèles pour la solution de connectivité. Elle consiste à faire fonctionner un ou plusieurs systèmes d'exploitation ou d'applications comme un simple logiciel, sur un ou plusieurs ordinateurs, serveurs, ou systèmes d'exploitation, au lieu de ne pouvoir en installer qu'un seul par machine tout en stimulant l'efficacité et la flexibilité. Elle offre l'efficience, le contrôle des ressources et une bonne équivalence entre les systèmes virtuels et réels (Gaeta et al., 2007).

L'intention de la recherche est donc d'explorer les PCA et leurs contributions aux nouvelles capacités des plateformes TI pour soutenir les SD à travers la technologie SG. Ces nouveaux procédés seront basés sur des processus granulaires et d'intégration, parmi d'autres, qui pourront faire preuve d'adaptation aux processus spécifiques de l'entreprise à la manière des pièces un peu adaptables ou maniables d'un casse-tête (*puzzle* en anglais) (Juziuk et al., 2013).

Suivant cette logique, nous nous concentrerons sur l'étude d'une SD appliquée à la technologie SG, dans l'ENAE. Il s'agit, en fait, d'une solution multi-technologique permettant à cette organisation dans le secteur de l'énergie de construire des réseaux IP sécurisés, basés sur des normes, pour répondre efficacement aux exigences de la production, de la distribution, du stockage et de la consommation d'énergie (Cisco

Systems, 2009). Cette technologie est une combinaison de produits, de technologies, de services et de partenaires d'affaires. Elle est destinée à optimiser les communications, à augmenter l'endurance tout en réduisant tant les coûts d'opération que la complexité de la grille énergétique, (Cisco Systems, 2009). Cette technologie permet de prendre en considération les actions et les acteurs impliqués dans le système (Chevalier, 2011).

### 1.3 Objectifs de la recherche

Attardons-nous maintenant aux finalités que nous voulons atteindre par rapport aux apports et aux gains que les PCA pourraient aider à obtenir via l'évolution digitale des nouvelles plateformes TI par rapport à la technologie SG comme instance de la SD.

#### 1.3.1 Objectif général de recherche

Pour préparer nos futures actions sur le plan de cadre méthodologique, il est nécessaire d'approfondir la connaissance actuelle des contributions des PCA qui se trouvent de manière sous-jacente dans les plateformes TI supportant une SD, avec la technologie SG. Autrement dit, il faut voir si l'application des PCA aux nouvelles technologies liées à la SD et à son évolution crée de la valeur dans les transformations organisationnelles et technologiques dans les entreprises travaillant avec SG.

Dans notre étude, nous aurons l'occasion d'examiner des PCA répertoriés par l'ENAE, afin de les décrire avec leurs variations attendues pour en trouver leurs contributions, et ce, en les comparant avec ceux proposés par les grands développeurs du marché comme IBM dans sa ligne des *patterns*, Pure Systems®, et Cisco.

En conséquence, nous devons décrire et élucider les contributions des PCA aux nouvelles capacités de la plateforme TI pour soutenir une SD et son évolution touchant la technologie SG. Pour ce faire, nous devons prendre en considération les facteurs et les politiques d'application par rapport à cette dernière.

### 1.3.2 Objectifs spécifiques de recherche

Nous voulons :

- Détailler les contributions en matière technique et organisationnelle des PCA présents dans l'ENAE supportant une SD à travers la plateforme TI tout en appliquant la technologie SG, et ce, afin de déterminer les réelles valeurs apportées à l'organisation;
- Expliquer les relations des mécanismes (infrastructures) d'application de PCA dans l'évolution de la SD, afin de bien comprendre leurs collaborations et la création de valeur;
- Distinguer quels PCA appliqués contribuent à soutenir les nouvelles capacités touchant les plateformes TI soutenant une SD, avec la technologie SG, dans le secteur de l'énergie. La littérature scientifique a démontré qu'il était possible et enrichissant d'étudier de manière approfondie, par une même enquête, l'évolution de la SD et les PC contenus dans les procédés informatiques, en adéquation aux processus organisationnels (Malinen, 2013), donc :

Nous analysons de manière qualitative la participation et la collaboration des PCA trouvés à la performance de l'entreprise, à travers les technologies SD et SG.

Les objectifs de recherche proposés devraient permettre de :

- Approfondir dans la recherche notre connaissance et notre compréhension des processus d'application des PCA dans la plateforme TI appuyant une SD dont notamment, la technologie SG;
- Établir les contributions des PCA à l'économie et à la performance, suite à l'enquête sur la situation constatée et sur les processus contenant l'application des PC dans les infrastructures de l'ENAE;
- Démontrer la pertinence et l'utilisation des concepts théoriques récemment publiés par rapport à l'application des PCA et à la technologie SG dans les procédés organisationnels et les systèmes de logiciels impliqués.

#### 1.4 Identification de l'étendue et des limites de notre recherche

Notre travail va se circonscrire aux contributions apportées qualitativement par les PCA, et ce, à travers leur application touchant les processus concernant les évolutions des SD dans les plateformes TI et à travers la technologie SG (architectures organisationnelles et de technologie des logiciels).

L'entreprise objet de notre recherche est une institution importante d'énergie située en Amérique du Nord. Elle contient parmi ses structures d'exécution un département informatique vaste et très complexe composé d'une plateforme TI contenant des systèmes appliqués dans son réseau de distribution et de contrôle, et cela, à travers une SD. C'est ici que la technologie SG prend toute son importance.

#### 1.5 Question générale de recherche

Comme nous voulons découvrir les contributions issues des PCA appliqués aux capacités nouvelles des plateformes TI, tout en soutenant une SD, à travers la technologie SG, la compréhension du phénomène nous amène à formuler la question de recherche suivante :

« Comment les patrons de conception et d'architecture (PCA) contribuent-ils aux nouvelles capacités de la plateforme TI de la compagnie ENAÉ, en particulier de la composante Smart Grid (SG), pour soutenir une stratégie digitale (SD)? ». Autrement dit, nous voulons étudier la relation réciproque entre les PCA et l'avantage concurrentiel recherché par une stratégie digitale qui vise à exploiter le potentiel stratégique de la plateforme TI de la compagnie.

Dans cette étude, nous tenons surtout à élaborer un cadre conceptuel et à valider des relations de causes-conséquences dans les limites du terrain de recherche. À la différence de certains États américains, où le marché de l'électricité et le réseau de distribution sont bidirectionnels, notre entreprise vit actuellement une situation de quasi-monopole de l'électricité avec une compagnie qui pèse 72 milliards de \$ d'actifs. Le contexte d'interconnexion des réseaux de distribution en Amérique du Nord crée par contre un immense potentiel de marché.

Les domaines (ou variables) spécifiques de recherche sont :

- les *patterns* de conception et d'architecture (PCA);
- la stratégie digitale (SD);
- et la technologie SG.

## 1.6 Questions secondaires de recherche

Les questions secondaires de notre recherche vont nous permettre d'approfondir notre question principale d'une manière pratique et avec une méthodologie réaliste, capable de ramasser les données les plus pertinentes qui soient :

- Comment la SD et son évolution créent-elles de la valeur afin de collaborer à la performance et à l'essor de l'ENAÉ ?
- Comment les PCA contribuent-ils à formuler, évaluer et implémenter une architecture fonctionnelle touchant la technologie SG en Amérique du Nord ?
- Y a-t-il une contribution directe ou indirecte des PCA à la création de valeur de l'organisation ?

Notre problématique actuelle implique de réaliser une étude cohérente et efficace de l'infrastructure de l'ENAÉ pour bien établir les contributions des PCA aux capacités de la plateforme TI pour supporter une SD, à travers principalement la technologie SG.

### 1.7 Hypothèses

Nos hypothèses ont été générées sur la base des concepts explicatifs trouvés dans la littérature et sur Internet, nos expériences professionnelles sur la SD dans des plateformes TI et, bien sûr, la définition précise de notre recherche. Cela nous stimule à investiguer le phénomène en raison de la nature même des PCA combinée à la création de valeur dans l'infrastructure de l'entreprise d'énergie locale tout en donnant un caractère intéressant à l'investigation.

Donc :

- Hypothèse 1 : Les PCA augmentent la performance et diminuent les coûts de production et d'exploitation dans les plateformes TI supportant une SD à travers la technologie SG;
- Hypothèse 2 : Les PCA créent de la valeur à travers la SD de façon directe ou indirecte dans l'industrie de l'énergie; et
- Hypothèse 3 : Les PCA contribuent effectivement à l'évaluation, à la formulation et à l'implémentation d'une SD dans l'amélioration de la performance lorsqu'ils sont appliqués dans des processus touchant les infrastructures architecturales d'organisation et de technologie impliquant la technologie SG;

Ces hypothèses qui seront générées couvrent les aspects les plus pertinents de notre interrogation principale.

## 1.8 Cadre conceptuel de notre recherche

Question de recherche :

Comment les PCA contribuent-ils aux nouvelles capacités de la plateforme TI pour soutenir une SD à travers notamment la technologie Smart Grid ?

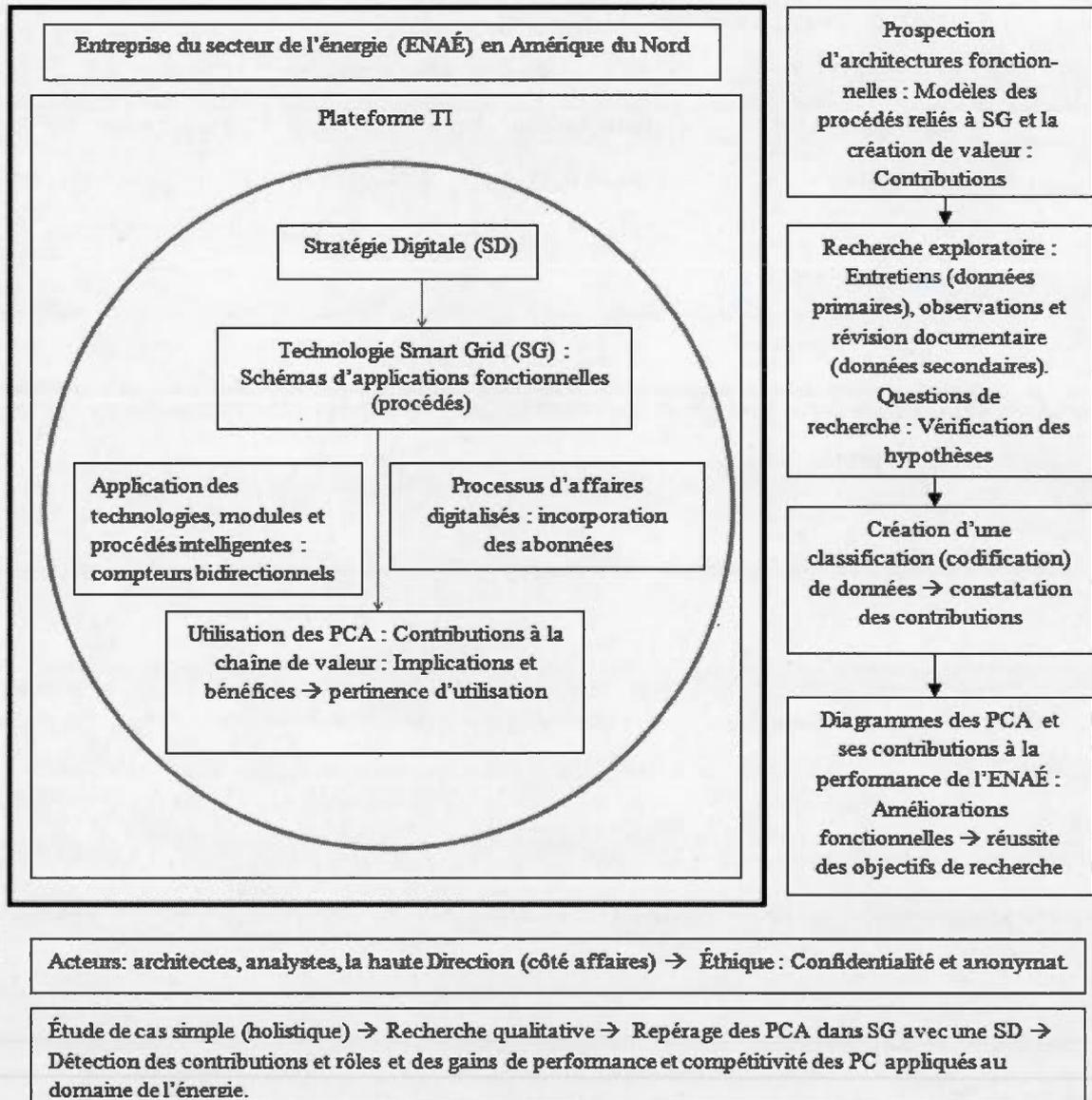


Figure 1.1 : Cadre conceptuel de notre recherche.

Source : E. RIOS. Octobre 2014.

Le cadre conceptuel de notre recherche est une représentation réduite des actions entreprises par nos soins sur le terrain direct de recherche. Elle contient tous les éléments de travail impliqués afin de bien arriver à nos résultats, c'est-à-dire, les variables de recherche, le contexte très particulier à l'intérieur de la plateforme TI de l'ENAE et, bien évidemment, les actions exécutées de manière générale. L'objectif est la prospection d'une entreprise dans le secteur de l'énergie contenant une plateforme TI avec une SD bien définie dont la technologie SG, et ce, pour déceler les PCA et ainsi trouver les contributions de ces derniers.

Premièrement, nous avons dans le carré à gauche : l'ENAE, entreprise qui a ouvert leurs portes à notre recherche et à l'intérieur de celle-ci, la plateforme TI qui contient la SD et sa technologie SG (schémas d'applications fonctionnelles) qui englobe tant les applications technologiques que les processus d'affaires digitalisés. À cet endroit, nous procédons à l'identification des PCA et leurs contributions à la chaîne de valeur.

Plus à droite, les carrés contiennent les procédures à exécuter afin d'arriver à nos résultats. Du haut vers le bas, nous avons la procédure de prospection des architectures fonctionnelles contenues à l'ENAE à travers notre recherche exploratoire : les entretiens, les observations et la révision documentaire avec, bien sûr, nos questions de recherche afin de cueillir nos informations. Une fois les faits constatés, nous procédons alors à une codification des données pour déceler les contributions des PCA à la performance de l'ENAE ainsi qu'à la création des diagrammes de ces contributions. Comme ça, les objectifs de recherche seront atteints.

Plus bas dans le diagramme, nous pouvons voir les acteurs impliqués et le code d'éthique, suivi de la définition du type de notre recherche : qualitative et cas simple.

### 1.9 Conclusion de la problématique, questions et objectifs de recherche

Notre définition de la problématique a été réalisée en prenant en considération les éléments les plus représentatifs et les plus concis de notre recherche, afin de pouvoir obtenir les contributions issues des PCA au développement et à l'exécution de notre méthodologie à suivre. Explorer les PCA et déceler les contributions contenues dans leur application fonctionnelle

Si nous tenons compte des contributions, nous devons aussi tenir compte des détails d'application des PCA aux infrastructures architecturales, afin de trouver la création de valeur dans l'organisation. Dans ce sens, nous vérifions leurs étendues pour alors nous concentrer sur l'exploration et l'éclaircissement de ces contributions appliquées toujours sur le contexte d'une étude de cas simple ou holistique (Yin, 2009). Ce dernier contient une seule unité d'analyse qui, dans notre cas, tombe dans la catégorie de cas représentatif ou typique avec un but notamment révélateur (Yin, 2009). Notre cas simple représente un cas unique, vue la rareté de la conception spécifique de recherche sous certaines circonstances qui confèrent une unicité et une originalité à l'étude développée. À ce moment-ci, l'analyse du système nous donne une idée des attributs de qualité inhérents (Bass et al., 1998), dont l'efficacité, la portabilité, la fiabilité et la fonctionnalité pour n'en mentionner que quelques-uns (Malinen, 2013). Une fois les identifications réalisées, nous constaterons la création de valeur.

Une fois les résultats acquis, notre recherche prendra toute son ampleur.

## CHAPITRE II

### REVUE DE LA LITTÉRATURE

#### 2.1 Objectifs de notre revue de littérature

- Délimiter le cadre théorique et clarifier les réflexions sur le sujet;
- Démontrer l'écart entre les réalisations à ce jour et ce qui reste à faire;
- Préciser les apports supplémentaires attendus par rapport à l'état de l'art actuel;
- Faire avancer les connaissances sur le sujet;
- Exposer un cas réel d'application technique et d'affaires.

#### 2.2 Avant-propos

« Chercher à identifier les idées forces dans les ouvrages trouvés implique une évaluation critique de nos sources d'information sur notre sujet » (CFCS, Université d'Ottawa, 2007 p. 2). Bien qu'il s'agisse d'un sujet un peu documenté et d'actualité, nous cherchons à travers nos sources une juste pertinence. Notre revue de littérature analyse les divers éléments faisant partie de la réponse recherchée.

Tout d'abord, nous avons choisi les idées les plus pertinentes pour notre sujet, celles qui nous indiquent le chemin à suivre dans la même ligne de pensée et qui résument

l'état de l'art dans le domaine. La presque majorité de nos sources utilisent cette même approche exploratoire qui implique une investigation, une description, une explication et une justification des structures appliquées. Elles nous signalent les méthodes employées pour rencontrer les conditions idéales de recherche dans l'ENAE.

Notre revue de littérature débute par une présentation des concepts à propos des PCA, les SD, les réseaux d'énergie (SG), ainsi que les définitions le plus abordées dans ce mémoire. Ensuite, nous considérons un bref historique du domaine. Puis, finalement, nous examinons les concepts de base décrivant les axes plus importants : les PCA, la SD et la technologie SG dans un sens global.

« Notre revue de littérature montre à quel point les PCA appliqués peuvent solutionner plusieurs problèmes architecturaux et s'organiser ensemble dans le cas des solutions plus complexes » (Traduction libre) (Shalloway et Trott, 2002 p. 85). Cet approche est applicable aux structures architecturales des applications reliées aux réseaux d'énergie également, surtout celles des configurations ESB et le SG comme une instance de la SD dans les plateformes TI des réseaux de distribution de l'ENAE (Farhangi, 2010). Trouver ces informations devient indispensable vue l'importance économique, politique et stratégique que l'ENAE génère. Les informations recueillies ont été argumentées avec diagrammes détaillées des PCA appliqués aux processus dans les entreprises de service énergétique.

L'ensemble des recherches scientifiques réalisées à ce jour nous démontrent à quel point les PCA appliqués aux entreprises de service sont en général autant bien établis que répertoriés, et ce, avec des modèles bien appliqués (Erl, 2008). Dans ce sens, le travail jusqu'ici développé nous encourage à approfondir la connaissance des PCA appliqués à notre contexte, dans les entreprises de service, de manière directe, toujours en quête d'une performance accrue et bien implémentée.

Afin d'établir une relation étroite entre les composantes et la question de recherche, nous avons établi et appliqué les concepts de base propres de notre étude tout en délimitant notre cadre théorique. C'est-à-dire, il nous faudra analyser comment ces PCA sont introduits dans les grosses architectures techniques englobant une SD, analyser leurs processus avoisinants ainsi que leurs implications directes et comprendre comme l'introduction d'un PCA dans le processus donne des avantages par rapport aux rôles, aux responsabilités et aux objectifs de l'entreprise tout en facilitant le travail des informaticiens.

L'ensemble des ouvrages consultés abordent le sujet en expliquant les processus organisationnels et technologiques reliés aux SD touchant la technologie SG comme une instance de celle-ci. « Le rôle majeur des PCA signalé par les gestionnaires d'aujourd'hui est l'enrichissement des pratiques tout en confirmant une bonne productivité résultante » (Traduction libre) (Shalloway et Trott, 2002 p.207). L'application des PCA au domaine spécifique de l'énergie relève d'une importance capitale à cause de l'utilisation majeure des techniques d'application et de codage à l'intérieur des nombreux composants d'architecture ESB qui se trouvent dans les RD (Gooding, 2011).

Dans ce sens, la littérature ne nous parle presque pas de l'application des mesures chiffrées des PCA dans les entreprises, ce qui nous incite à examiner la thématique avec plus de détail, afin de trouver un indice révélateur. À part l'observation et l'exploration directe des systèmes appliqués, nos chercheurs utilisent des analyses stratégiques par des systèmes directement impliqués, comme, l'ESB défini à l'origine par IBM®. Il s'agit, en réalité, de l'application d'un PC générique appliqué appelé MVC que nous verrons plus loin, dans la définition de PC du présent document (Chhaptar, 2007 ; Rajam et al., 2010).

Gooding (2011) arrive à identifier les facteurs critiques de succès des PCA dans les systèmes d'énergie, tout en les décortiquant encore plus pour en proposer d'autres.

De la même manière, l'ENAE s'est adaptée à l'évolutivité de son réseau en adaptant les PCA appliqués, produit d'une constante quête de performance, les architectes s'étant aussi inspirés de la littérature.

L'étendue des recherches nous a donné une meilleure idée des travaux à réaliser par nos soins et de la procédure que nous avons due adopter pour obtenir des résultats cohérents. À ce stade, il est très important de bien observer les pratiques et les quêtes précises touchant les PCA dans les SD reliées au domaine de l'énergie afin de référencer correctement notre travail dans l'ENAE. À part les documents, les présentations et les rapports produits par l'ENAE, nous avons eu la chance d'interroger six experts directement impliqués dans la technologie SG. Ils nous ont expliqué les tendances, les avancements et les politiques qui touchent le SG. Comme il s'agit d'un domaine très dynamique, en constante transformation, nous avons pu constater un manque de recherche dans les nouvelles structures résultantes de ces transformations, surtout dans la description du réseau d'énergie et de ses fonctionnalités. C'est une raison de plus pour nous impliquer dans une recherche de cette envergure.

### 2.2.1 Positionnement – Description rapide

Les PCA appliqués dans notre contexte représentent une bonne pratique à employer dans les entreprises de service, plus particulièrement, dans le secteur de l'énergie, à cause des économies qu'ils génèrent (Bailet, 2012). Approfondir les concepts liés à leurs contributions des PCA nous éclairera sur leurs étendues et renforcera leurs pratiques tout en donnant de la valeur ajoutée aux entreprises d'énergie. De cette façon, une fois appliqués dans les infrastructures d'architecture d'entreprise, dont les ESB, ces PCA contribuent à accélérer les processus reliés aux réseaux d'énergie locale touchant, entre autres, la distribution, le contrôle, la production et la

consommation à travers la technologie SG. L'étude détaillée de ces éléments déjà en application constituera une source majeure des renseignements.

### 2.3 Présentation des concepts

Nous expliquons maintenant d'une manière plus détaillée, les concepts contenus dans les variables de travail.

Ce que nous proposons maintenant, c'est d'identifier les avantages mesurables ou non des PC appliqués aux systèmes d'architecture ESB contenus dans les réseaux de distribution d'énergie à l'intérieur de la technologie Smart Grid (SG). Leur évolution, leur adaptabilité et, bien sûr, leur réutilisabilité donnent aux entreprises d'énergie l'opportunité de revoir complètement leurs processus d'organisation, et ce, avec le but d'une planification, d'une application efficace et d'une restructuration des processus d'affaires déjà en place.

Certains termes propres à notre étude méritent, ici d'être approfondis : *Patterns* de conception (PC), les *Patterns* de conception et d'architecture (PCA), les Plateformes TI, les SD et la technologie Smart Grid (SG).

#### 2.3.1 Les patrons (*Patterns*) de conception

Le mot anglais *pattern* est souvent utilisé pour désigner un modèle, une structure, un motif, un type, etc. : « Ils permettent la description d'éléments de solutions réutilisables ainsi que la capitalisation des connaissances et du savoir-faire » (Couturier, 2007 p.3). Un *pattern* comporte typiquement la description d'une partie d'un système et la façon de la construire. « Il désigne ainsi les abstractions utilisées

par les experts concepteurs ou programmeurs » (Traduction libre) (Coplien, 1998 p.9).

Chaque fois que nous avons une situation dans laquelle les mêmes tâches, dans le même contexte, se répètent, nous nous trouvons face à la possibilité de la création d'un *pattern* en vue de faciliter l'ouvrage, tout en gardant l'efficacité et les performances requises, peu importe le domaine.

Dans notre société, le terme *pattern* est largement employé dans divers secteurs, comme la couture et la confection des vêtements, ainsi que dans l'industrie en général, dans les organisations modernes, dans les écoles et les universités. Ces *patterns* explicitent les formats d'exécution et de présentations exigées. Nous resterons dans l'essentiel de notre recherche des contributions des PCA aux SD notamment avec la technologie SG.

A l'origine, la notion de PC a été introduite en architecture et en urbanisme par Christopher Alexander dans son ouvrage de 1977 : *A pattern language, town, buildings, constructions*. Selon Alexander, la structuration des bâtiments et leur planification devraient être soutenues par des modèles de conception.

Ces modèles ou schémas se composent de trois couches, comme le montre la figure 2. Un problème récurrent se pose dans une situation connue comme un contexte, et ce, avec une solution éprouvée. « Un patron décrit à la fois un problème qui se produit très fréquemment dans l'environnement et l'architecture de la solution à ce problème de telle façon que l'on puisse utiliser cette solution des milliers de fois sans jamais l'adapter deux fois de la même manière » (Traduction libre) (Alexander, 1977 p.xxxv).

Bien qu'ils soient inspirés des méthodes de design en architecture, « les *patterns*, constituent une idée utile dans un contexte pratique et elle sera utile à d'autres » (Traduction libre) (Ibid). Les architectes, tant du bâtiment que des logiciels et aussi

des organisations, ont de nombreuses questions similaires à se poser. Les *patterns* proposent des abstractions qui n'apparaissent pas naturellement en observant le monde réel. Ils améliorent la flexibilité et la réutilisabilité tout en fournissant une granularité exceptionnelle.

Un *pattern* constitue donc une solution générique à un type de problème fréquemment rencontré, en décrivant et en formalisant les concepts sous-jacents à cette solution. La figure 2.1 montre la définition d'un *pattern* ou d'un modèle.

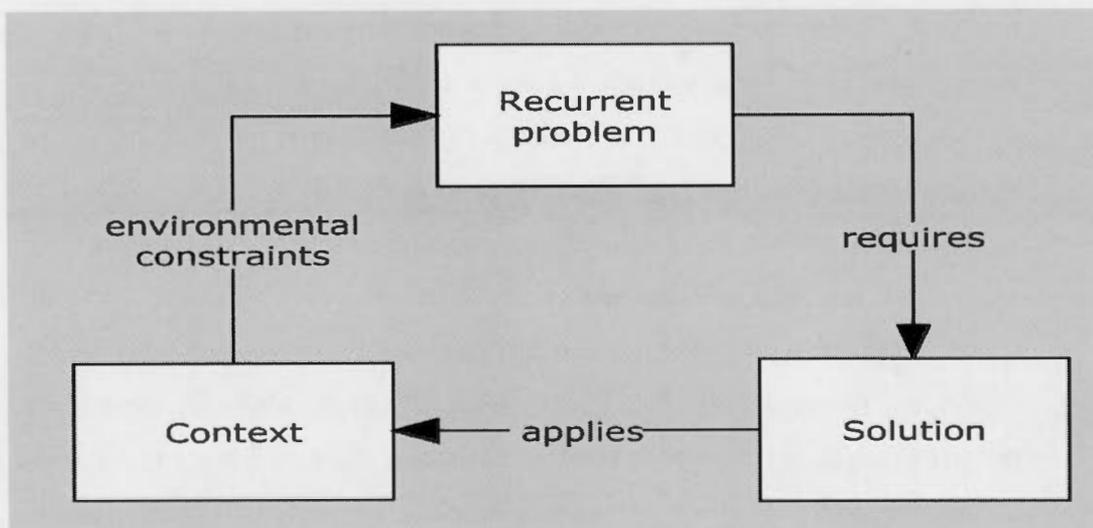


Figure 2.1 : Exemple de l'application d'un pattern de localisation des services.  
 Source : Juziuk et al. *Design Patterns for Multi-Agent Systems: A Systematic Literature Review* Computer Science Bachelor Thesis. Linnaeus University. Kalmar, Suède. Juin 2011 p. 3.

Les *patterns* décrivent :

- Une situation constituant un problème souvent rencontré dans le développement d'applications;

- Une ou plusieurs solutions types à ce problème de manière semi-formelle;
- Les conséquences de l'usage de ce *pattern*.

#### Formalismes d'un *pattern* :

- Nom : Description du *pattern*, ses solutions et ses conséquences en un mot ou deux;
- Problème : Description des conditions d'application : ses objectifs, ses buts à être atteints dans le contexte et avec ses forces;
- Solution : Description des éléments, utilisation des séquences, des diagrammes d'application;
- Contexte : Représente les conditions et préconditions sur lesquelles le *pattern* est appliqué, ainsi que le scénario d'intégration du *pattern*;
- Conséquences : Description des résultats de l'application des *patterns* sur le système (effets positifs et négatifs);
- Forces : Description de l'efficacité, les contraintes du *pattern* et leur interaction pour atteindre les buts et les objectifs prévus. Il s'agit, en effet, d'une clarification des subtilités du problème tout en laissant explicites les enjeux à être considérés. Les forces se traduisent de plusieurs façons par rapport aux qualités recherchées par les architectes d'optimisation : la sécurité, la robustesse, l'évolutivité, la maintenance, la portabilité, la performance, l'indépendance, la facilité d'utilisation et de construction, et d'autres.
- Résultat : Explication détaillée de la façon d'appliquer la solution dans un scénario d'intégration et de l'aide apportée à la solution par des forces associées à ce même scénario.
- Rationnel (Récapitulation): Explication et justification du *pattern* comme une entité entière, et de ses composants, de l'application des forces du *pattern* afin d'atteindre les objectifs désirés, et de pourquoi fait qu'il est *bon* tout en donnant en même temps un aperçu de son fonctionnement. « Dans certains

cas, il peut inclure un ou des exemples d'application efficace » (Traduction libre) (Shalloway et Trott, 2002 p.154).

Donc, les *patterns* ne sont pas des briques, ils dépendent de leur environnement. Ils ne représentent pas une règle, ils ne s'appliquent pas mécaniquement. Ils ne sont pas une méthode non plus. Ils ne guident pas la prise de décision. Les *patterns* sont la décision déjà prise.

L'avantage des *patterns* :

- Vocabulaire commun et aide à la compréhension éprouvée de conception et développement;
- Capitalisation de l'expérience : Catalogue de solutions et bon moyen de documentation des logiciels;
- Niveau d'abstraction plus élevé améliorant la construction des logiciels. (Mahmoud, 2013).

La figure 2.2 nous montre un exemple de patron de conception.

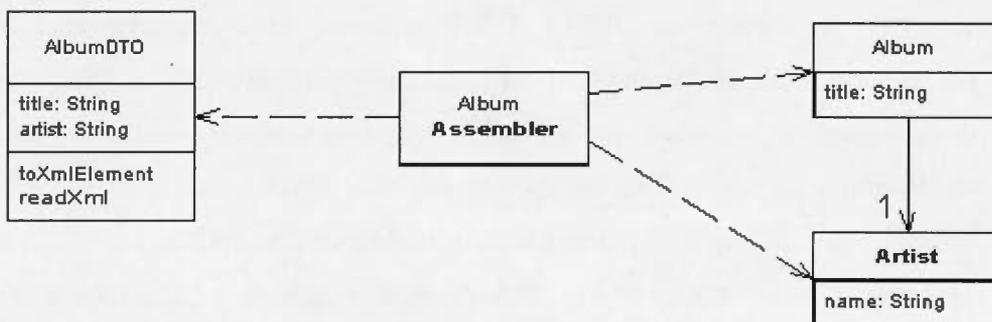


Figure 2.2 : Pattern assembleur et de l'objet transfert des données (Fowler).

Source: Malinen M. *Using EBI Pattern in Conjunction with Service-Oriented Architectures* Master's Thesis in IT, Suède. February, 2013 p. 12.

Les *patterns* contribuent :

- à la modularité, avec une gestion efficace des composants;
- à la cohésion, c'est-à-dire, le degré auquel les tâches réalisées par un seul module sont fonctionnellement reliées;
- au couplage, donc, le degré d'intégration entre les modules dans le système;
- à la réutilisabilité, avec les catalogues et les frameworks.

Inconvénients :

- Effort d'abstraction et de synthèses élevées;
- Apprentissage des *patterns*.

Bien que les *patterns* s'appliquent dans plusieurs domaines comme dans l'architecture des bâtiments, d'autres domaines touchant les architectures tant logicielles qu'organisationnelles n'échappent pas à la règle. Le génie logiciel étant un bon exemple d'application efficace à citer.

Les auteurs définissent huit types de *patterns* comme suit (Catégorisation des *patterns*) :

- *Patterns* de conception (PC) : Décrit une structure récurrente de composants reliés entre eux qui réussissent à résoudre un problème général de design dans un contexte particulier. Il s'agit des schémas de conception réutilisables, organisés, hiérarchisés et évolutifs (Bailet, 2012) et reconnus comme bonne pratique en réponse à un problème de conception;
- *Patterns* d'architecture (PA) : Schémas d'organisation structurelle des logiciels et ses composants. Schéma des systèmes des logiciels tout en fournissant un ensemble de sous-systèmes prédéfinis tout en spécifiant leurs responsabilités. Ça inclut les règles et l'organisation entre ces éléments en vue d'un éclaircissement des relations entre eux (Shalloway et Trott, 2002);

- *Patterns* de conception et d'architecture (PCA) : Correspond à une manière d'apporter des solutions sur la conception des pratiques de l'organisation à grande échelle (architecture) des logiciels. Ça inclut, la structure générale d'un logiciel, sa solution en unités plus petites et les règles générales à appliquer (Mall, 2009);
- *Patterns* de langage (PL) : Solutions liées à un langage particulier. C'est un *pattern* considéré de bas-niveau spécifique et appliqué à un langage de programmation. Il décrit comment implémenter les aspects particuliers ou les relations entre eux tout en utilisant les caractéristiques propres à un langage donné;
- *Patterns* d'organisation (PO) : Schémas d'organisation de tout ce qui entoure le développement d'un logiciel (côté humain);
- *Patterns* d'affaires (business) (PB) : Décrivent les relations d'interdépendance entre les acteurs d'affaires en terme des interactions d'affaires tel que : les services, la collaboration, etc.;
- *Patterns* d'intégration (PI) : *Patterns* servant de jointure des PB afin de constituer des solutions;
- *Anti-patterns* (AP) : Mauvaise solution ou comment sortir d'une mauvaise solution.

La figure 2.3 nous montre un exemple de patron appliquée aux services.

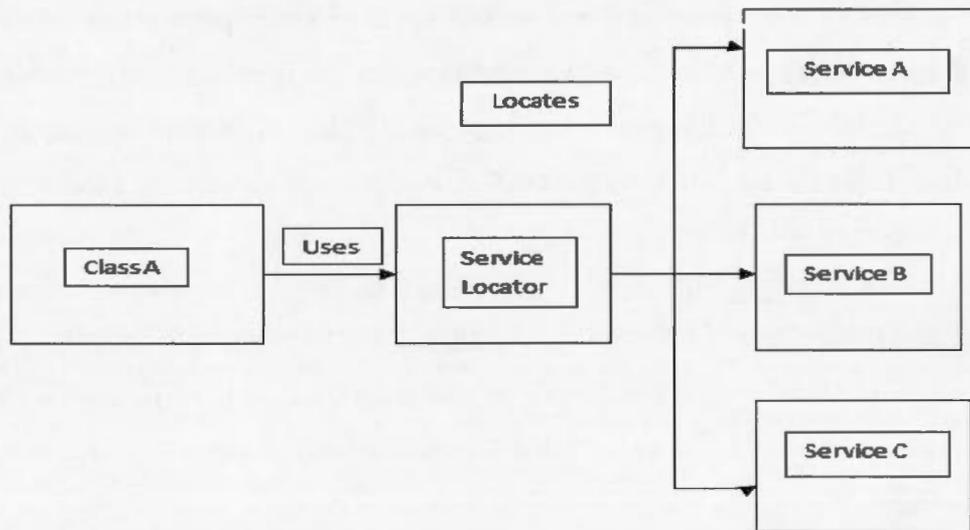


Figure 2.3 : Pattern localisateur des services.

Source: Malinen M. *Using EBI Pattern in Conjunction with Service-Oriented Architectures* Master's Thesis in IT, Suède. February, 2013 p. 11.

Même si les PC ont été le centre d'intérêt dans l'industrie du logiciel, plus particulièrement dans les secteurs de l'orienté-objet et des logiciels basés sur des composants, c'est plus récemment que les chercheurs ont augmenté leur intérêt et leurs implications envers les PA. Ils y ont appliqué les principes et les concepts déjà traités des PC au domaine des architectures organisationnelles et des architectures logicielles qui réfèrent aux logiciels de haut niveau touchant les grandes structures d'information comme les frameworks. Le terme PC est fréquemment utilisé pour faire référence à n'importe quel *pattern* touchant l'architecture du logiciel, le design ou l'implémentation de la programmation.

Nous sommes concernés plus spécifiquement par les *patterns* des systèmes architecturaux des entreprises spécialisées en l'énergie situés à l'intérieur d'une SD, et ce, sans perdre de vue la réutilisation des modèles et des méthodes utilisés par les architectes des systèmes d'information (SI) dans l'entreprise, avec les ressources sur

place, telles que les logiciels, réseaux et le capital humain, en opposition aux systèmes de logiciels comme tels.

Dans notre travail, nous nous concentrerons sur les PC et les PA dans la SD du domaine de l'énergie. Certains auteurs utilisent les définitions de PC et de PA de manière indistincte en les employant comme synonymes lorsque les PC sont appliqués directement aux architectures tant logicielles qu'organisationnelles. C'est pourquoi nous avons choisi de suivre, dans notre travail, ce schéma conceptuel d'application des termes et d'utiliser également la terminologie PCA pour désigner les *patterns* de conception et d'architecture appliqués plus spécifiquement au domaine de l'énergie.

Un aspect important des PCA est qu'ils peuvent très bien identifier le travail dans des scénarios d'affaires. Par exemple, le développement des applications réalisées par IBM® dans IBM Pure Systems® (*Patterns for e-business*), qui nous donne une série de PCA appliqués à la problématique spécifique des solutions IBM® destinées aux entreprises de services d'aujourd'hui.

La figure 2.4 nous montre un autre exemple d'application des *patterns*.

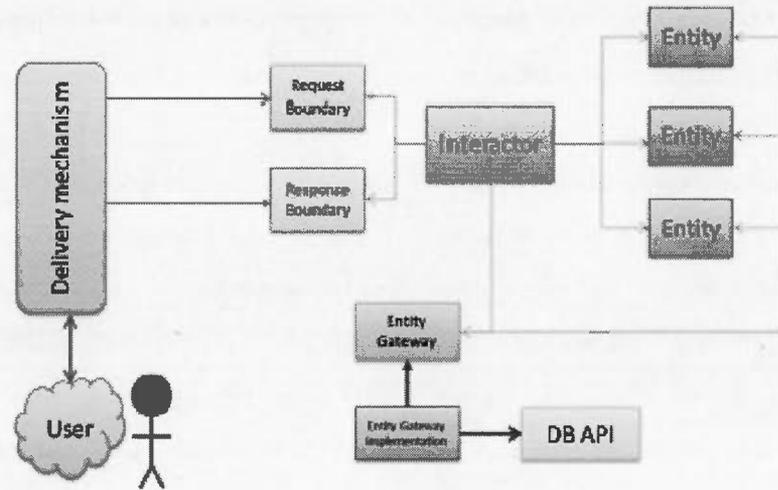


Figure 2.4: Pattern d'intégration entre entités et processus.

Source: Malinen M. *Using EBI Pattern in Conjunction with Service-Oriented Architectures* Master's Thesis in IT, Suède. February, 2013 p. 31.

### 2.3.2 Plateformes TI

Il s'agit des bases de travail complexes à partir desquelles on peut écrire, lire, utiliser et développer un ensemble de logiciels, d'applications et d'autres projets informatiques. La figure 2.5 en est un bon exemple de plateforme TI.

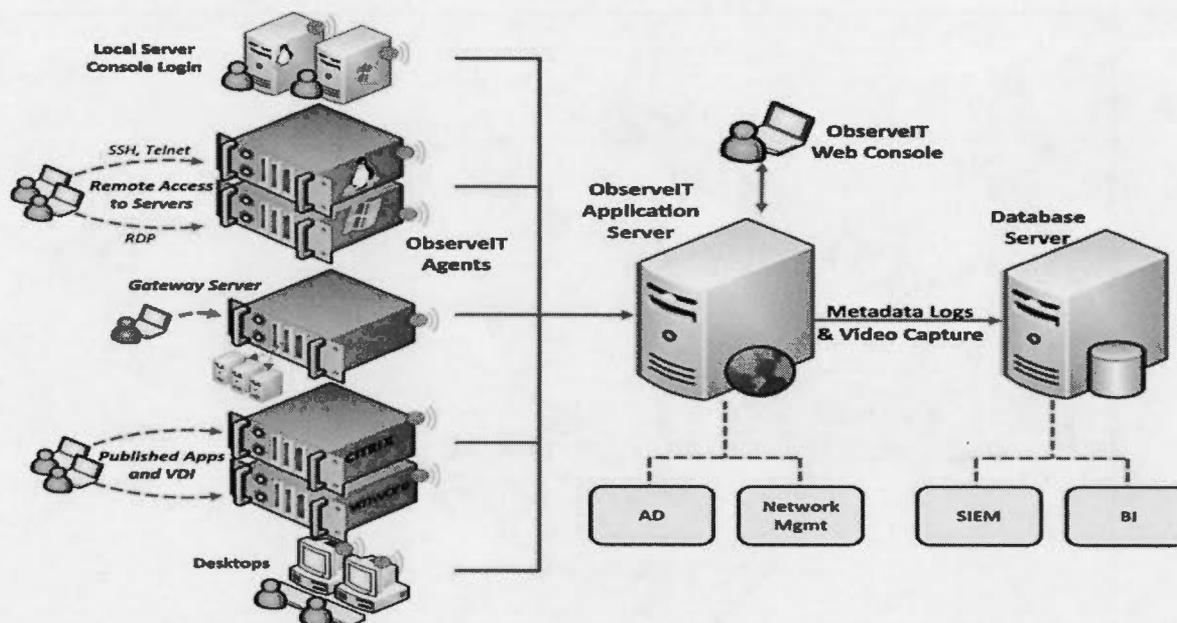


Figure 2.5 : Exemple de plate-forme TI.

Source: The Observer. Technology Journal, June, 2014 p.1.

L'utilisation des réseaux intelligents d'énergie (RI) se réalise toujours à partir d'une base complexe de travail informatique, composée de divers éléments : serveurs, stations de contrôle, capteurs intelligents, connecteurs, connexions, compteurs communicants, réseaux de communication et de transmissions, architectures techniques complexes, orientées vers le travail performant touchant le mouvement d'intégration des données et leur gestion. Ces éléments et tant d'autres sont placés ensemble et déterminent les spécificités du processus de captation de l'énergie des consommateurs et les activités techniques qui leur sont inhérentes tout en créant leurs capacités qui augmentent la valeur ajoutée de l'organisation (Farhangi, 2010).

C'est de cette manière que l'ENAE réalise ses opérations quotidiennes de contrôle, toujours dirigées à partir et sur une énorme plateforme TI.

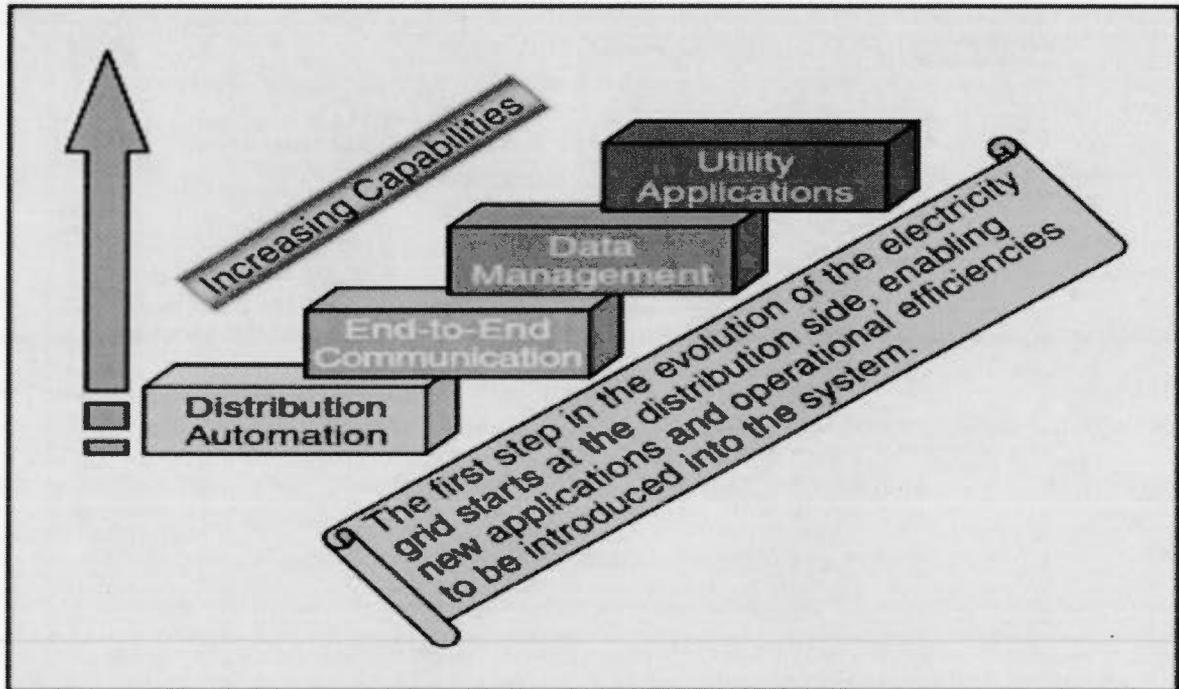


Figure 2.6 : Capacités de la plateforme TI reliées au domaine de l'énergie  
 Source: Hassan Farhangi « *The Path of the Smart Grid* » IEEE power & energy magazine Jan/Feb 2010 p. 20.

### 2.3.3 Stratégies digitales ou numériques (SD)

Il s'agit de la stratégie d'une entreprise qui utilise les technologies de l'information et de la communication à travers des canaux digitaux (Chambard, 2014). Elle comporte des objectifs d'affaires et de marketing, un positionnement des services : la proposition de valeur unique, la reformulation du besoin et la démonstration de la crédibilité du propos. Les affaires digitales redéfinissent les rôles du consommateur, des entreprises et de la société. (Op. cit).

L'émergence de la technologie digitale représente un changement historique de grande ampleur (Nylén, 2015a). Il s'agit d'un processus de transformation des

structures sociotechniques. La digitalisation a pris possession, pour ainsi dire, des organisations : des entreprises, de l'industrie, de l'économie et des affaires (business) dans la société entière (Op. cit.). Les quinze dernières années ont été caractérisées par le bouleversement des économies et des modèles d'affaires influencés par les nouvelles technologies des réseaux digitales qui ont permis l'utilisation de nouveaux patrons (Op. cit.).

L'importance de l'application de la technologie digitale sur l'accomplissement des objectifs d'affaires est devenue de plus en plus grandissante, ce qui a permis une restructuration radicale des industries avec des conséquences directes sur les prises des décisions (Op. cit.). Pour que les entreprises du domaine de l'énergie puissent contrôler toutes ces transformations technologiques, elles ont besoin des outils dynamiques adaptés et à jour pour supporter la gestion de ces nouveaux processus d'innovation digitale (Nylén, 2015b).

Pour que l'entreprise puisse arriver à ses buts avec la technologie digitale, Nylén (2015) a identifié cinq domaines très importants à mesurer et à évaluer afin de bien gérer les produits et les services de l'innovation digitale des produits :

1. Les produits et services digitaux doivent être ne seulement pas efficaces dans leur utilisation et faciles à apprendre, mais aussi ils doivent offrir une riche expérience d'utilisation;
2. Les entreprises ont besoin d'énoncer clairement la proposition de valeur de chaque produit et service digital;
3. Les processus d'évolution digitale consistent à recueillir des renseignements sur les nouveaux dispositifs, les chaînes digitales telles que les services web (Internet), les systèmes d'exploitation mobiles et les média sociaux;
4. Comme l'innovation digitale exige des nouveaux outils, les organisations nécessitent évaluer leurs mécanismes afin de supporter l'apprentissage en

continu des propriétés uniques des technologies digitales dans le but de mettre en place des équipes dynamiques d'innovation;

5. Comme les processus d'innovation digitale sont souvent enflammés lorsque les membres de l'organisation improvisent avec la technologie digitale dans un apprentissage par la pratique la mode, l'évaluation de l'espace disponible et le temps pour l'improvisation et les mécanismes de coordonner ces efforts devient capitales dans leurs applications.

La SD est une stratégie qui utilise les nouvelles technologies de l'information et de la communication (TIC), au service d'une marque, d'un produit ou d'une entreprise, tout particulièrement, à travers les procédés web, les applications mobiles, les réseaux sociaux et la virtualisation. Cette SD est la traduction concrète des objectifs d'affaires (*business*) de l'entreprise appliquée aux technologies digitales (TD). Elle représente l'ensemble des éléments nécessaires pour atteindre les objectifs, compte tenu des limitations de l'entreprise (moyens techniques, financiers, humains et/ou légaux), tout en améliorant la compétitivité. Dans ce sens, aujourd'hui les entreprises ont besoin d'aller au-delà de leur portée habituelle pour atteindre leur but. Pourtant, « les décisions d'affaires sur la divulgation de l'information, les fournisseurs, les concurrents, les partenaires d'affaires et bien sûr, le gouvernement avec ses institutions, ainsi que les communautés locales sont comprises » (Traduction libre) (Granados et Gupta, 2003 p.639). Dans le domaine de l'énergie, la SD est appliquée directement sur l'architecture fonctionnelle des entreprises à la manière d'une instance de celle-ci. C'est pourquoi, la technologie SG dans le cas spécifique de l'ENAE est aussi une instance de la SG comme produit de son application.

Les TD ont remodelé la stratégie traditionnelle d'affaires modulaire, distribuée, inter-fonctionnelle et les processus globaux d'affaires pour laisser la place à un travail déployé sans frontières de temps, de distance et de fonction. L'intégration des produits et des services aux TD a généré pour les stratégies d'affaires, une nouvelle

manière d'évoluer. La SD fait partie de la stratégie générale de l'entreprise et elle en dépend.

Les trois dernières décades ont été le témoin privilégié des changements majeurs de l'évolution des stratégies TI et de la baisse de coût du traitement, du stockage, de la distribution et de la réplication. Ces transformations ont passé d'une étape purement fonctionnelle en s'alignant avec les stratégies d'affaires pour s'incorporer, dans les dernières années, aux technologies digitales ou numériques des produits, des processus et des services interconnectés et devenir des infrastructures digitales d'affaires (Bharadwaj et al., 2003). C'est pourquoi les TD ont transformé les stratégies d'affaires, les processus et les services en ajoutant de nouvelles fonctionnalités tout en adoptant leur infrastructure d'affaire à la nouvelle ère digitale et en élargissant leur portée aux autres organisations, sans oublier l'alignement TI/Affaires et l'évolution de leurs rôles. Nous appelons SD à la fusion entre stratégie TI d'affaires et les TD.

Bharadwaj et al. (2013) ont identifié quatre concepts pertinents à appliquer aux organisations par rapport aux SD, qui déterminent un cadre de travail optimal : la portée, la dimension, la vitesse et les sources de création de valeur d'affaires.

Les tendances numériques d'origine externe sont :

- Une connectivité très envahissante;
- Des chaînes d'approvisionnement mondiales;
- Une croissance soutenue du *clouding*;
- L'abondance d'information;
- L'amélioration de rapport prix / performances;
- L'émergence du « *Big data* »,

Les gros changements organisationnels sont :

- Les limites des modèles traditionnels d'affaires;
- Le rôle trans-fonctionnel des TI;
- Une familiarité accrue avec les TI;
- Un nouveau mandat pour les TI et les directeurs d'information.

Examinons maintenant les concepts mentionnés par Bharadwaj et al. (2013)

- La portée : Définie par le portfolio de produits et d'affaires, aussi bien que les activités qui s'effectuent sous le contrôle directe de l'entreprise;
- La dimension : Facteur majeur de profit dans l'époque industrielle, elle donne les bénéfices de très bas coûts par unité tout en augmentant la profitabilité;
- La vitesse : Facteur d'avantage compétitive pour les entreprises, elle prend toute son importance comme rôle capital dans le paramétrage des affaires numériques (Stalk et Hout, 1990);
- Les sources : Les théories de gestion stratégiques et pratiques ont développé des règles assez fermes focalisées dans les ressources tangibles et démultiplication physique (*leveraging physical* en anglais).

Les clés du développement d'une SD se situent dans :

- *L'unité d'analyse* : Écosystème appliqué sur la communauté d'affaires;
- *Processus d'affaires digitalisés* : Processus standardisés d'affaires qui deviennent banalisés;
- *Plateforme digitale* : Partagée avec la communauté d'affaires.

Un exemple concret d'application des PC dans les entreprises de services est le ESB (Entreprise Service Bus). Il existe un PCA qui propose une approche globale, souple et cohérente d'intégration touchant la virtualisation des services et les

processus d'affaires dans les plateformes TI soutenant une SD. Il garde les services ensemble comme une seule unité déployable qui est gérée comme une console centrale. La figure 8 en est un bon exemple.

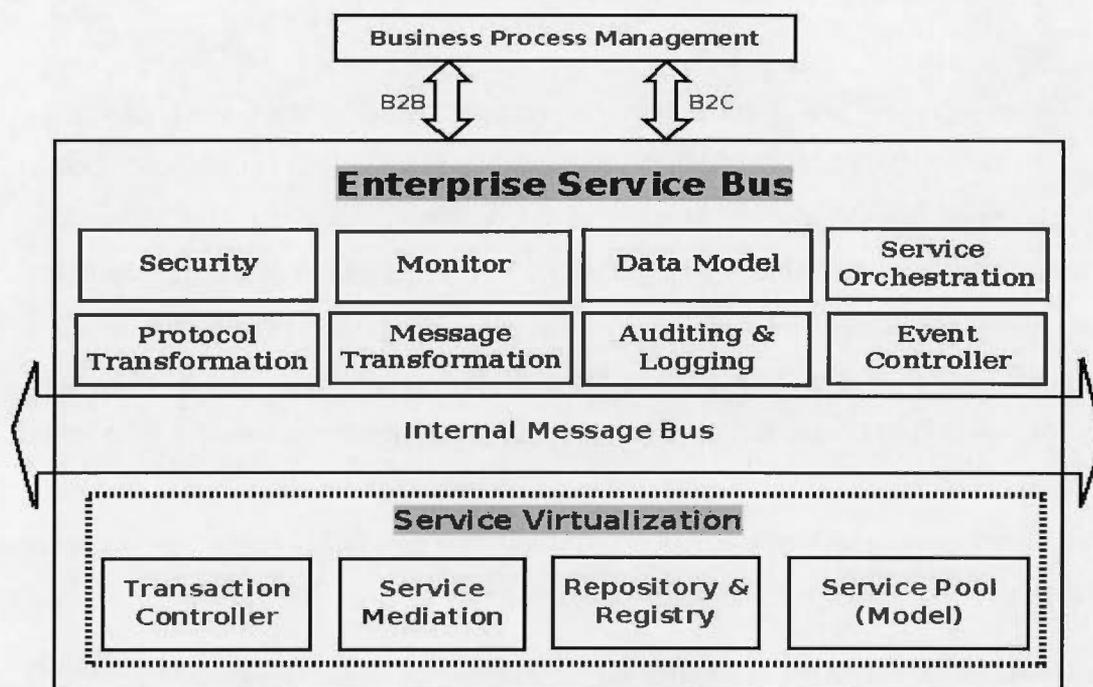


Figure 2.7 : Enterprise Service Bus Architecture (*pattern*). Source : Rajam, Sidhant. « *Enterprise Service Bus Dependency Injection on MVC Design Patterns* » IEEE TENCON 2010 p. 1018

L'intention de notre recherche est donc d'explorer les PCA et leurs contributions aux nouvelles capacités des plateformes TI pour soutenir la stratégie digitale dans l'ENAÉ.

Ces nouveaux procédés sont basés sur des processus granulaires donc, très décortiqués, qui, pourront faire preuve d'adaptation aux processus spécifiques de l'entreprise à la manière des pièces un peu adaptables ou maniables d'un puzzle, tel que nous avons vu à travers les figures montrées.

#### 2.3.4 Les réseaux d'énergie intelligents ou « Smart Grid »

La technologie SG est l'intégration de nouvelles technologies intelligentes de l'information et de la communication appliquée aux réseaux déjà existants, rendant le système plus flexible tout en assurant une livraison d'électricité plus efficace et économiquement plus viable et sûre. Le SG est une infrastructure nouvelle permettant une gestion bidirectionnelle en temps réel de l'électricité et des informations associées grâce à l'utilisation des technologies numériques. Nous observons l'évolution de la SD contenant cette technologie et les transformations des PCA, avec les gains évidents de valeur ajoutée et les économies qui en découlent. C'est pour cette raison que son application, aux entreprises d'énergie, le SG devient une instance de la SD.

La constante évolution des systèmes informatiques, mêlée au besoin grandissant de consommation électrique dans le monde, fait en sorte que de nouveaux procédés ont vu le jour. Dans ce sens, l'intégration des nouvelles TIC, dites intelligentes et les défis qu'elle génère sur ces systèmes : de production, de stockage et de distribution électrique, ont donné naissance à une nouvelle génération appelée SG ou *intelligent grid* (Farhangi, 2010). Cette intégration rendra les réseaux plus communicants permettant les actions des acteurs du système électrique, tout en assurant une distribution d'électricité plus efficace, économiquement viable et sûre. (Chevalier, 2010).

« Cette technologie SG, aussi appelée : intelligrid, futuregrid, intergrid, ou intragrid est le renforcement de l'ensemble des techniques surtout informatiques surgies durant le XXe siècle appliquées aux systèmes énergétiques ou *power grid* » (Traduction libre) (Fang, 2012 p.944).

En même temps, le développement des énergies renouvelables, l'utilisation électrique et les moyens de production ont connu une profonde mutation autour de la planète. Dans ce sens, les réseaux intelligents offrent également la possibilité d'intégrer des énergies alternatives et renouvelables, comme l'énergie solaire, l'énergie éolienne ou la biomasse. Tout foyer connecté au réseau peut non seulement consommer de l'énergie provenant d'un réseau électrique comme celui de notre compagnie provinciale d'énergie, mais également, produire de l'énergie et la rendre disponible aux autres foyers.

L'évolution des réseaux électriques, combinés avec les réseaux et les infrastructures des TIC, a donné lieu à une nouvelle génération de réseaux appelés Réseaux électriques intelligents (ou SG). Ces réseaux ont des exigences relatives aux architectures de communication et des services. Cette génération de réseaux requiert également la mise en œuvre de services pour leur monitoring et leur surveillance. Avec la venue des compteurs intelligents, il devient possible de faire communiquer les foyers avec un centre de contrôle et de monitoring, ce qui permet de gérer et de contrôler à distance les appareils se trouvant dans le foyer.

« Le terme anglais *grid* fait référence à un système électrique capable de supporter toute ou une partie des cinq opérations suivantes : génération, collecte, transmission, distribution et contrôle électriques » (Traduction libre) (Fang, 2012 p.945).

Le concept SG a commencé à partir d'un nombre significatif d'innovations technologiques dans l'industrie de génération électrique. Cela inclut, les sources de production renouvelables, la transformation du réseau de distribution et les dernières TIC.

L'utilisation des TI (donc l'application de la SD) d'aujourd'hui rend capable le SG de bien répondre à la demande et aussi, aux événements qui pourraient survenir n'importe où sur le réseau, lors de la génération, de la transmission, de la distribution et de la consommation en adoptant les stratégies qui s'imposent, au moment requis. Cela inclut les pannes, les contrôles de pics de consommation ainsi que la stabilisation et la récupération automatique du réseau, entre autres.

Le SG est un système électrique qui utilise l'information en deux sens (de manière bidirectionnelle) avec une technologie de communication sécuritaire. Également, SG se sert de l'intelligence des ordinateurs pour établir et atteindre un système fiable, efficient, sûr, propre, résilient et durable.

Tableau 2.1 : Comparatif entre le *grid* à l'heure actuelle et les SG.

Source: Fang, X., Smart Grid *The New and Improved Power Grid: A Survey*, IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 14, NO 4, Fourth Quarter 2012 p. 944.

| Réseaux électriques actuels            | Réseaux électriques intelligents<br>(Smart Grid)        |
|--|---|
| Analogique (Electromécanique)          | Numérique (Digital)                                     |
| Unidirectionnel                        | Bidirectionnel  |
| Production/Génération centralisées     | Production/Génération décentralisées                    |
| Monitoring/Restauration manuelles      | Auto Monitoring/Restauration                            |
| Système avec défaillances et pannes    | Système adaptative avec l'isolement des actions à mener |
| Communicant sur une partie des réseaux | Communicant sur l'ensemble des réseaux                  |
| Contrôles limitées                     | Contrôles bien réparties                                |

|                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| Restauration manuelle              | Auto restauration         |
| Choix limités pour le consommateur | Pleines options à choisir |
| Consommateur                       | Consom'acteur             |

L'arrivée du SG est la combinaison d'un contexte spécifique d'affaires beaucoup plus exigeant et de nouvelles possibilités technologiques dont les services numériques. La réalisation et le développement de ces systèmes auraient été inabornables il y a seulement quelques années. (Bauchot et Marcoux, 2010). Les visages de SG diffèrent selon les régions du monde, voir même d'une entreprise à l'autre selon les facteurs politiques, économiques et environnementaux propres à chaque cas (Bauchot et Marcoux, 2010).

Généralement parlant, l'Amérique du Nord privilégie l'efficacité énergétique. Aux États-Unis, le contrôle des points, la sécurité et l'application au secteur alimentaire sont des facteurs importants, tandis que la définition européenne du SG insiste d'avantage sur le développement durable et la production décentralisée, avec une participation active des clients. En Chine, SG s'inscrit dans un contexte d'accélération des besoins énergétiques, avec un accent sur le transport pour alimenter les régions en développement rapide (Bauchot et Marcoux, 2010).

La réalité, de manière locale, amène certaines particularités relatives au SG :

- Coûts moyens d'approvisionnement assez bas par rapport au coût marginal, qui est élevé;
- La pointe hivernale très importante de consommation électrique, ce qui fait qu'une surconsommation déclenchera une importation d'énergie;

- Les exportations d'énergie vers les autres états américains et les provinces canadiennes sont très rentables pour l'ENAE (Bauchot et Marcoux, 2010);
- Les approvisionnements de l'ENAE sont grandement constitués d'électricité renouvelable, donc la production répond assez rapidement aux pointes quotidiennes de puissance;
- Les politiques actuelles d'intégration, de production, de transport et de distribution de l'ENAE contribuent aux finances de la localité.

Les réseaux intelligents (RI) contenus à l'intérieur des services numériques peuvent être définis selon quatre caractéristiques : flexibilité, fiabilité, accessibilité et économie. Leurs architectures représentent, à elles toutes seules, un défi de taille afin de bien accomplir les lourdes tâches de gestion reliées au SD.

Les caractéristiques qui définissent ces défis sont :

- La résistance maximale aux attaques, et ce, n'importe où dans le réseau, que ce soit les compteurs intelligents, les éléments de transmission, les systèmes de réseau sans fil, etc.;
- L'ouverture des nouveaux marchés numériques;
- Une optimisation accrue des actifs et des opérations de manière efficace;
- Une architecture (ESB) supportée par la technologie digitale capable de supporter un système qui « guérit » de manière automatique et autonome;
- La capacité de motiver, d'appuyer et de s'investir pour le client;
- La capacité de fournir le haut niveau de qualité désiré pour les besoins d'aujourd'hui, le XXIe siècle;
- L'aptitude à recevoir et à intégrer toutes les options de génération et de stockage (Cisco Systems, 2011).

D'un autre côté, à l'heure actuelle, des tendances qui si elles se maintiennent, modifieront l'évolution du SG dans le marché nord-américain :

- Production décentralisée;
- Coûts historiques très bas;
- Pointes hivernale et estivale;
- Exportations d'électricité;
- Fiabilité inégale du réseau de distribution;
- Intégration verticale : Production, transport et distribution tout en étant une propriété du gouvernement provincial;
- Approvisionnements en électricité;
- Efficacité énergétique, de même que la capacité transit du réseau et la fiabilité (Bauchot et Marcoux, 2010).

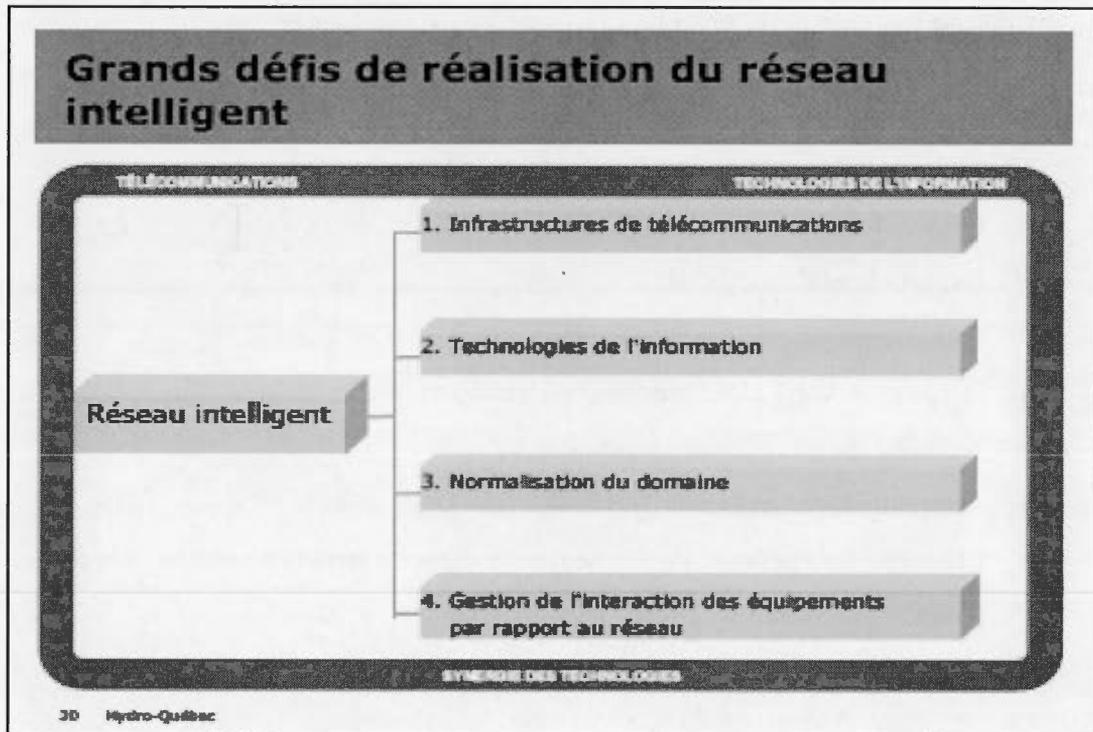


Figure 2.8 : Grands défis de réalisation du réseau intelligent.

Source : Simard, Georges et Giumento, Angelo. *Plan d'évolution du réseau 'vers un réseau intelligent' Horizon 2010-2025*. ENAÉ. Décembre 2010 p.14.

L'application des SG ont besoin d'être supportées par des systèmes informatiques performants basés sur la technologie digitale qui capteront les fluctuations d'énergie électrique afin de bien gérer les consommations individuelles. Pourtant, l'établissement d'une architecture particulière impliquant les aspects techniques, informatiques (dont la numérisation) et organisationnels, avec leurs spécificités dont l'application des services numériques et l'interopérabilité propre à cette innovante technologie, est requise sur tous les plans.

Aujourd'hui, les services publics d'électricité peuvent répondre à de nouvelles réglementations et aux attentes du client afin d'accéder aux dernières infrastructures

intelligentes en matière d'énergie électrique, et ce, entre autres, pour l'utilisation d'une intégration optimisée des données reliées et des logiciels d'analyse qui la soutiennent.

Avec l'application d'une technologie informatique très moderne basée dans les principes numériques et ciblée dans l'établissement de standards adressés à la technologie SG, les clients bénéficieront d'énormes avantages, comme la réduction de leurs factures, une réduction accrue des pannes, un meilleur contrôle de leurs consommations électriques et la possibilité de produire de l'énergie afin de la stocker ou la vendre aux autres consommateurs et tout ça, en coopérant avec les choix d'énergie vertes afin d'augmenter, entre autres, les ressources naturelles renouvelables et durables (Cisco Systems, 2009).

À partir d'ici, nous allons mettre en pratique les principes de la recherche scientifique appliquée afin d'établir quels sont les bénéfices et les contributions apportées par les PCA à l'intérieur des structures architecturales (ESB) de contrôle reliant la SD aux réseaux intelligents, et ce, à travers les informations que nous obtiendrons lors de plusieurs entretiens avec les directeurs hautement impliqués dans le développement de cette technologie de grande actualité.

Le prochain chapitre, la problématique, définit la question principale de recherche, les objectifs, les questions secondaires de recherche et les hypothèses, afin de bien développer un cadre détaillé à notre projet.

## 2.4 Les définitions générales

Voici une liste non exhaustive des termes génériques utilisés dans le texte :

Architecture TI d'affaires : Modèle logique des principes de technologie, des normes et des *patterns* appliqués qui sont définis pour soutenir les modèles d'affaires et les architectures de l'organisation (Perroud et Inversini, 2013).

ESB (*Enterprise Service Bus*) : Nouvelle architecture qui exploite les services web, les systèmes orientés messages, le routage intelligent et la transformation. L'ESB agit comme une colonne vertébrale légère et omniprésente de l'intégration, à travers laquelle les services logiciels et les composants applicatifs circulent (Chappell, 2004). Il s'agit, en fait, d'un outil qui permet d'orchestrer automatiquement les services nécessaires à l'implémentation des processus collaboratifs représentés graphiquement. Les services sont distribués sur le réseau de l'entreprise ou sur Internet, et ils s'échangent des messages représentés par des documents textuels (Op. cit.).

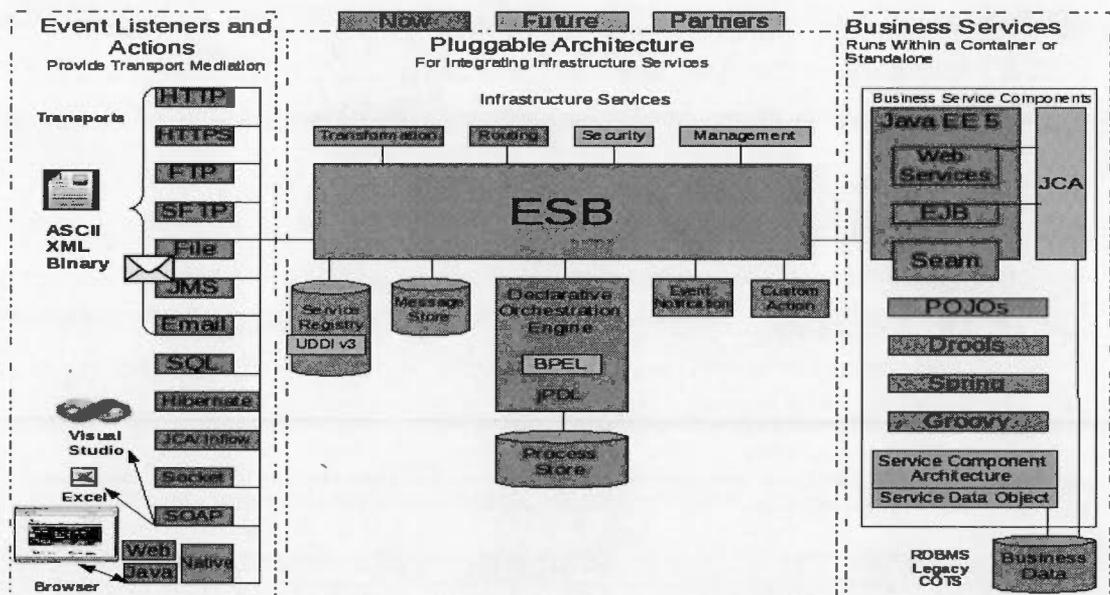


Figure 2.9 : Exemple d'application pratique des ESB.

Source: JBoss ESB Beginner's Guide (Extrait de <http://jbossesb.jboss.org/>) 2013.

*Framework* (Cadriciel en français) : Représente un ensemble cohérent de composantes logicielles structurées, qui sert à créer les fondations ainsi que les grandes lignes de tout ou d'une partie d'un logiciel (Chazotte, 2004).

*Patterns*: Modèle, structure, patron, schéma, motif, type. Ils codifient solutions prouvées aux problèmes récurrents de design (El Boussaïdi et Mili, 2012).

*Patterns* d'architecture (PCA) : Modèle architectural qui permet de résoudre et définir certains éléments de cohésion essentiels d'une architecture logicielle. Un *pattern* architectural est une solution largement reconnue et réutilisée sur un problème de conception récurrent dans le domaine des architectures logicielles (Chih-Hung et al., 2008).

*Patterns* de conception (PC) : Règle tripartite (contexte, problème et solution) exprimant une relation entre un certain problème qui apparaît répétitivement dans ce contexte et une certaine configuration logicielle qui permet la résolution de ce problème (Appleton, 1998). Nous avons choisi d'expliquer le PC MVC (Modèle Vue Contrôleur) à cause de sa grande utilisation par les entreprises qui développent des logiciels en général. Il permet de séparer une application en trois parties : partie Modèle, partie Vue et la partie Contrôleur, comme le montre bien le schéma suivant.

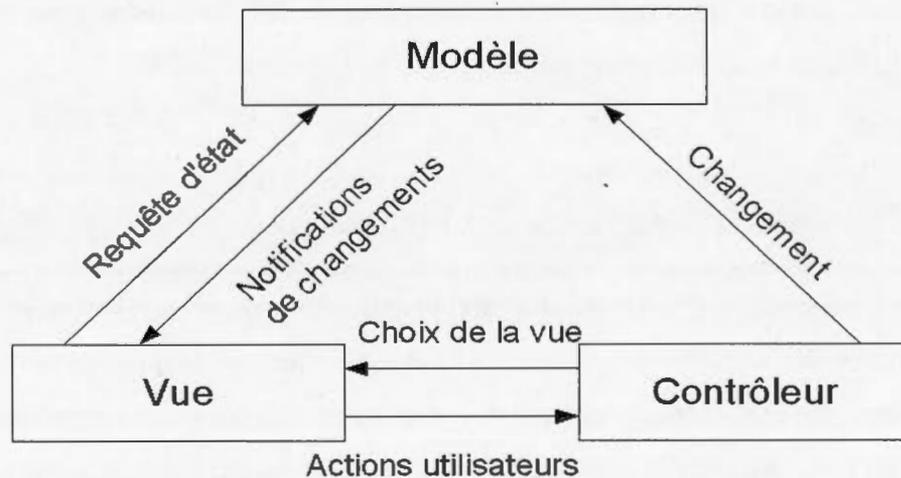


Figure 2.10 : PC MVC

Source : Site Glossaire Java. Extrait de <http://www.glossairejava.com/author/admin>  
p.2 Copyright© 2013

Le PC MVC est un *pattern* de conception particulièrement adapté pour réaliser des applications web, et donc il s'intègre facilement dans les SD des entreprises. Il est le résultat d'une combinaison des trois *patterns* : *composite*, *observer* et *strategy*. Son Modèle contient les données de l'application, la Vue contient le code pour afficher les pages de l'application, et le Contrôleur gère les interactions de l'utilisateur en faisant le lien avec le Modèle et la Vue. Il permet également une séparation claire des applications et optimise la création d'une application web ou d'un site, sa maintenance et ses tests automatisés (Hilaire, 2004).

Plateformes TI : Ensemble de composants techniques et technologiques permettant de construire des solutions performantes comme résultat d'un processus de constante transformation, adapté aux réalités et aux contextes uniques. C'est une base de travail

à partir de laquelle on peut écrire, lire, utiliser, développer un ensemble de logiciels (Hilaire, 2004).

SD : C'est le processus de précision des objectifs, de la vision, des possibilités et des initiatives de l'organisation, afin de maximiser les avantages commerciaux des initiatives numériques dans les entreprises (Bharadwaj et al., 2013).

TI : Regroupement des techniques principalement de l'informatique permettant aux utilisateurs de communiquer, d'accéder aux sources d'information, de stocker, de manipuler, de produire et de transmettre l'information (Statistiques Canada, 2014).

SG : Réseau de distribution d'électricité dit, intelligent, qui utilise des technologies informatiques de manière à optimiser la production, la distribution, la consommation et qui a pour objectif d'optimiser l'ensemble des mailles du réseau d'électricité (ENAE, 2010). Le principe des SG consiste à permettre au réseau de distribution d'électricité de communiquer en symbiose avec le réseau déjà existant d'une infrastructure de télécommunication reliant le producteur au consommateur. Il est composé d'un compteur intelligent chez l'utilisateur, d'un logiciel de suivi et de gestion de la consommation client, d'une infrastructure de communication reliant le consommateur au producteur, de serveurs informatiques et de logiciels de *back-office* permettant au producteur de stocker et d'analyser les informations (Ibid).

## 2.5 Bref Historique du Domaine

Les premiers travaux vraiment significatifs, portant sur le sujet traité dans ce mémoire, remontent à 1960 avec les premières applications *IBM Mainframe*® avec les travaux de réplique des modules des sous-systèmes. Ces derniers travaux ont été suivis par ceux de Popek et Goldberg (1974) qui marquent le début d'une application de la virtualisation.

Ensuite, des PCA voient le jour avec Christopher Alexander (1977) et la création de 253 PC élémentaires. Puis, Beck et Cunningham (1987) définissent des structures appliquées concurrentes et, Henderson (1991) et Venkatraman (1993) produisent leur modèle d'intégration. Par la suite, Montebello (1994) a conçu ses premiers PC appliqués à l'organisation et la - *Gang of Four* : Gamma, Helm, Johnson et Vlissides - (1994), créent 23 PC appliqués au génie logiciel. Viennent ensuite Buschmann (1996) avec ses architectures PC et Martin Fowler (1997) avec les PC objets structurés.

La même année, J. Coplien (1997) crée 10 PC adaptés du génie logiciel à l'organisation. Suivent Sabherwal et Chan (2001) et leurs niveaux stratégiques et la dimension intellectuelle ainsi que Luffman (2003) propose une théorie de méta-modèles des travaux des mesures sur des PC (2009) et la définition des six dimensions ou critères de maturité. En 2003, IBM® décide de s'impliquer à son tour dans le développement, l'application et la vente des logiciels performants, basés sur des solutions hautement inspirées des PC et des PCA. La série IBM Pure Systems® est désormais à la disposition de l'ensemble des organisations. Benbya et McKelvey (2006) produisent un modèle de coévolution et de complexité. Thomas Erl (2009) crée un catalogue des PC (PCA) génériques d'application aux entreprises, dont quatorze spécifiques appliqués à notre contexte. Maes et Vries (2008) travaillent dans l'alignement stratégique. Kashanchi (2008) ajoute une dimension sociale aux *patterns*. Beedle (2009) initie des adaptations des PC aux travaux sur l'Agilité, suivi de Müller (2011, 2013) avec la recherche intégrative de la gouvernance TI, de Balareth, Liu et Manwani (2012), avec la perspective par l'apprentissage de l'organisation, et de Gomez et Ortiz (2013) avec le modèle organisationnel structuré.

Parallèlement à cela, les SD voient le jour pendant les années 1980 avec l'application directe des premières techniques liées au digital, notamment dans l'entreprise Avanquest Software, en France, qui ouvre les portes aux autres entreprises en quête d'améliorations techniques visant une performance. Nous pouvons parler, ici, de

transition digitale ou numérique. En 1995, nous assistons à la naissance du monde digital. Par la suite, en 1996, l'internet et le courriel voient le jour. Ensuite, en 2000, arrive le Web 1.0 interactif et le mobile, suivis en 2005, par le Web 1.5 participatif (*Chat, Tags, etc.*). Et puis, en 2008, le Web 2.0 collaboratif a vu le jour (*Wiki, Blog, Vidéoconférence, etc.*) et le mobile en ligne (*iPhone, Apple Store, Androïde, etc.*) révolutionnent les techniques de diffusion digitales.

## 2.6 Sens de notre recherche

Les concepts trouvés et appliqués de manière implicite dans la littérature nous donnent un guide et qui nous permet d'aller au-delà des connaissances actuelles et d'approfondir, de manière globale et extensive sur les mécanismes d'application des PCA, contenus dans les structures d'architecture (ESB), et les SD, à l'intérieur des structures des réseaux de distribution du Smart Grid, et ce, dans l'ENAE (secteur de l'énergie). Ensuite, nous analysons précisément les mécanismes d'intégration des PCA dans les architectures organisationnelles et technologiques touchant les infrastructures techniques reliées à l'énergie. Nous entreprenons une étude approfondie, menée de manière systématique, et inspirée des méthodes trouvées dans la littérature.

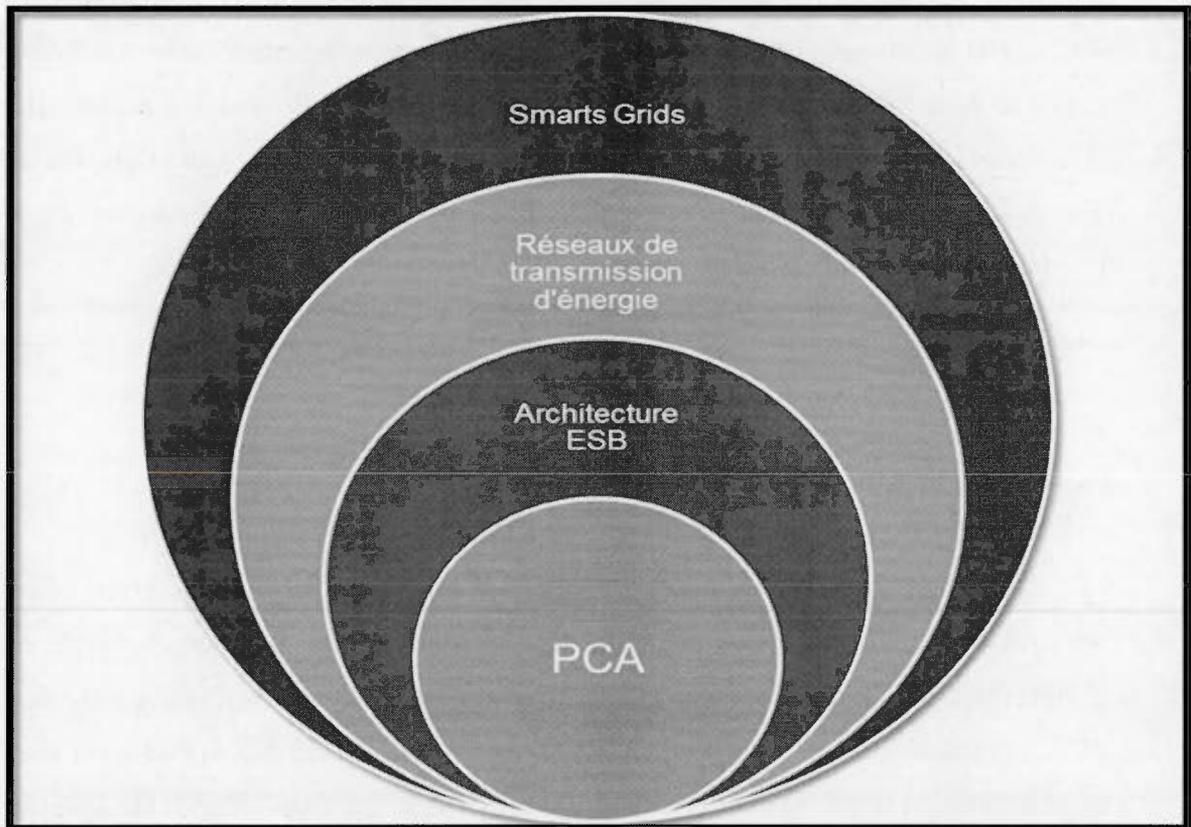


Figure 2.11 : Diagramme applicatif général de notre recherche.  
Source : E. Rios. Octobre 2014

## 2.7 Les *patterns* de conception et d'architecture (PC et PCA)

La définition de la nature de l'activité de conception de logiciel est restée longtemps assez floue (Jézéquel, 2006). Nous pouvons définir un *pattern* comme: « une idée qui a été utile dans un contexte pratique et sera probablement utile dans d'autres » (Alexander, 1979 p.xxxv).

Les *patterns* sont considérés comme un moyen de mettre des blocs de construction

dans leur contexte, comme pour décrire une solution de réutilisable à un problème. Ces *patterns* peuvent dire comment ils sont utilisés, quand, et pourquoi, et quels sont les compromis qui doivent être faits à cet égard. Les *patterns* offrent la promesse d'aider l'architecte à identifier les combinaisons des structures et la solution composée en blocs de construction qui ont fait leurs preuves pour offrir des solutions efficaces dans le passé et qui peuvent servir de base à des solutions très efficaces à l'avenir (TOGAF, 2006). Ces techniques de *patterns* de construction sont généralement reconnues comme ayant été établies comme une architecture technique de conception de valeur par Alexander, un architecte des bâtiments, qui décrit cette approche dans son livre *The Way Timeless* du bâtiment, publié en 1979. Ce livre offre une introduction aux idées derrière l'utilisation des *patterns*. Alexander dans deux autres livres : *A Pattern Language* et *The Experiment Oregon* développe sa description des caractéristiques et des avantages d'une approche de *patterns* reliés à l'architecture.

Les PCA sont l'une des meilleures façons de partager des idées de conception (Chhatpar, 2007). Les architectes de bâtiments et de logiciels ont beaucoup de problèmes similaires à résoudre, et il est très naturel, pour les architectes de logiciels, de s'intéresser aux modèles comme à un outil architectural. De nombreux articles et livres ont été publiés depuis 1979, année de publication du livre d'Alexander (TOGAF, 2006).

Un PCA fournit un schéma pour affiner les sous-systèmes ou les composants d'un système de logiciel, ou leurs interrelations. Il décrit une structure communément récurrente de communication de composants qui résout un problème de conception générale dans un contexte particulier. Un PCA exprime une organisation structurelle fondamentale ou le schéma de systèmes logiciels. Il fournit un ensemble de sous-systèmes prédéfinis, précise leurs responsabilités et comprend des règles ainsi que des lignes directrices pour l'organisation des relations entre eux. On peut le définir aussi comme un concept qui permet de résoudre et de définir certains éléments de cohésion essentiels d'une architecture logicielle.

Bien que les PCA fassent l'objet d'un intérêt général dans l'industrie du logiciel depuis plusieurs années, notamment dans les domaines de logiciels orientés objet, ce n'est que récemment qu'il y a eu un intérêt croissant pour les PCA, pour l'extension des principes et des concepts des modèles de conception dans le domaine plus particulier de l'énergie en Amérique du nord. La documentation technique relative à ce domaine est compliquée par le fait que beaucoup de gens dans le domaine des logiciels utilisent le terme architecture pour désigner les logiciels structurés, et aussi à la fois, de nombreux modèles décrits comme des modèles d'architecture sont en réalité des modèles de conception de logiciel de haut niveau. Cela rend d'autant plus important la précision dans l'utilisation de la terminologie. Plusieurs formats différents sont utilisés dans la littérature pour décrire les tendances, et aucun format unique ne pourrait atteindre une large acceptation. Cependant, il y a un large accord sur les types d'éléments qu'un *pattern* doit contenir. Les rubriques qui suivent sont tirées de l'architecture logicielle orientées-*patterns*: un système des *patterns* (TOGAF, 2006).

### 2.7.1 Éléments constitutifs d'un PC

Baillet (2012) et IBM Pure Systems® (2004), parmi d'autres, décrivent les éléments les plus représentatifs qui se trouvent dans la plupart des *patterns*, même si différentes rubriques sont utilisées pour les décrire :

- Le nom : Généralement composé en un seul mot ou d'une phrase courte pour désigner le *pattern* d'une manière significative;
- Le problème : Une description du problème indique l'intention dans l'application du *pattern* dont les buts et les objectifs sont destinés à atteindre le contexte décrit ci-dessous et les forces;
- Le contexte : Les conditions dans lesquelles le modèle est applicable;

- Les forces : Une description des forces et des contraintes pertinentes ainsi que de leurs interactions et leurs conflits les uns avec les autres, avec les buts et les objectifs visés. La notion de forces équivaut à bien des égards aux qualités que les architectes cherchent à optimiser, et aux préoccupations qu'ils cherchent à résoudre dans la conception des architectures. Les forces attribuées aux PC et aux PA (PCA), sont :
  - La sécurité, la robustesse et la tolérance aux pannes de gestion;
  - La performance et l'utilisation de l'espace;
  - La croissance progressive sur demande;
  - L'extensibilité et la maintenabilité;
  - La modularité, la réutilisabilité, l'indépendance et la portabilité;
  - L'exhaustivité et l'exactitude;
  - La facilité de construction;
  - La facilité d'utilisation;
  - Une grande économie d'application et exécution;
- La solution : Est une schématisation descriptive des éléments qui résolvent un problème, en utilisant du texte ou des graphiques, de façon à atteindre les buts et les objectifs visés. Elle doit identifier à la fois la structure de la solution statique et son comportement dynamique - les personnes, les acteurs informatiques et leurs collaborations - (Shalloway et Trott, 2002);
- Le contexte résultant : Les post-conditions après l'application du modèle. La mise en œuvre de la solution nécessite normalement un compromis entre les forces rivales. Cet élément décrit les forces ont été déjà appliquées et leurs modalités d'application et celles qui restent en suspens. Il peut également indiquer d'autres motifs qui peuvent être applicables dans le nouveau contexte. (TOGAF, 2006);

- Les exemples : Une ou plusieurs applications du modèle qui illustrent chacun des autres éléments de l'échantillon, un problème spécifique, le contexte ou un ensemble de forces dont le motif est appliqué ainsi que le contexte résultant;
- Le raisonnement : Une explication ou une justification du motif dans son ensemble ou de ces composants individuels, indiquant comment le modèle fonctionne réellement, et pourquoi;
- Les *patterns* voisins : Les relations entre un *pattern* et d'autres. Les *patterns* voisins peuvent être des motifs qui ont précédé les *patterns*. Leurs contextes résultants correspondant à leur contexte initial. Les *patterns* successeurs ou *patterns* alternatifs, décrivent une solution différente pour le même problème, mais sous différentes forces. Il est important de mentionner l'indépendance fonctionnelle de ces *patterns* voisins. Ils peuvent aussi commencer par un résumé donnant un aperçu de la structure et en indiquant les types de problèmes qu'ils abordent. L'abrégé doit également identifier le public cible et les hypothèses (TOGAF, 2006).

À ce stade, Louw (2014) nous montre les avantages suivants des *patterns* représentant une valeur d'affaires sûre. Ils sont conçus pour offrir :

- La simplicité: Ils consolident facilement les différents serveurs par rapport au stockage, les applications, dans une vue abstraite facile à gérer qui peut être contrôlée à partir d'une console de gestion unique;
- L'agilité: Ils permettent l'abstraction et l'automatisation des processus clés, tels que l'installation, la configuration et le déploiement. Les *patterns* peuvent réduire le coût et le temps nécessaires pour gérer la performance et l'évolution des systèmes;

- L'évolutivité: Les *patterns* offrent des politiques que les administrateurs ou les développeurs peuvent utiliser pour redimensionner les systèmes de haut en bas, automatiquement, en fonction de la charge de travail;
- La fiabilité: Les habitudes sont une abstraction de l'infrastructure sous-jacente, quand ils sont déployés le même système ou une application peuvent être déployées encore et encore, ce qui se traduit par un environnement plus cohérent;
- L'efficacité: Avec les modèles, les utilisateurs peuvent optimiser les processus informatiques, tels que l'installation et la configuration, ce qui entraîne la conservation de ressources précieuses et le temps de déploiement des systèmes.

La connectivité et l'intégration d'un PCA dans un contexte d'application et de développement, surtout dans le domaine de l'énergie, peuvent devenir complexes. De plus en plus, la mission des logiciels adaptateurs (comme *IBM Integration Bus®*) est de prendre les tâches d'intégration les plus difficiles et éloignées du contexte d'intégration et de les rendre faciles à réaliser, sans la nécessité d'un codage personnalisé. Les PCA peuvent aider à simplifier les problèmes d'intégration complexes en les réduisant à l'expression de quelques points de base de la variabilité dans un ensemble de solutions réutilisables et communes (Thompson, 2013).

### 2.7.2 Les PCA aujourd'hui

Les PCA ont parcouru un chemin long et assez ardu, à partir du concept original proposé par Alexander. Cette évolution nous a bien démontré que ces structures qui se répètent deviennent presque absolument nécessaires, surtout dans les grosses

architectures des entreprises d'énergie à travers le monde (Smith et Schaeffer-Filho, 2014).

« L'idée d'améliorer l'efficacité architecturale des affaires, à travers les PCA était, de la part de quelques entreprises vraiment engagées dans le développement des applications modulables, d'aider les gens à créer des structures habitables et adaptables à dans un contexte informatique. Ces entreprises ont défini ces structures en tant que les gens se sentiraient bien d'y habiter » (Traduction libre) (Brown, 2014 p.1).

Lorsque le mouvement des PCA a commencé, cette même préoccupation a été appliquée aux logiciels. Autrement dit, nous voulions savoir comment créer des programmes habitables. En un mot, voilà ce que ce système proposé par *IBM Pure Applications®* est en train d'accomplir. Les PCA sont la création d'un environnement de développement et d'exploitation qui a été conçu pour donner le confort et la facilité d'application et d'adaptation à presque n'importe quelle grosse structure architecturale contenant plusieurs modules de travail.

## 2.8 La stratégie digitale (SD)

« La technologie n'est pas une finalité en soi, sinon un moyen de soutien aux organisations dont les entreprises » (Traduction libre) (Guyony, 2013 p.1). La SD est l'ensemble des éléments nécessaires dans un temps donnée pour atteindre les objectifs de l'entreprise, compte tenues des contraintes des organisations (Vlaeminck, 2011).

De « nouvelles fonctionnalités de support de plus en plus adaptées aux SD ont vu le jour, tout en rattrapant les avancements technologiques » (Traduction libre) (Bharadwaj et al., 2013 p.633). Si les entreprises d'aujourd'hui veulent atteindre ses objectifs d'expansion sociale et profiter des avantages du réseau digital, elle doit planifier avec soin sa vision, saisir les opportunités et organiser ses actions,

technologiquement parlant, afin de maximiser ses bénéfices d'affaires à partir des initiatives digitales. Les entreprises d'énergie n'échappent pas à la règle.

Tout cela, nous conduit à une course sans fin d'applications des couches technologiques aux politiques, aux procédés et aux processus qui transforment le panorama des organisations d'aujourd'hui (dont les entreprises d'énergie) tout en soutenant l'alignement TI-Affaires qui prend graduellement une forme stratégique très particulière (Markus et Loebbecke, 2013; Bharadwaj et al., 2013). Dans ce contexte, les entreprises cherchent à se faire connaître, à augmenter leur productivité, à incrémenter le retour des investissements (ROI), tout en établissant des politiques avantageuses de compétition qui donnent comme résultat un très bon rapport qualité/prix à leur production, avec le mouvement technologique conséquent, incluant les interconnexions à distance (Granados et Gupta, 2013). Tout ce savoir-faire ne serait jamais concrétisé sans la participation et une application directe des TI efficaces, performantes ainsi qu'avec une grande disposition de l'organisation à se dépasser (Grover et Kohli, 2013). Les infrastructures d'affaires ont trouvé dans les avancements de la technologie la manière de se rependre et d'amplifier leurs statuts concurrentiels, tout en se globalisant en même temps. Les marchés globaux ont aussi pris une énorme expansion et se sont adaptés aux diverses cultures d'entreprise et à l'harmonisation des investissements et des priorités dans les organisations (Keen et Williams, 2013).

Aujourd'hui, l'application des TI prend toute son ampleur, et la définition de la stratégie d'information a évolué, tout en intégrant les décisions de l'organisation de répandre ses activités autant à l'intérieur qu'à l'extérieur des limites de l'entreprise, afin de rejoindre les acheteurs, les fournisseurs, les compétiteurs, et enfin tout le public incluant le gouvernement et les communautés locales (Keen et Williams, 2013). Il est important, ici, de mentionner les capacités des entreprises de rendre

publiques et accessibles leurs produits et leurs services dans la globalisation des réseaux de distribution, tout en gardant leur politique d'affaires, ce qui est reflété dans notre projet comme SD. (Markus et Loebbecke, 2013)

À ce stade, Bharadwaj et al (2013), nous proposent quatre thématiques clés pour nous guider dans l'application d'une SD efficace et dirigée vers les affaires. Ces idées nous fournissent un *framework* touchant la SD que nous appliquerons au domaine de l'énergie. Les stratégies TI dans les trente dernières années ont été influencées par l'alignement des stratégies d'affaires avec celles du niveau fonctionnel de l'entreprise, et plus récemment, ces infrastructures d'affaires sont devenues digitales avec beaucoup d'interconnexions entre les processus, les produits et les services. Ces SD, produit de l'intégration du processus de l'information, de la communication et des technologies de connectivité, sont actuellement en train de modifier tous les processus d'affaires et, bien évidemment, la croissance et la rentabilité des entreprises. Une des techniques aidant à ce processus est la virtualisation qui rend capable à l'entreprise de réaliser jusqu'à 50% des économies techniquement parlant. La digitalisation des produits et des services inclut toute une conception ou plutôt une reconception des produits et services afin de faciliter l'interopérabilité avec les autres plateformes, tout en agilisant un déploiement efficace. (Sambamurthy et al. 2003)

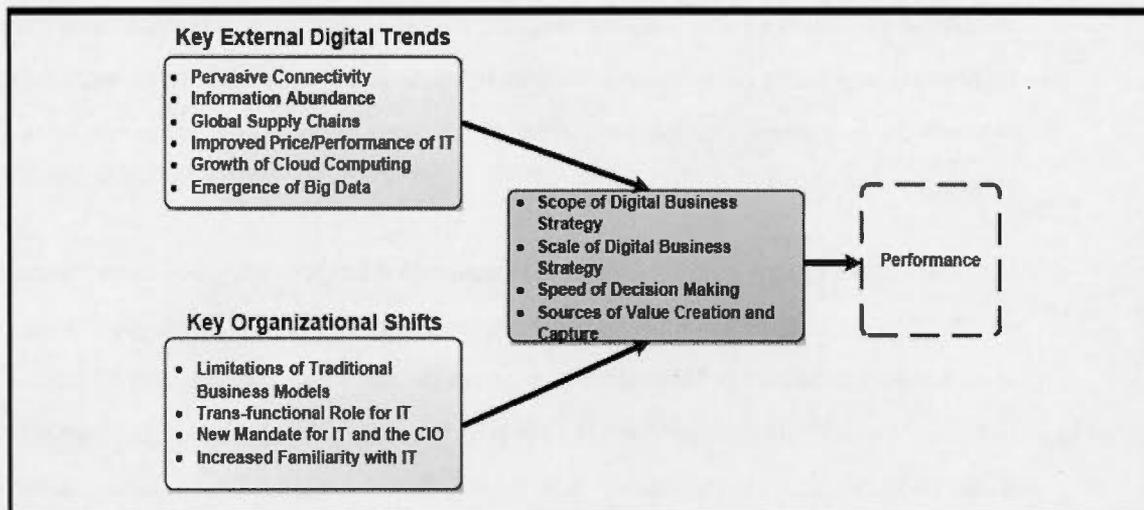


Figure 2.12 : Pilotes (Drivers) des quatre thématiques clé touchant la Stratégie Digitale d'affaires.

Source: Bharadwaj et al., *Digital Business Strategy*. MIS Quarterly Vol. 37 No 2 June 2013 p. 473.

Parmi les idées clés que Bharadwaj et al. (2013) nous proposent, nous pouvons citer les quatre thématiques clés reliées à la SD fournissant un cadre de travail optimal touchant la SD applicables aux entreprises d'énergie. Ces concepts qui analysent en profondeur le rôle évolutif et appliqué de la stratégie TI sont :

1. la portée définie par la variété des produits et entreprises ainsi que les activités effectuées par le contrôle et l'acquisition de l'entreprise. Comprendre ce concept facilitera la conception des relations entre les infrastructures TI, les industries et les politiques des entreprises sur le marché global;
2. la dimension qui constitue un facteur de rentabilité dans notre époque, et qui attribue les bénéfices d'une réduction des coûts par unité, tout en renforçant la profitabilité. En intégrant les technologies digitales, les facteurs physiques de production, les chaînes d'approvisionnement et la couverture géographique prennent, à partir de maintenant, une autre importance qui surpasse les aspects

purement physiques pour s'étaler au-delà des limites établies auparavant. La création d'une autre dimension à travers le partenariat et les alliances, comme produit du partage dans l'écosystème d'affaires, ce qui amène un énorme avantage compétitif;

3. la vitesse qui devient une des variables capitales dans les défis des entreprises en se prenant une place dans le marché très compétitif d'aujourd'hui, avec toutes les connexions et les interactions, occupe alors une position stratégique. Il y a quatre considérations dont il faut tenir compte : la vitesse de lancement d'un produit, la vitesse dans les prises de décisions, la vitesse dans l'harmonisation de la chaîne d'approvisionnement ainsi que la vitesse dans la formation et l'adaptation aux réseaux;
4. les sources : l'avènement de la SD a modifié la nature de la création et la captation de l'information, et ce, en ajoutant de la valeur à cette information, en créant de la valeur aux modèles d'affaires multi facettes (*multisided*), aux modèles coordonnés d'affaires dans les réseaux, et dans l'appropriation de la valeur à travers le contrôle d'une architecture industrielle digitale.

Bien que la SD soit en train de se développer à grands pas, les entreprises continuent à prendre la relève dans l'application des changements aux domaines plutôt traditionnels, tels que les systèmes d'information, les technologies internet, les opérations, le marketing et les modèles d'affaires, pour n'en mentionner que quelques-unes (Keen et Williams, 2013).

Les technologies digitales donnent forme à une nouvelle infrastructure d'affaires tout en influençant un nouveau type d'organisation plus logique et des *patterns* de coordination à l'intérieur des entreprises (Bharadwaj et al., 2013). Il est important de

noter, ici, le manque de recherche sur l'impact de cette SD avec les quatre volets mentionnés, et la mensuration du développement dans ces termes.

## 2.9 Les Smart Grid (SG)

### 2.9.1 La définition

« Les SG sont basés sur les réseaux de distribution d'électricité ayant recours à des solutions informatiques complexes pour optimiser les interactions entre l'offre et la demande d'électricité » (Traduction libre) (Jegen et Phillion, 2014 p.22). « Il s'agit des réseaux d'électricité, qui grâce à des technologies informatiques, ajustent les flux énergétiques entre fournisseurs et consommateurs » (Traduction libre) (Farhangi, 2010 p.23). Les SG contribuent à une adéquation entre production, distribution et consommation.

Le SG est une instance de la SD. C'est pourquoi avec la venue des compteurs intelligents (CI) ainsi que les technologies associées aux PCA dont la SD, il devient possible de faire communiquer les foyers avec un centre de contrôle et de *monitoring*, ce qui permet de gérer et de contrôler à distance les appareils se trouvant dans le foyer (Baghdâd, 2013).

Il est maintenant nécessaire de différencier, ici, le SG du compteur communicant (ou *smart meter*), qui renseigne le consommateur sur sa demande en électricité. SG est une appellation générale pour l'ensemble des technologies et des infrastructures intelligentes installées. Chez le particulier, le compteur communicant est une première étape dans la mise en place des SG (Commission de régulation de l'énergie, France, 2009).

Les RI peuvent être définis selon quatre caractéristiques :

- la flexibilité : ils permettent de gérer plus finement l'équilibre entre production et consommation;
- la fiabilité : en améliorant l'efficacité et la sécurité des réseaux;
- l'accessibilité : ils améliorent l'intégration des sources d'énergie renouvelables sur l'ensemble du réseau;
- l'économie : ils apportent, grâce à une meilleure gestion du système, des économies d'énergie et une diminution des coûts.

### 2.9.2 Le fonctionnement des SG

Au sens large, un réseau intelligent associe l'infrastructure électrique aux technologies numériques qui analysent et transmettent l'information reçue. La Commission de Régulation d'Énergie de France (CRÉ, 2009) nous rappelle que ces technologies SG sont utilisées à tous les niveaux du réseau : production, transport, distribution et consommation, avec :

- Un contrôle des flux en temps réel : Des capteurs installés sur l'ensemble du réseau indiquent instantanément les flux électriques et les niveaux de consommation. Les opérateurs du réseau peuvent alors réorienter les flux énergétiques en fonction de la demande et envoyer des signaux de prix aux particuliers pour adapter leur consommation (volontairement ou automatiquement).
- L'interopérabilité des réseaux : L'ensemble du réseau électrique comprend le réseau de transport et de distribution (RTD). Le réseau de transport relie les sites de production d'électricité aux zones de consommation. Le réseau de distribution s'apparente aux axes secondaires. Il achemine l'électricité jusqu'aux consommateurs finaux.

- L'intégration des énergies renouvelables au réseau : Les réseaux intelligents (RI) reposent sur un système d'information qui permet de prévoir à court et à long terme le niveau de production et de consommation. Les énergies renouvelables qui fonctionnent souvent par intermittence et de façon peu prévisible, telle l'éolienne, peuvent ainsi être mieux gérées.
- Une gestion plus responsable des consommations individuelles : Installés chez les consommateurs, les CI fournissent des informations sur les prix, les heures de pointe de consommation, la qualité et le niveau de consommation d'électricité du foyer. Les consommateurs peuvent alors réguler eux-mêmes leur consommation au cours de la journée.

### 2.9.3 Les concepts clés

Le cœur du SG est constitué du système de suivi intelligent des flux d'électricité sur l'ensemble du RTD. Il permet de connaître en temps réel l'état du réseau, d'anticiper les incidents, de faciliter la prise de décision pour optimiser le réseau et le rendre plus sûr. La qualité de l'électricité peut également être contrôlée en temps réel et stabilisée. Le SG inclut des systèmes de contrôle autonomes, basés fonctionnellement dans la technologie des PCA et la SD présents localement sur le réseau, qui permettent la bonne prise des décisions et d'orientation des flux en fonction de l'évolution d'un ensemble de paramètres. Ça inclut, les pics de consommation locale, les pannes, la mise hors tension d'une centrale de production, les coûts marginaux de production des centrales, etc.

Les SG sont également équipés de systèmes de réponse adéquats à des attaques venues de l'extérieur contre le réseau de transport ou de distribution d'électricité, ou contre une centrale de production électrique. L'innovation technologique dont la numérisation permettra également d'améliorer les systèmes de réponses actuels aux incidents, qui conduisent parfois les gestionnaires de réseau à commettre des erreurs

aux conséquences lourdes. Si le système de transport et de distribution actuel est adapté à un réseau de production électrique organisé en centrales électriques, à la production prévisible, la multiplication des sources de production d'électricité intermittentes et imprévisibles (éolienne, photovoltaïque ou les panneaux solaires) pourrait poser quelques contraintes à l'ENAE par rapport aux contrôles de production. Les RD d'électricité doivent être de plus en plus flexibles afin de s'adapter aux variations de ces sources de production décentralisées. L'intégration des sources de production décentralisées et renouvelables au sein des réseaux électriques est ainsi l'un des buts principaux des SG, sans perdre de vue l'avènement des voitures électriques.

La coordination des flux d'électricité sur les réseaux locaux et interrégionaux permet également une diminution des pertes sur les réseaux électriques dues aux phénomènes de congestion du réseau. Le SG comme instance de la SD en orientant de façon intelligente les flux, permettront de réduire ces pertes.

Chaque pays ou chaque région détermine ses besoins et ses politiques d'application des SG. Aux États-Unis en général, la mise en place des SG est guidée par les aspects sécuritaires et le développement dans l'alimentaire. En Europe, les politiques sont dirigées vers l'évolution des réseaux, facilitant la production et la vente d'énergie de manière locale, tout en renforçant les énergies renouvelables et la protection de l'environnement. En Chine, les réseaux de distribution sont orientés au déploiement du système de transports. Dans le cas précis de l'ENAE, la production est poussée vers la minimisation des pics d'hiver et d'été ainsi que vers l'efficacité énergétique, tout en diminuant les pertes dues à la transmission (Bauchot et Marcoux, 2010).

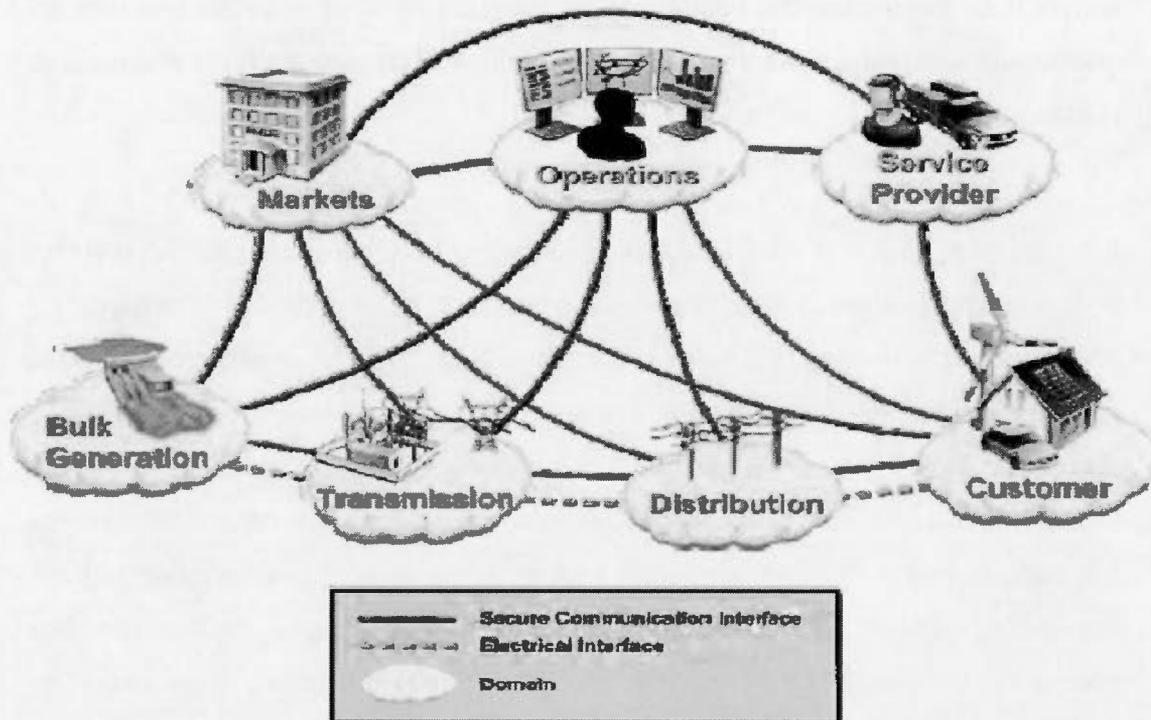


Figure 2.13 : Modèle conceptuel du réseau intelligent. De la production à la clientèle.  
 Source : Plan d'évolution du réseau « vers un réseau intelligent ». Publié par ENAÉ  
 -Distribution, Déc. 2010 p. 14

Grâce au SG, les réseaux électriques deviennent capables d'intégrer une part nettement plus importante de sources de production d'électricité intermittentes et imprévisibles. Les défenseurs de l'éolienne et de l'énergie solaire sont donc favorables au développement des SG. Le développement des énergies renouvelables a des conséquences non seulement écologiques mais aussi économiques.

La technologie SG permet, de la même manière, d'améliorer le ROI du RTD d'électricité, dont sa flexibilité qui permet d'optimiser l'utilisation du réseau en évitant les congestions (facteurs de pertes et donc de coûts) et en rendant effectif le principe de mobilisation des moyens de production électrique en fonction du coût

marginal de production des centrales. Les coûts d'opération et de maintenance du réseau sont aussi minimisés. Il en résulte un meilleur ROI dans les RTD d'électricité. (ENAE, 2010).

Lors des pics de consommation d'électricité, le prix de l'électricité sur les marchés peut atteindre des seuils extrêmement élevés. En effet, le prix de l'électricité est déterminé par le coût marginal de production (ENAE, 2010). Dans cette période de haute consommation électrique, il faut faire appel aux centrales de production les plus chères. Ce qui pousse, en effet, l'ENAE à effectuer l'achat d'énergie à l'étranger. Cela est d'autant plus dommage que les consommateurs d'électricité ne sont pas informés du prix si élevé et continuent à payer le même prix qu'en période de base. Cependant, certains consommateurs seraient probablement ravis de diminuer leur niveau de consommation si on leur proposait de les rémunérer pour cela. Les fournisseurs pourraient également proposer des prix évoluant tout au long de la journée et de l'année, afin d'inciter la demande à la réduction en période de pointe. Les systèmes des CI et des SG, parce qu'ils permettent de reconnecter la demande au prix du marché, permettent d'atteindre un équilibre économique plus efficace et de diminuer les pertes sèches pour la collectivité. Par exemple, les producteurs d'électricité doivent conserver des centrales électriques prêtes à être connectées au réseau en cas de pic de consommation (ENAE, 2010). L'application des PCA dans les systèmes d'énergie continue en effet à l'amélioration de cette relation (ENAE, 2010).

#### 2.9.4 Les acteurs

Le développement des RI nécessite la participation et le concours de nombreux acteurs :

- Les consommateurs, en régulant eux-mêmes leur consommation d'électricité, participent à l'efficacité du système;
- Les producteurs d'électricité, comme l'ENAE alimentent les réseaux de transport d'électricité et doivent être capables de répondre en temps réel à la demande. Le développement des SG permet également aux producteurs décentralisés de petites capacités (ex: les éoliennes ou les panneaux photovoltaïques) d'être raccordés, afin d'inciter à une micro commercialisation;
- Les gestionnaires des réseaux de transport et de distribution ainsi que les constructeurs de matériel électrique gèrent et installent les équipements de mesure, assurant ainsi la sécurité et le fonctionnement des réseaux. Ils sont les acteurs techniques majeurs du développement des SG;
- Les gestionnaires de processeurs et de systèmes informatiques comme *Cisco Systems®* et *IBM Pure System*, parmi d'autres, développent les TI indispensables au fonctionnement des RI;
- Les pouvoirs publics, dont la Régie de l'Énergie, soutiennent et encadrent le développement des réseaux intelligents, notamment par la définition de normes de communication et la protection des systèmes contre les intrusions ou les détournements (ENAE, 2010).

### 2.9.5 Infrastructure des communications des SG

Un RI est obtenu en superposant l'infrastructure des systèmes d'alimentation à l'infrastructure de communication. Les prestations sont calculées de manière à délimiter l'infrastructure de communication le long de fonctions qui ne sont pas tout à fait à égalité, sur une base un-à-un, avec l'infrastructure du système d'alimentation (Gunther et al., 2009). Dans les SG, toute une série de réseaux différents, mais

complémentaires basés sur la technologie digitale et les PCA, se succèdent pour conformer un ensemble fonctionnel très performant. Parmi ces éléments constituant ces réseaux, nous avons les Home Area Network (HAN), qui comprennent des appareils avec une seule prémisses (site industriel, entreprise commerciale ou à la maison) communiquant sur un ou plusieurs réseaux. Ce réseau est principalement soutenu par un déploiement de l'infrastructure de comptage avancé. Nous avons aussi, les Wide Area Network (WAN). Cette forme de communication comprend des centres de commande aux sous-stations. Ceci est communément appelé communications *backhaul* (Le Bris, 2010). Enfin, nous avons les Local Area Network (LAN) qui identifient un ensemble proche des dispositifs de communication, comme son nom l'indique, dans une configuration locale. Souvent, chaque étage d'un immeuble peut être sur son propre réseau local.

La figure suivante fournit un aperçu de haut niveau du paysage des réseaux intelligents. Idéalement, chacun des domaines, des membres et des technologies interagiraient de telle sorte que tous les acteurs (services publics, clients, etc.) puissent participer à la gestion de l'entreprise, au développement et à l'établissement de sa technologie et des objectifs des organisations. Avec les réseaux domestiques, les consommateurs seraient en mesure d'acheter et d'installer des moniteurs et des contrôles, à travers le réseau de l'utilitaire, formé de système de communication et d'alimentation des infrastructures pour les applications d'entreprise. Les données devraient être transformées en informations utiles, où et quand cela est nécessaire. À ce stade, les PCA et la SD (dont le SG) jouent un rôle capital. En réalité, chacun des domaines horizontaux représente une zone d'interopération où il peut être en concurrence avec les normes complémentaires et de technologie (Gunther et al., 2009).

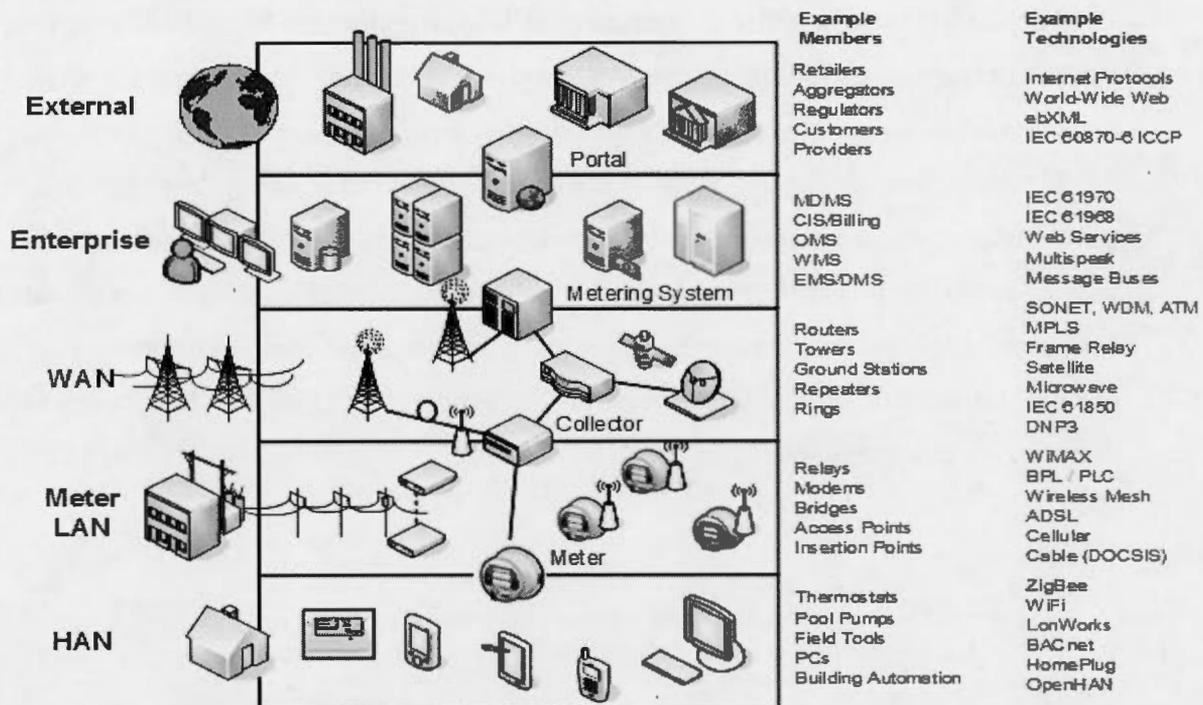


Figure 2.14 : Survol de haut niveau des technologies appliquées sur les SG.

Source: Gunther et al., Smart Grid Standards Assessment and Recommendations for Adoption and Development p. 10.

## 2.9.6 L'intégration en entreprise touchant les SG

### 2.9.6.1 Le SGAM

Un des types d'architecture appliquée fonctionnelle est le *framework* SGAM façonné par les couches d'applications d'affaires dans les entreprises. Ce type d'architecture a été proposé par le Comité Européen de Normalisation Électrotechnique (CENÉLEC, 2012). Les couches de conception SGAM peuvent être disposées à la manière d'un outil pour valider les cas d'utilisation des grilles par rapport aux normes existantes. Les couches peuvent être également utilisées pour identifier les lacunes, si un cas d'utilisation n'est pas en mesure de couvrir toutes les couches (Gunther et al., 2009).

Le cadre SGAM vise à offrir un soutien pour la conception des RI, qui utilisent les divers cas, permettant une représentation des points de vue de l'interopérabilité d'une manière technologiquement neutre. Il est un modèle tridimensionnel qui est la fusion de la dimension de cinq couches d'interopérabilité (d'affaires, par fonction, d'information, de communication et des composantes) avec les deux dimensions du plan de la SG. La première zone comprend les niveaux hiérarchiques de la gestion du système d'alimentation: processus, domaine, la station, l'opération, l'entreprise et le marché. La seconde comprend les domaines couvrant toute la chaîne de conversion d'énergie électrique complet: génération en vrac, transport et distribution (CENELEC, 2014).

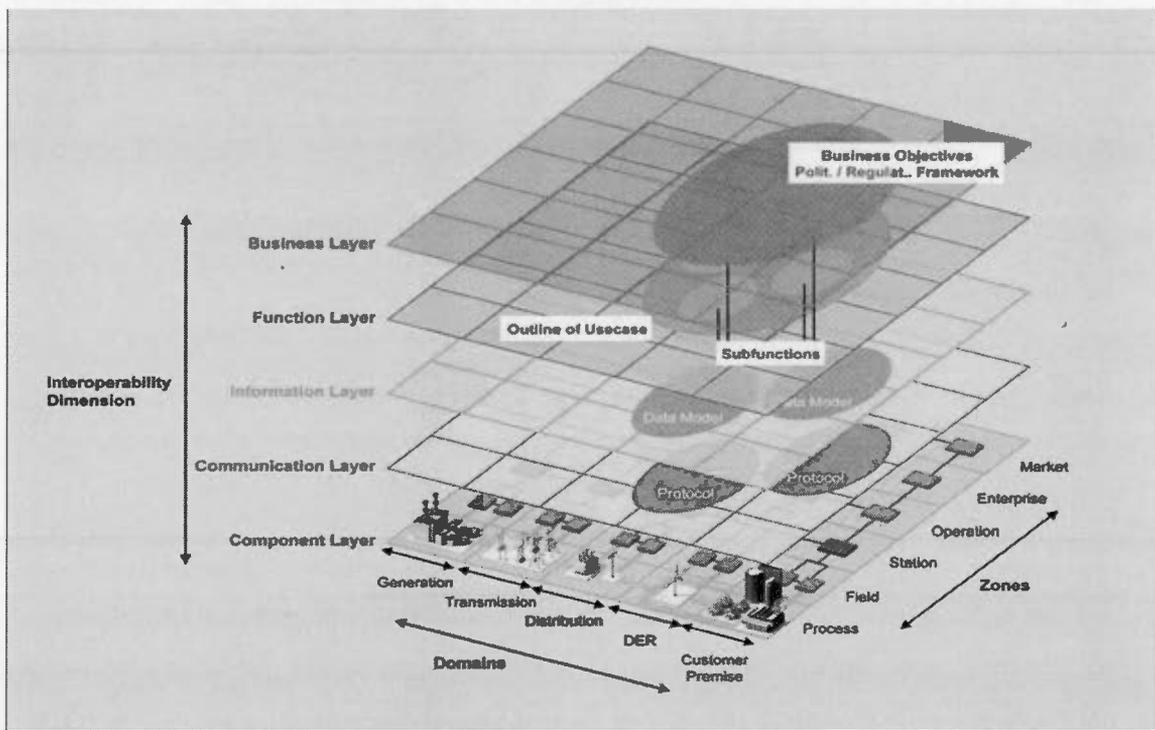


Figure 2.15 : Architecture fonctionnelle du SG : Système d'entreprise, communication et couches. Source: Smart Grid Standards Assessment and Recommendations for Adoption and Development (Gunther et al., 2009) p. 30

Les points de vue architecturaux présentés représentent un ensemble limité de façons de schématiser des abstractions du point de vue des différentes parties prenantes d'un système SG digitalisé. Cinq points de vue ont été sélectionnés: les affaires, les aspects fonctionnels, l'information, la communication et les composantes avec des architectures associées. L'architecture d'entreprise est abordée d'un point de vue méthodologique, afin d'assurer que tous les modèles de marché ou d'affaires soient sélectionnés, que les services aux entreprises et les architectures sous-jacentes correctes soient aussi développées d'une manière logique et cohérente. « L'architecture fonctionnelle fournit un méta-modèle pour décrire un aperçu architectural des groupes fonctionnels typiques de SG, destinés à soutenir les services de haut niveau » (Traduction libre) (Gunther et al., 2009 p.11).

L'architecture de l'information aborde les notions de modélisation et d'interfaces de données ainsi que la façon dont elles sont appliquées dans le modèle SGA (Gooding, 2011). En outre, elle introduit la notion des interfaces logiques qui vise à simplifier l'élaboration des spécifications d'interfaces, notamment en cas de multiples acteurs ayant des relations entre les différents domaines. Elle fournit un ensemble de recommandations pour les travaux de normalisation ainsi qu'un aperçu des modalités possibles de l'interopérabilité des spécifications (CÉNÉLEC, 2012).

#### 2.9.6.2 L'infrastructure de mesurage avancée (AMI)

L'AMI est une architecture automatisée visant une communication bidirectionnelle entre un CI intelligent avec une adresse IP et une entreprise de services. Le but de l'AMI est de procurer aux entreprises de services publics des données en temps réel sur la consommation d'énergie et de permettre aux clients de faire des choix éclairés au sujet de la consommation d'énergie en fonction du prix au moment de l'utilisation

(Hart, 2008). Les systèmes des clients comprennent l'affichage à domicile, les réseaux de la maison, les systèmes de gestion de l'énergie. D'autres équipements touchant les clients permettent des fonctions de RI dans les foyers, les bureaux et les usines (Farhangi, 2010). D'après, le Département d'énergie des États-Unis (2014), les programmes de taux basés sur le temps comprennent différents types d'options de tarification de l'électricité pour les clients, rendus possibles par l'AMI et comprenant parfois les systèmes des clients. La figure suivante résume l'implication de tous les éléments jusqu'ici mentionnés et approfondisse les étendus de ce technologie SG.

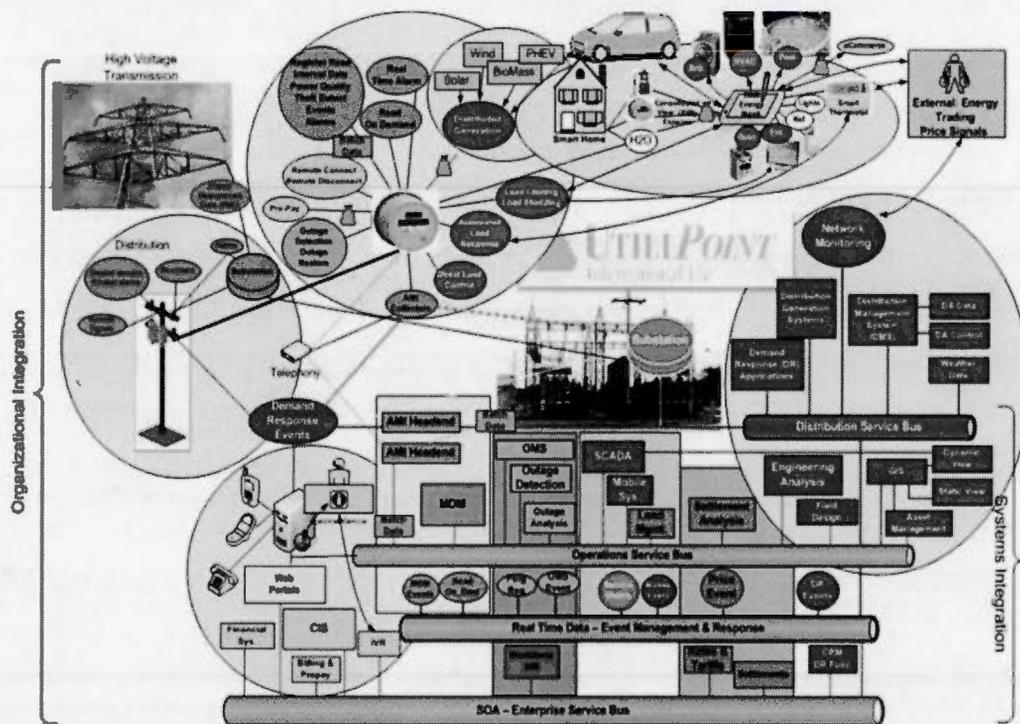


Figure 2.16 : Diagramme de déploiement et d'application des technologies SG.  
Source : Utili Point International. Extrait de :  
<http://www.forbescustom.com/EnergyPgs/utilipoint/SmartGridDeploymentsP1.html>

En résumé, le SG permet d'atteindre plusieurs objectifs :

- Renforcer la sûreté du RTD électrique en permettant d'éviter ou de modérer les conséquences des incidents sur le réseau électrique;
- Renforcer les mécanismes de réponse de la demande d'électricité au prix de l'électricité pour, ainsi, éviter les pics de consommation d'électricité très coûteux et très polluants;
- Permettre l'intégration au réseau électrique des sources d'énergie renouvelables intermittentes (l'éolienne, le photovoltaïque, les panneaux solaires ou la biomasse);
- Diminuer les pertes sur le RTD d'électricité en optimisant les flux d'électricité;
- Faciliter l'installation de sources de production d'électricité décentralisées chez le client final (photovoltaïque, éolienne, solaire) par la pose de compteurs d'électricité intelligents enregistrant les flux d'électricité dans les deux sens.

## 2.10 La synthèse et les conclusions de la revue de littérature

Les contributions des PC appliqués et présents dans la littérature, susceptibles d'optimiser les processus dans les architectures d'entreprise dans le secteur de l'énergie, nous offrent un créneau idéal et assez approfondi de recherche. Les PCA sont essentiels à la vie des organisations, c'est pourquoi l'étude de leurs rôles, de leurs responsabilités et de leurs objectifs est d'une importance capitale.

Notre revue de littérature : ouvrages scientifiques, articles, livres, actes de conférences et publications d'entreprises, entre autres, développant assez bien notre recherche, nous ont permis de constater que les PCA constituent, en effet, une source importante de bénéfices économiques et stratégiques. De la même façon que le

langage utilise les mots pour créer des phrases cohérentes, les PCA travaillent ensemble avec des règles de construction uniques qui caractérisent les structures architecturales complexes dont se servent les réseaux d'énergie, et cela, à travers les structures architecturales contenues à l'intérieur les réseaux de transmission ou de distribution. À l'ENAE, l'utilisation directe de plusieurs PCA dans les systèmes des RTD illustrent la véracité de ce fait, tout en donnant une énorme économie d'implantation et d'exploitation, et ce, sans perdre de vue l'application de la SD aux réseaux d'énergie produisant une instance avec le SG. Les RI de distribution utilisant l'informatique permettent la diminution des pics de consommation d'électricité. Ils sont issus d'une recherche exhaustive approfondie et variée, de laquelle, justement, nous nous inspirons, histoire de décrire les avancements et de pouvoir apporter quelque chose de cohérent, même de façon sommaire. Les auteurs nous ouvrent la voie à des actions nécessaires pour continuer, et enrichir le sujet tout en orientant nos actions vers de bons résultats.

## 2.11 Tableau de synthèse de la revue de littérature

Parmi les ouvrages consultés dans notre recherche, nous avons trouvé une vaste littérature sur le sujet de la technologie SG et une revue plus limitée dans les cas de la SD et les PCA avec une proportion d'environ 20 (SG) à 1 (SD), de 2 (SG) à 1 (PCA), et de 10 (PCA) à 1 (SD).

Le tableau suivant, non exhaustif, résume les ouvrages les plus significatifs de notre recherche :

Tableau 2.2 : Résumé de revue de littérature.  
Source: E. RIOS. Octobre 2014

| Article | Sujet   | Auteur                      | Concepts |    |    |
|---------|---|-----------------------------|----------|----|----|
|         |   |                             | PCA      | SD | SG |
| 1       | IBM Redbooks® Data Power Architectural Design <i>Patterns</i> ...           | Ebbers, M. et al.           | x        | x  |    |
| 2       | SOA Design <i>Patterns</i>  | Erl, Thomas                 | x        |    |    |
| 3       | Design <i>patterns</i> par la pratique                                      | Shalloway, A et Trott, J.R. | x        |    |    |
| 4       | <i>Patterns</i> for e-business. IBM Corp.                                   | Endrei et Sadtler           | x        | x  |    |
| 5       | Design <i>Patterns</i> for Secure Virtual Org. Management ...               | Gaeta, A. et al.            | x        | x  |    |
| 6       | ESB Dependency Injection on MVC Design <i>Patterns</i>                      | Rajam, S. et al.            | x        | x  | x  |
| 7       | Composing enterprise ... using architecture integration <i>patterns</i>     | Liu, Y, et al.              | x        | x  |    |
| 8       | Enterprise Architecture and IT Service Management                           | Radhakrishnan, Rajesh       | x        | x  |    |
| 9       | Transparency Strategy: Competing ... in A Digital World                     | Granados, N. et Gupta, A.   |          | x  | x  |
| 10      | Identifying critical factors for ... virtualization technology              | Li, S. et al.               |          | x  | x  |
| 11      | Commoditized Digital Process and ... for Digital <i>Business</i> Strategies | Markus, L. et Loebbecke C.  |          | x  | x  |

|    |   |   |  |   |   |
|----|---|---|--|---|---|
| 12 | Revealing Your Hand: Caveats in Implementing Digital <i>Business</i> Strategy | Grover, V. et Kohli, R.                       |  | x | x |
| 13 | Digital <i>Business</i> Strategy: Toward a Next Generation of Insights        | Bharadwaj, A. et al.                          |  | x |   |
| 14 | Value Architectures for Digital <i>Business</i> ... <i>Business</i> Model     | Keen, P. et Williams, R.                      |  | x |   |
| 15 | Les visages de Smart Grid dans le monde                                       | Bauchot, F. et Marcoux, B.                    |  |   | x |
| 16 | The Path of the Smart Grid  | Farhangi, Hassan                              |  |   | x |
| 17 | Smart Grid – The New and Improved Power Grid : A Survey                       | Fang, Xi et al.                               |  |   | x |
| 18 | Smart Grid Reference Architecture Volume 1                                    | SCE-Cisco-IBM SGRA Team                       |  |   | x |
| 19 | Plan d'évolution du réseau « vers un réseau intelligent » Horizon 2010-2025   | ENAE Vice-présidence – Réseau de distribution |  |   | x |
| 20 | Le réseau intelligent : le plan de match d'ENAE Distribution                  | Réseau de distribution. ENAE* Distribution    |  |   | x |

Le chapitre suivant porte sur la méthodologie, et décrit le processus de la recherche et de la cueillette des données en entreprise (ENAE).

## CHAPITRE III

### CADRE MÉTHODOLOGIQUE DE LA RECHERCHE

« La phase de la recherche qui positionne les méthodes, les outils de collecte et d'analyse des données, c'est le cadre méthodologique » (Harvey et Loiselle, 2009). Le but du cadre méthodologique est de détailler et d'exposer la démarche, les techniques et les méthodes afin de répondre aux questions de recherche et d'atteindre les objectifs.

Le présent chapitre commence par des précisions sur notre choix d'une recherche exploratoire. Puis suivent des explications sur l'approche qualitative et la stratégie de recherche adoptée (l'étude de cas) adoptées. Finalement, sont présentées l'unité d'analyse et les tactiques utilisées pendant le processus afin de garantir la crédibilité de la recherche.

Pour chacun des éléments traités dans ce chapitre, nous expliquerons nos choix d'un point de vue théorique pour, ensuite, les justifier sur un plan un peu plus pratique.

#### 3.1 La recherche exploratoire

La présente recherche est de nature exploratoire, principalement en raison des objectifs poursuivis. La recherche exploratoire, est un des principaux types de recherche les plus connus avec les types descriptif et causal. Charreire et Durieux (1999) en distinguent deux principales démarches : le test et l'exploration. Notre choix porte sur l'exploration qui est un processus qui permet d'approfondir la

compréhension d'un objet de recherche, de fournir une explication, en proposant des résultats théoriques innovateurs - nouveaux concepts, modèles, ou hypothèses - et de découvrir de nouvelles dimensions de performance (Charreire et Durieux, 1999).

Le choix d'un type de recherche (exploratoire, descriptive ou causale) dépend surtout du degré de précision de la question de recherche ainsi que de sa finalité (compréhension, description, explication ou prédiction).

Contrairement aux recherches causales, qui se basent sur le test comme démarche, l'exploration a pour objectif, non pas le test d'hypothèses, mais la génération d'hypothèses (Cooper et Schindler, 2003); cette démarche intègre de nouveaux concepts ou de nouvelles relations conceptuelles (Charreire et Durieux, 1999), qui seront utiles pour les recherches futures. « Les recherches exploratoires se distinguent aussi des autres types de recherches (descriptives et causales) par leur flexibilité et leurs méthodes semi ou non structurées qui leur sont souvent associées » (Traduction libre) (Cooper et Schindler, 2002 p.40).

Nous prospectons la SD d'une entreprise du secteur de l'énergie locale et ses possibles évolutions techniques touchant les PCA, tant du côté des affaires comme du côté technique, et ce, par rapport aux applications de la technologie SG. Dans ce sens, on analyse les facteurs touchant l'évolution de la SD qu'influencent la chaîne de valeur et qui la rendent plus performante, efficace et le plus près possible des objectifs à atteindre. L'application de la démarche exploratoire à notre recherche contribuera à l'éclaircissement des mécanismes techniques et organisationnels (affaires) afin de pouvoir déceler les énormes contributions que la technologie SG apporte.

Toutefois, l'exploration est surtout plus appropriée dans des situations où le sujet de recherche est peu étudié, ou pour des concepts peu développés ou difficiles à opérationnaliser (Cooper et Schindler, 2002). C'est pourquoi, nous nous concentrons sur l'étude des schémas d'analyses propres à la technologie SG et leurs designs afin

de mieux comprendre leur étendue et leurs apports dans la collecte des données tout en rendant les systèmes plus performants et souples. Les infrastructures tant d'affaires que techniques, appliquées à l'organisation dans la SD et qui donnent de la valeur à la chaîne sont explorées afin de déceler leur contenu structurel et les PCA en même temps. Notre étude de recherche en étant très spécialisée dans sa technique et sa spécialité a été peu traitée dans les dernières années.

Dans la littérature on distingue trois types d'explorations : 1) théorique, 2) empirique et 3) hybride. L'exploration théorique consiste à mettre en lien différents domaines théoriques dans l'objectif de fournir une explication ou pour améliorer la compréhension d'un phénomène. L'exploration empirique se base exclusivement sur les données empiriques pour faire émerger des concepts et une théorie, sans retourner aux concepts théoriques. Le principe de la théorie enracinée (Strauss et Corbin, 2004) en est un exemple. Une exploration de type empirique permettra à la fois d'appréhender ce concept sur le terrain et de mettre à l'épreuve les différents modèles, cadres conceptuels et théories proposés par des praticiens ou par des académiciens du domaine des organisations. Enfin, l'exploration hybride qui combine un peu des deux types précédents fait des allers retours entre le terrain et la théorie (Charreire et Durieux, 1999).

Les schémas d'architecture propres à la technologie SG comme instance de la digitalisation ont été conçus pour avoir une collecte des données beaucoup plus performante. Ils sont composés d'infrastructures appliquées complexes qui contiennent une variété des PCA et d'éléments d'architecture capables de rendre les systèmes plus souples et adaptés aux changements en même temps. Notre recherche exploratoire va consister justement à analyser ces éléments appliqués avec l'aide de nos interviewers.

En faisant l'exploration, nous nous assurons de recueillir les informations pertinentes. Elles sont issues des infrastructures architecturales, de composantes fonctionnelles et du résultat d'une analyse approfondie des besoins tout en cherchant les performances, tant techniques qu'organisationnelles. Pour ce faire, l'intervention des acteurs impliqués directement est demandée afin de bien clarifier les concepts, les techniques et les processus déjà appliqués.

### 3.2 L'approche qualitative

« Le choix entre les méthodes qualitative et quantitative devrait être guidé par la formulation du problème de recherche » (Traduction libre) (Holme et Solvang, 1997 p.5). Les études qualitatives comportent des avantages et des inconvénients. Il semble raisonnable de regarder cette recherche dans une logique visant la compréhension de ce phénomène, en effectuant une étude exploratoire combinant une revue de la littérature existante avec une étude de cas par entrevues. Bien évidemment, cette démarche s'inscrit dans une logique de recherche qualitative que nous avons choisie pour développer la recherche. L'utilisation de cette approche va nous donner l'opportunité de passer à travers les composants techniques et ceux de l'organisation d'appoint touchant les SD et leur évolution, dans la technologie SG, tels que les réseaux d'affaires, de voisinage, domestique et l'intégration des éléments d'infrastructure technique.

« Les méthodes de recherche qualitatives sont les plus adéquates pour les études qui cherchent à décrire un phénomène nouveau ou innovateur afin d'y atteindre une compréhension plus approfondie » (Traduction libre) (Denzin et Lincoln, 2003 p.16). C'est pourquoi, nous avons décidé son application à notre domaine technique SG visant une description approfondie de l'évolution de la SD, les facteurs de

déclenchement de cette dernière et les PC qui contribuent au bon fonctionnement du système.

Ce type de recherche est adéquat pour explorer en profondeur les problématiques moins connues ou plus contemporaines, comme c'est le cas des changements, en termes de rôles et de tâches, axés sur les services. Il existe plusieurs méthodes pour conduire une recherche qualitative : la recherche-action, l'étude de cas, l'enquête par questionnaires, l'analyse de contenu, la recherche scientifique du design, etc. Pour bien déceler les mécanismes techniques, les services, les produits impliqués et les gains de communication entre les partenaires d'affaires qui résultent de l'application de la technologie SG, l'exploration couvre nos attentes. Notre recherche s'inscrit dans la logique des études de cas vue l'implication technique des éléments à repérer et sa grande dynamique d'exécution.

Les caractéristiques formelles des données qualitatives (repérables, délimitables, mesurables, quantifiables et mélangeables) se prêtent tout naturellement, si l'on peut dire, à son traitement par ordinateur (Paillé, 2007). Donc, nous irons à leur recherche tout en délimitant une unité d'analyse basée sur nos objectifs.

### 3.3 L'étude de cas holistique comme stratégie de recherche :

« Les études de cas sont préférables lorsque des questions débutent avec « comment » et « pourquoi » prédominent la recherche » (Traduction libre) (Yin, 1994 p.5). Le choix d'un cas unique est approprié, dans les trois situations suivantes : tester des propositions théoriques (confirmation ou infirmation), un cas unique ou un cas extrême, et un cas révélateur (Yin 1994). Gagnon (2005) également considère que le cas unique est aussi utile quand la recherche est empirique brute, c'est à dire lorsque le phénomène sous étude n'a jamais été exploré. Par ailleurs, les cas multiples donnent l'avantage de plus de richesses dans les données et permettent de faire des

comparaisons et éventuellement l'extraction de conclusions sur un ensemble de cas, favorisant ainsi une généralisation théorique (Gagnon, 2005). « La frontière entre l'étude de cas et le contexte n'est pas susceptible d'être précise » (Yin, 2009 p.47). Dans notre étude holistique, c'est-à-dire d'un cas simple, venant de la « doctrine ou point de vue qui consiste à considérer les phénomènes comme des totalités » (Sumpf-Hug, 1973), le contexte et l'unité d'analyse ne font qu'un, ce qui facilite le travail d'exploration et la découverte de précieuses informations.

Les études de cas simples font usage d'un design courant de recherche, développant une étude de cas. Dans ce sens Yin (2009) en présente deux types bien spécifiques : le devis holistique (simple) et le devis intégré (*Embedded* en anglais) par rapport à l'unité d'analyse (Yin, 2009). L'étude de cas simple est justifiable sous certaines conditions, quand l'étude de cas représente : 1) le test critique d'une théorie existante, 2) une circonstance unique, et 3) une étude de cas représentative ou typique, ou simplement si l'étude de cas a été conçue avec un but révélateur ou longitudinal (Yin, 2009).

Notre recherche tombe directement dans l'étude de cas holistique avec la préparation de bonnes questions pour devenir un bon « écouteur », s'exercer à l'adaptation et à la flexibilité, tout en ayant une solide connaissance des questions à l'étude et en évitant les préjugés liés à la cueillette des données (Yin, 2009). Ce même auteur suggère fortement d'appliquer les trois principes à la collecte de données : l'utilisation de multiples sources éprouvées, la création d'une base de données exclusive à notre étude de cas, et le maintien d'une chaîne d'évidence cohérente d'exploration des éléments étudiés (SD et PCA) à l'intérieur de la technologie SG. Ici, nous trouvons pertinent de mentionner l'utilisation du protocole de l'étude de cas. Ce dernier contient l'instrumentation, les procédures, les limites, l'évaluation et les règles générales que nous devons suivre (Yin, 2009). Comme ça, la fiabilité dans l'opérationnalisation sera vraiment atteinte.

### 3.4 L'unité d'analyse

Dans une recherche qui adopte l'étude de cas comme stratégie, telle que la nôtre, l'unité d'analyse correspond au cas étudié, c'est-à-dire, à l'objet sur lequel porte notre recherche (Lusthaus et al., 2002). Un cas peut faire référence à un individu ou à un groupe, ou à un événement, ou à toute autre entité. Citons à titre d'exemples : une décision, un processus d'implantation d'une technologie, une organisation dans sa globalité, ou à un projet (Benbassat et al., 1987; Yin, 1994). La détermination de l'unité d'analyse est étroitement liée au degré de précision de la question de recherche. Plus la question est claire et précise, plus il est facile d'identifier l'unité d'analyse (Yin, 1994). Notre étude de cas holistique est composée de l'exploration des sources d'information, d'articles récents touchant l'évolution du sujet, et des réponses aux questions posées aux gestionnaires qui travaillent directement avec la technologie SG, et qui analysent les PCA contenus dans la structure technique architecturale liée aux objectifs d'affaires.

#### 3.4.1 La taille de l'échantillon

Notre recherche se basera sur le choix d'une seule entreprise de services reliée au domaine de l'énergie, en Amérique du Nord, qui a accepté notre enquête et qui contient une plateforme TI dans ses structures fonctionnelles. L'emplacement devra également avoir établi et appliqué, si possible, une SD avec l'implantation de la technologie SG comme technologie d'appoint. De plus, elle devra avoir une politique d'affaires visant la performance et l'efficacité en pleine expansion à l'heure actuelle.

« Dans la logique de réplification, la sélection des cas ne dépend pas de leur représentativité statistique, mais des caractéristiques qui permettent d'obtenir une homogénéité dans les résultats » (Traduction libre) (Yin, 1994 p.91). Dans notre cas,

une étude de cas simple suffira, et ce, à cause de la pertinence entre les éléments impliqués (SD et la technologie SG) et les activités propres à l'entreprise du secteur de l'énergie, ce qui fait que notre recherche prend toute sa spécificité.

En général, les modèles d'affaires des entreprises à succès ont été, en même temps, le focus et la source de nouvelles informations dans le débat sur le marché numérique, et ce, à travers des interfaces d'innovation d'affaires digitales (Keen et Williams, 2013). L'approche utilisée pour contacter les répondants potentiels a été rigoureusement établie afin de maximiser le retour des réponses.

Pour atteindre les objectifs de recherche, nous avons développé un cadre méthodologique visant l'identification et l'utilisation des PC appliqués aux structures architecturales tant de technologie informatique que d'organisation d'affaires autour de SG comme instance de la SD.

Nous explorons l'évolution des PCA et des SD ainsi que les processus impliqués à l'intérieur de la technologie SG, afin de chercher et de trouver dans quels endroits spécifiques, à l'intérieur des schémas d'architecture fonctionnels se situent les PCA sous-jacents afin de déceler leurs contributions. Ainsi, leur identification, tant technique qu'organisationnelle, sera grandement facilitée. Nous prenons en compte, par exemple, la gouvernance, qui consiste d'abord à fixer les objectifs des SI liés à la stratégie de l'entreprise, afin de contribuer à la création de valeur (Blanc, 2007). L'intention est de limiter l'étendue de la recherche tout en spécifiant le sujet à traiter en nous inspirant de la littérature concernée afin « d'isoler » les PC que nous allons étudier.

### 3.5 La collecte de données

Yin (1994) distingue six principaux types de source de données : les entrevues, la documentation, les documents d'archives, l'observation directe, l'observation participante et les artefacts physiques. Chaque source a des forces et des faiblesses, c'est pourquoi il faut utiliser plusieurs sources complémentaires. Par ailleurs, l'entrevue est considérée comme l'une des principales sources d'information dans l'étude de cas (Yin, 1994; Gagnon, 2005). En effet, les études de cas s'intéressent généralement à des phénomènes sociaux concernant des humains. Ainsi, « les entrevues sont le meilleur moyen pour capturer la perception et l'interprétation des individus » (Traduction libre) (Yin, 1994 p.90). Nous nous servons également des sources documentaires pertinentes telles que les revues techniques, les rapports de description des tâches et, si possible, la documentation du développement des infrastructures appliquées. De la même manière, les données recueillies nous donnent une idée de l'activité technique reliée aux PCA et à l'évolution de la SD.

Nous découpons le contenu en catégories des PCA, par rapport aux PCA déjà trouvés dans les rapports techniques des grandes compagnies spécialisées telles qu'IBM, afin de respecter l'unité d'analyse en fonction de notre objet de recherche.

Puisque la question de recherche aborde les contributions des PCA et les architectures tant organisationnelles que techniques, il nous semble plus approprié de convoiter les répondants directement liés à ces aspects dans l'ENAE. Cette dernière doit inclure dans ses structures informatiques l'application du SG, avec une SD et les PCA qui les sont associés.

Comme mentionné plus haut, par souci du respect des accords touchant la confidentialité et l'anonymat, nous avons opté pour ne pas divulguer le nom original de l'ENAE ni, encore moins, le nom de tous les experts impliqués qui nous ont ouvert leur porte et partagé de précieux renseignements.

### 3.5.1 L'analyse documentaire

L'analyse documentaire, processus bien établi par Yin (2009), suggère de chercher les gestionnaires chargés de l'architecture technique appliquée à l'ENAE et de l'application directe des technologies SG dans leurs fonctions quotidiennes. C'est pourquoi nous avons défini quelques critères de sélection pour le choix de ces gestionnaires : fortes connaissances techniques touchant la technologie SG et une grande implication organisationnelle reliée également à la SD et le SG. Dans notre cas spécifique, ceci inclut : les architectes, les analystes, les ingénieurs impliqués dans la SG, tout en respectant leur position stratégique (dichotomie insider / outsider) (McCracken, 1988). L'idée étant de démontrer si les hypothèses proposées sont des faits parallèles à la réalité afin d'effectuer des changements, et ce, sans perdre de vue le fil conducteur mêlé aux concepts analytiques (Yin, 2009). Pour le vérifier, deux questionnaires contiennent les interrogations en fonction des concepts que l'on veut approfondir ont été conçus. À part la démonstration des hypothèses que nous allons vérifier, nous avons voulu vérifier et, si possible, les contributions à l'aide des PCA déjà préétablis ou d'en proposer de nouveaux.

### 3.5.2 Les entretiens

Dans le cas présent, nous cherchons d'abord le « qu'est-ce que c'est », puis le « pourquoi » et le « comment » (Fillion, 2012). Nous avons interrogé l'architecte des systèmes, les ingénieurs chargés de la technologie SG, ainsi que des experts en affaires impliqués dans les processus techniques et organisationnels touchant la SD et son évolution dans l'ENAE. Ceci inclut l'élaboration de deux questionnaires de six questions pertinentes chacun englobant les entourages directement impliqués. Ces questions prennent en considération la réalité propre de l'entreprise locale du secteur de l'énergie et les objectifs de notre enquête. Elles sont divisées en trois grandes

parties : la création de valeur par la SD et son évolution, les aspects liés aux infrastructures technologiques et d'organisation, dont les contributions des PCA, et les contributions directes ou indirectes des PCA à la création de valeur à l'intérieur de la SD dans le même secteur mentionné avec la technologie SG. Ces questions sont exposées plus en détail dans la section 3.5.4 de guide d'entrevue et dans l'annexe I, à la fin de ce document.

Pour bien arriver à nos fins, nous avons suivi les recommandations du Comité d'Éthique de l'ESG de notre université, qui nous suggère de réaliser plusieurs contacts directs à l'ENAE avec un formulaire bien rempli précisant les objectifs de recherche par rapport au sujet abordé. Cette technique simple est efficace dans un bon nombre de cas. Dans le nôtre, vue la disponibilité des experts et confidentialité des informations, nous avons dû avoir recours à des connaissances passées issues de la profession qui nous ont gentiment facilité l'accès aux ressources et à une grande partie des informations.

#### 3.5.2.1 Le déroulement des entrevues

Il est important de laisser les acteurs s'exprimer librement sur le sujet avec l'autorisation d'enregistrement afin de ne pas perdre un seul détail de la transcription toujours en surveillant la qualité et la pertinence des réponses. Si nécessaire, nous n'avons pas hésité à utiliser des techniques de relance, c'est-à-dire, à pousser les participants à approfondir leur pensée tout en accompagnant leur parole. Ceci inclut les demandes d'explication, les reformulations et les explicitations afin d'aller dans les détails les plus précis, ainsi que les relances du sujet pour faire allusion aux attitudes de l'enquête et vérifier leur teneur. Ce processus d'entretien dit libre, se passe sur le mode de la conversation naturelle sur le sujet. Le répondant est libre d'apporter tous les éléments de réponse qu'il souhaite. Le choc des idées a des effets

enrichissants. Le rôle de l'enquêteur se résume à recentrer, si nécessaire la discussion sur l'objet de l'enquête. Pour cela, nous avons préparé les étapes suivantes :

- Un guide d'entretien;
- Le démarrage de l'entretien;
- L'introduction du guide;
- Un retour au non-directif;
- Des relances.

L'inconvénient, dans notre cas, est que les gens interrogés pourraient prendre un temps considérable à répondre une seule question et, vue la limitation à une heure ou une heure et demi dans les meilleurs des cas, cela peut se révéler un peu embrouillant pour le processus de transmission de l'information.

Nous suivons le protocole indiqué par Yin (2009), qui nous guide dans le déroulement du processus et dont les points à suivre et à saisir sont les tactiques de relance pour les questions, les transcriptions à réaliser et le débriefing.

### 3.5.2.2 Le type d'entretien semi-dirigé

Dans le type d'entretien semi-dirigé, un guide produira l'incitation spontanée à répondre (politesse, accueil et désir de communiquer) tout en se rapprochant des évidences, dans la mesure où l'on choisit les sujets abordés. Cette technique permet de recueillir l'information, d'une façon structurée mais souple. Le recours à un questionnaire et un plan d'entrevue donne une structure à cette dernière (Collerette et Schneider, 2004). Cette technique est utile lorsqu'on cherche de l'information sur certains aspects particuliers d'une situation ou d'une question en particulier tout en accédant à une grande gamme de réponses variées.

D'autres sources ont été aussi utilisées, telles que la documentation (rapport annuel, document d'évaluation, etc.) et les sites web organisationnels, pour corroborer certaines informations. L'entrevue semi-structurée a été choisie pour la raison suivante : on peut extraire le maximum de renseignements sans être trop directif ou restreignant, comme dans le cas d'un questionnaire. L'entretien produit une information abondante et il faut prévoir une méthode pour la recueillir et l'organiser.

### 3.5.2.3 La préparation et le déroulement

Préparer nos entretiens relève d'un processus de sélection des experts à interroger qui exige le plus haut professionnalisme. Dès les premiers contacts réalisés à l'ENAE, la réaction a été tout de suite favorable au développement de notre enquête, en se prêtant à la coopération, ce qui a facilité les rencontres. Finalement, nous avons eu recours à six grands experts dont trois dans la catégorie d'*insiders* (experts en directe relation avec notre thématique : architectes, informaticiens, etc.) et trois dans les *outsiders* (experts touchant notre sujet, mais d'une manière plus indirecte : experts en finances, gestion, etc.). Ces experts (*insiders et outsiders*) nous ont concédé des entretiens qui ont varié entre 60 et 90 minutes chacun.

En outre, pour faciliter le travail des experts et nous épargner du temps si précieux, nous avons acheminé les questions à poser par courriel. Ainsi, les présentations de rigueur seraient plus courtes et plus directes tout en amorçant la discussion assez rapidement. De cette manière, les réponses tant attendues seront venues aussi de façon efficace.

Au tout début, nous avons réprécisé la thématique à traiter assez brièvement, afin de profiter au maximum du temps qui nous était offert soit une heure voire une heure et demie dans le meilleur des cas. Une fois la discussion commencée, nous avons dû reformuler les questions et apporter au besoin quelques précisions et synthétiser les

opinions pour permettre à l'expert de bien s'exprimer tout en permettant le cours de la discussion dans le bon sens.

### 3.5.3 Rôles des répondants

Tel que mentionné dans le chapitre précédent, le public visé à l'ENAE, a été divisé en deux groupes de répondants selon la dichotomie suivante : *outsiders / insiders* (Joannides, 2011). Chaque groupe a répondu un questionnaire qui lui était propre (voir Annexes A1 et A2). Le groupe des *outsiders* était composé des gestionnaires non impliqués directement dans la partie technique de la technologie SG. Ils étaient plutôt du côté *business*. Ensuite, le deuxième groupe, les *insiders*, était composé des gestionnaires en relation directe avec l'aspect technique de la technologie SG, dont les architectes et les ingénieurs chargés de surveiller la pérennité du réseau des CI. Leur vision sur les enjeux technologiques du SG est contrastée par leurs positions stratégiques qu'ils occupent. D'un côté, les *insiders* s'appuient sur les grands avantages de l'application produit des PCA sur le SG digitalisé. Ils justifient leurs actions dans le plan technologique sur les retombées économiques et sociales que le SG amène. Les *outsiders* se focalisent plutôt sur les économies en consommation électrique et le ROI (affaires), ce qui donne définitivement une différence marquée sur les visualisations. Les *outsiders* considèrent l'implantation du SG comme avantageuse, mais chère à créer et à implanter. Dans ce sens, les *insiders* s'alignent sur les gains de contrôle sur les réseaux de consommations énergétique, en temps de travail, et aussi en économies au niveau technique (surtout informatique) sur la mise en procédure d'une application d'appointe.

Le contexte particulier de l'ENAÉ fait en sorte que l'évolution des capacités de leurs systèmes opérationnels doit être un enjeu majeur de technologie qui reflétera dans les économies produits du mariage TI-Affaires adapté à l'énergie.

Technologiquement parlant, les PCA évitent la multiplication des actions et des interventions, tout en augmentant la performance dans le déploiement des capacités et des contrôles.

Les six répondants étaient tous des gestionnaires de haut niveau dans l'ENAÉ. Ils nous ont offert des entretiens qui ont varié entre 60 et 120 minutes. Les *outsiders* étaient composés d'un directeur chargé de la planification (côté affaires), un expert en stratégie et planification économiques, et d'un chargé d'affaires dans la distribution de l'électricité. Le groupe d'*insiders* comprenait un architecte TI fonctionnel, un ingénieur en systèmes chargé des technologies SG et un ingénieur d'application fonctionnelle des SG et des RI. Ils nous ont fourni des informations précises et pertinentes sur notre sujet qui demeurent dans la plupart des cas, assez confidentielles.

#### 3.5.4 Le guide d'entrevue

« L'utilisation d'un guide d'entrevue, va nous aider à garder des repères tout en orientant la discussion lors de l'entrevue pour assurer que l'ensemble des thèmes souhaités soient abordés » (Traduction libre) (Yin, 2009 p.68). Nous avons préparé un questionnaire d'au moins six questions pertinentes touchant les aspects organisationnels et technologiques impliqués. Le choix de six questions nous a paru idéal vu le temps court accordé par les répondants. Nous avons procédé à la création de deux questionnaires : un premier destiné aux répondants dits *outsiders* ou pas trop concernés directement par notre sujet, et un deuxième jeu de six questions, pour les

gestionnaires ou les experts directement touchés par notre recherche, c'est-à-dire, les *insiders*. Ainsi, l'interprétation des résultats est plus adaptée au contexte sur place.

Les ensembles de six questions sont organisés autour de trois principaux thèmes: 1) La création de valeur par la SD, 2) les aspects liés aux architectures technologiques et d'organisation (infrastructures) : contribution des PC à la formulation, à l'évaluation et à l'implémentation d'une SD, 3) les contributions directes ou indirectes (tangibles ou intangibles) des PCA à la création de valeur.

Le tableau 3.1 montre les principales questions du guide d'entrevue pour les gestionnaires dit *outsiders*, qui ne sont pas directement concernés par le sujet de recherche.

Tableau 3.1 : Questions du guide d'entrevues pour les participants *outsiders*.  
Source : E. RIOS. Juin 2014.

| QUESTION   | CONTRIBUTION   |
|--|--|
| 1 Comment fonctionne le marché de l'électricité avec les réseaux intelligents (production résidentielle, intégration à mettre en place, etc.) ?  | Informations sur le cadre contextuel des aspects reliés à la performance touchant le SG.   |
| 2 Comment définissez-vous, ici, à l'ENAE, les réseaux intelligents ou Smart Grid et comment fonctionnent-ils ? Niveaux de performance touchant les technologies tant informatiques que d'affaires.   | Renseignements à propos des activités destinées à donner de la valeur aux structures fonctionnelles de l'entreprise.   |
| 3 Par rapport à l'application des objectifs de performance sur les structures techniques et d'organisation de l'entreprise : Où en est le déploiement du réseau intelligent aujourd'hui ? Quels sont les impacts directs de cette application sur les schémas d'architecture touchant les SD ? | Identification des facteurs qui ajoutent de la performance aux structures techniques et organisationnelles (schémas d'architecture). Identification des structures architecturales appliquées produisant de la valeur. |
| 4 Comment les PCA produisent-ils, quand on les introduit aux structures architecturales, tout en   | Détermination des contributions des PCA à l'économie de  |

|   |   |
|---|---|
| améliorant la performance ? Comment les PCA produisent-ils de la valeur ?   | l'organisation à travers les schémas d'architecture.  |
| 5 En quoi les projets de ce programme auront une incidence sur l'organisation (économique, technique et organisationnelle) ? Conséquences économiques de l'intégration d'une solution récurrente. | Détermination des choix de performance sur les fonctionnalités afin de découvrir les économies réalisées par l'organisation.              |
| 6 Par rapport aux objectifs de performance, quels politiques ou principes ont été appliqués, afin de rendre la technologie plus adaptée à la réalité d'Amérique du Nord ?                         | Distinguer quelles seraient les meilleures performances trouvées dans les structures architecturales reliant les PCA à la technologie SG. |

Le tableau 3.2 montre les principales questions du guide d'entrevue pour les gestionnaires dit *insiders*, qui sont directement concernés avec le sujet de recherche.

Tableau 3.2 : Questions du guide d'entrevues pour les participants *insiders*.

Source : E. RIOS. Juin 2014.

| QUESTION   | CONTRIBUTION   |
|--|--|
| 1 Quelles sont les principales améliorations anticipées par rapport aux technologies traditionnelles? (Réception de plus de données en temps réel en provenance du réseau et des compteurs à analyser pour poser des diagnostics et prendre les mesures qui s'imposent). | Améliorations techniques attendues par rapport aux technologies en usage.  |
| 2 Quelle est la vision à long terme de l'application directe (plan de déploiement) des Smart Grid (TI, production, politiques, résultats attendus) ?   | Renseignements à propos des activités destinées à donner de la valeur aux structures fonctionnelles de l'entreprise. Incidence de ces projets sur l'architecture TI en place.                    |
| 3 Quels processus informatiques à l'interne reliés aux opérations des réseaux de distribution supportent la technologie TI avec Smart Grid dans ses couches d'application ?  | Identification des facteurs qui ajoutent de la performance aux structures techniques et organisationnelles (schémas d'architecture).<br>Identification des structures architecturales appliquées |

|   |  |
|---|--|
|   | produisant de la valeur.   |
| 4 Quelle sera l'incidence de ces projets sur l'architecture TI en place ?   | Détermination des contributions des structures TI à l'économie de l'organisation à travers les schémas d'architecture.                 |
| 5 Sur quelles structures techniques s'appuient les processus TI reliés aux réseaux de distribution, production et stockage d'énergie ?  | Détermination des choix de performance sur les fonctionnalités afin de découvrir les choix stratégiques réalisés par l'organisation.   |
| 6 Quels éléments techniques reliés aux architectures TI sont impliqués dans la réception des données avec l'ESB (Entreprise Service Bus) ?<br>Descriptions détaillées des composants. | Distinguer quels PCA seraient les mieux placés pour offrir une performance accrue pour les identifier, les classer et les enregistrer. |

Pour adopter une démarche uniforme et rigoureuse dans les différentes entrevues, un protocole d'entrevue a été élaboré. « Ce protocole est un rappel de la démarche et des procédures à suivre lors des entrevues dans les différents cas » (Traduction libre) (Yin, 1994 p.102).

L'usage d'un protocole dans une recherche d'étude de cas simple augmente la fiabilité de la recherche. Parmi les éléments que l'on a inclus, et qu'on peut consulter dans les annexes à la fin du mémoire, on trouve une brève présentation du projet de recherche, une explication du déroulement de l'entrevue (durée et grands thèmes), un rappel des termes d'éthique, et des documents à signer ou à remplir. La lettre d'information et de demande de participation comporte les éléments suivants: 1) une brève description du contexte du projet, 2) les principaux objectifs du projet, 3) une demande de participation et de précisions sur le profil des répondants recherchés, 4) une précision sur la forme de la participation (déroulement des entrevues), 5) les avantages de cette contribution, 6) une note à propos du respect de la confidentialité des données.

Dès que la demande a été acceptée et le rendez-vous fixé, une version allégée du guide d'entrevue a été envoyée à chacun des répondants pour qu'ils aient une idée sur les grands thèmes qui seront abordés lors de l'entrevue.

Les entrevues ont été enregistrées par voie électronique. Le verbatim a été transcrit. La prise de notes ou journal de bord, le débriefing et les documents fournis par l'entreprise ont été conservés par nos soins. Nous avons dû tenir compte des difficultés suivantes : la disponibilité des rapporteurs, la compréhension et la pertinence des interrogations ainsi que la transmission sans distorsion des réponses.

### 3.5.6 L'éthique

Afin de maintenir un bon niveau de confiance et d'échange entre nous et les participants, nous avons rempli tous les formulaires exigés par le Comité d'Éthique. Nous avons suivi ses recommandations et échangé avec le personnel chargé de l'éthique dans l'ESG-UQAM qui a vérifié, analysé et approuvé les informations concernant notre enquête. Les formulaires ont été rendus disponibles aux gestionnaires impliquées dans notre projet. Ainsi, les parties intéressées ont été assurées de la confidentialité et de l'anonymat des données partagées, et ce, sur une base sérieuse. C'est pourquoi nous utilisons l'acronyme ENAÉ pour faire référence à notre entreprise d'énergie. Ceci nécessite la compréhension du lecteur.

### 3.6 La méthode d'analyse des données

Le terme méthode est appliqué dans un sens vraiment restreint dans notre cas. Il désigne des actions spécifiques à entreprendre afin de recueillir, d'analyser et de bien

enregistrer les informations destinées à répondre à notre question de recherche et, si possible, à vérifier nos hypothèses. Nous nous sommes inspirés, en partie, de la méthodologie d'études de cas positiviste, qui détermine quatre étapes bien précises : « le design, la conduite, l'analyse des évidences et la rédaction du rapport de recherche » (Paré, 2004).

### 3.6.1 Les stratégies d'évaluation

Nous avons préparé un résumé des PCA déjà repérés dans la littérature afin d'introduire le sujet et de bien les présenter aux gestionnaires. Également, la consultation sur place de la documentation technique produite par l'entreprise en question (articles, bulletins, rapports, actes de conférence, etc.) a été possible.

### 3.7 Les résultats

À partir des informations que nous nous sommes procurées par notre analyse qualitative, nous avons rédigé un résumé contenant, notamment, les informations recueillies à propos des contributions des PC à la création de valeur. Nous avons réalisé une analyse approfondie des réponses afin de bien les déchiffrer (coder) et d'identifier les contributions à la création de valeur.

### 3.8 La synthèse

Tableau 3.3 : Synthèse de la recherche.  
Source : E. RIOS Octobre 2014.

|                        |   |
|------------------------|---|
| Problématique          | Comment les PCA contribuent-ils aux nouvelles capacités de la plateforme TI pour soutenir une SD à travers notamment la technologie SG ?  |
| Type de recherche      | Exploratoire.   |
| Approche de recherche  | Qualitative.  |
| Stratégie de recherche | Étude de cas simple ou holistique.  |
| Collecte de données    | Terrain de recherche : une grande entreprise d'énergie locale contenant une plateforme TI dont une SD avec l'application de la technologie SG.<br>Répondants : architectes, ingénieurs et les gestionnaires, surtout reliés aux affaires. |
| Résultats attendus     | Rapport des contributions des PC.   |

Réussir notre enquête, c'est réussir notre projet de recherche. Afin que notre enquête soit la plus directe possible, adaptée, flexible et dans l'ordre thématique, un respect de la confidentialité et de l'anonymat (aspects éthiques) de l'entreprise concernée dans notre étude s'impose. Ainsi, des projets de recherches connexes pourront peut-être, à la lumière de nos recommandations, permettre à d'autres chercheurs de créer des méthodes quant à la validité de l'interprétation de la mesure.



## CHAPITRE IV

### CUEILLETTE DES DONNEES

#### 4.1 Préliminaires

Tel que nous l'avons mentionné dans le chapitre I sur la problématique, questions et objectifs de recherche, nous réalisons la recherche d'une étude de cas simple de type exploratoire et, par conséquent, il s'agit d'approfondir les concepts déjà appliqués afin de répondre à la question de recherche et de générer les hypothèses en se basant sur les faits réels trouvés. Les experts rencontrés (*insiders* et *outsiders*) à l'ENAÉ nous ont donné une vision claire de l'implantation de la technologie SG, ses étendues et les résultats attendus par rapport aux enjeux technologiques et sociaux. Nous nous concentrons sur une seule étude de cas holistique, où le cas est vu comme un ensemble, comme un tout.

Ici, il est important de rappeler la question de recherche primaire, les questions secondaires et les hypothèses, afin de montrer des données pertinentes et orientées vers les résultats des contributions offertes par les PCA à l'ENAÉ. Maintenant, vu l'importance stratégique et tactique ainsi que les enjeux politiques et technologiques, nous considérons comme un grand avantage de pouvoir réaliser notre recherche avec cette organisation d'envergure qu'est l'ENAÉ. Elle nous a ouvert ses portes afin de contribuer à notre recherche tout en collaborant dans la compréhension de leur technologie. Il est impératif, à ce stade de notre enquête, de bien définir cette organisation, ses objectifs et analyser en détail ses aspects structurels de manière générale. Également, de bien placer les experts rencontrés afin de bien cibler les

concepts et les résultats d'application, et surtout techniques pour bien comprendre les contributions des PCA à leurs économie et leur performance.

Selon Yin (2009), l'étude de cas exploratoire a comme objectif de définir des questions, des propositions ou des hypothèses qui feront l'objet d'une étude empirique subséquente. Pour définir clairement l'objectif de notre étude et permettre de spécifier le type de données à collecter, les questions de recherche vont nous orienter dans ce sens, ainsi que le protocole. Ce dernier doit inclure des règles et des procédures générales à suivre lors de l'utilisation des instruments d'entretien ou d'étude qu'on a dû créer avant la phase de collecte de données. Paré (2004) cite qu'un protocole d'étude de cas devrait inclure cinq éléments essentiels qui sont : 1. le guide des entrevues qui contient les questions spécifiques à discuter avec chaque répondant; 2. le domaine des procédures, qui s'intéresse aux questions reliées à la collecte des données telles que l'accès à l'organisation en question; 3. la possession des ressources suffisantes à l'intérieur de l'organisation et de la planification des activités de collecte des données; 4. un aperçu du projet de l'étude de cas, décrivant l'objectif de l'étude de cas et les questions d'investigation; 5. le rapport de l'étude de cas, qui contiendra les données collectées, énoncées sous un format approprié, et qui doit être révisé par les participants.

Ce chapitre nous donnera la chance d'avoir une vue d'ensemble sur les données collectées. Il débutera avec une courte, mais complète explication du profil de l'entreprise objet de notre recherche : l'ENAÉ et ses enjeux technologiques. Cela, par la suite nous permettra d'examiner en détail dans les concepts issus des réponses données par nos répondants. Nous avons utilisé le logiciel INVIVO version 10, qui nous a fourni les outils pour identifier les concepts en détail et ainsi pouvoir coder les données en prenant en considération les variables (catégories) et la classification en sous-catégories, en dimension et en mesure. Ces catégories deviennent toutes des nœuds des sources d'informations pour le logiciel.

Notre vocabulaire, à ce stade de la rédaction, pourrait devenir un peu répétitif, et ce, à cause de l'implication directe des éléments, surtout techniques, qui font partie de notre analyse descriptive ayant comme finalité la standardisation de la formulation des idées. Ainsi, cela facilitera la compréhension du sujet, en allégeant le texte.

#### 4.2 L'étude de cas – Description de notre entreprise : l'ENAÉ

Notre entreprise est un leader régional en production électrique. Elle produit, transporte, contrôle et distribue de l'électricité propre depuis plus d'un demi-siècle. Elle constitue un des fournisseurs numéro un en production d'énergie électrique, tout en générant très peu d'émissions de gaz à effet de serre et n'entraînant aucun rejet toxique.

Cette entreprise assure un approvisionnement en électricité propre avec une puissance totale de 36068 MW (2013), avec un actif de 32G\$ et des investissements annuels dans l'ordre de 1,4 G\$, tout en produisant plus de 99% de son électricité à partir de l'eau, avec 4 141 990 abonnements en 2013 (augmentation de 1.1 % par année). Encore en 2013, elle a vendu 205.5 TWh (Source : ENAÉ en bref, Rapport 2013).

L'ENAÉ soutient aussi la production des autres filières telles que l'éolienne, les panneaux solaires et la recherche-développement dans le domaine de l'énergie. Elle mise sur l'adoption des pratiques d'excellence pour atteindre les plus hauts niveaux de qualité des services à la clientèle. L'ENAÉ grâce à une production d'électricité importante, offre des tarifs parmi les plus concurrentiels en Amérique du Nord, tout en occupant une place très importante dans l'économie (Source : ENAÉ en bref, Rapport 2013).

Nous devons préciser à cet stade qu'à l'ENAÉ, il n'y pas une vraie définition appliquée, quant à la SD, car il n'existe pas de réel concurrent à cause de sa situation

de monopole ou de quasi-monopole. Il existe d'autres facteurs qui ont influencé son développement d'une manière un peu empirique et fonctionnelle, visant un minimum de maintenance. Tout cela, est dû à l'application d'une politique économique très particulière et poussée par le gouvernement, juste pour assurer les opérations de base et le maintenir le monopole d'état.

Le concept initial de SG a commencé avec l'idée d'établir une infrastructure assez performante de comptage appelée AMI (pour *Automatic Metering Infrastructure* en anglais) dans le but d'améliorer la gestion de la demande, l'efficacité énergétique et de la configuration d'auto-récupération, afin d'assurer une protection du réseau contre tout sabotage malveillant ou autre événement comme les catastrophes naturelles. Des nouvelles exigences ont conduit le secteur de l'électricité et de la recherche dans les organisations, tel que l'ENAE, et les gouvernements à repenser et à développer la vision de la portée de SG, et ce, partout sur la planète. C'est pourquoi, en décembre 2008, la Vice-présidence du Réseau-Distribution de l'ENAE a présenté un plan d'évolution du réseau qui touche l'ensemble du RD avec une projection d'au moins 15 ans. Cela inclut le développement des sept principaux domaines de la distribution qui font partie du modèle conceptuel du SG défini par des experts dans la matière. Le tableau suivant résume les grands enjeux du modèle conceptuel du SG, adoptés par l'ENAE pour le développement de son RI.

Tableau 4.1 : Domaines et acteurs dans le modèle conceptuel du SG.

Source : Institut National des Standards et Technologie américain. *Framework* NIST, Janvier 2010.

| Domaine     | Acteurs   |
|-------------|---|
| Les clients | Utilisateurs finaux de l'électricité;<br>Possibles producteurs, stockeurs et gestionnaires d'énergie. |
| Les marchés | Opérateurs et participants dans les marchés de l'électricité.   |

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Fournisseurs de service | Organisations fournissant des services électriques et énergétiques aux clients et aux services publics.                                     |
| Opérations              | Gestionnaires du mouvement d'électricité.   |
| Génération en gros      | Générateurs d'électricité en grandes quantités;<br>Ils peuvent stocker de l'énergie pour une utilisation ultérieure.                        |
| Transmission            | Transporteurs d'électricité en gros sur de longues distances;<br>Ils pourraient aussi stocker et générer de l'électricité.                  |
| Distribution            | Les distributeurs d'électricité vers les clients et en provenance des clients;<br>Ils pourraient aussi stocker et générer de l'électricité. |

D'après nos experts à l'ENAE, les avantages prévus et attendus de l'application ainsi que les exigences de SG sont les suivants:

1. Améliorer la fiabilité de la puissance, de la qualité et de la résilience aux perturbations et bien adapter les sources distribuées;
2. Augmenter l'optimisation de l'utilisation des installations, dont les sous-stations de distributions et les centrales électriques, afin d'éviter les surcharges aux heures de pointe, surtout l'hiver;
3. Incrémenter la capacité et l'efficacité du réseau électrique déjà existant;
4. Permettre une maintenance prédictive avec des réponses automatiques d'auto-récupération des troubles et des imprévus du système;
5. Faciliter le déploiement élargi des sources d'énergie renouvelable;
6. Bien performer l'automatisation de la maintenance et l'exploitation du RD;
7. Réduire au maximum les émissions de gaz à effet de serre en permettant l'introduction des véhicules électriques et les nouvelles sources d'énergie;

8. Permettre une transition vers l'installation des stations de recharge des véhicules électriques et des nouvelles options de stockage d'énergie;
9. Augmenter le choix du consommateur et lui permettre de produire de l'électricité afin de l'intégrer dans le RD et d'augmenter les réserves d'énergie renouvelable;
10. Activation de nouveaux produits, des services et des marchés (Fang et al., 2012 p. 945).

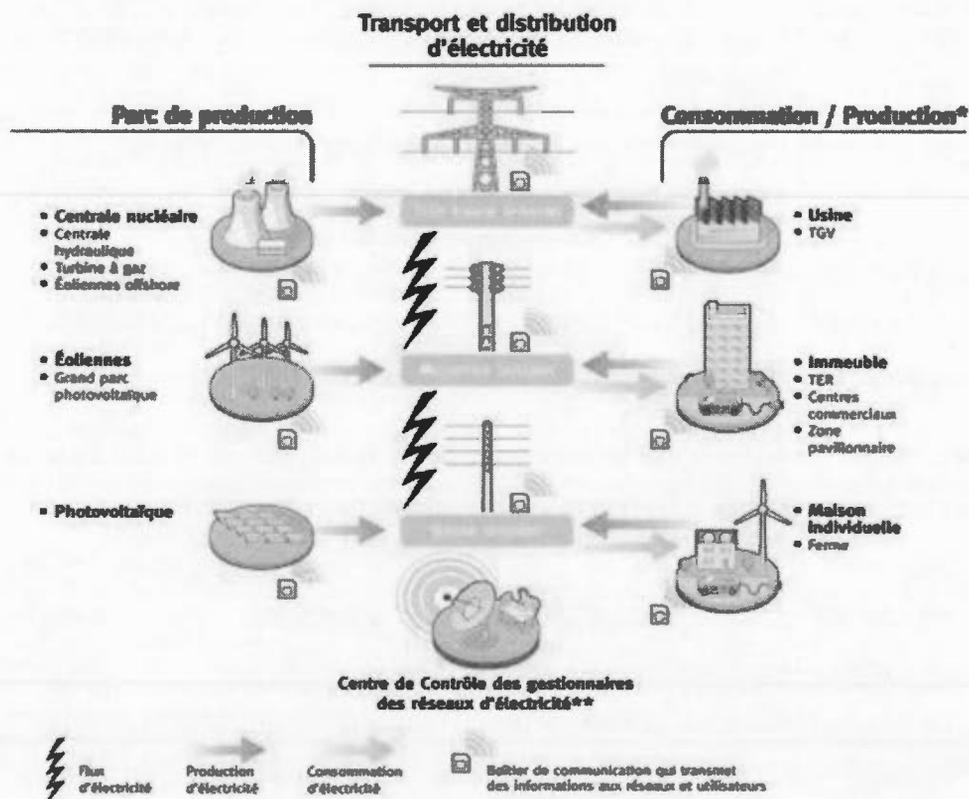


Figure 4.1 : Fonctionnement des *Smart Grid*  
 Source : © CRE, Rapport d'activité 2009 p. 6.

Ensuite, on peut distinguer deux volets d'application significatifs : Les activités reliées au développement des systèmes intelligents et à la gestion de l'actif. (Source : ENAÉ - Plan d'évolution du réseau - vers un réseau intelligent, 2011).

Il faut signaler, ici, que la situation énergétique de l'ENAÉ est assez particulière avec des pics de consommation en hiver (chauffage) et en été (climatisation), ce qui produit des comportements de consommation avec des particularités assez importants.

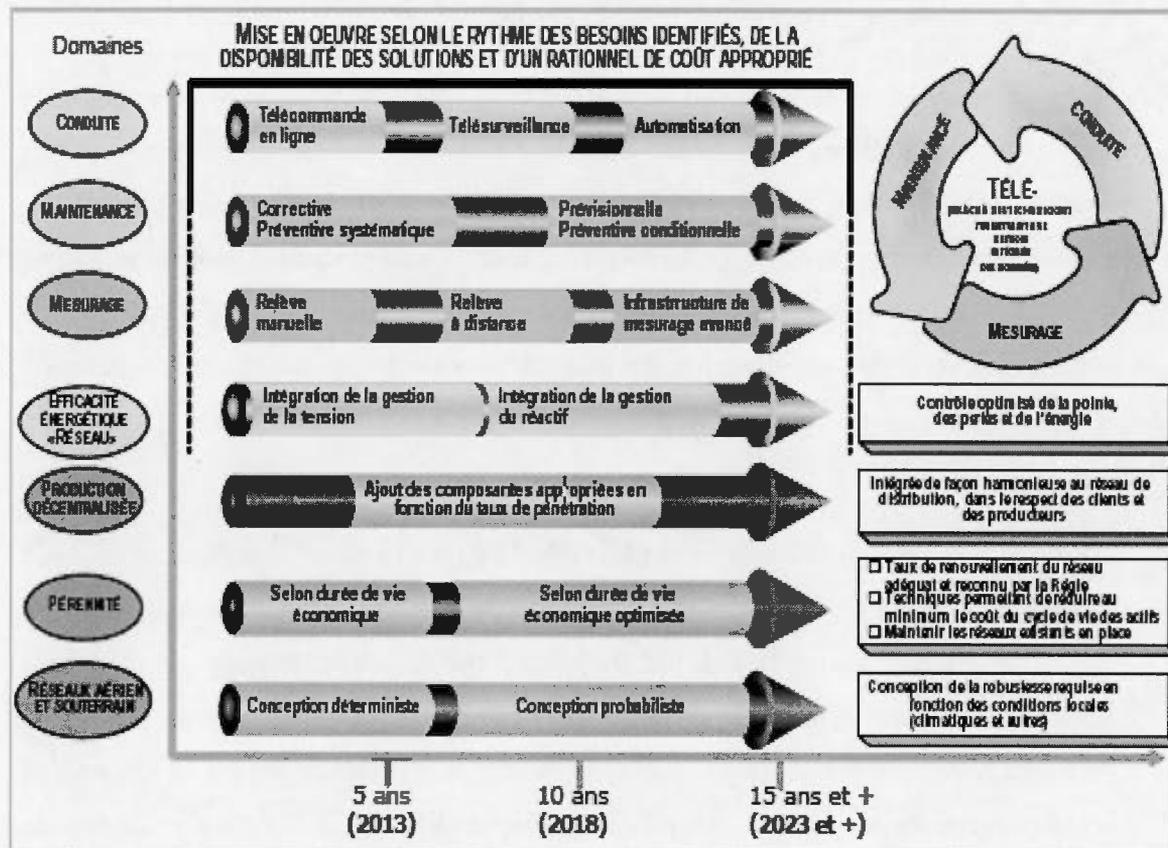


Figure 4.2 : ENAÉ - Vision schématisée de la technologie *Smart Grid* - Horizon 2008-2023 Source : ENAÉ - Plan d'évolution du réseau « vers un réseau intelligent », 2011 p. 8.

#### 4.3 Les enjeux technologiques du SG

Les entreprises d'énergie se distinguent des autres, pour leur milieu particulier d'affaires, leurs sources d'énergie, le climat et les contraintes environnementales et politiques (ENAE, 2010). D'après son modèle d'affaires, les organisations dédiées à produire de l'énergie électrique occupent une place importante dans la chaîne de valeur de l'industrie à cause de ses activités particulières : production, transport, distribution (avec tout le commerce qui vient avec) et le service aux clients. La qualité suppose l'analyse des besoins d'une clientèle grandissante et à l'origine des progrès technologiques des entreprises d'énergie.

Dans ce sens, l'implantation des réseaux intelligents SG produit des changements technologiques majeurs augmentant le volume des investissements et en diversifiant leur modèle d'affaires. Les CI installés sur le réseau intelligent amènent des avantages financiers de taille, en termes de charges opérationnelles réduites ou encore d'investissements transférés vers les autres secteurs de la chaîne de valeur. Ces échanges doivent être soutenus par des technologies modernes de télécommunications et de technologies de l'information, mais ils doivent surtout donner satisfaction aux clients (ENAE, 2010).

Pour que le RI puisse être mis en contribution, les entreprises d'énergie dont l'ENAE doivent bien se servir des initiatives inhérentes du SG. Ça inclut, l'automatisation du réseau afin d'augmenter la fiabilité du réseau par la télécommande des appareils installés à distance, le contrôle de la tension et de la puissance réactive (optimisation de l'efficacité opérationnelle du réseau) et la lecture à distance des CI ce qui évitera les déplacements inutiles du personnel technique (ENAE, 2010) dans le réseau de distribution. L'idée aussi ici c'est de réduire la dépendance du pétrole et limiter la production de gaz à effet de serre dont les voitures électriques ainsi que le contrôle des pointes hivernale et estivale avec leurs charges de plus en plus variables.

Également, plusieurs technologies modernes permettent d'améliorer la performance tout en augmentant la production et en réduisant les coûts : l'électronique de puissance haute tension afin d'augmenter la fiabilité et la sécurité des transformateurs, le câblage souterrain et la supraconductivité pour diminuer les pertes en ligne (ENAE, 2010). Une autre de ces innovations technologiques majeures de la technologie SG est l'application du *Big Data*, qui est d'abord l'augmentation importante du volume et la multiplication des types de données échangées, le stockage et l'exploitation et qui constitue une solution clé dans les entreprises d'électricité dont l'ENAE (ENAE, 2010). Le *Big Data* est supporté par un ensemble des innovations technologiques. Ces dernières touchent l'automatisation des échanges de données, le *Clouding*, la multiplication des sources des données, leur analyse et visualisation tout en augmentant la valeur des informations comme résultat du processus de captation électrique (Stern, 2013).

#### 4.4 L'évolution technologique

Même si, à l'heure actuelle, les réseaux SG se développent de manière tant graduelle que rapide avec la numérisation, leur origine est assez récente. La première émergence du SG est l'apparition, dans les années 1980, de la lecture automatique des compteurs, conçus et créés pour capter les charges électriques chez les consommateurs. Ensuite, dans les années 1990, avec l'application des TIC, le suivi et la synchronisation améliorées des réseaux de connexion, le SG devient plus communicant avec la transmission des données de consommation électrique des foyers au cours de la journée. Au début des années 2000, le projet italien *Telegestore* représente la première utilisation généralisée du SG par l'usage des compteurs à distance, avec un réseau de connexion d'environ 27 millions de foyers à mesurer. Suite à cela, dans les années 2000, les Américains ont mis en place des capteurs qui

analysent assez rapidement les anomalies trouvées dans le réseau électrique dans un projet opérationnel de mesure.

En 2005, la Commission européenne crée la plateforme technologique SG, popularisant cette terminologie qui deviendra d'usage courant dans le langage technologique à partir de là. Donc, d'après le groupe ALCEN d'énergie de France : « le développement est progressif et l'adaptation des infrastructures prend du temps. En définitive, le développement des SG relève davantage d'une évolution dans l'optimisation des réseaux que d'une révolution technologique. »

Le coût excessif des carburants issus des ressources fossiles mêlé à l'incapacité des sociétés de service public pour accroître leur possibilité de générer de l'électricité conformément à la demande, a accéléré la nécessité d'une modernisation du RD électrique. Ces changements ne se feront pas sans l'introduction des nouvelles technologies qui peuvent aider à la gestion de la demande et à la protection des revenus. Tel que nous pouvons le voir dans la figure 19 le système de mesure dans la distribution électrique a été le focus central des récents investissements. Les premiers projets dans le secteur ont vu l'introduction du système de lecture automatisée AMR qui effectuait la lecture à distance des registres de consommation des clients, mais dans une seule direction, soulevant ainsi un problème majeur du côté de la gestion de la demande (capacités restreintes). C'est la raison pour laquelle la technologie AMI a vu le jour avec le développement d'une technologie de lecture des compteurs en deux sens de lecture des compteurs, qui inclut également l'habilité de contrôler et modifier les paramètres du service à la clientèle, comme les interruptions du service entre autres. (Farhangi, 2010).

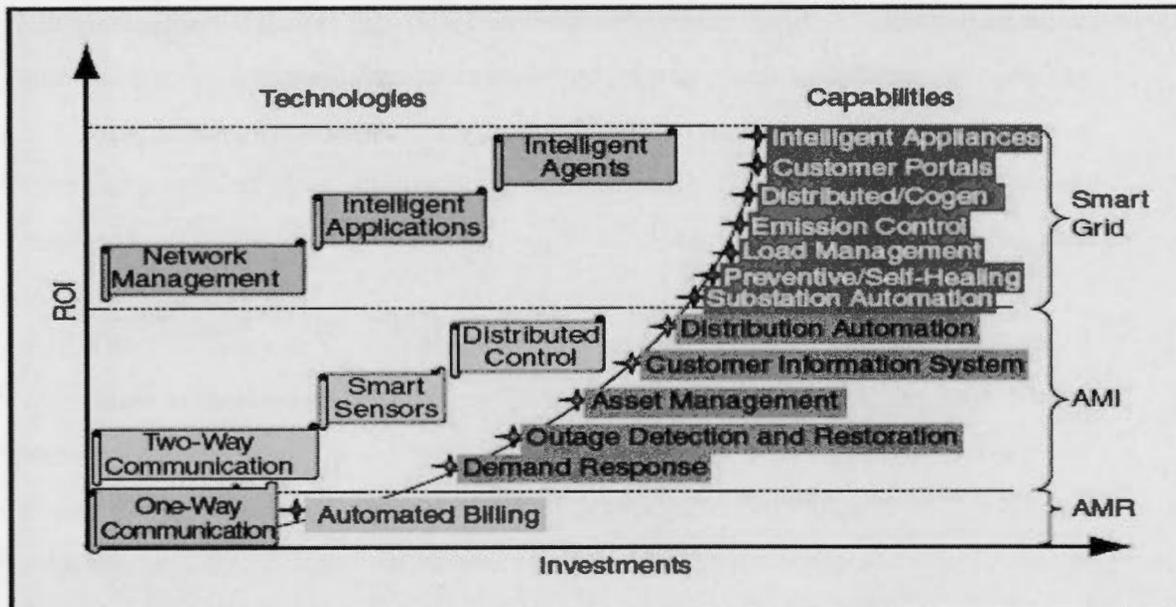


Figure 4.3 : Retour des investissements de la technologie SG.

Source: « The Path of the Smart Grid » IEEE power & energy magazine. Farhangi, 2010 p. 23.

Alors que le système AMI arrive à bien rejoindre les objectifs de gestion des charges et de protection des entrées d'argent, il ne pourrait pas offrir des informations à l'instantané sur la demande individuelle et accumuler de consommation tout en imposant un certain plafond de consommation ni travailler avec quelques modèles de contrôle des coûts (Farhangi, 2010). L'évolution de l'AMI a annoncé une action concertée par les parties prenantes pour affiner cette constante progression des concepts autour de la technologie SG. En fait, « une des mesures que les sociétés de services publiques ont appliquées a été de choisir la technologie AMI après s'être questionnés sur sa compatibilité avec les nouvelles technologies et topologies d'application SG » (Traduction libre) (Farhangi, 2010 p.24).

D'une part, confrontés à des besoins mondiaux en énergie qui, selon une étude de l'Agence internationale de l'énergie en 2013 (organisation internationale, placée sous

la protection des Nations unies, fondée en 1974, qui entend promouvoir les applications pacifiques de l'énergie atomique tout en limitant ses applications militaires), devraient augmenter de 50 % d'ici 2030 en raison, notamment, de la croissance des pays émergents, du réchauffement climatique et du développement des transports entièrement électriques. D'autre part ont été imposées des réglementations strictes sur le plan économique et environnemental. Ces experts devront relever le défi d'une gestion plus durable de ces ressources. L'arrivée de nouvelles technologies, telles que le SG et les CI sont de grandes opportunités pour répondre à ces enjeux majeurs. Pour que la technologie SG comme instance de la SD puisse développer une structure technologique d'application capable de réaliser des mesures de contrôle des charges destinées à maîtriser la consommation, l'ENAE doit agir avec des politiques et règlements en termes de gouvernance, avec des trajectoires de mise en œuvre, des modèles de financement, des modèles de refacturation et des nouveaux modules opératoires. Également en termes de produits avec des nouvelles pratiques, des méthodes, des outils et d'offres de services. Tout cela inclut de la même manière, des nouvelles qualifications et des révisions des besoins métier, avec une production d'analyse périodique de la demande au période près, avec une régulation de l'approvisionnement de données bruts valorisables et une assistance à l'identification des données pertinentes à la consommation. Cela permettra à l'ENAE un déploiement efficace des technologies d'application qui créeront une grande performance et un avantage concurrentiel. Maintenant, un des investissements majeurs de l'ENAE dans ce sens est le *Big Data*, c'est-à-dire les processus d'information impliquant de grandes quantités des données en provenance des compteurs électriques, et ce, à une échelle industrielle (ENAE, 2010).

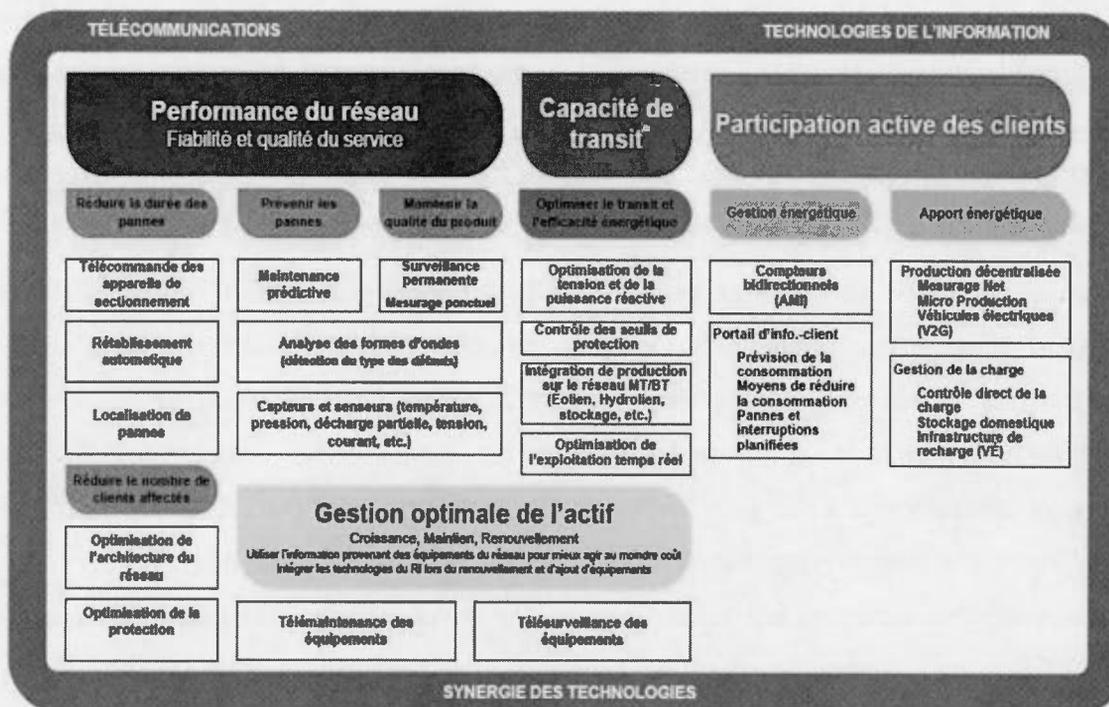


Figure 4.4 : Cadre de référence pour le SG.

Source: Simard, Georges et Giumento, Angelo. « Plan d'évolution du réseau 'vers un réseau intelligent' Horizon 2010-2025 » ENAÉ Distribution. Décembre 2010 p. 19.

#### 4.5 Vers une contribution des PCA à l'économie d'ENAÉ

Afin de découvrir les contributions issues des PCA, expliquons d'abord que l'ENAÉ a défini ses objectifs d'affaires de manière à créer de la valeur ajoutée dans toutes ses structures tant techniques que d'affaires touchant les activités liées à la distribution énergétique. Cela implique une constante remise en question des capacités requises afin d'atteindre ces objectifs tracés.

Pour décrire les projets et les résultats attendus à long et à court termes, tel que mentionné auparavant, nous pensons important de préciser que l'ENAÉ est quasiment la seule compagnie d'énergie établie dans son secteur. Cette situation de monopole

ou de quasi-monopole local fait que les développements des projets prennent une tournure assez particulière, surtout du côté de la SD qui s'avère minime, avec des infrastructures de base installées juste pour soutenir les RTD. Il s'agit d'une situation de quasi subsistance, à cause du manque de concurrence énergétique locale. L'exception à mentionner ici à mentionner sont les petits producteurs d'énergie résidentielle que ne constituent qu'un tout petit pourcentage, pas du tout significatif (nous n'avons pas les chiffres). Ces petits producteurs sont d'avantage plus engagés dans les technologies des panneaux solaires, du gaz, de la biomasse et l'éolienne, pour juste n'en nommer que quelques-unes. Dans cette situation de contrôle absolu et sans discussion sur la production, le transport, le contrôle et la distribution d'électricité, nous devons nous adapter à cette condition très particulière de l'ENAÉ. Si nous considérons qu'une grande majorité des foyers concernés utilisent l'électricité (77%) comme moyen de chauffage l'hiver et climatisation l'été, l'importance d'une exploitation optimale et performante s'impose avec l'application des objectifs d'affaires adaptés à la situation particulière de l'ENAÉ (ENAÉ, 2010).

Pour créer de la valeur dans les structures d'affaires et de technologie chargées de rendre le RI optimal, nous devons spécifier que notre contexte de base particulier de l'ENAÉ est le résultat d'une constante évolution et d'une transformation visant une meilleure distribution des services à moindre coût pour les consommateurs. Les entretiens nous le confirment tant de la part des *insiders* que les *outsiders*. Dans ce sens, les nouvelles capacités visant des profits, les schémas de communication et la gestion des données jouent un rôle important. Ces derniers éléments permettent l'introduction d'une couche intelligente dans l'infrastructure du RI, par conséquent, l'intégration de nouvelles applications et de processus dans les structures de l'ENAÉ. À ce stade, nous devons regarder au fond de la chaîne de production, afin d'établir ces capacités qui seront définitivement impactées par l'avènement du RI, permettant l'introduction de nouveaux processus d'application, tant pour la gestion d'affaires que pour toute l'énorme et complexe couche technologique. D'après nos spécialistes

interviewés, la première étape dans l'évolution du RI commence par la distribution électrique. C'est dans ce composant majeur que les nouvelles applications et les composants opérationnels seront placés et adaptés, afin de trouver une performance accrue, suivi de la communication, de la gestion des données qui seront captées et des applications reliées au profit (affaires). Avec cette optique le RI de la technologie SG contiendra une convergence de nouveaux systèmes basés sur les dernières TIC adaptées aux systèmes d'ingénierie de l'ENAÉ.

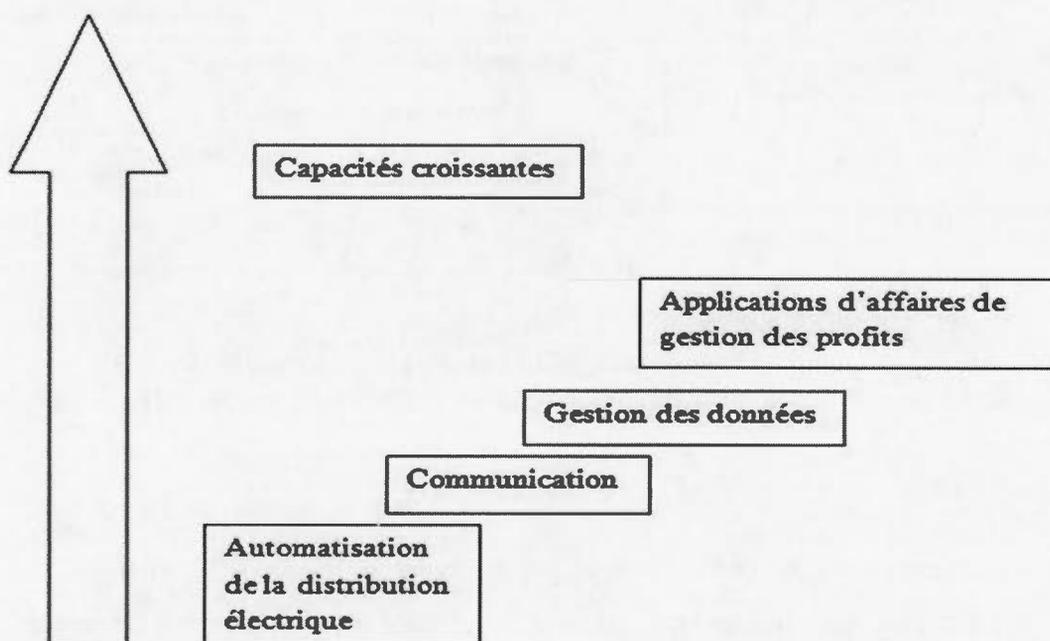


Figure 4.5 : Diagramme des capacités de profit d'affaires du réseau SG à l'ENAÉ.  
Source : ENAÉ - Plan d'évolution du réseau « vers un réseau intelligent », 2011.

Cette approche très particulière implique un travail d'évolution, voire une totale reconception, du système électrique actuel avec une considérable migration d'architectures, des protocoles, des standards et des objectifs d'affaires vers le SG.

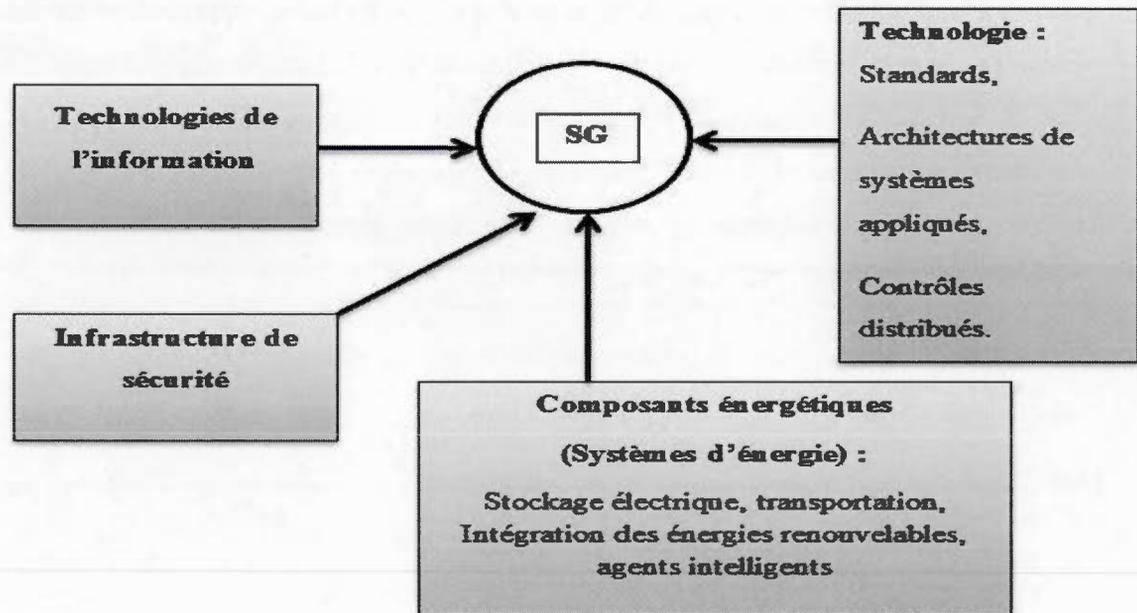


Figure 4.6 : Eléments de base dans la constitution de la technologie SG.  
Source : Adaptation des attentes des SG (ENAE et Gridwise Alliance), 2010

Ces nouveaux systèmes sont influencés par l'économie, la politique en place, les conditions climatiques uniques de l'Amérique du Nord et les objectifs d'affaires de l'ENAE.

Nous devons garder en tête que l'ENAE, se sert des PCA pour performer ainsi qu'alléger et agiliser ses applications reliées à la captation de l'énergie électrique et du mesurage afin de rendre ses activités beaucoup plus rapides et efficaces.

L'évolution technologique, qui a été appliquée avec la modernisation du RD et avec l'évolution des structures architecturales, composées des ESB à l'intérieur de celles-ci et basées sur des PCA, apportera des modifications très importantes aux pratiques actuelles de conduite du réseau et d'utilisation optimale des installations ainsi qu'à la

diversité des services offerts à la clientèle. Ces développements technologiques majeurs impliquent des investissements qui seront rapidement amortis par l'utilisation des technologies récurrentes mises en place, dont les PCA, à l'intérieur du système technologique des RD électrique.

Un autre élément majeur de la technologie architecturale d'application est l'ESB ou canaux de passage des services d'entreprise, pièce maîtresse de travail dans les réseaux de distribution électrique de l'ENAE.

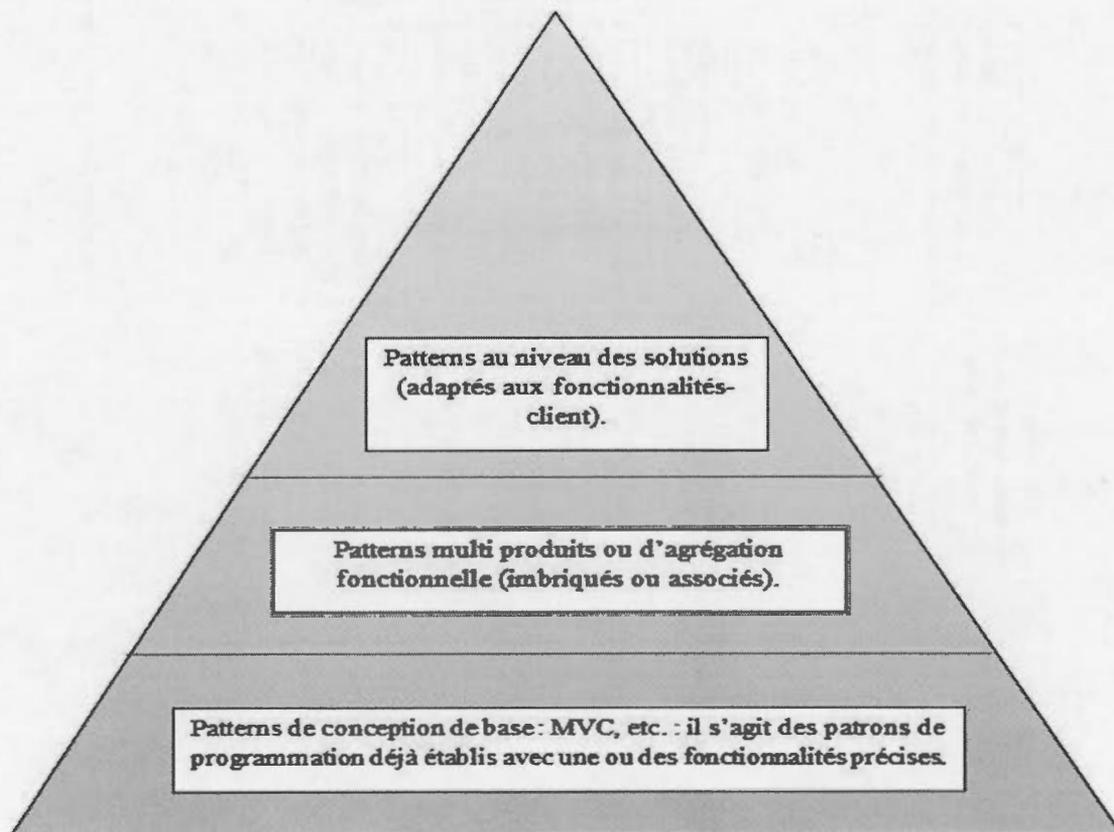


Figure 4.7 : Niveau d'application des PCA inspirés de l'industrie logicielle. Source : IBM Pure Systems® et Cisco et Edilberto RIOS

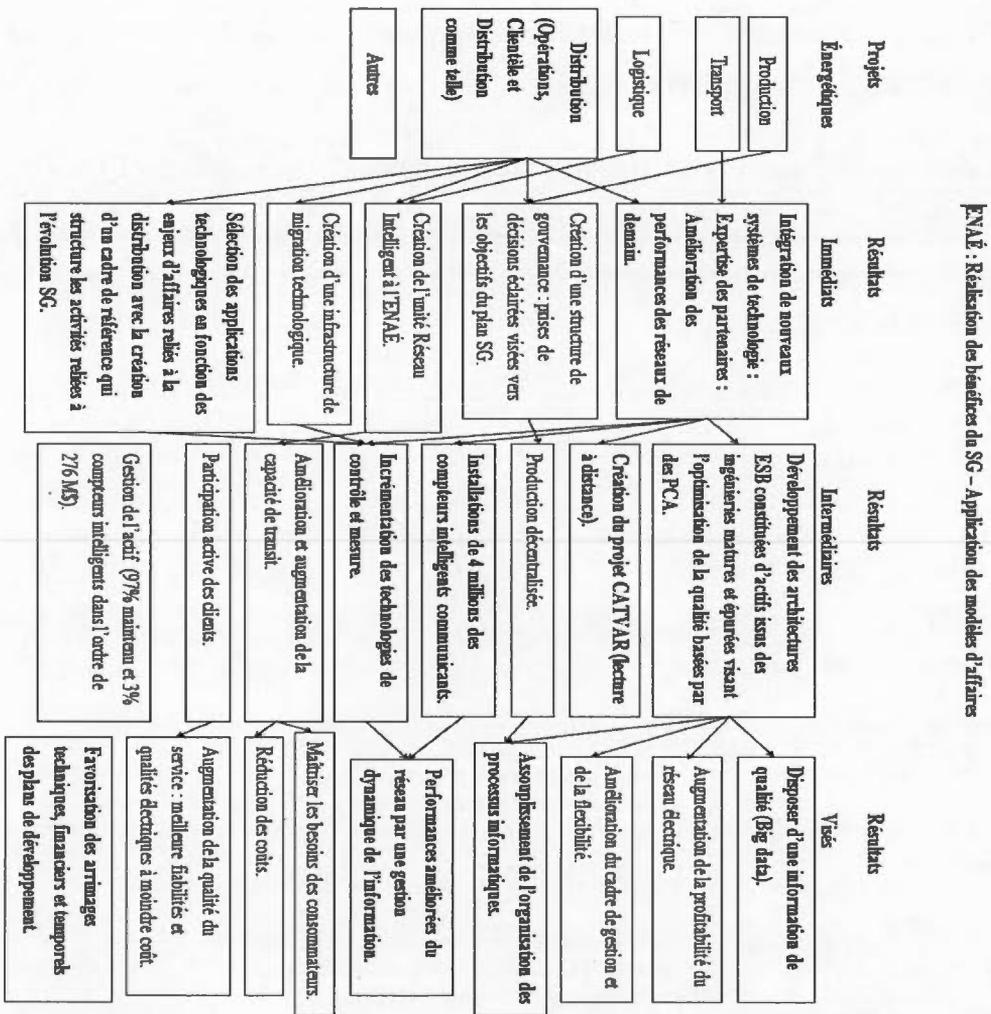


Figure 4.8 : Diagramme de réalisation de bénéfices d'affaires du SG à l'ENAE.  
 Source : E. RIOS. Novembre 2014.

#### 4.6 Le résumé des entretiens

Nous devons, ici, réitérer les thématiques exposées en lien avec notre question de recherche et avec les experts interviewés, divisés en deux groupes, à partir de nos deux questionnaires (Annexes A1 et A2) : les *outsiders* et les *insiders*. Groupes différents, mais complémentaires. À ce stade, nous ne devons pas perdre de vue leurs implications directes aux enjeux technologiques par rapport aux affaires surtout et de manière sociale.

À partir des réponses reçues de la part de ces gestionnaires de l'ENAÉ à nos questions, nous avons opérationnalisé les concepts que nous résumons dans les lignes suivantes, regroupés par concepts. Nous avons décidé de présenter les réponses de manière synthétique et groupée de cette façon pour rendre les informations recueillies plus compréhensibles. Elles sont issues des transcriptions et des débriefings. Comme ça, nous résumons nos échanges. Il est à noter que les experts interrogés ont répondu de manière libre et spontanée.

Voici les concepts partagés par l'ENAÉ :

Concept 1 : Dans le SG, l'utilisation des PCA dans les ESB, reliés aux systèmes de gestion des pannes en temps réel pour éviter les pertes d'information touchant la signalisation, a fait évoluer significativement les performances tant techniques que d'affaires. Cela fait partie du plan d'affaires (*Business Case*). Comme exemple de cela, par rapport aux pannes, les CI alimentent l'ESB afin de déterminer leur ampleur et localiser leur position rapidement et en temps réel. Ce phénomène a déclenché une grande recherche au sein de notre institution (ENAÉ).

Concept 2 : L'unité de mesure AMI (composée d'un ESB dont les PCA) optimise le profil de la tension électrique sur les signaux à travers le module BBC (*Bottom Bar Control*) en facilitant la distribution, le contrôle des équipements reliés qui sont télécommandés à distance et qui aident à la localisation des défauts dans l'automatisation. Avantages : Cela contribue à une transmission/réception de données performantes et établi un système de rétablissement automatique des appareils en cas de panne. Le module BBC est un système de composants techniques conçu, créé, installé et implémenté pour l'optimisation du profil de tension sur les lignes, afin d'offrir une économie majeure d'énergie.

Concept 3 : L'utilisation des procédés de traitement des données techniques, attachées au *Big Data* dans le SG et ses composants, augmente à grande échelle, la qualité (pertinence et signification tant technique qu'électrique). Cela améliore également l'intégrité des données. Avantage : Avec le *Big Data*, les données peuvent être mises en corrélation par rapport à leur signification (technique ou électrique).

Concept 4 : Le SG représente une évolution technologique majeure pour l'ENAE. Cela représente une amélioration accrue des performances avec l'ajout de nouvelles fonctionnalités et l'amélioration des processus dont l'incorporation des PCA aux ESB. L'installation d'environ 4 millions des CI entre 2012 et 2015, a poussé les directives techniques et d'affaires à réaliser de gros investissements en développement de grosses infrastructures. Avantages : Amélioration de la gestion du temps, et détection des équipements (anomalies, transmissions des données et les secteurs où les appareils se trouvent).

Concept 5 : L'arrivée du RI dans les technologies SG, a fait évoluer le RD avec les CI, ce qui a conduit à l'installation des composants réseau compacts et performants supportés à l'interne par les ESB et, donc les PCA. Les données qui sont reçues sont analysées et intégrées au *Big Data*. Avantages : Allègement des composants réseaux avec de nouvelles fonctionnalités, dont la détection de la sous-consommation et de la surconsommation également. Par rapport aux objectifs d'affaires, l'ajout de la non-conformité, ce qui ajuste et améliore le plan d'affaires. L'utilisation du *Big Data* amène un défi de taille mesurable à la magnitude et à l'envergure de cette technologie.

Concept 6 : L'établissement des infrastructures performantes, issues du SG (dont les PCA), a permis d'appliquer une des priorités d'affaires touchant les composants télécom et donc la communication téléphonique sans fil applicable aux cellulaires, avec pleines possibilités. Une de ces alternatives est le contrôle à distance du rétablissement du réseau et le contrôle des charges avec une réponse manuelle. Il s'agit dans ce cas, d'un composant analytique de haute performance.

Concept 7 : Avec l'arrimage de la technologie informatique et de l'informatique opérationnelle (aspect technique et de génie), l'évolution technologique a intégré étroitement beaucoup d'applications avec de nouvelles opportunités et capacités tout en améliorant le travail et les performances.

Concept 8 : Avec le SG et l'implantation des structures de solutions récurrentes, telles que les PCA, les objectifs d'affaires et de technologie produisent une réduction des contraintes et des défis liés à la technologie avec une significative diminution des

coûts ainsi que l'extraction de la valeur contenue dans les données. Cela améliore les processus impliqués.

Concept 9 : Le SG amène une résolution des problèmes touchant la fiabilité des données. L'établissement des procédures à distance, en évitant le travail manuel des équipements sur le terrain, harmonise l'évolution de la vision stratégique envers l'utilisation de l'information, tout en accomplissant la vision d'affaires.

Concept 10 : Les CI du SG améliorent substantiellement les contrôles d'intégrité des données avec une politique d'accès établie de manière journalière. Avec l'application des techniques du cryptage, la disponibilité ainsi que le degré d'encadrement ont été performées à tous les niveaux.

Concept 11 : Un des objectifs de déploiement de la technologie SG est le développement des études d'opportunité (affaires). Cela a comme conséquence la rénovation de tout le RD avec l'implantation du SG pour devenir un RI avec le *Big Data*, les ESB et les PCA.

Concept 12 : Le SG ajoute de la valeur à la chaîne avec le rassemblement des données de nature distincte, placées auparavant dans des silos, c'est-à-dire isolées. Cela inclut les données issues du RD (RI) dont celles issues de l'AMI (données de consommation, des comptes et des services) et du SCADA (données électriques) et les données ERP. Juste les données AMI captées manuellement toutes les 15 minutes représentent, à elles toutes seules, 150 Tbytes correspondant à environ 4 millions des clients pendant cinq ans. Cela représente un enjeu majeur de volume, de variété et de

gestion des données, avec également, l'avènement de l'événementiel avec la rapidité d'arrivée des données au système.

Concept 13 : Une partie importante de l'amélioration de la qualité des processus et des services du SG est l'application du cryptage (clé privée/publique) à la sécurité des données dans le RI (dont les ESB et les PCA). Les CI sont analysés avec l'application des standards de type bancaire, afin de garder l'intégrité, la disponibilité, la confidentialité et la protection des données, ainsi que pour éviter les attaques venues de l'extérieur.

Concept 14 : L'ENAE avec l'implantation de la technologie SG réduira ses coûts de transport et permettra aux clients toute l'économie qui vient avec elle (dont l'utilisation de la SG, le ESB et les PCA) et permettra aux clients surtout résidentiels, de produire et de stocker de l'énergie tout en voyant leurs factures diminuer. Cela produira un élargissement du réseau B2G.

Concept 15 : Avec l'implantation des PCA à l'intérieur des infrastructures technologiques, il y a une imminente baisse des coûts de réalisation des projets qui fait partie des objectifs d'affaires de l'ENAE.

Tous ces concepts exposés ici résument la pertinence de l'utilisation des PCA à l'intérieur des infrastructures techniques (SD et SG), ce qui nous offre une ample gamme de contributions qui définitivement font épargner de l'argent à l'ENAE.

#### 4.7 Mesures générales des entretiens

Dans les graphiques et matrices suivantes, nous présentons de manière sommaire les réponses des interviewés par variable impliquée dans la recherche. Nous avons utilisé, ici aussi, le logiciel de recherche INVIVO 10 qui a été conçu pour venir en aide aux chercheurs dans leurs recherches qualitatives (gestion des sources documentaires, codification des entrevues et graphiques des réponses parmi d'autres fonctionnalités). Nous avons décortiqué les réponses de chaque groupe (*outsiders* et *insiders*) en prenant en considération nos variables de recherche (PCA, SD et SG). Notre travail d'analyse des réponses a été réalisé en excluant quelques explications un peu superflues ou hors contexte. Dans le prochain chapitre, nous présenterons nos codifications conceptuelles INVIVO 10 en détail.

Pour les Interviewers *Outsiders* :

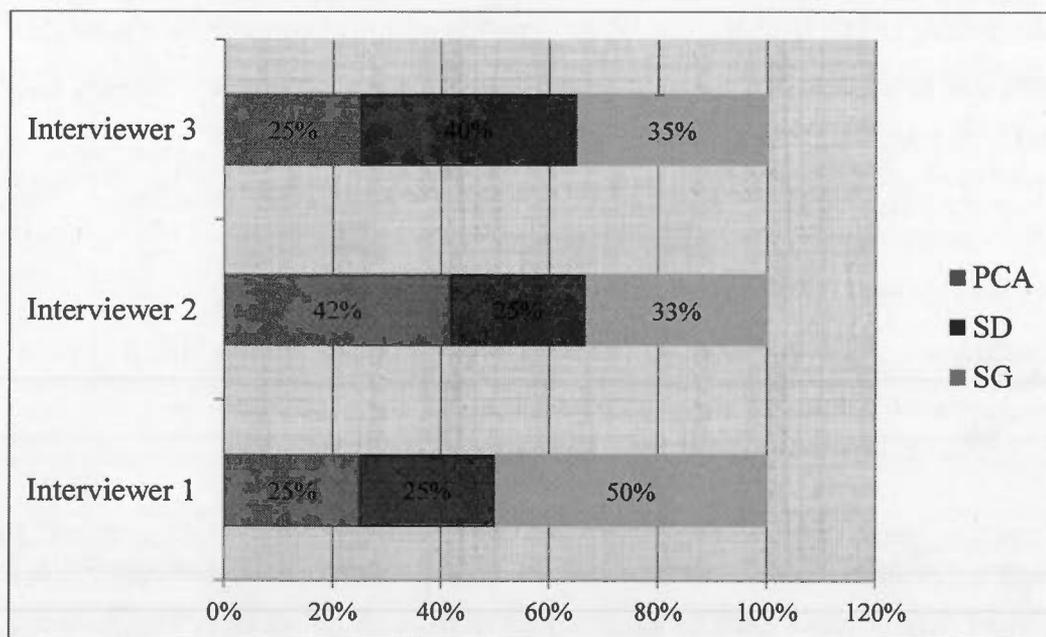


Figure 4.9 : Graphique des réponses des interviewers *outsiders* (1, 2 et 3) VS. le pourcentage du contenu de chacune des variables impliquées dans la recherche.  
Source : E. RIOS. Déc. 2014 réalisée avec INVIVO 10.

Pour les interviewers *Insiders* :

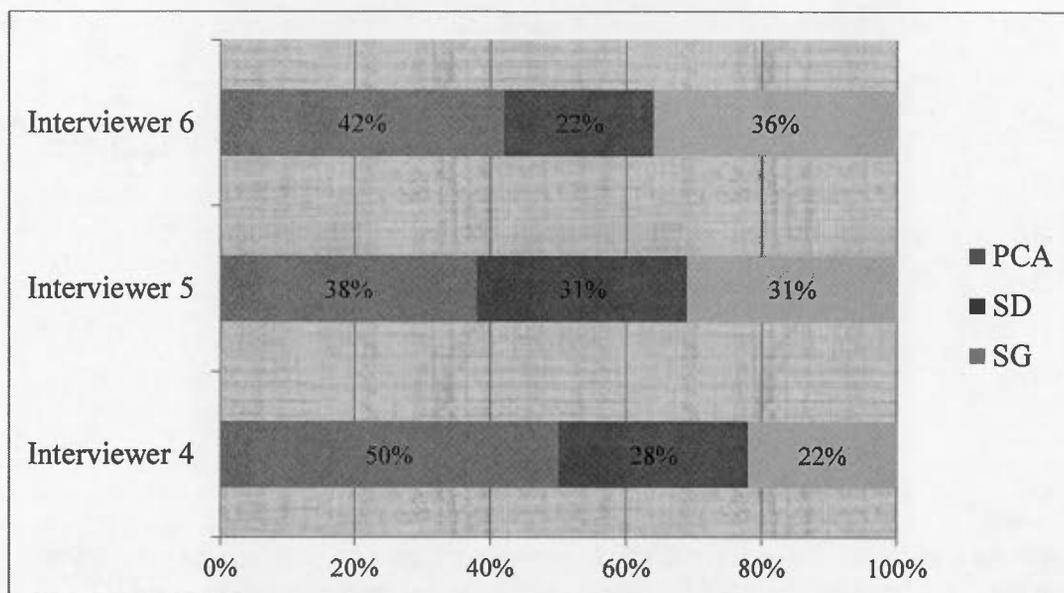


Figure 4.10 : Graphique des réponses des interviewers *insiders* (4, 5 et 6) vs le pourcentage du contenu de chacune des variables impliquées dans la recherche.  
Source : E. RIOS. Déc. 2014 réalisée avec INVIVO 10.

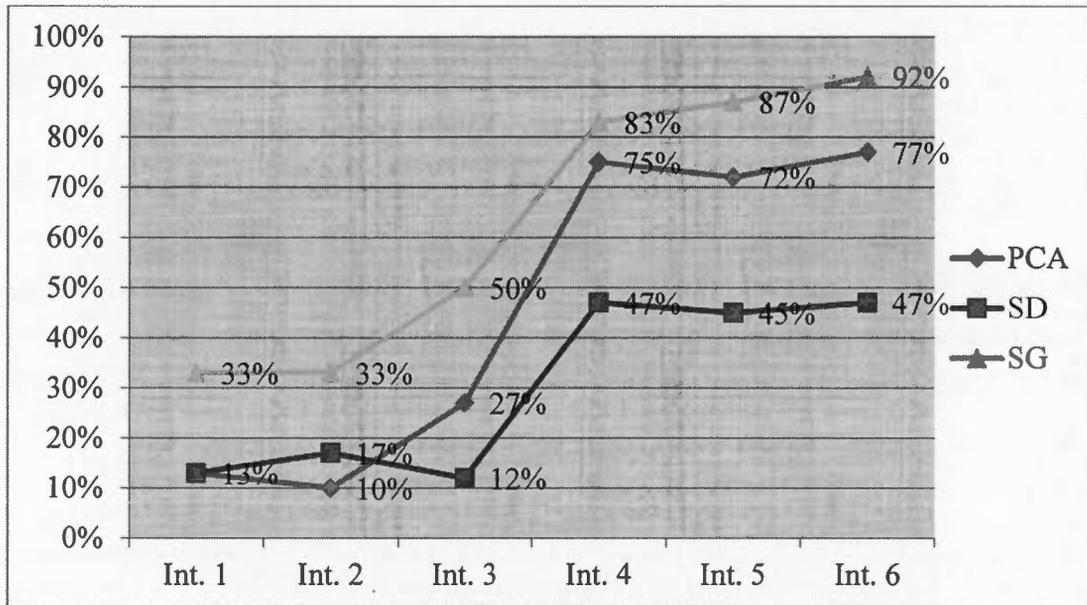


Figure 4.11 : Matrice Interviewers VS. Données partagées par catégorie mesurées en pourcentage d'implication de chacune des variables par interviewer. Source : E. RIOS. Déc. 2014 réalisée avec INVIVO 10.

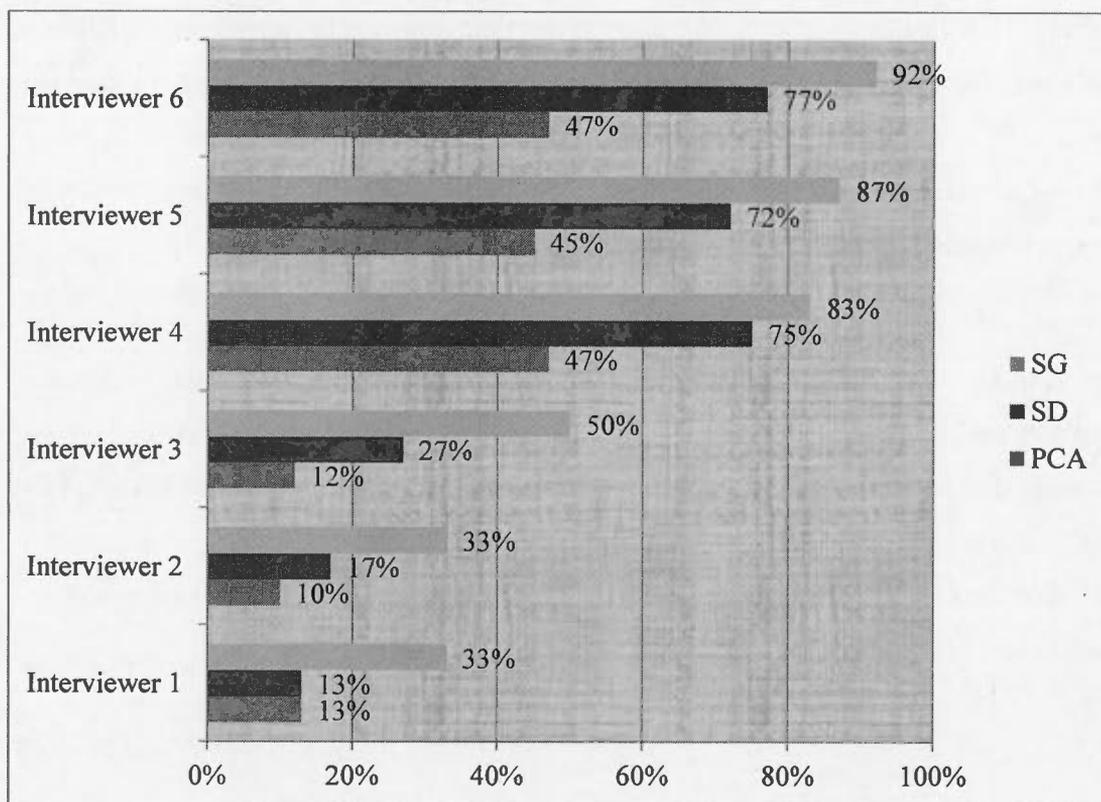


Figure 4.12 : Matrice des histogrammes des Interviewers VS. Données partagées par catégorie mesurées en pourcentage d'implication de chacune des variables par interviewer. Source : E. RIOS. Déc. 2014 réalisée avec INVIVO 10.

L'idée est de montrer l'analyse des réponses données fournies par les interviewers et l'implication de chaque variable dans ces réponses d'une manière un peu générale.

#### 4.8 Le catalogue des PCA

Les PCA qui suivent sont le résultat d'une adaptation des PCA de l'ENAÉ avec ceux d'*IBM Pure Systems*® et de *Cisco Systems Inc.* (dont l'équipe de recherche sur

l'énergie *SCE-Cisco-IBM SGRA* avec la participation de la *Southern California Edison Company*), reliant les affaires au domaine de l'énergie. L'ENAE s'est inspirée de ces PCA pour développer et personnaliser les siens. Elle nous a partagé son catalogue référentiel des PCA (à caractère confidentiel), mises en application et aujourd'hui fonctionnels dans son réseau SG.

Ils sont classés par des fonctions proposées par *IBM Pure Systems®* pour son application à l'ENAE. Ils représentent le résultat d'une profonde recherche applicative, supportée pas des études d'opportunité, par des tests, par des mises en place et d'exécution reliant les objectifs d'affaires (*business*) à ceux de l'ENAE. Les TIC disponibles sur place dans la plateforme TI, ont été utilisées, et ce, en collaboration avec les fournisseurs des logiciels spécialisés et les professionnels de la recherche et développement de l'ENAE.

Pour des motifs de confidentialité, nous n'avons pas le droit à diffuser les contenus originaux des PCA de l'ENAE. Nous invitons donc le lecteur à prendre note des processus montrés comme un approximatif fonctionnel, donnant une idée très proche de la réalité de ces processus de captation de la consommation d'énergie électrique dans les foyers et la conséquente utilisation de ces données par les réseaux digitaux et d'affaires. L'utilisation de ces *patterns* réduit la complexité des applications tout en conservant les fonctionnalités et en épargnant considérablement tous les coûts. Voici les PCA.

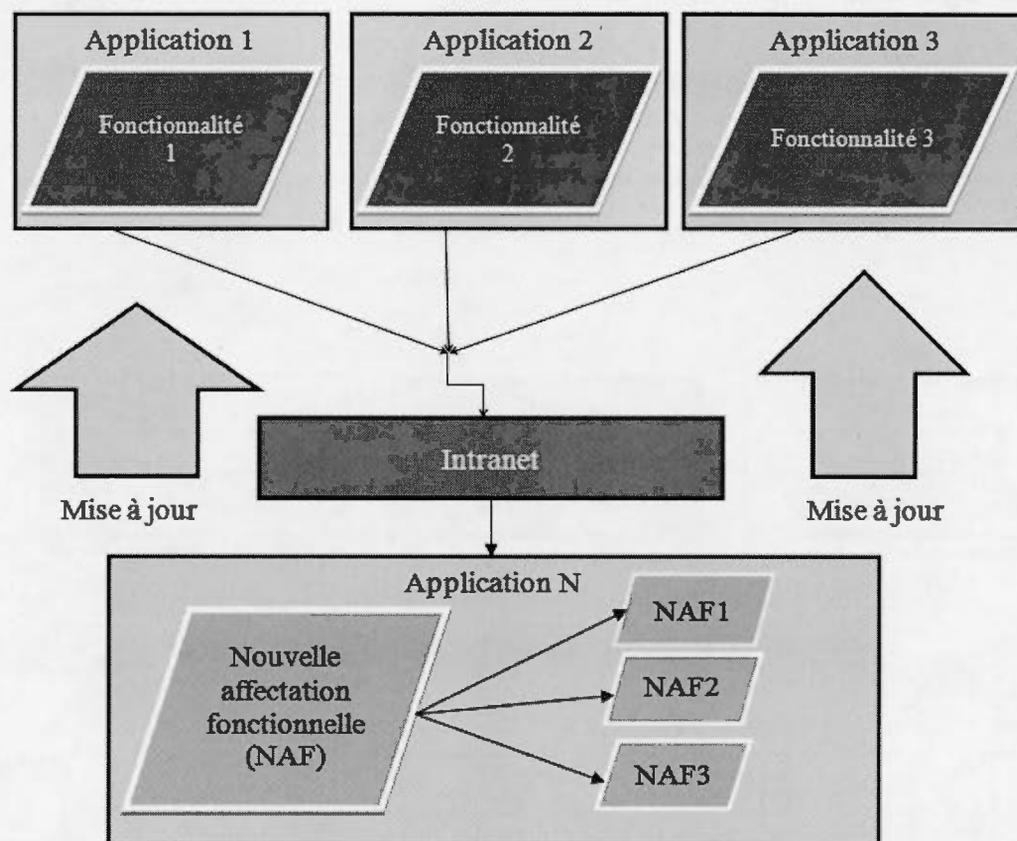


Figure 4.13 : PCA : Stabilisation des affectations fonctionnelles adaptées. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA montre le renforcement des fonctions qui ont subi des modifications provenant des applications des consommateurs à travers les CI. Il résout le problème de répliquation des données dans la même fonctionnalité et ajoute un contrôle sur les applications d'échange. Il évite aux applications sollicitées d'avoir une multitude de versions tout en réduisant les coûts de support et d'évolution de ces mêmes applications. Dans ce même sens, ce PCA contourne, aux applications et

infrastructures techniques impliquées, la difficulté d'exploiter et de gérer une multiplicité des versions.

Contributions tangibles et intangibles : Réduction des coûts d'exploitation, de support et d'évolution, en plus d'avoir la capacité soutenue de réagir rapidement face aux changements. Également, il réalise une uniformisation du répertoire des applications.

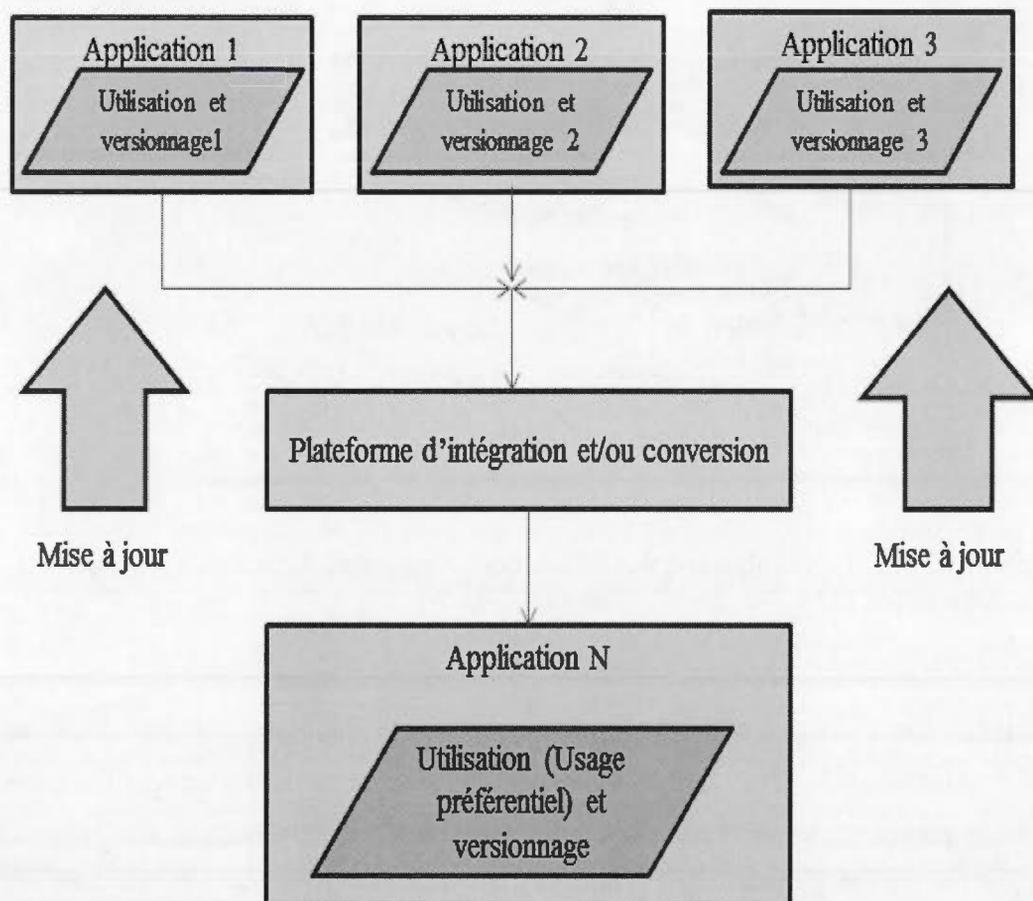


Figure 4.14 : PCA : Regroupement des usages préférentiels fonctionnels et versionnage. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA illustre la stabilisation des pratiques d'utilisation des versions des logiciels d'échanges sous une seule instance de l'application. Il résout le problème d'avoir plusieurs versions et les infrastructures d'exploitation ajoutées qui viennent avec elles.

Contributions tangibles et intangibles : Une diminution significative des coûts du support et de l'exploitation, plus une réactivité accrue ainsi qu'une gestion plus simplifiée, performante du versionnage ainsi qu'une simplification du portefeuille d'applications.

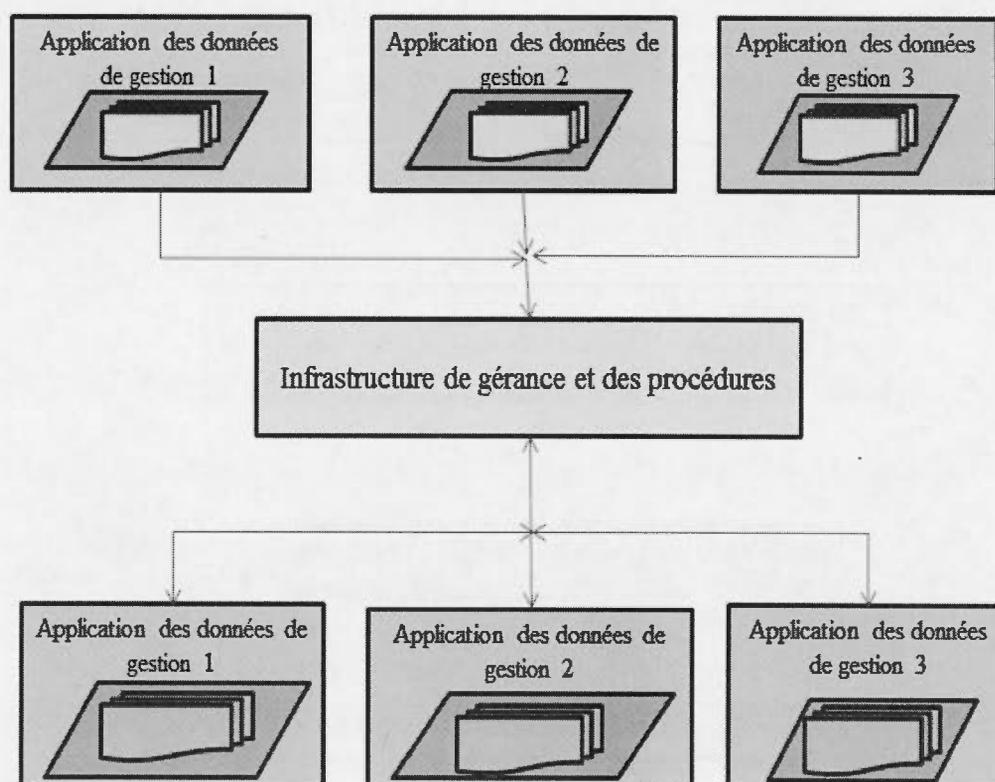


Figure 4.15 : PCA : Agrégation des données de gestion. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA établit la synchronisation des données dupliquées dans les applications des données de gestion en utilisant une infrastructure procédurale d'intégration. Il évite les coûts très élevés de recherche des répliques des données et, également, il évite les contraintes d'opération des configurations et d'architectures complexes.

Contributions tangibles et intangibles : Réductions des coûts d'opération et de support. Le contrôle des duplications (partielles ou complètes) peuvent s'appliquer pour les changements ou pour un rafraîchissement complet.

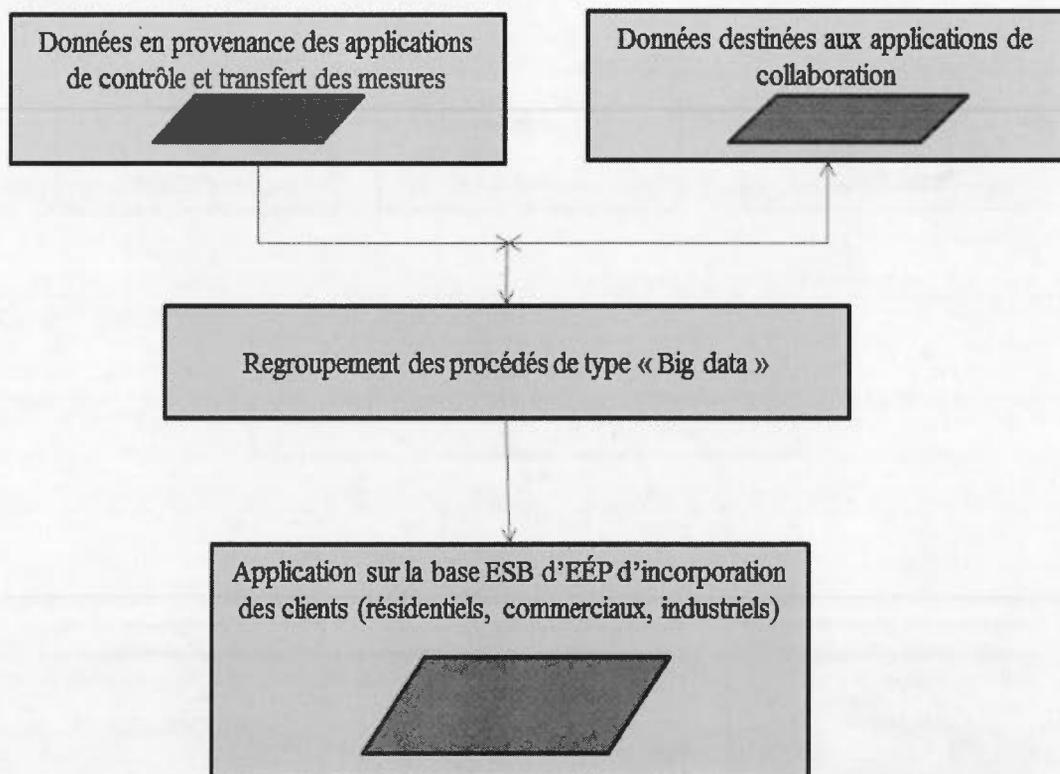


Figure 4.16 : PCA : Intégration des données pour les applications BI et des services réutilisables. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA montre le regroupement des fonctionnalités provenant des applications de contrôle et de collaboration. Ce *pattern* aide à augmenter la rapidité d'accès pour les applications en silo. Il enlève beaucoup des défaillances entre les manières d'accéder aux applications et dans les échanges. Il supporte également les inconsistances entre les différentes façons d'échanger les données et d'accéder aux applications.

Contributions tangibles et intangibles : Les coûts de support et de procédés sont grandement réduits. Les services sont plus facilement accessibles et les fonctionnalités deviennent plus cohérentes à travers le *Big Data*.

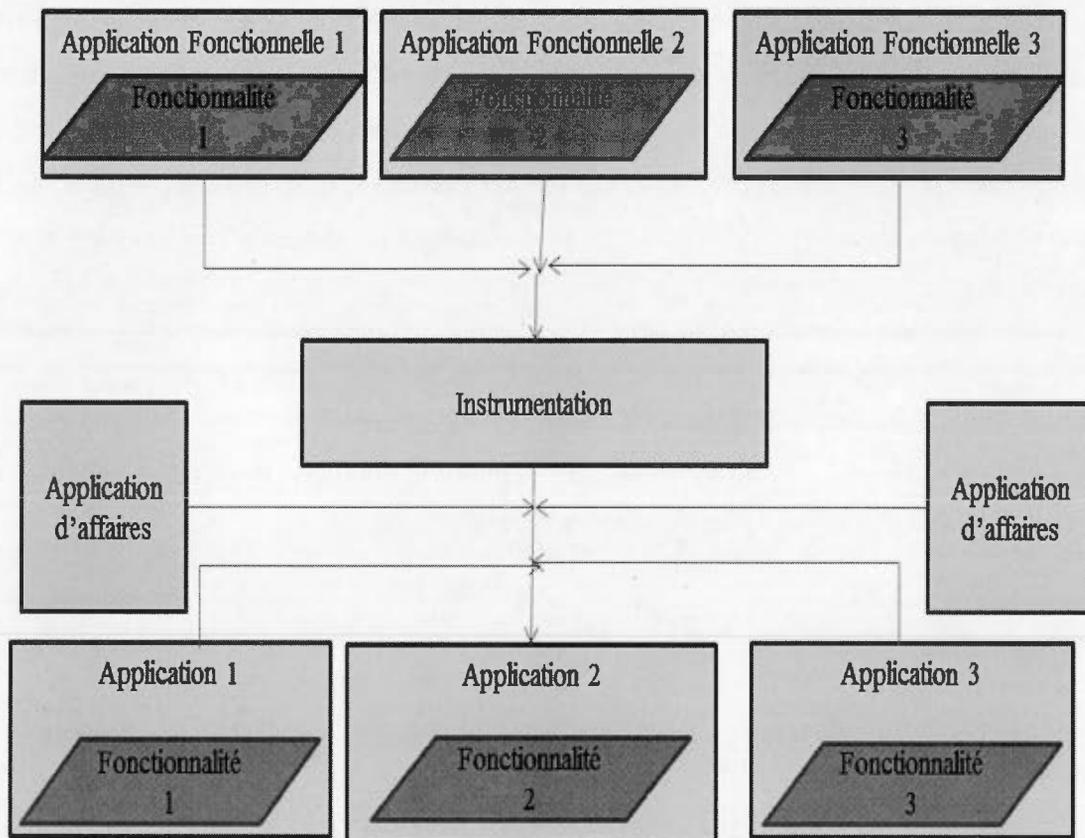


Figure 4.17 : PCA : Intégration des instrumentations. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA montre le chemin exécuté par des applications fonctionnelles d'affaires permettant les accès aux travaux divers. Il solutionne le problème des délais dans l'exécution des processus d'affaires en général surtout lorsque plusieurs utilisateurs doivent effectuer des travaux.

Contributions tangibles et intangibles : Augmentation du niveau d'efficacité au niveau de l'exécution à cause des interventions directes aux processus et également de la vitesse de traitement dans les procédés reliées aux processus d'affaires.

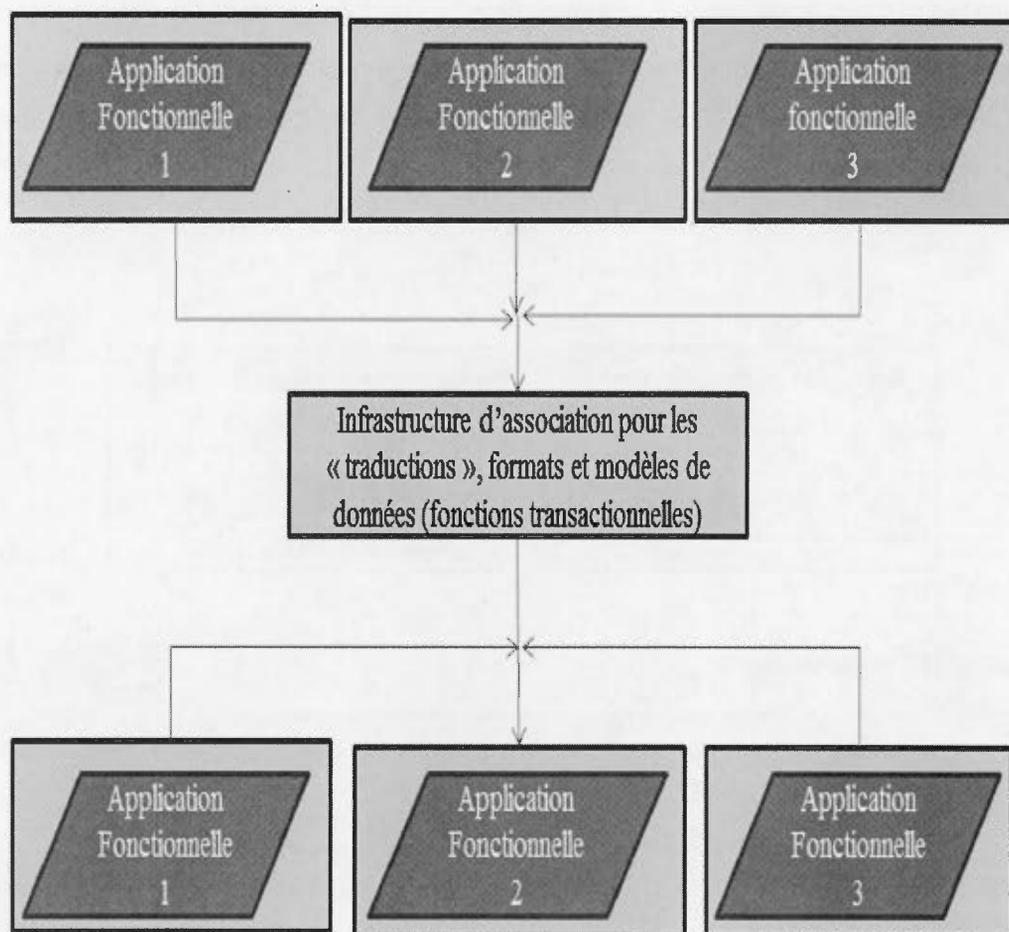


Figure 4.18 : PCA : Intégration en mode associatif (Démonstration). Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA nous signale la progression des opérations des processus transactionnels par des déclics automatiques des fonctions. Il résout le problème des traductions des modèles des données sur les applications fonctionnelles ainsi que le risque d'erreurs par suite de multiples mises à jour. Également, ce PCA résout les difficultés liées à la rationalisation des formats et modèles des données.

Contributions tangibles et intangibles : L'incorporation de ces processus transactionnels réduit les erreurs de transactions et des formats dans les données, tout en restreignant les conséquences. Les données deviennent plus protégées et décidément incorruptibles avec la minimisation des impacts et changements aux applications de base.

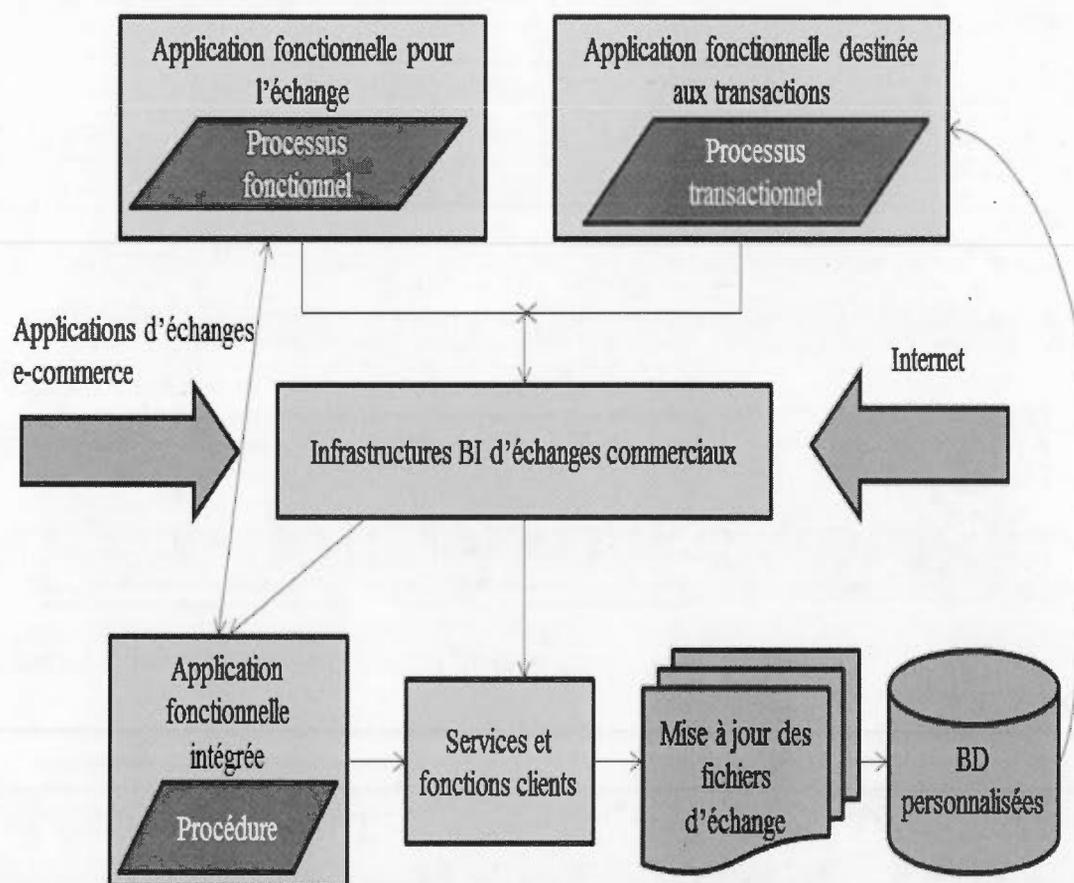


Figure 4.19 : PCA : *Pattern* composé d'incorporation et d'adaptation des fonctions clients pour les échanges de consommation électrique (ENAE). Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA montre les processus appliqués des données échangées à travers les applications BI (*Business Intelligence*) tout en préservant l'intégrité pour les mises à niveau futures. Il contourne la difficulté de tirer parti des nouvelles fonctionnalités dans les versions plus récentes du logiciel due aux coûts et délais associés aux mises à niveau. Il fournit des fonctions ou données pour les besoins spécifiques d'affaires que le logiciel ne supporte pas.

Contributions tangibles et intangibles : Augmentation de la performance dans les fonctions transactionnelles destinées à l'échange commercial à partir des CI. La capacité des services à mettre en place est fortement améliorée tout en diminuant les risques, les coûts de production et des nouvelles versions. Il offre la possibilité d'avoir des données spécifiques sans compromettre la capacité de mettre le logiciel au bon niveau.

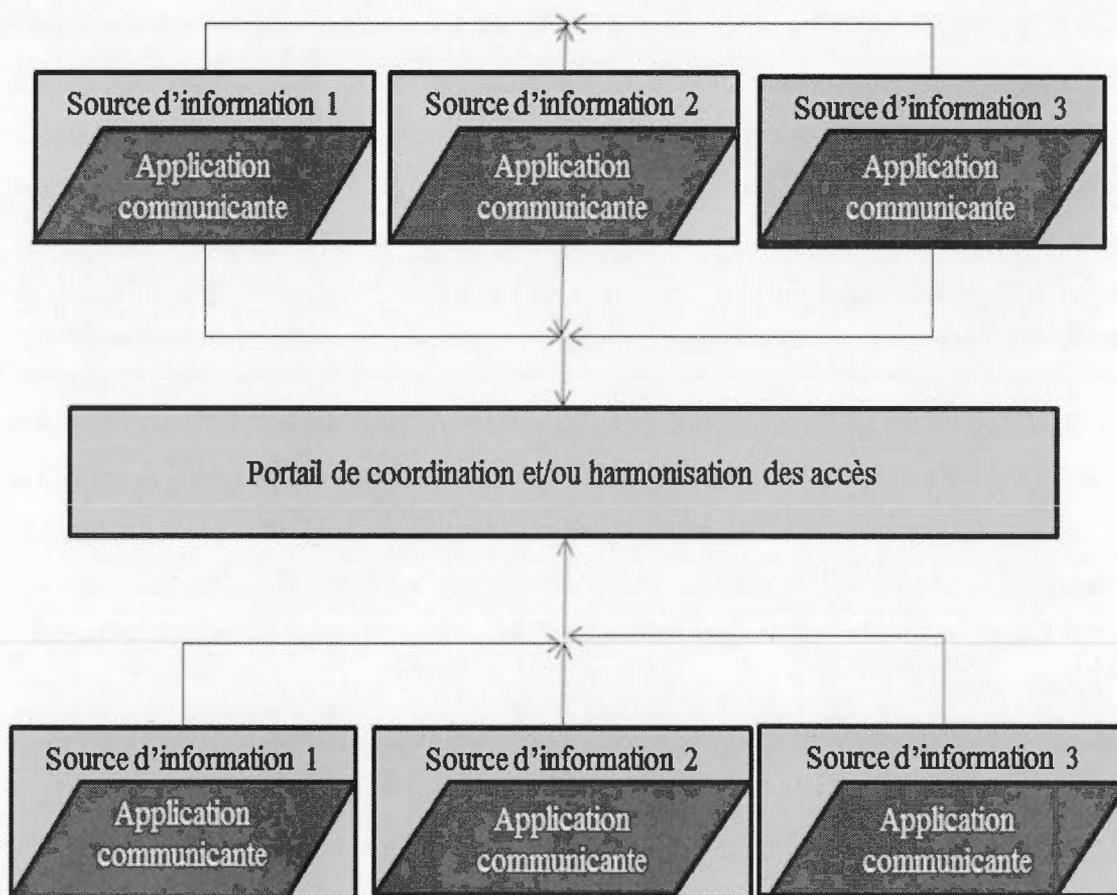


Figure 4.20 : PCA composé : Intégration par portails d'accès personnalisés. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA illustre un aperçu intégré des données en provenance des multiples sources d'information et d'applications afin de fournir un accès uniforme, transparent et personnalisé aux usagers. Il réduit au maximum les temps d'accès lorsque la fréquentation est soutenue tout en évitant aux utilisateurs de bien consulter leurs applications et augmente la possibilité de visionner un ensemble d'informations au même moment.

Contributions tangibles et intangibles : Fournit une vision plus intégrée des sources d'information et de données, tout en facilitant les collaborations entre fournisseurs électriques.

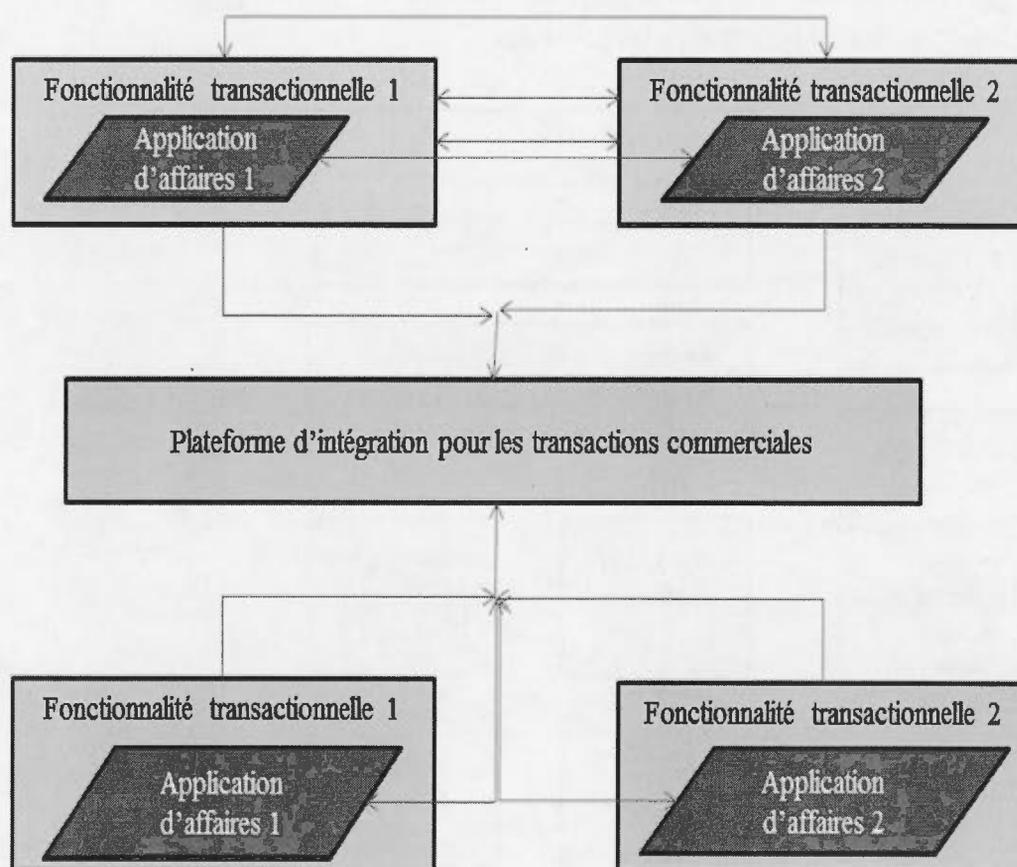


Figure 4.21 : PCA composé : Plateforme d'intégration pour les transactions commerciales. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA montre la commutation des interfaces fonctionnelles, et d'application ainsi que les services qui viennent ensemble afin d'obtenir une

plateforme d'intégration commune. Techniquement parlant, il évite les erreurs et les problèmes de type opérationnel avec les interfaces point à point. Il contrôle la duplication très coûteuse des échanges de mêmes informations.

Contributions tangibles et intangibles : Une importante diminution des coûts d'exploitation, de support et d'utilisation d'interfaces. Augmentation de la fiabilité et de la rentabilité. Il évite le contrôle excessif du temps d'accès dans les fenêtres de traitement en différé pour traiter les échanges.

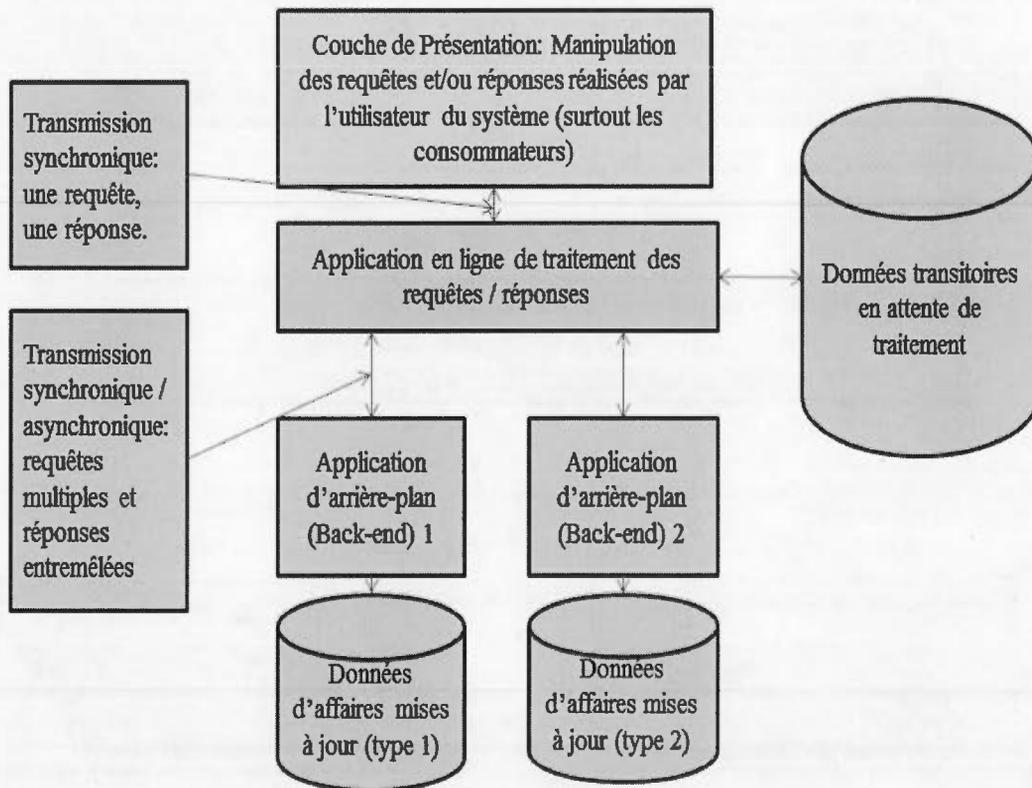


Figure 4.22 : PCA : Dissociation de la fonction d'auto-service (Séparation des données d'affaires) applicable pour les accès des usagers aux applications *back-end*.  
Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce *pattern* proposé par IBM Pure Systems® nous montre le flux des services d'affaires appliqués et séparés par type de donnée traitée. Il résout le problème d'intégrité et la fiabilité des données.

Contributions tangibles et intangibles : Ajoute l'idée de séparation des capacités dans les applications d'affaires en donnant des réponses rapides et efficaces. Réduit le temps d'accès.

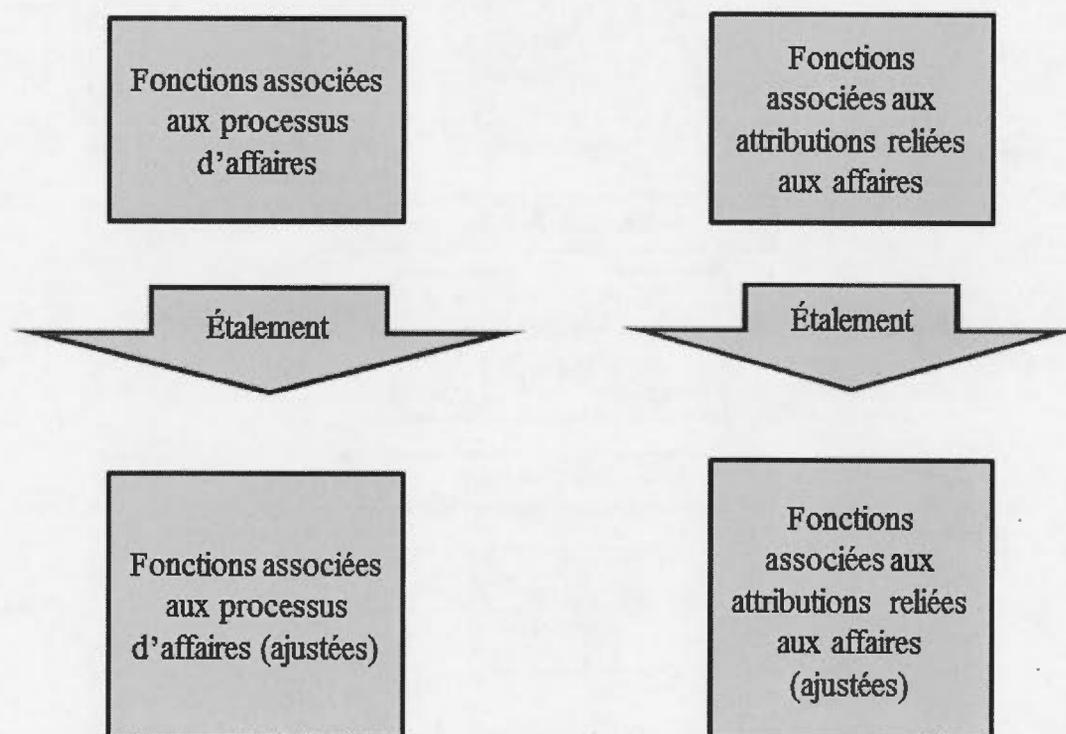


Figure 4.23 : PCA : Étalement des fonctions liées aux affaires et aux attributions associées aux processus. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails : Ce PCA nous montre l'étalement des processus et des fonctions associées aux affaires, afin d'améliorer les nouvelles implantations et de faciliter à

l'organisation l'intégration des changements avec moins des problèmes. Il améliore significativement la capacité de l'organisation d'absorber les changements.

Contributions tangibles et intangibles : Bon ajustement des fonctions et des processus d'affaires, tout en diminuant les coûts et les problèmes d'application et d'exécution. Les multiples implantations permettent aux entreprises d'énergie en général et aux TIC en place d'ajuster et d'adapter à l'intérieur de l'horizon du déploiement.

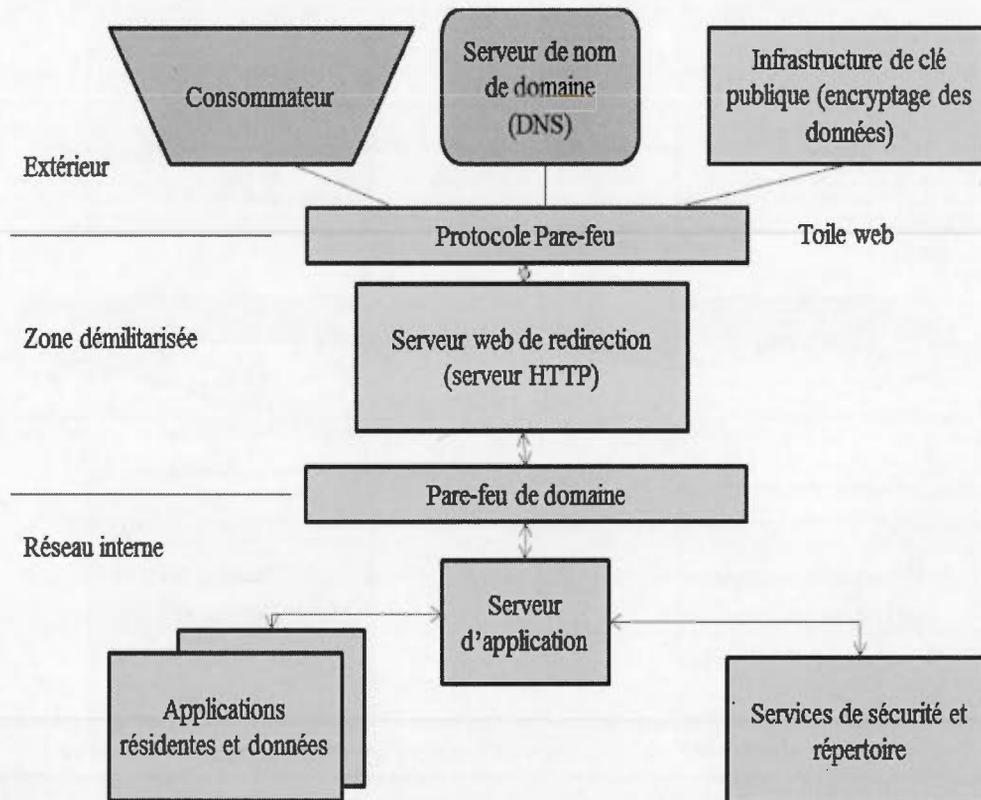


Figure 4.24 : PCA d'exécution (*Runtime*): Il montre comment les fonctions du serveur web de redirection reconduit les requêtes au serveur d'application, afin de les diriger vers les bonnes applications résidentes. Source : E. Rios. Novembre 2014.

Détails: Ce *pattern*, proposé par *IBM Pure Systems®*, sépare les fonctionnalités du serveur web d'application en deux pôles, en séparant les fonctions du serveur web HTTP du serveur d'application avec les avantages des gains de performance et de gestion sur toutes les fonctionnalités y compris celles des mises à niveau et d'affaires entre autres.

Contributions tangibles et intangibles: Ajoute une couche additionnelle de sécurité au processus de transmission de l'information du consommateur aux applications résidentes. Augmente la fiabilité, l'intégrité et la mobilité (adaptabilité) des composants tout en réduisant les coûts d'implantation et d'exécution.

Toutes ces démonstrations témoignent de l'envergure des applications des PCA à travers une SD aux technologies SG à l'ENAE. Ces modèles sont applicables à l'ensemble des applications qui contrôlent l'énergie

Le prochain chapitre expose en détail l'analyse descriptive des données ainsi que l'interprétation et la discussion des résultats, que nous venons d'exposer. Finalement, un sommaire de ces mêmes résultats est présenté.



## CHAPITRE V

### ANALYSE DES DONNÉES ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

#### 5.1 Introduction

Dans le chapitre antérieur, nous avons présenté un recueil des données qui nous ont été partagées par l'ENAE. Nous devons maintenant transformer ces données en information utile et efficace. L'analyse implique de réduire les données et de les coder, c'est-à-dire les résumer dans une petite unité fonctionnelle afin de concentrer les faits et de trouver les PCA issus des composants. Cette opération sert à l'interprétation de base à la formulation des recommandations (Cooper et Schindler, 2002).

La recherche nous a permis d'éclaircir les points les plus pertinents de notre recherche et de prouver que les PCA contribuent amplement aux économies dans le secteur de l'énergie en Amérique du Nord.

Le présent chapitre expose et précise ces résultats par rapport à la question principale de recherche, proposée dans le chapitre portant sur la problématique, et à laquelle nous répondons à la fin du présent chapitre. Ces données, si précieuses, seront présentées d'une manière résumée, et codée, mais concise et directe. Elles montrent la pertinence de notre recherche tout en justifiant notre travail. À ce stade-ci, nous faisons un rappel des variables de recherche, qui donnent une idée concrète des données à discuter. Nous voulons connaître les contributions que les PCA réalisent à travers la plateforme TI avec la SD comme soutien à la technologie SG implantée à

l'ENAÉ. Pour mieux comprendre l'application du codage, nous expliquons les relations entre les variables de travail utilisées dans notre recherche. Le paramétrage appliqué aux réseaux énergétiques afin de bien capter les lectures et acheminer les données modélise complètement l'architecture de tous les systèmes impliqués. Dans ce sens, le SG prend ici tout son ampleur comme instance de la SD et son application se reflète amplement sur les PCA résultat de cette évolution technologique. Les PCA comme parie de la technologie TI facilitent le déploiement des infrastructures et par conséquent, des capacités opérationnelles et d'optimisation énergétiques.

Les variables qui suivent sont illustrées, afin de mieux comprendre les données analysées.

Comme la technologie Smart Grid (SG) est une instance de la Stratégie Digitale (SD),  
et si

La SD est en fonction des Patterns de Conception et d'Architecture (PCA), donc

$$SD = f(PCA) ;$$

$$\text{Et si } SG = f(SD) ;$$

$$\text{Alors } SG = f(SD) \text{ et } SD = f(PCA) ;$$

Par conséquent,

$$SG = f(SD) + f(PCA) ;$$

$$\text{Donc, } SG \leftarrow SD \leftarrow PCA ;$$

PCA Variable indépendante;

SD Variable dépendante de la PCA;

SG Variable dépendante de la SD.

## 5.2 Codification des données

Pour la codification des données qui suivent, nous avons choisi les éléments plus représentatifs et fonctionnels des PCA, des SD et de la technologie SG trouvés dans le fonctionnement de l'ENAÉ ainsi que dans leur littérature spécialisée, dans les entretiens, ainsi que dans la littérature technique spécialisée. Pour les PCA, nous avons synthétisé les concepts généraux les plus appliqués au domaine énergétique basé sur les applications d'IBM Pure Systems, Cisco, les articles et les livres sur le sujet. Nous parlons, ici, des *Patterns* d'affaires (reliés aux RD et aux RI pour l'application directe du SG comme instance de la SD). Également, nous introduisons les *patterns* d'intégration (reliés aux architectures dont le SOA et les échanges BI) : ceux-ci sont appliqués aujourd'hui aux fonctionnalités de connexion des réseaux qui captent les lectures des CI dans les maisons). Aussi, nous avons les patterns associatifs (produit de l'intégration de diverses fonctionnalités) et les patterns d'exécution. Dans le cas de la SD et son application directe sur le domaine de l'énergie, Bharadwaj et al. (2014) nous présente un modèle avancé de recherche prenant en considération les quatre facteurs clé qui sont appliqués à la codification INVIVO directement. Ils sont : la source, l'échelle, la vision et la vitesse des échanges digitalisés appliqués sur le RD électrique de l'ENAÉ. Ces quatre facteurs déterminent les actions tant aux niveaux technologique que d'affaires. Ce serait impossible d'installer des CI et de développer des méthodes et des techniques d'envergure (supportée par les PCA), sans le soutien d'une technologie d'appointe de la digitalisation.

Ces données qui sont schématisés dans les trois diagrammes à venir sont composées du haut vers le bas, en catégories, en sous-catégories, en dimensions et en mesures correspondantes à chaque information issue des sources primaires, notamment, des transcriptions. (Strauss et Corbin, 1991) Tous ces niveaux constituent un arbre de nœuds dans le logiciel INVIVO, version 10, que nous avons utilisé et dans lequel

nous avons placé une bonne partie des données recueillies, afin de bien classer les informations et de résumer les faits trouvés prioritairement à l'ENAE. Ces schémas contiennent les paramètres les plus mesurables impliquant les structures récurrentes rattachées aux processus de gestion énergétique.

C'est à partir d'ici que nous prenons les données recueillies pour les schématiser, les exposer, les expliquer brièvement et justifier la pertinence du sujet ainsi que les résultats qui confirment nos hypothèses et qui donnent réponse à nos questions de recherche (primaire et secondaires).

### 5.2.1 Les PCA

L'utilisation des PCA agilise et performe les procédures de captation d'énergie des consommateurs. Avec les mensurations des CI tous les quinze minutes, l'utilisation du Big Data, avec un volume d'au moins 150 Tbytes, amène un défi et un enjeu de taille mesurable à la magnitude et l'envergure de cette technologie. Sans oublier les standards équivalents à ceux du service bancaire para rapport à la sécurité des données et sur le réseau. Les PCA interviennent sur tous les niveaux de production, contrôle et distribution de l'énergie électrique à l'ENAE. Nous avons synthétisé les informations les plus pertinentes issues des entretiens avec les experts (*outsiders* et *insiders*), la littérature consultée et le résultat de nos analyses pour arriver aux catégories développées dans les codifications montrées. Nous devons garder en tête que les PCA constituent l'unité d'analyse centrale, un peu comme le noyau, d'application des technologies SG en combinaison avec les systèmes digitaux. Ils interagissent avec les autres parties du réseau et les autres PCA situés ailleurs qui sont en étroite collaboration fonctionnelle. Comme exemple d'application, c'est la détection des pannes électriques et les mesures de correction, contrôlées, en principe, au niveau des PCA et les RD digitalisés en temps réel. La mise en collaboration de

cette technologie d'appointe apporte une aide technique précieuse et hautement profitable sur tous les niveaux d'application à l'ENAE et constitue un de leurs facteurs de succès.

Le diagramme de codification suivant est le résultat de notre analyse sur les PCA, suivi des codifications générale et détaillées INVIVO 10 développées avec nos résultats de recherche.

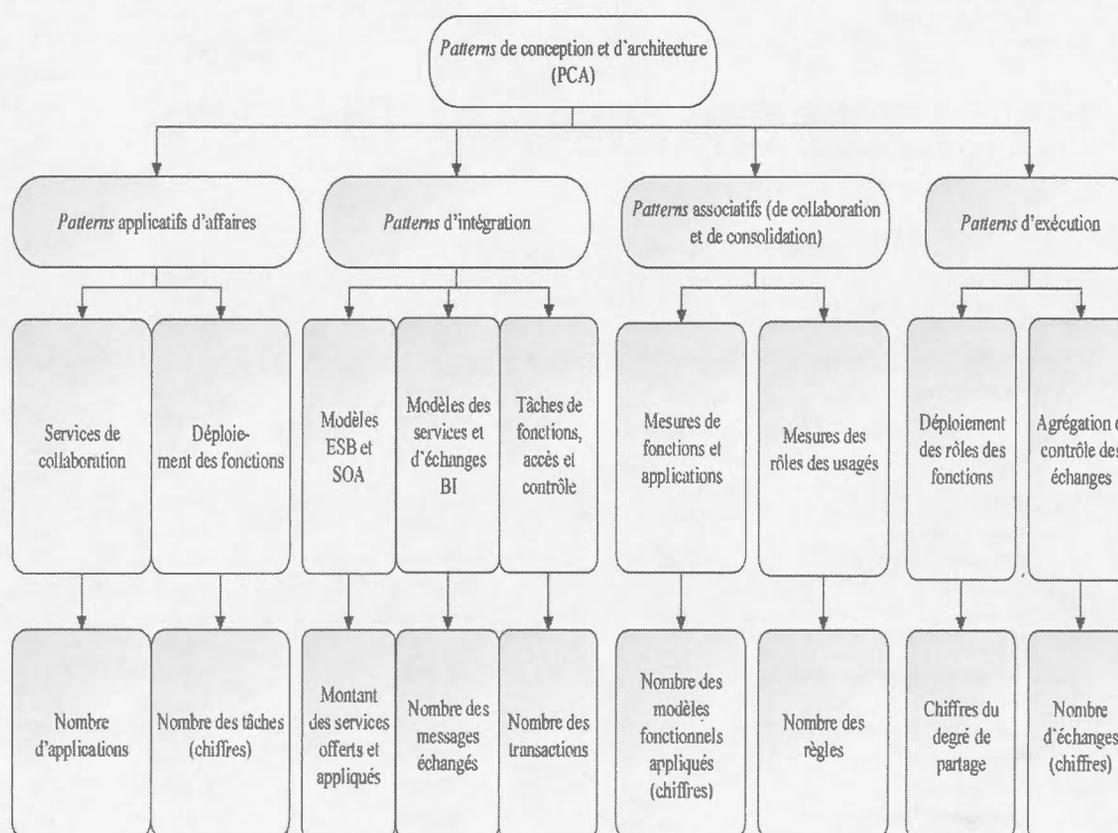


Figure 5.1 : Diagramme de codification pour les PCA. Source : E. Rios. Novembre 2014.

| Nœuds   |         |            |                  |          |                  |             |  |
|---|---------|------------|------------------|----------|------------------|-------------|--|
| Nom   | Sources | Références | Créé le          | Créé par | Modifié le       | Modifié par |  |
| Stratégie Digitale  | 3       | 126        | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Smart Grid  | 4       | 72         | 05/11/2014 19:56 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns de conception et architecture                      | 2       | 3          | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Patterns applicatifs (business)                             | 2       | 22         | 09/11/2014 15:59 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Services de collaboration                                   | 2       | 47         | 11/11/2014 22:42 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Déploiement des fonctions                                   | 3       | 25         | 11/11/2014 22:37 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Manœuvres de contrôle                                       | 1       | 14         | 11/11/2014 22:40 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns d'intégration                                      | 2       | 11         | 09/11/2014 16:00 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Modèles ESB et SOA  | 2       | 27         | 11/11/2014 22:19 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Tâches des fonction échanges, accés et contrôle             | 2       | 27         | 11/11/2014 22:28 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Modèles de services et échanges BI                          | 2       | 26         | 11/11/2014 22:22 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Registres des données                                       | 2       | 24         | 11/11/2014 22:19 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns d'exécution (RunTime)                              | 2       | 7          | 09/11/2014 16:00 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Déploiement des rôles de fonctions                          | 2       | 29         | 12/11/2014 08:19 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Agrégation et contrôle des échanges                         | 2       | 22         | 12/11/2014 08:28 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns associatifs (de collaboration et de consolidation) | 2       | 4          | 09/11/2014 16:04 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Mesures des fonctions et applications                       | 2       | 21         | 11/11/2014 22:15 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Mesures des rôles des usages                                | 2       | 14         | 11/11/2014 22:34 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Incorporation des instances                                 | 2       | 3          | 12/11/2014 08:16 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| informateur   | 1       | 1          | 07/11/2014 17:46 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |

Figure 5.2 : Codification générale INVIVO pour les PCA. Source : E. Rios. Novembre 2014 réalisée avec INVIVO 10.

| Nœuds   |         |            |                  |          |                  |             |  |
|---|---------|------------|------------------|----------|------------------|-------------|--|
| Nom   | Sources | Références | Créé le          | Créé par | Modifié le       | Modifié par |  |
| Stratégie Digitale  | 3       | 126        | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Smart Grid  | 4       | 72         | 05/11/2014 19:56 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns de conception et architecture                      | 2       | 3          | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Patterns applicatifs (business)                             | 2       | 22         | 09/11/2014 15:59 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Services de collaboration                                   | 2       | 47         | 11/11/2014 22:42 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Applications  | 2       | 39         | 12/11/2014 08:40 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Déploiement des fonctions                                   | 3       | 25         | 11/11/2014 22:37 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Tâches  | 2       | 21         | 12/11/2014 08:34 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Manœuvres de contrôle                                       | 1       | 14         | 11/11/2014 22:40 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Événements  | 2       | 18         | 12/11/2014 08:42 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns d'intégration                                      | 2       | 11         | 09/11/2014 16:00 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Modèles ESB et SOA  | 2       | 27         | 11/11/2014 22:19 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Échanges  | 2       | 19         | 12/11/2014 08:35 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Tâches des fonction échanges, accés et contrôle             | 2       | 27         | 11/11/2014 22:28 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Transactions  | 2       | 23         | 12/11/2014 08:32 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Modèles de services et échanges BI                          | 2       | 26         | 11/11/2014 22:22 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Messages échangés   | 1       | 30         | 12/11/2014 08:44 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Registres des données                                       | 2       | 24         | 11/11/2014 22:19 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Modèles événementiels (rues, etc)                           | 2       | 25         | 12/11/2014 08:44 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns d'exécution (RunTime)                              | 2       | 7          | 09/11/2014 16:00 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Patterns associatifs (de collaboration et de consolidation) | 2       | 4          | 09/11/2014 16:04 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| informateur   | 1       | 1          | 07/11/2014 17:46 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |

Figure 5.3 : Codification détaillée INVIVO pour les PCA (1/2) : Patterns applicatifs (business) et Patterns d'intégration. Source : E. Rios. Novembre 2014 réalisée avec INVIVO 10.

| Nœuds   |         |            |                  |          |                  |             |  |
|---|---------|------------|------------------|----------|------------------|-------------|--|
| Nom   | Sources | Références | Créé le          | Créé par | Modifié le       | Modifié par |  |
| Stratégie Digitale  | 3       | 126        | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Smart Grid  | 4       | 72         | 05/11/2014 19:56 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns de conception et d'architecture                    | 2       | 3          | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns applicatifs (business)                             | 2       | 22         | 09/11/2014 15:59 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns d'intégration                                      | 2       | 11         | 09/11/2014 16:00 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Patterns d'exécution (Runtime)                              | 2       | 7          | 09/11/2014 16:00 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Déploiement des rôles de fonctions                          | 2       | 29         | 12/11/2014 08:19 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Degré de partage  | 1       | 14         | 12/11/2014 08:41 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Agrégation et contrôle des échanges                         | 2       | 22         | 12/11/2014 08:28 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Échanges  | 2       | 13         | 12/11/2014 08:41 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Patterns associatifs (de collaboration et de consolidation) | 2       | 4          | 09/11/2014 16:04 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Mesures des fonctions et applications                       | 2       | 21         | 11/11/2014 22:15 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Modèles fonctionnels  | 2       | 27         | 12/11/2014 08:50 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Mesures des rôles des usages                                | 2       | 14         | 11/11/2014 22:34 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Règles  | 2       | 16         | 12/11/2014 08:48 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Incorporation des instances                                 | 2       | 3          | 12/11/2014 08:16 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| Instances d'application                                     | 1       | 1          | 12/11/2014 08:32 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| Informateur   | 1       | 1          | 07/11/2014 17:46 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |

Figure 5.4 : Codification détaillée INVIVO pour les PCA (2/2) : *Patterns* d'exécution (Runtime) et *Patterns* associatifs (de collaboration et de consolidation). Source : E. Rios. Novembre 2014 réalisé avec INVIVO 10.

Les concepts codifiés dans le diagramme des PCA sont expliqués et justifiés dans le tableau suivant :

Tableau 5.1 : Mesures produit de la codification des PCA.  
Source : E. Rios. Décembre 2014.

| <i>Patterns</i> de conception et d'architecture (PCA)   |   |
|---|---|
| L'utilisation des PCA dans la plateforme TI travaillant avec une SD du secteur de l'énergie contribue à générer une énorme économie d'application mesurable de manière autant tangible qu'intangible.                                       |   |
| <i>Patterns</i> applicatifs d'affaires  |   |
| Il s'agit des modèles d'interaction de travail collaboratif parmi les usagers d'affaires. Ils décrivent les relations entre les utilisateurs, les organisations d'affaires et les applications auxquelles ces derniers peuvent avoir accès. |   |
| Services de collaboration<br>Les PCA supportent aisément les échanges de données en facilitant le partage dans le contexte très particulier de l'électricité. Ces   | Déploiement des fonctions<br>Le développement des standards répandus à travers les PCA du SG procure une augmentation tant de |

|  |   |
|--|---|
| services sont mesurables en nombre d'applications. | l'évolutivité que de la <i>gérabilité</i> des applications. Ce déploiement est mesurable en nombre des tâches (chiffres). |
|--|---|

#### *Patterns* d'intégration

Ils constituent des modèles intégrant plusieurs services, applications et sources de données sur la base d'un point d'entrée commun.

|  |  |  |
|--|--|--|
| Modèles ESB et SOA   | Modèles des services et d'échanges BI  | Tâches de fonctions, d'accès et de contrôle  |
| L'application des PCA aux architectures de décision fournit un ensemble performant supportant les priorités d'affaires et la technologie SG. Ces modèles sont mesurables en nombre de services offerts et appliqués. | L'approche claire des principes de gestion de l'information et leur intégration favorise la réutilisation et réduit la complexité des applications reliées aux décisions d'affaires. Ces modèles sont mesurables en nombre de messages échangés. | L'intégration des données à travers de multiples applications assure une minimisation des impacts face aux changements des processus. Ces tâches sont mesurables en nombre des transactions. |

#### *Patterns* associatifs de collaboration et de consolidation

Ces *patterns* associent diverses sources d'information afin d'uniformiser les processus et d'offrir à l'utilisateur l'accès à une grande variété d'applications.

|  |  |
|--|--|
| Mesures de fonctions et d'applications   | Mesures des rôles des usagers  |
| L'application des déploiements par fonctions des PCA fait baisser les coûts d'opération, avec une significative uniformisation du répertoire des applications. Mesurables en nombre de modèles fonctionnels appliqués. | La productivité des usagers dans leurs processus d'exécution est élargie tout en réduisant l'impact sur les délais d'exécution. Mesurables en nombre de règles appliquées. |

#### *Patterns* d'exécution

Ils sont applicables dans plusieurs unités de travail par des déclenchements des fonctions ou des transactions.

|  |  |
|--|--|
| Déploiement des rôles des fonctions  | Agrégation et contrôle des échanges  |
| Le travail des PCA réduit le temps d'accès aux applications et aux travaux avec une accélération dans les exécutions. Ce déploiement est | L'ajout d'interfaces de contrôle à travers les PCA réduit les coûts d'exploitation tout en augmentant la fiabilité des échanges. Cette agrégation et ce contrôle |

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| mesurable en degrés de partage. | sont mesurables en nombre d'échanges (chiffres). |
|---------------------------------|--|

### 5.2.2 La SD

Dans le domaine de l'énergie, les propositions de valeur provenant des technologies digitales dont l'ajout des produits et des services numériques, déterminent la configuration des réseaux de consommation, de distribution et de contrôle des lectures à distance des consommations électriques. La mise en place des réseaux digitaux soutenus par les CI a donné beaucoup en termes de performance et des coûts, surtout au niveau de contrôle des pannes à distance (télétravail). Les *patterns* de transformation numérique et les canaux de distribution numérisés offrent à l'ENAE la possibilité d'augmenter ses produits et ses services tout en augmentant l'efficacité opérationnelle et en structurant ses coûts de gestion par rapport à la demande électrique. Le déploiement de la SD, comme partie importante de la plateforme TI, configure les architectures techniques des systèmes de paramétrage et captation électrique (SG) ce qui facilite l'évolution des capacités des processus et les priorités d'affaires.

L'implantation de la technologie du *Big Data* à la digitalisation des entreprises d'énergie rend possible un volume accru des données donnant la possibilité d'une expansion technologique vers les applications mobiles (téléphones portables) et les outils de mise en place de contrôle technique et financier de ces technologies digitales. À l'heure actuelle, la SD performe et se positionne sur les lignes de transport, de production électrique et, également, sur les centres de consommation, ce qui donne un impact majeur sur les ESB et la maîtrise du portefeuille d'innovations numériques.

Dans le diagramme suivant, produit de nos analyses, des entretiens avec les experts de l'ENAE et de la revue de littérature, nous avons concentré les concepts les plus appropriés reliant la SD au domaine énergétique, ce qui donne une idée de l'envergure de l'implantation de la digitalisation. Nous devons mentionner ici la forte influence de la littérature spécialisée sur le sujet qui a contribué avec les quatre mesures de corrélation : la portée, la source, la vitesse et l'échelle qui ont été appliquées aux concepts et adaptés aux codifications (catégories).

Les codifications INVIVO 10 tant générale que détaillées se trouvent à continuation du diagramme et expliquées dans le tableau 8.

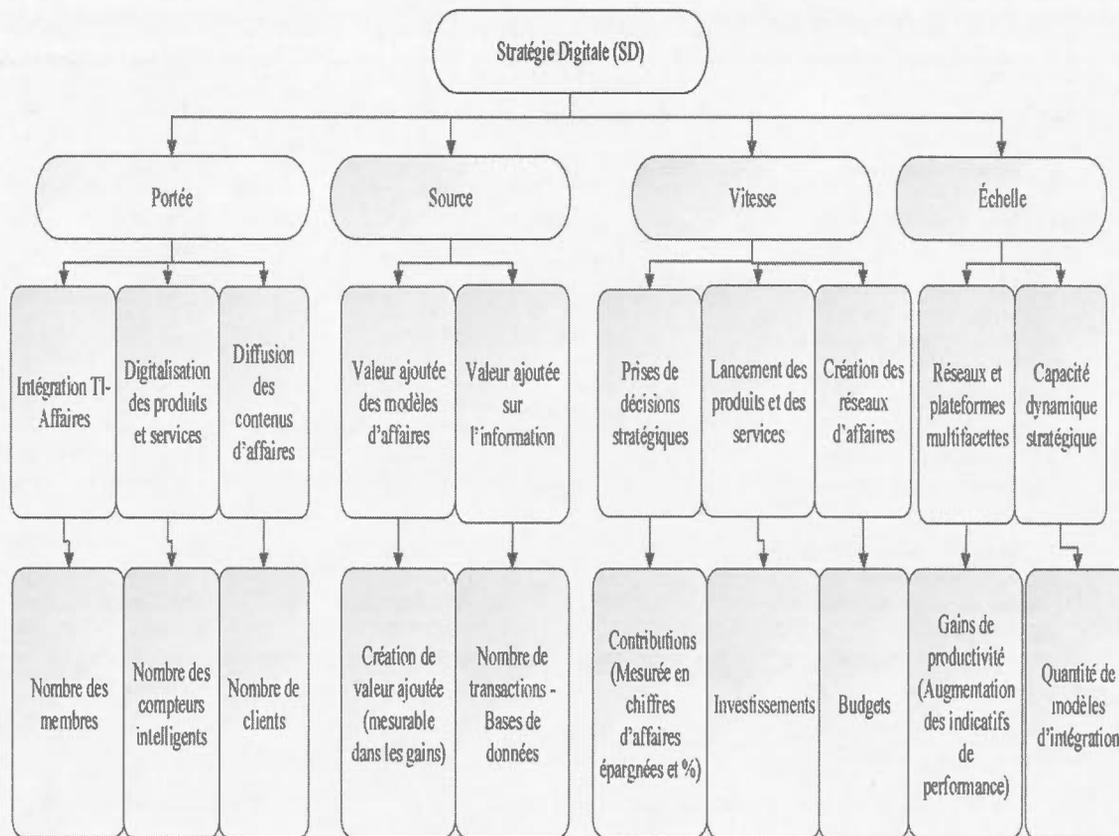


Figure 5.5 : Diagramme de codification pour la SD.  
 Source : E. Rios. Novembre 2014.

| Nœuds   |         |            |                  |          |                  |             |  |
|---|---------|------------|------------------|----------|------------------|-------------|--|
| Nom   | Sources | Références | Créé le          | Créé par | Modifié le       | Modifié par |  |
| Stratégie Digitale  | 3       | 126        | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Portée  | 3       | 120        | 05/11/2014 21:32 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Intégration IT - Affaires                                     | 3       | 39         | 10/11/2014 18:54 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Digitalisation de produits et services                        | 2       | 30         | 10/11/2014 18:52 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Diffusion de contenus   | 3       | 27         | 10/11/2014 19:37 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Extension de l'écosystème d'affaires                          | 2       | 19         | 10/11/2014 18:51 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Source  | 1       | 3          | 08/11/2014 23:14 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Valeur ajoutée des modèles d'affaires multisecteuriels        | 2       | 32         | 10/11/2014 19:07 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Contrôle de l'architecture digitale                           | 2       | 24         | 10/11/2014 19:08 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Influences des valeurs des modèles d'affaires                 | 3       | 21         | 10/11/2014 19:05 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Valeur ajoutée sur l'information                              | 1       | 18         | 10/11/2014 19:10 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Vitesse (Speed)   | 1       | 1          | 05/11/2014 21:33 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| Prises de décisions stratégiques                              | 3       | 42         | 10/11/2014 19:13 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Création des nouveaux réseaux d'affaires                      | 2       | 34         | 10/11/2014 19:14 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Lancement de nouveaux produits et services                    | 1       | 27         | 10/11/2014 19:12 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Scale   | 1       | 1          | 05/11/2014 21:33 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| Influence sur les réseaux et plateformes multidimensionnelles | 3       | 41         | 10/11/2014 19:28 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Capacité dynamique stratégique                                | 2       | 23         | 10/11/2014 19:19 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Valeur ajoutée de l'information (Données et connaissances)    | 2       | 18         | 10/11/2014 19:33 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Alliances et partenariats                                     | 3       | 12         | 10/11/2014 19:30 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Smart Card  | 1       | 22         | 05/11/2014 19:56 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Pattern de conception et architecture                         | 2       | 3          | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| informateur   | 1       | 1          | 07/11/2014 17:46 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |

Figure 5.6 : Codification générale INVIVO pour la SD. Source : E. Rios. Novembre 2014 réalisée avec INVIVO 10.

| Nœuds   |         |            |                  |          |                  |             |  |
|---|---------|------------|------------------|----------|------------------|-------------|--|
| Nom   | Sources | Références | Créé le          | Créé par | Modifié le       | Modifié par |  |
| Stratégie Digitale                                    | 4       | 128        | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Portée  | 4       | 122        | 05/11/2014 21:32 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Intégration IT - Affaires                             | 4       | 40         | 10/11/2014 18:54 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Partenariat entre Membres                             | 3       | 22         | 10/11/2014 15:48 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Digitalisation de produits et services                | 2       | 30         | 10/11/2014 18:52 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Compteurs intelligents                                | 1       | 36         | 10/11/2014 19:51 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Diffusion de contenus                                 | 4       | 28         | 10/11/2014 19:37 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Nombre de Clients                                     | 3       | 15         | 10/11/2014 19:49 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Extension de l'écosystème d'affaires                  | 2       | 19         | 10/11/2014 18:51 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Modèles d'intégration adaptés                         | 1       | 39         | 10/11/2014 19:53 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Source  | 1       | 3          | 09/11/2014 23:14 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Valeur ajoutée des modèles d'affaires multisectoriels | 2       | 36         | 10/11/2014 19:07 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Création de valeur                                    | 4       | 36         | 10/11/2014 20:25 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Influences des valeurs des modèles d'affaires         | 4       | 27         | 10/11/2014 19:05 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Degré de partage                                      | 2       | 19         | 10/11/2014 20:27 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Contrôle de l'architecture digitale                   | 2       | 24         | 10/11/2014 19:08 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Modèles de sécurité, de diffusion et des services     | 2       | 23         | 10/11/2014 20:18 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Valeur ajoutée sur l'information                      | 1       | 20         | 10/11/2014 19:10 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Transactions - Big Data                               | 1       | 16         | 10/11/2014 20:07 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Vitesse (Speed)                                       | 1       | 1          | 05/11/2014 21:33 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| Scale   | 1       | 1          | 05/11/2014 21:33 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| Smart Grid  | 4       | 102        | 05/11/2014 19:56 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Patterns de conception et architecture                | 2       | 3          | 09/11/2014 15:47 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Informatique  | 1       | 1          | 07/11/2014 17:46 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |

Figure 5.7 : Codification détaillée INVIVO pour la SD (1/2) : Portée et Source.  
Source : E. Rios. Novembre 2014 réalisée avec INVIVO 10.

| Nœuds  |         |            |                  |          |                  |             |  |
|--|---------|------------|------------------|----------|------------------|-------------|--|
| Nom  | Sources | Références | Créé le          | Créé par | Modifié le       | Modifié par |  |
| Stratégie Digitale   | 4       | 128        | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Portée   | 4       | 122        | 05/11/2014 21:32 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Source   | 1       | 3          | 08/11/2014 23:14 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |  |
| Vitesse (Speed)  | 1       | 1          | 05/11/2014 21:33 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| Prises de décisions stratégiques                               | 3       | 45         | 10/11/2014 19:13 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Corsets - Contributions - Avantages                            | 1       | 22         | 10/11/2014 20:13 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Création des nouveaux réseaux d'affaires                       | 2       | 38         | 10/11/2014 19:14 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Échanges - Membres - Budgets                                   | 1       | 27         | 10/11/2014 20:16 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Lancement de nouveaux produits et services                     | 1       | 32         | 10/11/2014 19:12 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Investissements  | 2       | 25         | 10/11/2014 20:14 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Scale  | 1       | 1          | 05/11/2014 21:33 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |
| Influences sur les réseaux et plateformes multidimensionnelles | 4       | 46         | 10/11/2014 19:28 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Gains de productivité  | 2       | 30         | 10/11/2014 20:00 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Capacité dynamique stratégique                                 | 2       | 27         | 10/11/2014 19:19 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Modèles d'intégration  | 2       | 33         | 10/11/2014 20:03 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Valeur ajoutée de l'information (Données et connaissances)     | 2       | 18         | 10/11/2014 19:33 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Serveurs intégrés - Bases de données - Big Data                | 2       | 10         | 10/11/2014 19:58 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Alliances et partenariats                                      | 4       | 15         | 10/11/2014 19:30 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Échanges   | 2       | 5          | 10/11/2014 19:55 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |  |
| Smart Grid   | 4       | 102        | 05/11/2014 19:56 | ER       | 27/05/2015 17:37 | NV          |  |
| Patterns de conception et architecture                         | 2       | 3          | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |  |
| Informatique   | 1       | 1          | 07/11/2014 17:46 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |  |

Figure 5.8 : Codification détaillée INVIVO pour la SD (2/2) : Vitesse et Échelle.  
Source : E. Rios. Novembre 2014 réalisée avec INVIVO 10.

Les concepts codifiés dans le diagramme de la SD sont expliqués et justifiés dans le tableau suivant :

Tableau 5.2 : Mesures produit de la codification de la SD.  
Source : E. Rios. Décembre 2014.

| Stratégie Digitale (SD)  |                             |                        |
|--|-----------------------------|------------------------|
| La haute rentabilité du système digital à l'ENAE, même dans un quasi-monopole d'État, contribue à une évolution efficace du traitement des procédés reliés à l'énergie. Les applications technologiques à travers les systèmes performés et automatisés par la SD donnent de la valeur aux infrastructures d'affaires. |                             |                        |
| Portée   |                             |                        |
| Les SD nous permettent d'explorer d'autres opportunités potentielles afin d'augmenter nos performances au niveau de la captation énergétique, conforme aux priorités d'affaires.   |                             |                        |
| Intégration TI-Affaires  | Digitalisation des produits | Diffusion des contenus |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p>Le fait de combiner les données issues des infrastructures des mesures purement électriques (module AMI), à celles des profils client, à travers la plateforme TI, et la SD contenue dans ses infrastructures, accroît la robustesse du système. Le passage du manuel au digital dans la communication, offre une multitude d'opportunités d'expansion et d'échanges majeurs dans les services énergétiques. Cette intégration est mesurable en nombre des membres dans le réseau.</p> | <p>et des services</p> <p>Les procédures associées aux réseaux digitaux (clientèle, comptes et la distribution, etc.) et leur évolution augmentent indiscutablement la valeur d'affaires (des processus à l'interne) afin de réduire les coûts d'opérations tout en améliorant tous les processus. Cette digitalisation est mesurable en nombre de CI.</p> | <p>d'affaires</p> <p>L'implémentation de la SD profite des TI pour augmenter l'efficacité et la performance du réseau intelligent qui en est partie intégrante. Cette diffusion est mesurable en nombre des clients.</p> |
| <b>Source</b>   |  |  |
| <p>L'intégration des technologies digitales et du sans-fil apporte les fonctionnalités reliées à la SD et permet, en ajoutant l'automatisation aux infrastructures, une augmentation significative de la valeur ajoutée à l'organisation et aux performances.</p>   |  |  |
| <p>Valeur ajoutée des modèles d'affaires</p> <p>L'évolution technologique contribue à l'expansion de la SD tout en créant de la valeur ajoutée aux priorités d'affaires. Cette valeur ajoutée est mesurable dans les gains qui créent de la valeur.</p>   | <p>Valeur ajoutée à l'information</p> <p>La SD, avec l'automatisation des processus et des services, augmente la fiabilité et la qualité de l'information tout en diminuant les erreurs humaines. Cette valeur mesurable en nombre des transactions ou des bases de données.</p>   |  |
| <b>Vitesse</b>  |  |  |
| <p>Les projets digitaux rapportent une incontestable amélioration des infrastructures technologiques qui travaillent en temps réel et qui captent rapidement les informations issues du RD de l'ENAE. L'utilisation du <i>Big Data</i> (à travers la SD) offre l'opportunité au RD de bien réagir face aux événements majeurs, comme les pannes.</p>  |  |  |
| <p>Prises de décisions stratégiques</p>   | <p>Lancement des produits et des services</p>  | <p>Création des réseaux d'affaires</p>   |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>La SD contrôle plus profitablement, avec l'ajout des composants destinés à un contrôle accru des appareils grands consommateurs. Ces prises de décision sont mesurables en nombre des contributions (Chiffres d'affaires épargnés et %).</p> | <p>La SD soutient les systèmes de mesure (AMI) mettant en place une infrastructure technologique qui permet à l'ENAE de <i>magasiner</i> dans leurs systèmes de données provenant de plusieurs de ses systèmes de captation électrique et de bien les gérer. Ces lancements sont mesurables en nombre d'investissements.</p> | <p>La SD correspond bien aux attentes des objectifs d'affaires dans la mesure où sont appliqués les principes de base destinés à faire performer les procédés et les systèmes, tout en réduisant les coûts de production, d'exploitation et d'implémentation énergétiques. Cette création est mesurable en chiffres dans le budget.</p> |
|---|--|---|

#### Échelle

La SD, comme partie de la plateforme TI, amène une nouvelle évolution des façons de faire et des procédés tout en valorisant les informations en intégrant des intervenants tant du côté génie que du côté TI.

|  |  |
|--|--|
| <p style="text-align: center;">Réseaux et plateformes multi facettes</p> <p>Les données issues du module AMI (de mesures électriques) permettent un mariage technologique très performant en captant des informations appropriées et conformes. Ces réseaux et ces plateformes sont mesurables aux gains de productivité (Augmentation des indicatifs de performance).</p> | <p style="text-align: center;">Capacité dynamique stratégique</p> <p>Les données qui transitent à travers l'infrastructure digitale, provenant du RD (mesures AMI), améliorent les processus de contrôle des mesures. Ces données facilitent la prise de décision touchant les priorités d'affaires. Cette capacité est mesurable en nombre des modèles d'intégration.</p> |
|--|--|

### 5.2.3 La technologie SG

Les quatre capacités requises pour bien réussir l'implantation de la technologie SG sur les réseaux à l'ENAE sont : Création, collecte, gestion et utilisation.

1. Création : C'est-à-dire la captation des lectures des consommations électriques à partir des CI branchés aux systèmes de transmission digitale (SG);
2. Collecte : Intervention de l'équipement de communication, et transport. Ça inclut, l'architecture requise de transmission dont les systèmes numérisés (digitaux), les réseaux intelligents et leurs infrastructures (WAN, LAN) comprenant le contrôle des pannes, et ce, vers les applications d'affaires et de gestion des technologies;
3. Gestion : Logiciel permettant aux clients et au centre d'opérations de gérer les interventions de contrôle et de consommation électrique. Les informations recueillies alimentent les systèmes de facturation, contrôle et d'affaires, et
4. Utilisation : Ici, nous nous focalisons sur les logiciels (applications) chargés d'ajouter de la valeur à l'information produite et de la rendre disponible comme source utile pour les applications d'affaires (spécialement les experts *outsiders*).

Le diagramme de codification générale suivant a été réalisé sur la base des concepts et des techniques déjà en opération dans les systèmes de gestion de l'ENAE, les concepts issus de la littérature spécialisée, les résultats des entretiens et nos analyses, le tout appliqué sur le logiciel INVIVO 10 suivant celui-ci.

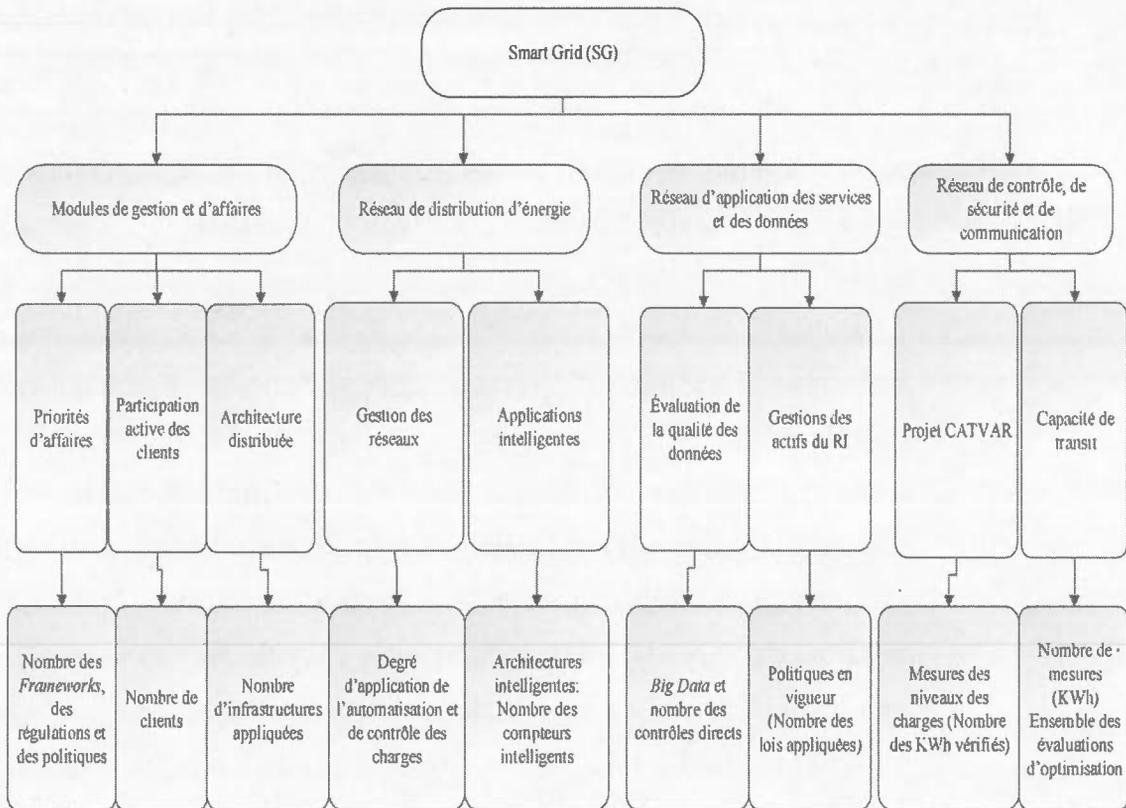


Figure 5.9 : Diagramme de codification pour la technologie SG.

Source : E. Rios. Novembre 2014

| Nœuds | Nom  | Sources | Références | Créé le          | Créé par | Modifié le       | Modifié par |
|-------|--|---------|------------|------------------|----------|------------------|-------------|
| [-]   | Stratégie Digitale                           | 3       | 126        | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Portée                                       | 3       | 120        | 05/11/2014 21:32 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |
| [+]   | Source                                       | 1       | 3          | 08/11/2014 23:14 | ER       | 19/11/2014 09:50 | NV          |
| [+]   | Vitesse (Speed)                              | 1       | 1          | 05/11/2014 21:33 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |
| [+]   | Scale  | 1       | 1          | 05/11/2014 21:33 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |
| [-]   | Smart Grid                                   | 4       | 72         | 05/11/2014 19:56 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Modules de gestion et d'affaires             | 2       | 33         | 09/11/2014 17:10 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Objectifs d'affaires (business)              | 3       | 77         | 12/11/2014 11:01 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Participation active des clients             | 3       | 49         | 12/11/2014 10:46 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Décentralisation                             | 2       | 14         | 12/11/2014 10:46 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Réseau d'application Services et Données     | 2       | 14         | 09/11/2014 17:08 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Évaluation de la qualité des données         | 3       | 76         | 12/11/2014 10:49 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Gestion des actifs du RI                     | 3       | 52         | 12/11/2014 10:56 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Portails clients                             | 2       | 22         | 12/11/2014 09:04 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Réseau Distribution et Énergie               | 2       | 12         | 09/11/2014 17:18 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |
| [+]   | Gestion des réseaux                          | 3       | 96         | 12/11/2014 09:00 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Outils d'applications intelligentes          | 2       | 55         | 12/11/2014 09:03 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Applications intelligentes                   | 2       | 20         | 12/11/2014 08:58 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Réseau de contrôle Sécurité et Communication | 1       | 7          | 09/11/2014 17:09 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Modules de contrôle                          | 2       | 29         | 12/11/2014 09:05 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Projet CATVAR                                | 2       | 21         | 12/11/2014 10:45 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Capacité de transit                          | 2       | 18         | 12/11/2014 10:43 | ER       | 19/11/2014 15:42 | NV          |
| [+]   | Pattern de conception et architecture        | 2       | 3          | 05/11/2014 19:47 | ER       | 19/11/2014 15:44 | NV          |
| [+]   | informatique                                 | 1       | 1          | 07/11/2014 17:46 | ER       | 14/11/2014 17:57 | ER          |

Figure 5.10 : Codification générale INVIVO pour le SG. Source : E. Rios. Novembre 2014 réalisée avec INVIVO 10.

Nous avons maintenant la variable SG codifiée et expliquée :

Tableau 5.3 : Mesures produit de la codification de la SG.

Source : E. Rios. Décembre 2014.

| Smart Grid  |  |  |
|---|--|--|
| Les PCA, comme partie des TI, facilitent les capacités et le déploiement des infrastructures opérationnelles énergétiques comme partie de la technologie SG. L'optimisation résultante est un enjeu de taille mesurable par l'augmentation de la valeur ajoutée dans l'ensemble des systèmes impliqués. |  |  |
| Modules de gestion et d'affaires  |  |  |
| Les décisions stratégiques d'affaires auront une incidence sur les investissements en TI et les pertinences des données pour extraire la valeur, contrôler et automatiser les opérations du RD ainsi que minimiser les erreurs avec des projets toujours rentables.                                     |  |  |
| Priorités d'affaires  | Participation active des clients               | Architecture distribuée  |
| L'application des changements informatiques a augmenté  | Une des priorités d'affaires est l'application | Le principe d'architecture distribuée (dont l'application des PCA) |

|  |   |   |
|--|---|---|
| <p>la qualité des services électriques, tout en activant le plan d'affaires (<i>Business Case</i>) et les systèmes de décision, surtout dans le plan financier. L'idée est d'incrémenter les profils clients. Cette dimension est mesurable en nombre de <i>frameworks</i> installés, de réglementations et de politiques.</p> | <p>du contrôle des charges (projet CATVAR), c'est-à-dire la gestion de la qualité des services aux clients et aux partenaires. La régulation et l'application des politiques et des mesures destinées à stabiliser leur niveau de consommation améliorera cette relation. Cette participation est mesurable en nombre de clients ou d'abonnés du réseau.</p>  | <p>ouvre des opportunités d'expansion avec, entre autres, des politiques visant la création et la vente d'énergie renouvelable entre partenaires.</p> |
| <b>Réseau de distribution d'énergie</b>  |   |   |
| <p>Le SG ajoute de la valeur à la chaîne avec le rassemblement des toutes les données, électriques ainsi que celles du profil de la clientèle, tout en donnant de la rapidité et de la performance aux applications reliées à l'électricité.</p>   |   |   |
| <p style="text-align: center;"><b>Gestion des réseaux</b></p> <p>L'application du contrôle à distance procure une grande autonomie aux applications et des économies majeures. Cette gestion est mesurable en contrôle des charges.</p>  | <p style="text-align: center;"><b>Applications intelligentes</b></p> <p>L'utilisation des nouvelles technologies bidirectionnelles produit, dans l'ensemble des applications reliées à l'électricité, une amélioration globale des processus transactionnels et d'affaires. Cette gestion est mesurable en nombre d'architectures intelligents et des CI.</p> |   |
| <b>Réseau d'application des services et des données</b>  |   |   |
| <p>L'établissement des infrastructures performantes permet d'appliquer plus convenablement les priorités d'affaires, et ce, avec une évolution technologique de haut niveau.</p>   |   |   |
| <p style="text-align: center;"><b>Évaluation de la qualité des données</b></p> <p>SG rapporte une série de mesures de performance destinées à la transformation des données et des processus d'affaires. Cette évaluation est mesurable par les audits et les contrôles directs.</p>   | <p style="text-align: center;"><b>Gestion des actifs du RI</b></p> <p>L'implantation de la technologie intelligente, apporte de grosses réductions de coûts dans l'ensemble des appareils de mesure distribués. Cette gestion est mesurable par les lois, les budgets et les politiques appliquées à l'organisation.</p>                                      |   |
| <b>Réseau de contrôle de sécurité et de communication</b>  |   |   |
| <p>L'application de la technologie du cryptage à la transmission des données, provenant</p>  |   |   |

|  |   |
|--|---|
| des CI, renforce la fiabilité, l'intégrité et la disponibilité, tout en gardant une protection contre les attaques au système venues de l'extérieur.   |   |
| Projet CATVAR  | Capacité de transit   |
| L'introduction de la mesure des charges introduit la souplesse et l'agilité dans les mesures électriques. Cette introduction est mesurable en nombre des charges. (Nombre des mesures en KWH). | La quantité des données mesurées à partir des CI fait en sorte que des systèmes à grande échelle sont générés en outrance, comme le <i>Big Data</i> . Cette capacité est mesurable à l'ensemble des données de transmission (Tbytes). |

### 5.3 Interprétation des données (Discussion)

L'application des PCA dans une SD (Plateforme TI) à la technologie SG, à travers ses volets d'application, de production, de gestion et d'utilisation de l'information, permettent une économie et une agilité conformes aux objectifs d'affaires et aux propositions de valeur de notre entreprise d'énergie.

D'après les informations recueillies dont les entretiens entre autres, les PCA intégrant les plateformes TI avec une SD, dans le domaine de l'énergie, collaborent durablement à une réduction des coûts d'exploitation, de support et d'évolution. Cela permet des épargnes à grande échelle et l'accomplissement des processus et des priorités d'affaires.

La SD contribue, de son côté, à une évolution efficace du traitement des procédés reliés à l'énergie, et ce, à travers la portée. Cette dernière constitue l'exploration d'autres opportunités potentielles d'affaires par la digitalisation des produits et des services, donnant une robustesse avec de multiples avantages dans l'expansion du système. La source et la vitesse, comme parties de la digitalisation de la technologie SG, contribuent à une intégration de nouvelles fonctionnalités qui ajoutent une

automatisation aux infrastructures, avec une augmentation significative des performances à l'ensemble de l'organisation. La SD fournit à la technologie SG le moyen de réussir une communication bidirectionnelle tout en octroyant la fiabilité et la qualité des informations ainsi qu'en diminuant les erreurs humaines. Les SD amènent une nouvelle façon de faire évoluer les procédés en valorisant les informations intégrées tant du côté génie que du côté TI. Les projets reliés à l'énergie, qui utilisent les technologies digitales, apportent un soutien important aux systèmes de mesure (AMI), mettant en place une infrastructure technologique permettant à notre entreprise de chercher leurs données dans leurs systèmes énergétiques afin de gérer leur provenance.

Les PCA facilitent les capacités et le déploiement des infrastructures opérationnelles énergétiques. L'optimisation qui en résulte est un enjeu de taille qui augmente la valeur ajoutée de l'ensemble des systèmes impliqués, et ce, avec une évolution technologique de haut niveau. L'utilisation du cryptage aux données transmises renforce la fiabilité, l'intégrité et la disponibilité, tout en gardant une protection contre les attaques au système venues de l'extérieur. Le rassemblement de toutes les données électriques avec celles du profil de la clientèle ajoute de la valeur à la chaîne de distribution d'énergie, et ce, en donnant de la rapidité et de la performance aux applications reliées à l'électricité.

Par l'utilisation des structures récurrentes, le niveau de productivité augmente tout en accentuant la vision intégrée des données dans les applications énergétiques dans leur ensemble. Ces structures fournissent aux architectures de décision une performance accrue supportant les priorités d'affaires dans la technologie SG.

Le fait d'appliquer les PCA dans la gestion de la technologie SG constitue un atout majeur dans le système des décisions, notamment, dans les investissements. Cela implique tout un système de services, de standards et d'interfaces architecturales

impliquant la technologie SG. Le travail réalisé par les PCA réduit le temps d'accès aux applications avec une augmentation du temps d'exécution.

À travers les diverses applications directes à l'énergie, les PCA réalisent une uniformisation du répertoire des applications, surtout au niveau des regroupements fonctionnels et du versionnage, ce qui conditionne les infrastructures architecturales à offrir une bonne rentabilité.

Il est certain que l'application des structures récurrentes (PCA), dans l'ensemble des plateformes TI utilisant une SD, produit une grande économie des coûts de conception, d'implantation, de production et d'exécution dans le secteur de l'énergie.

#### 5.4 Tableau des PCA et leurs contributions à l'économie de l'ENAE.

Le tableau suivant confirme la génération de nos hypothèses en répondant à nos questions de recherche, tant primaire que secondaires.

Tableau 5.4 : Contributions des PCA à l'industrie de l'énergie.  
Source : ENAE, IBM Pure Systems® et E. Rios Décembre 2014.

| PCA | Description  | Contributions  |
|-----|--|--|
| 1   | Stabilisation des affectations fonctionnelles adaptées ; | Réduction des coûts d'exploitation et support ;<br><br>Haute capacité de réactivité face aux changements ;<br><br>Uniformisation du répertoire des applications. |

|   |   |  |
|---|---|--|
| 2 | Regroupement des usages préférentiels fonctionnels et du versionnage ;                                | Diminution significative des coûts de support et d'exploitation ;<br><br>Plus de réactivité ;<br><br>Gestion plus simplifiée et performante du versionnage.                                      |
| 3 | Agrégation des données de gestion   | Réduction des coûts d'opération et de support.   |
| 4 | Intégration des données pour les applications BI et les services réutilisables                        | Coûts de support et de procédés réduits ;<br><br>Les services sont plus facilement accessibles ;<br><br>Les fonctionnalités sont plus cohérentes.  |
| 5 | Intégration des instrumentations  | Augmentation du niveau d'efficacité à cause des interventions directes dans les processus ;<br><br>Incrémentation de la vitesse de traitement dans les procédés reliés aux processus d'affaires. |
| 6 | Intégration en mode associatif (Démonstration)  | Réduction des erreurs de transactions dans le format des données ;<br><br>Plus de protection et d'incorruptibilité des données ;   |
| 7 | Incorporation et adaptation des fonctions clients pour les échanges de consommation électrique (ENAE) | Augmentation de la performance des fonctions d'échange commercial ;<br><br>Amélioration de la capacité des services à mettre en place ;<br><br>Diminution des risques et des coûts de            |

|    |  |   |
|----|--|---|
|    |  | production dans les nouvelles versions.   |
| 8  | Intégration par portails d'accès personnalisés   | Facilitation des collaborations entre les fournisseurs électriques ;<br><br>Plus d'intégration des sources d'information.   |
| 9  | Plateforme d'intégration pour les transactions commerciales                              | Diminution importante des coûts d'exploitation, de support et d'utilisation d'interfaces ;<br><br>Augmentation de la fiabilité et de la rentabilité.                                  |
| 10 | Dissociation de la fonction d'auto-service (Séparation des données d'affaires)           | Réduction du temps d'accès ;<br><br>Réponses plus rapides et plus efficaces par la séparation des capacités dans les applications d'affaires.   |
| 11 | Étalement des fonctions associées aux processus et aux attributions reliées aux affaires | Diminution des coûts et des retombées d'application et d'exécution :<br><br>Ajustement des fonctions et des processus d'affaires.   |
| 12 | PCA de temps d'exécution ( <i>Runtime</i> )  | En ajoutant une couche de sécurité aux processus de transmission, il y a une augmentation de la fiabilité, de l'intégrité et de la mobilité (adaptabilité) des composants du système. |

### 5.5 Réponse à la question de recherche primaire

À notre question de recherche principale : « Comment les *patterns* de conception et d'architecture (PCA) contribuent-ils aux nouvelles capacités de la plateforme TI de notre entreprise, en particulier du composant *Smart Grid* (SG), pour soutenir une stratégie digitale (SD) ? », nous répondons en augmentant la performance des applications reliées à l'énergie, en réduisant les coûts de production, d'opération, de support, d'exploitation, d'implémentation et d'évolution, tout en améliorant les temps de réponse face aux changements. De plus, les PCA facilitent les capacités et le déploiement des infrastructures opérationnelles énergétiques, et ce, avec une évolution technologique de haut niveau, tout en, augmentant la valeur ajoutée de l'ensemble des systèmes électriques impliqués. L'utilisation des PCA augmente le niveau de productivité tout en accentuant la vision intégrée des données dans les applications énergétiques dans leur ensemble.

### 5.6 Réponses aux questions secondaires de recherche

Afin d'approfondir les concepts de la question principale, nous répondons maintenant aux questions secondaires de recherche :

- Comment la SD et son évolution créent-elles de la valeur afin de collaborer à la performance et à l'essor de notre entreprise ?
  - La SD contribue à fournir une évolution efficace du traitement des procédés et des applications technologiques liées à l'énergie;

- La SD permet une intégration technologique de haut niveau qui apporte une expansion permettant d'explorer d'autres opportunités potentielles dans la captation énergétique;
  - L'automatisation des processus et des services de la SD augmente la qualité et la fiabilité des données, surtout dans les systèmes de mesure électrique;
  - La SD produit une nouvelle amélioration dans les façons de faire, ce qui facilite la prise de décisions touchant les priorités d'affaires.
- Comment les PCA contribuent-ils à formuler, à évaluer et à implémenter une architecture fonctionnelle touchant la technologie SG ?
    - Les PCA, en amplifiant les capacités de déploiement des infrastructures opérationnelles de l'énergie, contribuent à une optimisation de taille mesurable de l'augmentation de la valeur ajoutée des systèmes d'architecture fonctionnelle;
    - Les PCA par l'utilisation des architectures fonctionnelles performantes, réduisent l'ensemble des coûts d'opération avec une standardisation du répertoire des applications;
    - Les PCA, en déclenchant des fonctions pendant les exécutions, contrôlent la sécurité des échanges et réduisent les délais d'exécution.
  - Y a-t-il une contribution directe ou indirecte des PCA à la création de valeur de l'organisation ?

- Les PCA contribuent, en fait, tant directement qu'indirectement à la création de valeur de l'organisation en produisant, entre autres, une considérable économie, avec la baisse des coûts de conception, d'opération, d'implantation, de production et d'exécution, tout en facilitant le partage.

#### 5.7 Réponses aux hypothèses de recherche générées.

- La première hypothèse : Les PCA augmentent la performance et diminuent les coûts de production et d'exploitation dans les plateformes TI supportant une SD à travers la technologie SG. Cette hypothèse s'est avérée concluante et tout à fait vraie;
- La deuxième hypothèse : Les PCA créent de la valeur à travers la SD de façons directe ou indirecte dans l'industrie de l'énergie. Cette hypothèse s'est révélée concluante et vraie;
- La troisième hypothèse : Les PCA contribuent effectivement à l'évaluation, à la formulation et à l'implémentation d'une SD dans l'amélioration de la performance lorsqu'ils sont appliqués dans des processus touchant les infrastructures architecturales d'organisation et de technologie impliquant la technologie SG. Cette hypothèse est encore une autre vérité qui a été vérifiée.

Nous pouvons affirmer que notre recherche nous a permis de vérifier la véracité de nos énoncés et d'évaluer l'étendue des contributions que nous voulions investiguer.

## 5.8 Considération finale

Après avoir répondu à nos questions de recherche (primaires et secondaires), ainsi qu'à nos hypothèses de recherche, nous pouvons déduire qu'il y a des gros avantages à l'application des PCA aux infrastructures architecturales reliées aux applications énergétiques. La performance des processus de contrôle de captation électrique est décidément améliorée par la même occasion.



## CHAPITRE VI

### CONCLUSION

#### 6.1 Introduction

Dans ce dernier chapitre, nous présentons la synthèse de notre recherche de manière à démontrer les faits trouvés à l'ENAE. Il expose le sommaire, les contributions, les limitations (forces et faiblesses) de la recherche ainsi que les recommandations que nous proposons aux futurs chercheurs.

#### 6.2 Sommaire de la recherche

Nous avons consacré nos actions à la quête qualitative des informations sur les contributions des PCA contenus dans une plateforme TI, avec un SD, dans une entreprise d'énergie utilisant la technologie SG. Notre recherche est exploratoire et comprend deux questionnaires qui ciblaient les six experts qui sont divisés en deux catégories : les *outsiders* (analystes d'affaires, en stratégie et planification) et les *insiders* (architectes TI, informaticiens et chercheurs en énergie), tous porteurs des enjeux tant technologiques que d'affaires. Nous avons choisi l'ENAE, qui est une entreprise de production et de distribution d'énergie électrique importante.

Une fois les interviews réalisées, pendant 60 - 90 minutes chacune et en respectant les procédures et le protocole, nous avons procédé au débriefing, à la transcription, à la adaptation et à la décortication des données recueillies, que nous avons classées et codées afin de bien extraire les informations et effectuer les analyses qui

s'imposaient. Nous avons utilisé les outils de recherche qualitative INVIVO 10 pour décortiquer les données cueillies et déceler les contributions contenues dans les modèles fonctionnels afin de construire nos tableaux des résultats.

Cela nous a conduits à répondre à la question principale de recherche. De la même manière, nous avons pu répondre les questions secondaires ainsi qu'aux hypothèses. Finalement, cela s'est avéré être une recherche fructueuse et concluante. Nous avons constaté de façon certaine les contributions majeures des PCA à l'économie de notre entreprise d'énergie électrique.

### 6.3 Contributions de la recherche

Notre travail démontre à quel point les structures récurrentes d'architecture appliquée (PCA) dans le domaine de l'énergie sont incontestablement une solution qui touche tant les infrastructures informatiques reliant les abonnés au RD électrique, qu'un plan d'affaires dans un plan plus d'affaires comprenant les gains d'économie produit de leur application. Ces apports aident les organisations, à maximiser leurs efforts d'application techniques en vue des améliorations vérifiables dans la productivité, la minimisation des erreurs d'interprétation des données. Ces dernières produisent fiabilité, agilité (rapidité), et simplicité tout en réduisant les coûts de support, de mise en opération des applications et en augmentant la capacité des applications à réagir plus rapidement. L'application des PCA dans la plateforme TI contribue de manière tangible et intangible, à la productivité de l'ensemble du système énergétique.

L'utilisation d'une SD, même dans le contexte particulier de notre entreprise, contribue à une évolution efficace du traitement des procédés reliés à l'énergie tout en donnant de la valeur aux infrastructures d'affaires. Les PCA facilitent également, le déploiement et les capacités des infrastructures opérationnelles énergétiques, à travers la technologie SG et avec une grande optimisation résultante.

## 6.4 Forces et faiblesses de la recherche

Nous étions confrontés à plusieurs limitations, parmi elles, celles issues de la nature propre à notre entreprise et toutes les restrictions qu'elle implique.

### 6.4.1 Forces

- Grande évolutivité du domaine;
- Grand intérêt de la part des gestionnaires de notre entreprise à maîtriser les outils reliés aux PCA;
- Forte demande d'investigation dans notre entreprise cherchant à maîtriser les concepts et les processus d'intégration par les PCA touchant le SG.

### 6.4.2 Faiblesses

- Manque d'éclaircissement des mécanismes d'intégration des PCA avec le SG;
- Les modèles de PCA trouvés dans la littérature ne sont pas adaptés à la réalité de toutes les entreprises d'énergie;
- Les outils actuels de support des SD ne sont toujours pas adaptés aux rapides transformations d'aujourd'hui;
- La position stratégique particulière de notre entreprise d'énergie qui restreint l'expansion de la SD à un fonctionnement de minime subsistance.

## 6.5 Recommandations pour des recherches ultérieures

Nous encourageons les futurs chercheurs à entreprendre des actions éclairant encore plus ce sujet, riche et actuel, des contributions des PCA dans les infrastructures destinées à produire des bilans financiers positifs :

- En chiffrant ces contributions. Actuellement, il existe à peu près rien ou rien du tout qui soit réalisé à cet égard;
- En augmentant les étendues de recherche aux autres organisations génératrices de bénéfices qui basent leurs structures informatiques sur des architectures complexes constituées des PCA;
- En répertoriant les PCA, surtout ceux qui ont été personnalisés à partir de modèles commerciaux, qui deviennent des *patterns* uniques;
- En recommandant des techniques déjà appliquées dans d'autres organisations afin d'améliorer l'application des processus techniques et d'affaires.

Si dans les années à venir, les chercheurs réussissent à accomplir ces énoncés, un grand progrès et un énorme pas dans les connaissances sur ce sujet ce sera fait.

## ANNEXE A

### OUTILS DE COLLECTE DE DONNÉES

- A 1 Guide d'entrevue - Questions posées : Outsiders
- A 2 Guide d'entrevue - Questions posées : Insiders
- A 3 Protocole d'entrevue
- A 4 Lettre d'invitation a participer a la recherche
- A 5 Lettre d'entente relative à la confidentialité
- A 6 Certificat d'Éthique

## A 1 GUIDE D'ENTREVUE - QUESTIONS POSÉES : OUTSIDERS

Le tableau suivant montre les principales questions du guide d'entrevue pour les gestionnaires dit *outsiders*, qui ne sont pas directement concernés par le sujet de recherche.

Tableau A.1 : Questions du guide d'entrevues pour les participants *outsiders*.  
Source : E. RIOS. Juin 2014

| QUESTION   | CONTRIBUTION   |
|--|--|
| 1 Comment fonctionne le marché de l'électricité avec les réseaux intelligents (production résidentielle, intégration à mettre en place, etc.) ?  | Informations sur le cadre contextuel des aspects liés à la performance touchant le SG dans l'ENAE.   |
| 2 Comment définissez-vous, ici, à l'ENAE, les réseaux intelligents ou Smart Grid et comment fonctionnent-ils ? Niveaux de performance touchant les technologies tant informatiques que d'affaires.   | Renseignements à propos des activités destinées à donner de la valeur aux structures fonctionnelles de l'entreprise.   |
| 3 Par rapport à l'application des objectifs de performance sur les structures techniques et d'organisation de l'entreprise : Où en est le déploiement du réseau intelligent aujourd'hui ? Quels sont les impacts directs de cette application sur les schémas d'architecture touchant les SD ? | Identification des facteurs qui ajoutent de la performance aux structures techniques et organisationnelles (schémas d'architecture). Identification des structures architecturales appliquées produisant de la valeur. |
| 4 Comment les PCA produisent-ils, quand on les introduit aux structures architecturales, tout en améliorant la performance ? Comment les PCA produisent-ils de la valeur ?   | Détermination des contributions des PCA à l'économie de l'organisation à travers les schémas d'architecture.   |
| 5 En quoi les projets de ce programme auront une incidence sur l'organisation (économique, technique et organisationnelle) ? Conséquences économiques de l'intégration d'une solution récurrente.  | Détermination des choix de performance sur les fonctionnalités afin de découvrir les économies réalisées par l'organisation.   |
| 6 Par rapport aux objectifs de performance, quels politiques ou principes ont été appliqués, afin de rendre la technologie plus adaptée à la réalité d'Amérique du Nord ?  | Distinguer quelles seraient les meilleures performances trouvées dans les structures architecturales reliant les PCA à la technologie SG.  |

## A 2 GUIDE D'ENTREVUE - QUESTIONS POSÉES : INSIDERS

Le tableau suivant montre les principales questions du guide d'entrevue pour les gestionnaires dit *insiders*, qui sont directement concernés avec le sujet de recherche.

Tableau A.2 : Questions du guide d'entrevues pour les participants *insiders*.  
Source : E. RIOS. Juin 2014

| QUESTION   | CONTRIBUTION  |
|--|---|
| 1 Quelles sont les principales améliorations anticipées par rapport aux technologies traditionnelles? (Réception de plus de données en temps réel en provenance du réseau et des compteurs à analyser pour poser des diagnostics et prendre les mesures qui s'imposent). | Améliorations techniques attendues par rapport aux technologies en usage.   |
| 2 Quelle est la vision à long terme de l'application directe (plan de déploiement) des Smart Grid (TI, production, politiques, résultats attendus) ?   | Renseignements à propos des activités destinées à donner de la valeur aux structures fonctionnelles de l'entreprise. Incidence de ces projets sur l'architecture TI en place.   |
| 3 Quels processus informatiques à l'interne reliés aux opérations des réseaux de distribution supportent la technologie TI avec Smart Grid dans ses couches d'application ?  | Identification des facteurs qui ajoutent de la performance aux structures techniques et organisationnelles (schémas d'architecture).<br>Identification des structures architecturales appliquées produisant de la valeur. |
| 4 Quelle sera l'incidence de ces projets sur l'architecture TI en place ?  | Détermination des contributions des structures TI à l'économie de l'organisation à travers les schémas d'architecture.  |
| 5 Sur quelles structures techniques s'appuient les processus TI reliés aux réseaux de distribution, production et stockage d'énergie ?   | Détermination des choix de performance sur les fonctionnalités afin de découvrir les choix stratégiques réalisés par l'organisation.  |
| 6 Quels éléments techniques reliés aux   | Distinguer quels PCA serait les   |

|  |  |
|--|--|
| architectures TI sont impliqués dans la réception des données avec l'ESB (Entreprise Service Bus) ?<br>Descriptions détaillées des composants. | mieux placés pour offrir une performance accrue pour les identifier, les classer et les enregistrer. |
|--|--|

### A 3 PROTOCOLE D'ENTREVUE

- Remerciement au participant d'avoir accepté de collaborer avec notre recherche ;
- Courte présentation du projet de recherche afin d'introduire le sujet ;
- Explication de termes de la confidentialité :
  - Présentation du certificat d'éthique avec une copie originale à chaque participant de l'enquête ;
  - Signature de l'entente de confidentialité ;
  - Nous expliquons et rassurons notre engagement à maintenir les termes d'anonymat et la confidentialité sur les données qui se seront partagées.
- Demande d'autorisation à enregistrer l'interview ;
- Explications sur le déroulement de l'interview ;
- Démarrage de l'interview ;
- A la fin de l'interview, écriture du débriefing et début des transcriptions.

#### A 4 TEXTE D'INVITATION À PARTICIPER À LA RECHERCHE

Bonjour,

Je vous explique, un peu rapidement, de quoi il s'agit mon projet de travail dans le cadre de ma Mémoire de Maîtrise en Informatique de Gestion à l'UQAM et déjà d'avance, je te remercie mille fois de votre implication et aide envers moi.

Pour la réalisation, je suis en train de traiter avec l'UQAM un document d'entente éthique d'anonymat et de confidentialité afin de protéger les informations qui vous aurez la gentillesse de me faciliter. Je vous remercie beaucoup d'avance.

L'explication:

Mon travail exploratoire et descriptif se concentre dans l'évolution des plateformes TI et leurs stratégies digitales (SD) dont notamment la virtualisation. Pour y arriver, je dois aller plus en détail dans les endroits spécifiques toujours reliés à la virtualisation là où les patterns de conception et d'architecture (PCA) ont été appliqués afin d'en trouver leurs contributions économiques et techniques.

J'explique, PCA est un programme, code ou application qui résout un problème recourant et qui apporte une solution tant technique qu'économique générant des contributions quantifiables. C'est là que je dois approfondir dans ces contributions et essayer de découvrir vos PCA pour vérifier leurs appartenances ou non à la littérature déjà existante. Pour ça, je vais devoir poser quelques questions techniques spécifiques aux architectes ou personnel technique impliqué dans les structures reliées à la virtualisation et je vais devoir trouver où est-ce que des PCA ont été appliqués. Vérifier, si possible, la documentation existante sur place afin de bien argumenter l'usage de ces PCA.

Voilà tout.

Gros merci d'avance de votre collaboration.

Je reste totalement à votre disposition pour toute question ou inquiétude qui pourrait surgir. Sentez-vous à l'aise de me contacter.

Cordialement,

## A 5 LETTRE D'ENTENTE RELATIVE À LA CONFIDENTIALITÉ

### **Signataire**

Je, soussigné, \_\_\_\_\_, m'engage par les  
(Fonction)  
présentes à maintenir confidentielles les informations décrites ci-après. (Nom de  
l'université ou de l'entreprise)

### **Informations confidentielles**

Toute information relative aux projets décrits ci-après, qu'il s'agisse d'information orale ou écrite, de données techniques, de savoir-faire industriel ou de renseignements relatifs aux produits ou procédés faisant l'objet des projets.

### **Projets**

Il s'agit des projets intitulés:

---

---

### **DISPOSITIONS DE CONFIDENTIALITÉ**

Je m'engage à:

1. Garder secrètes toutes les informations confidentielles définies ci-haut.
2. Ne pas photocopier ni faire photocopier lesdites informations confidentielles.
3. Retourner tout document qui me sera confié dans le cadre du présent engagement, sur demande du responsable du projet ou de l'Université du Québec à Montréal.
4. Ne pas employer les informations confidentielles à quelques fins que ce soit autres que les fins ci-haut mentionnées, tant et aussi longtemps que l'Université du Québec à Montréal n'en aura pas donné l'autorisation écrite.

## LIMITE DE L'ENGAGEMENT

Nonobstant les dispositions qui précèdent, les obligations du signataire relativement à la confidentialité ne vaudront que pour une période de cinq (5) ans à compter de la date de sa signature et s'il en est convenu autrement dans une autre convention ultérieure entre les parties. Lesdites obligations deviendront également caduques si l'un ou l'autre des situations suivantes se présente:

- les informations confidentielles portées à la connaissance du signataire faisaient partie du domaine public antérieurement à la signature du présent accord ou deviendront partie du domaine public au cours du projet par d'autres voies que par divulgation de la part du signataire;
- les informations confidentielles étaient connues d'une tierce partie, non soumise à la confidentialité avant la signature des présentes, et ce, sans que cette tierce partie l'ait obtenue du signataire ou de l'Université du Québec à Montréal
- des connaissances de même nature ont été développées par une tierce partie de façon totalement indépendante et sans que ladite tierce partie ait été en relation avec l'Université du Québec à Montréal ou le signataire.

EN FOI DE QUOI, J'AI SIGNÉ LA PRÉSENTE,

A \_\_\_\_\_  
ville

EN CE \_\_\_\_\_  
Date

Par: \_\_\_\_\_

Témoin: \_\_\_\_\_

## A6 CERTIFICAT D'ÉTHIQUE

|   |  |
|---|--|
| <b>ESG UQAM</b><br><small>École des sciences de la gestion<br/>       Université de Québec à Montréal</small>   | No du certificat : 02-09-14-01             |
| <b>CERTIFICAT D'ÉTHIQUE</b>   |  |
| Le comité d'éthique de la recherche pour les étudiants de l'ESG a examiné le protocole de recherche suivant et le juge conforme aux pratiques habituelles ainsi qu'aux normes établies par le Cadre normatif pour l'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAM (juin 2012).   |  |
| <b>Protocole de recherche</b>   |  |
| Nom de l'étudiant(e) : EDILBERTO RIOS (RIOE23026108)<br>Programme d'études : 3728 - MAÎTRISE EN INFORMATIQUE DE GESTION<br>Directeur/Directrice de recherche : ALBERT LEJEUNE<br>Co-direction (s'il y a lieu)<br>Titre du protocole de recherche : Contributions des piliers de conception et d'architecture (PCA) dans l'évolution des Plateformes TI et leurs stratégies digitales dont notamment la virtualisation.  |  |
| <b>Modalités d'application</b>  |  |
| Les modifications importantes pouvant être apportées au protocole de recherche en cours de réalisation doivent être transmises au comité <sup>1</sup> .   |  |
| Tout événement ou renseignement pouvant affecter l'intégrité ou l'éthicité de la recherche doit être communiqué au comité.  |  |
| Toute suspension ou cessation du protocole (temporaire ou définitive) doit être communiquée au comité dans les meilleurs délais.  |  |
| Le présent certificat d'éthique est valide jusqu'au <b>2 SEPTEMBRE 2015</b> . Selon les normes de l'Université en vigueur, un suivi annuel est minimalement exigé pour maintenir la validité de la présente approbation éthique. Le rapport d'avancement de projet (renouvellement annuel ou fin de projet) est requis pour le : <b>2 SEPTEMBRE 2015</b> .  |  |
| <br>Michel Séguin<br>Président<br>CERPE ESG UQAM<br>Professeur   | <b>2 SEPTEMBRE 2014</b><br>Date d'émission |
| <small><sup>1</sup> Modifications apportées aux objectifs du projet et à ses étapes de réalisation, au choix des groupes de participants et à la façon de les recruter et aux formulaires de consentement. Les modifications incluent les risques de préjudices non-prévus pour les participants, les précautions mises en place pour les minimiser, les changements au niveau de la protection accordée aux participants en termes d'anonymat et de confidentialité ainsi que les changements au niveau de l'équipe (ajout ou retrait de membres).</small> |  |

Figure A.1 : Certificat d'Éthique

Source : ESG

UQAM

## BIBLIOGRAPHIE

- Alexander, C.; Ishikawa S.; Silverstein M. et Jacobson M. (1977). *A Patron Language, Town, Buildings, Constructions* (1st éd.): Los Angeles, CA Oxford University Press.
- Allard-Poesi, F., et Maréchal, C-G. (2003). Construction de l'objet de la recherche. Dans Thiétard, R.A. *Méthodes de Recherche en Management*. (2<sup>e</sup>. éd., pp. 34-56). Dunod: Paris, France.
- Appleton, B. (1998). *Patterns in a Nutshell. The "bare essentials" of Software*. Récupéré de: [www.enteract.com/~bradapp/docs/patterns-nutshell.html](http://www.enteract.com/~bradapp/docs/patterns-nutshell.html).
- Appleton, B. (2000). *Patterns and Software : Essential Concepts and Technology*. Récupéré de: [www.bradapp.com/docs/patterns-intro.html](http://www.bradapp.com/docs/patterns-intro.html).
- Arsanjani, A. (2004). *How to indentify, specify and realize services your SOA. IBM Global Services*. Web Services Center of Excellence, IBM.
- Bailet, T. (2012). *Architecture logicielle: pour une approche organisationnelle fonctionnelle et technique*, Paris, France: Éditions ENI, 365 p.
- Bass, L.; Clements, P. et Kazman, R. (1998). A-7E: A case study in utilizing architectural structures. Dans: *Software Architecture in Practice*, (pp. 45-71) Pearson Education, Inc.
- Bauchot, F., et Marcoux, B. (2010). *Les visages de Smart Grid dans le monde*. In World Energy Congress.
- Benaouda, B. (2013). *La communication sans fil dans un réseau électrique intelligent (Smart Grid): méthodologie de développement*. Mémoire de Maîtrise. Université du Québec à Montréal.
- Benbassat, L, D. K. Goldstein et M. Mead. (1987). The Case Research Strategy in Studies of Information Systems. *MIS Quarterly*, 11(3), 369-386.
- Bertsch, L. (2011). *Improvements to the Smart Meta Program of ENAÉ. Projet de Lecture à distance d'ENAÉ*. Préparé par le Regroupement des organismes environnement en énergie (ROEE). 39 p.

- Benoist, S. (2012). Quels chemins vers l'entreprise numérique : La méthode de Fontaine : Consultants pour accompagner votre réflexion sur les transformations numériques. *Publication Lettres, La Lettre No21*. Récupéré de : <http://www.fontaine-consultants.fr/lettre/21/dossier>.
- Bharadwaj, A.; El Sawy, O.; Pavlov, P. et Verkartraman, N. (2013). Digital Business Strategy: Toward a Next Generation of Insights, *MIS Quarterly*, 37(2) 471-482.
- Blanc, G. (2007). *La grande question de la gouvernance*. Revue Direction Informatique. Récupéré de: <http://www.directioninformatique.com/la-grande-question-de-la-gouvernance/14176>.
- Boudreau, Kevin J. (2012). Let a Thousand Flowers Bloom? An Early Look at Large Number of Software App Developers and Patterns of Innovation London Business School. *Organization Science* 23(5), 1409-1427.
- Brown, K. (2014). *A Pattern by any other name wouldn't be the same*. IBM Pure Systems® Community Publications. IBM Developer Works® Récupéré de: <http://expertintegratedsystemsblog.com/author/kyle-brown/>
- CEDEC (2014). *Smart Grids for Smart Markets*. Publication. Bruxelles, 40 p.
- CEN-CENELEC-ETSI, S. G. C. (2014). *On the problems encountered when dealing with privacy issues in the standardization process*. Privacy-Aware Smart Metering: A Survey, 16. Group 'Smart Grid Information Security'.
- Centre d'aide à la rédaction des travaux universitaires. (2007). *Rédiger une revue de littérature* Université d'Ottawa. Récupéré du site : <http://www.sass.uottawa.ca/redaction>.
- Chambard, J. (2014) *Dictionnaire du Web*. Récupéré du site : <http://www.dictionnaireduweb.com/big-data/>.
- Chang, C. H. et al. (2008). Improving Software Integration from Requirement Process with a Model-Based Object-Oriented Approach. *In Secure System Integration and Reliability Improvement Conference on IEEE*. 175-176
- Chappell, D. (2004). *Enterprise Service Bus*. O'Reilly Media. 276 p.
- Chapron, F. (2006). *Former à la maîtrise de l'information*. In Les professeurs documentalistes. Orléans : CRDP du Centre. Livre bleu, 121-149.

- Charreire, S. et Durieux, M. (1999). *Explorer et tester*. Chap. In Méthodes de recherche en management, sous la direction de Thiétart, Raymond-Alain, Paris, France: Dunod, p. 57.
- Chhatpar, A. (2009). *Patterns-based design and development for architects, Part 1: Using design patterns*. Copyright IBM Corporation®.
- Chesbrough H. (2007) Business model innovation. *Strategy & Leadership*, 35(6), 12-17.
- Chevrier, J. (2003). La spécification de la problématique. Dans Benoît Gauthier (dir.), *Recherche sociale. De la problématique à la collecte de données* (pp.89-108) Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec.
- Chih-Hung, C.; Chih-Wei, L. et Pao-Ann H., (2011). Pattern-based framework for modularized software development and evolution robustness. *Journal of Information and Software Technology*, 53(4) 307-316.
- Chih-Hung; C.; Chu, W.; Hsueh, N.; Koong C. et Lu C., (2009). A Case Study of Pattern-based Software Framework to Improve the Quality of Software Development. *Proceedings of the 2009 ACM Symposium on Applied Computing* 443-447. ACM Digital Library, New York, NY, USA.
- Cisco Sysys®, (2009). *Cisco Smart Grid – Solutions for the Next-Generation Energy Network*. Récupéré de: [http://www.cisco.com/web/strategy/docs/energy/aag\\_c45\\_539956.pdf](http://www.cisco.com/web/strategy/docs/energy/aag_c45_539956.pdf).
- Cisco Sysys®, EDISON et IBM, (2011). *Smart Grid Reference Architecture* Copyright Cisco Systems Inc. IBM Corporation, Southern California Edison Company.
- Chambard, J., (2014). *Stratégie Digitale*. Digital Business. Gartner Group. Récupéré de : <http://www.scoop.it/t/industrie-digitale>.
- Chazotte, K., (2004). *Build Your Own Framework with Visual FoxPro*. Hentzenwerke Editions. 980 East Circle Drive, Milwaukee, WI
- Chevalier, J.-M., (2011). *Définition des Smart Grids; Smart Grids - Commission de Régulation de l'Énergie*. Récupéré de <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=definition-smart-grids>.
- Collerette, P. et Schneider P., (2004). *Le pilotage du changement : une approche stratégique et pratique*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- Cooper, D. R. et Schindler, P. S., (2003). *Business Research Methods*. New York, NY: McGraw-Hill.

- Coplien, J. et Harrison N., (2004). *Organizational Patterns of Agile Software Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Couturier, V., (2007). Un système de patterns dédié à l'analyse, à la conception et à l'implémentation des Systèmes d'Information Coopératifs. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 12(4), 45-68.
- CRE-SmartGrids., (2010). *Définitions des Smart Grids*. Commission de Régulation de l'énergie France. Récupéré de: <http://www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=definition-smart-grids-chevalier>.
- Dänekas, C.; Neureiter C.; Rohjans S.; Uslar M. et Engel D. (2014). Towards a Model-Driven-Architecture Process for Smart Grid Projects. Dans *Digital Enterprise Design & Management*, P. Benghozi, D. Krob, A. Lonjon, and H. Panetto, Eds., *Springer International Publishing*, 261, 47-58.
- Denzin N. et Lincoln Y. (2003). *The Landscape of Qualitative Research: Theories and issues*. 2<sup>nd</sup> Edition. Thousand Oaks: *SAGE Publications*.
- De Rosnay, J. (2000). *L'homme symbiotique. Regards sur le troisième millénaire*. Paris, France : Éditions du Seuil.
- Ebbers, M.; Barrus, B.; Bonazebi, S.; Daly, P. et Lee, C. (2008). *Data Power Architectural Design Patron Integrating and Securing Service across Domains*. IBM Redbooks No. SG24-7620-00.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Buiding theories from case studies. *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550.
- ENAE. (2010). Vice-présidence. Réseau de distribution. *Plan d'évolution du réseau "vers un réseau intelligent"*. Horizon 2010-2025.
- Endreit, M.; Ang, J. Arsanjani, A.; Chua, S., Comte, P; Krogdahl, P; Luo, M. et Newling, T. (2004). *Patterns: Service-oriented architecture and web services*. IBM Corporation, International Technical Support Organization.
- El Boussaidi, G. et Mili, H. (2012) Understanding design patterns - what is the problem? *Journal of Software: Practice and Experience*, 42(12), 1495-1529.
- Erl, T. (2009). *SOA Design Patterns*, The Prentice Hall Service-Oriented Computing Series from Thomas Erl. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Fang, X.; Misra, S.; Xue, G. et Yang D. (2012). Smart Grid - The New and Improved Power Grid: A survey, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 1(4), 944-980.

- Farhangi, H. (2010). The Path of the Smart Grid. *IEEE power & energy magazine*, IEEEExplore.ieee.org, 18-28.
- Filion, L. J. (2012). Méthodologie de modélisation systémique: application à des acteurs entrepreneuriaux. *Revue internationale de psychosociologie et de gestion des comportements organisationnels*, 44, 29-70.
- Ford, N. (2012). *Functional thinking: Functional design patterns, Part 1: How patterns manifest in the functional world*. Copyright IBM Corporation.
- Footen J. et Faust J. (2008). The Service-Oriented Media Enterprise : SOA, BPM and web services profesional media systems. Elsevier Inc. *Science and Technology Copyright®*. Oxford.
- Fowler, M. (1997). *Analysis patterns: reusable object models*. Addison-Wesley Professional.
- Fowler, M. (2002). *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley Professional.
- Frey, S.; Dianescu A. et Demeure, I. (2012). *Architectural Integration Patterns for Automatic Management Systems*. Technical Rapport. EDF R&D.
- Gaeta, A.; Gaeta, M.; Djordjevic, A.; Dimitrakos, T.; Columbo, M.; et Miranda, S. (2007). Design Patterns for Secure Virtual Organization Management Architecture Secure Communication. *Proceedings on the third International Conference on Security and Privacy in Communication Networks and the Workshops (Secure Comm)*, Piscataway, NJ.
- Gagnon, Y. C. (2005). *L'étude de cas comme méthode de recherche: guide de réalisation*, Sainte-Foy: Presses de l'Université du Québec.
- Gamma, E.; Richard H.; Johnson, R. et Vlissides, J. (1994). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley.
- Gilchrist, G. (2008). *Interoperability Concerns in Advanced Metering Infrastructure*. Grid Interop. Atlanta, Ga.
- Goldman, C et Levy, R. (2011). An Introduction to Smart Grid 101. Dans *Smart Grid and Technical Advisory Project : Rate Design*. Lawrence Berkeley National Laboratory
- Gooding, J.; Robinson, G. et Van Ausdall, S. (2011). *A Smart Grid Reference Architecture Drives Information Management at SCE*. Grid Interop Forum, Greenwood Village, Co.

- Granados, N., et Gupta, A. (2013). Transparency strategy: competing with information in a digital world. *MIS Quarterly*, 37(2), 637-642.
- Gray, G.; Hu, S.; Ortiz M. et Zhou, J. (2008). *An Approach for Open and Interoperable AMI Integration Solution*. Grid Interop. Atlanta, Ga.
- Grover, V. et Kohli, R. (2013). Revealing your hand : Caveats In Implementing Digital Business Strategy. *MIS Quarterly*, 37(2), 655-662.
- Gregor, S. et Hevner, A. R. (2013). Design science research (DSR), knowledge, design artifact, knowledge contribution framework, publication schema, information systems, computer science discipline, engineering discipline, DSR theory. *MIS Quarterly*, 37(2), 337-355.
- Gunther, E.; Snyder, A.; Gilchrist, G. et Highfill, D. (2009). *Smart Grid Standards Assessment and Recommendations for Adoption and Development*. Prepared for the California Energy Commission de l'EnerNex Corporation.
- Guyony, S. (2013). *La technologie n'est pas une fin mais un moyen*. Publié dans L'AGEFI Hebdo, France. Récupéré de : <http://www.agefi.fr/articles/-la-technologie-n-est-pas-une-fin-mais-un-moyen--1261345.html>.
- Harrison, R. (2013). *TOGAF® 9 Foundation Study Guide*. Van Haren.
- Hart, D. (2008). Using AMI to Realize the Smart Grid. *IEEE Smart Grid Web Portal. IEEE Xplore digital Library*.
- Harvey, S. et Loïselle, J. (2009). Proposition d'un modèle de recherche développement. *Recherches Qualitatives*, 28(2), 95-117.
- Hilaire, D. (2004). *Enterprise Service Bus*. O'ReillyMedia. Ebook : Safari Books Online.
- Holme, I.M. et Slovang, B.K. (1997). *Research methodology, qualitative and quantitative methods* (2<sup>nd</sup> ed.). Sweden, Lund: Studentlitteratur.
- Jamshidi, P. et Pahl, C., (2012). Business Process and Software Architecture Model Co-evolution Patterns Lero. *The Irish Software Engineering Research Centre Scholl of Computing, IEEE: MiSE* Dublin City University, Dublin, Ireland.
- Jegen M. et Phillion X. (2014). *Challenges for Quebec's Smart Grid development*. 2014 CPSA Annual Conference Brock University. May 27-29.
- Jézéquel, J-M. (2006). *Les patrons de conception*. Encyclopédie Vuibert de l'informatique.

- Joannides, V. (2011). Insiders/Outsiders : Influences de la pré- connaissance sur le design de recherche en sciences de gestion *Finance Contrôle Stratégie, Economica/Association FCS*, 2011, 14(4), 91-127.
- Jonkers, H., Quartel, D., van Gils, B., et Franken H. (2012). *Enterprise Architecture with TOGAF® (The Open Group Architecture Framework) 9.1 and ArchiMate® 2.0*. Récupéré de : <http://www.togaf.info/togaf9/togafSlides91/TOGAF-V91-M7-Metamodel.pdf>.
- Juziuk, J., Weyns, D. et Holvoet, T. (2013). *Design Patterns for Multi-Agent Systems: A Systematic Literature Review*. Research Directions in Agent-Oriented software Engineering, Berlin/Heidelberg.
- Kassof et al. (2013). Performance of the Precision Time Protocol for clock synchronisation in Smart Grid applications. *Trans Emerging Tel.Tech*: 24:476-485.
- Keen, M.; Bishop S.; Hopkins, A.; Milinski, S.; Nott, C.; Robinson R.; Adams, J. et Verschueren, P. (2004). *Patterns: Implementing an SOA with the Enterprise Service Bus*. IBM International Technical Support Organization. Redbook, SG24-6346-00.
- Keen, P. et Williams, R. (2013). Value Architectures for Digital Business: Beyond the Business Model, *MIS Quarterly*, 37(2), 643 - 648.
- Köppe, C. (2013). A Pattern Language for Teaching Design Patterns. Dans *Transactions on Pattern Languages of Programming III* (pp.24-54). Springer Berlin Heidelberg.
- Le Bris, H. (2010). *Backhauling*. © EFORT : Études et Formations en Télécommunications 3AK Services de réseau et télécommunications. Melun, France. Récupéré de [http://www.efort.com/r\\_tutoriels/BACKHAULING\\_EFORT.pdf](http://www.efort.com/r_tutoriels/BACKHAULING_EFORT.pdf)
- Lehmer, W. et Sattler, K. (2013). *Virtualization for Data Management Services In Web-Scale Data Management for the Cloud*, New York: Springer
- Li, F.; Qiao W.; Sun H.; Wan H., Wang J.; Xia Y.; Xu Z. et Zhang P. (2010). Smart transmission grid: vision and framework. *IEEE Transactions on Smart Grid* 1(2), 168-177.
- Liu, Y.; Lang, X.; Xu, L.; Staples et M.; Zhu, L. (2011). Composing enterprise mash up components and services using architecture integration patterns. *Journal of Systems and Software*, 84(9), 1436-1446.

- Louw, Y. (2014). *Understanding the capabilities of Patterns of Enterprise*. IBM Pure Systems Expert Integrated Systems Blog.
- Lusthaus, C.; Adrien, M-H.; Anderson, G.; Carder, F. et Montalván, P. (2002). *Organizational assessment: A framework for improving performance*. IDRC (International Development Research Center) Ottawa, Canada.
- Malinen, M. (2013). *Using EBI Patron in Conjunction with Service-Oriented Architectures*. Master's Thesis University of Jyväskylä, Finlande.
- Mall, R. (2009). *Fundamentals of Software Engineering*. PHI Learning Ltd. Pvt.
- Mahmoud, K. (2013). A Unified Messaging-Based Architectural Pattern for Building Scalable Enterprise Service Bus. *Proceedings of International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services*. New York, N.Y., USA
- Markus, L., et Bui, N. (2012). Going concerns: Governance of Interorganizational Coordination Hubs, *Journal of Management Informations Systems*, 28(4) 165-199.
- Markus.L. et Loebbecke, C. (2013). Commoditized Digital Process and Business Community Platforms: New Opportunities and Challenges for Digital Business Strategies, *MIQ Quarterly*, 37(2), 649-654.
- Masson, R. O., (1986). Four Ethical Issues of the Information Age. *MIS Quarterly*, 10(1), 5-12.
- McCracken, G., (1988). *The Long Interview*. Qualitative Research Mehods Series, Vol. 13. SAGE Publications. Newbury Park, California.
- Mêgnigbêto, E., (2011). *Écrire une revue de littérature*. Récupéré du site: [http://docsfiles.com/pdf\\_sous\\_revue\\_sous\\_revue.html](http://docsfiles.com/pdf_sous_revue_sous_revue.html).
- Morin, E.M.; Savoie A. et Beaudin, G., (1994). *L'efficacité de l'organisation: Théories, représentations et mesures*, Montréal: G.Morin.
- Myers, M.D., (1977). Qualitative research in information systems. Dans *MISQ Discovery*. Récupéré de : <http://www.qual.auckland.ac.nz>.
- NIST framework and roadmap for smart grid interoperability standards, (2010). *National Institute of Standards and Technology (NIST)*. Special Publication 1108.

- Nylén, D., (2015a). *Digital Innovation and Changing Identities*. Swedish Center for Digital Innovation, Department of Informatics, Umeå University, Umeå, Sweden.
- Nylén, D. et Holmström, J., (2015b). Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation. *Kelley School of Business, Indiana University*. 58, 57-67 Elsevier Inc. *Business Horizons*.
- Ouellette M.; Ji K.; Liu S. et Li H., (2011). Using IEEE 1588 and boundary clocks for clock synchronization in telecom networks. *IEEE Communications Magazine* 49(2), 164-171.
- Paillé, P. (2007). La méthodologie de recherche dans un contexte de recherche professionnalisante : douze devis méthodologiques exemplaires. *Recherches Qualitatives*, 27(2), 133-151.
- Paré, G. (2004). Investigating information systems with positivist case study research. *Communications of the Association for Information Systems*, 13, 233-264.
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rotherberger, M. et Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45-77.
- Perroud, T., et Inversini, R. (2013). *Enterprise Architecture Patterns*. Springer. Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH & Co.K., Berlin, Allemagne.
- Popek, G. J., et Goldberg, R. P. (1974). Formal requirements for virtualizable third generation architectures. *Communications of the ACM*, 17(7), 412- 421.
- Pree, W. (1998). *Développement Patterns et Architecture des logiciels*, Vuibert Éditions, 1<sup>e</sup> Édition, Paris, France.
- Radhakrishnan, R. (2008). *Enterprise Architecture and IT Service Management*. TOGAF (The Open Group of Architecture Framework).
- Raghavan, B. ; Irwin D.; Albrecht, J.; Ma, J. et Stredd, A. (2012). *An Intermittent Energy Internet Architecture e-Energy*. Copyright© ACM 978-1-14503-1055-0/12/05.
- Rajam, S., Cortez, R., Vazhenin, A., et Bhalla, S. (2010). Enterprise service bus dependency injection on MVC design patterns. Dans *TENCON 2010 IEEE Region 10 Conference*: 1015-1020.

- Ressources Naturelles-Canada (2011). *Les réseaux électriques intelligents au Canada (Smart Grids) Aperçu de l'industrie en 2010*. Rapport-2011-027 (RP-TEC) 411- SG Plan Canmet Énergie.
- Sambamurthy, V., Bharadwaj, A., et Grover, V. (2003). Shaping agility through digital options: Reconceptualizing the role of information technology in contemporary firms. *MIS Quarterly*, 237-263.
- Shalloway, A. et Trott, J.R. (2002). *Design patrons par la pratique*, Paris : Éditions Eyrolles.
- Smith P. et Schaeffer-Filho F. (2014). Management Pattern for Smart Grid Resilience. Service Oriented System Engineering (SOSE). *IEEE 8<sup>th</sup> International Symposium* on 415-416.
- Sood, V.D.; Fischer D., Eklund, J.M. et Brown, T. (2009). Developing a Communication Infrastructure for the Smart Grid. *IEEE Electrical Power & Energy Conference. IEEE*.
- Stalk G. et Hout T. (1990), *Competing against time*, MacMillan, London.
- Steinfeld, C.; Markus, L. et Wigand, R. (2011). Through a Glass Clearly: Standards, Architecture, and Process Transparency in Global Supply Chains, *Journal of Management Information Systems*, 28(2), 75-108.
- Stern, P. (2013). *Le "Big Data" en action*. Acte de conférence. Sentelis Conférence. Big Data. Paris.
- Strauss, A., et J. Corbin. (2004). *Les fondements de la recherche qualitative: techniques et procédures de développement de la théorie enracinée*. 2<sup>ème</sup> éd. Fribourg, Suisse: Academic Press Fribourg.
- Sumpf, J. et Hugues, M. (1973). *Dictionnaire de sociologie*, Paris, Larousse.
- Sysley, E., (2012). *Entreprise Architecture for the Smart Grid: A Status Update*. Présentation de l'University of Minnesota.
- Tecnalia's R & D activities and Technological Services (2013). *Smart Grids*. Tecnalia Inspiring Business. Espagne.
- The Open Group Architecture Framework TOGAF, (2006). *TOGAF as an Enterprise Architecture Framework*. Récupéré de : <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf8-doc/arch/chap02.html>.

- The Open Group Architecture Framework TOGAF (2012). *TOGAF as an Enterprise Architecture Framework*. Récupéré de : [http:// https://bian.org/wp-content/uploads/2012/06/wp\\_togaf\\_bian\\_rev4\\_en.pdf](http://https://bian.org/wp-content/uploads/2012/06/wp_togaf_bian_rev4_en.pdf)
- Thompson, B. (2013). *Using Patterns with WMB V8 and IIB V9*. IBM Integration Bus Architecture. IBM © Corporation. Récupéré de: <http://www.mqug.org.uk/downloads/201307/201307Patterns.pdf>.
- Thiéart, R. A. (1999). *Méthodes de recherche en management*, Paris: Dunod.
- Trefke J.; Rohjans S.; Uslar M.; Lehnhoff S.; Nordstrim, L. et Saleem A. (2013). Smart Grid Architecture Model Use Case Management in a large European Smart Grid Project. *4th IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies (ISGT Europe)* October 6-9, Copenhagen.
- Tsang, E.W. (2013). Case studies and generalisation in information systems research: A critical realist perspective. *The Journal of Strategic Information Systems*, 1-13.
- Valizadeh, H.; Alakbar, M. et Haeri, H. (2013). Model-Driven Software Design for Smart Grid Data Analytics. *Proc. 22<sup>nd</sup> International Conference on Electricity Distribution*. CIRED, Frankfurt, Allemagne 1-4.
- Vlaemink, C. (2011). *La définition d'une stratégie digitale et numérique*. Page web du WebMarketing et Stratégie Digitale (France). Récupéré de : <https://digitaletnumerique.wordpress.com/2012/05/11/la-definition-d-une-strategie-digitale-et-numerique/>.
- Von Hippel, E. et Von Krogh G. (2005). Open Source Software and the Private-Collection Innovation Model. *Issues of Organization Science Sloan School of Management*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.
- Ward, C. et Baena, V. (2015). Measuring the Impact of a Company's Digital Strategy on Customer Based Brand Equity, *Proceedings International Marketing Trends Conference*. Madrid, Spain.
- Watson, R. ET Webster, J. (2002). Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly* 26(2).
- Wilson, T. (2011). *Smart Grid & Smart Meter Architecture*. Wireless Safety Summit. Présentation. Washington, DC. Récupéré de: [www.greenandhealthyhomes.net](http://www.greenandhealthyhomes.net).
- Wright, M. (2013). *How to Develop Your Digital Strategy*. Récupéré de: <http://mashable.com/2012/09/05/how-to-digital-strategy/>.

- Yin, R. K. (1994). *Case Study Research: Design and Methods*. SAGE publications: Thousand Oaks, CA.
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Reserach. Design and Methods (5)*. SAGE Publications Inc.: Los Angeles, CA.
- Znatys, S. (2000). *Le réseau intelligent : Principes, Services and Architecture*. EFORT.