UNIVERSITÉ DU BURUNDI
GRENIER DU SAVOIR DU BURUNDI
Dépôt institutionnel officiel
https://repository.ub.edu.bi

Conception et développement d'un modelé de système automatise multi-agents de gestion des activités d'un réseau d'institutions bancaires

Nindorera, Faust; Sous la direction de : Dr. Jérémie Ndikumagenge

2018-05
UB, FSI
https://repository.ub.edu.bi/handle/123456789/739

Document téléchargé depuis le **Grenier du Savoir du Burundi** — https://repository.ub.edu.bi

UNIVERSITE DU BURUNDI



FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

DEPARTEMENT DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT D'UN MODELE DE SYSTEME AUTOMATISE MULTI-AGENTS DE GESTION DES ACTIVITES D'UN RESEAU D'INSTITUTIONS BANCAIRES

Par : **NINDORERA Faust**

En vue de l'obtention d'un **Diplôme de Mastère en Génie Informatique**

Soutenu le jeudi **30 mai 2018**

Sous la direction de : Dr. Jérémie NDIKUMAGENGE

Membres du Jury

Dr. NDAYISABA Longin	:	Président
Dr. MANIRABONA Audace	:	Vice-président
Dr. SAHINGUVU William	:	Secrétaire
Dr. NDIKUMAGENGE Jérémie	:	Directeur
Dr. MUKESHIMANA Michèle	:	Membre

Année Académique : 2014-2015

Bujumbura, mai 2018

DEDICACES

A Jéhovah Dieu ;

A la mémoire de mon défunt père ;

A ma mère, pour son amour inestimable, son soutien, sa prière et sa bénédiction qui m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études ;

A toutes mes sœurs et leurs enfants ;

A tous mes cousins et cousines, oncles et tantes ;

A la famille NDAYISHIMIYE Ladislas ;

A tous mes amis et collègues, pour leurs remarquables soutien et conseils attentionnés ;

NINDORERA Faust

REMERCIEMENTS

A l'Eternel Dieu Tout Puissant pour sa miséricorde et pour m'avoir donné la vie et gardé jusqu'aujourd'hui, j'adresse mes sincères remerciements. Il m'a particulièrement guidé et protégé tout au long de cette longue période, certes enrichissante mais épuisante depuis mon bas âge jusqu'à la fin de mes études supérieures.

J'exprime mes profonds remerciements à mon Directeur de Mémoire Dr. Jérémie NDIKUMAGENGE pour avoir accepté de diriger mon mémoire, me réserver son précieux temps pour me fournir de outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche et me prodiguer des conseils précieux. Son ardeur au travail, sa détermination et sa rigueur scientifique m'ont grandement stimulée et motivée. Pour l'aide précieuse qu'il m'a apportée, pour sa confiance qu'il a placée en moi, et pour m'avoir accompagnée dans cette recherche avec son expertise avec bienveillance et compréhension, je lui exprime mes sentiments et expression de profonde gratitude et reconnaissance.

Mes expressions de reconnaissance sont aussi adressées à tous ceux qui m'ont formé depuis l'école primaire jusqu'à l'Université du Burundi. Je tiens particulièrement à remercier les enseignants du Département de Technologies de l'Information et de la Communication de la Faculté des Sciences de l'Ingénieur pour lesquels les connaissances et compétences enseignées et transmises m'ont été d'une grande utilité.

J'adresse aussi mes remerciements au corps administratif de la Faculté des Sciences de l'Ingénieur pour avoir tout mis en œuvre afin que je puisse mener à bon port ma formation et mes études.

Mes remerciements s'adressent aussi aux membres du jury pour avoir accepté de lire, évaluer mon projet de rapport de mémoire.

Mes remerciements vont à l'endroit de tous mes camarades étudiants avec qui j'ai partagé les joies et les peines, tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont témoigné sympathie, qu'ils trouvent ici mes expressions de gratitude et légitime satisfaction.

Je voudrais aussi exprimer ma gratitude envers tous ceux qui m'ont accordé leur soutien, tant par leur gentillesse que par leur dévouement dont ma mère KABUNDA Bibiane et à mon regretté père le NINDORERA Anselme, NINDORERA Flora et NINDORERA Stella, les membres de ma famille restreinte et élargie.

Je ne peux énumérer toutes les personnes qui de près ou de loin m'ont aidé et encouragé qu'ils trouvent dans l'aboutissement de ce travail une raison de réjouissance.

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

Sigle et abréviation	Signification
3D	: Trois Dimensions
3G	: Troisième génération des technologies de téléphonie mobile numérique
4G	: quatrième génération des technologies de téléphonie mobile numérique
ACL	: Agent Communication Language
BDDM	: Base de Données Marketing
BDI	: Beliefs Desires Intentions
BFS	: Breadth First Search
BMD	: Baccalauréat – Master – Doctorat
BNP	: Banque Nationale de Paris
BRI	: Banque des Règlements Internationaux
CRE	: Compte Rendu d'Evénement
CRM	: Custom Ressources Management
CRM	: Customer Relationship Management
CSS	: Cascading Style Sheet
DBMS	: Database Management System
DFS	: Depth First Search
ERP	: Enterprise Resource Planning
GAB	: Guichet Automatique Bancaire/Billet
HTML	: HyperText Markup Language
IA	: Intelligence Artificielle
IAD	: Intelligence Artificielle Distribuée
IBAN	: International Bank Account Number
IBM	: International Business Machine
IOSCO	: International Organization of Securities Commissions
IPv4	: Internet Protocol version 4
IPv6	: Internet Protocol version 6
JADE	: Java Agent DEveloppement

Sigle et abréviation	Signification
KQML	: Knowledge Query and Manipulation Language
MAD	: Mis en Attente de Décision
MRP	: Manufacturing Resource Planning
MVC	: Modèle – Vue – Contrôleur
NASA	: National Aeronautics and Space Administration
NTIC	: Nouvelles Technologies d'information et de la Communication
OICV	: Organisation Internationale des Commissions de Valeurs
PGI	: Progiciel de Gestion Intégrée
PHP	: PHP Hypertext Preprocessor
PME	: Petites et Moyennes Entreprises
RIB	: Relevé d'Identité Bancaire
RIP	: Relevé d'Identité Postal
SEPA	: Single Euro Payments Area
SGBD	: Système de Gestion de Bases de Données
SI	: Système d'Information
SIBANVIR	: SImulation de BANques VIRtuelles
SLA	: Service-Level Agreement
SMA	: Système Multi-Agents
SSII	: Société de Services en Ingénierie Informatique
STP	: Straight Through Processing
TI	: Technologie d'information
TIC	: Technologie d'Information et de la Communication
UML	: Unified Modeling Language

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Typologie des banques 13

Figure 2 : Modèle de l'alignement stratégique 25

Figure 3 : Structure des moyens mis en place pour le partage des données 26

Figure 4 : Framework « Banque Entreprise Etendue » 32

Figure 5 : Modèle CLIENT / CONTRAT 34

Figure 6 : Modèle COMPTE / MOUVEMENT 35

Figure 7 : Exemple de cartographie applicative d'un SI bancaire 39

Figure 8 : Etapes de conception d'une simulation 41

Figure 9 : Architecture basée sur la gestion de l'information 53

Figure 10 : Automate modélisant le comportement de l'agent client 62

Figure 11 : Evolution du cout total par rapport au nombre de serveur 65

Figure 12 : Schéma représentant la file d'attente 66

Figure 13 : Schématisation du modèle M/M/k avec k=2 67

Figure 14 : Composantes fortement connexes d'un graphe orienté 73

Figure 15 : Graphe valué (non-orienté) 73

Figure 16 : Parcours en profondeur d'abord (DFS) 75

Figure 17 : Graphe valué ramenant à un graphe non-valué BFS 77

Figure 18 : Algorithme de Dijkstra 78

Figure 19 : Algorithme de Dijkstra implémenté avec une file de priorité 79

Figure 20 : Setup de l'application 82

Figure 21 : Choix de la langue d'installation 83

Figure 22 : Dossier de destination 83

Figure 23 : Choix du raccourci sur le bureau 84

Figure 24 : Validation de l'installation 84

Figure 25 : Fin de l'installation 85

Figure 26 : Fenêtre d'accueil de JADE 85

Figure 27 : La page d'accueil de l'application principale 86

Figure 28 : Vue complète de la zone "1" 86

Figure 29 : Vue complète de la zone "2" 87

Figure 30 : Choix de l'endroit pour placer un siège 88

Figure 31 : Choix du nom de la banque 88

Figure 32 : Validation du nom de la banque 89

Figure 33 : La banque créée s'affiche à l'endroit choisi 89

Figure 34 : Exemple de création de l'agence 90

Figure 35 : Création de la liaison 91

Figure 36 : Liaison complète 91

Figure 37 : Fenêtre d'ajout de clients 92

Figure 38 : Coût de déplacement entre quatre provinces du Burundi 93

Figure 39 : File saturée 94

Figure 40 : File vide 95

Figure 41 : Diagramme de classe : Compte et classes connexes 100

LISTE DES TABLEAUX

Table 1 : Comparaison Objet/Agent 46

Table 2 : Table de transition de l'agent 60

RESUME

L'évolution du monde financier et de ses règlementations, la concurrence de plus en plus accrue au sein du marché bancaire et l'importance de la gestion des flux informationnels ont amené les entreprises et surtout les banques à accorder plus d'importance aux systèmes d'information. Ces outils de gestion ont évolué et prennent de nos jours une place stratégique considérable dans le pilotage, gestion et l'organisation d'institutions bancaires ou analogues.

La complexité de mécanismes de traitement des opérations bancaires qui implémentent les processus métiers du secteur peuvent être facilement compris grâce à un système de visualisation et de contrôles des éléments principaux de ces opérations.

Si pour la banque, le choix d'un système de gestion des bases de données s'avère un casse-tête, le client, de son côté, n'accorde pas beaucoup d'attention à l'importance de la synchronisation et la cohérence de ses données que vise la banque en faisant ce choix. Si pour le transport de l'information, la banque passe de 3G à 4G ou d'IPv4 à IPv6, le client, lui, ne s'en rend nullement compte des changements technologiques appliqués. En somme, les clients manquent d'information sur le fonctionnement du système d'information des institutions bancaires et financières puisqu'ils se focalisent uniquement sur les services rendus. Ce problème est dû en grande partie à la complexité du système d'information des institutions bancaires et financières.

Par ailleurs, l'arrivée des TIC impose aux formateurs, pédagogues à tous les niveaux des approches nouvelles, méthodes novatrices et d'outils modernes dans l'enseignement, transmission de connaissances et compétences, donc du savoir et du savoir-faire.

Par conséquent, le besoin d'un outil didactique permettant de visualiser le processus des activités bancaires et financières de routine est plus que nécessaire dans un contexte mondial marqué par la révolution numérique. C'est ce double besoin qui fait l'objet du présent projet de recherche appliquée.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES i

REMERCIEMENTS ii

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS iii

LISTE DES FIGURES v

LISTE DES TABLEAUX vi

RESUME vii

TABLE DES MATIERES viii

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITRE 1 PRESENTATION GENERALE DU PROJET DE RECHERCHE 4

1.1 Présentation du sujet 4

1.2 Objectifs du projet 5

1.2.1 Objectif global 5

1.2.2 Objectifs spécifiques 5

1.3 Problématique à résoudre 5

1.4 Solutions proposées 6

1.5 Résultats attendus 7

1.6 Apport scientifique et technologique 7

1.7 Délimitation du sujet et domaines d'application 7

1.7.1 Délimitation 7

1.7.2 Domaines d'application 8

1.8 Méthodologie de recherche et de travail 8

1.9 Outils mathématiques utilisés 9

CHAPITRE 2 BREF APERCU SUR LES INSTITUTIONS BANCAIRES ET FINANCIERES 10

2.1 Généralités sur les institutions bancaires et financières 10

2.2 Monnaie et système bancaire 11

2.3 Banque comme institution de valorisation de la monnaie et titres financiers 11

2.3.1 Origine 11

2.3.2 Rôles 12

2.3.3 Types de banques 13

2.3.4 Autorités de régulation 14

2.3.5 Financement 14

2.3.6 Épargne 14

2.3.7 Moyens de paiement 15

2.3.8 Services aux entreprises 15

2.3.9 Agence bancaire 15

2.4 Banque de détail 16

2.4.1 Caractéristiques 16

2.4.2 Fonctions de la banque de détail 17

CHAPITRE 3 SYSTEME D'INFORMATION DES INSTITUTION BANCAIRES ET FINANCIERES 18

3.1 Historique 19

3.2 Flux d'informations de l'entreprise 19

3.3 Stratégie des systèmes d'information 20

3.4 Modèle de l'alignement stratégique 24

3.4.1 Accord stratégique 25

3.4.2 Intégration fonctionnelle 25
3.5 Paramètres des systèmes d'information 26
3.5.1 Bases de données de l'entreprise, et Progiciel de gestion intégré (ERP) 26
3.5.2 Gestion de la relation client ou CRM 28
3.5.3 Exploitation des données CRM 29
3.6 Dispositifs de sécurité des systèmes d'information. 29
3.6.1 Identification / authentification : 29
3.6.2 Contrôle d'accès : 30
3.6.3 Audit : 30
3.7 Systèmes d'information bancaires 31
3.8 Orientations stratégiques d'évolution des systèmes d'information bancaires 31
3.9 Framework « Banque Entreprise Etendue » 32
3.9.1 Back Office ou le cœur de Métier 33
3.9.2 Front Office 33
3.10 Modèle contextuel du système sous étude 34
3.10.1 Modèle CLIENT / CONTRAT 34
3.10.2 Modèle COMPTE / MOUVEMENT 35
3.11 Cartographie fonctionnelle d'un Système d'Information bancaire 37
3.12 Cartographie applicative d'un Système d'Information bancaire 37
CHAPITRE 4 MODELISATION DU PROTOTYPE DE SIMULATION 40
4.1 Modélisation du système d'information bancaire 40
4.2 Modélisation du nouveau système automatisé de gestion 40
4.3 Simulation des systèmes d'information 40

4.4 Approche systémique 42
4.5 Systèmes complexes 42
4.6 Agents et Systèmes Multi-Agents 43
4.6.1 Notion d'agent 43
4.6.2 Agent et Objet 46
4.7 Types d'agents 46
4.7.1 Agents réactifs 46
4.7.2 Agents cognitifs 47
4.8 Système multi-agents 47
4.9 Caractéristiques d'un système multi-agents 48
4.9.1 Conception des agents du système 48
4.9.2 Environnement 49
4.9.3 Interactions entre agents 49
4.10 Principales utilisations des systèmes multi-agents 51
4.11 Environnement multi-agents SIBANVIR 52
4.11.1 Architecture de flux d'informations du logiciel SIBANVIR 53
4.11.2 Utilisateur 53
4.11.3 Agent client 54
4.11.4 Agent caissier 54
4.11.5 Machine cliente et GAB 54
4.11.6 Réseau informatique au sein d'une entreprise ou intranet 54
4.11.7 Serveur et base de données 54
4.11.8 Internet et extranet 55

CHAPITRE 5 MODELISATION MATHEMATIQUE DU MODELE DE FONCTIONNEMENT D'UN RESEAU BANCAIRES 56

5.1 Théorie des automates 56

5.1.1 Alphabets, mots, langages et problèmes 57

5.1.2 Automates finis déterministes 57

5.1.3 Fonctionnement d'un automate fini déterministe 57

5.1.4 Représentations « compactes » des automates 58

5.1.5 Application dans la simulation du comportement d'un client 59

5.2 Théorie des files d'attente 62

5.2.1 Evolution de la théorie des files d'attente 62

5.2.2 Objectifs de la théorie des files d'attente 63

5.2.3 Description de la théorie des files d'attente 63

5.2.4 Analyse économique de la théorie des files d'attente 64

5.2.5 Modélisation mathématique de la théorie des files d'attente 65

5.2.6 Application de la théorie des files d'attente sur notre système 69

5.3 Théorie des graphes 69

5.3.1 Principes généraux de la théorie des graphes 69

5.3.2 Représentations informatiques des graphes 74

5.3.3 Parcours de graphes 75

5.3.4 Recherche des plus courts chemins dans un graphe 76

5.3.5 Application de la théorie de graphe dans notre simulation 80

CHAPITRE 6 BREVE PRESENTATION DE NOTRE SYSTEME 82

6.1 Spécificités de la machine pouvant exécuter la simulation 82

6.2 Installation 82
6.3 Présentation de l'interface 85
6.4 Utilisation et simulation 87
6.4.1 Création d'une banque 87
6.4.2 Création d'une agence 89
6.4.3 Faire la liaison 90
6.4.4 Création et initialisation des clients 92
6.5 Analyse de l'exécution du programme 93
CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS 96
BIBLIOGRAPHIE 98
ANNEXES 100

INTRODUCTION GENERALE

Il y a seulement quelques dizaines d'années, l'informatique et les télécommunications ont dû s'imposer dans le secteur de production au rang mondial. La constante augmentation de l'information et donnée circulant au sein des entreprises a profondément marqué le début du XXème siècle et continue de rythmer la conjoncture d'organisation jusqu'aujourd'hui. Depuis plus de quarante dernières années Le facteur d'ascendance des entreprises s'est développé d'abord à partir l'informatisation des fonctions support, puis des processus métiers, ensuite, le développement des systèmes d'information en fin grâce à l'arrivée de l'internet véritable consécutif l'évolution fulgurante de la révolution numérique ! [1]

Les TIC se manifestent partout et s'érigent en facteur incontournable d'innovation de rénovation et stimulent la compétitivité des économies d'aujourd'hui. Elles ont fondamentalement changé les sociétés de consommation et de commercialisation dans lesquelles l'information et données joue le rôle de ressource capitalisable de premier plan. De cette façon, l'entreprise fait face à la complexité et la multiplicité des produits et services, affectant ainsi le monde du travail dans sa gestion et son organisation.

Du fait qu'il se situe au centre des mutations que subie le monde du travail et qu'en plus ses métiers se basent en grande partie sur la gestion de l'information, le secteur bancaire s'est vu dans le besoin de rénover son approche de management tant au niveau stratégique qu'opérationnel. Ce réajustement donne aux institutions financières la capacité à proposer des produits et services moins chers et de meilleure qualité tout en satisfaisant les besoins des bénéficiaires, des clients.

La vitesse à laquelle les marchés et les capacités de production s'internationalisent et se standardisent rend les processus d'innovation indispensable pour l'entreprise dans le but de renforcer et améliorer durablement sa capacité d'affronter une concurrence de plus en plus forte. Pour l'entreprise, innovation permet non seulement la diminution de l'effet de la concurrence par les prix, par exemple en mettant l'accent sur d'autres indices de démarcation, mais également l'augmentation de la productivité, amélioration de la qualité des produits ou services ainsi que l'efficacité des procédés industriels ou commerciaux.

Dans ce contexte, la simulation numérique a une influence déterminante. Elle permet, au cours de la suite de phases « Conception>Fabrication>Distribution », l'augmentation des possibilités, amélioration de la qualité, diminution des coûts et des durées et la formation des compétences. Un autre avantage est qu'elle est susceptible de prédire et cerner la demande de telle sorte qu'elle maximise le positionnement de l'offre.

De cette façon, la simulation permet « aux différents intervenants du secteur bancaire, banquiers, organismes de réglementation, firmes de cotation et investisseurs, de définir le profil risque-rendement des institutions à évaluer, un élément important pour leurs choix

stratégiques ». Grace à la capacité de traitement par des ordinateurs, ce profil risque-rendement peut être déterminé en générant de multiples scénarios, support d'aide déjà la prise de décisions opérationnelles appropriées.

En outre, dans le domaine didactique, la simulation est une forme innovante de pédagogie et de transmission de connaissances et compétences. Avec elle, les participants s'impliquent davantage. En effet, comme le dit le dicton « Vaut mieux l'avoir vu une fois que de l'avoir cent fois entendu », une telle approche d'usage de moyens visuels pour enseigner et former fait d'elle un outil pédagogique très puissant. Banquiers, organismes de réglementation et étudiants peuvent l'utiliser pour s'améliorer dans leur prise de décisions stratégiques et connaitre le véritable fonctionnement de ces dernières.

C'est donc sur ce dernier volet que s'inscrit notre projet de fin d'études intitulé « **CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT D'UN MODELE DE SYSTEME AUTOMATISE MULTI-AGENTS DE GESTION DES ACTIVITES D'UN RESEAU D'INSTITUTIONS BANCAIRES** ». Il est réalisé en vue d'obtention du diplôme de Master en Génie Informatique, département de Technologie au sein de la Faculté de Sciences de l'Ingénieur de l'Université du Burundi et consiste en un développement d'un logiciel simulant le fonctionnement du système d'information d'un réseau anonyme d'institutions bancaires et financières.

Ce projet s'articulera sur six chapitres. Dans le premier chapitre, nous allons fournir une présentation complète du sujet et parle des aspects liés à l'état des lieux, aux objectifs, à la problématique, aux solutions possibles ainsi que les résultats attendus.

Le second chapitre sera réservé à un aperçu général sur la naissance, l'essor et évolution des institutions bancaires et financières en général et passe en revue les concepts clés qui y sont associés. Une importance capitale sera particulièrement réservée aux éclaircissements sur les principales opérations courantes réalisées par les acteurs et partenaires de ces dernières tout en montrant la valeur ajoutée apportée par les NTIC dans l'amélioration de prestations de ces institutions avant de présenter les limites du système existant de l'approche actuel dans l'enseignement de la grande partie de processus métiers orientées clients.

Le troisième chapitre recense les notions liées aux systèmes d'information des entreprises et plus particulièrement des institutions financières et bancaires. Il aborde les concepts liés à leur sécurité, à ses différents paramètres, au modèle d'alignement stratégique avant de présenter les orientations stratégiques, leur modèle conceptuel et les différentes cartographies.

Le quatrième chapitre traite de la modélisation du nouveau système grâce à la mise en œuvre des solutions proposées et exploitation de résultats de recherche obtenues

Le cinquième chapitre sera consacré à l'étude, analyse et validation de la fiabilité du nouveau système à l'aide d'outils mathématiques dont les algorithmes de parcours de graphes dont les algorithmes gloutons, les files d'attente, les méthodes de synchronisation de processus, …. Les techniques de gestion automatisée des agences bancaires au moyen d'agents virtuels ou réels font aussi l'objet de ce chapitre.

Le sixième chapitre présente brièvement le logiciel développé, avant de terminer par une conclusion générale dont le bilan des résultats et des recommandations.

CHAPITRE 1 PRESENTATION GENERALE DU PROJET DE RECHERCHE

1.1 Présentation du sujet

Tout en interagissant avec son environnement, depuis sa création, l'homme a toujours voulu communiquer avec les autres. A ce propos, il fait usage du don de la parole que le Créateur de l'Univers et de l'homme, Jéhovah Dieu lui a offert. Il fait aussi appel aux signes, aux écrits ou à tout autre moyen pouvant transporter et véhiculer une information. Pour avoir un sens, l'information doit subir un certain traitement. Suivant son utilité, l'information fait l'objet d'une sauvegarde différentielle, variable suivant le degré de son utilité.

Depuis plus de deux décennies, les nouvelles techniques ou technologies de communication dont téléphone, internet, portable, etc., ont profondément transformés les relations interpersonnelles et modifiées les comportements sociaux culturels des pays et peuples. Certains y voient des effets pervers mettant à mal les véritables contacts humains alors que d'autres se réjouissent des effets et bienfaits que l'ère numérique apporte, étant à ce stade facteur incontournable de progrès et développement intégral.

Malgré ces avis et opinions divergents ou contrastes, ces nouvelles technologies ouvrent des possibilités extraordinaires. Elles réduisent entre autre les distances entre les acteurs, augmentent le rendement par accélération de la vitesse de réalisation des activités et exécution de taches, simplifient les procédures et renforce la valeur de l'information qui devient enfin de compte une ressource réelle capitalisable dotée d'une valeur propre selon son degré d'importance. Internet est un outil qui permet de réaliser interactivement un travail ou les distances et la localisation semblent être abolie.

Au sein des organisations et entreprises, les nouvelles technologies occupent une place de choix dans la gestion des flux informationnels et de ce fait jouent un rôle stratégique considérable dans le pilotage et l'organisation des entreprises et en particulier des banques.

Cependant, malgré l'omniprésence des nouvelles technologies dans les entreprises, certains acteurs ignorent la valeur d'un système d'information, son rôle et sa place. Notre travail se focalise sur la promotion de ce dernier en fin d'en montrer son aspect utilitaire dans le domaine pédagogique et formation interactive par simulation du fonctionnement d'un réseau d'institutions bancaires virtuelles. Ce qui constituera un tremplin, un cas de modèle et d'étude qui permettrait d'en concevoir un système complet déplorable et exploitable par des bénéficiaires et usagers du large public.

1.2 Objectifs du projet

Tout projet de recherche scientifique se doit d'avoir des objectifs. Ce présent projet comporte un objectif global et des objectifs spécifiques et qui ont déclinés ci-dessous.

1.2.1 Objectif global

L'objectif global est de fournir un outil didactique et pédagogique permettant la simulation informatique en temps réel des activités humaines courantes liées à l'usage des systèmes d'information des institutions bancaires et /ou financières.

1.2.2 Objectifs spécifiques

Les objectifs spécifiques découlent de l'objectif principal et visent résoudre la problématique relevée et formulée au point 1.3 . Ils consistent à :

1) Concevoir une application de simulation de mise en œuvre d'opérations bancaires courantes et pouvant créer ou générer différents acteurs participant dans les opérations d'une banque en fonction des besoins.
2) Créer d'une application de simulation des comptes bancaires.
3) Vérifier à tout moment au cours de l'animation l'état et les intentions des agents
4) Concevoir une application dotes d'outils ou instruments de gestion graphique interactif, existence de boutons « Play » et « Pause » pour assurer le contrôle du processus d'animation.
5) Sauvegarder la progression de l'animation pour une reprise ultérieure.
6) Créer un module de simulation de parcours des requêtes dans le réseau.
7) Créer des agents autonomes accomplissant les actions bancaires élémentaires.
8) Créer un module d'un système expert pour la simulation du processus d'octroi/rembourrement de crédits.
9) Visualiser les scenarios de fonctionnement en 3D

1.3 Problématique à résoudre

Le manque d'outil de simulation des variations de certains indices de performances suivant la configuration des systèmes d'information handicape la maitrise des flux de capitaux et actifs des tiers ainsi que la fluctuation de la monnaie sur un territoire délimité et délimitable.

L'entrée en vigueur du système d'enseignement BMD impose aux formateurs, pédagogues à tous les niveaux des approches nouvelles, des méthodes novatrices et d'outils modernes dans l'enseignement et transmission de connaissances et compétences et préconise un usage accru et intensif des TIC.

Dans le domaine financier et bancaire le nombre d'outils et supports d'étude, d'enseignement et de formation à base des NTIC étant très faible, la conception, le développement et la mise en œuvre d'un système évolutif automatisé multi-agents de gestion des institutions bancaires/ financières à usage pédagogique s'avère utile et opportun, du moins pour les acteurs du secteur. Par conséquent, le besoin d'un outil didactique permettant de visualiser les processus réalisation des activités de cette catégorie d'entreprises est d'actualité au regard de la conjoncture mondiale en matière d'enseignement et de formation à tous les niveaux et des besoins présents et futurs de tous les intervenants dans les secteurs bancaire, financier et pédagogique.

1.4 Solutions proposées

Les outils de simulation permettent de former du personnel dans les domaines où la sécurité est cruciale et la marge d'erreur est minime, la complexité et les coûts de formation sur les appareils réels sont élevés (CAE, 2010b). Ils peuvent prendre la forme de logiciels exécutés sur des ordinateurs grand public, de systèmes logiciels et matériels statiques pour quelques personnes ou habitacles dynamiques complets impliquant plusieurs dizaines d'opérateurs

A première vue, pour promouvoir l'importance d'un système d'information d'une entreprise, l'approche théorique serait adoptée en dépit de celle basée sur les expérimentations. Ce choix se fait en grande partie par précaution puisque les conséquences qu'engendrait une erreur de reconfiguration d'un matériel ou d'un logiciel lors des essais ou une erreur dans la prise de décision pour une banque sont désastreuses. Malheureusement, cette démarche théorique n'encourage pas un enseignement cognitif de recherche et d'expérimentation.

Par conséquent, pour répondre à cette problématique, nous proposons une solution exploitant une technique de simulation informatique, technique sûre, innovante et déjà de moindre coût. Dans le cadre de ce projet, cette approche consiste à concevoir et développer un simulateur modélisant et pouvant simuler un système d'information d'un réseau d'institutions bancaires permettant ainsi la compréhension de son rôle, sa place et son fonctionnement.

1) Conception d'une application multi-agents de simulation de réalisation d'opérations bancaires courantes.
2) Dotation de mécanismes interactifs au nouveau system pour garder un total contrôle de l'animation l'état et des intentions des agents
3) Instauration dans le nouveau système d'outils de génération automatique de rapports
4) Sauvegardes différentielles des animations pour des reprises ultérieures à volonté.
5) Développement de méthodes de simulation de parcours des requêtes dans le réseau.
6) Autonomisation des agents lors de l'exercice de leurs fonction et responsabilités dans l'institution

7) Mise en place d'un module d'un système d'aide déjà la prise de décision opérationnelle
8) Création d'outils de visualisation de scenarios de fonctionnement en 3D

1.5 Résultats attendus

1) Système CRM (Custom Ressources Management) automatisé multi-agents de gestion des opérations bancaires et financières fonctionnel est créé.
2) Connaissance et compréhension par les acteurs du secteur bancaire et financier de la place et le rôle des CRM dans la chaine de production de biens et services.
3) Un module de système automatisé évolutif de gestion des activités courantes lies aux services à la clientèle des institutions bancaires est relié.
4) Un outil didactique numérique de visualisation exploitable pour les élèves, les étudiants et les amateurs du secteur économique et administratif est créé.

1.6 Apport scientifique et technologique

Le développement de ce projet suppose l'utilisation de plusieurs techniques de programmation. L'utilisation des patrons de conception dont le fameux MVC pour mettre en place un logiciel robuste, évolutif et facilement maintenable, la fusion de plusieurs domaines de programmation dont la programmation orientée objet et la programmation orientée agent, l'utilisation de JavaFX, successeur de Swing en guise d'anticipation de l'évolution du système pour l'utilisation de 3D, en sont quelques exemples. Pour le rendu visuel. Ces différentes techniques de programmation utilisées lors du développement de ce système inspireront les nouveaux étudiants ou d'autres chercheurs. De plus, étant un logiciel conçu sur une base extensible et évolutive, de chercheurs potentiels pourront ajouter d'autres fonctionnalités et modules. Enfin, l'approche modulaire utilisée pour concevoir et implémente notre système peuvent être utilisés et réutilisés pour développer et réaliser d'autres systèmes analogues.

1.7 Délimitation du sujet et domaines d'application

1.7.1 Délimitation

La notion d'institution financière a un sens très large. Dans ce projet nous avons essayé de modéliser un « réseau bancaire ». Cependant, nous nous limitons à concevoir des agents modélisant des particuliers. Nous allons y intégrer un système informatique, tel qu'il est depuis l'avènement des nouvelles technologies dans les institutions financières. Aussi au cours de ce travail, nous allons omettre la gestion du volet économique d'une banque ou les marchés financiers.

Le système d'information est composé de front-end, middle-end et le back-end. Nous proposons de simuler quelques activités sur le front-end et le middle-end, et donc nous allons nous focaliser sur les activités de dépôt, de retrait, de création de compte, de virement direct et indirect, de commande de moyens de paiement, de demande de solde, et de demande de crédit.

1.7.2 Domaines d'application

Certains utilisateurs de systèmes d'information dans les entreprises ne se rendent pas compte de l'étendue et de la capacité qu'a un système d'information d'une entreprise. Ce simulateur est un logiciel destiné à promouvoir l'importance d'un système d'information. Toute personne ou organisation qui voudrait expliquer, tester ou simuler son système d'information pourra l'utiliser pour étayer le rôle du système d'information pour son entreprise.

1.8 Méthodologie de recherche et de travail

La mise en place d'un logiciel de simulation et de modélisation obéit à des règles et méthodes déterminées. C'est ainsi qu'une collecte de données et une analyse préliminaire doivent être faite avant de passer à la conception, l'implémentation, le déploiement et l'exploitation du système.

Pour collecter des informations nécessaires pour la conception et développement du système, la méthodologie utilisée est mixte. Elle comprend entre autre la consultation des archives, les entretiens avec les agents des institutions bancaires et la consultation des ouvrages et des sites web traitant le sujet ou le domaine. Pour la conception de ce système, nous nous servirons de la modélisation orientée objet à l'aide de UML [2] en utilisant l'outil Modelio [3] dans sa version gratuite.

Durant la phase de développement, l'outil utilisé est Eclipse qui est un environnement de développement intégré prenant en charge les langages comme Java, C++, CSS, PHP, HTML, JavaScript,...) dans sa version 8 et une plateforme intégrée JADE [4] (Java Agent DEvelopment Framework) qui facilite la création et la gestion des systèmes multi-agents.

L'application est réalisée en langage de programmation java. L'intelligence artificielle pour nos agents et les règles métiers utilisées lors des opérations bancaires sont développées respectivement en JESS [5] et DROOLS [6]. L'application sera déployée comme un fichier exécutable sous le plateforme ou système d'exploitation Windows

1.9 Outils mathématiques utilisés

La création d'un système impliquant la notion de simulation informatique n'est pas un domaine réservé uniquement aux informaticiens. Plusieurs étapes couvrant le domaine mathématique dont représenter, modéliser, approximer, calculer, simuler, etc. sont nécessaires à la mise en place d'un tel système et surtout pour lui garantir un niveau acceptable de fiabilité et robustesse. L'ultime étape est d'utiliser les outils ou appareils mathématiques afin de résoudre de manière efficace, efficiente et précise les problèmes qui relèvent du domaine informatique. Pour cette raison, nous avons choisi d'utiliser les outils mathématiques variés comme les procédures et fonctions récursives, les algorithmes de parcours de graphes, les algorithmes de synchronisation de processus parallèles et/ou répartis dont les sémaphores, les piles et files d'attente ainsi que la théorie des automates programmables ou non.

CHAPITRE 2 BREF APERCU SUR LES INSTITUTIONS BANCAIRES ET FINANCIERES

Le secteur financier est un secteur économique qui regroupe toutes les activités qui se rapportent à la finance. Il comprend en particulier le secteur bancaire et celui de l'assurance au point d'être parfois désigné par « Secteur Banque Assurance ». Ce secteur est présent dans tous les pays du monde. Les acteurs de ce secteur exercent tous les métiers des établissements de crédit. Le plus connu, par le grand public, de ces métiers est celui de banque de détail, qui consiste d'une part à garder en dépôt l'épargne des particuliers et d'autre part à prêter de l'argent à ces mêmes particuliers. [7]

2.1 Généralités sur les institutions bancaires et financières

Le financement des activités économiques fait appel à plusieurs institutions. Par ailleurs, ces institutions ont, chacune, leur mécanisme. Le financement des activités économiques relève de plusieurs structures appelées « institutions de financement ». Il s'agit des entreprises dont le rôle exclusif et primordial est de recevoir le dépôt du public et d'octroyer des crédits. Autrement dit, ce sont des entreprises dont l'activité principale est la centralisation des ressources disponibles pour le financement de l'économie.

Les institutions financières bancaires sont des organismes dont le rôle principal consiste à recevoir les dépôts du public et d'octroyer des crédits. A ce titre, elles sont au cœur de la création monétaire. Elles sont constituées des banques dites secondaires, classées selon un critère de spécialisation. Ainsi, on a les banques de dépôts, les banques commerciales, les banques d'affaires, les banques de développement, les banques d'investissement…

Les institutions financières bancaires sont très proches des ménages et des entreprises. Elles sont donc qualifiées d'institutions créatrices, par excellence, de monnaie. Elles ont pour rôle d'escompter (de monétiser) les effets. Dans le lot des institutions financières bancaires, figure aussi la banque centrale : c'est la banque-mère. Elle veille au bon fonctionnement de tout le système bancaire et refinance les autres banques en monnaie fiduciaire, en contrepartie des effets commerciaux proposés par les autres banques, avec les garanties qui en découlent. La banque centrale organise les règlements, par compensation, entre les autres banques. Elle est aussi la banque de l'Etat (ou du groupement d'Etats) et intervient dans la résolution des problèmes liés à la trésorerie nationale, par le procédé des concours directs et indirects. Autrement, la Banque Centrale octroie des crédits à l'Etat sous forme de prêts ou d'avances au Trésor Public qui exécute le budget national. Elle est, par ailleurs, la banque d'émission, habilitée à fabriquer la monnaie (billets de banque et pièces) en circulation. Cependant, elle privilégie l'émission de la monnaie fiduciaire au profit des systèmes nationaux. Elle assure la valeur de la monnaie à l'intérieur comme à l'extérieur (taux de change), tout en étant l'agent exécutif de la politique monétaire définie par les dirigeants nationaux.

2.2 Monnaie et système bancaire

Le système bancaire est constitué des banques commerciales, de la Banque Centrale et, dans une moindre mesure, du Trésor Public, pour le système national.

Quant au financement de l'économie, il s'effectue de plusieurs manières. Primo, il peut avoir financement de l'économie à travers l'autofinancement. Il consiste, comme l'indique son nom, à ne faire appel qu'à des ressources financières internes, face à des besoins précis. Secundo, Il y a le marché des capitaux qui est constitué, d'une part, du marché financier ou boursier qui est le marché des capitaux à moyen et à long terme et est subdivisé en un marché primaire où se négocient les actions et les obligations, et en un marché secondaire où sont revendus les titres. D'autre part, il y a aussi le marché monétaire qui est celui des marchés à court terme. [8] La monnaie est tout ce qui, dans une société donnée, est accepté comme instrument d'échange. Par le passé, les objets les plus variés ont servi de monnaie, par exemple le bétail, le sel, des coquillages, des perles, des bagues en cuivre et même des tablettes de thé séché. Il existe encore à l'heure actuelle des sociétés primitives qui acceptent les marchandises comme monnaie d'échange appelé communément troc. Nous connaissons principalement l'argent sous la forme de pièces de monnaie, de billets de banque, de chèque ou de cartes électroniques. Actuellement, on distingue la monnaie métallique, monnaie fiduciaire et la monnaie scripturale. En pratique, la monnaie remplit trois fonctions principales, d'abord comme moyen ou instrument d'échange, ensuite comme étalon de valeur et enfin comme instrument d'épargne.

2.3 Banque comme institution de valorisation de la monnaie et titres financiers

Une banque est une entreprise qui gère les dépôts et collecte l'épargne des clients, accorde des prêts et offre des services financiers.

Elle effectue cette activité en général grâce à un réseau d'agences. Elle utilise de plus en plus d'autres canaux de distribution : opérations par Internet, accords avec les commerçants pour le crédit à la consommation et le paiement par carte, guichets automatiques dans des lieux publics, publipostage, centres d'appel…

Cette institution financière doit posséder une licence pour pouvoir exercer, laquelle est délivrée par un État et validée par des institutions spécifiques.

2.3.1 Origine

Le mot banque apparaît dans la langue française au XV^{ème} siècle. Les banquiers lombards du nord de l'Italie accomplissaient leur travail dans des lieux ouverts et s'installaient sur des bancs, d'où dérive probablement le nom. Les trésoriers du Temple ont disparu avec lui ; d'autres, tels les Médicis, ouvrent des établissements bancaires dans les grandes villes,

qui agissent en ambassades, et même deviennent les financiers des souverains. L'activité de changeur de monnaie s'était développée face à la prolifération des devises au sortir du bas Moyen Âge. Les princes d'Europe ont besoin de ces devises autant que d'épices orientales pour financer les États et les conflits incessants. Se produit alors, avec l'essor du commerce pratiqué par les républiques maritimes italiennes, l'ouverture de sociétés commerciales dépassant les comptoirs : la première bourse voit le jour à Bruges, son nom vient de la famille Van der Buerse. [9]

Enfin, l'activité de crédit, jusqu'alors exercée par la communauté juive compte tenu de la prohibition évoquée ci-dessus, cesse d'être tenue par elle seule. Les Églises ouvrent des monts de piété permettant aux miséreux de convertir leurs biens en espèces sonnantes et trébuchantes.

De la convergence de ces trois activités financières est né le monde contemporain de la banque, par concentrations successives.

2.3.2 Rôles

Les banques, non seulement exercent le « commerce de l'argent », mais sont également les organismes qui produisent de la monnaie. Selon l'adage « les crédits font les dépôts », tout crédit accordé par une banque augmente la masse monétaire en créant un dépôt bancaire (monnaie scripturale) de montant équivalent, et tout crédit remboursé réduit la monnaie en circulation.

Les banques jouent un rôle économique très important dans les sociétés capitalistes. Elles contribuent (de même que les marchés financiers) à orienter l'argent de ceux qui en ont momentanément trop vers ceux qui en ont besoin et présentent des garanties suffisantes. Elles ont un grand rôle dans la sélection des projets en fonction de leurs perspectives économiques. Leur rôle peut être comparé à celui du cœur dans un corps humain qui distribue le sang riche en oxygène vers les organes.

Elément clé de l'économie d'un pays, chaque banque est soumis à une supervision assez stricte par une autorité de tutelle. Cela vise à vérifier la solidité de l'établissement financier par rapport aux risques de crédit, de marché, de liquidité et opérationnel auxquels ses opérations l'exposent. Etant donné les relations financières qu'entretiennent les banques au sein du système bancaire, la faillite d'une banque peut entraîner par effet de dominos, celles d'autres banques, qui, faute d'avoir été remboursées par la banque défaillante, seraient à leur tour incapables de faire face à leurs engagements. Ce scénario catastrophe pour le système bancaire, aussi appelé risque systémique, entraînerait une contraction immédiate des crédits et une entrée en crise économique du pays faute de financements. Le régulateur oblige donc à respecter certains ratios financiers afin de limiter ce risque.

2.3.3 Types de banques

L'ensemble des banques, chapeauté par la banque centrale, forme le système bancaire d'une zone monétaire. On distingue une variété de banques selon le rôle que chacune d'elle joue.

La banque centrale, comme la Banque de France ou la Banque centrale européenne par exemple, a pour rôle : de réglementer et superviser les opérations des différentes banques, en veillant notamment à leur solvabilité à l'égard des déposants, et en particulier de superviser la production de monnaie par ces banques, et d'en réguler l'usage par le biais des taux d'intérêt directeurs. La théorie économique y voit un moyen de réguler la croissance, via l'incitation à l'épargne ou à la consommation, et d'agir sur l'inflation.

Les banques de dépôt travaillent essentiellement avec leurs clients, particuliers, professionnels et entreprises, reçoivent des dépôts, accordent des prêts et sont traditionnellement séparées entre : **banques de détail**, destinées aux particuliers, aux professionnels et aux PME et banques d'affaires, destinées aux moyennes et grandes entreprises mais il s'agit là souvent de deux départements de la même banque ; Une représentation synthétique d'une typologie des différents types de banques se trouve à la Figure 1 [10]

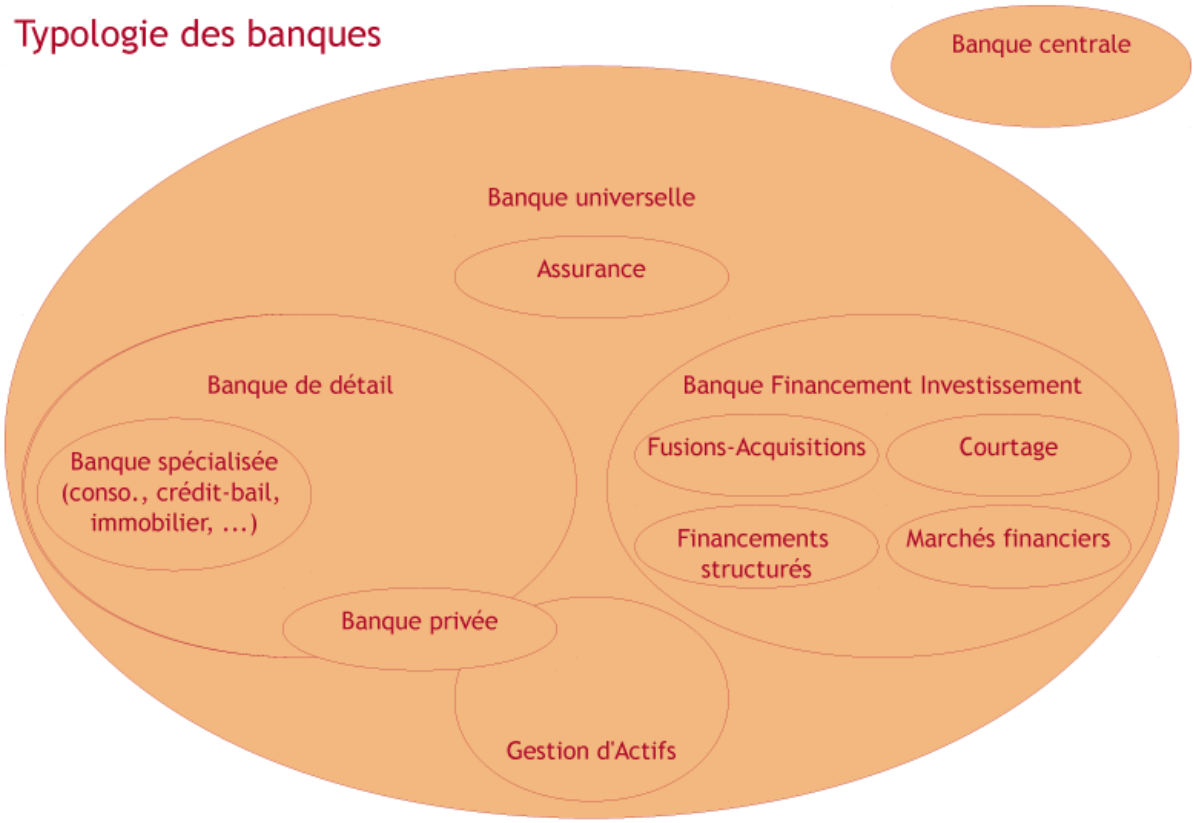


Figure 1 : Typologie des banques

Les banques d'investissement travaillent essentiellement sur les marchés financiers. De plus en plus, les banques de détail et d'investissement sont de simples filiales de groupes bancaires diversifiés, qui souvent s'occupent aussi d'assurance et d'autres activités financières. Fréquemment, ceux-ci rattachent à la filiale banque d'investissement les activités dites de banque d'affaires.

Le chiffre d'affaires des banques, appelé produit net bancaire, provient des charges financières sur les opérations, des commissions sur les services financiers, des intérêts perçus en plaçant et prêtant l'argent déposé par leurs clients.

2.3.4 Autorités de régulation

Les établissements financiers sont soumis à l'autorité de différents organismes de tutelle et de régulation, selon les pays et les réglementations. En dehors des banques centrales déjà citées plus haut, on peut relever IOSCO ou OICV qui regroupe les autorités de marché la BRI, Banque des règlements internationaux qui est « la banque centrale des banques centrales ».

2.3.5 Financement

Les banques permettent aux particuliers de financer leurs projets en leur octroyant des prêts, soit immobiliers soit à la consommation. Cette distinction dépend à la fois de l'objet (du bien financé), du montant et de la durée.

Dans divers pays dont la France, la loi protège le consommateur en obligeant par exemple la banque à faire figurer des mentions légales en lui laissant un délai de rétractation, ou en fixant un plafond d'endettement bloquant tout recours supplémentaire au crédit, et qu'il est de la responsabilité de la banque de vérifier avant tout accord de prêt. Dans d'autres cas, le but du prêt n'est pas directement de financer un objet mais plutôt des besoins de trésorerie. Le prêt prend alors très souvent la forme d'un crédit revolving, cas des découverts uniquement et non des crédits avec prise ferme.

2.3.6 Épargne

Les clients peuvent placer leurs liquidités et économies sur différents comptes et plans, notamment, le compte courant traditionnellement appelé « compte chèques », qui servent de pivot aux mouvements de fonds du client. Le livret épargne, encore nommé compte d'épargne ou encore livret bancaire, permet d'avoir un capital rémunéré, selon un taux annuel fixé par la banque auprès de laquelle le livret est ouvert, ou bien directement par l'État, ainsi que le compte rémunéré qui est une variante du compte courant bénéficiant de versement d'intérêts calculés.

2.3.7 Moyens de paiement

La banque délivre des moyens de paiement à ses clients notamment à travers les versements et retraits d'espèces à ses guichets, la délivrance de carnets de chèque, des cartes de paiement, des devises étrangères et des titres de voyage, échangeables gratuitement auprès d'un choix étendu de banques internationales, émis en monnaie nationale ou en devises, et bénéficiant d'une assurance sur le titre.

Elle peut aussi effectuer et recevoir des virements isolés ou périodiques entre comptes du même titulaire ou d'autres tiers (par ex. : domiciliation de salaire, paiement de factures d'électricité, abonnements divers…), au moyen d'un relevé d'identité bancaire comportant l'identification de la banque, du compte et les noms et adresses de son titulaire, au plan national (numéros RIB, RIP…) ou international (numéro IBAN en Europe).

Elle peut aussi effectuer paiements et transferts de comptes en ligne (Internet, téléphone…) au moyen de codes d'accès. Elle offre enfin des services divers comme l'accès à des coffres, la souscription et la conservation de titres, le passage d'ordres de bourse, etc. Elle peut également commercialiser des contrats d'assurance.

2.3.8 Services aux entreprises

Beaucoup de services offerts aux entreprises sont similaires à ceux offerts aux particuliers, tels que les financements et les services de paiement et de placement mais avec des différences de montants, de nombre d'opérations et de complexité. En somme, L'activité principale des banques consiste à jouer les intermédiaires entre ceux qui ont de l'argent et qui ne s'en servent pas tout de suite et ceux qui ont besoin d'argent et qui n'en ont pas.

2.3.9 Agence bancaire

À la différence des services du siège de la banque, une agence bancaire est un lieu ouvert au public permettant aux clients de procéder à des opérations bancaires : crédits, épargne ou paiements. Son rôle s'amenuise sous le double effet de la montée en puissance du commerce numérique, ainsi que de l'intermédiation bancaire.

L'agence bancaire est certainement très ancienne. Les banquiers médiévaux s'installaient sur les lieux de commerce ou les champs de foire pour pratiquer les opérations de banque. Ces opérations sont assurées auprès des guichetiers et des conseillers de clientèle. Selon les établissements et les organisations, les appellations en usage peuvent varier : chargés de clientèle, conseillers commerciaux, exploitants, etc.

Le développement des transactions par réseaux télématiques, des distributeurs de billets et plus généralement ce qu'on appelle la banque à distance, amène à diminuer les effectifs de

caissiers et rend les guichetiers polyvalents. C'est ainsi qu'au niveau des locaux, l'installation des machines self-service, et d'espaces d'entretiens-clients (banque assise) conduit progressivement à la disparition des "guichets" ou comptoirs"

Les agences les plus importantes comprennent un back office, ou plus précisément un middle office, traitant diverses opérations administratives, mais la tendance est de rendre disponible le maximum de personnel pour rester au contact du client (front office).

L'agence est placée sous l'autorité d'un directeur d'agence, lui-même dépendant d'un directeur de réseau d'agences (régions, etc.) ou d'un Directeur de marché. Les agences importantes peuvent avoir des antennes localement décentralisées, permanentes ou temporaires, n'assurant que les services courants. Une organisation par "groupes d'agences" avec une agence principale et des agences secondaires peut aussi être mise en place.

2.4 Banque de détail

Une banque de détail (ou banque de réseau, ou encore banque commerciale, retail banking en anglais) est une banque qui exerce une activité de crédit et d'offre de produits de placements auprès de clientèles individuelles : particuliers, professions libérales, entreprises de petite taille (commerçants, artisans...) ou de taille moyenne (PME, PMI), collectivités locales et associations, par opposition aux banques travaillant auprès des grandes entreprises, au contact des autres banques et sur les marchés financiers. Les banques de détail se distinguent des banques d'investissement, des banques d'affaires ou encore des banques de dépôt.

2.4.1 Caractéristiques

Une banque de détail est une entreprise de distribution de services bancaires (collecte de dépôts, octroi de crédit, tenue de comptes, mise à disposition de moyens d'échanges monétaires, etc.) auprès de sa clientèle constituée de tous les agents économiques (particuliers, artisans, commerçants, entreprises, associations, collectivités locales, administrations). Certains agents cependant, comme les entreprises les plus grandes, peuvent par exemple accéder directement aux marchés financiers pour emprunter et donc se passer des banques de détail pour la satisfaction d'une partie de leurs besoins.

La banque de détail distribue ses produits et services via un réseau d'agences physiques disséminées sur un territoire régional ou national. Cependant, le développement des télécommunications et de l'internet permet de dématérialiser une partie grandissante des échanges entre la banque et le client.

Ces produits ou services peuvent être ceux d'entreprises tierces : un réseau de carte de paiement nationale ou internationale, l'investissement dans un véhicule collectif géré par

une société d'asset management, le financement d'une flotte de véhicules via une entreprise de location longue durée, etc.

En France, les banques de détails sont généralement un segment des banques universelles. Les banques de détail peuvent être des sociétés par actions (par exemple : Société générale, BNP Paribas) ou des sociétés mutualistes (Crédit agricole, Crédit mutuel)

L'organisation des banques de détail suppose un siège où sont gérées certaines fonctions centrales et de multiples agences parfois regroupées dans une direction locale qui sont au contact de la clientèle.

2.4.2 Fonctions de la banque de détail

La banque de détail a pour vocation de prodiguer aux agents économiques les moyens monétaires et financiers visant à assurer leurs activités. Cette fonction principale se décline en de multiples fonctions. Les agents économiques, pour des raisons pratiques dues à la multiplication des échanges, préfèrent utiliser de la monnaie scripturale plutôt que de la monnaie fiduciaire. Les banques de détail reçoivent cette monnaie pour le compte de leurs clients.

La banque de détail qui a reçu cette monnaie de l'un de ses clients va inscrire cette créance du client sur elle dans un compte, et va agréger sur ce compte toutes les opérations de collecte ou de restitution de monnaie pour ce client. Les comptes peuvent aussi concerner d'autres actifs financiers non monétaires : les titres (actions ou obligations, principalement). La banque va périodiquement informer ses clients des mouvements qui affectent ce compte dans une période et du solde constaté à la fin de cette période. La banque de détail assure la logistique des échanges.

Un agent économique qui ne peut se financer directement sur les marchés financiers s'adresse à une banque qui, en fonction de la destination des sommes empruntées, de la capacité probable de remboursement du client et de son profil de risque, va lui octroyer ou non un crédit bancaire. Certains types d'engagements comme les cautions relèvent de la même fonction; La banque de détail peut aussi distribuer des crédits émis par d'autres établissements spécialisés (généralement appartenant au même groupe bancaire) dans certains types de financement (par exemple l'affacturage, le crédit-bail automobile ou industriel, etc.). La banque de détail propose à ses clients des produits permettant de rémunérer leurs excédents de liquidités en les investissant.

La banque de détail met à la disposition des clients des coffre-fort situés dans des locaux sécurisés où les clients peuvent stocker des objets présentant pour eux une valeur.

CHAPITRE 3 SYSTEME D'INFORMATION DES INSTITUTION BANCAIRES ET FINANCIERES

Le cycle économique d'une entreprise peut être perturbé à tous les stades de son déroulement. Plus les blocages, les lenteurs, les anomalies vont se développer et plus la mécanique générale du cycle va se ralentir, voire même s'arrêter. Ces blocages ou ralentissements peuvent être d'origines variées et diversifiées. Il convient donc, pour le gestionnaire, de savoir d'abord ce qui peut constituer des points de fixation ou de trouble dans son cycle et ensuite d'organiser les moyens pour être informé en permanence sur l'état de ces points de fixation potentielle. En bref, il s'agit de prévoir un réseau complet de canaux de communication entre chacun de ces points et le gestionnaire, réseau qui constitue le système d'information de l'entreprise.

L'entreprise corps actif complexe, dispose d'un système de communication d'informations qui comporte des instruments de collecte, de diffusion et de traitement. Le système d'information est relié à tous les organes de l'entreprise. Quand un organe est isolé, coupé du reste de l'entreprise, il cesse de fonctionner utilement. Le système d'information de l'entreprise, s'il couvre son fonctionnement opérationnel interne, nécessite également d'être branché vers l'extérieur.

On ne peut jamais dissocier l'entreprise de son cadre. En effet, sa vie est conditionnée de manière essentielle par un cadre juridique, administratif et pratique.

Elle est soumise aux conditions physiques de son environnement et aux particularités des économies locales, nationales et internationales. Elle est tributaire des conditions du marché, de la concurrence, des disponibilités et de l'adéquation de la main d'œuvre. Elle vit en étroite liaison avec d'autres entreprises : clients, sous-traitants, fournisseurs, banquiers… Elle n'existe que parce qu'elle fait partie d'un tout.

Le système d'information qui conduit à mettre à la disposition du gestionnaire les éléments utiles à sa prise de décision doit donc intégrer toutes ces relations et permettre, par sa structure, d'être porteur des informations nécessaires à la bonne et saine relation avec le milieu extérieur.

En bref, le système d'information d'une entreprise est un réseau complexe de relations structurées où interviennent des hommes, des machines et des procédures, qui a pour objet d'engendrer des flux ordonnés d'informations pertinentes, provenant de sources internes et externes à l'entreprise et destinées à servir de base aux décisions

3.1 Historique

Historiquement, les systèmes d'information ont débuté avec les outils de gestion. Il était alors question de « robotiser, à l'aide de l'informatique, des tâches difficiles et répétitives liées au traitement des données, afin de gagner en rapidité et fiabilité' ».

Cette informatisation a offert de nouvelles possibilités, et a induit une nécessaire réorganisation des tâches humaines ainsi qu'une organisation du processus informationnel. L'informatisation d'une activité humaine devenait donc plus qu'une simple robotisation ou automatisation d'une tâche ; elle faisait appel à une prise en compte globale de l'information, des traitements, de l'organisation et des aspects humains de l'activité.

Afin de prendre en compte cette globalité, la notion de système d'information (SI) est apparue. Elle peut cependant fortement varier suivant les disciplines (informatique, organisation, management, etc.) qui la travaillent.

Un SI est une construction formée d'informations, de traitements, de règles d'organisation et de ressources humaines et techniques. Les ensembles d'informations sont des représentations partielles de faits qui intéressent l'institution, l'organisation ou l'entreprise. Les traitements constituent des procèdes d'acquisitions, de mémorisation, de transformation, de recherche, de présentation et de communication d'informations. Les règles d'organisation régissent l'exécution de traitements informationnels. Les ressources humaines et techniques sont ce qui est requis pour le fonctionnement du SI.

Les systèmes d'information sont formés à partir de représentations partielles de la réalité (informations, traitements, règles) qui sont mises en œuvre dans un espace informatique réalisé grâce à des ressources techniques (ordinateur, réseaux, etc.). Leur fonctionnement n'est cependant possible que grâce à des acteurs humains qui sont en interaction avec le SI.

Pour définir la notion de système d'information, on discute d'abord la relation entre données, information et connaissance et ensuite les types de systèmes d'information.

3.2 Flux d'informations de l'entreprise

On distingue quelques grands flux d'information qui relient chaque activité du cycle d'exploitation au « dispatching » central de contrôle. On distingue les flux de vente, d'achat, de production et de personnel.

Ces quatre flux couvrent toute la base du cycle économique et sont porteurs des informations qui permettront de juger de la bonne santé de celui-ci.

3.3 Stratégie des systèmes d'information

Le contenu de la stratégie des systèmes d'information découle des réponses apportées à la question « pourquoi et du comment »

Depuis 1985, s'est développée une révolution conceptuelle dans la façon d'envisager le rôle des technologies de l'information. Selon cette nouvelle perspective, les technologies de l'information ne sont plus considérées seulement comme un support du fonctionnement de l'organisation mais aussi et surtout comme une ressource stratégique capable de conférer à l'entreprise un avantage concurrentiel durable. De même, l'analyse de nombreux cas confirme que beaucoup d'entreprises ont réussi à améliorer fortement et durablement leur performance grâce à des choix pertinents relatifs à l'application des TI. Cependant, l'observation des expériences, passées et actuelles, montre que le succès n'est pas garanti, que le risque d'échec existe et qu'il est donc indispensable de bien comprendre comment les TI peuvent affecter positivement la création de valeur par l'entreprise en liaison avec la définition de sa position stratégique.

Le développement d'applications spécifiques constitue la base d'un avantage compétitif dès lors qu'il est susceptible d'agir sur la dynamique des forces concurrentielles ; ainsi, implanter des systèmes d'information novateurs

La référence à ce modèle bien connu de la dynamique des forces concurrentielles [11] peut constituer la base d'un questionnement systématique sur l'intérêt de développer de nouvelles applications pour aboutir à la formation d'un avantage concurrentiel durable. Bien entendu, il importe ensuite d'estimer quel peut être l'impact de ces applications sur la chaîne de valeur de l'entreprise, tant pour ce qui concerne les activités de soutien (infrastructure, gestion des ressources humaines, développement technologique, approvisionnement général) que les activités principales (logistique amont, production, logistique aval, marketing et service après-vente). La modification du positionnement stratégique envisagée n'a de sens que si elle peut aboutir à une amélioration de la création de valeur dont une partie doit pouvoir être conservée par l'entreprise sous forme de profit.

En définitive, les systèmes d'information bien conçus peuvent améliorer la création de valeur de chaque activité et la façon d'exploiter les liens entre activités à la fois à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise. L'apport des systèmes d'information à cette stratégie de mouvement peut s'opérer selon que technologies de l'information sont un support de certaines formes de flexibilité stratégique en améliorant les possibilités de reconfiguration des activités dans des réseaux de partenariat. Le développement de logiciels de coopération entre organisations (supply chain management, échange de données informatisé, extranet…) permet de réduire les coûts de la coordination interorganisationnelle (coûts de transaction) et favorise l'externalisation des activités vers des partenaires multiples. L'émergence d'entreprises étendues voire « virtuelles » confirme l'intérêt de concilier,

grâce aux technologies de l'information, les avantages de la spécialisation (chaque partenaire se concentre sur ses compétences distinctives et ceux de la coopération (souplesse apportée par la possibilité de changement de partenaires); ou que les technologies de l'information sont des ressources permettant le développement de capacités spécifiques. En combinant, de manière originale, des ressources en TI et des ressources humaines et financières dans des processus organisés (les routines), l'entreprise constitue des capacités particulières (capacité à répondre à un appel d'offres, capacité de livrer en 48 heures…) grâce à l'émergence de compétences produites par un apprentissage situé.

Par exemple, Dell Computers a développé la capacité spécifique de construire directement les produits à partir de la demande du client et celle de concevoir un marketing ciblé, en temps réel, au fur et à mesure de l'arrivée des commandes. Les connaissances, partiellement tacites, qui se développent ainsi lors de l'utilisation d'applications nouvelles des TI sont difficilement imitables et se modifient en permanence. Ce double caractère, non explicite et évolutif, est une condition essentielle de la durabilité des avantages acquis;

Les technologies de l'information sont une plateforme pour l'agilité stratégique. L'agilité traduit la capacité de détecter puis de saisir les opportunités en assemblant les actifs nécessaires, les connaissances et les relations requises dans des délais limités. Cette agilité doit s'appliquer aux clients, aux partenaires et aux opérations internes. En intégrant les TI avec les autres ressources dans les processus clés (relation client, fabrication, approvisionnement…), en séparant les activités physiques et les activités informationnelles (déconstruction de la chaîne de valeur), l'entreprise développe une plate-forme numérisée (digitized platform*)*,ensemble de processus, de connaissances, imbriqués dans des systèmes d'information, qui lui permet de s'adapter aux modifications de l'environnement par des réactions rapides et cohérentes (promotion de l'innovation vers les clients, mobilisation accrue des partenaires, efficience plus grande des processus internes). Les TI parce qu'elles constituent la base de compétences spécifiques, sans cesse actualisées, sont une source d'options stratégiques, qui confèrent ainsi à l'entreprise la possibilité de saisir et d'exploiter, dans le futur, un plus grand nombre d'opportunités que ses concurrents. Ces options étendues reposent d'abord sur une maîtrise de processus informatisés, internes et externes, ré-assemblables sous des formes variées ; par exemple, e-Bay combine processus de commande, processus de paiement, processus d'expédition dans son système d'intermédiation mobilisant différents partenaires. Elles reposent également sur l'existence de systèmes de gestion de connaissances évolués permettant la capitalisation et le partage des expériences multiples acquises en différents points de l'organisation.

Grâce à ce double capital évolutif de processus et de connaissances, l'entreprise accroît le répertoire de ses réponses potentielles, c'est-à-dire le nombre et la complexité des actions qu'elle peut entreprendre dans un intervalle de temps limité. Bien entendu, les visions en termes d'avantage concurrentiel ou d'agilité stratégique ne s'opposent pas mais se

complètent. L'apport potentiel des TI est double : améliorer le positionnement stratégique d'une part, accroître l'aptitude au changement d'autre part. C'est en multipliant les perspectives d'analyse que l'entreprise, au cours des phases d'exploration, peut plus facilement détecter les opportunités à saisir et les changements à opérer pour développer des applications créatrices de valeur.

La définition des applications à construire, à partir de leurs objectifs, constitue le premier élément de la stratégie systèmes d'information. La mise en œuvre de ces applications (comme le fonctionnement des applications existantes) exige la mobilisation des moyens matériels, logiciels, humains… nécessaires. Cette gestion des ressources doit assurer, en permanence, la disponibilité de l'ensemble des composants à intégrer.

L'infrastructure technologique est la base de la capacité TI. Elle inclut des éléments matériels (serveurs, réseaux…), logiciels (de service et d'application), immatériels (connaissances techniques appliquées aux matériels et logiciels et aussi connaissances managériales). La capacité TI, délivrée par cette infrastructure technologique correspond à un ensemble de services généraux, partageables par l'ensemble des applications.

Ces services incluent, plus particulièrement : la gestion des réseaux de communication (internes et externes), la fourniture des puissances de traitement nécessaires, les possibilités d'utilisation des bases de données partageables, la gestion des logiciels de base, la gestion des standards, les méthodologies de conception et de développement d'applications, la veille technologique dans le domaine des TI…

Pour fournir ces services, les responsables de la capacité TI utilisent les différents composants de l'infrastructure technique (serveurs, réseaux et logiciels associés) et mobilisent les compétences de spécialistes. Le ciment qui relie tous ces composants pour produire les services demandés correspond au corps des connaissances incorporées dans la ressource humaine. La capacité TI apparaît donc comme une ressource.

Ces compétences spécifiques sont issues du processus d'appropriation de la technologie : au cours de ce processus émergent de construction, l'utilisateur intègre, à des degrés divers, le recours à l'outil (matériel et logiciel) dans son mode opératoire ; il peut, seul ou en collaboration avec d'autres utilisateurs, faire évoluer ce mode opératoire en fonction des propriétés de l'outil qu'il découvre par un usage répété dans les tâches constitutives de son métier. Cet apprentissage individuel se combine avec un apprentissage collectif aboutissant à l'émergence de nouvelles compétences collectives liées, en particulier au développement de capacités relationnelles dans l'entreprise et entre entreprises.

Ces compétences particulières, qui combinent savoirs du métier, savoirs de management et maîtrise des TI dans des formules parfaitement contingentes, n'apparaissent pas de manière complètement spontanée : leur qualité dépend de la qualité et de l'intensité de

l'apprentissage individuel et collectif. Par conséquent, au même titre que le portefeuille d'applications et que l'infrastructure, la compétence utilisateurs constitue un objet de gestion stratégique des SI, une ressource à maintenir et à développer.

Ce développement découle de la combinaison de deux modalités d'apprentissage:

- Un apprentissage formalisé, incorporé dans des logiciels: ces derniers correspondent à des « réservoirs » de connaissances nouvelles, souvent inspirées des meilleures pratiques du domaine. Cette forme est parfaitement contrôlable mais peut parfois ne pas traduire parfaitement les exigences spécifiques du contexte ni répondre immédiatement à l'évolution des besoins;
- Un apprentissage par expérimentation où l'utilisateur apprend, par essais-erreurs, improvisation… dans ses interactions avec la technologie et les autres acteurs. Cette forme est liée directement à l'utilisation autonome de la technologie (qui doit offrir une certaine flexibilité interprétative) et dépend donc étroitement de l'attitude et de la motivation des utilisateurs.

La gestion stratégique de la ressource peut alors être orientée selon trois directions complémentaires dont la première est la création d'un climat général favorable à l'utilisation des TI, la deuxième étant l'action sur le niveau de connaissances et sur les attitudes individuelles par la formation et enfin la troisième la stimulation de la créativité des utilisateurs, non seulement pendant la phase de conception des applications mais également pendant l'utilisation. [12]

Même si une partie importante de son développement se réalise lors de la construction des systèmes d'information, la compétence des utilisateurs, leur capacité à exploiter les ressources potentielles des TI apparaît bien désormais comme une ressource distinctive fondamentale (durable, peu imitable) et donc un élément majeur de la gestion stratégique des systèmes d'information. [12]

En conclusion, la définition de la stratégie conduit donc, d'une part au choix des activités, c'est-à-dire à la proposition d'un portefeuille d'applications et d'autre part au choix des moyens donc à la proposition de développement des ressources fondamentales que sont l'infrastructure et les compétences utilisateurs. Mais « le véritable objectif doit être de construire une structure organisationnelle (avec les ressources adéquates) et des processus internes, convenablement définis, qui reflètent à la fois la stratégie de l'organisation et les possibilités des technologies de l'information que cette organisation a choisi de développer ». Émerge donc un impératif de cohérence dans la construction des choix. C'est cet impératif de cohérence qui constitue le problème majeur du processus d'élaboration de la stratégie.

3.4 Modèle de l'alignement stratégique

Dans les environnements de marché contemporains qui cumulent à des degrés inconnus imprévisibilité et rapidité d'évolution… la définition classique de Porter « la stratégie est une affaire de différenciation et de positionnement » ; doit faire aujourd'hui plus de place à la créativité.

Copier est difficile et dangereux. Mieux vaut créer, faire différemment ou faire les mêmes choses mais différemment.

La problématique de l'alignement (mise en cohérence) consiste alors à rechercher la cohérence des choix relatifs à quatre domaines (Figure 2):

- Celui de la stratégie d'affaires : positionnement de l'entreprise en termes de produits-marchés, définition des compétences distinctives et des métiers, construction des réseaux d'affaires (partenariats, alliances…);
- Celui de la conception de l'organisation qui recouvre le choix d'une structure administrative (découpage en unités, hiérarchie, spécialisation, centralisation…) et la définition des processus d'affaires (développement de produits, gestion de la relation client, gestion de la qualité, logistique d'approvisionnement, etc.);
- Celui de la stratégie des technologies de l'information correspondant au positionnement de l'entreprise par rapport au marché (amont) des technologies de l'information. Ce domaine, à orientation externe, recouvre trois ensembles de choix: l'étendue du domaine technologique (quelles sont les technologies accessibles présentant un intérêt pour l'entreprise? leur portée et leur richesse potentielle de services?), les compétences requises pour assurer une utilisation satisfaisante (fiabilité, rapport performance- coût, flexibilité,…), les mécanismes de gouvernance pour la sélection et l'usage des technologies envisagées (alliances, externalisation, licences d'exploitation…);
- Celui des systèmes d'information, à orientation interne, recouvrant les choix d'architecture (le portefeuille d'applications et l'infrastructure technologique : matériels, logiciels, données), la définition des processus de développement, de maintenance et de contrôle des systèmes en place, l'acquisition, le maintien et le développement des compétences et connaissances indispensables pour la mise en œuvre et l'utilisation des SI développés.

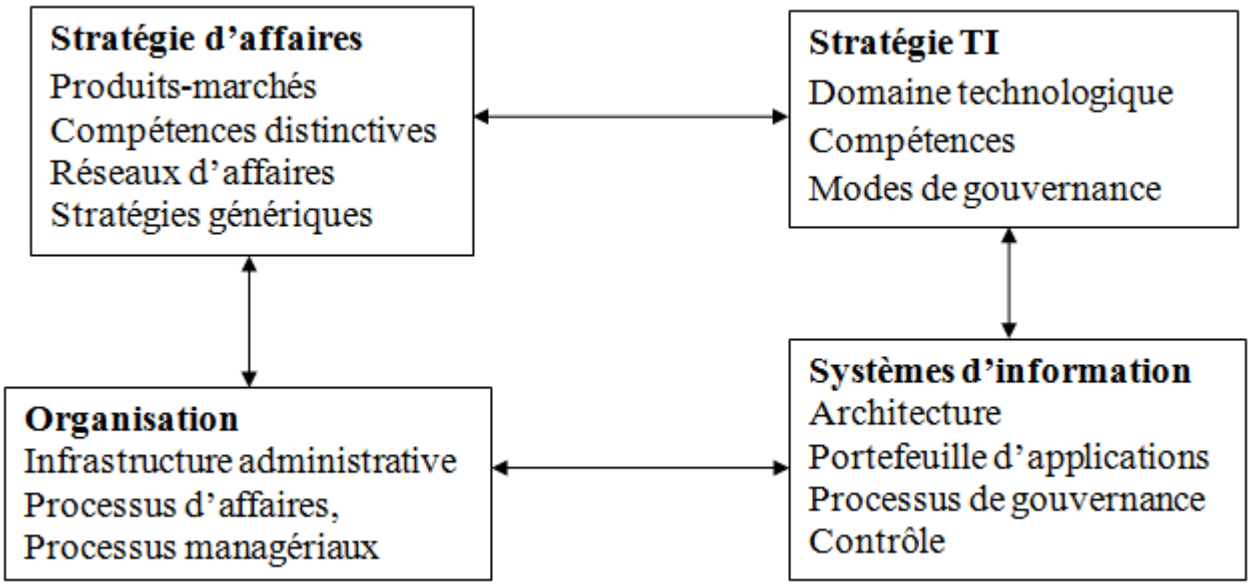


Figure 2 : Modèle de l'alignement stratégique

À partir de ce schéma de base de la Figure 2 [13] , le modèle de l'alignement stratégique propose de construire la cohérence des choix selon deux dimensions complémentaires : l'accord stratégique et l'intégration fonctionnelle.

3.4.1 Accord stratégique

L'accord stratégique ou alignement entre les domaines externes et les domaines internes. Ainsi doit-il y avoir cohérence entre le positionnement de la stratégie d'affaires et la conception de l'organisation d'une part et également cohérence entre la stratégie TI (externe) et les systèmes d'information (en interne) d'autre part. Si la première exigence de cohérence est relativement bien connue des managers, la seconde présente un caractère nettement plus novateur qui limite, encore aujourd'hui, sa prise en considération dans les démarches de planification.

3.4.2 Intégration fonctionnelle

L'intégration fonctionnelle*:* cette seconde dimension de la cohérence correspond à l'impératif d'intégrer le domaine d'affaires et le domaine des technologies de l'information à deux niveaux. D'une part, en assurant la compatibilité des choix entre la stratégie d'affaires et la stratégie TI (en particulier, voir comment les choix relatifs aux TI conditionnent, soutiennent ou contrarient les choix du domaine d'affaires); d'autre part en veillant à la cohérence des choix internes, entre conception de l'organisation et conception des systèmes d'information (comment les processus d'affaires sont-ils supportés par les systèmes actuellement en fonctionnement ?). Si la partie interne de l'intégration fonctionnelle est relativement bien connue, la partie externe (cohérence entre stratégie

d’affaires et stratégie TI) correspond à une problématique relativement nouvelle. Sur les bases de ce modèle d’alignement, il est possible de définir des logiques de mise en cohérence correspondant à des processus d’alignement.

3.5 Paramètres des systèmes d’information

3.5.1 Bases de données de l'entreprise, et Progiciel de gestion intégré (ERP)

Une base de données (son abréviation est BD, en anglais DB, *database*) est une entité dans laquelle il est possible de stocker des données de façon structurée et avec le moins de redondance possible. Ces données doivent pouvoir être utilisées par des programmes, par des utilisateurs différents. Ainsi, la notion de base de données est généralement couplée à celle de réseau, afin de pouvoir mettre en commun ces informations, d'où le nom de base. On parle généralement de système d'information pour désigner toute la structure regroupant les moyens mis en place pour pouvoir partager des données afin de pouvoir mettre en commun ces informations, d'où le nom de base. On parle généralement de système d'information pour désigner toute la structure regroupant les moyens mis en place pour pouvoir partager des données.

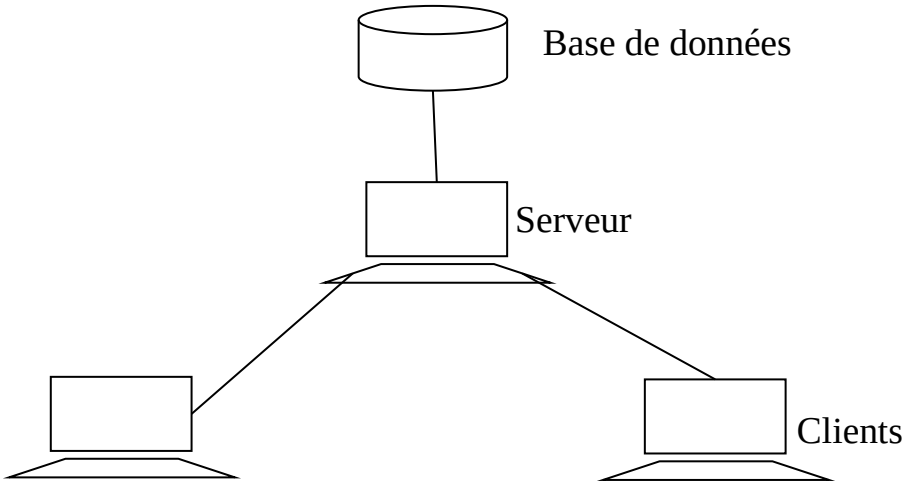


Figure 3 : Structure des moyens mis en place pour le partage des données

Une base de données permet de mettre des données à la disposition d'utilisateurs pour une consultation, une saisie ou bien une mise à jour, tout en s'assurant des droits accordés à ces derniers. Cela est d'autant plus utile que les données informatiques sont de plus en plus nombreuses. Une base de données peut être locale, c'est-à-dire utilisable sur une machine par un utilisateur, ou bien répartie, c'est-à-dire que les informations sont stockées sur des machines distantes et accessibles par réseau. Un des avantages majeurs de l'utilisation de bases de données est la possibilité de pouvoir être accédées par plusieurs utilisateurs simultanément.

Afin de pouvoir contrôler les données ainsi que les utilisateurs, le besoin d'un système de gestion s'est vite fait ressentir. La gestion de la base de données se fait grâce à un système appelé SGBD (système de gestion de bases de données) ou en anglais DBMS (Database management system). L'architecture à trois niveaux définie par le standard ANSI/SPARC permet d'avoir une indépendance entre les données et les traitements.

Le Progiciel de Gestion Intégrée ou ERP est une solution logicielle visant à unifier le système d'information d'une entreprise en intégrant les différentes composantes fonctionnelles autour notamment d'une seule base de données. Il a l'ambition de concentrer dans un « seul » outil logiciel l'ensemble des données et des processus utilisés par l'entreprise. Ainsi, un ERP va comporter un certain nombre de modules, utilisant une base commune de données, qui géreront chacun une fonction spécifique de l'entreprise : production (souvent à l'origine de l'ERP), finance et comptabilité, ressources humaines, ventes, achats, stocks… L'indépendance des modules permet de les déployer progressivement afin de ne pas révolutionner trop brutalement l'organisation de l'entreprise. Le concept d'ERP a donc un caractère « général » et devrait en théorie être utilisable par « toutes » les entreprises. Pour ce faire, les ERP sont généralement abondamment paramétrables et sont également programmables pour pouvoir s'adapter aux processus spécifiques de l'entreprise considérée qui seraient peu ou mal couverts par le dit ERP.

Le principe fondateur d'un ERP est de construire des applications informatiques (paie, comptabilité, gestion de stocks…) de manière modulaire (modules indépendants entre eux) tout en partageant une base de données unique et commune. Cela crée une différence importante avec la situation préexistante (les applications sur mesure existant avant les ERP) car les données sont désormais supposées standardisées et partagées, ce qui élimine les saisies multiples et évite (en théorie) l'ambiguïté des données multiples de même nature.

L'autre principe qui caractérise un ERP est l'usage systématique de ce qu'on appelle un moteur de workflow (qui n'est pas toujours visible de l'utilisateur), et qui permet, lorsqu'une donnée est entrée dans le système d'information, de la propager dans tous les modules du système qui en ont besoin, selon une programmation prédéfinie.

Pour accélérer les mises en œuvre, réduire le nombre des paramétrages et des adaptations spécifiques nécessaires, les grands éditeurs de logiciels ERP proposent sur le marché des versions « verticalisées », préparamétrées pour s'adapter à des segments de marché et de métiers spécifiques. Un des principes qui caractérise un ERP est l'usage systématique de ce qu'on appelle un moteur de workflow et qui permet, lorsqu'une donnée est entrée dans le système d'information, de la propager dans tous les modules du système qui en ont besoin, selon une programmation prédéfinie.

Dans la vision classique de l'informatique, les modules logiciels sont « verticalisés » par fonction de l'entreprise et ne communiquent pas (ou très peu) entre eux, ce qui constitue un terrain propice aux erreurs, ressaisies, à une baisse de productivité informatique, administrative, de production…

Fondamentalement, le Progiciel de Gestion Intégrée a été conçu pour fédérer et intégrer le système d'information de l'entreprise dans un tout cohérent, partageant les mêmes données. Il traduit le fonctionnement réel d'une entreprise dans laquelle les processus ne sont pas isolés et ont des relations fortes et directes entre eux. Ainsi, par exemple, les commandes clients qui sont traitées dans la gestion commerciale des ventes alimentant le module de gestion de la production qui alimentera en informations les module de logistique de livraisons, le module de la comptabilité, facturation, gestion financière…

Le PGI est donc censé mieux représenter l'entreprise, de façon globale. Il doit conduire à une simplification et une automatisation des processus qui entraineront directement une diminution des coûts de fonctionnements, induisant très souvent une réduction du personnel.

3.5.2 Gestion de la relation client ou CRM

A la base, le Customer Relationship Management (CRM ou Gestion de la Relation Client) concerne l'ensemble des actions et des moyens, techniques ou non, mis en œuvre par une entreprise pour gérer sa clientèle. Cela passe par une relation supposée mutuellement bénéfique, basée sur la fidélisation du client grâce à la connaissance de ses habitudes de consommation et la production d'une qualité de service « personnalisée ».

Les actions de CRM sont en général supportées par un environnement informatique ou un ensemble d'outils articulés autour d'une base de données client centralisée, ce qui a conduit à donner aujourd'hui une acception plus "informatique" à l'acronyme CRM.

On utilise ainsi généralement le terme CRM pour désigner les systèmes et outils informatiques mis en œuvre pour gérer la relation client, mais le CRM peut impliquer, au-delà des considérations techniques, un changement certain dans la culture de l'entreprise. L'objectif du CRM est de positionner le client au cœur de l'organisation de l'entreprise afin de vendre plus de produits/services, soit en conquérant de nouveaux clients, soit en essayant de vendre davantage aux clients actuels.

En tant qu'outil orienté client, le CRM s'adresse avant tout aux services de marketing, pour le ciblage, la gestion des actions marketing, l'identification des opportunités de vente; de vente, pour la mise à disposition d'outils d'aide à la vente, de gestion des contacts et d'après-vente, pour la mise à disposition d'outils de support, de gestion des réclamations. CRM = Marketing relationnel Comme son nom l'indique, le CRM supporte un marketing

qualifié de « relationnel », axé sur la relation client, par opposition au marketing plus classiquement qualifié de « transactionnel », axé sur le produit lui-même.

La mise en place d'une solution de type CRM implique une bonne connaissance des clients, de leurs habitudes, de leurs centres d'intérêt, de leur comportement de consommation. Cette connaissance est centralisée en termes de CRM par la construction d'une base de données centralisée, parfois appelée BDDM (pour Base de Données Marketing). Cette base stocke tous les contacts et échanges entre l'entreprise et le client, constituant ainsi un véritable historique de la relation entre les deux parties.

Accessible depuis les différents logiciels et outils de l'entreprise, pour les besoins des différents services, cette base garantit l'unicité et l'homogénéité des informations relatives aux clients.

Parmi les informations utiles stockées dans la Base de Données Marketing, on trouvera les mails échangés, les envois et réceptions divers, les actions du client, les renseignements sur le client et le profil du client (préférences, centres d'intérêt, informations comportementales, etc.).

3.5.3 Exploitation des données CRM

Les données de la BDDM sont ensuite exploitées par les différents services concernés grâce à des outils de type Datamining permettant de produire des statistiques visant à segmenter et catégoriser les clients afin de leur apporter un traitement aussi personnalisé et efficace que possible.

Consistant à adapter et améliorer un système existant, un projet CRM nécessite avant tout d'effectuer, en parallèle de l'implémentation, une gestion et un accompagnement de changement. Le succès et l'efficacité du projet repose sur l'implication de chacun des collaborateurs, qu'il soit ou non acteur direct du projet, une communication interne planifiée, une implication de la direction et sur une mise en œuvre progressive.

3.6 Dispositifs de sécurité des systèmes d'information.

Si le gestionnaire, pour accomplir les fonctions de détention, de mise en œuvre eu de remise des conventions secrètes, emploie un système informatique, il s'engage à ne l'utiliser pour aucune autre application ; s'assurer que le système comporte les fonctions de sécurité décrites ci-après et à mettre celles-ci en œuvre.

3.6.1 Identification / authentification :

Les moyens de sécurité permettent d'identifier, puis d'authentifier les utilisateurs. Le mécanisme d'authentification nécessite la présentation d'un support matériel associé à un

code personnel. Le système reconnaît, sur la base de cette identification / authentification le rôle de d'Ingénieur système, d'Administrateur système ou de sécurité et d'Opérateur.

L'ingénieur système est chargé de la mise en route et de la maintenance technique du système, l'administrateur est chargé de la gestion de sa sécurité et l'opérateur de son exploitation. Il n'est pas souhaitable que l'administrateur et l'ingénieur système soient une seule et même personne.

3.6.2 Contrôle d'accès :

Sur la base de l'identification / authentification, les moyens de sécurité assurent le respect du droit d'accès aux ressources du système. Ces droits sont définis par l'administrateur et limités au strict besoin du service. Nul ne doit avoir directement accès à la clef permettant de certifier les conventions secrètes des clients. L'utilisation d'un processeur de sécurité interfacé avec le système est indispensable. Pendant toute la durée de leur détention, les conventions secrètes sont chiffrées. Elles ne sont déchiffrées que pour la mise en œuvre ou la remise. Il est souhaitable que le déchiffrement d'opère à l'intérieur d'un processeur de sécurité, ou que les paramètres utilisés pour le déchiffrement soient partagés entre deux dispositifs détenus par des opérateurs différents dont seule la présence simultanée permet d'accéder aux conventions secrètes en clair.

Dans ce dernier cas, un poste de travail isolé, dont la configuration sera régulièrement vérifiée, sera utilisé. De même, seule la présence simultanée d'au moins deux opérateurs doit permettre de mettre en œuvre la convention secrète d'un client.

Toute opération permettant l'accès aux convenions secrètes ou autres ressources de sécurité du système est imputable à son auteur.

3.6.3 Audit :

Sur la base de cette imputation, un enregistrement est généré pour toute opération permettant l'accès aux conventions secrètes ou autres ressources de sécurité du système. Cet enregistrement comporte les informations sur le nom de l'opérateur, sur l'opération effectuée et sur la date et l'heure de l'opération. Tous les enregistrements sont retracés dans un fichier d'audit. Celui-ci n'est consultable que par l'administrateur. Une sauvegarde régulière en est faite et archivée.

Tous les objets de stockage ayant contenu une ressource sensible du système sont mis à zéro avant une utilisation ultérieure.

3.7 Systèmes d'information bancaires

Les systèmes d'information bancaires ont la particularité d'associer les grands systèmes reconnus pour leur fiabilité et leur robustesse, avec les nouvelles technologies, particulièrement utilisées pour leur adaptabilité, leur modularité et leur ergonomie. Les technologies de l'information doivent permettre de répondre aux grandes ambitions de la banque que sont : améliorer la productivité, réduire les frais de fonctionnement, satisfaire les clients et augmenter le produit net. Dans ce contexte se dégagent quelques grandes tendances technologiques : exemple des grands systèmes IBM qui conservent leur part de marché et s'adaptent à la modernité, l'offre progicielle progresse et le nombre de prestataires s'accroît rapidement et le multicanal est l'évolution de fond qui provoque le plus la refonte des systèmes d'information.

Il s'agit tout d'abord d'industrialiser les activités « cœur de métier » par un traitement plus rapide et plus efficace des opérations courantes des clients bancaires. Cette industrialisation implique une gestion du patrimoine applicatif de plus en plus professionnelle avec des niveaux d'exigences et d'engagements (SLA) de plus en plus précis. Cette évolution induit aussi la création, par les SSII, de Centres de Services nearshore voire offshore. Face à cet impératif d'industrialisation, 2007 a vu l'accélération du processus de référencement des prestataires de services informatiques visant à consolider le marché autour d'une dizaine d'acteurs. Le second enjeu est d'améliorer la relation clients. Une augmentation de 5 % du taux de fidélité peut entraîner de 25 à 100 % de rentabilité en plus. La fidélisation des clients bancaires est au cœur de la stratégie des banques et représente une composante essentielle du système d'information bancaire, via des plateformes CRM et le développement de nouveaux canaux de distribution. Du côté de l'innovation technologique, les banques doivent intégrer le modèle multicanaux. Cet axe est stratégique avec le succès de certains canaux comme le téléphone ou l'Internet.

3.8 Orientations stratégiques d'évolution des systèmes d'information bancaires

Afin de répondre de manière efficace à ces différentes mutations, voici les orientations stratégiques que nous retiendrons :

La première orientation consiste à automatiser au maximum les activités dites de « Cœur de métier » (back office) de manière à pouvoir traiter plus rapidement et plus efficacement les opérations courantes des clients bancaires et ce, dans une logique de traitement STP (Straight Through Processing) . En effet, le traitement des opérations en « intraday » est devenu la règle commune pour traiter l'ensemble des opérations bancaires du système d'information. C'est déjà le cas pour les opérations titres et les opérations de gros montant mais cela reste à faire pour les opérations de petit montant (directive de SEPA).

La deuxième orientation stratégique consiste à fidéliser les Clients rentables à travers l'activité « Gestion de la Relation Client » (front office) de manière à maximaliser le service rendu à la clientèle. La troisième orientation consiste à développer l'activité « Banque multi canal » (fonctions étendues) pour faciliter l'exécution des opérations courantes et entretenir de ce fait, des liens de proximité avec la clientèle et l'ensemble des partenaires de la Banque.

La quatrième orientation consiste à prendre en compte de manière plus exhaustive les risques encourus par la Banque et en particulier, le risque de contrepartie**.** Cette prise en compte doit se faire en fiabilisant la fonction de « Pilotage » grâce à la production d'un reporting homogène de niveau établissement (veille stratégique).

3.9 Framework « Banque Entreprise Etendue »

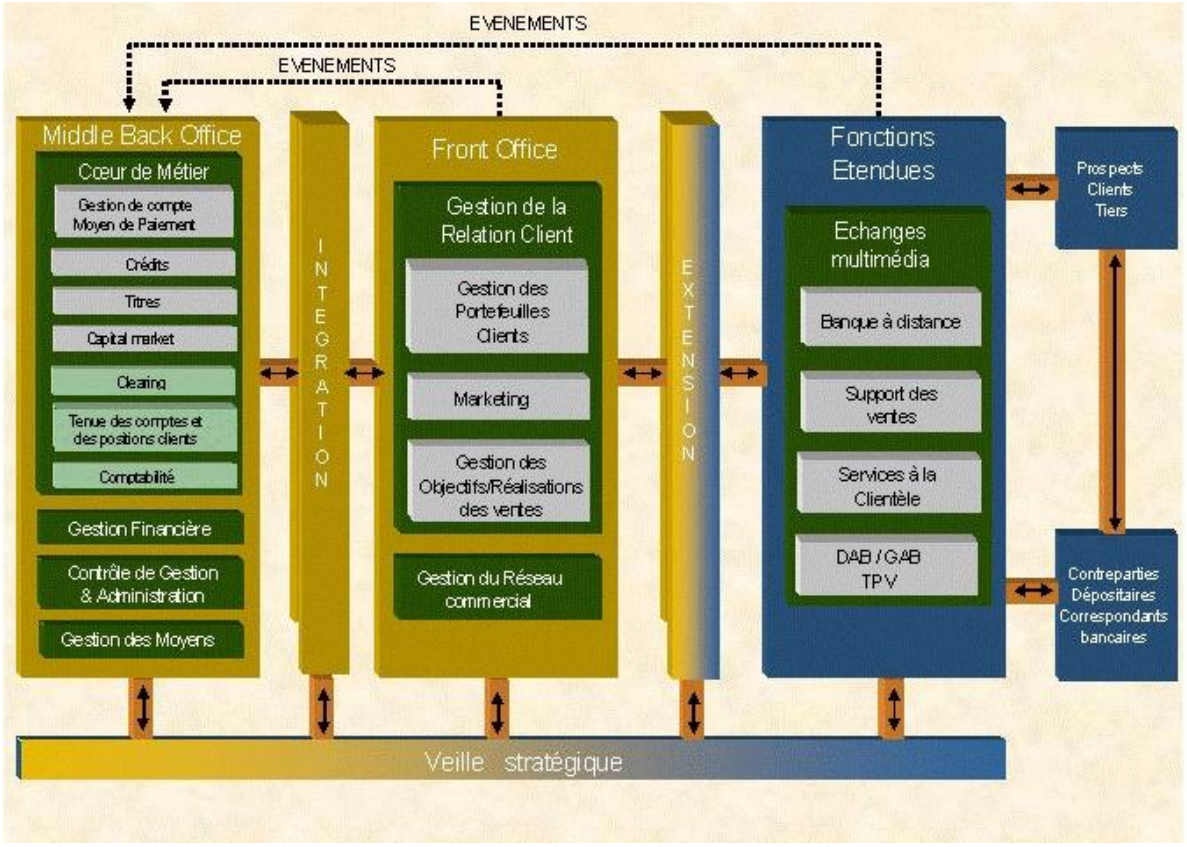


Figure 4 : Framework « Banque Entreprise Etendue »

Ce « framework » proposé à la Figure 4 [14] détermine un cadre général d'architecture suivant trois zones fonctionnelles homogènes du point de vue de l'organisation des Métiers dans la Banque. Chaque zone fonctionnelle est ensuite divisée en un ou plusieurs service(s) Métier.

3.9.1 Back Office ou le cœur de Métier

Cette activité se décompose en 2 services :

- Les services opérationnels tels que les Systèmes d'opérations des Métiers en tant que générateurs d'opérations, les Echanges inter bancaires (compensation/règlement), la Tenue de compte et des positions clients et la Comptabilité.
- Les services fonctionnels tels que la Gestion financière, le Contrôle de gestion et la Gestion des moyens.

3.9.2 Front Office

Cette activité se divise en 4 services :

- Le service « Gestion des Portefeuilles de Clients » représentant la gestion des contrats dans leur cycle de vie normal au travers la gestion de la relation Client.
- Le service « Gestion des objectifs et des réalisations des ventes » représentant la déclinaison opérationnelle de la stratégie commerciale de la Banque par points de vente et par agents gestionnaires.
- Le service « Marketing » chargé d'élaborer et de maintenir les nouveaux Produits ou Services par rapport à la concurrence.
- Le service « Gestion du réseau commercial » (gestion des postes opérationnels, composition de la structure organisationnelle, communication interne, guides de procédure, guides opératoires …) permettant d'assurer une présence physique et géographique.

Des fonctions étendues représentent la Banque multicanal et regroupe l'ensemble des canaux de distribution de services ou de paiements électroniques. Signalons que la veille stratégique représente la gestion des Référentiels de la Banque et le pilotage de l'entreprise Banque.

3.10 Modèle contextuel du système sous étude

3.10.1 Modèle CLIENT / CONTRAT

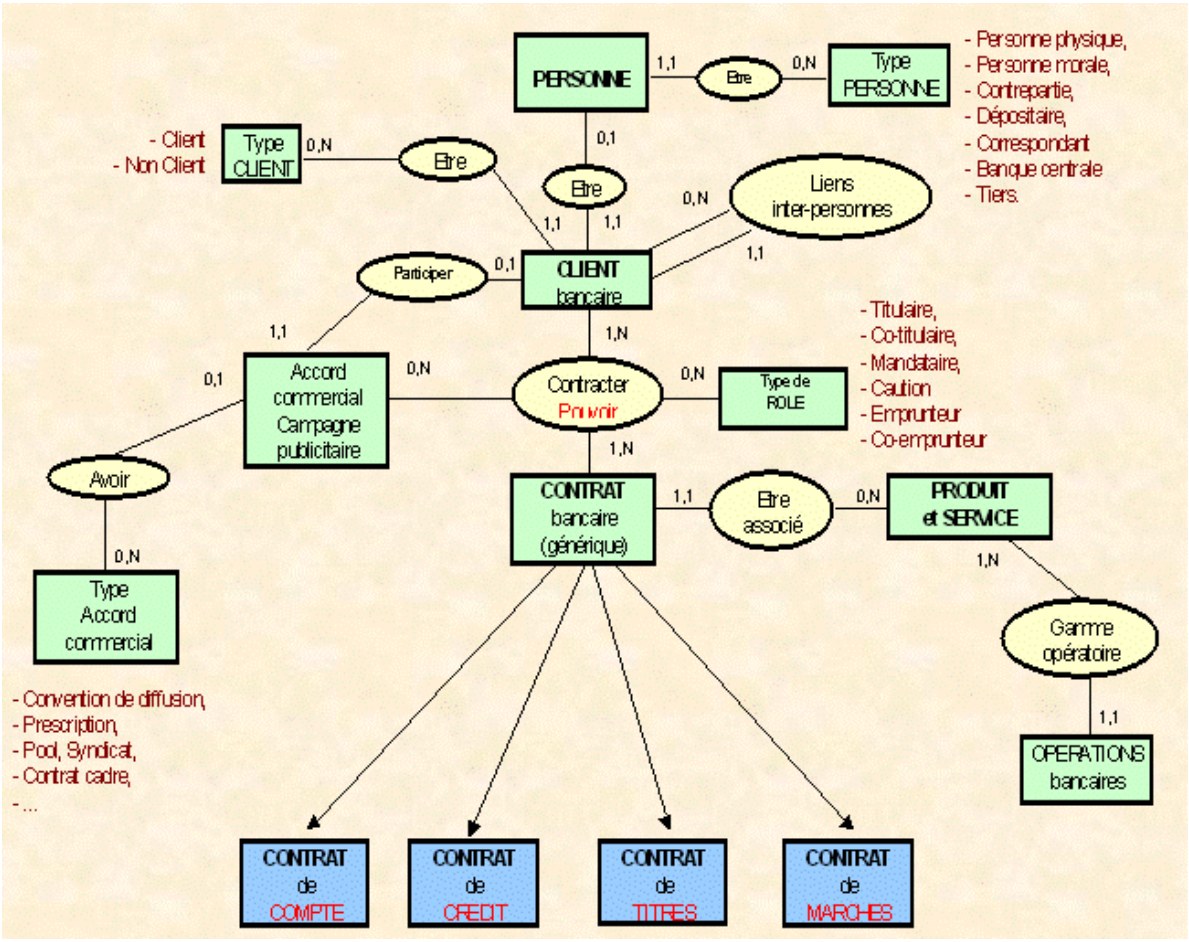


Figure 5 : Modèle CLIENT / CONTRAT

Dans la suite nous allons expliquer les entités qui font ce modelé montré à la Figure 5 [15]

- **Les personnes physique/morale** : si l'on considère le sens juridique, cela regroupe les particuliers ou artisans pour les personnes physiques et les entreprises pour les personnes morales.
- **Les contreparties** : cela regroupe les contreparties de marché avec lesquelles la banque est en relation pour négocier des opérations de marché. pour mémoire, font partie de cette catégorie, les établissements de crédit, les émetteurs de valeurs, sociétés de bourse, fonds d'investissement, entreprises de marché …
- **Les dépositaires** : intermédiaires qui gèrent les portefeuilles titres de la banque.
- **Les correspondants** : intermédiaires qui gèrent les comptes espèces en devises étrangères de la banque.
- **Les banques centrales** : par exemple, l'ensemble des banques centrales participant à l'eurosystème.

- **Les tiers** : cela regroupe les acteurs avec lesquels la banque est en relation pour pouvoir fonctionner. Pour mémoire, font partie de cette catégorie, les fournisseurs de la banque, les salariés, les administrations…

Le Client bancaire : Sont considérés comme des Clients bancaires toutes Personnes ayant signé au moins un contrat avec la Banque. Sinon, ceux-ci sont considérés comme des Prospects. Quels que soient ses contrats, un Client bancaire intervient toujours à titre unique dans le Système d'Information de la Banque.

Le Contrat bancaire : Un contrat bancaire constitue un support administratif détenu par un Client bancaire lui permettant d'effectuer des opérations bancaires et associés à ce titre, à un Produit / Service.

Le contrat bancaire est l'objet central de la structure de donnée qui définit la granularité des informations nécessaires au calcul de la juste valeur. En effet, la juste valeur s'applique toujours à un encours ou à une position relative à un contrat bancaire.

3.10.2 Modèle COMPTE / MOUVEMENT

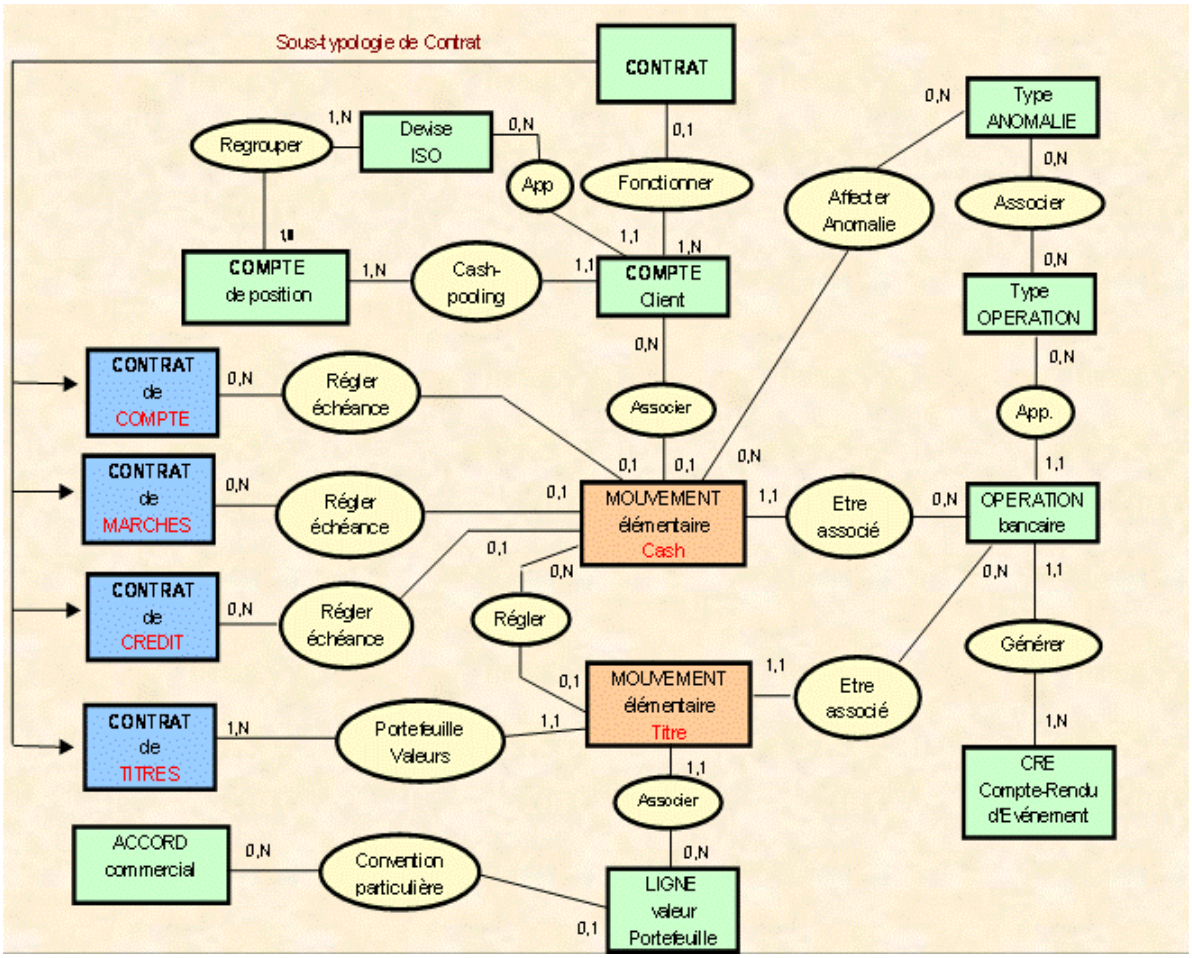


Figure 6 : Modèle COMPTE / MOUVEMENT

La suite a pour but de préciser les entités du modèle présenté à la Figure 6 [16]

Un compte client est un compte dont le titulaire est un client bancaire quel que soit le type de personne. Celui-ci va se matérialiser de la façon suivante :

- Par un compte de dépôt ou un compte d'épargne (réglementé ou non) pour une entreprise ou un particulier afin d'effectuer des opérations financières courantes.
- Par un compte nostro pour les correspondants (correspondent banking) afin d'effectuer les règlements relatifs aux opérations internationales et aux opérations de marché.
- Par un compte de règlement interbancaire afin d'effectuer les règlements inter bancaires relatifs aux opérations de clearing.
- Par un compte de règlement titres pour les dépositaires (nostro dépositaire) afin d'effectuer les règlements relatifs aux transactions titres.
- Par un compte de règlement tiers pour les fournisseurs, salariés, administration… afin de régler les factures courantes des fournisseurs et payer les salariés de la Banque.

Un compte constitue le support financier d'un ou plusieurs contrats. Son solde est actualisé périodiquement ou en temps réel afin d'obtenir un solde disponible ou une position ou une disponible clientèle. Un compte de position est un compte technique permettant de consolider les soldes des comptes d'un client afin d'obtenir une globalisation de sa trésorerie. Une opération bancaire est la conséquence logique d'un événement financier client dans le système d'information de la Banque. Une opération bancaire est toujours préfixée par un type d'opération en constituant un regroupement logique d'opérations. Pour rappel, il s‘agit notamment de virements / prélèvements, de effets de commerce, de la carte bancaire, de carnets de Chèques, etc.

Un mouvement élémentaire est le résultat d'une décomposition d'une opération bancaire. Par exemple, l'opération bancaire « Virement simple » se décompose en deux mouvements élémentaires qui sont Ordre de virement simple et Commission d'ordre de virement simple. Un mouvement élémentaire cash n'est imputé sur un compte Client qu'après vérification de l'ensemble des comptes et contrats détenus par le client bancaire. Si les contrôles se sont avérés négatifs, le mouvement élémentaire est mis en attente de décision (MAD) ainsi que l'opération bancaire initiale pour avis du Chargé de clientèle. Une opération en attente de décision génère un CRE (Compte Rendu d'Evénement comptable) permettant de comptabiliser cette opération sur un compte d'attente.

Lorsqu'une Opération bancaire est dénouée, cela veut dire que l'ensemble des mouvements élémentaires de l'opération bancaire sont imputés. Une opération dénouée génère un CRE permettant sa prise en charge dans la comptabilité générale de la Banque. [17]

3.11 Cartographie fonctionnelle d'un Système d'Information bancaire

L'objectif de cette approche est de montrer une cartographie d'un système d'information bancaire. Celle-ci est vue de façon fonctionnelle même si son objet est technique puisqu'il s'agit de représenter un système d'information. Plutôt que de présenter une cartographie statique, nous pensons qu'il est plus opportun de restituer une cartographie dynamique à partir du traitement des opérations bancaires. En effet, l'opération bancaire constitue l'unité élémentaire de traitement de tous processus Métier. D'une façon allégorique, nous dirons que l'opération bancaire est au système d'information ce que le sang est à un organisme vivant : c'est ce qui permet de l'animer.

La construction de cette cartographie est centrée sur les systèmes d'opération Métier car ils constituent la finalité économique de la Banque qu'il ne faut pas perdre de vue. Celle-ci est construite à partir de couches fonctionnelles et d'éléments échangés entre couches fonctionnelles dont le sous-jacent est une opération bancaire ou son reflet en comptabilité.

Au regard de cette finalité économique, on distingue 5 types de couches :

- La couche référentielle regroupe les fonctions bancaires qui traversent les couches métiers aussi bien en tant que référentiel de données qu'en tant que référentiel de traitement. La vocation de cette couche est de servir comme une ressource d'utilisation pour la couche métier sous la forme d'un service d'accès ou d'un service métier.
- La couche d'acquisition regroupe les fonctions bancaires pouvant être utilisées à tous moment du cycle de traitement des opérations bancaires dans le système d'information de la Banque.
- La couche métier regroupe les fonctions bancaires propres aux processus métiers. Cette couche est utilisatrice de la couche référentielle, de la couche d'acquisition et de la couche de support.
- La couche de support regroupe les fonctions bancaires permettant de traiter les opérations bancaires dans leur cycle normal de traitement.
- La couche de synthèse regroupe les fonctions bancaires de pilotage de l'entreprise Banque.

3.12 Cartographie applicative d'un Système d'Information bancaire

La cartographie applicative découle logiquement de la cartographie fonctionnelle. La cartographie fonctionnelle est chargée d'exprimer le niveau du « **quoi** » et la cartographie applicative le niveau du « **comment** ». On ne peut bien comprendre le niveau du « comment » que lorsque le niveau du « quoi » a bien été compris.

La cartographie applicative consiste à décliner les processus métiers identifiés dans la cartographie fonctionnelle en objets de traitements informatiques (modules ou services applicatifs, interfaces, fichiers, entrepôts de données, référentiels de données …). L'exemple de cartographie applicative présenté ici, est vu à travers le mode de répartition des modules ou services applicatifs dans un système d'information bancaire.

Nous avons recensé 2 modes de répartition :

- Le mode « **CENTRAL** » : Pour des questions de volume et de cohérence d'efficacité des contrôles, ce mode constitue l'unité logique de traitement naturelle des opérations Clients.
- Le mode « **DISTANT** » : Ce mode constitue l'unité logique de traitement des processus Métiers. Ce mode se décline de 2 postes de travail différents :

  - Le poste « **CLIENT LEGER** » qui répond à la notion d'applications ou de services métiers décentralisés et accessible par un réseau externe à l'entreprise (type INTERNET …).
  - Le poste « **SERVEUR** » qui répond à la notion de serveur de domaine accessible seulement par le réseau interne de l'entreprise (type INTRANET …).

Nous avons illustré cette cartographie sur le schéma de la Figure 7 [18]

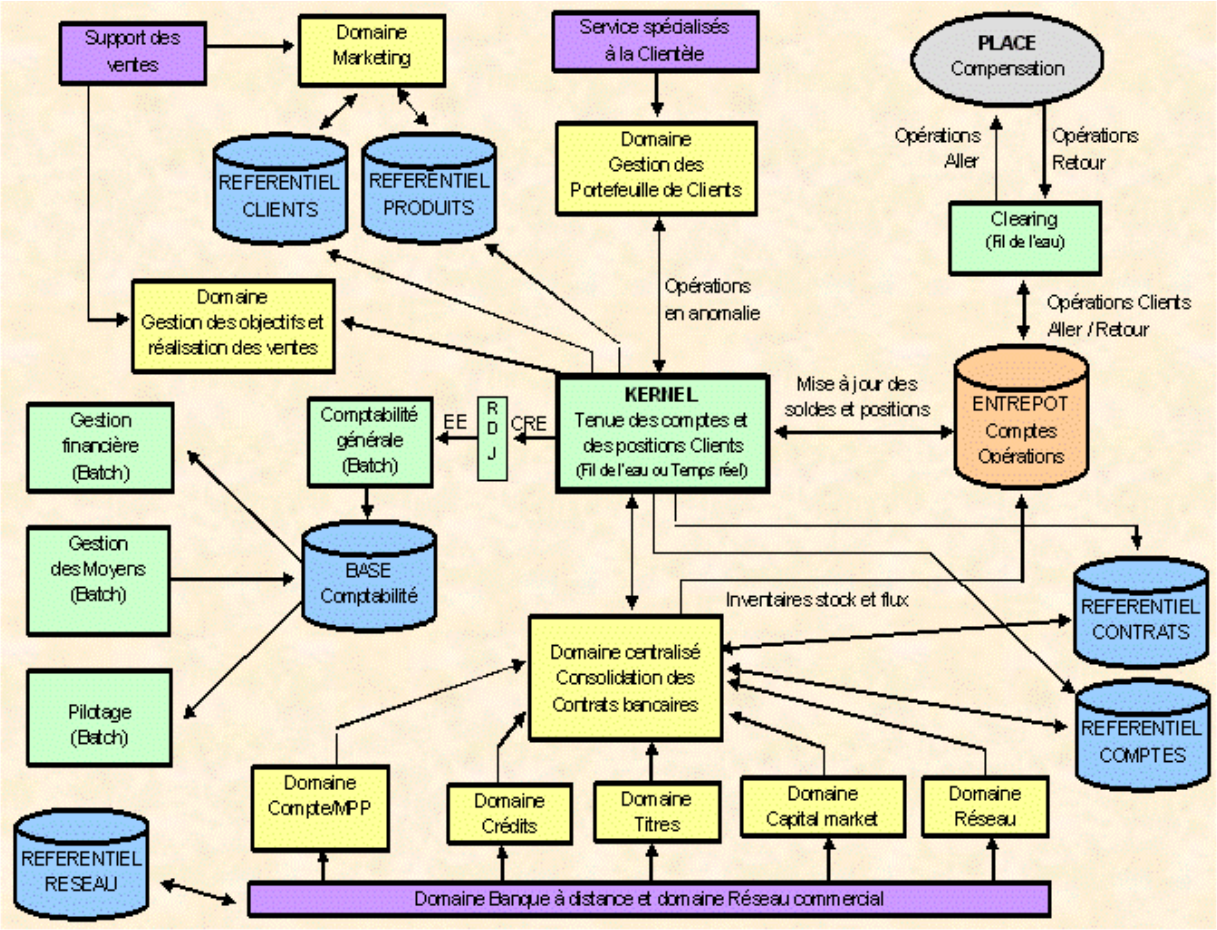


Figure 7 : Exemple de cartographie applicative d'un SI bancaire

Légende :

Violet = Poste « CLIENT LEGER »,
Jaune = Poste « SERVEUR »,
Vert = Mode « CENTRAL »,
Orange = Entrepôt de données,
Bleu roi = Référentiels ou base de données.

CHAPITRE 4 MODELISATION DU PROTOTYPE DE SIMULATION

4.1 Modélisation du système d'information bancaire

Un modèle est une représentation simplifiée d'un objet réel qui donne du sens à cet objet et permet de le comprendre. Néanmoins il faut remarquer que pour réaliser un « bon » modèle il faut avoir compris l'essentiel des propriétés de l'objet que l'on modélise.

Un modèle dynamique est une représentation simplifiée d'un processus du monde réel. Il comporte des données d'entrée et un output. Un modèle est donc une simplification de la réalité. L'erreur et l'approximation font naturellement partie des modèles. On ne cherchera pas à produire dans le cadre de notre modélisation la réalité de manière absolue. Un modèle peut permettre de distinguer le particulier du général et d'établir éventuellement des lois générales quant au système que l'on modélise

Outre cet écart par rapport au réel, il existe aussi une différence entre le modèle et son implémentation informatique [19]

4.2 Modélisation du nouveau système automatisé de gestion

L'étape de modélisation concerne surtout la façon dont on doit concevoir un modèle afin qu'il puisse être exécuté dans un ordinateur [20]. On associe dans la modélisation le système réel (celui que l'on veut étudier, donc le système d'information bancaire) à la représentation de ce système (le modèle). Les informations nécessaires pour construire ce modèle peuvent être des observations réelles sur le système (statistiques de données historiques sur les systèmes d'informations bancaires, dans le cadre du projet ce type d'observation n'a pas été réalisé) ou des connaissances empiriques concernant le système sur lesquelles nous nous sommes basés dans le cadre de ce projet.

Avant de présenter notre modélisation du système d'information, il convient de poser le cadre plus général de la simulation informatique dans lequel cette modélisation s'insère.

4.3 Simulation des systèmes d'information

On désigne par le terme simulation un procédé permettant à l'aide de moyens informatiques de représenter, étudier un phénomène réel et éventuellement à prédire son évolution. Cette simulation repose généralement sur un modèle du phénomène à étudier. Les outils informatiques qui permettent la simulation sont appelés des simulateurs et permettent éventuellement de visualiser les résultats.

On peut encore mentionner la définition que donne Fishwick par la Figure 8 extraite de [21]

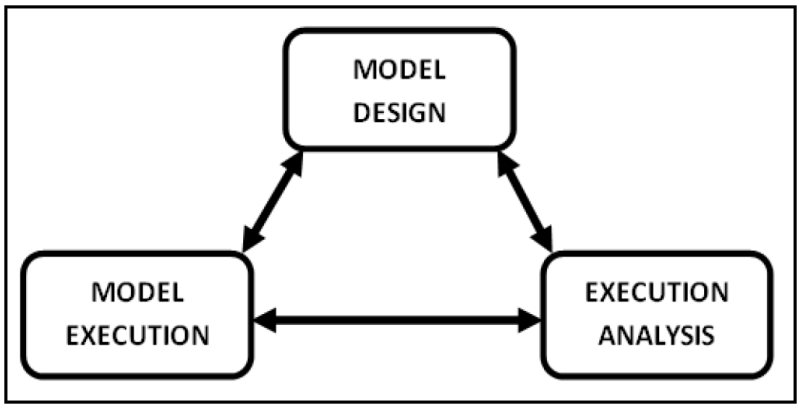


Figure 8 : Etapes de conception d'une simulation

La simulation est vue comme un processus itératif à trois composantes (Figure 8) : elle consiste à élaborer un modèle d'un système (Model Design), à l'exécuter sur ordinateur (Model Execution) et à analyser l'output (Execution Analysis). Comme la définition de Shannon, cette définition fait apparaître l'importance du modèle dans la conception d'une simulation. Des simulateurs ont été développés depuis de nombreuses années pour simuler des processus dynamiques, notamment en physique, chimie, biologie, hydrologie, sciences sociales et urbanisme. Nous nous intéressons ici plus particulièrement à la simulation des systèmes d'information.

La simulation informatique est un outil puissant qui permet de simuler des processus et des systèmes complexes notamment en sciences naturelles et humaines. Elle rend possible l'étude, l'analyse et l'évaluation de situations qui autrement ne seraient pas possibles. Le but d'une simulation est généralement d'aider le décideur à résoudre un problème. C'est devenu un outil indispensable pour les ingénieurs. La simulation informatique a une série d'avantages sur les modèles analytiques ou mathématiques dans l'analyse des systèmes. Elle se base en effet sur des concepts faciles à comprendre et donc plus faciles à justifier auprès des utilisateurs que certains modèles analytiques. De plus elle peut être plus crédible étant donné que son comportement est comparé au système réel. La simulation nous permet également de simuler des phénomènes s'étendant sur une longue période de temps dans un court intervalle de temps de simulation.

Néanmoins la simulation ne comporte pas que des aspects positifs. Elle requiert en effet des niveaux de compétence élevés et son utilité dépend de la qualité du modèle et des aptitudes du concepteur. Elle exige également que les données d'entrée dans le simulateur soient fiables. La simulation ne permet pas non plus de résoudre un problème de façon précise. Elle permet surtout une analyse du comportement du système sous des conditions spécifiées par l'utilisateur [22] .

4.4 Approche systémique

L'approche systémique se base sur une logique des systèmes pour comprendre des phénomènes complexes qui sont difficilement analysables par les démarches analytiques classiques. La théorie a son origine dans les années 60 lorsque Ludwig Von Bertalanffy théorisa le fonctionnement global des systèmes biologiques dans son ouvrage fondateur General System Theory [23].La théorie des systèmes postule qu'il existe des lois générales régissant les systèmes complexes. Ces lois sont moins liées à la nature de la matière constituant le système qu'à l'interaction entre ses composants. Certaines lois concernent l'ensemble du système dans sa globalité. Par exemple certaines propriétés émergentes n'ont d'existence qu'au niveau global du système.

Avec l'approche systémique on représente le phénomène que l'on veut étudier sous la forme d'une boîte noire. Cette boîte noire est caractérisée d'une part par un comportement à ses bornes (comportement externe), i.e. les réactions observables du système depuis l'extérieur de celui-ci et d'autre part par une structure interne (état interne), i.e. sa dynamique interne.

Dans le cadre de notre recherche un système d'information peut être vu comme un système dynamique composé d'objets en interaction, possédant une structure interne ainsi qu'un comportement externe. On connait le comportement mais non le fonctionnement de cette boîte noire. Selon l'approche systémique, connaissant les informations entrant dans la boîte noire et les réactions on va pouvoir décrire le système représenté [24].

4.5 Systèmes complexes

Dans le cadre de la recherche on considère le système d'information bancaire comme un système complexe. Ci-dessous on présente les principales notions théoriques concernant les systèmes complexes et leur usage dans notre modélisation du système d'information.

Un système complexe est un système composé d'éléments en interaction et qui montrent des propriétés au niveau global qui ne se déduisent pas de façon simple (par des équations par exemple) des propriétés des parties individuelles. Ils sont composés de multiples éléments interconnectés et capables d'évolution. On peut citer parmi ces systèmes les colonies de fourmis, les écosystèmes et les sociétés humaines.

La démarche analytique traditionnelle ne parvient pas à expliquer de manière satisfaisante les systèmes complexes. Certains phénomènes complexes ne sont pas décomposables sans perte d'information. On a coutume de dire que le « tout n'est pas la somme des parties ». Dans ces systèmes la causalité linéaire traditionnelle n'explique pas efficacement les phénomènes. On accorde beaucoup d'importance aux interactions entre les constituants du système pour expliquer son comportement.

Pour comprendre les systèmes complexes on essaye de les simuler sur ordinateur. On tente de reproduire de la manière la plus fidèle possible le comportement du système. Pour assurer le succès d'une innovation, par exemple, dans le système d'information, il est nécessaire d'utiliser la théorie des systèmes complexes sinon elle peut être rendue inefficace due à une mauvaise organisation.

Les systèmes d'information font appel à des disciplines comme l'architecture, l'ingénierie, l'économie, la géographie et la sociologie. Pour mieux comprendre et un système d'information des institutions financières il faut développer un outil basé sur les systèmes complexes qui intègre ces compétences interdisciplinaires.

4.6 Agents et Systèmes Multi-Agents

L'intelligence artificielle (IA) classique a pour principal objectif de construire des programmes exécutant des taches complexes à partir de connaissances expertes centralisées dans un système unique. Un des défauts majeurs de cette approche est de regrouper dans une même base de connaissances les expertises et les compétences d'entités très différentes collaborant à la résolution de problèmes complexes. L'intelligence artificielle distribuée (IAD) pose le problème de la manière suivante : au lieu de concentrer toute l'intelligence au sein d'une même entité, distribuons et répartissons cette intelligence au sein d'un groupe d'entités appelées agents. Chacun des agents de ce groupe sera autonome, capable de planifier et d'exécuter des actions dans un environnement et de collaborer avec les autres agents au prix de conflits éventuels [25].

4.6.1 Notion d'agent

Bien que le terme d'agent soit utilisé dans une multitude de contextes et de disciplines – en économie par exemple, on parlera d'agents économiques – il n'en existe cependant pas de définition unique. Le terme d'agent reste aujourd'hui un concept relativement flou et dont le sens n'est pas communément admis. En effet, il existe de très nombreuses définitions qui dépendent surtout des auteurs et de l'objectif des agents qu'ils développent. Certains auteurs vont même jusqu'à considérer qu'un interrupteur peut être vu comme un agent.

La notion d'agent ne renvoie pas à une architecture précise, mais se pose plutôt comme une abstraction ou un concept. Le concept d'agent permet alors de décrire une entité, dans le cas qui nous intéresse une entité logicielle, capable d'agir avec un certain degré d'autonomie pour accomplir un certain objectif. Cette abstraction peut être associée à certaines fonctionnalités utiles suivant les agents que nous recherchons à réaliser. On définira donc plutôt le terme d'agent par les fonctionnalités qu'on lui associe comme la proactivité, la persistance, l'autonomie, les capacités sociales ou bien encore la réactivité.

La difficulté de définir précisément ce qu'est un agent vient du mot lui-même. En effet, sans rentrer dans l'étymologie du mot, « agent » signifie très grossièrement « qui agit ». Le problème, partant de ce sens très flou, c'est que l'on pourrait considérer que tout agit à un niveau ou un autre. La question revient ensuite à savoir comment on agit, avec qui, etc. Toute la problématique de la classification des agents revient à définir, comme dans chaque classification (la systématique en phylogénétique par exemple), l'objectif de cette classification et les bons critères pour la réaliser.

La notion d'agent étant floue, nous partirons de trois définitions pour tenter de poser et de définir ce concept.

Un agent est un système informatique, situe dans un environnement, et qui agit d'une façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu » selon Jennings et Wooldridge [26].

Une première tentative de définition peut être celle de Russell et Norvig pour qui un agent est tout ce que peut percevoir son environnement par le biais de capteurs et d'agir sur ce même environnement par le biais d'effecteurs. Formellement, on peut représenter cela par une fonction qui, a toute séquence de perception fait correspondre une action que l'agent peut exécuter :

$$f : \mathrm{P}^* \rightarrow \mathrm{A}.$$

Cette définition d'agent est assez générale et peut inclure des agents humains dont les capteurs peuvent être les yeux et les effecteurs peuvent être les mains, des agents robotiques dont les capteurs peuvent être les caméras et les effecteurs peuvent être les roues, ou des agents logiciels dont les capteurs et les effecteurs peuvent être une interface graphique.

Une deuxième définition plus précise est celle de Ferber [27], qui donne une définition minimale selon laquelle un agent est une entité physique ou virtuelle :

- Capable d'agir dans un environnement,
- Pouvant communiquer directement avec d'autres agents,
- Mu par un ensemble de tendances sous forme d'objectifs qu'elle cherche à optimiser,
- Possédant des ressources propres,
- Capable de percevoir de manière limitée son environnement,
- Ne disposant que d'une représentation partielle de cet environnement,
- Possédant des compétences et offrant des services,
- Pouvant éventuellement se reproduire,

- Dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs en fonction des ressources, des compétences, de ses perceptions et des communications qu'elle reçoit.

L'agent est situé. Il est capable d'agir sur son environnement à partir de la perception qu'il en a. L'action que peut mener l'agent lui permet de modifier son environnement et conditionne ses prises de décisions ultérieures. L'agent est autonome : il est capable d'agir sans l'intervention d'un tiers (humain ou agent) et contrôle ses propres actions ainsi que son état interne. Ce qui pousse l'agent à agir est une caractéristique qui lui est propre. L'autonomie n'est pas seulement relative à son comportement, mais porte également sur sa gestion de l'utilisation des différentes ressources dont il dispose, par exemple les connaissances dont il a besoin pour décider et agir. Un exemple très parlant de l'autonomie est probablement celui de la sonde deep space one de la NASA qui avait pour mission de photographier une comète. Au lieu de piloter la sonde depuis la Terre par des humains, celle-ci devait se piloter toute seule pour atteindre la comète et la photographier. Celle-ci avait été conçue comme un agent qui devait donc prendre ses propres décisions en fonction de la situation, sans intervention humaine (remote agent).

Comme le soulignent Erceau et Ferber, l'ensemble des fonctionnalités susceptibles de caractériser un agent s'organisent en quatre secteurs [28] :

- Deux d'entre eux concernent l'agent en tant qu'être social, ses relations avec son environnement et les autres agents : on distingue ainsi la dynamique des relations et leur actualisation des mécanismes nécessaires à leur planification.
- Les deux autres secteurs concernent les capacités propres de l'agent : de ses capacités personnelles de perception, décision et action aux modèles que l'agent a de lui-même, des autres et de l'univers.

Pour synthétiser ces quelques définitions que nous avons posées, nous définirons un agent comme un concept abstrait auquel, au minimum, on associera quatre caractéristiques :

- Un agent est autonome : il est capable de se « débrouiller tout seul », c'est-à-dire sans l'intervention d'un autre agent réel ou virtuel, et de prendre ses propres décisions pour atteindre ses objectifs,
- Un agent est réactif : il réagit (vite) aux changements de l'environnement dans lequel il se trouve,
- Un agent est proactif : il doit prendre l'initiative d'agir pour atteindre ses objectifs sans qu'on lui ordonne de le faire,
- Un agent est sociable : il doit être capable d'interagir avec d'autres agents dans le cas d'un système multi-agents.

4.6.2 Agent et Objet

Un objet est défini comme une instance d'une classe qui représente en fait un type abstrait de données, constitué d'un ensemble de propriétés (attributs et des méthodes) communes et applicables à différents objets. L'objet possède une identité (un nom), un état (ensemble d'attributs) et des méthodes (qui désignent ses comportements). Nous pouvons ainsi essayer d'extraire les différences entre un agent et un objet, comme indiqué dans le tableau suivant :

Table 1 : Comparaison Objet/Agent

Agent	**Objet**
1. Est actif	1. Est passif
2. Contrôle son état et son environnement	2. N'a pas un contrôle
3. Est autonome	3. Ne l'est pas
4. Est capable d'interagir (coopération, négociation, compétition)	4. Ne l'est pas
5. Communique en mode asynchrone (car il possède une boite aux lettres)	5. Communique en mode synchrone

4.7 Types d'agents

Bien qu'il existe d'autres façons de catégoriser les agents, nous avons choisi de rester sur la décomposition classiquement retenue : agent réactif versus agent cognitif. En fait cette décomposition revient à décomposer les agents, en quelque sorte, suivant leur « niveau d'intelligence ». Par niveau d'intelligence, nous entendons capacités décisionnelles, c'est-à-dire selon qu'elles soient orientées vers l'atteinte de buts explicites ou bien uniquement conditionnées par des perceptions.

4.7.1 Agents réactifs

La tendance réactive prétend qu'il n'est pas nécessaire que chaque agent soit individuellement intelligent pour que l'ensemble du système soit lui-même intelligent. Les agents réactifs réagissent aux événements sans planification des buts poursuivis et n'ont pas de capacité d'anticipation des événements futurs. Néanmoins, certains comportements intelligents peuvent émerger d'un système multi-agents réactifs. Un agent réactif est donc

un agent simple, de faible granularité, ne possédant pas de représentation explicite de son environnement, dont le comportement ne consiste qu'à répondre à des stimuli de ce même environnement. De plus, il ne dispose que d'un langage de communication réduit. Il n'a pas de connaissance sur les autres, ni de capacité de raisonner sur les messages qu'il reçoit ou de développer des stratégies de contrôle.

Les agents réactifs sont ceux de plus bas niveau. Ils ne disposent que d'un protocole et d'un langage de communication réduits, leurs capacités répondant uniquement à la loi stimulus/action.

4.7.2 Agents cognitifs

La tendance cognitive est la plus représentée. Un système d'agents cognitifs se caractérise par un petit nombre d'agents, chacun disposant d'une base de connaissances explicites lui permettant de résoudre sa tâche et de gérer les interactions avec les autres agents.

Là encore le terme choisi, à savoir celui de « cognitif » est également très général. La cognition concerne tout ce qui a trait à la connaissance. Classiquement, un agent cognitif dispose de connaissances explicites du monde et au minimum est capable de raisonner dessus ou d'agir en fonction de celles-ci. Ensuite, on peut lui adjoindre toutes les autres caractéristiques que l'on peut trouver sous le terme cognition : apprentissage de nouvelles connaissances, émotions, etc. en ajoutant des modules supplémentaires à l'architecture de base.

Les agents cognitifs sont donc des agents qui disposent de connaissances explicites sur le monde qui les entoure ainsi que sur eux-mêmes. Il existe plusieurs types d'agents cognitifs. L'intelligence artificielle traite essentiellement des agents cognitifs rationnels ou agents rationnels. Ceux-ci choisissent les actions qui leur permettent de maximiser leurs chances d'atteindre leurs objectifs en fonction des connaissances dont ils disposent. On trouve également les agents intentionnels qui possèdent des buts et plans explicites leur permettant d'accomplir leurs taches. Le modèle le plus connu d'agent intentionnel est le modèle BDI ou Beliefs Desires Intentions. Ce modèle définit trois composantes: les croyances, les désirs et les intentions. Un agent BDI représente le type d'agent correspondant le plus au fonctionnement, en termes de prises de décisions, d'un être humain.

Dans toute la suite de mémoire, nous nous plaçons dans le cadre d'agents cognitifs rationnels sans étudier la rationalité des agents qui dépasse le cadre de cette recherche.

4.8 Système multi-agents

Après avoir évoqué les différents types d'agents qui existaient, nous donnons dans cette section une brève introduction aux systèmes multi-agents, nous discutons de leurs

différences avec les systèmes mono-agents, et nous évoquerons les deux utilisations possibles d'une modélisation multi-agents.

Comme nous l'avons dit un agent, dans sa définition la plus simple, peut être vu comme tout ce qui peut percevoir son environnement par le biais de capteurs et d'agir sur cet environnement par le biais d'effecteurs. Toutefois, les agents sont rarement des systèmes autonomes. Dans de nombreuses situations, ils doivent coexister et interagir avec d'autres agents de plusieurs manières différentes pour atteindre leur but. Par exemple, on peut citer les agents logiciels sur Internet ou bien les robots qui jouent au football. Ceux-ci pour marquer un but doivent collaborer et travailler en équipe.

Ce système qui consiste en un groupe d'agents qui peuvent interagir les uns avec les autres est appelé un système multi-agents, et le sous-champ de l'IA qui a trait aux principes et conception des systèmes multi-agents est l'intelligence artificielle distribuée (IAD).

Néanmoins, un système multi-agents n'est pas uniquement qu'un ensemble d'agents, mais comporte également d'autres éléments. Pour Ferber [27], un système multi-agents est constitué d'un environnement, d'un ensemble d'agents, d'un ensemble de relations entre ces agents, d'un ensemble d'objets pouvant être crées, modifies ou détruits par ces agents.

De son côté, Chaib-Draa précise qu'un système multi-agents possède les caractéristiques comme la possession des informations ou des capacités de résolution de problèmes limitées, ainsi chaque agent à un point de vue partiel, l'absence de contrôle global du système multi-agents, décentralisation de données et l'existence de calculs asynchrones.

4.9 Caractéristiques d'un système multi-agents

Nous présentons ici les aspects spécifiques et fondamentaux qui caractérisent un système multi-agents et qui les distinguent d'un système mono-agent. Nous faisons ici un rapide tour de ces différents aspects.

4.9.1 Conception des agents du système

Quand on conçoit un système multi-agents, une question qui nécessite d'être posée et qui n'existe pas dans le cadre d'un système mono-agent, est celle de l'hétérogénéité des différents agents que l'on cherche à développer. En effet, dans le cadre d'un système multi-agents, tous les agents ne sont pas nécessairement développés par la même personne ni même nécessairement dans le même contexte matériel-logiciel et peuvent donc être conçus de différentes manières. Par exemple, les différences de conception sont liées soit au matériel (par exemple le football des robots sur la base de différentes mécaniques des plates-formes), soit au logiciel (par exemple les agents logiciels fonctionnement sur des

systèmes d'exploitation différents). La différence de conception peut également être liée à des choix différents quant aux types des agents développés, à leurs prises de décisions, etc.

Un exemple typique de ce type de système multi-agent est les softbots ou software robot, ce que l'on pourrait traduire par « robot logiciel ». Un softbot est un agent logiciel qui fait office d'assistant intelligent personnel : l'utilisateur effectue une requête auprès du softbot et celui-ci va tenter de satisfaire cette requête. Les agents peuvent être sont hétérogènes ou homogènes s‘ils sont conçus d'une même manière.

4.9.2 Environnement

Comme pour les systèmes mono-agent, les agents d'un système multi-agents sont situés dans un environnement. Dans le cas d'un système multi-agents, on distingue deux types d'environnement : l'environnement du système multi-agents et l'environnement de chaque agent. L'environnement du système multi-agents représente en quelque sorte l'espace commun de tous les agents du système alors que l'environnement de chaque agent est représenté par l'environnement du système et par les autres agents du système.

L'environnement peut être :

- Accessible ou inaccessible : si les capteurs d'un agent lui donnent accès à l’état complet de l’environnement suffisant pour choisir une action, l’environnement est accessible à l'agent.
- Déterministe ou non déterministe : il est déterministe pour un agent si le prochain état de l’environnement est déterminé par l’état courant et par l’action de l’agent.
- Épisodique ou non épisodique : il est épisodique si les prochaines évolutions ne dépendent pas des actions déjà réalisées.
- Statique ou dynamique : il est statique s'il ne change pas pendant que l’agent réfléchit.
- Discret ou continu : il est discret si le nombre de percepts distincts et d’actions est limite.

L'environnement est un aspect très important des systèmes multi-agents.

4.9.3 Interactions entre agents

Au sein d'un système multi-agents, les agents doivent pouvoir interagir entre eux pour atteindre leurs objectifs. Ces interactions sont l'essence même d'un système multi-agents et portent sur les mécanismes leur permettant d'interagir et sur les différentes formes d'interactions. Celles-ci peuvent se définir en relation avec trois composantes des agents :

- Les buts qu'ils poursuivent : ils peuvent être identiques ou compatibles, on parle alors d'agents coopératifs, sinon on parle d'agents antagonistes,
- Leurs capacités à résoudre les tâches qui leur incombent : les agents peuvent réaliser seuls les taches ou faire appel aux capacités des autres agents,
- Les ressources auxquelles ils accèdent : celles-ci sont nécessairement limitées et leur utilisation peut générer des conflits ou des perturbations si plusieurs agents cherchent à accéder aux mêmes ressources. Ces situations peuvent être résolues par des mécanismes de gestion de conflits ou de coordination d'actions.

Le contrôle correspond à la coordination des actions des agents. Celui-ci peut être réalisé de plusieurs manières. On distingue le contrôle centralise et le contrôle distribue. Bien que nous présentons les deux modes, les recherches actuelles s'orientent davantage vers un contrôle distribue.

Le contrôle centralisé suppose l'existence d'un agent centralisateur possédant toutes les connaissances pour gérer l'interaction des agents du système et le comportement global de celui-ci. Il peut modifier ce comportement de manière dynamique en planifiant les actions des agents. Le contrôle planifie centralise distingue encore deux cas :

- La planification centralisée pour agents multiples suppose qu'il existe un agent planificateur central qui traite la coordination des actions et l'allocation des taches. Les autres agents ne sont alors que des exécutants.
- La coordination centralisée par plans partiels ne centralise que la coordination. Chaque agent construit son plan partiel qu'il envoie à l'agent centralisateur qui tente de synthétiser tous les plans partiels en un plan global en éliminant les conflits potentiels.

Dans le contrôle distribué, un agent sélectionne lui-même les taches qu'il peut accomplir et négocie des alliances avec les autres agents pour résoudre les taches qu'il ne peut traiter tout seul. Le contrôle distribue peut se faire par planification distribuée : il n'existe pas d'agent centralisateur ni pour planifier de plan global ni pour coordonner un ensemble de plans partiels. Chaque agent planifie ses actions en fonction de ses propres buts. La difficulté porte sur la résolution de conflits potentiels mais aussi sur la gestion des situations dans lesquelles les actions des uns peuvent être utiles à la réalisation des buts des autres.

Pour pouvoir interagir entre eux, les agents doivent être capables de communiquer. Chaque agent doit donc avoir la possibilité à la fois de recevoir et d'envoyer des messages. La question de la communication entre les agents soulève essentiellement deux problèmes : le langage de communication à utiliser et le protocole à utiliser pour mener à bien cette communication.

Plusieurs langages de communication spécialisés ont vu le jour. Le Knowledge Query and Manipulation Language (KQML), et plus récemment, le standard FIPA-ACL (ACL pour Agent Communication Language) créée par la Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA). Ce dernier standard repose en particulier sur la théorie des actes de langage de John Searle ou les messages sont des actions ou des actes communicatifs, car ils sont prévus pour effectuer une certaine action en vertu de l'envoi. Un exemple simple de message ACL peut être :

```
(inform
        : sender i
        : receiver j
        : content "in(clermont-ferrand, france)"
        : language Prolog)
)
```

L'agent i informe l'agent j (performative inform) que Clermont-Ferrand est en France (in (clermont-ferrand, france) en langage Prolog).

Le protocole de communication permet de définir d'une manière abstraite la séquence de messages échangés dans le but d'effectuer une tache donnée entre plusieurs agents. Un exemple de protocole est le FIPA-ContractNet-Protocol qui permet de définir comment effectuer un appel d'offres. Il existe différentes variantes au protocole : soit l'émetteur connait le destinataire, c'est ce que l'on appelle la communication point-a-point, soit l'émetteur envoie le message a tous les agents sans connaitre le destinataire intéressé par l'information, c'est la communication par diffusion (broadcast). La communication point-à-point suppose que les liaisons de communication soient fixes contrairement à la diffusion. Cette dernière permet aux agents de changer de place ou bien de disparaitre puis de réapparaitre en fonction des besoins.

4.10 Principales utilisations des systèmes multi-agents

Nous terminerons cette rapide présentation des systèmes multi-agents en distinguant deux grandes utilisations de ceux-ci : d'une part, le développement de logiciels et d'autre part, la simulation de phénomènes sociaux ou biologiques.

En génie logiciel, la technologie des systèmes multi-agents est considérée comme une méthode nouvelle et prometteuse de construction de logiciels. Un système logiciel complexe pourrait être considéré comme une collection d'un grand nombre d'agents autonomes de petite taille, chacun ayant ses propres propriétés et fonctionnalités et interagissant entre eux. Dans le cas du génie logiciel, l'idée est donc d'utiliser les agents pour élaborer de nouvelles applications plus autonomes, plus intelligentes, plus distribuées, etc.

Dans le cas de la biologie ou des sciences humaines ou sociales, les systèmes multi-agents peuvent être utilisés pour la modélisation et la simulation de systèmes existants. Ces systèmes peuvent être biologiques, sociaux, économiques, etc. Par exemple, on peut modéliser les théories économiques sous forme de systèmes multi-agents ou chaque individu peut être modélisé par un agent rationnel qui tend à maximiser sa satisfaction ou ses profits. On peut aussi modéliser les colonies de fourmis ou bien encore d'autres espèces animales.

Après ce rapide tour d'horizon des agents et des systèmes multi-agents, nous revenons sur l'environnement multi-agents SIBANVIR et nous en présentons son architecture avant de nous focaliser sur le fonctionnement des composants le constituant.

4.11 Environnement multi-agents SIBANVIR

Dans le cadre de ce projet, nous avons modélisé l'application SIBANVIR. Elle est réalisée en tant que communauté d'agents cognitifs collaborant pour mimer les actions des acteurs qui interviennent dans les différentes opérations bancaires. Ceci est synonyme de collecte d'information effectuée au niveau des agences bancaires ou des guichets automatiques de billets (GAB) pour un système d'information bancaire. Le service informatique de la banque virtuelle est chargé de transporter, de stocker et de traiter cette information. La diffusion de l'information se fait de plusieurs manières. Les agents caissiers communiquent cette information aux agents clients qui vont actualiser à leur tour leurs « connaissances ». Une autre manière de diffuser l'information passe par l'interface utilisateur.

Dans la suite nous détaillons les différents constituants de l'environnement SIBANVIR comme il est illustré à la Figure 9.

4.11.1 Architecture de flux d'informations du logiciel SIBANVIR

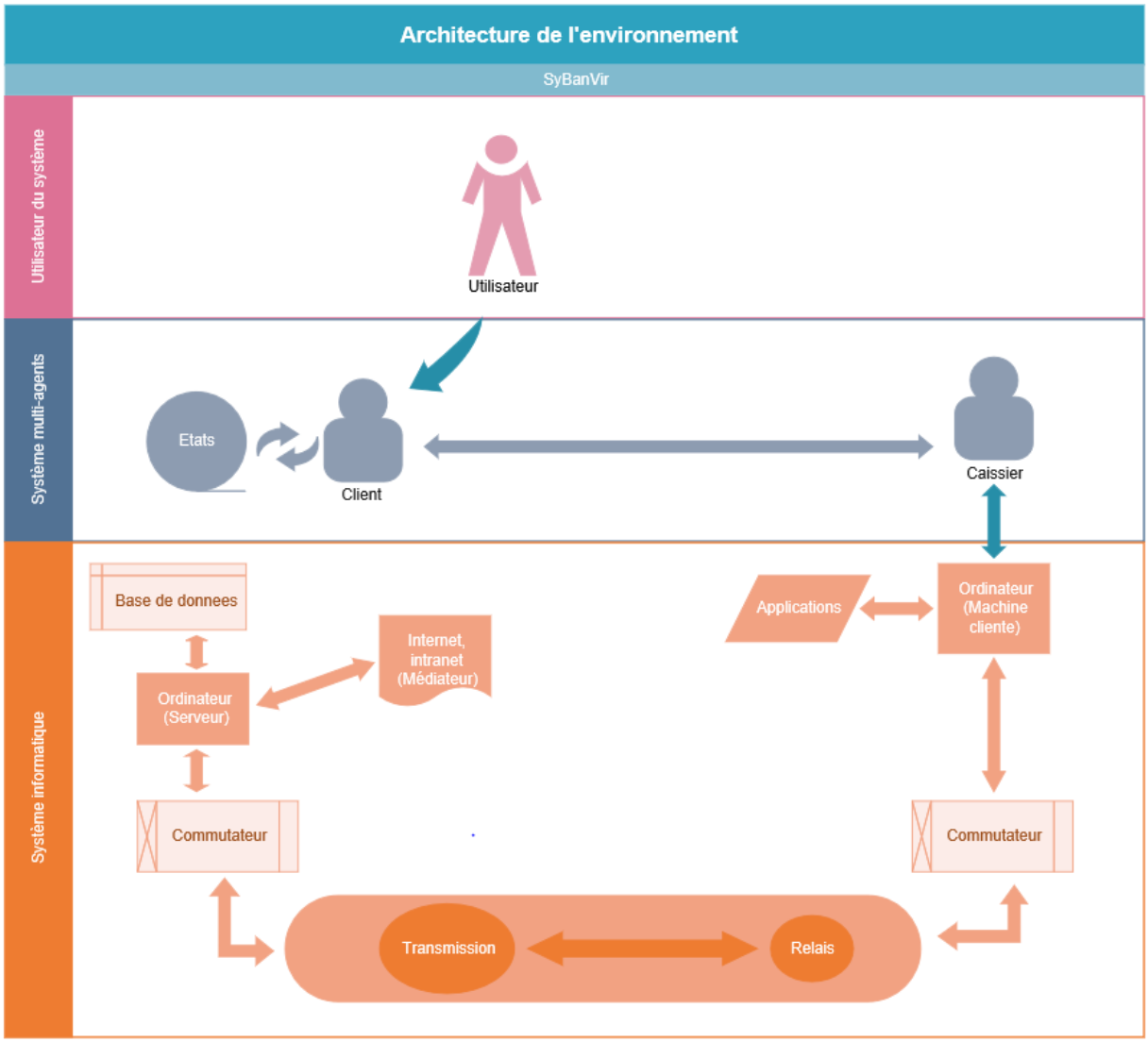


Figure 9 : Architecture basée sur la gestion de l'information

4.11.2 Utilisateur

Lors de l'utilisation du logiciel, l'utilisateur est considéré sous deux angles. Premièrement, il est celui qui se renseigne sur les systèmes d'information bancaires (apprenant) ou celui qui fait apprendre aux autres (instituteur). Deuxièmement, dans le cadre du fonctionnement du logiciel, il est considéré comme le gestionnaire des différentes institutions bancaires interconnectées. Il est donc chargé d'initialiser les agents en les configurant pour atteindre des objectifs afin d'analyser le comportement du système. Il crée les agences bancaires et les réseaux informatiques entre ces agences. Il analyse en permanence le système afin de prendre des décisions en paramétrant les différents composants du système.

4.11.3 Agent client

Lors de la création de l'agent, l'utilisateur initialise son état. C'est à partir de cette configuration que l'agent client détermine les premiers objectifs qu'il va poursuivre. Cependant au cours de l'exécution du programme, il consulte son état en permanence lors de la phase de réinitialisation de l'agent, afin de se fixer d'autres objectifs.

Pour réaliser certains de ces objectifs, il communique avec d'autres agents client (pour leur demander leurs numéros de compte par exemple) et avec les agents caissiers (pour faire les différentes opérations bancaire)

4.11.4 Agent caissier

Dans le cadre de la simulation, cet agent est chargé de recueillir et de diffuser l'information. Il est conçu comme un agent réactif puisque son but est de répondre aux attentes des clients. Le comportement à adopter est choisi suivant la requête du client ou l'information émanant de la machine cliente.

4.11.5 Machine cliente et GAB

Chaque agence bancaire possède une machine par guichet créé à laquelle on affecte un agent caissier. Cette machine est chargée d'envoyer les requêtes émanant de l'agent caissier et d'informer ce dernier du retour de la réponse.

Par contre l'accès au GAB est libre pour n'importe quel agent client. il envoie les requêtes émanant de l'agent client et l'informe du retour de la réponse.. Cependant seules les opérations concernant la demande de solde et de retrait peuvent y être initiées.

4.11.6 Réseau informatique au sein d'une entreprise ou intranet

Il assure la communication entre la machine cliente et le serveur. Cette connexion entre les machines permet d'échanger des informations. Lors de son implémentation, nous avons pu utiliser les classes modélisant les commutateurs, les relais et les différents types de transmission (ondes, les câbles, etc.).

4.11.7 Serveur et base de données

Le serveur héberge la base de données sur laquelle se trouvent les différents comptes des agents clients. Comme il peut recevoir plusieurs requêtes qui émanent des machines clientes et des GAB, l'utilisateur peut la configurer pour fixer le nombre de requêtes pouvant être traitées à la fois c.-à-d. sa capacité.

La synchronisation des différentes requêtes est faite au niveau de chaque compte. Chaque compte est fait des objets chargés de stocker l'historique des opérations bancaires (retrait, virement, dépôt, etc.) qui concernent le compte en question.

4.11.8 Internet et extranet

Pour notre modélisation, nous avons considéré les banques créées comme étant interconnectées via le réseau internet (ou extranet). Les informations qui impliquent plusieurs banques (virements indirects par exemple) sont échangées via ce réseau.

CHAPITRE 5 MODELISATION MATHEMATIQUE DU MODELE DE FONCTIONNEMENT D'UN RESEAU BANCAIRES

Les termes algorithme, programme, procédure, se réfèrent tous à l'idée de succession d'opérations atomiques, selon un ordre qui dépend des objets pris en entrée. Dans le cas de l'algorithme de multiplication usuel, par exemple, les opérations atomiques sont les produits de deux nombres inférieurs à neuf (facile à exécuter, dès lors que l'on connait les tables de multiplication), et la séquence de produits élémentaires à effectuer découle facilement de l'écriture décimale des nombres à multiplier. La généralisation de ces considérations, en vue de définir le mot *algorithme*, mène à la notion de « modèle de calcul » ou « modèle mathématique ». Un modèle de calcul est un objet mathématique – formé d'ensembles, de fonctions, de relations –, qui abstrait les propriétés évoquées plus haut en définissant une notion très simple d'opération atomique et en précisant scrupuleusement comment ces opérations se succèdent sur une entrée donnée pour former un calcul.

Tenter de préciser d'avantage ces aspects nous emmènerait trop loin. Nous pouvons simplement dire que les progrès des méthodes mathématiques et l'amélioration des performances des ordinateurs ont fait de la simulation informatique un enjeu stratégique pour l'industrie moderne et pour la recherche.

Dans les points qui suivent nous essayons de montrer trois parmi les modèles mathématiques utilisés dans le cadre de ce projet et leur intégration dans la programmation de notre simulateur.

5.1 Théorie des automates

Les automates sont des objets mathématiques, très utilisés en informatique, qui permettent de modéliser un grand nombre de systèmes (informatiques). L'étude des automates a commencé vers la fin des années cinquante. Elle se base sur de nombreuses techniques (topologie, théorie des graphes, logique, algèbre, *etc.*). De façon très informelle, un automate est un ensemble « d'états du système », reliés entre eux par des « transitions » qui sont marquées par des symboles. Étant donné un « mot » fourni en entrée, l'automate lit les symboles du *mot* un par un et va d'état en état selon les transitions. Le mot lu est soit accepté par l'automate soit rejeté.

Avant de donner une définition plus formelle des concepts décrits ci-dessus, citons quelques exemples classiques d'utilisation d'automates :

- Vérification d'un circuit électronique
- Recherche d'occurrence dans un texte (moteur de recherches sur le web, etc.)
- Vérification de protocoles de communication

- Compression de données
- Compilation
- Biologie (génomique)

En dehors de ces utilisations « pratiques » des automates, notons qu'ils sont aussi utilisés pour modéliser les ordinateurs et pour comprendre ce qu'un ordinateur peut faire (décidabilité) et ce qu'il sait faire efficacement (complexité). C'est donc une notion fondamentale de l'informatique.

5.1.1 Alphabets, mots, langages et problèmes

L'alphabet Σ est un ensemble de caractères (ou symboles). Un mot est une suite finie de caractères. L'ensemble des mots sur Σ est notéΣ^*. Un *langage* est un sous-ensemble deΣ^*, c'est-à-dire un ensemble particulier de mots. Parmi les mots de Σ^* on distingue le mot vide notéϵ. Le mot vide est l'unique mot de longueur zéro.

5.1.2 Automates finis déterministes

Un automate fini déterministe est un quintuplé $(Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ constitué des éléments suivants

- un alphabet fini (Σ)
- un ensemble fini d'états (Q)
- une fonction de transition $(\delta : Q * \Sigma \rightarrow Q)$
- un état de départ $(q_0 \in Q)$
- un ensemble d'états finaux (ou acceptant) $F \subseteq Q$

5.1.3 Fonctionnement d'un automate fini déterministe

L'automate prend en entrée un mot et l'accepte ou il la rejette. On dit aussi qu'il le reconnaît ou ne le reconnaît pas. *Le langage associé à un automate est constitué de l'ensemble des mots qu'il reconnaît*. Voici comment l'automate procède pour décider si un mot appartient à son langage.

- Le processus commence à l'état de départ q_0
- Les symboles du mot sont lus les uns après les autres.
- À la lecture de chaque symbole, on emploie la fonction de transition δ pour se déplacer vers le prochain état (en utilisant l'état actuel et le caractère qui vient d'être lu).
- le mot est reconnu si et seulement si le dernier état (i.e., l'état correspondant à la lecture du dernier caractère du mot) est un état de F.

De façon plus formelle, pour définir exactement le langage reconnu par un automate, nous introduisons la *fonction de transition étendue aux mots*, δ. Elle se définit récursivement comme suit.

- A partir d'un état q en lisant le mot vide ϵ on reste dans l'état q, i.e.,
  $\forall\, q \in Q, \delta(q, \epsilon) = q$
- Étant donné un mot c se terminant par
  $a \in \Sigma$ (i.e., $c = c'a$ avec $c' \in \Sigma \cup \{\epsilon\}$), et un état q de Q,
  $\delta\,(q,\, c) = \delta(q,\, c'a) = \delta\,(\delta(q,\, c'),\, a)$

Nous pouvons maintenant définir le langage $L(A)$ accepté par un automate fini déterministe

$$A = (Q, \Sigma, \delta,\, q_0,\, F).$$

$$L(A) = \{c \mid \delta(q_0,\, c) \in F\}$$

5.1.4 Représentations « compactes » des automates

On peut associer à un automate une *table de transition* qui décrit de manière extensive la fonction de transition δ :

- Une colonne correspond à un caractère de l'alphabet.
- Une ligne correspond à un état de l'automate (l'état initial est précédé d'une flèche « → »; l'état final d'une étoile « * »)

La valeur $\delta(q,\, a)$ pour $q \in Q, a \in \Sigma$ correspond à l'état indiqué à l'intersection de la ligne q et de la colonne a. Notons qu'à partir de cette table il est aisé de retrouver l'ensemble des états ainsi que l'alphabet et donc d'identifier exactement l'automate.

Si nous considérons un exemple correspondant à la table de transition ci-dessous.

	a	b
→1	1	2
* 2	1	2

Il correspond à l'automate $(Q, \Sigma, \delta,\, q_0,\, F)$ avec

$$Q = \{1, 2\}$$
$$\Sigma = \{a,\, b\}$$
$$\delta(1,\, a) = 1, \delta(1,\, b) = 2, \delta(2,\, a) = 1, \delta(2,\, b) = 2$$
$$q_0 = 1$$

$$F = \{2\}$$

Il est facile de voir que le langage de cet automate est constitué exactement des mots composés de a et de b qui se terminent par un b.

Pour représenter de façon très intuitive un automate fini déterministe$(Q, \Sigma, \delta, q0, F)$, on peut utiliser un graphe de transition constitué des éléments suivants :

- Un ensemble de sommets (chaque sommet représente un élément de Q).
- Un ensemble d'arcs entre les sommets valués par un symbole de σ (un arc entre les états q et q' valué par le symbole s signifie que $\delta(q, s) = q'$).
- L'état initial q_0 est marqué par une flèche entrante.
- Les états finaux F sont entourés d'une double ligne.

5.1.5 Application dans la simulation du comportement d'un client

Un client bancaire peut être dans des états variés et variables :

A. Avant de se rendre à la banque ou à l'agence la plus proche, le client détermine d'abord le but ou l'objectif qu'il veut atteindre. Cette phase correspond à la phase d'initialisation de notre agent « client ». C'est bien cette étape qui correspond à la prise de décision où nous incorporons l'intelligence artificielle de l'agent.
B. Pour se rendre à la banque, le client a tendance dans la plupart des cas à se rendre à l'agence la plus proche. Cette étape correspond à l'état de recherché d'agence.
C. A l'intérieur de l'agence, le client fait un choix du guichet suivant le service recherché. Si plusieurs guichets offrent un même service, il aura tendance à choisir le guichet où la queue est moins longue. Cette étape correspond à l'état de choix de guichet.
D. Si le guichet est occupé, il est donc contraint à faire la queue en attendant d'être servi. L'étape est l'état de faire la queue.

Suivant notre configuration, le client ne peut quitter la chaine avant d'être servi. Si donc le guichet est libre, le client se rend au guichet et entre en communication avec le caissier. Les actions qu'il peut exécuter diffèrent d'un objectif à l'autre. Cette phase peut être subdivisée en plusieurs états suivant le but que s'était fixé le client :

E. Faire retrait
F. Création de compte
G. Faire dépôt
H. Commande de chéquier
I. Commande de carte bancaire

J. Commande de reçu
K. Faire un virement bancaire
L. Contracter un crédit
M. Déclarer un compte de salaire
N. Demander le solde

O. Après être servi le client va quitter le guichet. L'état est celle de quitter le guichet.
P. Lors de la prise de décision, l'agent peut décider de se rendre à un guichet automatique de billets (GAB). Après la décision, il passe alors à l'état de recherche de guichet automatique.
Q. Si le guichet automatique est occupé par un autre client, il fait la queue à ce guichet. C'est l'état de faire la queue au guichet automatique.

Pour les guichets automatiques, les services sont prédéfinis. Cette étape de choix du service recherché, est faite des états suivants :

R. Demander le solde au niveau GAB
S. Faire le retrait au niveau GAB
T. Après s'être servi, l'agent décide de quitter le guichet automatique. L'état est celle de quitter le guichet automatique.
U. Suivant les configurations ou la décision des objectifs poursuivis par l'agent pour la simulation, l'agent peut se détruire. Cette phase marque l'état *fin* d'exécution de l'agent.

L'ensemble Q est fait de ces différents états ci-haut cités.

Donc, $Q = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U\}$

L'alphabet est fait de différentes conditions qui influencent le passage d'un état à un autre. $\Sigma = \{0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10\}$

La table de transition du comportement de l'agent vis-à-vis de différents états et des conditions dans lesquelles il se trouve est représentée à la Table 2.

Table 2 : Table de transition de l'agent

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
→A	A	B	P	U	-	-	-	-	-	-	-
B	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	D	B	-	-	-	-	-	-	-	-

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	-	N	E	G	K	F	J	H	I	L	M
E	E	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	F	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	G	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	H	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	I	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
J	J	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	K	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	L	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M	M	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N	N	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-
O	-	C	A	-	-	-	-	-	-	-	-
P	-	Q	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q	-	R	S	-	-	-	-	-	-	-	-
R	R	T	S	-	-	-	-	-	-	-	-
S	S	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
*U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Le graphe de transition est représenté en Figure 10

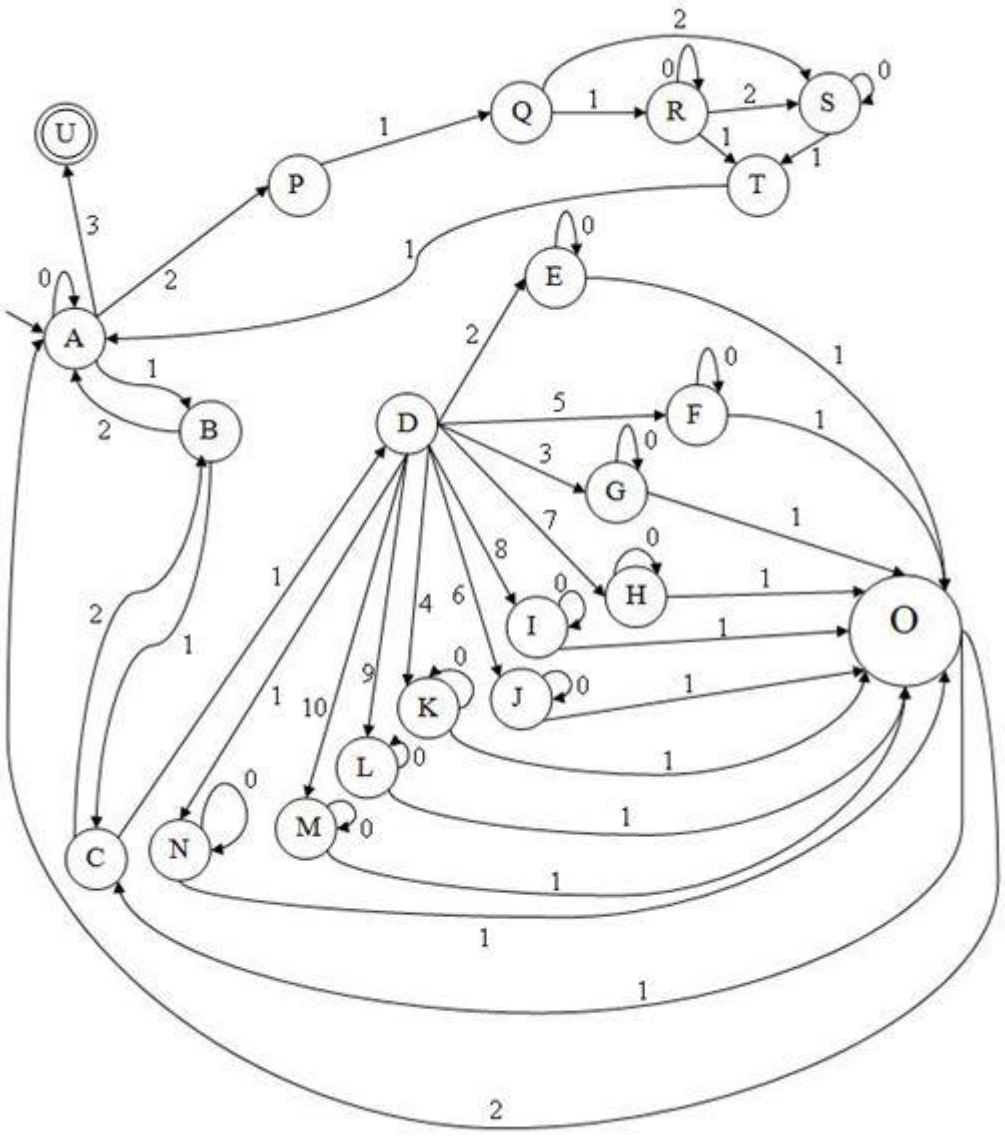


Figure 10 : Automate modélisant le comportement de l'agent client

5.2 Théorie des files d'attente

5.2.1 Evolution de la théorie des files d'attente

La théorie des files d'attente a été définie au début du XXe siècle par Agner Krarup Erlang (1878-1929), mathématicien danois qui a travaillé sur la gestion des réseaux téléphonique et la théorie des files d'attente. Il s'est attelé sur la base des travaux de Poisson dont la loi des événements rares, à élaborer un modèle mathématique pour le dimensionnement des réseaux de télécommunications basé sur les statistiques.

L'honneur revient également au chercheur Conny Plans qui a mit la forme finale de la théorie des files d'attente et qui a émis un ensemble de livres dans la période (1936-1946). Et en 1984, Linda Green a publié son travail concernant la théorie des files d'attente et elle a mentionné les systèmes qui contiennent deux types des clients arrivés et deux types de centre de service.).

Cette théorie a été en pleine expansion dans les années 1950 avec des scientifiques comme G.F. O'Dell, Andrei Kolmogorov, C.D Cormellin et David Kendall.

Elle est définie comme des modèles mathématique des de la recherche opérationnelle et une des méthodes quantitatives qui la direction ou les responsables de prise de décisions à prendre leurs décisions. Le but de cette théorie est l'étude et l'analyse des attitudes caractérisées par des points de passage ou forment des filles d'attente et delà prendre la décision adéquate pour ces attitudes.

C'est aussi un outil probabiliste permettant de modéliser le fonctionnement de serveurs.

La théorie des files d'attente est une théorie mathématique qui vise à optimiser les ressources disponibles et gérer le temps d'attente des clients sollicitant un service précis pour une durée de temps déterminée.

5.2.2 Objectifs de la théorie des files d'attente

L'objectif est de diminuer le temps d'attente du client tout en minimisant les coûts de fonctionnement.

Il s'agit de réduite l'impact négatif du temps d'attente des clients et de lui attribuer une perception plus agréable, tout en apportant une valeur ajoutée à l'organisation. La théorie des files d'attente aide les managers pour comprendre et prendre la meilleure décision concernant les opérations du système impliquant une file d'attente. Cette théorie se dévoile comme un renfort permettant de gérer la file d'attente dans un établissement et garantir la satisfaction de tous les clients pour prendre les meilleures décisions. Elle a pour objet l'étude de système où des entités, appelées clients, cherchent à accéder à des ressources, généralement limitées, afin d'en obtenir un service.

Cette théorie est mise en œuvre afin d'optimiser les activités de l'entreprise améliorer la gestion des clients**.** Elle constitue en fait, un des outils clés dans sa gestion.

5.2.3 Description de la théorie des files d'attente

La notation de Kendall permet de désigner de manière synthétique un système de file d'attente : $A/S/P/K/D$, ses termes sont les suivants :

A : la loi des inter-arrivées ou du processus d'arrivée.

S : la loi de service.

P : le nombre de serveurs.

K : la capacité du système, c'est-à-dire la salle.

D : la discipline ou politique de service, c'est-à-dire comment et dans quel ordre les clients sont servis.

La discipline d'attente, est la règle de priorité déterminant l'ordre dans lequel les clients vont accéder à la ressource modélisée par le serveur. Les disciplines d'attente classiques, ainsi que leurs acronymes, sont entre autre :

- FIFO : first in first out « premier arrivé, premier servi », c'est la discipline de service employée le plus souvent et c'est celle qui sera admise par défaut ;
- LIFO : last in, first out « dernier arrivé, premier servi » ;
- SIRO : service dans un ordre aléatoire ;
- RR : round robin « les clients sont servi à tour de rôle » pendant un intervalle de temps fixe, appelé « quantum ».
- PS : processor sharing « cas limite de la discipline RR lorsque le quantum tend vers zéro ».

Ainsi les caractéristiques de la théorie des files sont :

- Le taux moyen d'arrivée des clients(λ) suit la distribution de Poisson.
- Le taux moyen de service (μ) suit la distribution exponentielle.
- λ‹μ.
- La discipline du service est sur la base de FCFS (First Come First Served).)
- Comme il est nécessaire de définir les paramètres de la théorie des files d'attente :
- n : représente le nombre des individus dans le système (dans la file et au service)
- p : représente la probabilité de n individus dans le système.

5.2.4 Analyse économique de la théorie des files d'attente

L'objectif de la théorie des files d'attente est de satisfaire aux mieux les clients tout en minimisant ses couts.

Les couts dans les modèles de la théorie d'attente se subdivisent en deux types :

1) Les couts de service : c'est les couts résultants du fonctionnement des serveurs des matériaux, appareils, des employés … etc., et c'est évident que ces couts augmentent avec l'augmentation du niveau de service
2) Les couts d'attente : ce sont les couts résultants de la diminution de la qualité du service dans le système pour le servir, et elle contient la perte des clients qui quittent la file d'attente pour sa longueur et la perte d'autres clients qui les influencent et leur reportent la mauvaise réputation du système.

La relation du cout total et du nombre des serveurs peut être représenté par le graphe suivant

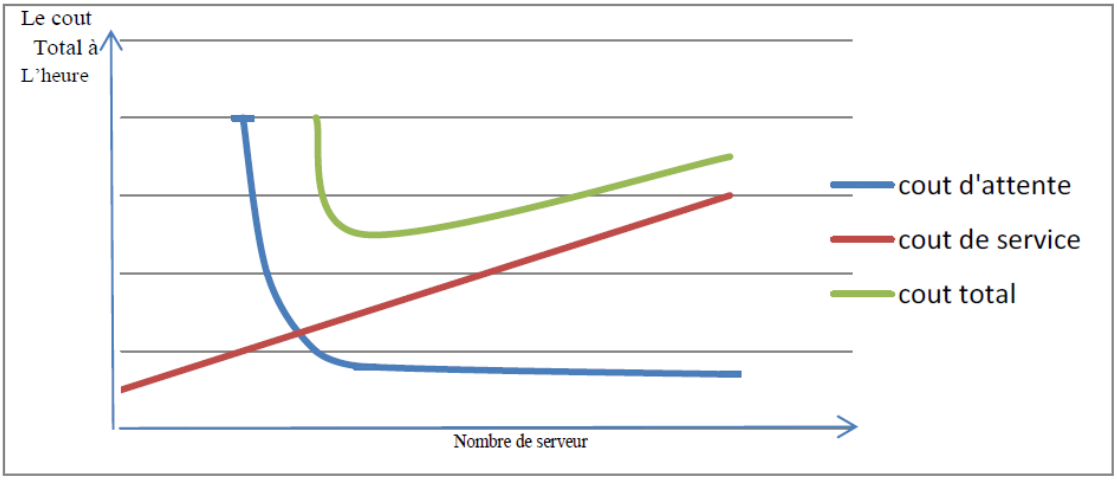


Figure 11 : Evolution du cout total par rapport au nombre de serveur

Pour mettre le model de cout total des files d'attente on pose :

$$TC = C(w)L + C(s)K \quad (1)$$

En réalité la détermination du cout d'attente est plus difficile que le cout de service, par ce qu'il n'existe pas de critère évident qui l'explique, et sa détermination reste alors soumise à une appréciation c'est-à-dire, elle est proportionnelle, alors que le cout de service est évident et facilement mesurable résultant du service fourni.

5.2.5 Modélisation mathématique de la théorie des files d'attente

Il existe plusieurs modèles utilisés en files d'attente, nous citrons ci-dessous les modèles les plus utilisés dans les bureaux de prestations de services et les banques, dont le taux moyen d'arrivée des clients (λ) suit la distribution de Poisson et le taux moyen de service (μ) suit la distribution exponentielle.

Considérons une file d'attente type $M/M/1$ qui est définie par le processus stochastique suivant. On suppose que les instants d'arrivées des clients sont distribués selon un

processus de Poisson d'intensité λ et que les temps de service sont indépendants (et indépendants du processus d'arrivée) et suivent la loi exponentielle de paramètre μ.)

C'est le model qui a une seule file pour offrir un service, et suppose la réunion de certaines conditions dans ce système qui sont :

- Les clients sont servis selon la règle du premier venu premier servi, comme il est supposé que chaque client rejoigne la file au moment de son arrivé et qu'il ne le quitte qu'après avoir été servi.
- Le processus d'arrivé des clients est indépendant les uns des autres, mais la taux moyen d'arrivée est constant.
- L'arrivé aléatoire des clients suit la loi de Poisson de paramètre (λ) par unité de temps, ainsi que les autres qui reçoivent le service sont d'une population infinie ou très grande.
- La durée de servir les clients diffère d'un client à un autre, et le temps moyen de service est connu et défini.
- Le temps de service suit la loi exponentielle de taux (μ) dans par unité de temps.
- Le taux d'arrivée est inférieur au taux de service ($\lambda < \mu$).

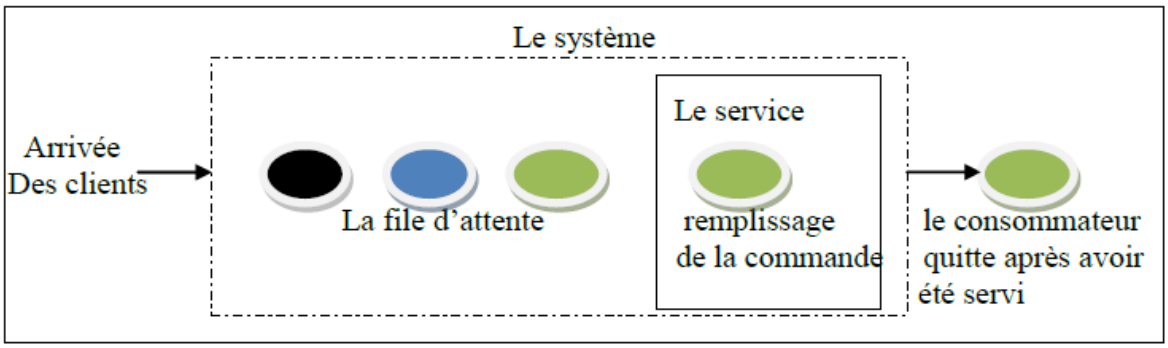


Figure 12 : Schéma représentant la file d'attente

Nous pouvons identifier les mesures de l'efficacité de ce modèle à travers le calcul des indicateurs suivants :

- Probabilité qu'aucune unité ne se trouve dans le système:

$$P\,(0) \;=\; 1 - \;(\lambda/\,\mu) \qquad (2)$$

- Le nombre moyen des unités dans la file:

$$L(q) \;=\; \lambda^2/\,\mu(\,\mu - \;\lambda) \qquad (3)$$

- Le nombre moyen des unités dans le système:

$$L = L(q) + (\lambda/\mu) = \lambda^2/\mu(\mu - \lambda) + (\lambda/\mu) \quad (4)$$

- Le temps moyen que l'unité passe dans la file:

$$W(q) = L(q)/\lambda = (\lambda^2/\mu(\mu - \lambda))/\lambda \quad (5)$$

- Le temps moyen que l'unité passe dans le système:

$$W = W(q) + (1/\lambda) = (\lambda^2/\mu(\mu - \lambda))/\lambda + (1/\mu) \quad (6)$$

- Probabilité d'attendre l'arrivée d'une unité pour un service, ou probabilité de trouver des unités dans le système:

$$P(w) = \lambda/\mu \quad (7)$$

- Probabilité de N unités dans le système:

$$P(N) = (\lambda/\mu)N\ P\ (0) \quad (8)$$

Dans le cas du modèle M/M/k, il existe plus qu'un centre pour offrir un service, ainsi les clients se présentent dans une seule file puis, chacun se dirige au centre libre pour en recevoir le service.

Les conditions supposées pour ce modèle sont les mêmes que le modèle simple, sauf que, puis ce que les centres de service sont multiples, alors la condition qui stipule que le taux d'arrivée est inférieur au taux de service devient ($\lambda < k\ \mu$) avec k est le nombre de centre de service.

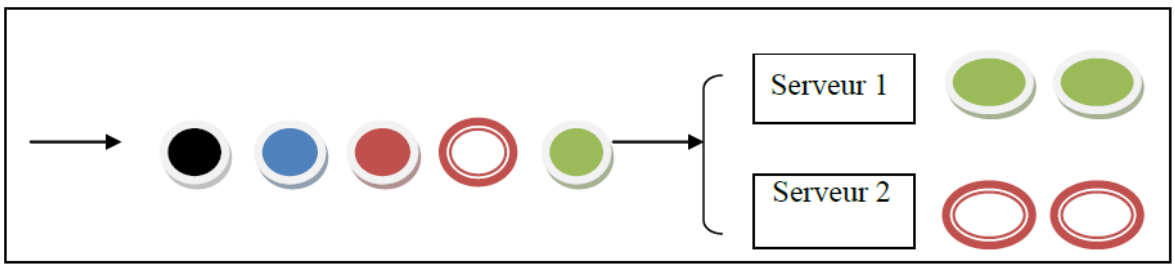


Figure 13 : Schématisation du modèle M/M/k avec k=2

Puis que μ est le taux moyen de service pour chaque station, kμ représente le taux moyen de service pour le système de multiple service:

$$P(0) = 1/(\sum_{N=0}^{k-1}(\lambda/\mu)/N! + (((\lambda/\mu)^k/k!)(k\mu/(k\mu - \lambda))))^N \quad (9)$$

- Le nombre moyen des unités dans la file :

$$L(q) = ((\lambda/\mu)^k \lambda\mu) / (k-1)!\,(k\mu - \lambda)^2)\, P(0) \quad (10)$$

- Le nombre moyen des unités dans le système :

$$L = L(q) + (\lambda/\mu) \quad (11)$$

- Le temps moyen que l'unité passe dans la file :

$$W(q) = L(q) / \lambda \quad (12)$$

- Le temps moyen que l'unité passe dans le système :

$$W = W(q) + (1/\mu) \quad (13)$$

- Probabilité d'attendre l'arrivée d'une unité pour un service, ou probabilité de trouver des unités dans le système :

$$P(w) = 1/k!\,(\lambda/\mu)k\,(k\mu/(k\mu - \lambda))\, P(0) \quad (14)$$

- Probabilité de N clients dans le système: pour $N < k$

$$P(N) = ((\lambda/\mu)N/N!)\, P(0) \quad (15)$$

Pour $N > k$

$$P(N) = ((\lambda/\mu)N/k!\,k(N-k))\, P(0) \quad (16)$$

- Probabilité de N clients dans le système (système rempli):

$$P(n) = (\lambda/\mu)n\, P(0) \quad (17)$$

Il existe d ;autres types ou formes de files d'attente comme la file $\boldsymbol{M/G/1}$: Une file $M/G/1$ est caractérisée par un processus d'arrivée Poissonnien et par des temps de service indépendants et identiquement distribués selon une loi de probabilités « quelconque » (mais ne prenant que des valeurs non négatives) ainsi que la file $\boldsymbol{M/G/k}$. Parmi les modèles les plus importants et réguliers dans la vie quotidienne, c'est l'absence d'une file d'attente. L'unité qui arrive au serveur, doit être servie immédiatement, sinon, tous les serveurs sont considérés comme occupés, c'est-à-dire un surplus des unités dépassant le nombre de serveurs. Ainsi, cette unité quittera le système sans être servie, ou reviendra pour le service ultérieurement.

Après avoir évoqué les objectifs et les modèles de la théorie des files d'attentes, nous présenterons dans ce qui suit une application le cas de notre système.

5.2.6 Application de la théorie des files d'attente sur notre système

La file d'attente symbolise un problème auprès de tous ceux qui ont une approche fonctionnelle, pragmatique, opérationnelle de leur bureau de poste. Elle constitue donc un outil très efficace à la résolution de plusieurs problèmes de la gestion bancaire.

Les « clients » sont des requêtes exécutées au niveau du serveur pendant un temps quelconque. Pour notre cas, le temps d'exécution d'une requête est fixé à 0,5 secondes. Seul le nombre n de requêtes exécutées simultanément pendant ces 0,5 secondes est paramétrable. Nous utilisons donc le modèle $M/M/k$ avec $k = n$. Lors de la simulation, le gestionnaire ou plutôt l'utilisateur de notre logiciel analyse les performances du serveur grâce aux différents indicateurs utilisés pour mesurer l'efficacité du système. L'interface lui offre donc les possibilités de pouvoir configurer le serveur à sa guise.

Les clients se présentent aléatoirement sur le guichet. Le temps de service dépend de plusieurs facteurs : l'efficacité du caissier et le temps d'aller-retour de la requête. L'analyse de performance de la gestion de la file d'attente suit, soit le modèle $M/M/1$ si dans l'agence il n'y a qu'un seul guichet offrant un service donné, soit le modèle $M/M/k$ dans le cas où plusieurs guichets offrent un même service. La variable k est donc égal au nombre de guichets.

5.3 Théorie des graphes

Les graphes sont des structures mathématiques qui sont particulièrement courantes en informatique. Aussi, de nombreux algorithmes importants et remarquables portent sur eux. Comme le nom l'indique, l'idée de ce qu'est un graphe se comprend le mieux avec un dessin ; c'est un ensemble de sommets qui peuvent être joints deux-à-deux par des arêtes. Lorsque ces arêtes ont un sens, généralement représenté par une flèche, on parle de graphe orienté ; ces arêtes orientées sont également appelées arcs.

5.3.1 Principes généraux de la théorie des graphes

Lorsque l'on abstrait les propriétés d'un système réel, on trouve très souvent un graphe. Les sommets comme les arêtes pouvant correspondre à des objets et liens soit matériels (villes, routes. . .) soit conceptuels (liens d'amitiés. . .). Dans tous les cas, un problème courant est de trouver un chemin dans un graphe, joignant un sommet à un autre. Voici quelques exemples réels importants ; ils sont grossièrement ordonnés des plus matériels aux plus abstraits :

Réseau routier Un réseau de transport (routier, ferroviaire, mixte Métro, bus et tram, etc.) peut être vu comme un graphe dont les villes ou les stations sont les sommets et les routes ou voies ferrés les arêtes. Le graphe sera orienté ou non suivant que ces liaisons peuvent être à sens unique ou non. Trouver un chemin d'un point à un autre est le travail typique d'un logiciel de guidage.

Les réseaux électriques ou hydrauliques sont d'autres exemples clairs. Ils illustrent bien les questions de débit maximal qui apparaissent dans de nombreux algorithmes intéressants.

Réseaux de télécommunication Les nœuds des réseaux physiques de communication (téléphones fixes, téléphone mobiles, internet. . .) sont également les sommets d'un graphe dont les liaisons filaires ou radio sont les arêtes. La question de trouver un chemin vers une destination prend alors une tournure différente, la difficulté principale est que de très nombreux paquets ou messages doivent trouver une route vers leurs destinations en parallèle. C'est la question du routage.

Réseau sociaux L'information, précieuse, dont dispose les opérateurs de réseaux sociaux, est un graphe dont les utilisateurs sont des sommets et les liens d'amitiés les arêtes. Cela permet d'ajouter ensuite de nouveaux types d'arêtes représentant, par exemple, les centres d'intérêts, porteurs d'enjeux économiques importants (publicités ciblées. . .). On cherche alors, par exemple, à identifier des groupes de membres plus fortement reliés.

Le web l'ensemble mondial des pages web est un exemple connu de graphe orienté. Les pages en sont des sommets, et les arcs indiquent qu'une page pointe vers une autre. La manière ont sont organisés ces pointeurs est cruciale pour permettre aux moteurs de recherche de déterminer quelles sont les pages intéressantes. La taille de ce graphe (on parle de mille milliards de sommets) rend les questions d'efficacité algorithmique cruciales.

Un jeu comme les échecs à une structure de graphe sous-jacente : les sommets sont les états du jeu, les arcs correspondent aux coups possibles, passant d'une position à une autre. Gagner correspond alors à trouver un chemin vers une position mat. Là encore, c'est le grand nombre de coups et de positions, c'est-à-dire la taille du graphe, qui rend ces questions d'exploration difficiles et intéressantes.

La planification de tâches lorsque l'on est face à un large nombre de tâches à accomplir, dont certaines doivent être effectuées avant d'autres, on est en face d'un graphe de dépendance. Il y a un arc (orienté) de A vers B lorsqu'il est nécessaire d'avoir effectué A avant de commencer B. Il faut alors, par exemple, trouver un ordre dans lequel effectuer ces tâches.

Ces questions d'ordonnancement sont présentes dans de nombreux secteurs d'activité. L'informatique elle-même en est une grande consommatrice ; un exemple sont les logiciels

complexes composés de nombreux fichiers ou modules sont des graphes orientés : il y a un arc entre deux fichiers si le premier fait référence au second et doit donc être compilé après lui. Un autre exemple est la parallélisassions partielle des calculs dans un processeur multi-cœurs.

En plus de la question de l'orientation ou non des arêtes, on précise en général, un certain nombre de points :

- Dans certains cas, le graphe considéré peut comporter des arcs (respectivement des arêtes) parallèles, c'est-à-dire s'il peut y avoir plus d'un arc (respectivement arêtes) joignant les mêmes sommets x à y. Lorsque c'est le cas, on parle parfois de multi-graphe.
- Le graphe peut, ou pas comporter des boucles, c'est-à-dire des arêtes ou arc joignant un sommet à lui-même.
- Le nombre de sommets, comme celui d'arêtes ou d'arcs, peut être fini ou infini. On parle, pour simplifier, de graphe fini ou de graphe infini.

Pour notre cas, nous considérerons des graphes finis, sans arcs ou arêtes parallèles. Cela nous permet d'utiliser les définitions simples qui suivent.

Un **Graphe orienté** $G = (S, A)$ est donné par un ensemble S de **sommets** et un ensemble $A \subset S \times S$ d'**arcs**.

On dit que l'**arc** (x, y) **joint** le sommet x au sommet y, que x est l'origine de l'arc et y sa destination. On dit aussi que y est un **successeur** de x.

Un Graphe non-orienté est donné par un ensemble S de sommets et un ensemble $A \subset S \times S$ d'arêtes, tel que

$$\forall (x, y), (x, y) \in A, (y, x) \in A.$$

En présence d'une arête (x, y), on dit que y est un **voisin** de x.

On note $|S|$ le nombre de sommets et $|A|$ le nombre d'arêtes. Les complexités algorithmiques dépendront typiquement de ces deux dimensions. Le nombre maximal d'arêtes est évidemment$|S|^2$, et un graphe dont le nombre d'arêtes est relativement proche de ce maximum est dit dense. Un graphe peu dense est dit creux ; on utilise souvent l'adjectif anglais sparse.

Etant donné un graphe orienté, on passe au graphe non-orienté sous-jacent en transformant les arcs en arêtes. Une boucle est un arc ou une arête joignant un sommet x à lui-même.

Essentiellement, on passe d'un graphe à un sous-graphe en enlevant un certain nombre de sommets et/ou d'arcs/arêtes. Plus précisément.

Soit un graphe $G = (S, A)$. Un **graphe** $G' = (S', A')$ est un sous-graphe de G si et seulement si $S' \subset S$ et $A' \subset A$.
Soit un graphe $G = (S, A)$. Etant donné $S' \subset S$, le **sous-graphe de G induit** par S' est définit comme (S', A') où A' est l'ensemble des arcs (arêtes) de A qui joignent deux sommets de S'.

Une question récurrente est, étant donné un graphe, de se rendre d'un sommet A à un sommet B en ne parcourant que d'arcs/arêtes. C'est ce qu'on appelle trouver un chemin de A à B. C'est évidemment l'une des tâches premières d'un logiciel de navigation. En général, on cherchera un chemin qui optimise certaines mesures (le minimum d'arêtes, le moins de kms possibles, etc.).

Un chemin de x à y est donné par une suite d'arcs (respectivement d'arêtes) $a0, \dots, an$ et de sommets $z0, \dots, zn + 1$ tels que ai joigne zi à $zi + 1$ et z0 = x et $zn + 1 = y$.

Le chemin est simple s'il ne passe pas deux fois par le même sommet, c'est-à-dire que les zi sont distincts deux-à-deux.

On remarque qu'il existe un chemin vide de tout sommet x à lui-même.

S'il existe un chemin de x à y, on dit que y est accessible à partir de x.

Si le graphe est non-orienté, cette relation est symétrique et on dit aussi que x et y sont connectés. Il est clair que :

- Cette relation est transitive : s'il existe un chemin de x à y et un chemin de y à z, alors il existe un chemin de x à z.
- Dans le cas d'un graphe non-orienté, cette la relation de connexion est donc une relation d'équivalence.

Un graphe non-orienté est connexe si entre deux sommets quelconques il existe toujours un chemin.

Etant donné un graphe non-orienté $G = (S, A)$.Un ensemble de sommets $S' \subset S$ est connexe si le sous-graphe induit par S'est connexe.

Une composante connexe S' d'un graphe non-orienté est une classe d'équivalence de la relation de connexion. C'est donc aussi une partie connexe qui est maximale au sens de l'inclusion. C'est-à-dire :

Soit $x \subset S'$; alors quel que soit $y \subset S$, il existe un chemin de x à y si et seulement si $y \subset S'$.

Les composantes connexes forment donc une partition de S.

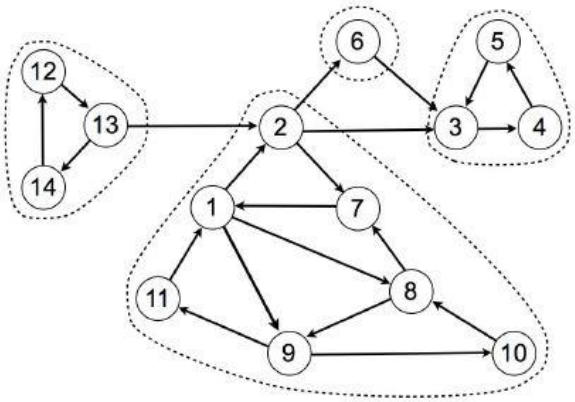


Figure 14 : Composantes fortement connexes d'un graphe orienté

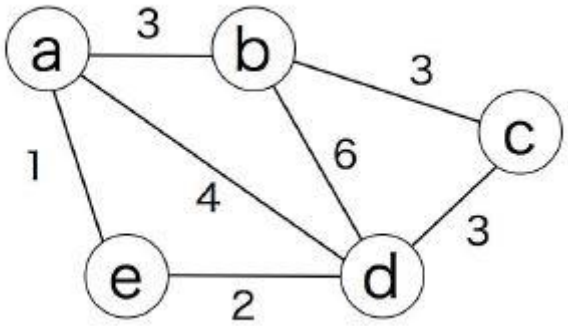


Figure 15 : Graphe valué (non-orienté)

Pour les graphes orientés, l'existence d'un chemin de x à y n'implique pas forcément l'existence d'un chemin inverse de y à x. La notion intéressante est alors la forte connexité.

Deux sommets x et y d'un même graphe sont fortement connectés s'il existe un chemin de x à y et un chemin de y à x. Un graphe orienté est fortement connexe si quels que soient les sommets x et y, ils sont fortement connectés.

Etant donné un graphe orienté$G = (S, A)$. Un ensemble de sommets $S' \subset S$ est fortement connexe si le sous-graphe induit par S' est fortement connexe. Une composante fortement connexe de G est une classe d'équivalence pour la relation de connexion forte. C'est-à-dire aussi un ensemble de sommets S' fortement connexe qui est maximale pour l'inclusion :

Soit $x \in S'$; alors quel que soit$y \in S$, $y \in S'$ si et seulement y et x sont fortement connectés.

La Figure 14 montre la décomposition d'un graphe orienté en composantes fortement connexes.

Un circuit est un chemin joignant un sommet x à lui-même. Un circuit simple est appelé un cycle.

Les algorithmes intéressants considèrent souvent des graphes munis d'informations supplémentaires. Un cas courant est celui ou les arêtes, ou les arcs, portent une valeur numérique. Cette valeur peut typiquement correspondre à la longueur de la route, au débit maximal du tuyau, à l'argent qu'il faudra dépenser pour la parcourir (essence + péage), etc... On cherchera alors à minimiser ou maximiser la valeur associée ; par exemple la longueur du chemin, le temps de parcours ou l'essence consommée.

5.3.2 Représentations informatiques des graphes

Cette représentation n'est pas la plus courante. Elle est surtout utilisable pour les graphes denses. On représente les sommets par leur numéro de 0 à $n - 1$. On représente ensuite l'information d'adjacence avec une matrice, c'est-à-dire aussi un tableau M à deux dimensions de taille $n \times n$. La valeur en $Mi; j$ indique s'il existe un arc entre les sommets i et j : $Mi; j = 1 \Leftrightarrow (i,j) \in A \qquad Mi; j = 0 \Leftrightarrow (i,j) < A$.

On voit tout de suite que :

- Cette représentation n'autorise pas les arcs ou arêtes parallèles,
- Cette représentation fonctionne pour les graphes orientés ; un graphe non-orienté représenté par une matrice symétrique,
- on peut étendre cette représentation aux graphes ayant des arcs valués ; $Mi; j$ prend alors la valeur de l'arc correspondant ; il faudra alors choisir une valeur correspondant à l'absence d'arc (suivant le contexte 0, l'infini, etc.).

La représentation matricielle est gourmande en mémoire et n'est pas utilisable pour les graphes comportant trop de sommets. Lorsque la densité est faible, on voit aussi qu'il faut parcourir une ligne de la matrice, c'est-à-dire $|S|$ cases, pour énumérer tous les voisins d'un sommet. En revanche, lorsque l'on peut l'utiliser, elle permet de calculer la connexité, ou la distance entre toutes les paires de sommets de manière efficace et élégante par produit de matrices pour calculer la clôture transitive du graphe.

Lorsque le graphe est moins dense, c'est-à-dire que $|A|$ est fortement inférieur à $|S|^2$, la représentation matricielle est rapidement trop gourmande en mémoire. On utilise alors des

représentations où, à chaque sommet on sait associer la liste de ses voisins (ou de ses successeurs, si le graphe est orienté). Dans le pseudocode des algorithmes décrits dans la suite, nous utiliserons la notation *s.voisins* pour la liste des voisins (ou successeurs) d'un sommet *s*. En plus de limiter la mémoire nécessaire, une telle représentation permet d'accéder plus rapidement aux voisins d'un sommet ; avec les matrices d'adjacence, il faut parcourir les indices correspondant à tous les sommets du graphe à chaque fois.

Nous remarquons que représentation est beaucoup plus proche de la géométrie du graphe que ne l'est la représentation matricielle.

5.3.3 Parcours de graphes

Une vaste famille de problèmes est résolue en parcourant un graphe, ou au moins une de ses composantes connexes : on part d'un sommet, passe à un de ses voisins. Parcours en profondeur d'abord, le DFS. Le parcours en profondeur d'abord est souvent désigné par son acronyme anglais : DFS pour *depth first search*. Le principe du parcours en profondeur est simple :

- Le prochain sommet parcouru est un voisin (non encore visité) du dernier sommet visité.
- Si jamais tous les voisins du dernier sommet sont déjà visités, alors on cherche parmi les voisins de l'avant-dernier sommet visité, et ainsi de suite.

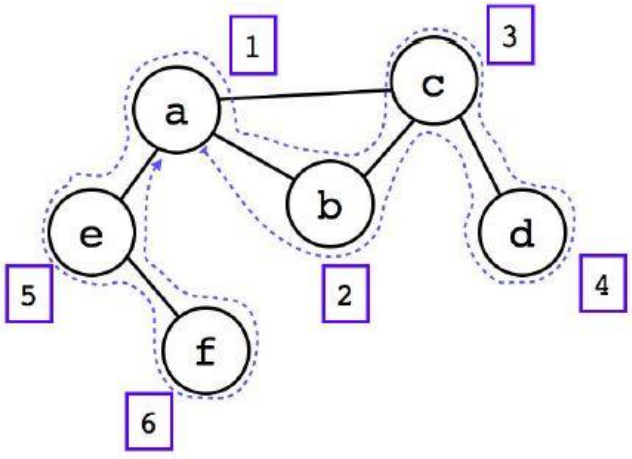


Figure 16 : Parcours en profondeur d'abord (DFS)

A noter que pour un graphe donné, et même en fixant le sommet de départ, il peut y avoir plusieurs parcours en profondeur possibles. La Figure 16 présente un parcours en profondeur possible, pour un graphe et un sommet de départ donnés.

Un parcours en profondeur d'abord est obtenu naturellement, lorsque l'on représente la frontière par une pile (LIFO, last in first out), puisqu'on poursuit le parcours à partir du

dernier sommet visité. Un premier intérêt du parcours en profondeur est qu'il est facile à programmer ; plus précisément à programmer récursivement. En effet, il n'est pas nécessaire de représenter explicitement la frontière. La pile des appels récursifs suffit. La pile des appels récursifs suffit. Le pseudo-code du parcours DFS :

```
DFS(s)
  s.state ← Frontiere
  pour s' ∈ s.voisins faire
     { si s'.state = NonVu
     { alors DFS(s')
  s.state ← Vu
```

Dans le cas le plus simple, on programme donc DFS en n'utilisant que deux états pour les sommets : Vu et $NonVu$

```
DFS(s)
  s.state ← Vu
  pour s' ∈ s.voisins faire
     { si s'.state = NonVu
     { alors DFS(s')
```

Le parcours DFS traite chaque sommet et chaque arcs (ou arête). Suivant la densité du graphe, c'est le nombre d'arcs ou le nombre de sommets qui sera dominant. La complexité du parcours est en $O(|A| + |S|)$

On voit que la DFS commence par partir au plus loin du sommet de départ. Le parcours en largeur d'abord ou *breadth-first search* (BFS) commence lui par parcourir les sommets à distance 1 du sommet de départ, puis à distance 2, etc... Il permet donc de calculer les distances de chaque sommet par rapport au sommet de départ. On obtient naturellement un parcours en largeur d'abord en utilisant une file d'attente (FIFO, first-in-first-out) pour représenter la frontière.

Voici une description de BFS, qui calcule de plus, pour chaque sommet accessible sa distance. Tout comme la DFS, la complexité du parcours BFS pour un graphe $G = (S, A)$ est de $O(|A| + |S|)$.

5.3.4 Recherche des plus courts chemins dans un graphe

Lorsque la longueur d'un chemin dans un graphe est définie par le nombre d'arcs ou d'arêtes parcourus, on a vu que les plus courts chemins depuis un sommet d (comme « départ ») sont construits par un parcours en largeur d'abord (BFS). L'algorithme décrit

ci-dessous, dû au grand informaticien néerlandais Edsger Dijkstra (1930-2002) généralise ce résultat au cas de graphes avec des arcs (ou arêtes) valués. C'est-à-dire que chaque arc porte une valeur, ou poids, positive, et la longueur (ou le poids) d'un chemin est défini comme la somme des poids des arcs qui le composent.

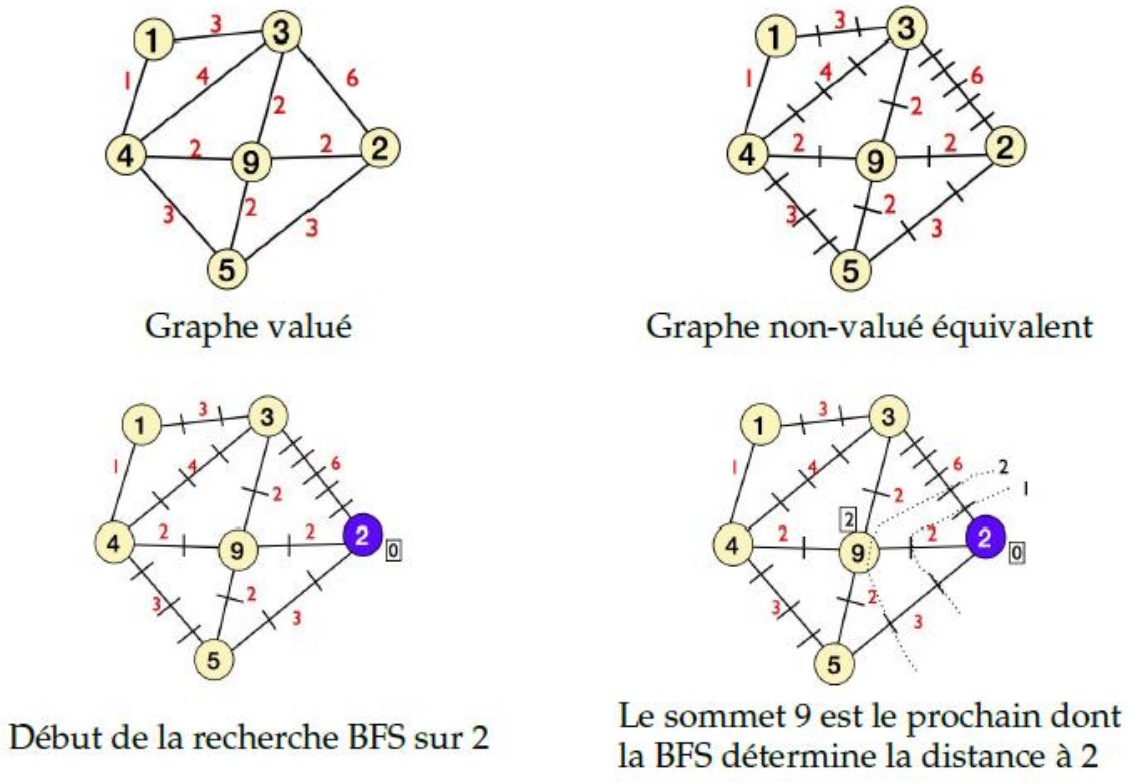


Figure 17 : Graphe valué ramenant à un graphe non-valué BFS

L'algorithme de Dijkstra fonctionne pour des graphes orientés ou non. En revanche, il ne fonctionne que si les poids des arcs sont tous positifs ou nuls. S'il existe des poids négatifs, il faut utiliser un algorithme comme celui de Bellman-Ford.

D'une certaine manière, l'algorithme de Dijkstra suit un parcours BFS, en largeur d'abord. Les sommets sont marqués, *NonVu*, puis *Frontiere* et enfin *Vu*. De plus, chaque sommet *Frontiere* ou *Vu* porte une information de distance, qui indique la longueur du plus court chemin depuis départ trouvé à ce stade. Chaque sommet est marqué *Vu* précisément lorsque l'on sait que l'on a trouvé le plus court chemin vers ce sommet.

On peut expliquer le principe de l'algorithme de Dijkstra en prenant le cas d'un graphe dont les poids des arcs sont des entiers naturels. En ajoutant des sommets sur les arcs, on peut alors se ramener au cas des graphes non-valués ; voir la Figure 17. Sur un tel graphe, on peut utiliser un parcours BFS classique. Un certain nombre d'étapes du parcours BFS ne concernent que ces nouveaux sommets. En revanche, on voit que parmi les sommets du

graphe valué originel, c'est à chaque fois celui qui est le plus près du sommet d'origine qui est atteint en premier.

On précise cela avec l'algorithme de Dijkstra. On n'utilise plus ces sommets additionnels.

Dijkstra(G, d)
pour chaque s sommet de G **faire** $s.state \leftarrow NonVu$
$d.state \leftarrow Frontiere$
$d.dist \leftarrow 0$
$F \leftarrow \{d\}$
tant que $F \neq \emptyset$ **faire**
  $s \leftarrow$ élément de F avec $s.dist$ minimal
  $F \leftarrow F \setminus \{s\}$
  $s.state \leftarrow Vu$
  pour chaque $s' \in s.voisins$ **faire**
    si $s'.state = NonVu$
      alors $s'.state \leftarrow Frontiere$; $F \leftarrow F \cup \{s'\}$; $s'.dist \leftarrow s.dist + d(s, s')$; $s'.pere \leftarrow s$
    sinon si $s'.state = Frontiere \wedge s'.dist \leq s.dist + d(s, s')$
      alors $s'.dist \leftarrow s.dist + d(s, s')$; $s'.pere \leftarrow s$

Figure 18 : Algorithme de Dijkstra

Par ailleurs, pour chaque sommet visité, c'est-à-dire dans un état Vu ou $Frontiere$, on maintient une distance avec le sommet de départ. Lorsque le sommet est à l'état $Frontiere$, cette distance n'est que la meilleure trouvée jusqu'à ce point de l'exploration. Lorsque le sommet est marqué Vu, on est sûr qu'il s'agit bien de la longueur du plus court chemin. Le choix glouton de l'algorithme de Dijkstra intervient dans la manière dont est choisi le prochain sommet marqué Vu : on choisit simplement celui dont la marque de distance est la plus courte. On obtient l'algorithme donné en Figure 18. A ce stade, on ne précise pas l'implémentation de la frontière, et donc comment est choisi ce sommet.

La correction de l'algorithme de Dijkstra est le plus clairement traitée comme un problème classique d'invariant. Au cours de l'exécution on a :

1) si $s.state = Vu$, alors $s.dist$ est la longueur du plus court chemin depuis d vers s. De plus, $s.pere$ est le dernier sommet de ce chemin avant s.
2) si $s.state = Frontiere$, alors $s.dist$ est la longueur du plus court chemin de d vers s qui ne passe que par des sommets Vu. De plus, le dernier sommet de ce chemin est $s.pere$.

On montrer donc que cet invariant est préservé par le choix glouton. Soit s le sommet marqué $Frontiere$ avec la distance minimale.

Il nous faut d'abord vérifier qu'il n'y a pas de chemin plus court allant de d à s. Un tel chemin commence par des sommets marqués Vu. Il passe ensuite forcément par un sommet $Frontiere$, que nous appellerons s'. On sait alors que le chemin parcouru de d à s' est au moins égal à $s.dist$. Or $s'.dist \geq s.dist$, par choix de s. Comme le chemin de s' à s est de longueur positive, le chemin parcouru de d à s est bien au moins égal à $s.dist$. On remarque qu'on utilise bien ici le fait que les arcs ont tous des poids positifs.

```
Dijkstra(G, d)
pour chaque s sommet de G faire s.state ← NonVu
d.state ← Frontiere
d.dist ← 0
F ← ∅
F.add(d)
tant que !F.isEmpty() faire
    s ← F.pop()
    si s.state = Frontiere
    alors { s.state ← Vu
            pour chaque s' ∈ s.voisins faire
                si s'.state = NonVu
                alors { s'.state ← Frontiere
                        s'.dist ← s.dist + d(s, s')
                        s'.pere ← s
                        F.add(s', s'.dist)
                sinon si s'.state = Frontiere ∧ s'.dist ≤ s.dist + d(s, s')
                alors { s'.dist ← s.dist + d(s, s')
                        F.add(s', s'.dist)
                        s'.pere ← s
```

Figure 19 : Algorithme de Dijkstra implémenté avec une file de priorité

Il nous faut ensuite vérifier le deuxième point. Soit s' un voisin de s. Si s' était $NonVu$ avant le marquage de s à Vu, alors le seul chemin entièrement Vu de d à s' passe par s et la propriété (2) est bien vérifiée. Si s' était déjà marqué *Frontiere*, le passage de s à Vu créé

un nouveau chemin entièrement Vu de d à s'. On vérifie bien, dans le programme, si ce chemin est plus court que $s'.dist$.

Il reste à préciser comment implémenter cet algorithme en choisissant efficacement le prochain sommet. C'est une utilisation typique de file de priorité. Comme la distance des sommets de la frontière peut être modifiée au cours de l'exécution, le plus simple est alors d'ajouter une nouvelle fois ce sommet avec la nouvelle priorité. C'est ce qui est fait dans le code donné en Figure 19. Comme les sommets peuvent donc apparaitre plusieurs fois dans la file de priorité, on remarque qu'il faut faire attention si le sommet de plus grande priorité n'a pas déjà été traité.

Certains préfèrent utiliser des files de priorité permettant de changer la priorité d'un élément de la file (avec une instruction *changeKey* ; voir par exemple (Kleinberg et Tardos, 2006)). En général, cela complique, voire ralenti, l'implémentation des files de priorité, avec un gain de complexité asymptotique faible pour l'algorithme. On ne décrit donc pas cette possibilité.

Avec une telle implémentation, nous pouvons calculer la complexité de l'algorithme de Dijkstra. Appelons n le nombre de sommets. La taille de la file de priorité est bornée par le nombre d'arcs (puisque chaque sommet peut y être ajouté plusieurs fois). Le nombre d'arcs est lui-même bornée par n^2 ou $2n^2$; comme les opérations sur la file d'attente sont en temps logarithmique par rapport la taille de la file, elles sont en $O(log(n^2)) = O(log(n))$. Si on suppose que les autres opérations sont en temps constant (additions, comparaisons), on voit que chaque sommet s est placé au moins une fois, et au plus $deg(s)$ fois dans la file de priorité. On a donc une complexité de $O((n + m)log(n))$. [29]

5.3.5 Application de la théorie de graphe dans notre simulation

Cette théorie nous aide à simuler la recherche de l'agence la plus proche offrant un service recherché par le client.

Monde artificiel dans lequel évoluent nos agents « clients » est organisé suivant la structure de composition. Il est fait de pays, qui à leur tour sont faits de provinces. Il pourrait être considéré comme le graphe principal pour la simulation mais pour question de performance et suivant les spécificités de la machine qui exécute les simulations, nous ne modélisons pas le monde sous forme de graphe.

Chaque pays est considéré comme un graphe dont les provinces représentent des sommets. Les arêtes sont les distances qui séparent les centres des provinces. C'est donc un graphe valué non-orienté. La matrice d'adjacence M doit donc être systématique pour pouvoir être parcouru par l'algorithme de Dijkstra.

La méthode `public void ajoutEltsDistance(Province element1, Province element2, int dist)` héritée de la classe abstraite *Region.java* permet à la classe *Pays.java* de pouvoir ajouter les éléments $M_{(i,j)}$ et $M_{(j,i)}$. Tous étant égaux à *dist.*

La méthode `public int[][] getMatriceDijkstra()` nous retourne un tableau à deux dimensions qui représente la matrice d'adjacence. Cette matrice aide à initialiser la classe *Graphe.java* utilisée par la classe *Dijkstra.java* afin d'y appliquer l'algorithme de Dijkstra.

Chaque province au sein d'un pays porte un numéro unique qui sert à l'identifier. Si nous considérons n comme nombre de provinces dans un pays, logiquement ce nombre varie de 0 à $n - 1$.

Tout agent client est lié à sa province d'origine où il a été créé. Après chaque phase d'initialisation de l'agent, cette province servira comme le sommet source.

Toute agence bancaire ouverte se trouve dans une certaine province. Cette province représentera le sommet de destination. Par conséquent, on peut retrouver plusieurs agences dans une même province. Lors de la recherche de l'agence la plus proche offrant les services recherchés par l'agent client, si le résultat est fait de plusieurs agences, le choix se fait alors aléatoirement parmi les agences trouvées.

CHAPITRE 6 BREVE PRESENTATION DE NOTRE SYSTEME

Comme présenté dans les chapitres précédents, l'objectif de ce travail était de concevoir et de développer un simulateur sur lequel nous pouvons simuler le fonctionnement d'un système d'information bancaire. Dans la suite nous présentons brièvement notre logiciel depuis son déploiement jusqu'à la simulation de quelques actions comme la recherche de l'agence la plus proche, etc.

6.1 Spécificités de la machine pouvant exécuter la simulation

L'application est fournie sous forme d'un fichier exécutable : SibanvirSetup.exe. Elle est conçue pour être installée sur un système Windows 7/8/10 avec un JRE dont la version est 1.8.0 ou supérieure. Elle a une taille de 5 Méga-octets.

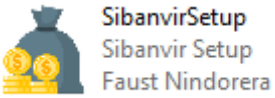


Figure 20 : Setup de l'application

L'application a été testée avec succès sur un ordinateur dont les caractéristiques sont les suivantes :

1) Processeur : intel(R) core (TM) i5-3340M CPU @ 2.70GHz
2) RAM : 4 giga-octets (3.88 giga-octets utilisables)
3) JRE : java 8 updates 144 (64-bit)
4) Carte graphique : intel(R) HD Graphics 4000
5) Taille de l'écran : 14 pouces
6) Système d'exploitation : Windows 10 pro 64 bit
7) DirectX version : 11.2
8) Marque : Dell Latitude E6430
9) Mode d'affichage : 1600x900(32 bit) (40Hz)

6.2 Installation

Après un double clic sur le setup de l'application, les étapes se suivent ainsi :

1) Le choix de la langue d'installation

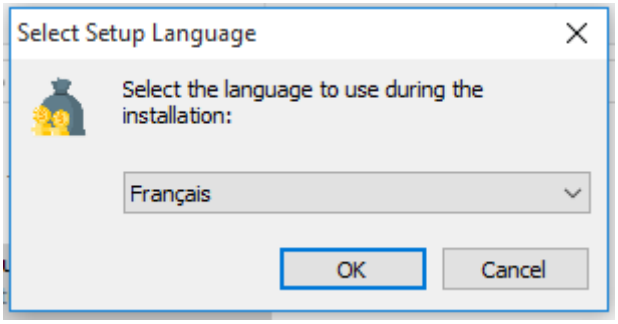


Figure 21 : Choix de la langue d'installation

2) On fait le choix du dossier de destination où sera installée l'application

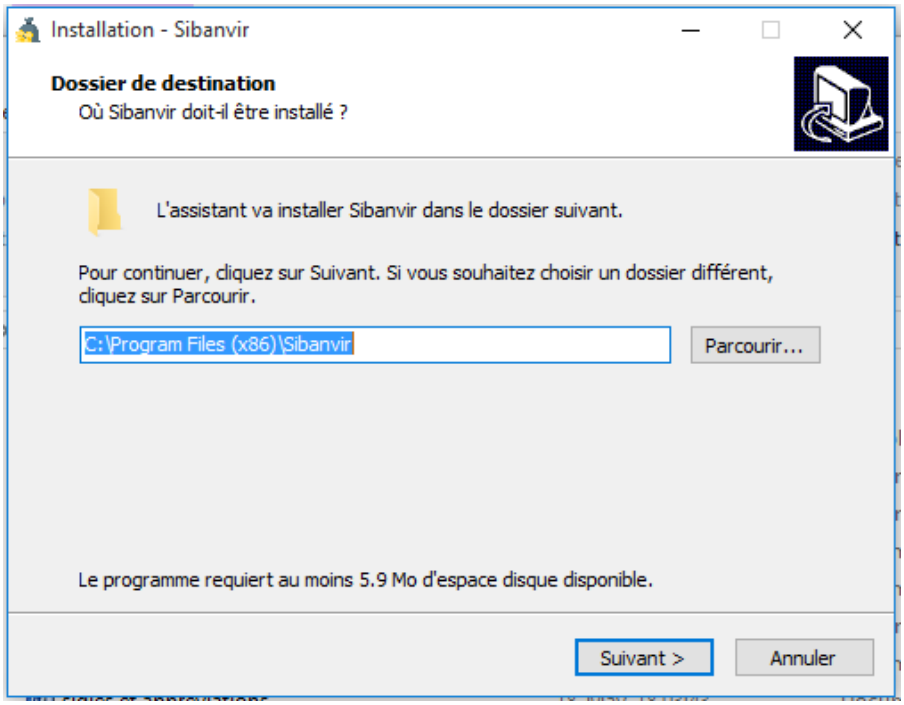


Figure 22 : Dossier de destination

3) On détermine s'il y aura un raccourci sur le bureau

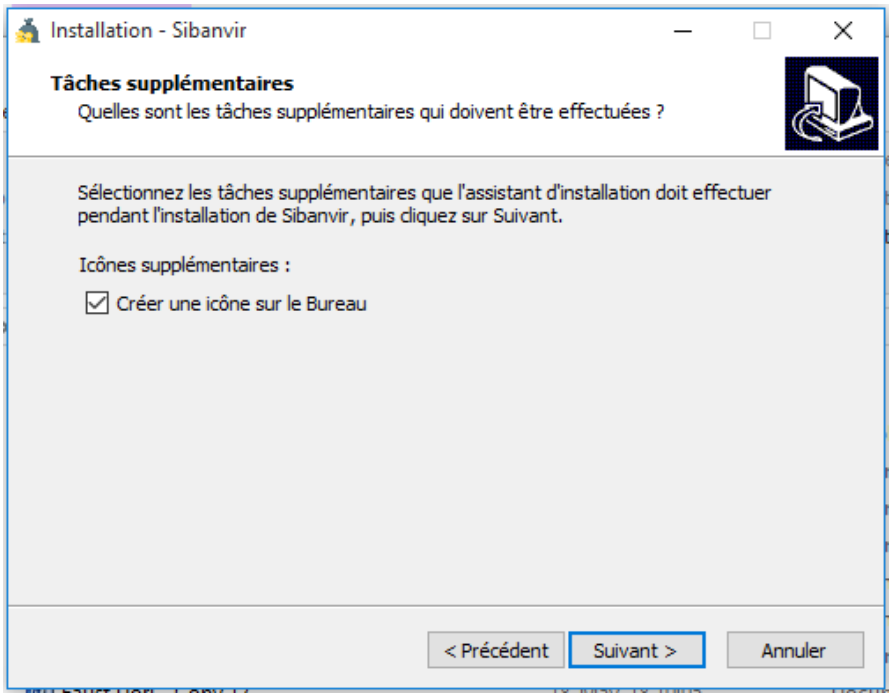


Figure 23 : Choix du raccourci sur le bureau

4) On valide l'installation

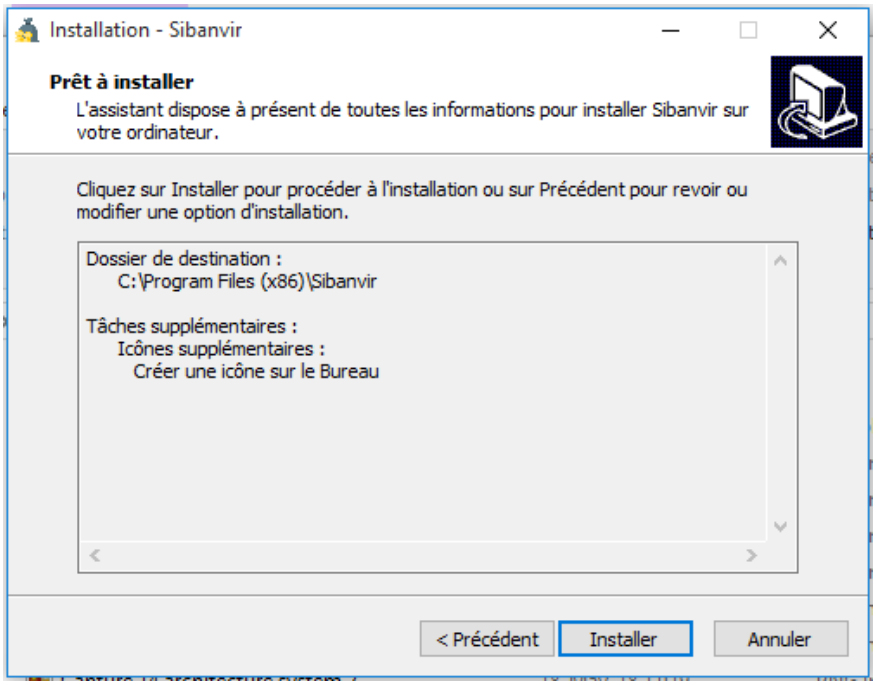


Figure 24 : Validation de l'installation

5) On termine

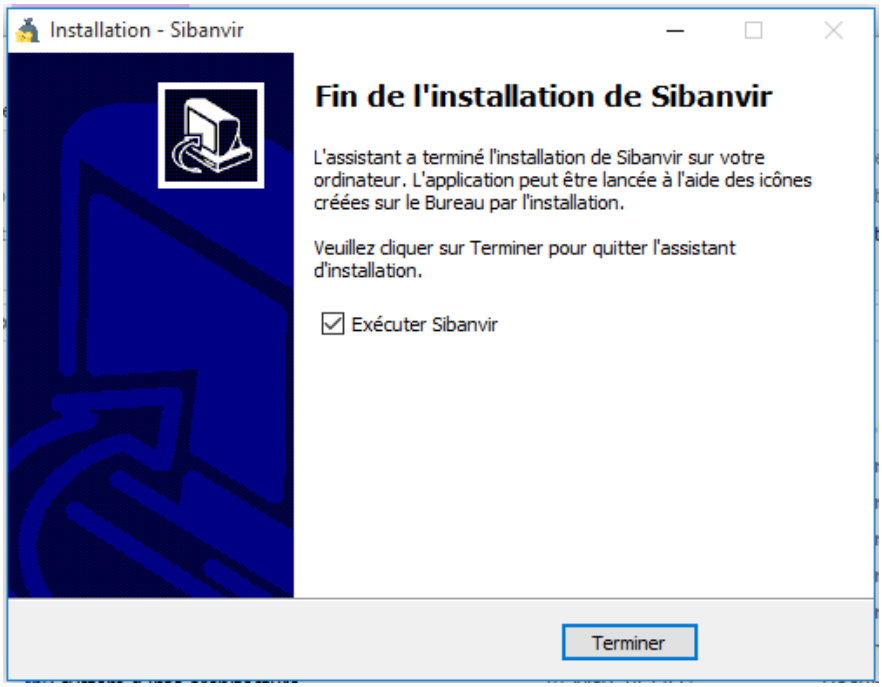


Figure 25 : Fin de l'installation

6.3 Présentation de l'interface

A l'ouverture de l'application, deux fenêtres s'ouvrent. L'une concerne l'application principale (Figure 27). L'autre est une fenêtre fournie par l'environnement JADE et concerne le contrôle des agents (Figure 26).

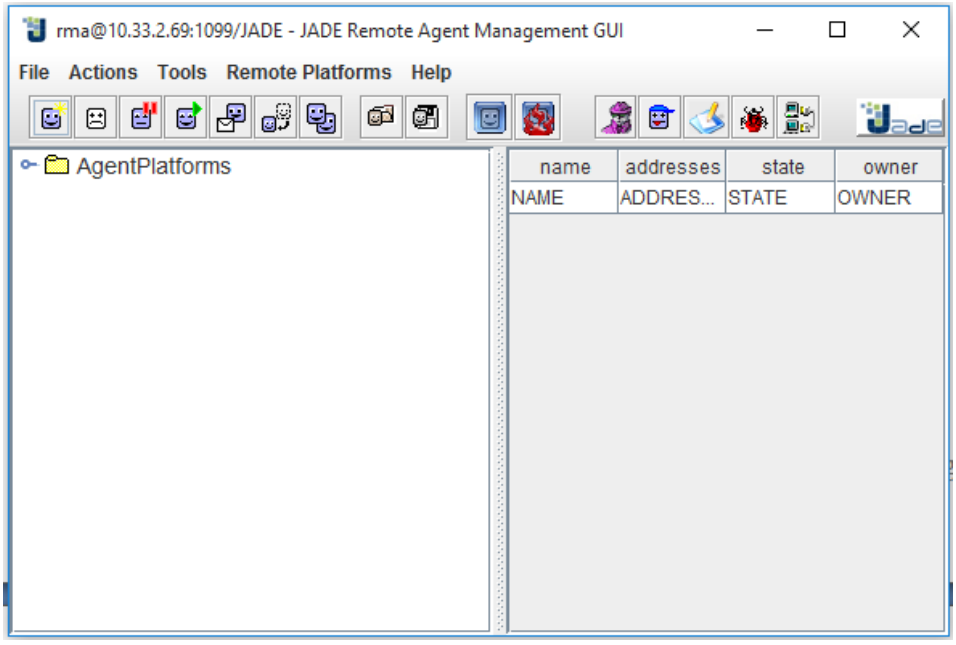


Figure 26 : Fenêtre d'accueil de JADE

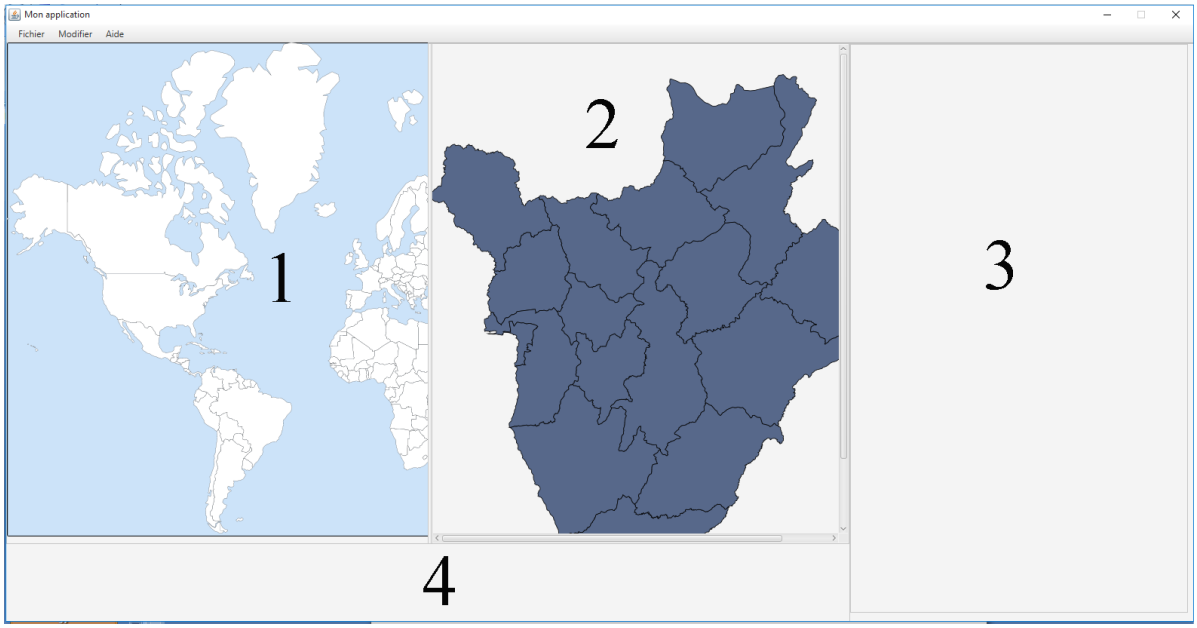


Figure 27 : La page d'accueil de l'application principale

La fenêtre d'accueil de l'application principale est subdivisée en plusieurs zones :

La zone « 1 » est la vue où est représenté le monde. La zone « 2 » est la vue du pays activé. Les zones « 1 » et « 2 » peuvent être étirées pour donner une vue complète de chaque zone comme le montrent la Figure 28 et Figure 29. La zone « 3 » est « l'espace de travail » c.-à-d. la zone utilisée pour saisir différentes informations. La zone « 4 » est réservée aux boutons d'activation ou de désactivation de certaines conditions de l'environnement d'exécution de la simulation.

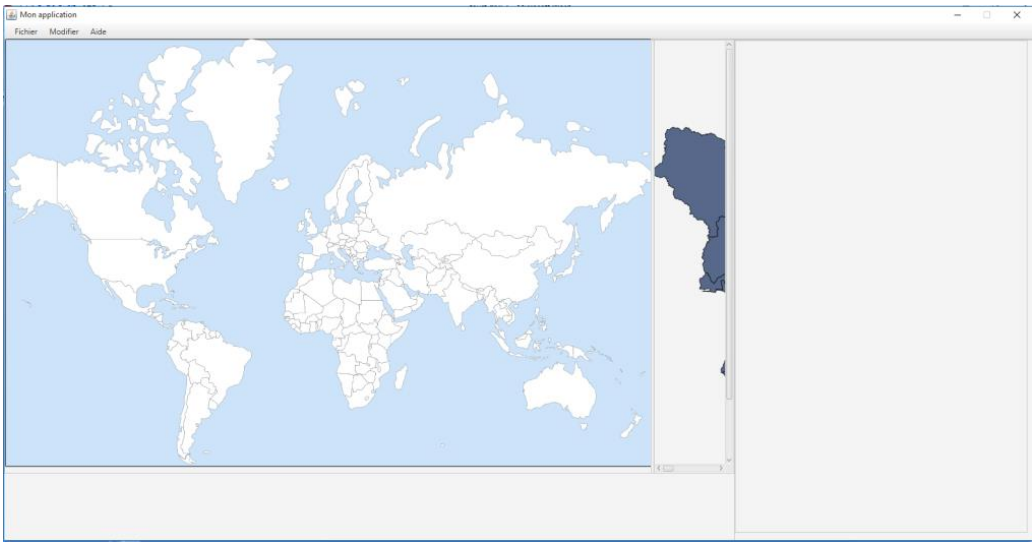


Figure 28 : Vue complète de la zone "1"

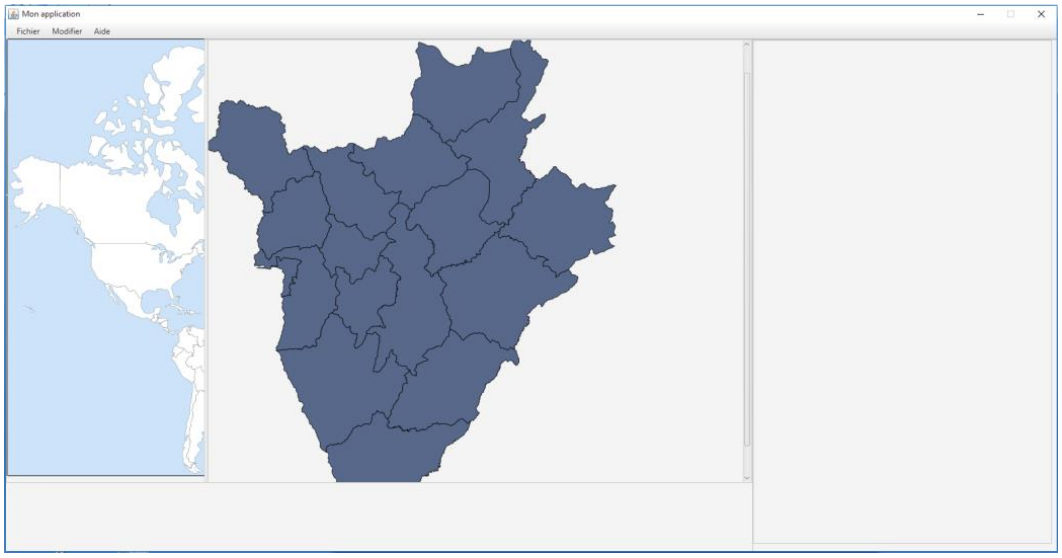


Figure 29 : Vue complète de la zone "2"

6.4 Utilisation et simulation

Notre application utilise un système de menu dynamique. Un clic droit sur un endroit quelconque donne des choix variés ou n'affiche pratiquement rien suivant le contexte dans lequel nous sommes.

6.4.1 Création d'une banque

Pour créer une banque, on place le curseur au niveau de la province à l'endroit où on veut placer son siège et on fait un clic droit. Un menu s'affiche et on clique sur « créer un siège ». Un formulaire s'affiche dans la « zone de travail ». On complète les champs et on valide. Le nom de la banque est choisi parmi les noms réservés aux banques qui n'ont pas encore été créées.

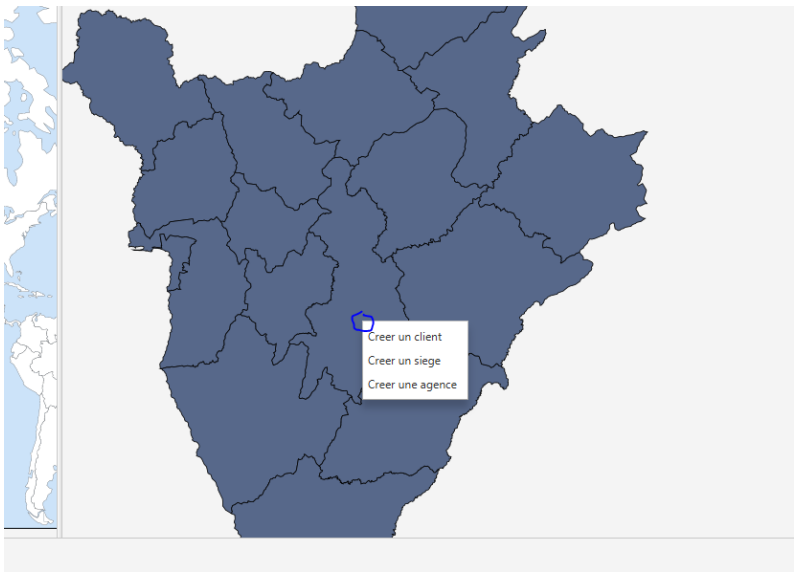


Figure 30 : Choix de l'endroit pour placer un siège

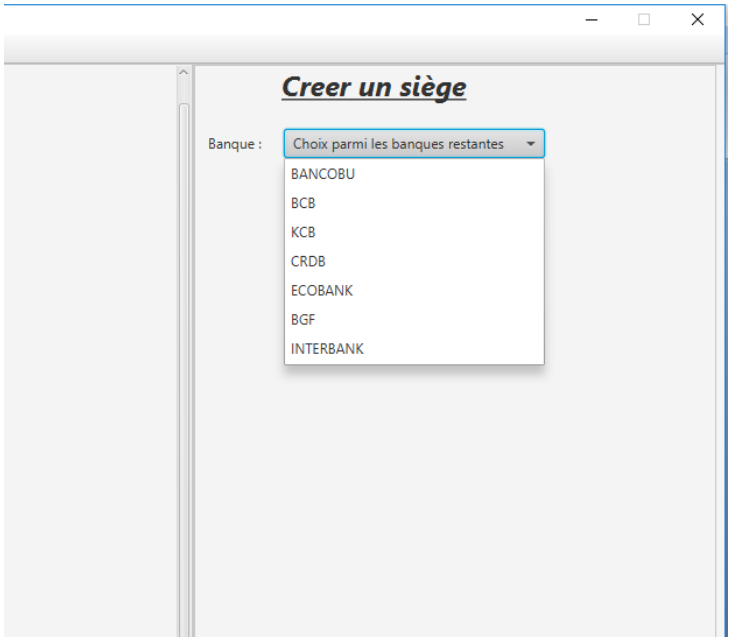


Figure 31 : Choix du nom de la banque

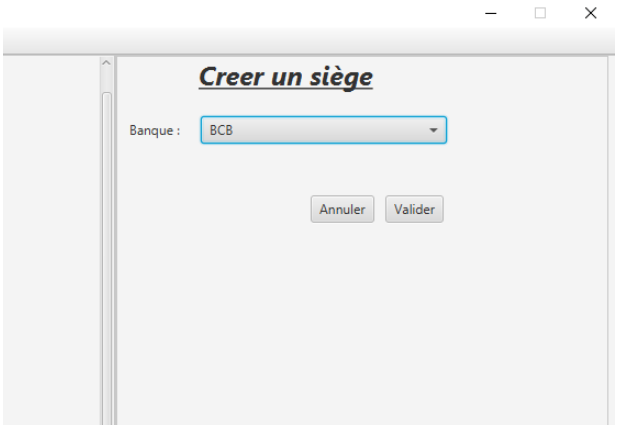


Figure 32 : Validation du nom de la banque

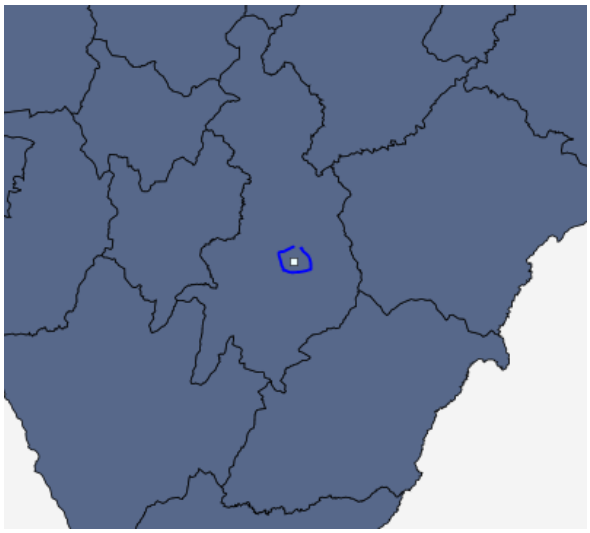


Figure 33 : La banque créée s'affiche à l'endroit choisi

6.4.2 Création d'une agence

Pour créer une agence, on place le curseur au niveau de la province à l'endroit où on veut placer son siège et on fait un clic droit. Un menu s'affiche et on clique sur « créer un siège ». Un formulaire s'affiche dans la « zone de travail ». On complète les champs et on valide. Le nom de la banque d'appartenance est choisi parmi les noms des banques qui ont été déjà créées. C'est à cette fenêtre qu'on fait le choix de type de guichets qui seront présents dans l'agence et leur nombre.

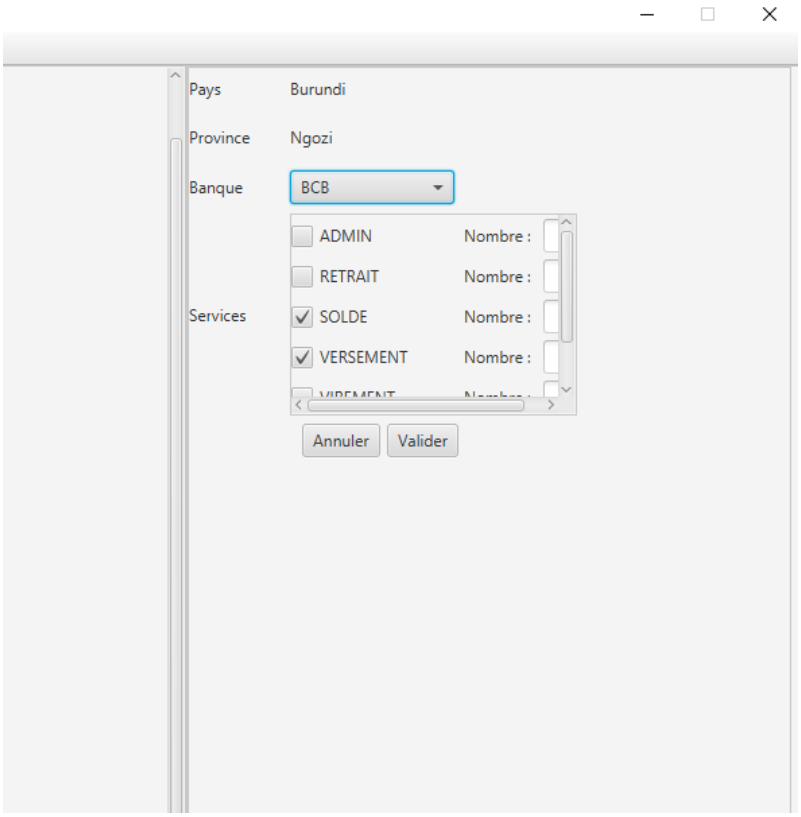


Figure 34 : Exemple de création de l'agence

6.4.3 Faire la liaison

La liaison ici la liaison modélise le réseau informatique. Pour faire une liaison, on fait un clic droit sur le carré symbolisant l'agence et on clique sur « faire liaison ». Le programme passe alors en mode « création liaison ». Cette fois-ci, le clic droit au niveau de la province donne les choix non pas de créer un siège ou une agence mais il offre le choix de créer soit une antenne soit un routeur. La Figure 35 montre le début de la création de la liaison. Et la Figure 36 montre une liaison complète.

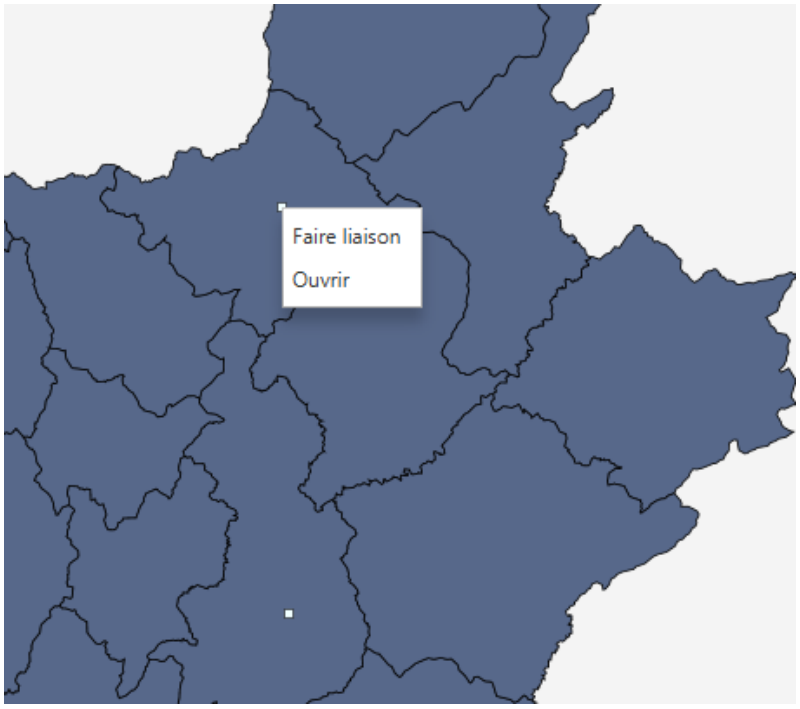


Figure 35 : Création de la liaison

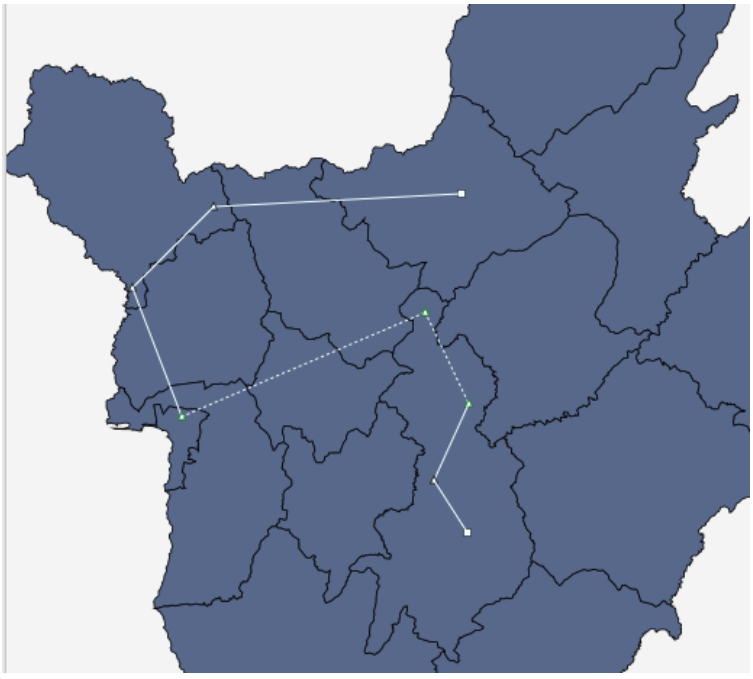


Figure 36 : Liaison complète

6.4.4 Création et initialisation des clients

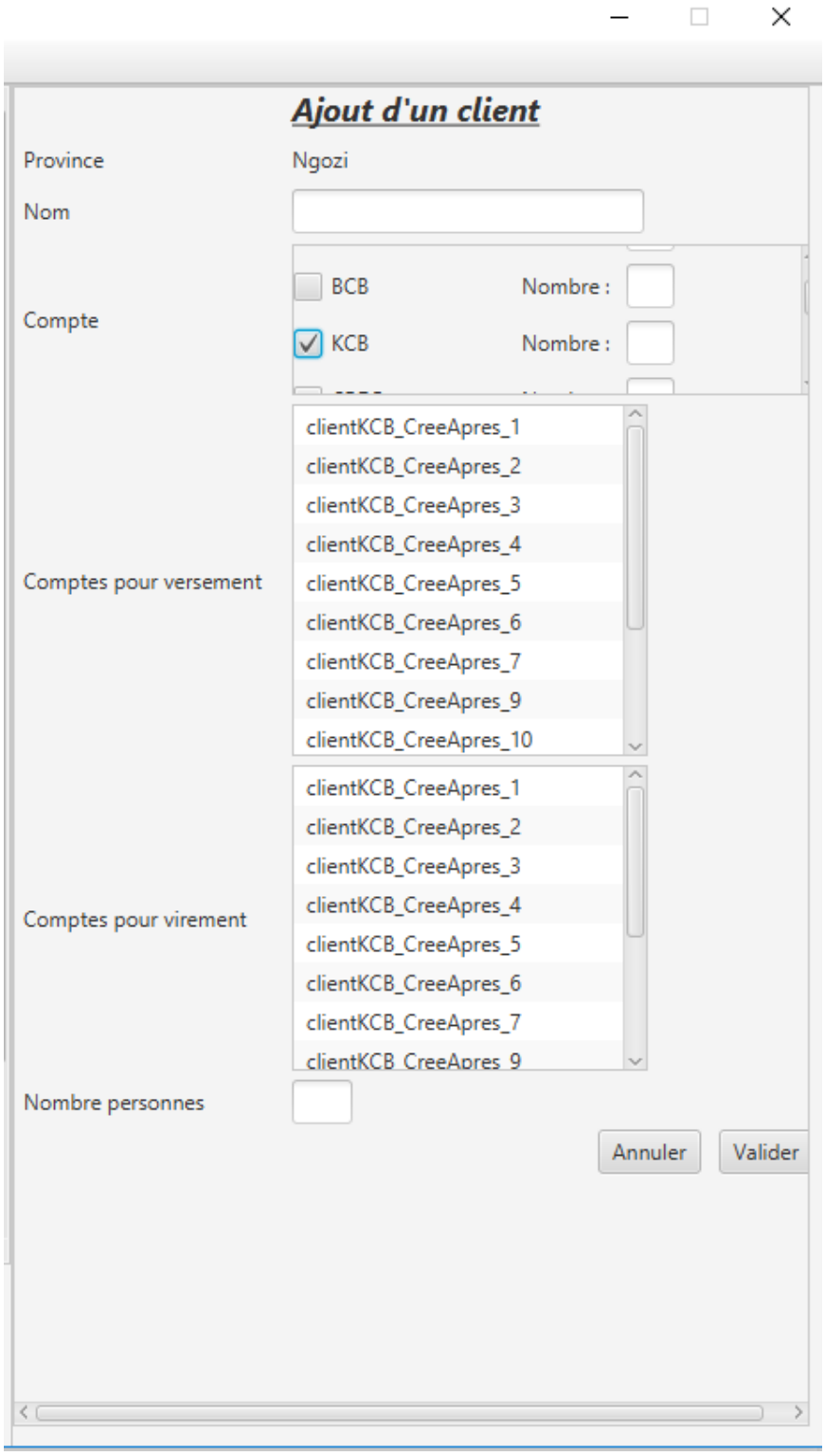


Figure 37 : Fenêtre d'ajout de clients

La Figure 37 montre l'interface pour ajouter et initialiser un ou des clients. Pour ajouter des clients, on se place au niveau de la province, on fait un clic droit puis on choisit « ajouter un client ». Cette province sera la province d'origine des clients qu'on va créer.

Pour l'initialiser, on détermine le nom auquel on préfixe de « _CreeApres_ » suivi d'un numéro incrémental dans le cas des on crée plusieurs clients portant le même nom. On indique les banques dont ils seront clients et le nombre de comptes qu'il doit ouvrir pour chacune d'entre elles. On sélectionne les autres clients avec qui ils pourront échanger les numéros de compte pour y faire des dépôts d'argent ou pour faire des virements bancaires.

6.5 Analyse de l'exécution du programme

Lors de l'exécution de notre programme, nous remarquons que les clients se rendent à l'agence la plus proche qui fournit le service recherché.

Pour illustrer cela nous nous sommes donné un exemple. Nous avons créé le siège de la banque KCB à Bujumbura. Nous avons ouvert deux agences avec des guichets offrant tous les services: l'une à Gitega et l'autre à Cibitoke. Ensuite nous avons créé vingt agents de la banque KCB dans la province Ngozi et vingt autres clients dans la province de Gitega. Nous remarquons donc que la file reste saturée (Figure 39) pour l'agence se trouvant à Gitega alors que l'autre de Cibitoke reste vide (Figure 40). Cela montre que l'algorithme de Dijkstra fonctionne bien et qu'il permet aux agents de retrouver l'agence la plus proche si on considère le graphe de la Figure 38.

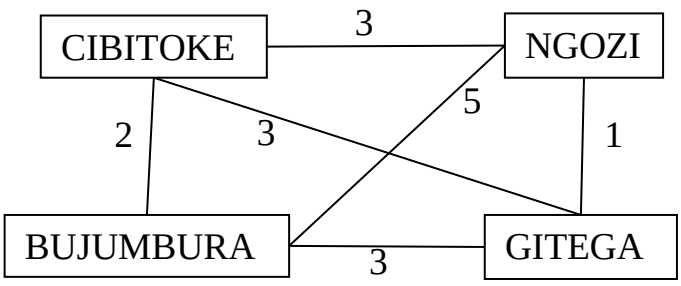


Figure 38 : Coût de déplacement entre quatre provinces du Burundi



Figure 39 : File saturée

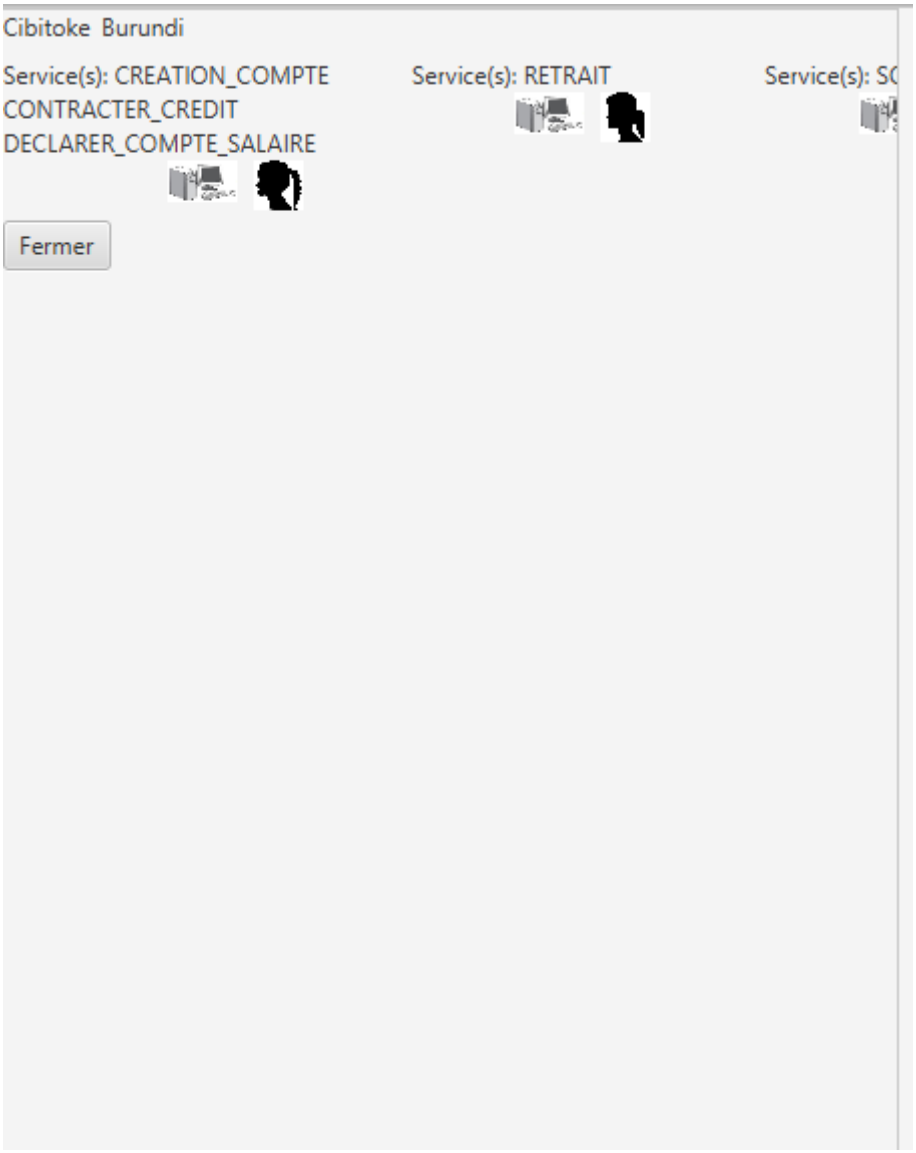


Figure 40 : File vide

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Conclusion générale

Les systèmes d'informations d'entreprise et surtout bancaires sont complexes et sont difficiles à comprendre, l'objectif de notre travail était de fournir un outil didactique et pédagogique permettant la simulation informatique en temps réel des activités humaines courantes liées à l'usage des systèmes d'information des institutions bancaires et /ou financières et c'est ce que nous avons réalisé au cours de ce travail. Nous avons proposé la conception et le développement d'un simulateur multi-agent SIBANVIR avec lequel on peut simuler le fonctionnement d'un système d'information d'un réseau d'institutions bancaires. Du fait qu'il est en sa première version, nous nous sommes beaucoup concentrés sur le développement des modules certes basiques mais robustes, extensibles, évolutifs et facilement maintenables.

Pour arriver à cette solution, ce travail a exigé des efforts supplémentaires lors des recherches scientifiques (allant de la théorie à la pratique) pour arriver au résultat souhaité. La première étape a été le recueil des données suivant différentes méthodes pour nous informer sur les notions couvrant le secteur bancaire et le système d'information bancaire. Cela nous a permis de mieux appréhender l'organisation et le fonctionnement de ces derniers afin de pouvoir les modéliser malgré leur complexité.

Ensuite nous nous sommes concentrés sur l'approche et les méthodes à adopter. Le système étudié est difficile à comprendre. Il est donc question d'en abstraire le fonctionnement. Pour cela l'approche systémique a été choisie. Dans la phase de développement, nous avons pu utiliser des notions des systèmes multi-agents. Pour la simulation de certains comportements du système, nous nous sommes appuyés sur l'utilisation des modèles mathématiques.

Plus de six mois dans la réalisation d'un projet ! Cela m'a permis de mieux comprendre les spécificités de l'application réalisées, de mettre en œuvre plusieurs technologies afin d'assurer une performance et la fiabilité de l'application et de m'intégrer dans l'environnement de travail. Du point de vue technique, ce projet m'a permis d'enrichir mes connaissances sur la programmation avancée surtout en langage java et m'a fait découvrir des outils très intéressants. De plus, j'ai pu développer la technique de recherche informatique ainsi que mon esprit d'initiative. Après ce moment de travail, je tire de cette nouvelle expérience une très grande satisfaction.

Au terme de ce travail, malgré que le prototype que nous avons réalisé a permis de poser les bases pour de futurs développements, nous signalons que ce projet est vaste et que nous n'avons pas pu avoir présenté un prototype et un document intégralement finis et traités à fond. C'est pourquoi nous encourageons les contributions et les compléments d'autres

chercheurs, qui seront intéressés par ce sujet, de viser à des améliorations comme la simulation des facteurs visant le degré de satisfaction des clients, l'intelligence artificielle poussée, la visualisation des scénarios en 3D, etc.

Recommandations générales

Ce projet rassemble les notions d'actualité dont la simulation, les systèmes parallèles et distribues et l'intelligence artificielle et vise spécialement la population, l'Université du Burundi et les institutions financières. Mes recommandations pourraient se formuler ainsi pour rappeler son utilité au pays. Je demanderai aux institutions financières et à l'Université du Burundi de :

1) Encourager les jeunes élèves et étudiants de continuer à améliorer le logiciel;
2) Adopter ce logiciel pour la formation du personnel
3) Utiliser ce simulateur comme outil d'aide à la décision

BIBLIOGRAPHIE

[1] B. Ménard, L'entreprise numérique, 1 éd., Paris: Nuvis - Phebe Eds, 2010.

[2] «UML (informatique) — Wikipédia,» Wikipédia, 2016. [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/UML_(informatique). [Accès le 17 3 2016].

[3] «Modelio Open Source - UML and BPMN free modeling tool,» Modelio, 2017. [En ligne]. Available: https://www.modelio.org/. [Accès le 10 3 2017].

[4] «Jade Site Java Agent DEvelopment Framework,» Jade, 2017. [En ligne]. Available: https://jade.tilab.com/. [Accès le 7 3 2017].

[5] «Jess, the Rule Engine for the Java Platform,» Jess, 2017. [En ligne]. Available: http://www.jessrules.com/jess/index.shtml. [Accès le 15 2 2017].

[6] «Drools - Business Rules Management System (Java™, Open Source),» Drools, 2006. [En ligne]. Available: https://www.drools.org/. [Accès le 23 4 2017].

[7] «Secteur financier — Wikipédia,» Wikipédia, 2017. [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Secteur_financier. [Accès le 28 3 2017].

[8] C. A. Segnigbindé, «Les institutions de financement et leur intervention dans l'économie,» 2013. [En ligne]. Available: https://lanouvelletribune.info/archives/economie/14791-les-institutions-de-financement-et-leur-intervention-dans-l-economie. [Accès le 9 1 2017].

[9] G. D. Clercq, «A la Bourse : Histoire du marché des valeurs en Belgique de 1300 à 1990,» Kurgan-Van Hentenryk, Ginette, 1992.

[10] «Banque de détail — Wikipédia,» Wikipédia, 2017. [En ligne]. Available: https://fr.wikipedia.org/wiki/Banque_de_d%C3%A9tail. [Accès le 31 1 2017].

[11] M. Porter, L'avantage concurrentiel, InterEditions, 1986.

[12] G. Jules et T. Wils, «La gestion stratégique des ressources humaines,» *Gestion*, n° %127, pp. 14-23, Février 2002.

[13] J. C. Henderson et N. Venkatraman, Strategic alignment: leveraging information technology for transforming organizations., 1 éd., I. S. Journal, Éd., IBM, 1993.

[14] O. Imberti, «Le framework banque étendu,» Fimarkets, 2014. [En ligne]. Available: https://www.fimarkets.com/pages/framework_banque.php. [Accès le 9 12 2016].

[15] O. Imberti, «Le modèle de données,» Fimarkets, 2014. [En ligne]. Available: https://www.fimarkets.com/pages/modele_client.php. [Accès le 9 12 2016].

[16] O. Imberti, «Le modèle de données,» Fimarkets, 2014. [En ligne]. Available: https://www.fimarkets.com/pages/modele_client.php. [Accès le 10 12 2016].

[17] P. Briol, Ingenierie Des Processus Metiers, de L'Elaboration A L'Exploitation, Lulu.com, Éd., Lulu.com, 2008.

[18] O. Imberti, «La cartographie du SI bancaire (Système d'Information de la banque),» Fimarkets, 2014. [En ligne]. Available: https://www.fimarkets.com/pages/cartographie_si_bancaire.php. [Accès le 10 12 2016].

[19] J. Sudeikat, L. Braubach, A. Pokahr et W. Lamersdorf, Evaluation of Agent-Oriented Software Methodologies - Examination of the Gap Between Modeling and Platform., AOSE, Éd., 2004, pp. 126-141.

[20] P. Fishwick, Simulation Model Design., S. M. D. W. S. Conference, Éd., Gainsville: Dep. of Computer & Informations Science (UNiversity of Florida), 1995, pp. 209-211.

[21] P. Fishwick, Web-based Simulation, Winter Simulation Conference, 1997, pp. 100-102.

[22] R. Shannon, Introduction to the Art and Science of Simulation, Winter Simulation Conference, 1998, pp. 7-14.

[23] L. Von Bertalanffy, General System Theory: Foundations, Developments, Applications, Braziller, Éd., New York, 1968.

[24] F. Michel, *Formalisme, outils et éléments méthodologiques pour la modélisation et la simulation*, 2004.

[25] E. J. et F. J., L'intelligence artificielle distribuée, vol. 22, R. 233, Éd., 1991.

[26] W. M. et J. N.R., Intelligent Agents: Theory and Practice, 1995.

[27] J. Ferber, Les systèmes multi-agents : Vers une intelligence collective, InterEditions, Éd., Dunod, 1997.

[28] E. J. et F. J., «L'intelligence artificielle distribuée,» *Recherche 233*, vol. 22, 1991.

[29] P. Baptiste et L. Maranget, «Les automates,» 2006. [En ligne]. Available: http://pauillac.inria.fr/~maranget/X/421/poly/automate.html. [Accès le 30 11 2016].

[30] M. Wooldridge, N. R. Jennings et D. Kinny, «The Gaia Methodology for Agent,» *Journal of Autonomous Agents and Multi Agent*, vol. 3, n° %13, pp. 285-312, 2000.

ANNEXES

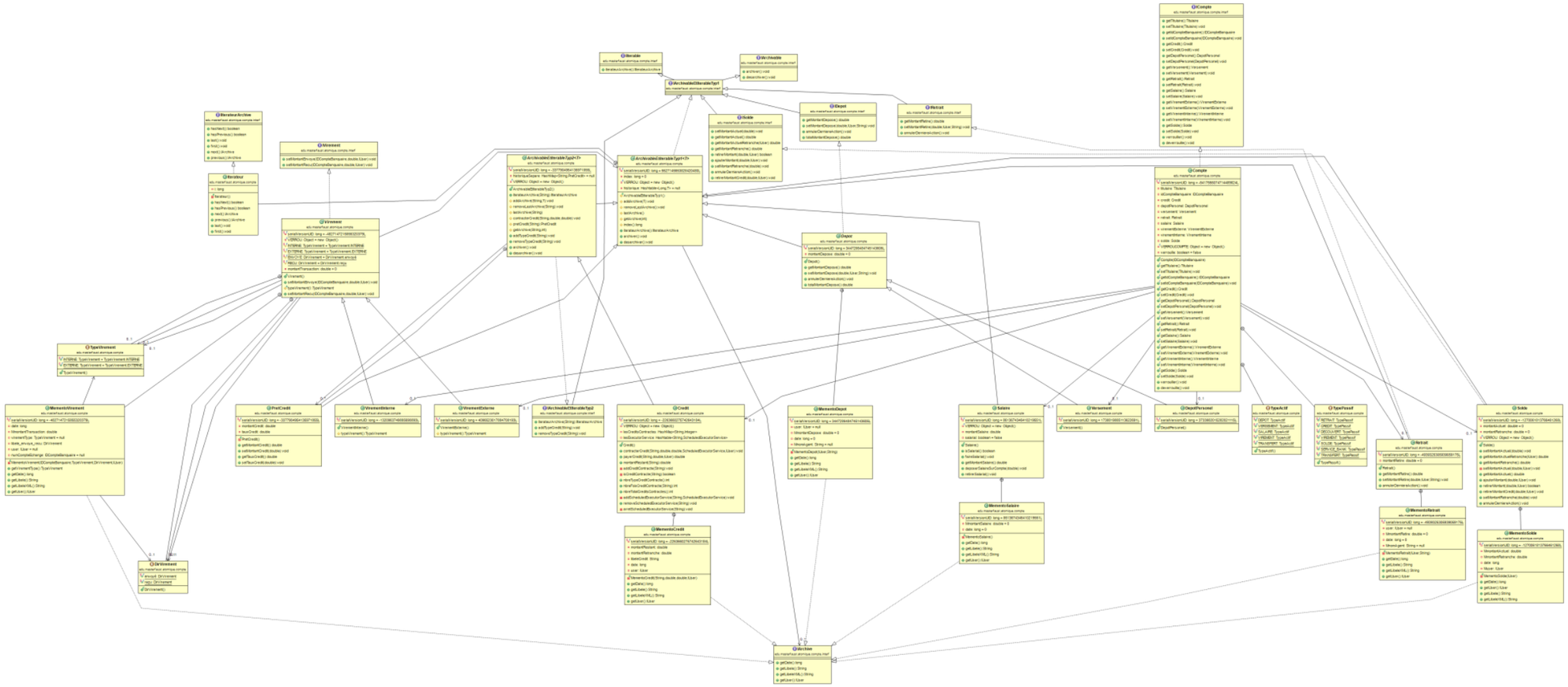


Figure 41 : Diagramme de classe : Compte et classes connexes