

الجمهورية الجزائرية الشعبية الديمقراطية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Réf :

Centre Universitaire

Abd Elhafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et Technologie

Département de Mathématiques et Informatique

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

En : Informatique

Spécialité : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC).

*Conception et réalisation d'une architecture basée SMA pour
l'amélioration des services e-administratifs-étude de cas : détection
des anomalies dans la démarche administrative d'un projet de
caractère urgent*

Préparé par : Bouklouha Oumnia.

Soukkou Sana.

Soutenue devant le jury :

Encadreur: Mr Attia Mourad.

Co-encadreur: Mr Iskhar Belkacem.

Présidente : Mme Bouzahzah Mounira. Examineur : Mr Guettiche Mourad.

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciement

Nous remercions d'abord et avant tout Allah qui nous a donné le courage, la santé, la possibilité et la patience pour réaliser ce travail.

*Un remerciement particulier à notre encadreur Monsieur **Attia Mourad** et notre co-encadreur Monsieur **Iskhar Belkacem** pour leur soutien, leur sérieux, leur disponibilité, leur précieux conseils et leur aide tout au long de l'élaboration de ce travail.*

Nous remercions également, les membres du jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Sans oublier tous les enseignants du département d'informatique pour la qualité de l'enseignement qu'ils ont bien voulu nous prodiguer durant nos études afin de nous fournir une formation efficiente.

Nous n'aurions garde d'oublier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire et à tous ceux qui ont partagé avec nous les moments les plus difficiles dans la réalisation de ce travail et tous ceux qui nous souhaitent le bon courage.

Finalement, nous remercions très sincèrement tous nos familles pour leur encouragement sans limite.

Sana et Oumnia

Dédicace

الحمد لله حمدا كثيرا طيبا مباركا فيه و الصلاة و السلام على حبيبنا و شفيعنا محمد بن عبد
الله

أشكر الله العلي القدير أن منحني الصحة والعافية لاتمام مشواري الدراسي ويسر أموري بعد
كل عسر

لا يشكر الله من لا يشكر الناس وأحق الناس بجزيل شكري والذي الحبيبين
إلى مصدر عزي وافتخاري ومن أعطى دون مقابل الى من سعى لوصولي الى ما أنا عليه
اليوم أبي الغالي صوكو اسماعين

الى من سهرت الليالي حفاظا على سلامتي وكانت بحنانها أكبر داعما لي وقت يأسني
ومصدر قوتي لحظة ضعفي أمي الحبيبة معريوة فاطيمة

إلى سندي في الحياة اخي صابر إلى فراشات وزهرات زينت بوجودها حياتي أخواتي
العزيزات رونق وهديل

إلى من شاركتني هذا العمل المتواضع وكانت أكبر معين وقاسمتني كل حلو ومر طويل
مسيرتنا هذه صديقة أمنية

إلى جدتي زهرة إلى أهلي و أحبائي إلى صديقتي مشواري الجامعي بوبلاط لمياء و زميش
نصيرة

إلى كل من ساعدني من قريب أو من بعيد حتى وإن كان بدعوة صادقة

Sana

Dédicace

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء والمرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه ومن تبعهم بإحسان إلى يوم الدين،

أما بعد أشكر الله العلي القدير الذي أنعم عليّ بنعمة العقل والدين. القائل في محكم التنزيل "وَفَوْقَ كُلِّ ذِي عِلْمٍ عَلِيمٌ" و يسر أموري لإتمام مشواري الدراسي

إلى من سهر من أجلي وقدم حياتهما فداءً في مسيرة تعليمي قدما لي كل شيء من أجمل مواصلة تعليمي وشجعني على الاستمرار حتى وصلت إلى ما أنا فيه الآن،

إلى من جد وبذل كل جهده ودعمني مادياً ومعنوياً وبكل ما بوسعه أبي الغالي بوكلوهة التوفيق

وإلى من دائماً كانت ترافقتي بدعواتها المباركة وكلماتها اللطيفة و كانت أكبر داعم لي أُمي الغالية بن رجم صليحة

إلى من كان دائماً واقفا معي و يساندي و من لعب دور كبير في نجاحي أخي محمد أيمن

إلى الفراشة التي تزين حياتي و مصدر سعادتي أختي الصغيرة حياة

إلى من كن جزء لا يتجزء من رحلتي و نجاحي و مصدر إلهامي إلى صديقات الدرب ريم و صفاء و إيمان و دنيا زاد

إلى من جمعتنا الصدفة لتكون سويا في هذا العمل لصديقة المشوار و التي تشاركنا الطريق للوصول هنا سناء

إلى بنات عمي مروة و سلسبيل و منار وكل أهلي و أحباني من عائلة بوكلوهة و بن رجم

إلى منارة العلم والعلماء جامعة عبد الحفيظ بوالصوف.

Résumé :

Récemment, les gouvernements et les administrations publiques portent de plus en plus leur attention sur l'étude et le développement de stratégies visant à coordonner et à intégrer les différents services administratifs. L'objectif principal est d'améliorer en permanence les services administratifs dans un environnement caractérisé par son instabilité, son imprévisibilité et une concurrence féroce. L'une des principales problématiques de l'administration électronique réside dans le caractère figé des procédures administratives. Elles sont souvent rigides, inflexibles et immuables, quel que soit le cas, la situation, les circonstances ou la conjoncture. Le but de cette étude est de présenter un cas d'application d'une nouvelle architecture visant d'améliorer les services d'administration électronique, en mettant l'accent sur les situations d'urgence comme celle de la pandémie covid-19. Cette architecture, qui repose sur le paradigme des systèmes multi-agents holoniques permettra d'identifier les obstacles et de mettre en lumière les dysfonctionnements dans l'application. Cette architecture se base sur une décomposition récursive des tâches administratives collaboratives, suivie d'une recombinaison des services d'administration électronique. Dans cette étude, nous nous appuyons sur l'algorithme de retour en arrière (backtracking) pour gérer les réserves administratives d'améliorer les services administratifs. L'implémentation de cette approche se fera à l'aide de systèmes multi-agents holoniques, offrant ainsi la possibilité de modifier les démarches administratives de manière flexible.

Mots-clés : E-administration, système multi-agent holonique (SMAH), holon, service administratif, procédure administrative, permis de construire, problème de satisfaction de contraintes (CSP).

Abstract:

Recently, governments and public administrations have been increasingly focusing on studying and developing strategies to coordinate and integrate various administrative services. The primary goal is to continually improve administrative services in an environment characterized by its instability, unpredictability, and fierce competition. One of the main challenges of e-administration lies in the rigid nature of administrative procedures. They are often inflexible and immutable, regardless of the case, situation, circumstances, or context. The purpose of this study is to present a case application of a new architecture aimed at enhancing electronic administration services, with a focus on emergency situations like the COVID-19 pandemic. This architecture, based on the paradigm of holonic multi-agent systems, will identify obstacles and highlight deficiencies in the application. This architecture is based on a recursive decomposition of collaborative administrative tasks, followed by a recomposition of electronic administration services. In this study, we rely on the backtracking algorithm to manage administrative reservations and improve administrative services. The implementation of this approach will be done using holonic multi-agent systems, thus offering the flexibility to modify administrative procedures.

Keywords: E-administration, Holonic Multi-Agent System (HMAS), holon, administrative service, administrative procedure, building permit, Constraint Satisfaction Problem (CSP).

ملخص:

في الآونة الأخيرة، تركز الحكومات والإدارات العامة اهتمامها بشكل متزايد على دراسة وتطوير الاستراتيجيات التي تهدف إلى تنسيق وتكامل الخدمات الإدارية المختلفة. الهدف الرئيسي هو التحسين المستمر للخدمات الإدارية في بيئة تتسم بعدم الاستقرار وعدم القدرة على التنبؤ والمنافسة الشرسة. واحدة من المشاكل الرئيسية للإدارة الإلكترونية تكمن في الطبيعة الثابتة للإجراءات الإدارية فهي في كثير من الأحيان جامدة وغير مرنة وغير قابلة للتغيير مهما كانت الحالة أو الموقف أو الظروف. الغرض من هذه الدراسة هو تقديم حالة تطبيقية لبنية جديدة تهدف إلى تحسين خدمات الحكومة الإلكترونية، للإسراع في الإجراءات الإدارية قدر المستطاع خاصة في حالات الطوارئ مثل جائحة كوفيد-19. هذه البنية، التي تعتمد على نموذج الأنظمة متعددة الوكلاء، ستجعل من الممكن تحديد العقوبات وتسليط الضوء على الخلل الوظيفي في التطبيق. تعتمد هذه البنية أيضاً على التقسيم المتكرر للمهام الإدارية التعاونية، تليها إعادة تشكيل خدمات الإدارة الإلكترونية. اعتمدنا في هذه الدراسة على خوارزمية التراجع لإدارة التحفظات الإدارية لتحسين الخدمات الإدارية. وسيتم تنفيذ هذا النهج باستخدام أنظمة هولندية متعددة الوكلاء، مما يتيح إمكانية تعديل الإجراءات الإدارية بطريقة مرنة.

الكلمات المفتاحية: الإدارة الإلكترونية، النظام الهولندي متعدد الوكلاء (MAHS)، هولون، الخدمة الإدارية، الإجراءات الإدارية، تراخيص البناء، مشكلة توفير الشروط (CSP)

Table de matière

Liste des tableaux	1
Liste des figures	2
Introduction Générale.....	4
1 Chapitre 1 : L'administration Electronique (E-administration).....	6
1.1. Introduction	6
1.2. Définition de l'e-administration :.....	6
1.3. Les types des services e-administratifs :.....	7
1.4. Les types d'outils numériques utilisés :.....	8
1.5. Administration électronique : les 4 phases de mise en œuvre :.....	8
1.5.1. Information	8
1.5.2. Interaction.....	9
1.5.3. Transaction	9
1.5.4. Intégration.....	10
1.6. Architecture générique et commune pour les services e-administratifs	10
1.7. L'interopérabilité de l'administration électronique.....	11
1.7.1. Les domaines concernés par l'interopérabilité de l'administration électronique 12	
2 Chapitre 2 : Système Multi-Agents Holoniques (SMAH).....	14
2.1 Introduction	14
2.2 Systèmes multi-agents :.....	14
2.2.1 Définition d'agent :.....	14
2.3 Des Objets aux Agents	16
2.4 Système multi-agents (SMA)	18

2.4.1	Définition	18
2.5	Vue intuitive d'un Agent dans un SMA :	20
2.6	Les SMA caractéristiques, avantages et limites :	20
2.7	Systèmes holoniques multi-agents :	23
2.7.1	Définition d'un holon :	23
2.7.2	Agent Holonique	24
2.7.3	Holon vs Agent :	25
2.7.4	Module de communication :	27
2.7.5	Module d'exécution:	27
2.7.6	Interface Holon:	28
2.7.7	Architecture générale pour SMAH:	28
2.7.8	Les systèmes multi-agents holoniques (SMAH) et leurs applications :	30
2.8	Conclusion	30
3	Chapitre 3 : Démarches décisionnelles E-administratives pour la réalisation d'un projet de caractère urgent	31
3.1	Introduction :	31
3.2	Problématique :	31
3.3	Travaux reliés :	33
3.4	Satisfaction de conditions administratives :	35
3.5	Problème de Satisfaction de Contraintes (CSP) :	35
3.6	Définitions :	36
3.6.1	Pertinence :	36
3.6.2	Arité de la contrainte :	36
3.6.3	CSP binaire :	36
3.6.4	Matrice de contraintes :	36

3.6.5	Instanciation :	37
3.6.6	Instanciation partielle :	37
3.6.7	Satisfaction de contraintes :	38
3.6.8	Instanciation consistante :	38
3.6.9	Solution d'un CSP :	38
3.6.10	Méthodes de Résolution des CSPs :	38
3.6.11	Méthodes Exactes :	38
3.6.11.1	L'énumération (Backtrack) :	38
3.6.11.2	Amélioration du Backtrack :	39
3.6.11.2.1	Algorithmes avec retour arrière (Backtrack) non chronologique :	39
3.7	Adaptabilité du problème décisionnel à l'Administration Electronique :	40
3.8	Algorithme proposé :	41
3.9	Définition :	42
3.10	Arbre espace-état :	43
3.11	Comment fonctionne algorithme de backtraking :	44
3.12	Notre travail :	45
3.12.1	Permis de construire :	45
3.12.2	Guichet unique :	47
3.13	Entre e-administration et SMAH :	48
3.14	Vue générale du système proposé :	49
3.15	Simulation :	51
3.15.1	Procédure de choix de terrain :	53
3.16	Diagramme de cas d'utilisation :	56
3.17	Diagramme de classe :	57

4	Chapitre 4 : Implémentation	58
4.1	Langage et outils de développement :	58
4.2	Implémentation des agents avec Jade :	62
4.3	Présentation des interfaces graphique :	63
4.3.1	Interface Page d'accueil.....	63
4.3.2	Interface Information	63
4.3.3	Interface d'authentification.....	64
4.3.4	Interface d'inscrire.....	65
4.3.5	Interface Client	65
4.3.6	Interface Décision	66
	Conclusion Générale	67
	Références Bibliographie	68

Liste des tableaux

Tableau 1. 1 : Les types d'interopérabilité [12]	12
Tableau 2. 1 : Différences entre objets et agents	18
Tableau 2. 2 : Holon vs Agent [Giret et Botti, 2004].....	25
Tableau 3. 1 : Les suggestions des terrains de projet.....	52
Tableau 3. 2 : La décision finale	54

Liste des figures

Figure 1. 1 : Définition du modèle de services administratifs électronique.....	7
Figure 1. 2: Generic architecture for e-administrative services [9].....	10
Figure 2. 1 : L'environnement d'un agent.....	15
Figure 2. 2: Architecture d'agent [15]	16
Figure 2. 3: Objet « versus » Agent.	18
Figure 2. 4: Caractérisation d'un SMA [20]	20
Figure 2. 5: Model définition of Holon	23
Figure 2. 6: Un Holon composé de trois holons membres.....	24
Figure 2. 7: Un exemple de système holonique [24]	25
Figure 2. 8: Architecture générique pour HMSA.....	29
Figure 3. 1 : Matrice de contraintes Mat [i, j]	37
Figure 3. 2 : graphe de contraintes	37
Figure 3. 3 : La structure d'un backtracking	43
Figure 3. 4: Arbre espace-état	44
Figure 3. 5 : Comment fonctionne algorithme de backtraking	44
Figure 3. 6: Architecture proposée pour notre système pour service permis de construire (adapté de [26])	47
Figure 3. 7: Les résultats possibles de l'algorithme	50
Figure 3. 8: L'architecture Holoniques des terrains.....	51
Figure 3. 9: Diagramme d cas d'utilisation	56
Figure 3. 10: Diagramme de classe	57

Figure 4. 1	56
Figure 4. 2: Interface de MySQL.	59
Figure 4. 3 : Interface IDE éclipse.	60
Figure 4. 4: Interface Sublime Text.	61
Figure 4. 5 : Interface XAMPP.	61
Figure 4. 6 : Interface Laravel.	62
Figure 4. 7 : Interface page d'accueil.....	63
Figure 4. 8 : Interface Information.....	63
Figure 4. 9 : Interface d'authentification.....	64
Figure 4. 10 : Interface d'inscrire.....	65
Figure 4. 11: Interface Client	65
Figure 4. 12: Interface Décision.....	66

Introduction Générale

De plus en plus impliqué dans différentes administrations publiques, l'administration électronique, favorisée par les technologies de l'information et de la communication (TIC), vise à améliorer en permanence le service administratif fourni aux citoyens en termes de rapidité et de qualité, notamment pour les tâches de services administratifs complexes. Dans ce travail, nous nous intéressons aux nouvelles technologies largement utilisées dans les domaines complexes et décisionnels de la nature ; il s'agit en effet des systèmes multi-agents holoniques, étudiés, utilisés et formés dans l'automatisation efficace des services d'administration électronique. Nous proposons donc la holonisation des services administratifs pour répondre aux exigences et aux besoins de l'automatisation efficace (c'est-à-dire non classique ou traditionnelle), totale (c'est-à-dire minimisant les tâches humaines), flexible (c'est-à-dire non fixe et statique) et intelligente (c'est-à-dire permettant de prendre des décisions).

Imaginez maintenant un service administratif tel que les permis de construire, largement demandé par les citoyens et nécessitant l'intervention de plusieurs administrations en matière de prise de décision et de documents requis. Le citoyen est obligé non seulement de se déplacer entre tous les services administratifs impliqués, mais aussi de collecter tous les documents requis. Ainsi, une solution basée sur les TIC est inévitable, surtout lorsque le nombre de demandeurs est considérable, comme c'est le cas dans l'administration algérienne.

Recevant l'intérêt des scientifiques et des chercheurs, l'e-gouvernement a fait l'objet de plusieurs solutions méthodologiques et techniques. Nous identifions d'abord les solutions traditionnelles limitées ou partielles, c'est-à-dire celles axées sur la partie front-office en offrant une simple fourniture d'informations, des consultations simples, une récupération ou sous forme électronique au moyen de sites web et de technologies Internet. Ensuite, les solutions qui interviennent à la fois en front-office et en back-office [1] s'intéressent aux procédures administratives qui sont à l'origine des services administratifs électroniques proposés aux citoyens. Parmi ces solutions, on trouve celles basées sur les services web [2, 3] et basées sur les flux de travail [4, 5]. Le système multi-agent (MAS) se situe à la croisée de plusieurs domaines, notamment l'intelligence artificielle, les systèmes distribués et l'ingénierie logicielle [6]. Les systèmes multi-agents holoniques (HMAS) représentent l'évolution du MAS, avec l'introduction du concept de holon. Un agent holonique se distingue de l'agent classique par sa légèreté, c'est-à-dire qu'un holon peut constituer d'autres holons et faire partie en même temps d'un groupe contrôlé par un holon supérieur [7]. L'holon peut prendre des décisions individuelles et participer à la décision collective, ce qui a donné naissance aux systèmes multi-agents holoniques, conçus pour être solides dans leur structure, leur composition ou leur organisation de services ou de tâches, comme une architecture pyramidale, comme c'est le cas des services d'administration électronique, qui sont considérés comme un service total décomposé en plusieurs sous-services, eux-mêmes décomposés en sous-services supplémentaires.

Ainsi, en cas de perturbation, les holons de bas niveau doivent consulter les niveaux hiérarchiques supérieurs, ce qui affaiblit leur réactivité. De plus, la prise de décision globale est souvent basée sur des informations peu puissantes [8]. Nous introduisons une nouvelle technique qui consiste à explorer, examiner et étudier les systèmes multi-agents holoniques pour la holonisation des services administratifs. La holonisation des services administratifs électroniques est une automatisation intelligente, c'est-à-dire que les agents holoniques coopèrent, s'adaptent et prennent des décisions, ce qui confère de la transparence à la gestion des services administratifs en back-office et évite tout déplacement entre l'administration et le bureau, assure une bonne intégration entre eux et offre un service final au citoyen.

La structure de cette thèse est la suivante : elle se divise en quatre sections principales. Les deux premières sections se concentrent respectivement sur la définition et la description des services administratifs, ainsi que sur les agents holoniques.

Les deux sections suivantes présentent et proposent une architecture de holonisation pour les services administratifs en s'appuyant sur les systèmes multi-agents holoniques. Cette approche vise à automatiser les procédures administratives, à identifier les points de blocage et à mettre en évidence les dysfonctionnements, tout en levant les éventuelles réserves.

Afin de démontrer les avantages de notre approche, nous présentons un scénario d'étude de cas portant sur l'obtention d'un permis de construire, un projet essentiel pour l'évacuation des personnes lors de la pandémie de covid-19.

Chapitre 1

1 Chapitre 1 : L'administration Electronique (E-administration)

1.1.Introduction

À l'ère numérique, nous assistons à une automatisation croissante et à l'omniprésence de la technologie. Du shopping en ligne aux réunions virtuelles, nous observons une transformation significative dans notre manière d'interagir avec le monde. Cette tendance est également évidente dans le secteur public, où les gouvernements du monde entier adoptent l'e-administration comme un moyen de fournir des services publics de manière plus efficace et efficiente. L'e-administration reste un domaine d'intérêt constant pour les chercheurs et les organismes gouvernementaux. Il représente l'un des domaines privilégiés d'application des technologies de l'information et de la communication (TIC).

L'administration électronique, également appelée e-administration, désigne le processus d'utilisation de systèmes électroniques pour gérer les tâches administratives. Cela englobe des activités telles que la tenue de registres, la communication et la gestion financière. L'administration électronique a le potentiel de réduire le temps et les efforts nécessaires pour accomplir ces tâches administratives, améliorant ainsi l'efficacité à la fois pour les individus et les organisations. Par conséquent, l'objectif de l'e-administration n'est pas nouveau ; il vise à constamment améliorer la qualité des services aux citoyens grâce à l'utilisation des TIC.

Dans ce chapitre, nous avons fourni des définitions et des descriptions des services administratifs et de l'e-administration. Nous avons également examiné son architecture et présenté certains concepts connexes.

1.2.Définition de l'e-administration :

L'e-administration est la transformation numérique des services publics visant à améliorer l'expérience utilisateur, la qualité des services et la productivité des administrations, selon la Commission européenne.

Un service e-administratif est la prestation fournie à un citoyen qui a préalablement soumis une demande de services e-administratifs. La fourniture de ce service e-administratif, à partir de la demande du citoyen, s'effectue par voie électronique, mais peut également se faire par les canaux traditionnels.

Pour mieux comprendre ces concepts, voici les différences et les interrelations entre la Demande, le Service Composé et le Service Atomique :

- Demande : Une demande correspond à une requête soumise par un citoyen, que ce soit par voie électronique ou traditionnelle, dans le but d'obtenir un service spécifique de l'administration électronique, tel qu'un service d'administration électronique. La demande est l'élément déclencheur pour toute prestation de services administratifs.
- Service Composé : Il ne s'agit pas d'un service simple géré électroniquement, ce qui signifie qu'il peut être décomposé en d'autres sous-services composites ou atomiques. La décomposition vise à produire des services moins complexes.
- Service Atomique : Ce sont des services de base qui ne peuvent pas être décomposés en d'autres sous-services. Ils sont généralement des scripts simples associés à une seule entité. Les services atomiques peuvent être combinés avec d'autres services atomiques et/ou composites pour créer des interfaces plus complexes. [9]

1.3. Les types des services e-administratifs :

Les services administratifs en ligne se divisent en deux catégories : les services atomiques (non composites) et les services composés, comme illustré dans la figure 1.2. Les services atomiques sont des services simples qui sont réalisés automatiquement et/ou manuellement dans un seul bureau, par exemple. En revanche, les services composés sont décomposés de manière successive jusqu'à ce que tous les sous-services obtenus deviennent atomiques. Ensuite, ces sous-services atomiques sont distribués aux entités responsables de leur mise en œuvre. L'agrégation ascendante de ces services et sous-services atomiques composés conduit à la création d'un service final ou global qui est fourni aux citoyens.

Lorsque l'on prend en compte l'atomicité, la composition et la décomposition des services d'e-administration, ils forment une architecture pyramidale. En haut de cette pyramide se trouve le service final ou global destiné aux citoyens, tandis qu'à la base se trouvent les services atomiques de base et les sous-services composés qui s'intercalent entre la base et le sommet.

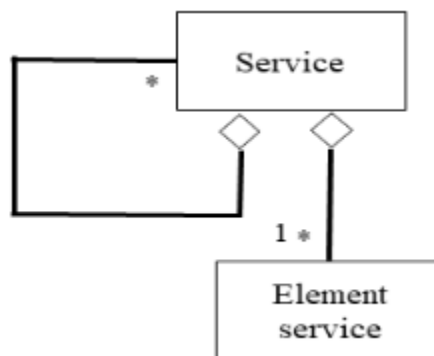


Figure 1. 1 : Définition du modèle de services administratifs électronique

1.4. Les types d'outils numériques utilisés :

Il existe différents supports pour l'administration électronique. Le premier auquel on pense le plus souvent est Internet, où les services administratifs sont accessibles via des sites web, que ce soit depuis un ordinateur ou un téléphone portable. Cependant, Internet n'est pas le seul support, car l'administration électronique peut également s'appuyer sur toutes les applications qui combinent les télécommunications et l'informatique, telles que le Bluetooth ou la radio-identification (RFID).

D'autres supports sont également utilisés, notamment les projets de carte à puce, qui peuvent être associés à la biométrie ou à la technologie RFID. Par exemple, on peut citer la carte d'identité électronique et le passeport biométrique.

De plus, de nouveaux supports viennent enrichir cette liste, notamment les procédures de vote électronique, la vidéosurveillance, les systèmes biométriques de reconnaissance faciale, ainsi que la constitution de bases de données pour gérer et stocker des informations administratives. Ces divers supports contribuent à moderniser et à faciliter les interactions entre les citoyens et l'administration. [10]

1.5. Administration électronique : les 4 phases de mise en œuvre :

L'apport des TIC à l'amélioration de la qualité de service doit être distingué selon le degré d'avancement dans la dynamique de développement de l'administration électronique. On distingue en effet quatre étapes dans le développement de l'administration électronique.

Ces étapes sont les phases d'information, d'interaction, de transaction et d'intégration.

1.5.1. Information

Dans la phase d'information, il s'agit de mettre en place un site Internet à visée éditoriale et/ou informative. Quoique modeste en termes de fonctionnalités offertes aux usagers, ce premier stade évite néanmoins certains déplacements aux usagers et lève des contraintes géographiques et temporelles. Il entraîne également une homogénéisation des règles applicables. Encore très souvent, les textes juridiques font en effet l'objet d'interprétations diverses, en fonction d'instructions locales dont certaines sont contraires au droit en vigueur.

À titre d'illustration, les rubriques « Vos droits » de service-public.fr (le portail de l'administration française élaboré par la Documentation française) sont mises à jour par les administrations centrales des différents ministères, ce qui garantit la pertinence et la fraîcheur des informations. L'accès direct des usagers à cette source d'information a permis de mettre en évidence l'existence d'« exigences » locales, qui ont dû être supprimées dès qu'elles ont été

connues.

1.5.2. Interaction

Pour atteindre la phase d'interaction, le site Internet doit proposer des outils électroniques de communication personnalisée avec l'utilisateur (courriels en particulier) et comprendre quelques télé services. Malgré ces apports, à ce stade de développement de l'administration électronique, la relation dématérialisée doit souvent se doubler d'un échange par un autre mode de communication. Ainsi, le recours à Internet ne suffit pas pour assurer une parfaite intercompréhension, les réponses aux courriels étant souvent jugées laconiques voire lacunaires par les usagers .

Par ailleurs, la télé service, contrairement à la télé procédure, nécessite l'envoi d'un dossier papier (le plus souvent pour fournir des pièces justificatives). Pour autant, avec ces prestations, les services publics proposent une offre dématérialisée comparable à celle de certains sites marchands. Ils répondent donc à un premier niveau d'attente des usagers.

1.5.3. Transaction

Dans la phase de transaction, des télé procédures apparaissent sur le site Internet. La levée des contraintes géographiques et d'horaires pour l'utilisateur est renforcée puisqu'il peut désormais faire des démarches complètes en ligne. En outre, grâce aux formulaires intelligents (seuls sont affichés les champs correspondants au cas traité) et au pré remplissage des formulaires, les télé procédures constituent la seule solution permettant de concilier une exigence de traitement personnalisé (laquelle nécessite une connaissance fine de chaque situation personnelle) avec une simplification des démarches à effectuer. Enfin, cette étape de développement de l'administration électronique offre l'avantage de permettre la délivrance de nouveaux services qui ne pourraient pas exister sans l'usage des TIC. Il n'est pas possible d'en faire une liste exhaustive ; citons toutefois l'exemple de l'accès direct des usagers à leurs dossiers administratifs en ligne. La transparence qui en découle, facteur de démocratie important, permet d'améliorer l'image des administrations vis-à-vis du public.

En outre, en faisant baisser les demandes d'information par téléphone ou au guichet, l'accès à ces informations permet d'induire par effet indirect une meilleure qualité de la prise en charge des demandeurs, si les flux de demandes restent constants. Pour autant, les données saisies sur le site Internet ne sont pas nécessairement, à cette étape, injectées directement dans le système d'information. Les traitements de masse ne sont pas possibles. Cette phase est pourtant synonyme d'une amélioration de la qualité par une diminution des délais de traitement. Par exemple, en ce qui concerne le remboursement des frais médicaux, la télétransmission des feuilles de soins (Sesame-Vitale) a réduit les délais de remboursement de plusieurs semaines à moins de cinq jours.

1.5.4. Intégration

Le stade ultime de développement de l'administration électronique est appelé « phase d'intégration ». Il s'agit tout d'abord de mettre en place une organisation capable d'offrir aux usagers des services flexibles, personnalisés et de qualité en multipliant les télé procédures. Cette étape constitue également un changement de paradigme dans la livraison du service public qui s'effectue alors en « réseau ».

À titre d'exemple, un site Internet préfigure aujourd'hui comment la vie des usagers pourrait être transformée à cette étape : il s'agit de mon.service-public.fr. Il permet aux usagers d'accéder à un ensemble de services administratifs en ligne sans multiplier leurs identifications. Plus concrètement, dès lors que l'utilisateur a associé les services en ligne souhaités avec son compte unique mon.service-public.fr, il n'a plus à retenir tous les mots de passe de ses différents comptes. Il s'agit donc, en quelque sorte, d'un « guichet unique virtuel », même s'il réunit à ce jour peu de télé procédures. [11]

1.6. Architecture générique et commune pour les services e-administratifs

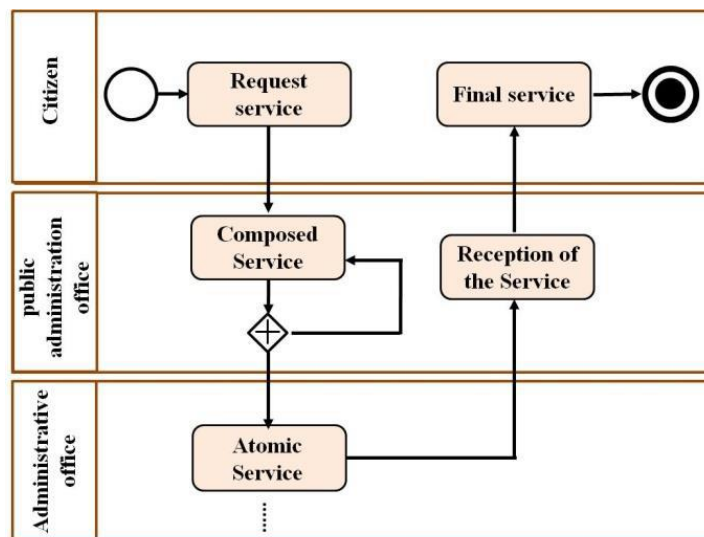


Figure 1. 2: Generic architecture for e-administrative services [9]

Termes liés aux services gouvernementaux électroniques :

- **Service final** : Il s'agit du service global d'e-gouvernement fourni aux citoyens qui soumettent des demandes d'e-gouvernement, que ce soit électroniquement ou traditionnellement.

- **Sous-services composites** : Pour répondre à la demande finale des citoyens, les sous-services composites sont décomposés en sous-services, pouvant être atomiques ou composites. Si ces derniers sont composites, ils sont à leur tour décomposés jusqu'à ce que des sous-services atomiques soient obtenus.
- **Service élémentaire** : Le service élémentaire est le service atomique obtenu en décomposant le service final.
- **Décomposition** : Pour réaliser les services, le service final et les sous-services composites sont décomposés jusqu'à ce qu'ils soient exprimés sous forme de services atomiques. Ces derniers peuvent ensuite être créés et transmis aux unités d'exécution appropriées. Il convient de noter qu'une entité désigne l'organisation chargée de mettre en œuvre le service, qu'il s'agisse d'un bureau, d'un ministère ou autre.
- **Composition** : Ce processus consiste à récupérer les résultats fournis par les services atomiques, à les combiner les uns avec les autres et à les assembler avec des sous-services composites dans l'ordre de leur décomposition initiale. Cette combinaison peut finalement aboutir à la prestation du service final aux citoyens.
- **Niveaux** : L'architecture des services gouvernementaux électroniques repose sur une pyramide à trois niveaux. Le premier niveau correspond au sommet de la pyramide, où le service final est fourni, et c'est là que les demandes des citoyens sont initialement déposées, que ce soit électroniquement ou traditionnellement. La troisième couche se situe à la base de la pyramide et concerne la mise en œuvre des services atomiques. Le deuxième niveau se trouve entre le sommet et la base de la pyramide et ne contient que des sous-connexions de services.[9]

1.7.L'interopérabilité de l'administration électronique

L'interopérabilité désigne généralement la capacité de systèmes différents ou identiques à communiquer aisément entre eux. L'interopérabilité dans le contexte de l'administration électronique concerne principalement les technologies de l'information et de la communication (TIC). Pour une définition complète, il est nécessaire de tenir compte de divers domaines touchés par cette interopérabilité.

La mise en place de l'interopérabilité ne se limite pas à un service public en particulier. Elle affecte l'ensemble de l'administration, qu'elle soit locale, nationale ou européenne, ainsi que les citoyens et même d'autres acteurs associés. De ce fait, différents niveaux d'interopérabilité coexistent et sont interconnectés, contribuant progressivement à une interopérabilité globale de l'administration.

Cette approche globale de l'interopérabilité garantit que les systèmes, les processus et les services de l'administration électronique fonctionnent harmonieusement ensemble, améliorant ainsi l'efficacité et la qualité des services offerts aux citoyens. [12]

1.7.1. Les domaines concernés par l'interopérabilité de l'administration électronique

La Commission européenne a identifié trois domaines d'interopérabilité qui doivent être pris en compte lors de la mise en œuvre de l'administration électronique : les domaines technique, sémantique et organisationnel. Elle souligne particulièrement l'importance des normes techniques dans ces domaines

Tableau 1. 1 : Les types d'interopérabilité [12]

L'interopérabilité technique	L'interopérabilité sémantique	L'interopérabilité organisationnelle
L'interopérabilité technique désigne « l'interpénétration de systèmes technologiques et de logiciels, la définition et l'utilisation d'interfaces, de normes et de protocoles ouverts en vue de créer des systèmes d'information fiables, efficaces et performants »	L'interopérabilité sémantique vise à garantir que la signification des informations échangées n'est pas perdue lors du processus, mais qu'elle est préservée et comprise par les personnes, les applications et les institutions impliquées. Cela signifie qu'il faut attribuer une signification ou une sémantique aux informations échangées et la transmettre à tous les systèmes impliqués dans les échanges. Ces systèmes peuvent ensuite combiner ces informations avec d'autres données pour les traiter de manière appropriée en fonction de leur signification. En d'autres termes, l'interopérabilité sémantique ne se limite pas à permettre la communication entre les systèmes et les applications informatiques, mais vise à assurer une cohérence dans la manière dont ils décrivent et interprètent les informations échangées.	L'interopérabilité organisationnelle consiste à identifier les acteurs et les procédures organisationnelles impliqués dans la fourniture d'un service spécifique en ligne et à parvenir à un accord entre ces acteurs et procédures sur la manière de structurer leur interaction. Elle englobe la définition des conditions d'accès aux informations interopérables, ainsi que des politiques d'intégrité et de confidentialité de ces informations. De plus, elle prend en considération la culture propre à chaque service, c'est-à-dire l'ensemble des

		traditions de structure et de savoir-faire qui caractérisent ce service.
--	--	--

1.8. Conclusion

L'application de l'administration électronique est confrontée à de nombreux problèmes résultant de diverses contraintes. Les besoins majeurs de l'administration électronique sont l'accessibilité, l'intuitivité, l'adaptation aux besoins des utilisateurs et le partage de données et la simplification des formalités. Pour atteindre ces objectifs, la gestion électronique vise à transformer l'ensemble des processus administratifs traditionnellement basés sur le support papier en processus électroniques en utilisant les avancées technologiques modernes. Il s'agit de favoriser le travail électronique et de tendre vers une administration sans papier.

Il est important de reconnaître que la transition vers l'administration électronique ne se limite pas à des aspects techniques ou technologiques. C'est un processus continu qui exige des changements dans les perspectives fonctionnelles, dans les structures de gestion organisationnelle, ainsi que dans les niveaux d'interdépendance horizontaux et verticaux. La transition vers une économie de la connaissance et de l'information nécessite des changements significatifs dans les aspects organisationnels et administratifs des organisations, avec un accent accru sur la flexibilité

Chapitre 2

2 Chapitre 2 : Système Multi-Agents Holoniques (SMAH)

2.1 Introduction

Dans ce mémoire, nous explorons les nouvelles technologies ayant de vastes applications dans le domaine de la robotique, en mettant particulièrement l'accent sur les domaines des systèmes complexes et de la prise de décision. Plus précisément, nous nous concentrons sur les systèmes multi-agents complets qui étudient, utilisent et se forment pour automatiser efficacement les services gouvernementaux en ligne.

L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) devient incontournable, en particulier lorsque le nombre de demandes est élevé. Comme c'est le cas dans l'administration électronique en Algérie. Par conséquent, nous proposons d'intégrer des solutions de gestion de services pour répondre aux exigences d'automatisation efficace (c'est-à-dire non conventionnelle ou traditionnelle), d'exhaustivité (c'est-à-dire minimisant les interventions humaines), de flexibilité (c'est-à-dire non statique et rigide) et d'intelligence (c'est-à-dire permettant la mise en œuvre de décisions) nécessaires à la production de services de qualité.

Dans cette section, nous souhaitons introduire les systèmes multi-agents holoniques dans le domaine de l'e-gouvernement, plus spécifiquement dans l'e-administration pour la prestation de services publics aux citoyens, en utilisant une approche que nous appelons "l'intégration des services de l'e-gouvernement". L'autonomie et la coopération des holons, qui sont les unités fondamentales de la holararchie, permettent d'éviter la rigidité de la structure hiérarchique et facilitent ainsi une réponse rapide aux perturbations [13].

Cette approche innovante vise à améliorer l'efficacité et la réactivité de l'administration électronique en Algérie, en tirant parti des avancées technologiques pour mieux servir les citoyens et répondre aux besoins changeants de la société.

2.2 Systèmes multi-agents :

2.2.1 Définition d'agent :

Au cours de la dernière décennie, le concept d'agent a été appliqué et examiné dans divers domaines. Cependant, il persiste encore un manque de consensus parmi les chercheurs quant à la définition précise du terme "agent"

Étant donné les multiples origines du concept d'agent, il est difficile de fournir une seule et unique définition. En effet, différents auteurs ont avancé plusieurs définitions afin d'éclaircir ce

concept.

Déf1 : « les agents peuvent être vus comme des unités intelligentes et autonomes » (Skarmas, 1998)

Déf2 : « les objets qui pensent » (Magendaz, 1995)

Déf3 : Un agent est un système informatique, situé dans un environnement, qui agit d'une façon autonome et flexible pour atteindre les objectifs pour lesquels il a été conçu.

Déf4 : Un agent est une entité logicielle ou physique à qui est attribuée une certaine mission qu'elle est capable d'accomplir de manière autonome et en coopération avec d'autres agents

Déf5 : Un agent intelligent tout ce qui perçoit son environnement à l'aide de ses capteurs et qui agit sur son environnement à l'aide de ses effecteurs. (Chaib-Draa & all, 2001)

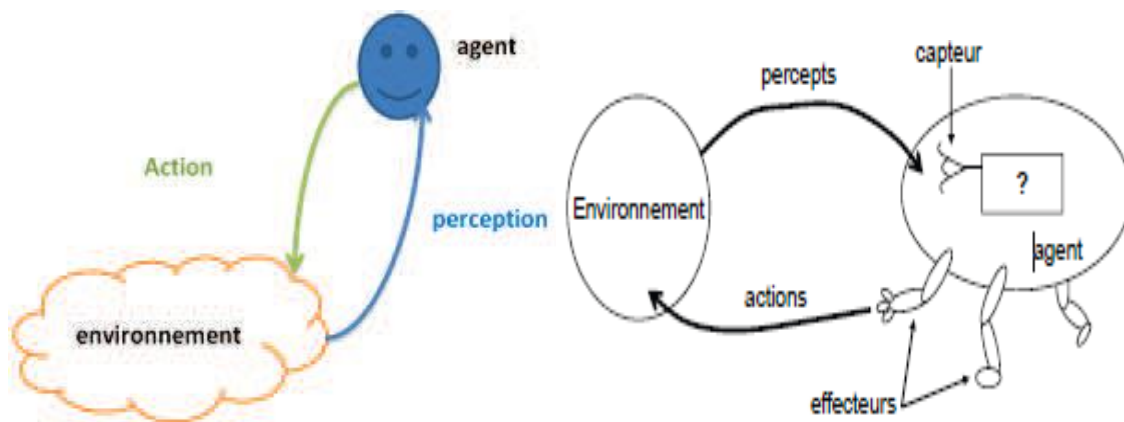


Figure 2. 1 : L'environnement d'un agent.

Aussi, selon [14]. Un agent est un système informatique encapsulé situé dans un environnement dans lequel il est capable d'effectuer une action flexible et autonome, compatible aux objectifs de la conception.

Les agents sont :

- Des entités clairement identifiables de résolution de problèmes avec des bornes et des interfaces bien définies ;
- Situés dans un environnement particulier, ils reçoivent des entrées liées aux états de cet environnement par des capteurs et agissent sur cet environnement par des émetteurs ;
- Destinés à atteindre un objectif spécifique ;

- Autonomes et responsables de leur comportement ;
- Capables d'adopter un comportement flexible pour résoudre des problèmes selon les objectifs de la conception ils sont réactifs (capables de s'adapter aux changements d'état de leur environnement) et proactifs (capables d'adopter un nouvel objectif) ;
- Capables dans un univers multi-agents, de communiquer, coopérer, se coordonner, négocier les uns avec les autres. La figure 2.2 donne, de façon générale, l'architecture interne d'un agent.

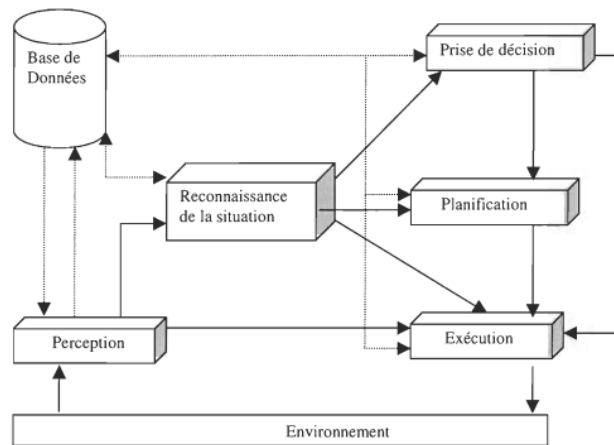


Figure 2. 2: Architecture d'agent [15]

Lorsqu'un agent perçoit une situation dans son environnement, il cherche à la reconnaître. Si cette situation lui est familière, il peut alors initier un processus de planification en vue de résoudre le problème. Il peut également reconnaître la situation en termes d'actions à entreprendre, et ainsi passer directement à l'exécution de la tâche (Reconnaissance - Exécution).

Lorsque l'agent est confronté à des situations qu'il maîtrise parfaitement, il peut faire appel à son comportement réactif et se diriger directement vers l'action (Perception - Exécution). En revanche, s'il se trouve face à un problème qu'il ne peut pas résoudre (une situation non-familière), il initie un processus de coopération en vue de solliciter l'aide d'autres agents (Reconnaissance - Prise de décision).

Cette approche permet à l'agent de gérer efficacement un large éventail de situations, en utilisant des mécanismes appropriés en fonction de la familiarité ou de la complexité de la situation rencontrée.

2.3 Des Objets aux Agents

D'un point de vue informatique, l'approche multi-agent peut être perçue comme une évolution du paradigme orienté-objet. D'un point de vue conceptuel, un objet est essentiellement une structure

de données à laquelle sont associées des fonctions. En revanche, les agents sont des entités autonomes, ce qui implique que leur comportement n'est pas déterminé par des influences extérieures, contrairement aux objets.

Cette distinction met en évidence la différence fondamentale entre les deux approches. Les objets sont généralement passifs et réagissent aux méthodes qui leur sont appliquées, tandis que les agents possèdent une autonomie intrinsèque, leur permettant de prendre des décisions et d'agir de manière indépendante en fonction de leur propre logique interne. Cette autonomie accrue des agents en fait un outil puissant pour la modélisation et la résolution de problèmes complexes, en particulier dans le domaine de l'intelligence artificielle et de la simulation de systèmes complexes.

-Agent : entité autonome interagissant avec son environnement

-Objet : entité passive possédant un état et sur lequel on peut effectuer des opérations. (Chaib-draa, 2010)

-Un agent est à un degré d'abstraction plus élevé qu'un objet.

-Un agent peut être constitué de plusieurs objets.

-C'est un paradigme de programmation mettant en évidence l'autonomie et les interactions.

(Programmation orientée-agent)

Similarités :

-Possèdent un « état interne »,

-Des unités de comportement modulaires (méthodes/compétences),

-Communiquent par envoi de messages,

-Peuvent agir pour modifier leur état,

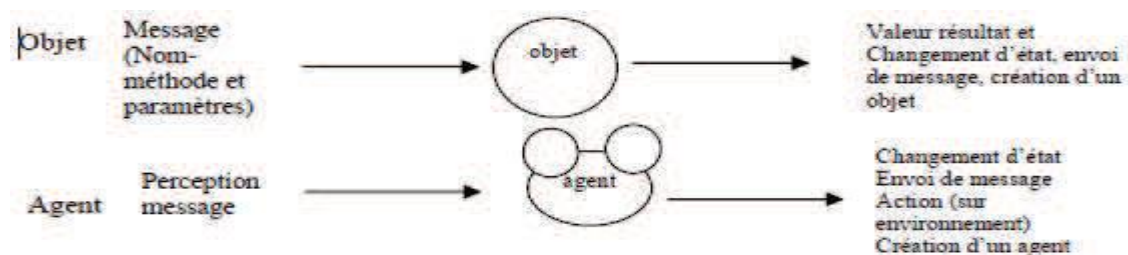


Figure 2. 3: Objet « versus » Agent.

Différences entre objets et agents (Briot & Demazeau, 2001-2002)

Tableau 2. 1 : Différences entre objets et agents

<u>Objet</u>	<u>Agent</u>
Pas d'autonomie : l'objet qui reçoit un appel de méthode exécute celle-ci (pas de proactivité, de réactivité)	Autonomie de contrôle : l'agent décide de son comportement en fonction de son état, croyances, connaissances, perceptions de l'environnement, requêtes des autres
Peu de socialité : interaction rigide (pas d'évolution dans le temps) et simple	Socialité : composante très importante, complexité des interactions, des organisations
	Notion d'environnement importante et plus complexe

2.4 Système multi-agents (SMA)

2.4.1 Définition

Les systèmes multi-agents mettent en œuvre à la fois des agents homogènes et hétérogènes, ayant des objectifs communs ou distincts. Ces systèmes sont dynamiques.

Un système multi-agent peut être défini comme un système distribué composé d'un ensemble d'agents qui interagissent fréquemment, en utilisant principalement des modes de coopération, de concurrence ou de coexistence.

Selon [16] un SMA est généralement caractérisé par :

- 1.** Chaque agent a des informations ou des capacités de résolution de problèmes limitées, ainsi chaque agent a un point de vue partiel ;
- 2.** Il n'y a aucun contrôle global du système multi-agents ;
- 3.** Les données sont décentralisées ;
- 4.** Le calcul est asynchrone. Le principe récursif définit un SMA à un niveau supérieur d'abstraction comme étant un agent.

➤ **Environnement**

Selon [17], l'environnement peut être considéré comme la représentation du monde dans lequel les agents se situent.

L'environnement est modifiable par les agents, soit de façon globale, soit en faisant la distinction entre objets passifs (soumis aux actions des agents) et entités actives (les agents) [18].

➤ **Interaction**

Ferber [18] définit les interactions comme étant l'établissement dynamique de relations entre deux ou plusieurs agents grâce à un ensemble d'actions réciproques. L'interaction entre les agents s'effectue principalement par le biais de la communication, des actes de langage et des protocoles d'interaction. Les agents coopèrent et échangent entre eux. Pour atteindre leurs objectifs ou améliorer la coordination de leurs actions, un agent peut solliciter les services d'un autre agent. Deux éléments qualitatifs caractérisent les interactions entre les agents :

- Les interactions se produisent à un niveau élevé par un langage de communication, en fonction du temps, de l'objectif à atteindre et de la nature des agents ;
- Étant donné que les agents sont des solveurs de problèmes flexibles évoluant dans un environnement sur lequel ils n'ont qu'un contrôle partiel, les interactions devraient également être flexibles. Par conséquent, les agents nécessitent un mécanisme de calcul pour prendre des décisions, en fonction de certains facteurs contextuels, concernant la nature et l'étendue de leurs interactions, et pour initier des interactions qui n'ont pas été anticipées lors de leur conception initiale.

➤ **Organisation**

Étant donné que les Systèmes Multi-Agents (SMA) peuvent être considérés comme une société d'agents collaborant ensemble pour atteindre collectivement un objectif donné, il est nécessaire de résoudre un problème d'organisation, généralement de manière dynamique.

Selon Fox [19], on peut définir une organisation comme une structure décrivant comment les membres de l'organisation sont en relation et interagissent en vue d'atteindre un objectif commun. Selon [20], la perspective organisationnelle conduit à une caractérisation générale d'un SMA, comme décrit dans la figure 2.4 :

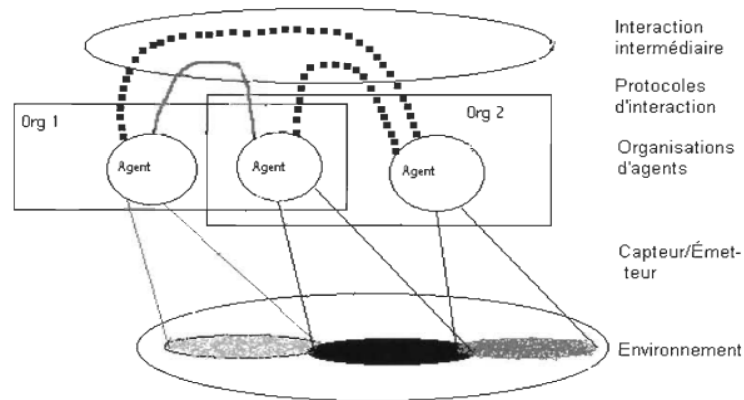


Figure 2. 4: Caractérisation d'un SMA [20]

2.5 Vue intuitive d'un Agent dans un SMA :

Un SMA peut-être :

Ouvert : les agents y entrent et en sortent librement (ex : un café)

Fermé : l'ensemble d'agents reste le même (ex : un match de football)

Homogène : tous les agents sont construits sur le même modèle (ex : une réunion de travail, une colonie de fourmis)

Hétérogène : des agents de modèles différents, de granularité différentes (ex : l'organisation hospitalière). [21]

2.6 Les SMA caractéristiques, avantages et limites :

Les systèmes multi-agents (SMA) demeurent un domaine de recherche très actif, en étroite connexion avec plusieurs domaines, notamment l'intelligence artificielle, le génie logiciel et les nouvelles technologies de l'information. Ils représentent une alternative pour la conception, la mise en œuvre, la simulation et la compréhension de systèmes coopératifs, distribués et ouverts [Phan and Varenne (2010)]. Ces systèmes sont constitués d'organisations orientées vers des objectifs, composées d'agents intelligents qui interagissent entre eux en lieu et place des utilisateurs [Wooldridge (2009)]. Ils incarnent en quelque sorte les entités ou les individus du monde réel [Duffey and Stratford (1989)] et facilitent le processus décisionnel, qui exige des réponses rapides même dans des situations complexes.

Ces systèmes se penchent sur les comportements collectifs issus des interactions entre des entités flexibles et autonomes, qui collaborent et rivalisent pour assurer leur coexistence. Ce qui caractérise principalement les SMA, ce n'est pas seulement le partage ou la distribution de connaissances et de ressources communes, mais également la capacité à faire coopérer un ensemble d'agents, à coordonner leurs actions et à négocier entre eux [Weiss (1999)] afin de réaliser une activité collective cohérente.

Selon Weiss [Weiss (1999)], et conformément à Saddem and Hmida (2014), les SMA présentent généralement les caractéristiques suivantes :

- **Distribution** : la modularité du système affecte à chaque agent sa tâche appropriée ;
- **Autonomie** : dans les SMA, les agents conservent leur autonomie ;
- **Décentralisation** : concerne en particulier les décisions prises par les agents du système.
- **Echange de connaissances** : les agents communiquent entre eux en utilisant des langages spécifiques ;
- **Interaction** : suite aux motivations locales, les agents se comportent dans un environnement à grade égale sans subir des ordres supérieurs ;
- **Organisation** : elle se base sur les relations permettant l'interaction entre les agents.
- **État** : il est défini par l'évolution de l'ensemble des agents en interaction dans leur environnement ;
- **Ouverture** : l'échange des informations avec le monde extérieur, c'est-à-dire les agents peuvent opérer avec d'autres SMA ;
- **Émergence** : l'interaction des entités locales dotées chacune de ses propres spécifications mènent à des fonctions globales ;
- **Adaptation** : les agents dans un SMA adaptent instantanément leur comportement vis-à-vis l'environnement ;
- **Délégation** : afin de supporter la complexité dans la prise de décision, il est possible de déléguer le pouvoir à des agents pour assurer une partie du contrôle global de l'application ;
- **Personnalisation** : dans un SMA appartenant aux systèmes intégrés, les agents utilisateurs doivent s'adapter à ce système ;
- **Intelligibilité** : c'est de rendre les SMA plus accessibles par l'utilisateur extérieur.

Les SMA sont des systèmes modulaires, conçus principalement pour résoudre des problèmes concurrents dans des environnements distribués, qui offrent plusieurs avantages [Wooldridge and

Jennings (1995)] :

- La facilité d'implémenter les problèmes dont les données et le contrôle sont distribués ;
- La vitesse, la fiabilité et la robustesse (le système continue à fonctionner cas d'échec d'un agent) ;
- La réutilisabilité et l'extensibilité du système en réintégrant les agents dans de nouveaux SMA et en ajoutant de nouveaux agents.

La plupart des recherches récentes se concentrent davantage sur l'application des Systèmes Multi-Agents (SMA) que sur les solutions théoriques, couvrant un large éventail, des systèmes d'aide à la décision simples aux systèmes ouverts complexes et aux systèmes critiques pour les applications industrielles [Dorri et al. (2018)]. En raison de leur potentiel dans le domaine industriel, les SMA ont trouvé leur utilité dans diverses applications, notamment le contrôle de processus [Jennings (1995)], les systèmes de diagnostic [Albert et al. (2003)], l'industrie manufacturière [Peng et al. (1998)], et la gestion des réseaux [Bieszczad et al. (1998)].

La nature distribuée d'Internet et le volume considérable d'informations en font un domaine idéal pour l'application des SMA dans la gestion de l'information [Decker et al. (1997)]. Cela se traduit par l'utilisation d'agents pour la recherche et le filtrage des informations [Klusck (2001)]. Cette avancée a permis d'introduire la technologie des SMA dans d'autres domaines tels que le commerce électronique, les processus d'affaires automatisés [Teo et al. (2012)], la gestion du trafic urbain, la logistique des transports [Benaissa (2013)]. D'autres applications ont également montré l'efficacité de cette technologie, notamment dans les systèmes ubiquitaires [Salazar et al. (2015)], les réseaux de capteurs denses et étendus pour le contrôle de paramètres et les applications environnementales [Athanasiadis and Mitkas (2004)].

Les SMA présentent de nombreux avantages, en particulier dans le domaine des systèmes distribués, mais ils sont également confrontés à des défis de conception et d'implémentation [Sycara (1998)]. Ces défis comprennent des problèmes tels que la décomposition du système, la communication, la coordination globale, les solutions technologiques et la prise de décision.

Dans la pratique, les SMA se révèlent plus flexibles par rapport aux modèles macroscopiques, notamment lorsqu'il s'agit de simuler des sociétés et des phénomènes spatiaux et évolutifs [Wooldridge (2009)]. C'est pourquoi il est essentiel de trouver un modèle d'organisation hiérarchique permettant de gérer des systèmes complexes à grande échelle, tout en décomposant le système étudié, comme c'est le cas des systèmes holoniques, de manière à ce que tous les composants travaillent en partie vers la réalisation d'un objectif commun

2.7 Systèmes holoniques multi-agents :

2.7.1 Définition d'un holon :

Un Holon est défini par Koestler [22] comme une partie d'un tout ou d'une organisation plus large, répondant strictement à trois conditions : être stable, avoir une capacité d'autonomie et être capable de coopérer.

- L'autonomie suggère qu'un holon soit capable de s'autogérer lorsqu'il est soumis à des sollicitations, afin de réaliser ses objectifs personnels.
- La capacité de coopérer signifie que les holons sont en mesure de coexister avec d'autres holons ou d'autres couches de holons, et sont capables de travailler sur des objectifs et dans des projets communs.
- La stabilité signifie qu'un holon est capable de faire face et de réagir lorsqu'il est sujet à des sollicitations fortes ou à des perturbations importantes.

Un holon est un élément fondamental dans le cadre du HMAS (Système Multi-Agents Holoniques), considéré comme une entité composée de trois composantes principales :

1. Un holon échange des demandes et des réponses avec d'autres holons dans le système par l'intermédiaire de l'interface.
2. Une base de ressources d'information et de connaissances qui sert de mémoire de support pour le holon.
3. Enfin, un moteur d'inférence, comprenant la machine elle-même et trois autres modules de communication.

La figure ci-dessous offre un aperçu complet de ce sous-ensemble.

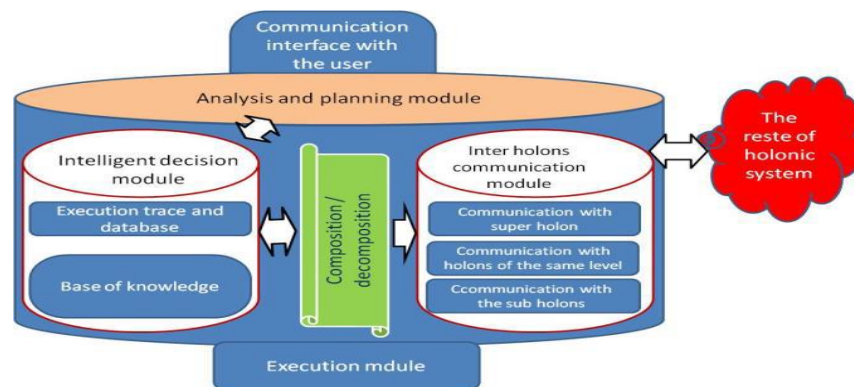


Figure 2. 5: Model définition of Holon

2.7.2 Agent Holonique

L'agent holonique est une entité auto-similaire composée de holons en tant que sous-structures (voir Figure 2.6). À un niveau d'observation donné, le holon composite est qualifié de super-holon. Les holons qui constituent un super-holon sont appelés des sous-holons ou des holons membres.[23]

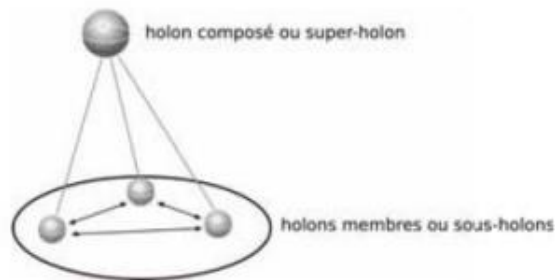


Figure 2. 6: Un Holon composé de trois holons membres.

L'avantage d'un système holonique est qu'il possède une architecture générique et récursive. Du point de vue agent, un agent holonique a :

- Une identité (nom, type, état) ;
- Des connaissances (traitement, autres acteurs) ;
- Un comportement (conçoit, reçoit, envoie, agit, examine) ;
- Respecte un ensemble de règles. Koestler [22] propose un ensemble de 65 règles décrivant les notions de dualité coopération-autonomie, de communication et d'architecture. Ces règles sont regroupées autour de dix ensembles définissant les systèmes holoniques ~ [24].

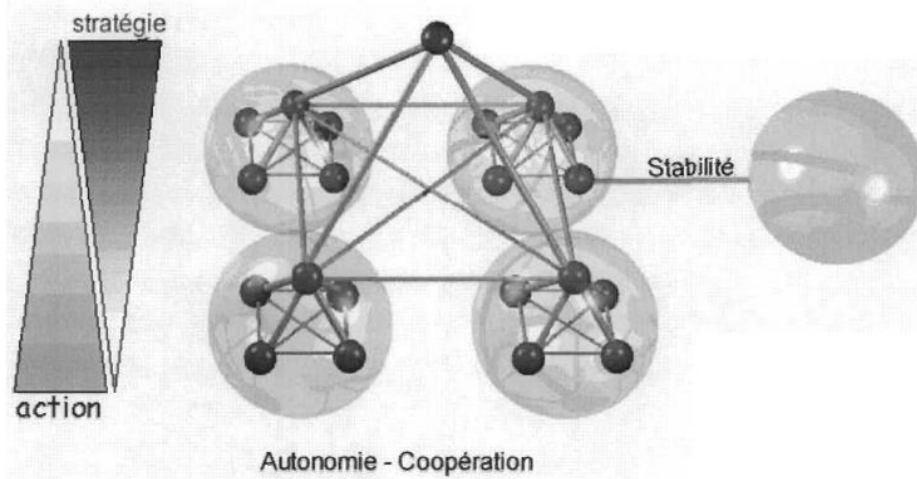


Figure 2. 7: Un exemple de système holonique [24]

2.7.3 Holon vs Agent :

En comparant l'agent holonique à l'agent intelligent, on distingue une différence explicite sur les points suivants [Calabrese et al. (2010)] :

- L'information et le traitement physique qui sont présents dans les holons tandis que les agents sont seulement considérés comme des entités de programmes ;
- La récursivité qui caractérise particulièrement les holons, mais ce n'est pas le cas pour les agents ;
- L'organisation dont les holons s'organisent selon des holarchies, qui sont généralement représentées comme des structures hiérarchiques dynamiques [Zhang and Norrie (1999a), Zhang and Norrie (1999b)], est différente des architectures d'agents, qui sont statiques et passent d'une organisation horizontale à une organisation verticale. [Sycara (1998), Okamoto et al. (2008)].

En référence à l'analyse effectuée par Mark et Pechoucek [Mark et al. (2002)], qui a été présentée par Giret et Botti [Giret and Botti (2004)], la comparaison des caractéristiques entre un agent intelligent et un agent holonique est résumée dans le tableau suivant :

Tableau 2. 2 : Holon vs Agent [Giret et Botti, 2004]

Caractéristiques	Agent	Holon
Autonomie	oui	oui
Réactivité	oui	oui
Proactivité	oui	oui
Capacité sociale	Oui, l'interface utilisateur est implémentée par un ou plusieurs agents spécialisés	Oui, l'interface utilisateur est spécifique à chaque holon
Coopération	Oui, il peut être compétitif et coopératif	Oui, les holons ne rejettent pas exprès la coopération avec un autre holon
Organisation, ouverture	Oui, hiérarchies, organisations horizontales, hétéroarchies, etc. Les holarchies sont implémentées en utilisant différentes approches d'architecture SMA pour des fédérations comme les facilitateurs, les courtiers (brokers), ou les médiateurs...	Oui, holarchies
Rationalité	oui	oui
Apprentissage	oui	oui
Bénévolat	oui	oui
Mobilité	oui	Holons nécessitent rarement la mobilité pour l'exécution de ses tâches.
Récurtivité	Il n'y a pas d'architecture récursive, néanmoins d'autres techniques pourraient être utilisées pour définir des groupes simulant les différents niveaux récursifs	oui
Traitement des informations et traitement physique	Il n'y a pas de séparation explicite	La séparation est explicite pourtant le traitement physique est optionnel

Attitudes mentales	oui	Ils n'ont pas besoin de raisonner par leurs propres attitudes mentales ou par celles des autres unités de contrôle
--------------------	-----	--

Compte tenu du fait que l'autonomie et l'auto-organisation sont deux propriétés distinctes des agents intelligents et des Systèmes Multi-Agents (SMA) respectivement, l'agent holonique est principalement conçu comme un composant modulaire visant à renforcer efficacement la modélisation et le développement. Il possède des caractéristiques importantes issues du génie logiciel.

2.7.4 Module de communication :

Ce module est dédié à la communication avec d'autres holons des couches inférieure et supérieure et avec les mêmes couches qu'il contient :

- **Module de communication avec Superholon** : Ce module est utilisé pour échanger des données entre les holons inférieurs et supérieurs lorsque le holon transmet la tâche au supérieur (attendu par le superviseur). De plus, ce module permet au holon supérieur de communiquer avec son subordonné pour soumettre les commandes ou les paramètres nécessaires à l'exécution de la sous-tâche. Ce module couvre l'ensemble du système complet, y compris la tête globale du système global, offrant ainsi la possibilité d'intégrer un autre système complet plus large, ce qui confère une grande flexibilité à cette approche.
- **Modules de communication avec le même niveau holon** : Ce module est utilisé pour la communication entre les holons frères ; par exemple, si des holons veulent coopérer les uns avec les autres pour accomplir une tâche commune requise par un holon de niveau supérieur, ce module n'existe pas dans un holon de niveau supérieur.
- **Module Communication avec les sous-groupes** : Ce module contient une liste des sous-groupes et les services qu'ils peuvent fournir. Ce module n'est pas présent dans le holon de base. Ce module entreprend deux tâches : il exécute directement la tâche si elle est basique. Cependant, si la tâche est complexe, elle la décompose en sous-tâches et les assigne à ses holons inférieurs. [9]

2.7.5 Module d'exécution:

Ce module spécifique à l'exécution peut être de trois types :

- **Pour les holons élémentaires** : ce module est utilisé pour effectuer directement une tâche élémentaire, puis renvoyer le résultat à un holon supérieur.

- **Pour les holons de niveau intermédiaire :** ce module gère l'attribution des tâches dans les holons de niveau inférieur, puis procède à l'assemblage des résultats pour les transférer aux holons de niveau supérieur.
- **Pour les ensembles supérieurs :** est la composition agrégée de toutes les tâches effectuées et renvoyées par les ensembles inférieurs pour affiner le service global demandé. [9]

2.7.6 Interface Holon:

Le holon dispose d'un module de communication de haut niveau qui constitue essentiellement son interface pour recevoir des informations telles que les descriptions de missions et les exigences nécessaires à la planification des missions ou à la demande de services.

- **Module d'analyse et de planification :** Ce module revêt une importance capitale pour plusieurs raisons. Il définit l'holarchie des holons en fonction de l'analyse de l'état actuel des holons, des modifications survenues, et de l'historique des décisions prises dans cette situation. De plus, ce module gère les interruptions et les défaillances, détecte les changements dynamiques, diffuse les informations au sein du holon et facilite la prise de décision.
- **Module de ressources lié à la décomposition en composition :** Le module comprend un moteur de raisonnement qui permet la création de plans de démontage et de montage en fonction des réglementations en vigueur, des inventaires complets et des circonstances spécifiques liées aux citoyens. Lorsque le holon a besoin de stocker le résultat d'une tâche donnée pour une utilisation future ou de suivre l'exécution au cas où une tâche similaire serait requise, il peut le faire en modifiant légèrement les étapes pour éviter une répétition complète. [9]

2.7.7 Architecture générale pour SMAH:

Les définitions existantes dans certains travaux sur les Systèmes Multi-Agents Holoniques (HMSA) sont nombreuses, variées et souvent spécifiques à un domaine d'utilisation particulier. Dans le cadre de ce travail, nous utilisons la description suivante d'un HMSA [25] (voir la figure 2.8). Le HMSA comprend un Superholon, des inter-holons et des holons élémentaires, tous capables d'effectuer des requêtes et des opérations de composition/décomposition. Les holons sont répartis sur plusieurs niveaux. Dans la suite, nous présentons les définitions de ces concepts.

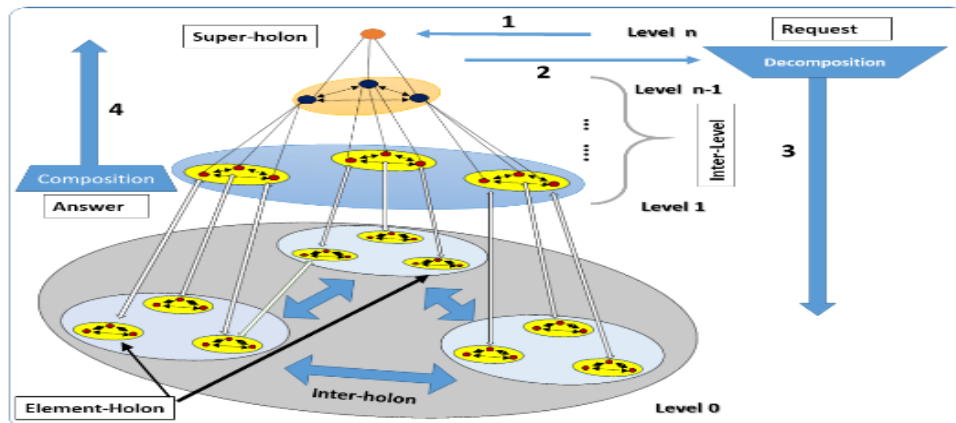


Figure 2. 8: Architecture générique pour HMSA

- **Super-holon** : désigne le holon situé à la couche la plus élevée qui n'a pas de holon parent ; il est chargé de recevoir une demande de l'utilisateur, qui sera ensuite décomposée en plusieurs sous-requêtes (c'est-à-dire des tâches) réparties sur les inter-holons situés directement en dessous de lui. Ces inter-holons fournissent en fin de compte les résultats de leur travail.
- **Inter-holon** : est un holon qui possède un ou plusieurs parents et plusieurs fils. Il prend en charge la décomposition de la sous-requête qu'il reçoit du super-holon en sous-requêtes distinctes, puis il compose les sous-réponses en faveur du super-holon, qui les collecte auprès de ses fils.
- **Élément-holon** : est situé à la couche la plus basse et ne possède pas de fils. Son rôle est principalement réactif, ce qui signifie qu'il reçoit une sous-requête, l'exécute et retourne la sous-réponse à son parent (c'est-à-dire le holon supérieur).
- **Requête** : la requête correspond à une requête utilisateur déposée au niveau du super-holon et qui peut faire l'objet de plusieurs décompositions jusqu'à des sous-requêtes non décomposables (disons atomiques). Ceux-ci sont exécutés par les éléments holons.
- **Réponse** : la réponse correspond à l'instruction de retour au niveau inter-holon ou au super-holon la reconstruction d'une réponse à partir du sous-élément réponses holon puis jusqu'à l'obtention de la réponse finale donnée à l'utilisateur.
- **Niveau** : il existe trois types de niveaux : le premier est le super-holon, le troisième est celui des holons élémentaires et le second (intermédiaire) se situe entre les deux niveaux et ne comprend que les inter-holons.
- **Composition** : cela concerne la composition du service de bas en haut, après l'exécution des tâches par l'élément atomique-holon, c'est le rôle des inter-holons de combiner ces tâches de

base pour les rendre à leurs supérieurs et ainsi de suite jusqu'à l'arrivée au holon supérieur pour composer la dernière prestation.

- **Décomposition** : c'est l'opération inverse de composition telle que le holon supérieur commence l'opération en subdivisant le service demandé en une tâche qui sera envoyée aux inter-holons qui lui ont succédé directement. Ceux-ci se répartissent à leur tour (si nécessaire) les sous-services des autres sous-services et s'orientent vers les inter-holons de niveau inférieur et ainsi de suite jusqu'aux tâches qui seront assignées aux éléments atomiques -holons.

2.7.8 Les systèmes multi-agents holoniques (SMAH) et leurs applications :

Depuis son émergence, l'approche holonique n'a cessé d'évoluer et, conjointement avec les Systèmes Multi-Agents (SMA), a donné naissance aux SMA holoniques en tant que nouveau paradigme de modélisation. De plus, les agents holoniques se sont révélés bénéfiques dans divers domaines. Parmi ceux-ci, on peut citer l'industrie manufacturière, les systèmes d'information médicaux, les systèmes de gestion à distance des entreprises de transport [Gaud (2007)], la logistique, la fabrication flexible, la production, et l'enseignement à distance [Gerber et al. (1999b)], [Bürckert et al. (2000)], [Maturana et al. (1999)], [Van Brussel et al. (1998)], [Ulieru and Geras (2002)].

2.8 Conclusion

Les Systèmes Multi-Agents Holoniques (SMAH) sont largement reconnus pour leurs applications diverses. En plus des caractéristiques communes qu'ils partagent avec les SMA, leur principale distinction réside dans la capacité d'un proxy complet à agir à la fois en tant que composant d'un niveau supérieur et comme un ensemble de composants pour d'autres agents au sein d'une hiérarchie récursive appelée holarchie.

Les systèmes holoniques multi-agents (SMAHs) présentent une alternative intrigante aux structures traditionnelles en couches, pyramidales et récursives que l'on trouve généralement dans la plupart des systèmes complexes, ce qui justifie l'intérêt que leur porte la recherche. Cependant, le développement d'applications basées sur ces systèmes demeure limité en raison de l'accent mis sur les activités de test, une étape cruciale pour garantir leur qualité.

Dans ce chapitre, nous avons introduit l'approche holonique en fournissant certaines définitions et concepts. Dans le chapitre suivant, nous explorerons comment cette approche peut être intégrée en tant que solution aux défis de l'e-administration.

Chapitre 3

3 Chapitre 3 : Démarches décisionnelles E-administratives pour la réalisation d'un projet de caractère urgent

3.1 Introduction :

Actuellement les services e-administratifs de nature complexe, impliquant plusieurs administrations et exigeant une prise de décision collective ainsi que la coordination de documents provenant de différentes entités administratives, comme par exemple les permis de construire, revêtent une importance capitale, notamment dans des situations d'urgence pour la planification et la réalisation de projets vitaux. La résolution de cette problématique s'avère particulièrement ardue, car elle repose essentiellement sur la convergence des objectifs multiples des parties prenantes impliquées. Ces acteurs collaborent inlassablement dans le but commun de promouvoir un projet vital, offrant une efficacité et une accessibilité accrues à tous ceux qui en ont besoin, tout en garantissant sa durabilité à long terme. En considérant ce problème global comme une question d'optimisation combinatoire multi-objectif, de nombreux aspects ont déjà été abordés par divers chercheurs dans leurs travaux antérieurs [26]. L'essence de notre démarche actuelle réside dans la contribution au domaine de l'administration électronique publique, en se penchant plus particulièrement sur les services complexes. Nous nous focalisons plus spécifiquement sur le cas de la planification des projets urbains en période de crise, à l'instar de celle engendrée par la pandémie du Covid-19. Notre objectif premier est de concevoir une architecture parfaitement adaptée à la résolution du problème de la réalisation des procédures e-administratifs, en exploitant la puissance d'un système multi-agents holonique. Ce dernier se présente comme une solution des plus efficaces pour modéliser des systèmes complexes à grande échelle.

Dans le cadre de notre approche holonique actuelle, les agents interagissent de manière synergique, en ayant recours à l'algorithme Backtracking, afin de déterminer la solution optimale et de surmonter les défis administratifs avec la plus grande fluidité possible, pour trouver le meilleur ajustement et pour le lever des réserves administratifs tout en respectant les contraintes de délai. Notre but ultime est de concrétiser un projet à la fois essentiel pendant la crise et bénéfique pour les zones urbaines pertinentes. Cette démarche se veut être une réponse novatrice aux défis actuels de l'administration électronique publique, où la complexité des services et l'impératif de réactivité en période de crise requièrent une approche intégrée et holistique.

3.2 Problématique :

La pandémie de Covid-19 constitue une crise sanitaire d'envergure mondiale. Avec la recrudescence des cas de contamination par le Coronavirus, une demande croissante en oxygène médical se fait sentir au sein des établissements de santé. Face à cette situation critique, le ministère de l'Industrie a annoncé la mise en place d'une action sectorielle d'urgence visant à mobiliser tous

les moyens disponibles pour accroître la production de cette ressource vitale. Les services décentralisés relevant du département de l'Industrie ont reçu pour mission de superviser attentivement, au niveau des différentes régions administratives (wilayas), la production d'oxygène ainsi que les livraisons quotidiennes, et de lever tous les obstacles et les réserves susceptibles de compromettre ces opérations. Toutefois, jusqu'à présent, les directives mises en place ne sont pas directement liées à l'analyse de **la durabilité des projets** ni à la **localisation optimale** des usines de production.

D'un autre côté, l'étude technique d'un projet de construction a pour objectif de définir les différentes options envisageables pour la réalisation de la construction et de fournir une feuille de route pour assurer le bon déroulement du projet. Elle joue également un rôle essentiel dans la validation de la compatibilité entre les choix techniques opérés et la réglementation en vigueur.

L'étude technique aborde un éventail de conditions essentielles, parmi lesquelles figurent :

- La conception **architecturale** de la construction, détaillant les différents éléments à construire.
- Les missions et **les prestations** des divers acteurs qui interviendront sur le projet.
- Une analyse du **terrain**, ou de la structure existante en cas de réhabilitation ou de rénovation.
- Les solutions **techniques** à privilégier pour la réalisation du projet.
- Les mesures à envisager pour **optimiser** l'efficacité énergétique.
- La **conformité aux réglementations** en vigueur.
- Et bien d'autres aspects encore.

En somme, l'étude technique constitue un pilier fondamental dans la planification et la mise en œuvre de tout projet de construction, garantissant une approche structurée et conforme aux normes en vigueur.

Dans ce contexte, il devient impératif de rechercher une solution rapide pour intervenir efficacement. En de telles circonstances, il est courant de se concentrer exclusivement sur la mise en place de la solution, quel que soit son coût et les dépenses liées au projet, et de négliger les éventuelles conséquences sur la durabilité du projet. Il est essentiel que le projet perdure dans le temps sans remettre en question sa localisation ou sa capacité, en garantissant son utilité pour les générations futures, répondant ainsi à leurs besoins. C'est dans ce contexte que l'importance du développement durable prend tout son sens et que se pose la problématique centrale de cette étude.

L'objectif général de notre travail consiste à concevoir une proposition d'outil d'aide à la décision basé sur les systèmes multi-agents holoniques. Cette proposition vise à résoudre deux problématiques essentielles : la détermination d'une position optimale et la garantie de la durabilité des projets, en particulier dans des situations d'urgence telles que celle provoquée par la pandémie de COVID-19.

3.3 Travaux reliés :

Dans cette section, nous procédons à l'examen des travaux antérieurs pertinents qui ont été élaborés pour aborder des problèmes analogues. Au sein de cette thèse, nous considérons notre approche, qui s'appuie sur des systèmes multi-agents holoniques et repose sur un produit unique, comme une contribution novatrice. À notre connaissance, aucune recherche antérieure n'a exploré cette variante spécifique du problème. Par la suite, nous analysons de manière approfondie les articles les plus pertinents publiés jusqu'à présent, qui se penchent sur cette problématique, en offrant un bref aperçu de chacune de ces contributions. On distingue les travaux de :

B. Khelifa et M. R. Laouar en 2020 [26]. Dans leur étude, ils ont proposé un système intelligent d'aide à la décision (IDSS) visant à déterminer les plans urbains optimaux pour adapter les projets urbains aux zones appropriées. Leur approche repose également sur la modélisation des systèmes urbains complexes et à grande échelle à l'aide de l'approche holonique. Dans ce cadre, les agents de chaque niveau ont recours à un algorithme d'optimisation de colonies de fourmis à objectifs multiples appelé BKPACS, spécialement conçu pour résoudre le problème de planification de projets urbains, considéré comme un problème de sac à dos borné (BKP). L'algorithme principal, nommé H-MACO, coordonne les activités des différents niveaux au sein de ce système holonique.

Bien que le travail de Khelifa et Laouar soit incontestablement significatif, il est important de noter que leur approche se concentre principalement sur la problématique du positionnement des projets urbains. En revanche, notre recherche aspire à une plus grande généralité, visant à aborder les défis liés à la gestion des processus administratifs complexes de manière transversale, sans se limiter à un domaine spécifique tel que l'urbanisme.

En 2015 [27], le travail de N. Houssem Eddine et D. Olfa Belkahla mérite une attention particulière. Cette étude présente une approche novatrice consistant à hybrider deux métaheuristiques au sein d'un modèle multi-agent holonique, spécialement conçu pour résoudre le problème complexe de la planification flexible du Job Shop (FJSP). Il convient de noter que le FJSP est un problème NP-complet qui se compose de deux sous-problèmes distincts, à savoir les problèmes d'affectation et d'ordonnancement, relevant du domaine industriel de l'ordonnancement dans les ateliers manufacturiers. L'approche développée dans cette étude se décline en deux étapes hiérarchiques cruciales. Tout d'abord, un algorithme génétique basé sur le voisinage est mis en œuvre par un agent ordonnanceur, favorisant ainsi une exploration exhaustive de l'espace de recherche. Ensuite, une technique de recherche locale est employée par un ensemble d'agents appartenant à un cluster, leur rôle étant de guider la recherche vers les régions les plus prometteuses

Ce travail de recherche constitue une contribution significative à la résolution de problèmes complexes en utilisant des approches holoniques et hybrides, et bien que son domaine d'application diffère du nôtre, il témoigne de la pertinence de l'utilisation de systèmes multi-agents holoniques

dans des contextes de résolution de problèmes complexes.

En 2021 [28], le travail de B.D. Carlos Alberto et F. Massoud mérite une mention spéciale dans le domaine des systèmes de production. Cette étude présente une approche novatrice basée sur la simulation en vue d'optimiser l'allocation des tâches de travail et des ressources (c'est-à-dire les machines) aux postes de travail. L'objectif est de maximiser le débit, de minimiser la capacité des tampons et de réduire le nombre de machines, en les optimisant simultanément. Cette démarche tient compte du comportement stochastique du système pour parvenir à la configuration souhaitée. L'application de ce système trouve une pertinence particulière dans le contexte de la fabrication reconfigurable (RMS). En effet, malgré les avantages inhérents à la RMS, la conception de ces systèmes pour atteindre un niveau d'efficacité élevé s'avère être un défi de taille, classé comme un problème combinatoire complexe NP-complet. En conséquence, l'utilisation de techniques d'optimisation, telles que les méthodes métaheuristiques, suscite un intérêt croissant parmi les chercheurs dans ce domaine.

Cette étude met en lumière la nécessité d'explorer des approches novatrices, notamment dans le contexte de la recherche de solutions à des problèmes complexes. Bien que le domaine d'application diffère du nôtre, elle souligne l'importance de l'optimisation et de l'efficacité dans les systèmes de production, des aspects qui sont également pertinents pour notre recherche axée sur l'administration électronique et les systèmes multi-agents holoniques.

En 2017, Giret et ses collaborateurs [29], en suivant la méthodologie holonique multi-agents, ont présenté une méthodologie d'ingénierie visant à assister les chercheurs dans la conception de systèmes de contrôle de fabrication intelligents et durables. Ils ont également fourni un ensemble d'études de cas pour évaluer l'efficacité de cette méthodologie. Cette approche s'inscrit dans une démarche de recherche visant à promouvoir la conception de systèmes de fabrication plus intelligents et respectueux de la durabilité, mettant ainsi en lumière l'importance de l'application des principes holoniques multi-agents dans le domaine de l'ingénierie.

En 2018, Tchappi et al. [30] ont résumé l'état de l'art en matière de modélisation et de simulation des problèmes multiniveaux en utilisant une approche multi-agent holonique. Leur étude s'est particulièrement intéressée à l'application de modèles multi-agents holoniques dans le contexte des systèmes de circulation et de transport.

Par ailleurs, en 2015, les recherches d'Adriano Ferreira et Ângela Ferreira [31] ont élargi le paradigme holonique pour modéliser chaque nœud d'énergie électrique, englobant la production, la consommation et le stockage d'énergie, au sein des systèmes de réseaux intelligents. Cette extension visait à réduire la nécessité de déployer de multiples algorithmes de contrôle sur le réseau. Ils ont appliqué un seul holon pour modéliser le comportement de chaque nœud à basse tension, ce qui permet à un unique holon multifonction de modéliser de manière récursive

l'ensemble du réseau électrique. Une étude de cas générique a été utilisée pour démontrer la capacité de ce holon à modéliser efficacement différents niveaux de contrôle.

En 2007, au sein de l'équipe de recherche en systèmes multi-agents du laboratoire de transport, S. Moujahed, N. Gaud, et D. Meignan [32] ont entrepris des travaux de recherche visant à résoudre les problèmes de localisation multi-niveaux, généralement considérés comme complexes. Ils ont proposé une approche basée sur les Systèmes Multi-Agent Holoniques (HMAS), qui ont été intégrés avec les mécanismes de champs de potentiel artificiel (APF). Cette approche permet d'obtenir la solution de manière simultanée avec l'utilisation de l'holarchie, qui est employée pour exploiter et contrôler l'émergence de la solution.

Pour évaluer la pertinence de cette solution, elle est soumise à une évaluation en fonction d'objectifs globaux représentés par le biais d'une fonction de remise en forme. Ce modèle a été appliqué avec succès à un système de distribution à plusieurs niveaux. Ces recherches illustrent l'efficacité des Systèmes Multi-Agent Holoniques dans la résolution de problèmes complexes de localisation à plusieurs niveaux, tout en intégrant des mécanismes de champs de potentiel artificiel pour obtenir des solutions pertinentes en fonction d'objectifs globaux définis.

Finalement toutes ces travaux de recherche illustrent clairement la pertinence et la polyvalence des approches holoniques multi-agents dans divers domaines d'application, allant de la fabrication à la gestion de l'énergie électrique, en passant par la modélisation des systèmes de transport.

3.4 Satisfaction de conditions administratives :

La conformité aux exigences administratives liées au traitement des dossiers implique l'application rigoureuse d'un ensemble de lois et de critères spécifiques, sous la forme de conditions et de procédures applicables aux services demandés par les utilisateurs. De nombreux problèmes rencontrés dans le domaine de l'administration électronique peuvent être analysés et résolus en tant que problèmes de satisfaction de contraintes.

3.5 Problème de Satisfaction de Contraintes (CSP) :

Un Problème de Satisfaction de Contraintes (CSP) est défini comme un ensemble de contraintes impliquant un ensemble de variables, chacune étant définie dans son propre domaine. L'objectif consiste à trouver un ensemble de valeurs, choisies parmi les domaines susmentionnés, à affecter à ces variables de manière à ce que toutes les contraintes soient satisfaites. (Collin, Z., R. Dechter, and S. Katz: 1991)

Concepts de base d'un CSP : De manière plus formelle, un Problème de Satisfaction de Contraintes est défini par le triplet (X, D, C) tel que :

- $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ représente l'ensemble des n variables du problème.
- $D = (D_1, D_2, \dots, D_n)$ est un ensemble de n domaines finis, chacun étant associé à une variable de X . En d'autres termes, le domaine D_i est associé à la variable X_i , définissant ainsi les valeurs possibles pour cette variable.
- $C = (C_1, C_2, \dots, C_m)$ est un ensemble de m contraintes. Chaque contrainte C_i est définie par un couple (v_i, r_i) où :
 - ✓ $v_i = \{X_{i1}, \dots, X_{ini}\}$ est un ensemble de n_i variables sur lesquelles s'applique la contrainte C_i , où n_i est appelé l'arité de la contrainte
 - ✓ r_i est une relation définie par un sous-ensemble de produits cartésiens $D_{i1} \times \dots \times D_{ini}$ des domaines associés aux variables de v_i . Cette relation représente les n -uplets de valeurs autorisées pour ces variables. (Minton, S., M. D. Johnston, A. B. Philips, and P. Laird: 1992)

3.6 Définitions :

3.6.1 Pertinence :

On dit qu'une variable X_i est pertinent pour la contrainte C_k si la contrainte C_k porte sur la variable X_i .

3.6.2 Arité de la contrainte :

L'arité de la contrainte C_k est le nombre de variables pertinentes pour C_k .

3.6.3 CSP binaire :

Un CSP binaire est un CSP $P = (X, D, C)$ dans lequel toutes les contraintes C_k de l'ensemble C ont une arité égale à 2. En d'autres termes, chaque contrainte implique exactement 2 variables pertinentes. Il est à noter que tout CSP n -aire peut-être transformé en un CSP binaire équivalent [33].

3.6.4 Matrice de contraintes :

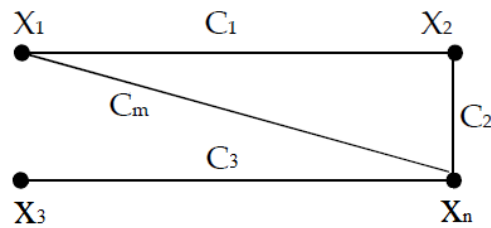
Une matrice de contraintes est une matrice Mat ayant m lignes (m étant le nombre de contraintes) et n colonnes (n étant le nombre de variables du CSP) telle que :

$$\text{Mat } [i,j] = \begin{cases} 1 & \text{si } X_i \text{ est pertinent pour } C_i \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

		variables			
		X_1	X_2	$X_3 \dots X_n$	
contraintes	C1	1	1	0.....0	}
	C2	0	1	0.....1	
	C3	0	0	1.....1	
	Cm	1	0	0.....1	

Figure 3. 1 : Matrice de contraintes Mat [i, j]

Sur cet exemple, on peut lire : X_1 et X_2 sont pertinentes pour C_1 , X_2 et X_n sont pertinentes pour C_2 etc...



Graphe de contraintes

Figure 3. 2 : graphe de contraintes

3.6.5 Instanciation :

Dans le contexte d'un CSP (X, D, C) , une instanciation du CSP, notée I , est une fonction qui associe à chaque variable X_i appartenant à X une valeur $I(X_i)$ appartenant à son domaine D .

3.6.6 Instanciation partielle :

Une instanciation partielle I_p de $X_p = \{X_{p1}, \dots, X_{pj}\}$ (qui est un sous-ensemble de X) est une fonction qui associe à chaque variable X_{pi} appartenant à X_p une valeur $I_p(X_{pi})$ appartenant à son domaine D_{pi} (où D_{pi} est le domaine de X_{pi}).

3.6.7 Satisfaction de contraintes :

Pour un CSP P donné, une instantiation partielle I_p satisfait la contrainte $C_i = (v_i, r_i)$ si, et seulement si, v_i appartient à X_p et $I_p(v_i)$ appartient à r_i . On notera cette relation comme $(I_p \models C_i)$. En revanche, I_p viole C_i si v_i appartient à X_p mais $I_p(v_i)$ n'appartient pas à r_i . (Zhang, Y. and A. Mackworth, 1991)

3.6.8 Instanciation consistante :

Dans le cadre d'un CSP P , une instantiation partielle I_p des variables est dite consistante si, pour chaque contrainte $C_i = (v_i, r_i)$ appartenant à C , v_i appartient à X_p et I_p satisfait cette contrainte C_i ($I_p \models C_i$).

3.6.9 Solution d'un CSP :

Une solution S d'un CSP P est une instantiation consistante de toutes les variables, c'est-à-dire $S = (X, D, C)$. On dira que S satisfait le CSP P ($S \models P$).

3.6.10 Méthodes de Résolution des CSPs :

Plusieurs approches sont employées pour résoudre les CSPs, lesquelles peuvent être catégorisées en méthodes exactes (ou complètes) et méthodes approchées (ou incomplètes). Les méthodes exactes impliquent une recherche arborescente où les variables sont instanciées une par une, et en cas d'échec, des réparations sont entreprises. Dans le contexte de notre travail, nous nous concentrons sur les méthodes exactes.

3.6.11 Méthodes Exactes :

La majorité des algorithmes de recherche exacte pour les problèmes de satisfaction de contraintes sont basés sur l'algorithme de Backtrack Standard. De nombreuses améliorations significatives ont été proposées pour cette approche de base.

3.6.11.1 L'énumération (Backtrack) :

Cette méthode consiste à énumérer l'ensemble des solutions potentielles et à vérifier que chaque contrainte est satisfaite. Bien qu'elle donne systématiquement une solution, elle implique souvent la génération d'un grand nombre de solutions potentielles, ce qui entraîne une complexité exponentielle avec la taille des données, rendant les traitements très coûteux. Pour trouver systématiquement une solution, l'algorithme attribue progressivement une valeur de D à chaque variable correspondant dans X , vérifiant à chaque étape que la valeur est cohérente par rapport aux contraintes. À chaque affectation, les domaines des variables restantes sont réduits. Cependant, il

peut arriver qu'à un moment donné, lors de l'affectation d'une variable X_{n-1} , l'algorithme ne puisse pas trouver de valeur pour X_n car $D(X_n)$ est vide. Dans ce cas, l'algorithme fait marche arrière jusqu'à la dernière variable affectée, X_{n-1} , et tente de modifier sa valeur dans l'espoir que le domaine de la variable X_n suivante ne soit plus vide. Si, après avoir essayé toutes les valeurs du domaine $D(X_{n-1})$, aucune solution n'est trouvée pour X_n , l'algorithme fait à nouveau marche arrière et modifie la variable précédente, X_{n-2} . Ce processus se répète jusqu'à ce qu'une solution soit trouvée ou que l'algorithme atteigne la variable initiale X_0 , déterminant ainsi l'absence de solution.

Le défaut majeur de cet algorithme réside dans sa propension à tester toutes les valeurs possibles avant de trouver une solution. Pour des problèmes de grande taille, cette approche devient rapidement ingérable, car la complexité de résolution croît de manière exponentielle avec la taille des données (c'est-à-dire selon une loi de type n puissance p). Dans le cas où la première solution valable se trouve parmi les dernières possibilités, ou pire, si aucune solution n'existe, le temps de calcul devient excessivement long.

3.6.11.2 Amélioration du Backtrack :

3.6.11.2.1 Algorithmes avec retour arrière (Backtrack) non chronologique :

Lorsqu'il rencontre un échec, l'algorithme Backtrack remet en cause le dernier choix effectué et essaie une nouvelle valeur pour la variable courante x . Si toutes les valeurs possibles pour x ont été testées sans succès, l'algorithme fait marche arrière en revenant à la variable précédente. Cependant, cette méthode ne garantit pas que la variable précédente soit effectivement la cause des échecs rencontrés lors de l'affectation de x . Par exemple, si cette variable n'est pas liée à x par une contrainte, elle ne peut être en cause dans ces échecs. Par conséquent, essayer de nouvelles valeurs pour cette variable ne résoudra pas les problèmes lors de l'affectation de x . Pour remédier à cette lacune du Backtrack, plusieurs méthodes utilisant un retour arrière non chronologique ont été développées. Le retour arrière non chronologique consiste à analyser les causes des échecs et à revenir en arrière jusqu'à la variable la plus profonde impliquée dans l'échec, ce qui est appelé le saut en arrière ou backjump.

La méthode d'analyse des causes des échecs détermine le fonctionnement spécifique de l'algorithme. Parmi les algorithmes exploitant une technique de retour arrière non chronologique, on peut citer :

- **L'algorithme Backjumping (BJ) :** lorsque toutes les extensions de l'affectation courante avec une valeur de x se révèlent incohérentes, BJ fait marche arrière jusqu'à la variable la plus profonde dans l'arbre de recherche dont la valeur est en conflit avec une valeur de x

- **L'algorithme Graph-based Backjumping (GBJ) :** le retour arrière est basé sur le graphe de

contraintes. Si l'affectation courante ne peut pas être étendue de manière cohérente à une variable x , alors GBJ fait marche arrière jusqu'à la variable la plus profonde dans le voisinage de x . Si toutes les valeurs du domaine de cette variable ont été essayées sans succès, GBJ continue de remonter jusqu'à la variable la plus profonde qui appartienne soit au voisinage de la variable en conflit, soit au voisinage de toutes les variables instanciées après la variable en conflit qui pourraient potentiellement causer l'échec d'une extension de l'affectation courante.

• **L'algorithme Conflict-directed Backjumping (CBJ)** : pour chaque variable instanciée x , CBJ maintient un ensemble appelé "ensemble des conflits". Cet ensemble contient toutes les variables instanciées avant x avec lesquelles x est en conflit pour au moins l'une de ses valeurs, ainsi que les variables qui sont en cause dans l'échec d'une extension d'une affectation contenant x . Lorsqu'un échec survient ou lorsque toutes les valeurs possibles ont été testées, CBJ fait retour-arrière jusqu'à la variable la plus profonde de l'ensemble des conflits de la variable courante.

3.7 Adaptabilité du problème décisionnel à l'Administration Electronique :

Les problèmes décisionnels au sein de l'administration publique sont intrinsèquement liés aux lois et aux législations en vigueur. Au sein de l'administration, la prise de décision revêt une grande importance, d'autant plus que les décisions doivent être flexibles pour répondre aux demandes, traiter les problèmes et lever les réserves, tout en cherchant constamment à optimiser les décisions pour éviter de remettre en cause d'éventuelles décisions antérieures. Cependant, de nombreux problèmes administratifs se révèlent être difficiles à traiter avec des algorithmes classiques.

La complexité de ces problèmes réside souvent dans leur topologie complexe, caractérisée par un volume considérable d'informations liées aux services demandés, comprenant à la fois des données et des contraintes.

Les méthodes d'optimisation existantes peuvent être classées en deux catégories principales : les méthodes exactes et les méthodes approchées. Les méthodes exactes visent à trouver la solution optimale du problème, mais elles peuvent nécessiter des temps de recherche considérables. En revanche, les décideurs sont souvent satisfaits d'une solution de qualité, même si elle n'est pas nécessairement optimale, tant qu'elle est obtenue en un temps raisonnable.

C'est dans ce contexte que les algorithmes basés sur le backtrack, qui peuvent être comparés à des processus de négociation, se sont révélés être une alternative intéressante pour la résolution des problèmes d'optimisation dans le domaine des décisions administratives.

3.8 Algorithme proposé :

Algorithme : Holonisation administratif (cas décisionnel pour permis de construire)

Entrée : Demande d'un service holonique : H-Serv, = {sou-S1, sou-S2, ..., sou-Sn}

N β Nb sou-serv // chaque service est composé d'un ensemble de sous-services

S : D-Serv = {Sou-D1, Sou-D2, ..., Sou-Dn} // Démarche administrative de service

//chaque sous-service est une sous-démarche administrative à appliqué

Condn } //chaque sous-démarche est ensemble de condition à satisfaire

Réponse démarche administrative : R1 : Favorable

R2 : Défavorable

R3 : Favorable-avec-réserve

Sous-Démarche Sou-D= {Cond1, Cond2, ...,

Sortie : service global demandé raffiné et optimisé Serv-Global.

Initialisation : Objectifs global du service Obj-serv, délais Traitement T-serv,

H-serv β Φ

S1 β Φ // service demandé pour chaque procédure administrative

S0 β Φ // sous-service pour chaque sous-procédure administrative

Procédure : Traitement-sou-serv

Répéter

Sou-D β Sou-Serv -i // Envoyer le sous-service demandé au sous-démarche concerné

Si Réponse = R1 alors

Sou-serv β Sou-suivant

Retourne sous-serv-i accompli

Nb sou-serv β Nb sou-serv+1

Si non Si

Réponse = R2

Retourne sous-serv-i échoué

Nb sou-serv β Nb sou-serv+1

Si non

Backtrack-D β Sou-Serv -i

Traitement-sou-serv

Fin Si

Fin Si

Sou-serv β Sou-serv-i-1 \cup Sou-serv-i

Jusqu'à Nb sou-serv = 0

Si tous Réponse=R1 alors Réponse global du service global =Ok + Service global Fourni

Si non

Si l'un des sous-service est échoué

Le service global = Refus + Service global pas fourni

Fin si

Fin si

Backtracking (NC) // (NC : nouvelle contrainte : pour lever le réserve)

Si l'assignation NC est complète, retourner NC

X \leftarrow choisir une variable (nouvelle contrainte) qui n'est pas dans NC

D \leftarrow choisir un ordre sur le domaine de X

Pour chaque valeur v dans D faire

Ajouter (X \leftarrow v) à NC

Si N.C est valide alors

Résultat \leftarrow Backtracking (NC)

Si le résultat \neq échec alors retourner le résultat

-

➤ **Les étapes de l'algorithme proposé sont les suivantes :**

Etape 01 : Chargement des informations des projets, y compris les attributs (services globaux demandés) et les démarches administratives associées.

Etape02 : Initialisation de tous les paramètres, notamment le service demandé, les sous-services concernés, les procédures administratives et les sous-procédures.

Etape03 : Répartition du dossier relatif à l'obtention du service global entre les sous-services concernés en vue de leur affectation aux sous-procédures pour leur exécution.

Etape 04 : Mise à jour des réponses des sous-services Serv en prenant en considération les réponses assorties de réserves. Appel de la procédure de backtracking pour lever les réserves.

Etape 05 : Si la condition d'arrêt n'est pas vérifiée, retourner à l'étape 3.

Etape 06 : Renvoi de la réponse globale du service demandé et de ses caractéristiques, à condition que toutes les sous-conditions soient satisfaites.

Cet algorithme permet de prendre des décisions éclairées concernant l'emplacement de l'usine d'oxygène médical en tenant compte des préférences, des coûts et de la qualité des projets, tout en garantissant une réponse optimale en cas d'urgence sanitaire

➤ **Description de l'algorithme :**

L'algorithme visant à prendre la décision finale pour le choix du terrain destiné à l'implantation d'une usine de production d'oxygène en cas d'urgence, tel que lors de la pandémie de COVID-19, construit une solution pseudo-optimale en un temps de calcul réduit. Il prend en charge une fonction d'optimisation qui vise à maximiser les préférences pour la sélection de l'emplacement de l'usine, tout en minimisant les coûts, tout en assurant la qualité des projets sélectionnés. Cela augmente les chances d'obtenir une solution optimale pendant la crise, ainsi que la durabilité après la fin de la pandémie.

3.9 Définition :

Le backtracking est une technique algorithmique dont le but est d'utiliser la force brute pour trouver toutes les solutions à un problème. Cela implique de compiler progressivement un ensemble de toutes les solutions possibles. Parce qu'un problème aura des contraintes, les solutions qui ne les rencontrent pas seront supprimées.[34]

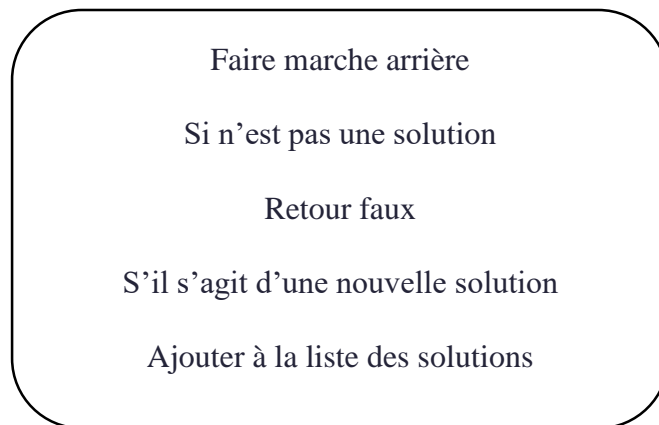


Figure 3. 3 : La structure d'un backtracking

Il trouve une solution en construisant une solution étape par étape, en augmentant les niveaux au fil du temps, en utilisant des appels récursifs. Un arbre de recherche appelé arbre d'état-espace est utilisé pour trouver ces solutions. Chaque branche dans un arbre d'état-espace représente une variable, et chaque niveau représente une solution.

Un algorithme de retour en arrière utilise la méthode de recherche en profondeur. Lorsque l'algorithme commence à explorer les solutions, la fonction abondante est appliquée afin que l'algorithme puisse déterminer si la solution proposée répond aux contraintes. S'il le fait, il continuera à chercher. Si ce n'est pas le cas, la branche est supprimée et l'algorithme revient au niveau précédent.

3.10 Arbre espace-état :

Un arbre d'état d'espace est un arbre qui représente tous les états possibles du problème, de la racine comme état initial à la feuille comme état terminal.[34]

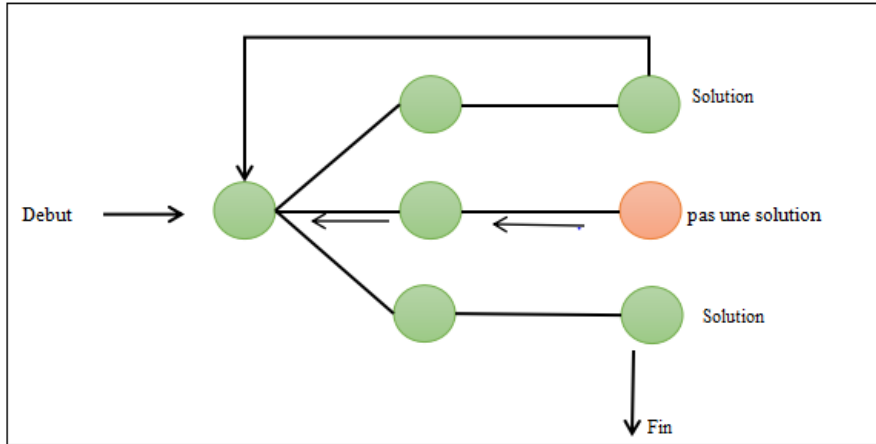


Figure 3. 4: Arbre espace-état

3.11 Comment fonctionne algorithme de backtraking :

Dans tout algorithme de retour en arrière, l'algorithme cherche un chemin vers une solution réalisable qui inclut quelques points de contrôle intermédiaires. Si les points de contrôle ne mènent pas à une solution viable, le problème peut revenir aux points de contrôle et prendre un autre chemin pour trouver une solution. Envisagez le scénario suivant : [34]

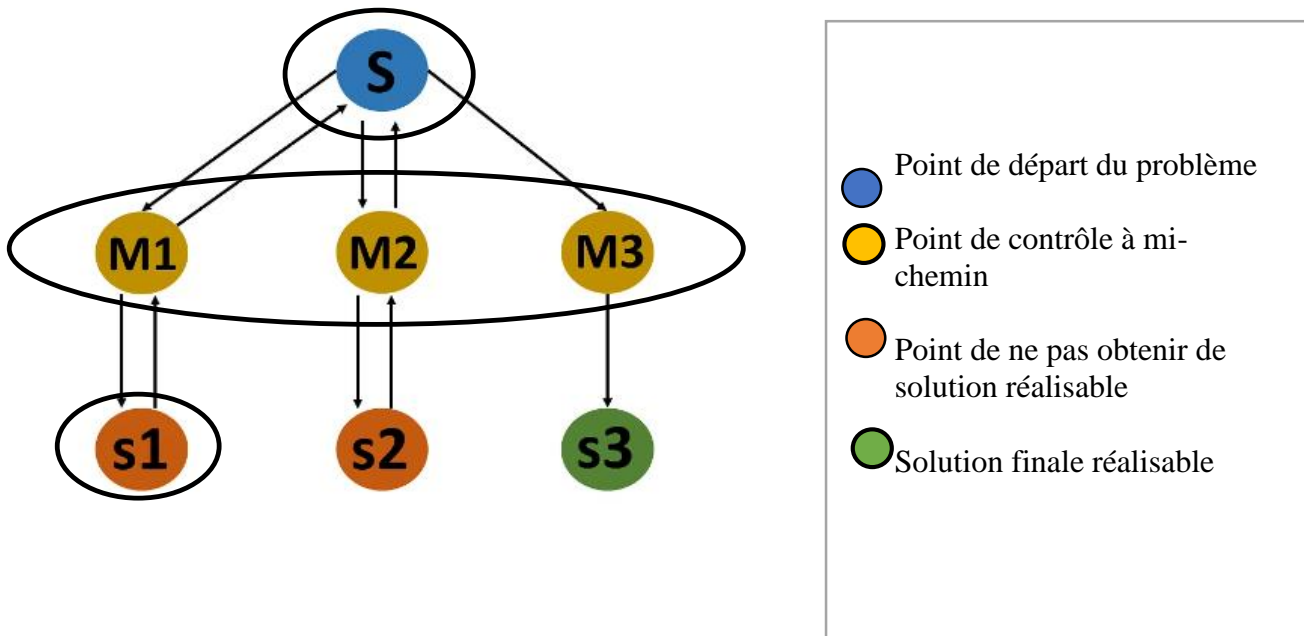


Figure 3. 5 : Comment fonctionne algorithme de backtraking

Dans ce cas, S représente le point de départ du problème. Vous commencez en S et progressez vers la solution S1 via le point médian M1. Cependant, vous avez découvert que la solution S1 n'est pas une solution viable à notre problème. En conséquence, vous revenez en arrière depuis S1, revenez à M1, revenez à S, puis recherchez la solution réalisable S2. Ce processus est répété jusqu'à ce que vous arriviez à une solution réalisable. S1 et S2 ne sont pas des options viables dans ce cas. Selon cet exemple, seul S3 est une solution viable. Quand vous regardez cet exemple, vous pouvez voir que nous passons en revue toutes les combinaisons possibles jusqu'à ce que vous trouviez une solution viable. En conséquence, vous qualifiez le backtracking de technique algorithmique de force brute. Un « arbre d'état spatial » est la représentation arborescente ci-dessus d'un problème. Il représente tous les états possibles d'un problème donné (solution ou non-solution).

L'algorithme final est le suivant :

- Étape 1 : Renvoyez le succès si le point actuel est une solution viable.
- Étape 2 : Sinon, si tous les chemins ont été épuisés (c'est-à-dire que le point actuel est un point final), renvoie un échec car il n'y a pas de solution réalisable.
- Étape 3 : Si le point actuel n'est pas un point final, revenez en arrière et explorez d'autres points, puis répétez les étapes précédentes

3.12 Notre travail :

En raison de la pandémie de COVID-19, l'Algérie a souffert d'une pénurie de bouteilles d'oxygène. Cela a nécessité la création urgente d'usines d'oxygène. Comme nous le savons, la construction d'une usine passe par plusieurs étapes, dont le choix du terrain approprié pour la construction, ce qui prend beaucoup de temps.

Pour résoudre ce problème, nous avons proposé une application qui utilise l'algorithme de backtracking pour accélérer la sélection du terrain.

Pour entamer la construction de l'usine, nous avons d'abord besoin d'un permis de construction. Pour l'obtenir, le propriétaire du projet envoie les propositions des terrains adaptés à la construction de l'usine via la page de l'application sous forme de fichiers PDF.

3.12.1 Permis de construire

Le permis de construire en Algérie est un document légal qui permet à une personne de commencer la construction d'un bâtiment sur un terrain donné. Il s'agit d'un processus réglementé par les lois et les règlements locaux qui régissent la construction, la planification et l'urbanisme. et une autorisation délivrée par l'administration locale de l'urbanisme, qui permet que le projet de

construction respecte les normes en matière d'urbanisme, de sécurité, de salubri.

La demande de permis de construire et les dossiers qui l'accompagnent sont adressés au président de l'assemblée populaire communale :

- En trois (3) exemplaires pour les projets destinés à l'habitation individuelle ;
- En huit (8) exemplaires pour le reste des projets qui nécessitent la consultation des services publics.

L'instruction du dossier se fait par le guichet unique de la commune, lorsque la remise du permis de construction relève de la compétence du président de l'assemblée Populaire communale

L'instruction du dossier se fait par le guichet unique de la Wilaya, lorsque la remise du permis de construction relève de la compétence du Wali ou du Ministre chargé de l'Urbanisme. L'arrêté portant permis de construire est délivré dans les vingt (20) jours suivant le dépôt.[35]

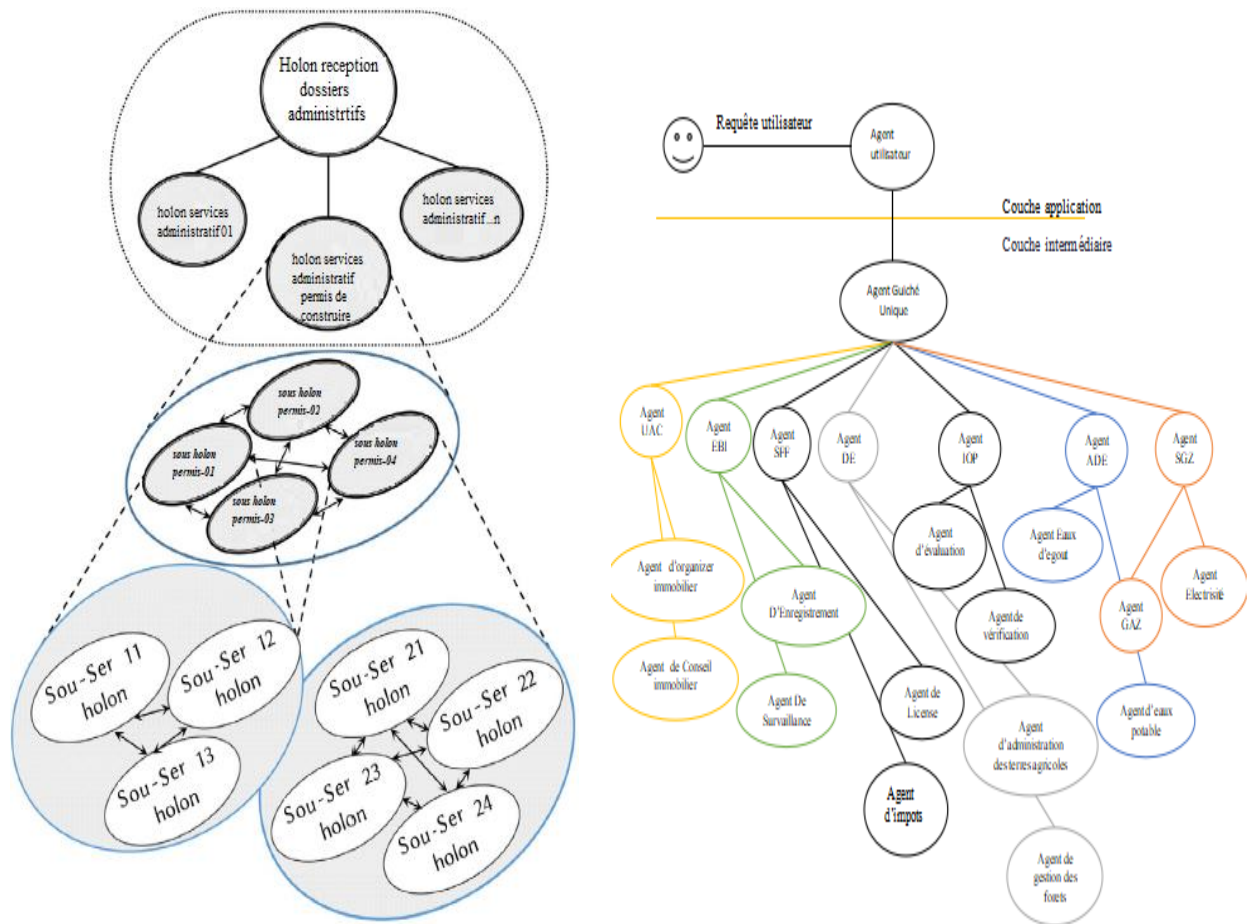


Figure 3. 6: Architecture proposée pour notre système pour service permis de construire (adapté de [26])

3.12.2 Guichet unique :

Utilisé dans un contexte gouvernemental, fait référence au concept consistant à fournir un emplacement unique où les citoyens ou les parties prenantes peuvent interagir avec de nombreuses organisations ou agences gouvernementales sans avoir à se déplacer entre différents bureaux. Cette approche vise à simplifier les processus gouvernementaux et à améliorer l'expérience utilisateur.

Une fois que vous recevez les documents de demande de permis de construire dans le guichet unique, suivez plusieurs étapes et procédures pour les traiter et décidez d'accorder ou de refuser le permis.

Dans un « guichet unique », plusieurs agences gouvernementales sont impliquées pour faciliter la coordination et accélérer les procédures administratives pour les permis de construire et les

projets immobiliers

- **Direction de l'urbanisme, de l'architecture et de la construction** : La Direction est l'organe gouvernemental responsable de l'organisation du secteur algérien de la construction. Il guide les politiques et les lois liées à la construction et fournit des conseils techniques.
- **Le Service d'enregistrement des biens immobiliers** : est chargé d'enregistrer la propriété immobilière et de surveiller les transactions immobilières liées au projet.
- **Ingénieurs et organismes professionnels** : Personnes compétentes pour évaluer les conceptions techniques et vérifier les plans architecturaux et opérationnels.
- **Dispositifs environnementaux** : Si le projet nécessite une évaluation environnementale, les dispositifs environnementaux évaluent l'impact environnemental du projet et délivrent les approbations nécessaires.
- **Services financiers et fiscaux** : Traiter des aspects financiers et fiscaux de la licence et de l'entreprise.
- **Sonalgaz**
- **ADE**

3.13 Entre e-administration et SMAH :

À l'heure actuelle, le monde est à l'ère numérique, avec un développement technologique rapide et une transformation numérique dans divers domaines. Internet et les technologies numériques sont des outils majeurs qui aident à améliorer de nombreux processus et activités, y compris la gestion des institutions et des organisations de l'État.

L'e-administration est d'une grande importance pour améliorer l'efficacité du travail du gouvernement et promouvoir la communication entre les citoyens et les organismes gouvernementaux. La gestion électronique peut utiliser la technologie moderne pour améliorer les services gouvernementaux et fournir de l'information et des services en ligne de façon pratique et efficace. L'e-administration comprend une série de services tels que l'enregistrement électronique, la demande de licence, l'extraction de données et le paiement électronique.

Holacracy, d'autre part, est un nouveau modèle de gestion caractérisé par le transfert d'autorité et de pouvoir en petits groupes de micro-tâches appelées "cercles" ou "agents". Dans ces services, les personnes ont le pouvoir et la responsabilité de prendre des décisions et de gérer leurs activités de façon indépendante, et les structures organisationnelles sont plus souples et capables de réagir plus rapidement aux défis changeants.

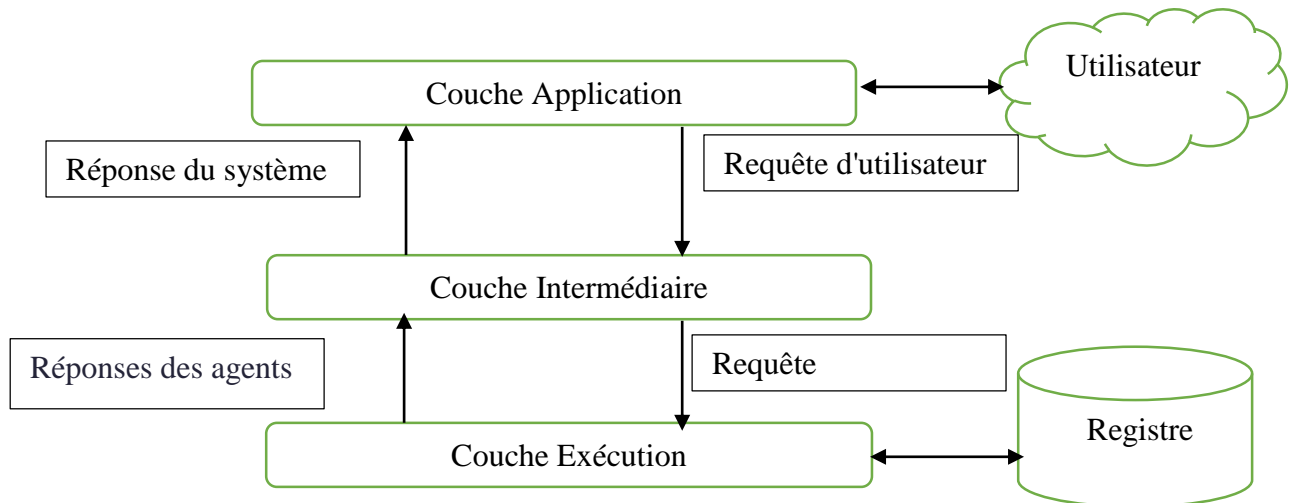
Relier l'e-administration aux actions des agents holoniques est un sujet intéressant et extrêmement utile pour les entreprises et le gouvernement. La combinaison de ces deux modèles de gestion peut améliorer l'efficacité et l'efficacité de la prestation des services gouvernementaux

et simplifier les processus administratifs. En outre, les employés et les fonctionnaires peuvent être habilités à assumer des responsabilités et à prendre des décisions plus rapidement et avec plus de souplesse.

Cette étude vise à explorer et à comprendre la compatibilité entre l'e-administration et les agents holoniques et à déterminer comment cette compatibilité est appliquée dans le contexte gouvernemental et commercial.

3.14 Vue générale du système proposé

Le modèle que nous proposons est composé de trois couches : (i) Une couche d'application représentée par « Holon utilisateur », elle permet l'interaction de l'utilisateur avec le système. (ii) Une couche Intermédiaire représentée par un SMA holonique avec un algorithme backtrack. (iii) Une couche exécution recueillir les résultats des agents et les envois pour la couche intermédiaire



Pour illustrer notre étude, nous l'appliquons à un exemple. Extraire le permis de construction. L'utilisateur utilise le système pour simuler l'acceptation ou rejet d'une demande de permis de construire

➤ La couche application :

La couche d'application permet à l'utilisateur d'interagir avec le système par l'intermédiaire de l'agent de l'utilisateur. Ce dernier permet à l'utilisateur placer une demande de permis de construire via un site. Ensuite, il les envoie à la couche intermédiaire.

➤ **La couche intermédiaire et couche exécution :**

Dès réception de la demande de permis de construire, l'agent guiche unique transmet les copies aux différents agents des organismes gouvernementaux concernés. Ces entités étudient le dossier en termes de terrains adaptés au projet puis renvoient le résultat à l'agent guiche unique (accepté - rejeté - accepté par conditions) :

- Dans le cas accepté le résultat est envoyé au Holon guiche unique puis à agent utilisateur pour la délivrance du permis de construire.
- En cas de refus, le résultat est envoyé au Holon guiche unique puis à agent utilisateur en rejetant la demande de création de la licence de construction.
- En cas d'acceptation avec conditions, le résultat est envoyé à agent guiche unique puis à agent utilisateur et vérification de la possibilité de remplir l'exigence et le retour du dossier modifié aux autorités compétentes. Ceci est fait en utilisant l'algorithme backtracking.

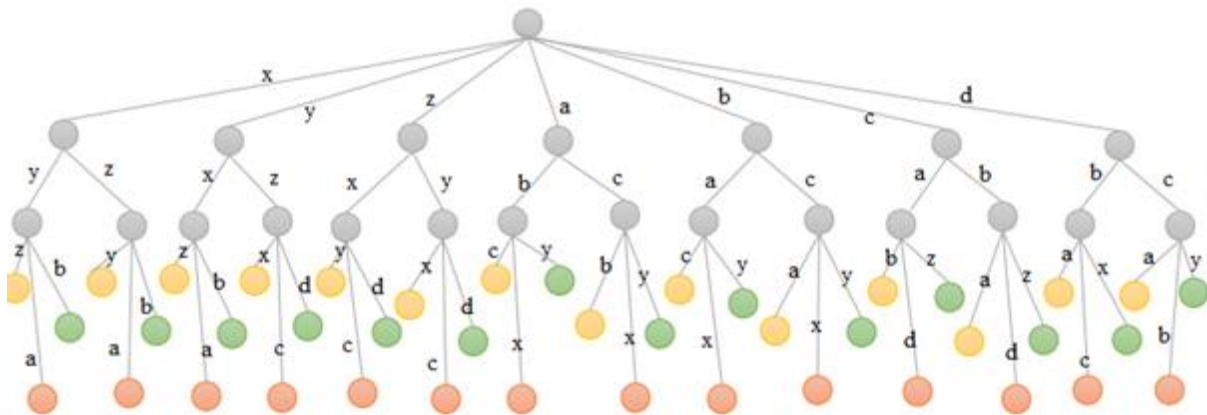


Figure 3. 7: Les résultats possibles de l'algorithme

Voici les résultats possibles :

(x,y,z);(x,y,a);(x,y,b);(x,z,y);(x,z,b);(x,z,a);

(y,x,z);(y,x,a);(y,x,b);(y,z,x);(y,z,c);(y,z,d);

(z,x,y);(z,x,c);(z,x,d);(z,y,x);(z,y,c);(z,y,d);

(a,b,c);(a,b,x);(a,b,y);(a,c,b);(a,c,x);(a,c,y);

(b,a,c);(b,a,x);(b,a,y);(b,c,a);(b,c,x);(b,c,y);

(c,a,b);(c,a,d);(c,a,z);(c,b,a);(c,b,d);(c,b,z);

(d,b,a);(d,b,c);(d,b,x);(d,c,a);(d,c,b);(d,c,y);

Donc, Pour que le dossier soit accepté sans réservation le résultat final doit être :

(x,y,b)(a,c,y)(x,z,b)(b,a,y)(y,x,b)(b,c,y)(y,z,d)(c,a,z)(z,x,d)(c,b,z)(z,y,d) (d,b,x)(a,b,y)(d,c,y).

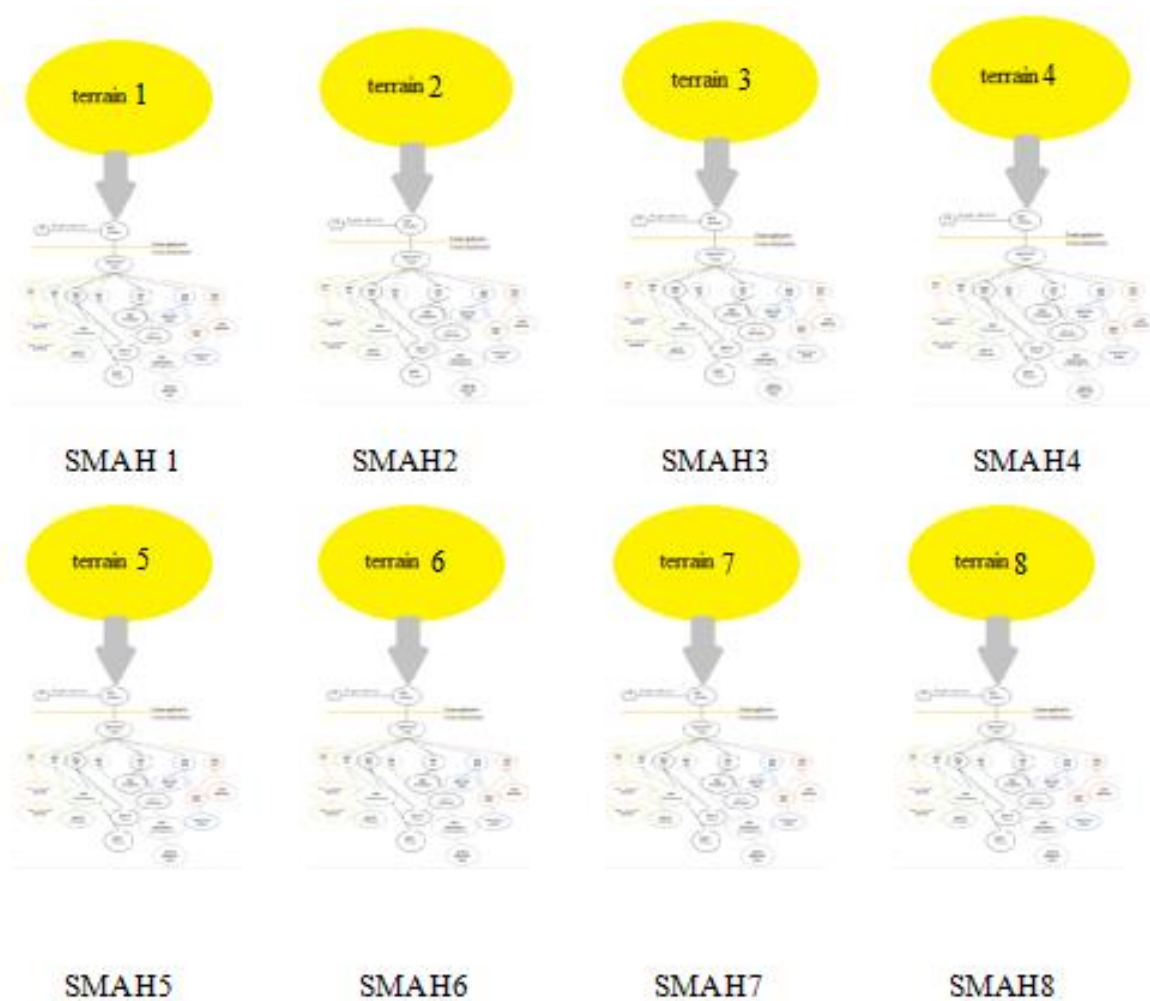


Figure 3. 8: L'architecture Holoniques des terrains

3.15 Simulation :

Dans cette simulation, nous examinons la faisabilité d'établir une unité (petite usine) de production d'oxygène médical dans la wilaya de Mila. Le projet vise à répondre aux besoins

pressants en matière de santé et à renforcer la capacité de fournir de l'oxygène aux hôpitaux et aux établissements de soin de la région.

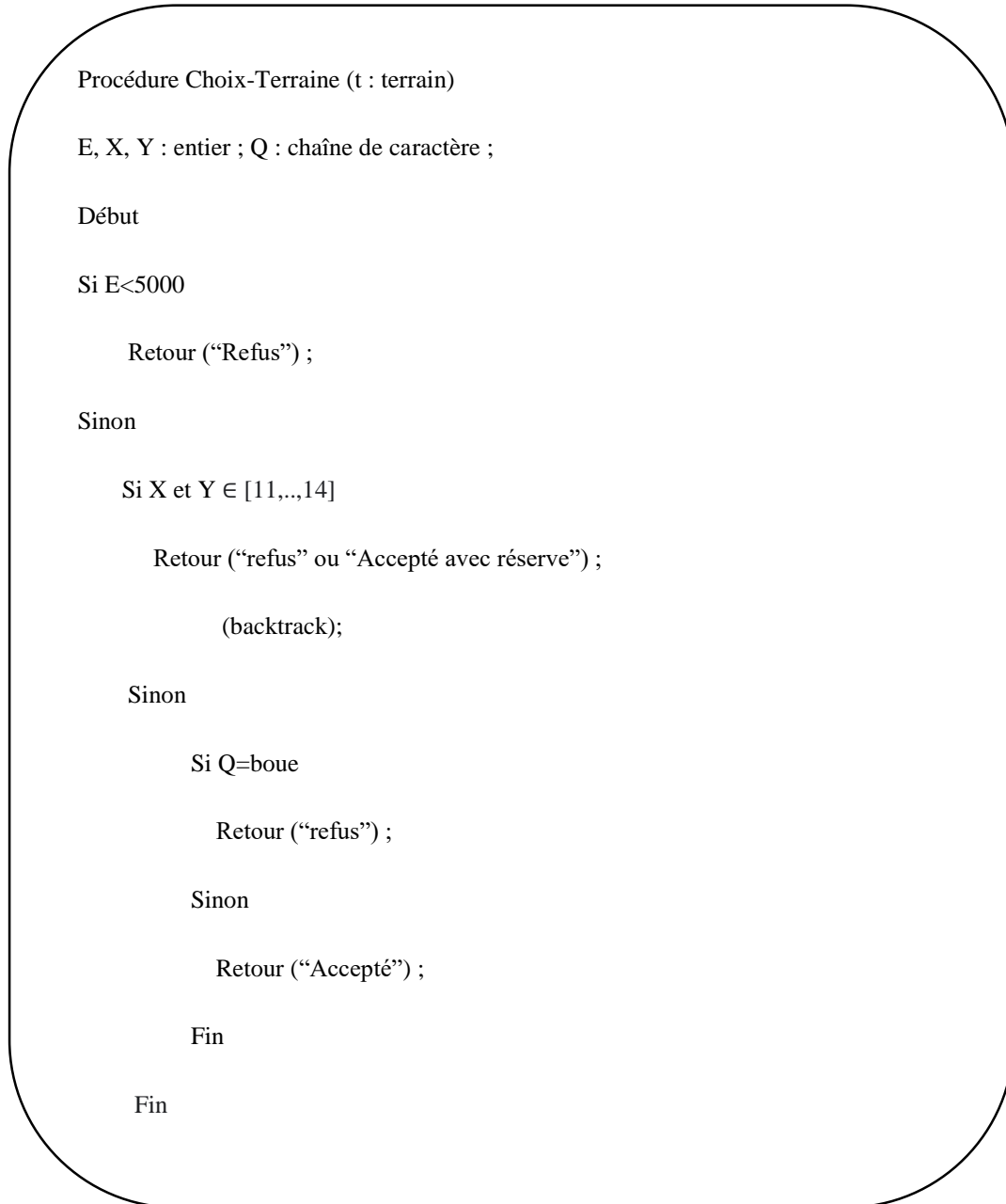
Voici les suggestions qui pourraient convenir à ce projet :

Tableau 3. 1: Les suggestions des terrains de projet

Terrains	Emplacement géographique	Espace	Coordonnée X	Coordonnée Y	Qualité de sol
Terrain 1	Mila marchou	5098m ²	36°	4°	rocheux
Terrain 2	Mila Kharba	5620 m ²	35°	7°	rocheux
Terrain 3	Ferdjioua Ain el beida harriche	5900 m ²	40°	8°	boue
Terrain 4	Ferdjioua bousslah	4549 m ²	36°	6°	rocheux
Terrain 5	Mila Sannoua	5416 m ²	29°	10°	rocheux
Terrain 6	Zghaya	5391 m ²	37°	9°	rocheux
Terrain 7	Mila Tennyia	5800 m ²	38°	5°	boue

- L'espace nécessaire pour construire l'usine est d'environ 5000 mètres carrés.
- Les coordonnées exclus par le service de Sonal-Gaz sont : $x = [28, \dots, 33]$, $y = [3, \dots, 6]$.
- Les terrains arables ne sont pas autorisés pour la construction en raison de la boue.

3.15.1 Procédure de choix de terrain :



Donc la décision finale est :

Tableau 3. 2 : La décision finale

Terrains	Emplacement géographique	Décision
Terrain 1	Mila marchou	Accepté avec réserve le système envoie la demande de modification de position y à l'utilisateur
Terrain 2	Mila Kharba	Accepté (toutes les conditions sont remplies)
Terrain 3	Ferdjioua Ain el beida harriche	Refus La qualité de sol ne convient pas à la construction en usine
Terrain 4	Ferdjioua bousslah	Refus Espace est insuffisant pour l'établissement d'usine
Terrain 5	Mila Sannoua	Accepté avec réserve le système envoie la demande de modification de position x à l'utilisateur
Terrain 6	Zghaya	Accepté (toutes les conditions sont remplies)
Terrain 7	Mila Tennyia	Accepté avec réserve le système envoie la demande de modification de position y à l'utilisateur

En cas d'acceptation avec des réserves, le système envoie une demande de modification des positions x ou y à l'utilisateur afin de correspondre aux conditions de Sonal-Gaz.

- Terrain 1 : l'utilisateur a accepté la condition de changement de position y, donc le terrain 1 est accepté (si les autres holon (agent-holonique) sont informés de ce changement pour qu'ils donnent leur accord ou non).
- Terrain 5 : l'utilisateur a refusé la condition de changement de position x, donc le terrain 5 est refusé.
- Terrain 7 : l'utilisateur a accepté la condition de changement de position y, donc le terrain 7 est accepté (si les autres holon (agent-holonique) sont informés de ce changement pour qu'ils donnent leur accord ou non).

Le rôle de l'algorithme de backtrack est le suivant : après avoir modifié les positions de x et de y de manière à satisfaire uniquement les exigences du service de SonalGaz, il peut se produire que d'autres conditions ne soient plus remplies. Par conséquent, il est nécessaire de revenir en arrière (backtrack) et de réexaminer la satisfaction de toutes les autres conditions. En fin de compte, tout changement visant à lever des réserves doit être effectué de manière à garantir que les autres avis ne sont affectés par ce changement.

3.16 Diagramme de cas d'utilisation :

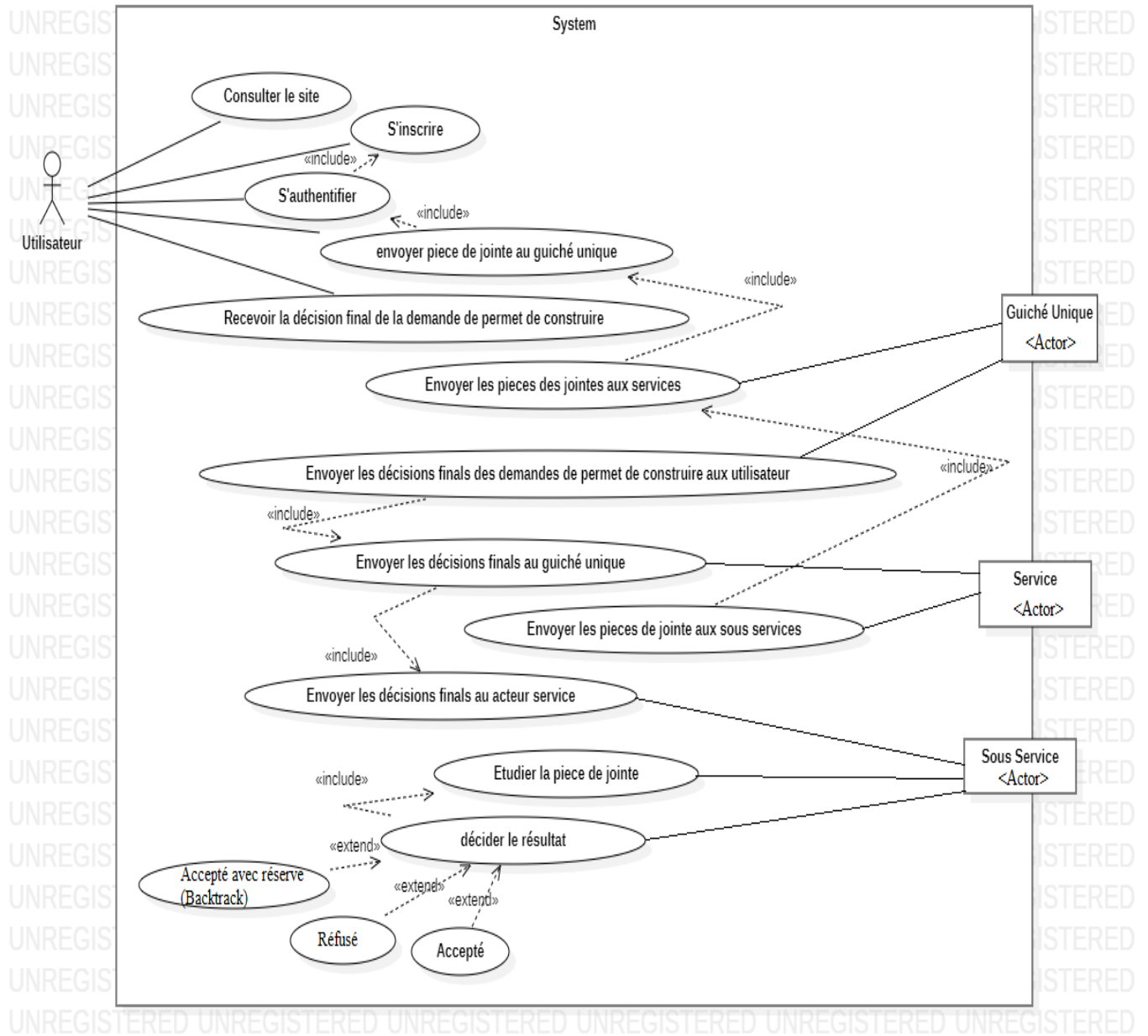


Figure 4. 1

Figure 3. 9: Diagramme d cas d'utilisation

3.17 Diagramme de classe :

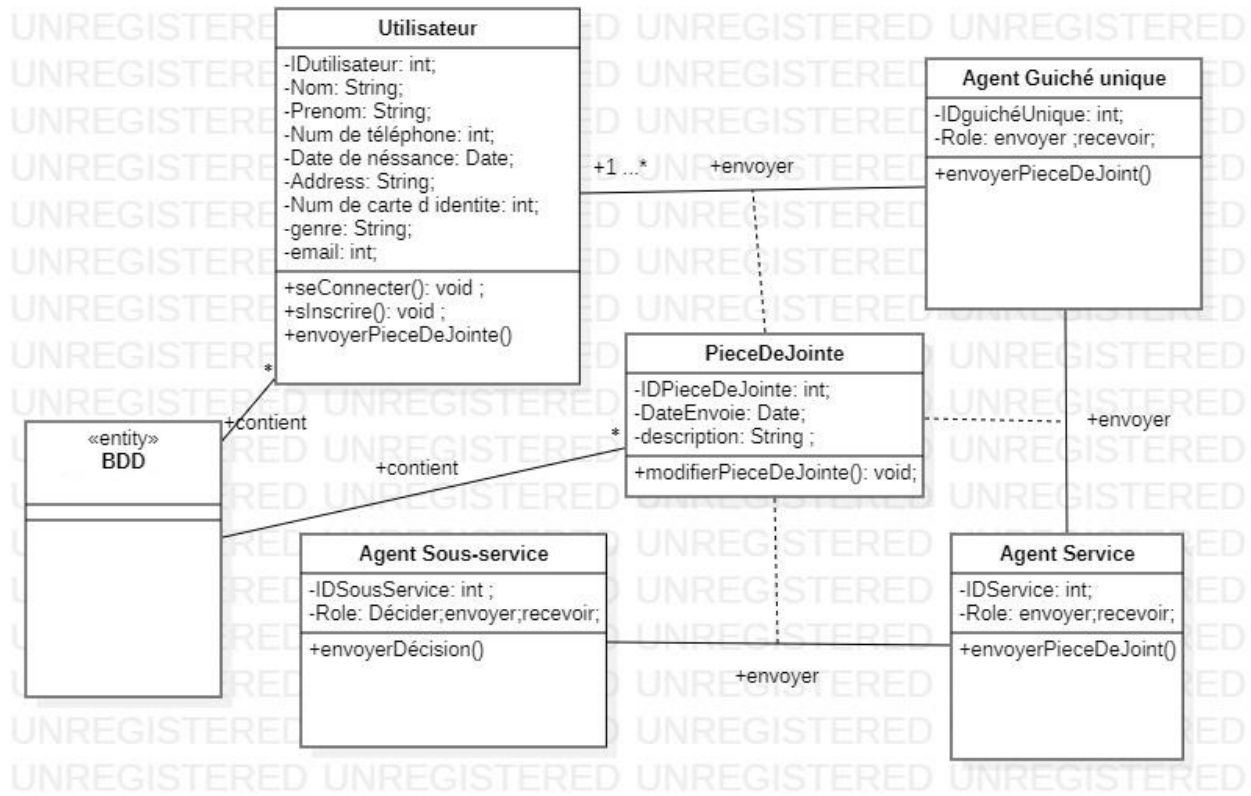


Figure 3. 10: Diagramme de classe

Chapitre 4

4 Chapitre 4 : Implémentation

4.1 Langage et outils de développement :

Nous présentons dans cette section les différents langages et outils utiliser pour le développement de notre application :

- **Langage Java :**

Java est un langage de programmation et une plate-forme informatique créés par Sun Microsystems en 1995. Java est rapide, sûr et fiable, et nombreuses applications et sites Web ne peuvent pas fonctionner en l'absence de Java, et leur nombre augmente chaque jour. Des ordinateurs portables aux centres de données, des consoles de jeux aux superordinateurs scientifiques, des téléphones portables à Internet, la technologie Java est partout. [46]

- **Plateforme Jade :**

JADE est une plate-forme des systèmes multi-agents crée au sein du laboratoire TILAB. Ce middleware est implémenté en langage JAVA et il est utilisé pour développer et exécuter des systèmes multi-agents selon les normes de la FIPA.

JADE est largement utilisée dans plusieurs domaines comme les plates-formes bancaires de base, les solutions ERP, la réservation de voyages, les systèmes de gestion, la chaîne d'approvisionnement, l'exécution à l'IDE, les bases de données, les langages dédiés ... etc.

Les caractéristiques de JADE sont les suivantes :

- Une application JADE est une plateforme déployée sur une ou plusieurs machines.
- La plate-forme héberge un ensemble d'agents identifiés de manière unique qui peuvent communiquer de manière bidirectionnelle avec d'autres proxys.
- Chaque agent s'exécute dans un conteneur qui fournit son environnement d'exécution ; il peut être migré au sein de la plate-forme.
- Chaque plateforme doit avoir un conteneur maître qui enregistre d'autres conteneurs.
- Une plateforme est un ensemble de conteneurs actifs.[37]

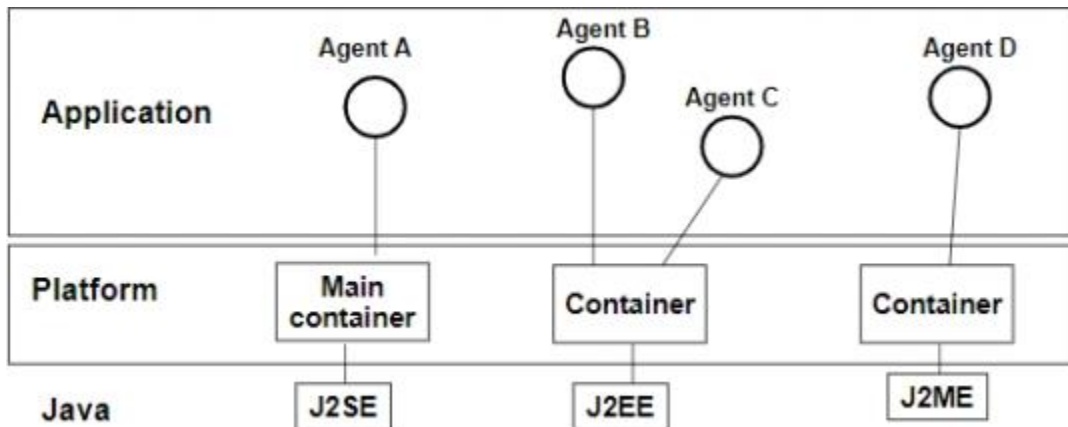


Figure 4. 1: l'architecture de la Platform JADE.

- **MySQL :**

Est un système de gestion de base de données relationnelle (RDBMS). Il est distribué sous une double licence GPL et propriétaire. C'est la base de données open source la plus populaire au monde. Selon DB-Engines, il est très apprécié, tant par le grand public que par les professionnels ; De nombreuses organisations parmi les plus grandes et les plus dynamiques au monde, notamment Facebook et Twitter, dépendent de MySQL pour gagner du temps et de l'argent pour gérer leurs sites Web à volume élevé, leurs systèmes critiques et leurs logiciels.[38]



Figure 4. 2: Interface de MySQL.

- **L'IDE Eclipse :**

Eclipse est un environnement de production de logiciels libre qui soit extensible, universel et polyvalent en utilisant généralement le langage JAVA. Il permet également de créer des logiciels en mettant en œuvre d'autres langages de programmation comme C / C ++, JavaScript / TypeScript, IDE PHP, et plus encore.

Dans l'IDE Eclipse, il est facile de combiner la prise en charge de plusieurs langues et d'autres fonctionnalités dans l'un de ses packages par défaut. Eclipse permet aussi la personnalisation et l'extension pratiquement illimitées en utilisant Eclipse Marketplace.[39]



Figure 4. 3 : Interface IDE éclipse.

- **Sublime Text :**

Text Editor est un éditeur de texte sophistiqué qui est largement utilisé par les développeurs. Il comprend de nombreuses fonctionnalités telles que la mise en évidence de la syntaxe, l'indentation automatique, la reconnaissance de type de fichier, la barre latérale, les macros, les plug-ins et les packages qui facilitent le travail avec la base de code. Ce tutoriel vous donne une couverture complète des concepts de Sublime Text et vous rend confortable pour l'utiliser dans vos projets de

développement logiciel. [40]



Figure 4. 4: Interface Sublime Text.

- **XAMPP**

Est un ensemble de logiciels qui permet de mettre en place facilement un serveur Web confidentiel, un serveur FTP et un serveur de messagerie électronique. Simple d'utilisation, il est à la portée d'un grand nombre de personnes puisqu'il ne demande aucune connaissance particulière. Xampp contient principalement les utilitaires suivants : Le logiciel serveur Apache MariaDB (fork de MYSQL) pour la gestion des bases de données PHP et PERL pour gérer les scripts et les contenus dynamiques. [41]



Figure 4. 5 : Interface XAMPP.

- **Laravel**

Est un framework d'application web avec une syntaxe expressive et élégante. Nous croyons que le développement doit être une expérience agréable et créative pour être vraiment épanouissant. Laravel élimine la douleur du développement en facilitant les tâches courantes utilisées dans de

nombreux projets Web, telles que : Moteur de routage simple et rapide. Puissant conteneur d'injection de dépendance. Plusieurs back-ends pour le stockage de session et de cache. Base de données ORM expressive et intuitive. Migrations de schémas agnostiques à la base de données. Traitement des tâches en arrière-plan robuste. Diffusion d'événements en temps réel. Laravel est accessible, puissant et fournit les outils nécessaires pour des applications de grande taille et robustes. [42]



Figure 4. 6 : Interface Laravel.

4.2 Implémentation des agents avec Jade :

JADE est un middleware qui facilite le développement des systèmes multi agents (SMA). Dans Jade, les agents sont créés dans des conteneurs où chaque conteneur peut contenir plusieurs agents. L'ensemble de conteneurs constituent une plateforme. Chaque plateforme doit contenir au moins le conteneur principal qui appelé main-container. Ce conteneur qui possède trois modules principaux :

- DF « Directory Facilitator » fournit un service de « pages jaunes » à la plate-forme.
- ACC « Agent Communication Channel » gère la communication entre les agents.
- AMS « Agent Management System » supervise l'enregistrement des agents, leur authentification, leur accès et l'utilisation du système. Dans la suite de cette section nous allons présenter brièvement la manière de création des agents du notre système ainsi que le lancement du différent conteneur nécessaire pour l'exécution des agents [43]

4.3 Présentation des interfaces graphique :

4.3.1 Interface Page d'accueil



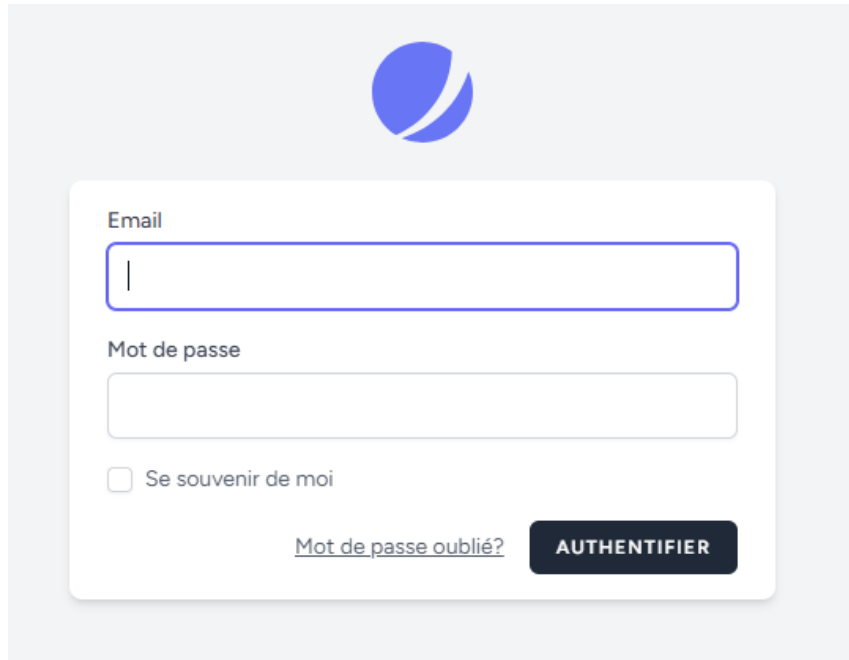
Figure 4. 7 : Interface page d'accueil

4.3.2 Interface Information



Figure 4. 8 : Interface Information

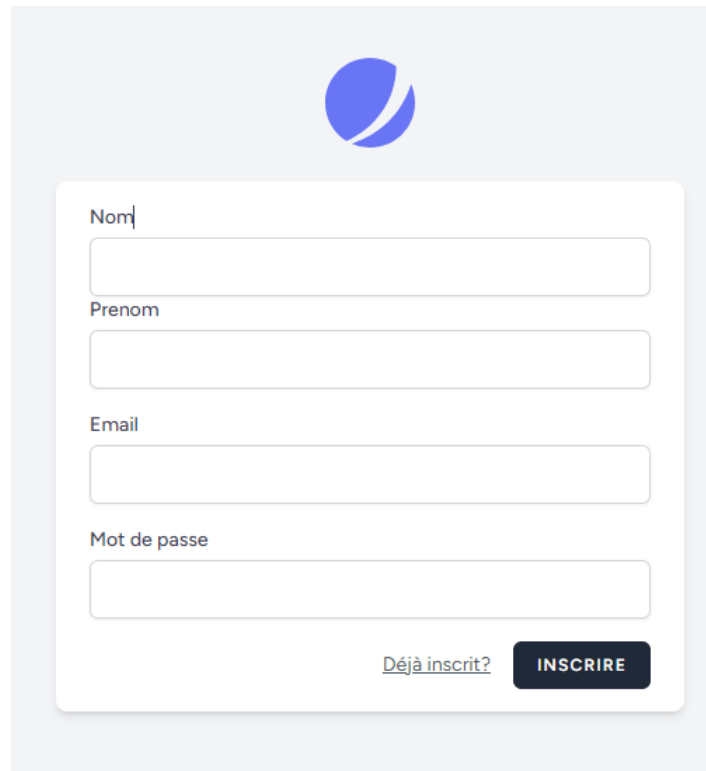
4.3.3 Interface d'authentification



The image shows a login form on a light gray background. At the top center is a blue circular logo with a white swoosh. Below it is a white rounded rectangle containing the form. The form has two input fields: 'Email' and 'Mot de passe'. Below the password field is a checkbox labeled 'Se souvenir de moi'. At the bottom of the form, there is a link for 'Mot de passe oublié?' and a dark blue button labeled 'AUTHENTIFIER'.

Figure 4. 9 : Interface d'authentification

4.3.4 Interface d'inscrire



The registration form is centered on a light gray background. At the top center is a blue circular logo with a white swoosh. Below the logo is a white rounded rectangle containing four input fields: 'Nom', 'Prenom', 'Email', and 'Mot de passe'. At the bottom right of the form is a dark blue button labeled 'INSCRIRE' and a link labeled 'Déjà inscrit?'.

Figure 4. 10 : Interface d'inscrire

4.3.5 Interface Client

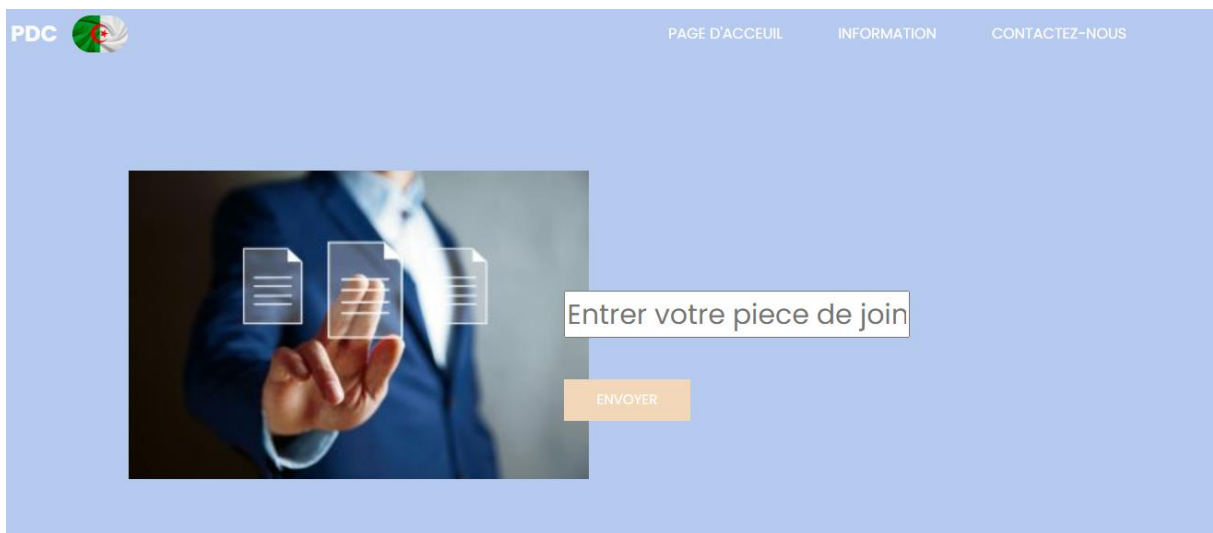


Figure 4. 11: Interface Client

4.3.6 Interface Décision

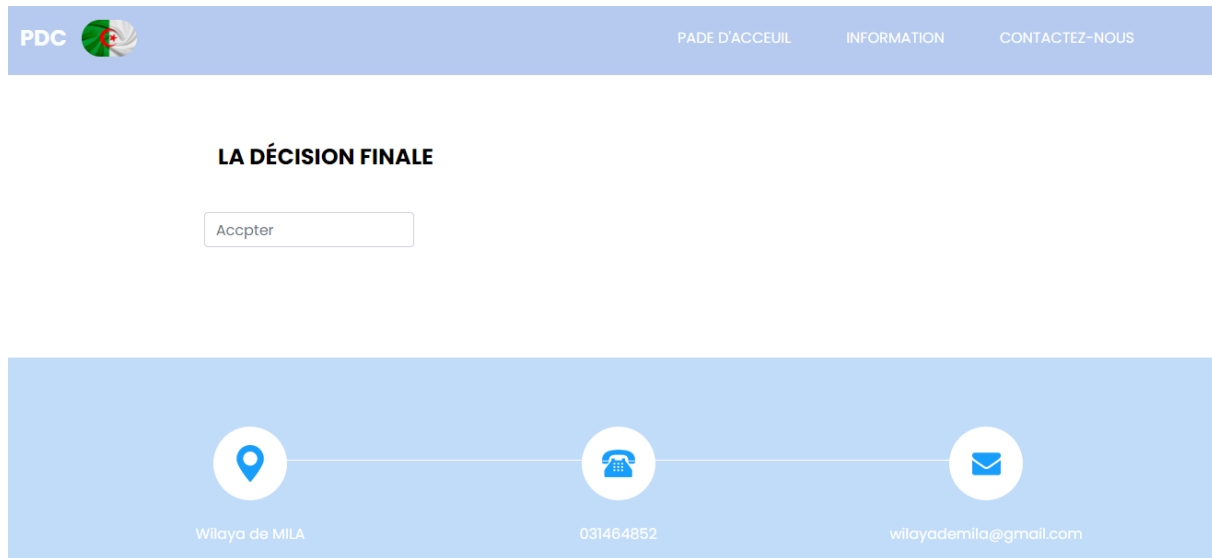


Figure 4. 12: Interface Décision

Conclusion Générale

Dans ce mémoire, après avoir exposé les motivations derrière l'utilisation et l'implication des systèmes multi-agents holoniques en administration électronique, nous avons adopté un processus qui a impliqué une série d'étapes consécutives pour réduire cette implication grâce à un processus méthodique. Cette approche est perçue comme une passerelle reliant deux domaines.

Le premier domaine est la technologie des systèmes multi-agents holoniques, reconnue pour sa capacité à résoudre des problèmes complexes et pour son caractère hiérarchique, qui sont caractéristiques de l'administration électronique. Le deuxième domaine concerne le choix du HMAS comme outil pour modéliser et exécuter notre problème afin d'exploiter les caractéristiques des agents holoniques, telles que l'autonomie, la communication, la conscience de soi, l'intelligence, etc.

En ce qui concerne notre démarche, nous avons l'intention de développer un protocole de communication multi-niveaux pour gérer les interactions entre les agents holoniques dans des usages de la E-administration, ainsi que d'explorer d'autres algorithmes d'optimisation.

De plus, nous prévoyons d'améliorer l'approche proposée en vue de son utilisation potentielle dans d'autres secteurs de l'administration électronique.

Références Bibliographiques

[1] Theocharis, S.A., Tsihrintzis, G. (2012). E-administration: Back - office systems upgrading the Greek case. Information Society (i-Society), International Conference, London, pp. 205-208.

[2] Lu, L.M., Zhu, G.J., Chen, J.X. (2004). A collaborative work framework for joined-up e-government web services. International Conference on Computational and Information Science, pp. 995-1001.

https://doi.org/10.1007/978-3-540-30497-5_153

[3] Ng, C.W.W., Chiu, D.K.W. (2006). E-government Integration With web Services and Alerts: A case study on an emergency route advisory system in Hong Kong. Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'06), Kauia, HI, USA. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2006.135>

[4] Pop, F., Dobre, C., Popescu, D., Ciobanu, V., Cristea, V. (2010). Erratum: Digital certificate management for document workflows in e-government services. In: Wimmer, M.A., Chappelet, J.L., Janssen, M., Scholl, H.J. (eds) Electronic Government. EGOV 2010. Lecture Notes in Computer Science, vol 6228. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14799-9_37

[5] Li, P. (2011). Web service-based e-Government public service channels workflow integration and simulation. 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, Xi'an, China. <https://doi.org/10.1109/ICCSN.2011.6014063>

[6] Chaib-Draa, B. (1994). Distributed Artificial Intelligence: An overview. In Ken, A., Williams, J.G., Hall, C.M., Kent, R., editors, Encyclopedia of Computer Science and Technology, 31: 215-243.

[7] Arthur Koestler. (1967). The Ghost in the Machine. Hutchinson.

[8] Valckenaers, P., Van Brussel, H. (2016). Design for the Unexpected, From Holonic Manufacturing Systems towards a Humane Mechatronics Society. Butterworth-Heinemann, ISBN: 978-0-12-803662-4.

[9] Attia Mourad, Mahdaoui Latifa ,A Generic Modeling Approach for E-Administration Based on Holonic Systems - Case Study of Collective Move Due to a Natural Disaster, February, 2020.

[10] <https://logiciels-secteurpublic.inetum.com/sp/e-administration>

[11] https://fr.m.wikibooks.org/wiki/Gouvernement_%C3%89lectronique/Les_phases_de_d%C3%A9veloppement_d%E2%80%99une_administration_%C3%A9lectronique?fbclid=IwAR1waAexohfVQ0dFBNrotbmMkIzVV2ALuskREdRdh1Bq7ZQ3IYjsodT2X_A

[12] https://cours.unjf.fr/repository/coursefilearea/file.php/135/Cours/D4-3%20Bezzazi/co/S09_GC03_1.html

[13] Valckenaers, P., Van Brussel, H. (2016). Design for the Unexpected, From Holonic Manufacturing Systems towards a Humane Mechatronics Society. Butterworth-Heinemann, ISBN: 978-0-12-803662-4.

[14] Jennings N. Rand Wooldridge M. (2000), «Agent-Oriented Software Engineering» in Handbook of Technology (ed. J. Bradshaw) AAAI/MIT Press.

[15] Côté Marc, Une architecture multiagent et son application aux services financiers. Mémoire présenté à la faculté des études supérieures de l'Université Laval. Faculté des sciences et de génie. Département d'informatique. Avril 1999.

[16] Chaib-Draa Brahim, Agents et Systèmes Multiagents (!FT 64881A). Notes de cours. Département d'informatique, Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Québec. Novembre 1999.

[17] Pest y S., Brassac c., et Ferrent P., Ancrer les agents cognitifs dans l'environnement. In : Actes des Se Journées Francophones sur l'Intelligence Artificielle Distribuée et les Systèmes Multi-Agents. - La Colle sur Loop, Avril 1997.

[18] Ferber J., Les systèmes Multi-Agents InterEdition, Paris, France, 1995.

[19] Fox M.S., An organizational view of distributed systems. IEEE Trans. Syst.Man. Univ. Cybern., vol. SMC-II; 1981, pp. 70-80.

[20] Zambonelli F., Jennings N. R, and Wooldridge M. (2000), «Organisational Abstractions for the Analysis and Design of Multi-Agent Systems» Proc. Ist Int. Workshop on Agent-Oriented Software Engineering, Limerick, Ireland, 127-141.

<http://www-poleia.lip6.fr/%7Eguessourn/asa.html>, 1998.

[21] Chapitre 5 Systeme multi-Agent Mcours.com

[22] Koestler A., «The GHOST in the MACHINE», Editions ARKANA, Londres, 1989.

[23] DEHIMI Nour El Houda, Test des Systèmes Multi-Agents Holoniques : Une Approche basée ASPECS, 2015/2016.

[24] Adam E., Mandiau R, Kolski c., Approche holonique de modélisation d'une organisation orientée workflow : SOHTCO 1999.

[25] Gaud, N.A. (2007). Holonic multi-agent Systems: From analysis to implementation. meta-model, methodology, and multi-level simulation. PhD thesis, Laboratory Systems and Transportation Technology of Belfort-Montbéliard.

[26]. [Khelifa and Laouar (2020)] Boudjemaa Khelifa and Mohamed Ridda Laouar. A holonic intelligent decision support system for urban project planning by ant colony optimization algorithm. *Applied Soft Computing*, 96: 106621, 2020.

[27]. Houssein Eddine Nouri, Olfa Belkahla Driss, Khaled Ghédira. « Hybrid metaheuristics within a holonic multiagent model for the flexible job shop problem ». 19th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, *Procedia Computer Science* 60 (2015) 83 – 92. Published by Elsevier B.V.

[28] Carlos Alberto Barrera Diaz, Masood Fathi, Tehseen Aslam, Amos H.C. Nga,b « Optimizing reconfigurable manufacturing systems: A Simulation-based Multi-objective Optimization approach », *CIRP* 104 (2021) 1837–1842, *Procedia* <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.079>.

[29] Adriana Giret, Damien Trentesaux, Miguel A. Salido, Emilia Garcia, Emmanuel Adam, A holonic multi-agent methodology to design sustainable intelligent manufacturing control systems, *J. Cleaner Prod.* 167 (2017) 1370–1386, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.079>.

[30] Igor Haman Tchappi, Stéphane Galland, Vivient Corneille Kamla, Jean Claude Kamgang, A brief review of holonic multi-agent models for traffic and transportation systems, *Procedia Comput. Sci.* 134 (2018) 137–144.

[31] Adriano Ferreira, Ângela Ferreira, Olivier Cardin, Paulo Leitão, Extension of holonic paradigm to smart grids, *IFAC-PapersOnLine* 48 (3) (2015) 1099–1104, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.230>.

[32] Sana Moujahed, Nicolas Gaud, David Meignan, « Self-Organizing and Holonic Model for Optimization in Multi-Level Location Problems », Published in: 2007 5th IEEE International Conference on Industrial Informatics INSPEC Accession Number: 9809325 doi :[10.1109/indin.2007.4384921](https://doi.org/10.1109/indin.2007.4384921)

(Collin, Z., R. Dechter, and S. Katz: 1991), 'On the Feasibility of Distributed Constraint Satisfaction'. In: *Proceedings of the Twelfth International Joint Conference on Artificial*

Intelligence. pp. 318{324.

(Minton, S., M. D. Johnston, A. B. Philips, and P. Laird: 1992), 'Minimizing conicts: a heuristic repair method for constraint satisfaction and scheduling problems'. Artificial Intelligence 58(1{3), 161{205.

(Zhang, Y. and A. Mackworth: 1991), 'Parallel and distributed algorithms for finite constraint satisfaction problems'. In: Proceedings of the Third IEEE Symposium on Parallel and Distributed Processing. pp. 394{397.

[33] F. Rossi, C. Pettrie, V. Dahr, « On the equivalence of constraint satisfaction problem », Act –ai-222-89, MCC corporation, Austin,Texas, 1989.

[34] <https://www.simplilearn.com/tutorials/data-structure-tutorial/backtracking-algorithm?fbclid=IwAR2bg3dy4x61CP857gJTmScjfJNS7JRTeznB3F2-8vJ22xFhXNwv8IxYnPs>.

[35] https://www.mhuv.gov.dz/fr/permis-de-construire/?fbclid=IwAR2t3O_E8zhMQJw6ximfx66hY6hdiDzWyoI_H9yUI5IO0QBuDOyUG-5XLHw.

[36] TrouverUneReponse . TrouverUneReponse - De conseils rapides pour tous [en ligne].

(Modifié le 11 juillet 2019) Disponible sur : < <https://trouverunereponse.com/quel-type-de-langage-est-java/> > (consulté le 23 mai2022).

[37] Jade Software Corporation. Java | Oracle [en ligne]. (Modifié 2020) Disponible sur : <<http://www.jadeworld.com/jade-platform> > (consulté le 13 septembre 2022).

[38] Oracle. Oracle | Cloud Application and Cloud Platform. [En ligne]. (Modifier le 20 juillet 2022). Disponible sur < <https://www.oracle.com/mysql/what-is-mysql/>> (consulté le 02 septembre 2022).

[39] IBM. The Community for Open Innovation and Collaboration. [En ligne]. (2001, modifier le). Disponible sur < <https://www.eclipse.org/ide/>> (consulté le 02 septembre 2022).

[40]https://www.tutorialspoint.com/sublime_text/index.htm?fbclid=IwAR1dxeD3w8Dhoye5qMHPLn-6mZeby0wtF-gS26NEn0uFuevgUUN0S8f2I3A

[41] <http://www.pack-logicielslibres.fr/spip.php?logiciel44&fbclid=IwAR07YuerZl7AxmPNuzCx4BP181vI5wgg1tFCtUyJMVKM9UR33ud9jsSsGqs>

[42] <https://github.com/laravel/laravel?fbclid=IwAR3QMhgEzTGmWizw1xnL9deWWa3eIJykG4hsAleFb3CQMap66dlRAbHcVXo>